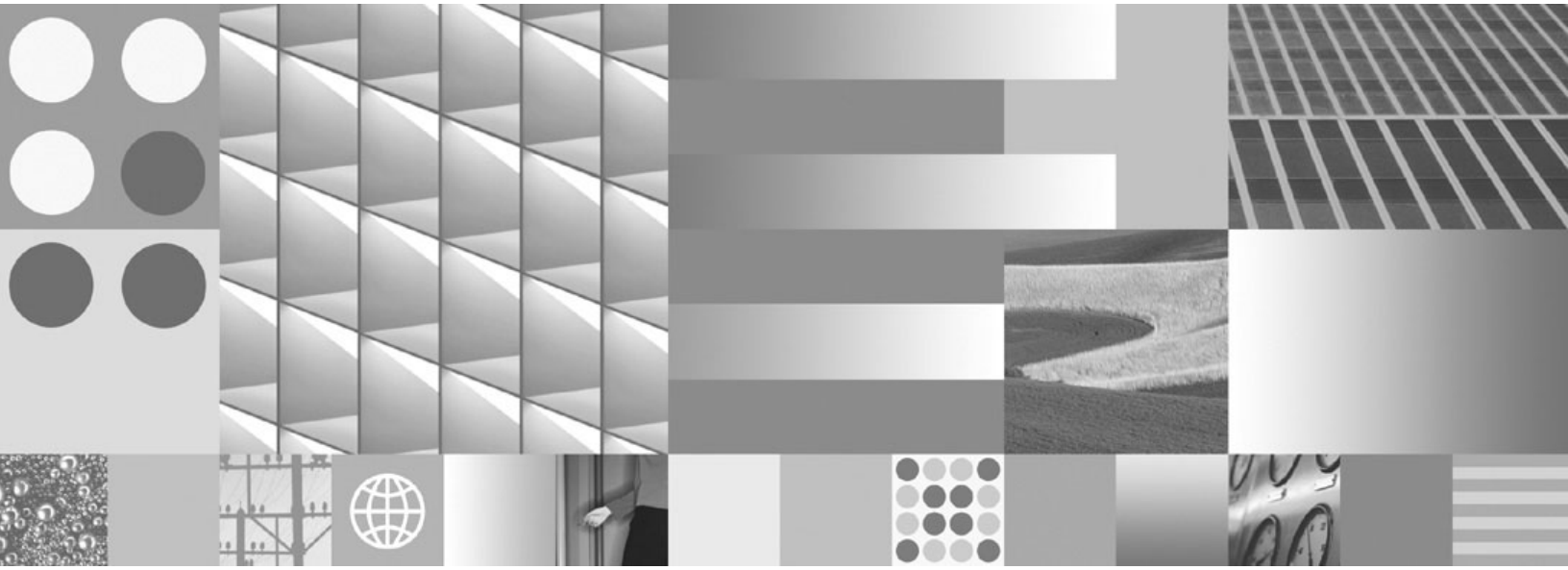
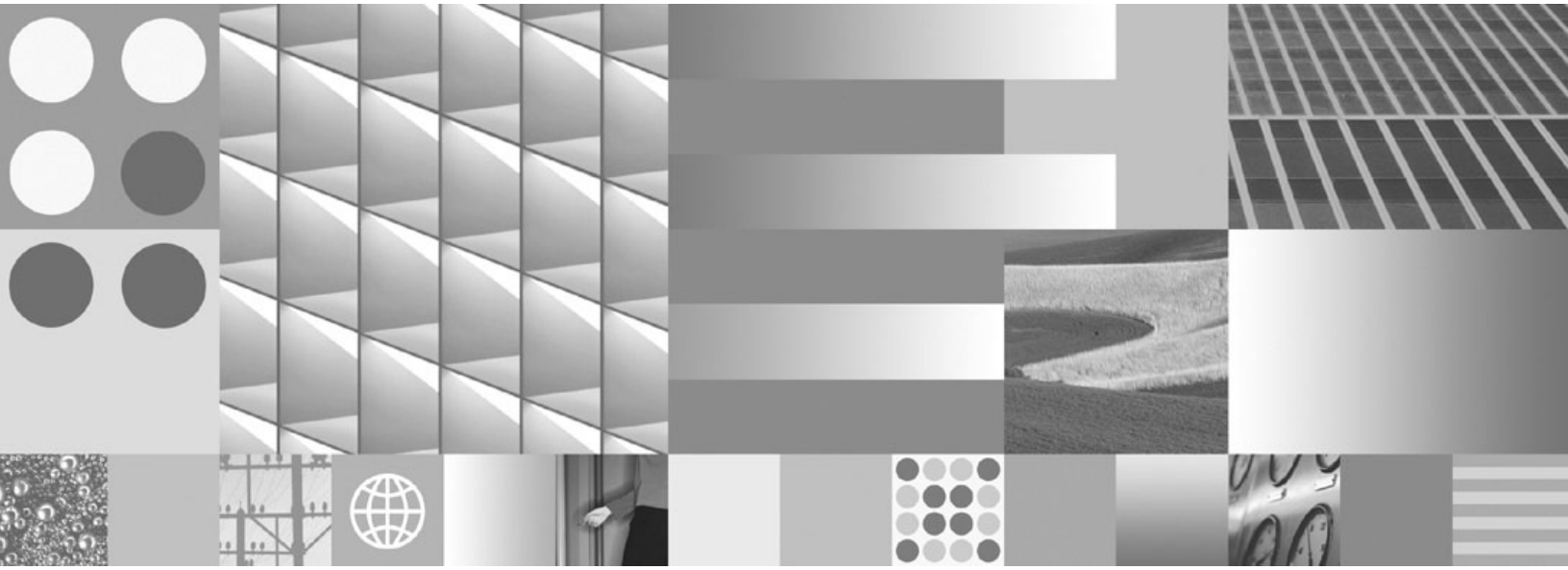
DB2 Version 9.5
for Linux, UNIX, and Windows



SQL および外部ルーチンの開発

SC88-4429-01
(英文原典：SC23-5855-01)

DB2 Version 9.5
for Linux, UNIX, and Windows



SQL および外部ルーチンの開発

SC88-4429-01
(英文原典：SC23-5855-01)

ご注意

本書および本書で紹介する製品をご使用になる前に、 415 ページの『付録 B. 特記事項』に記載されている情報をお読みください。

当版に関する特記事項

本書には、IBM の専有情報が含まれています。その情報は、使用許諾条件に基づき提供され、著作権により保護されています。本書に記載される情報には、いかなる製品の保証も含まれていません。また、本書で提供されるいかなる記述も、製品保証として解釈すべきではありません。

IBM 資料は、オンラインでご注文いただくことも、ご自分の国または地域の IBM 担当員を通してお求めいただくこともできます。

- オンラインで資料を注文するには、www.ibm.com/shop/publications/order にある IBM Publications Center をご利用ください。
- ご自分の国または地域の IBM 担当員を見つけるには、www.ibm.com/planetwide にある IBM Directory of Worldwide Contacts をお調べください。

IBM は、お客様が提供するいかなる情報も、お客様に対してなんら義務も負うことのない、自ら適切と信ずる方法で、使用もしくは配布することができるものとします。

IBM 発行のマニュアルに関する情報のページ

`http://www.ibm.com/jp/manuals/`

こちらから、日本語版および英語版のオンライン・ライブラリーをご利用いただけます。また、マニュアルに関するご意見やご感想を、上記ページよりお送りください。今後の参考にさせていただきます。

(URL は、変更になる場合があります)

お客様の環境によっては、資料中の円記号がバックスラッシュと表示されたり、バックスラッシュが円記号と表示されたりする場合があります。

原　典： SC23-5855-01
DB2 Version 9.5 for Linux, UNIX, and Windows
Developing User-defined Routines (SQL and External)

発　行： 日本アイ・ビー・エム株式会社

担　当： ナショナル・ランゲージ・サポート

第1刷 2008.3

目次

本書について

本書では、必要な機能性を備えたシステム定義ルーチンがない場合に行う、ユーザー定義ルーチンの開発に関する情報を提供します。

本書の対象読者

本書は、すべてのレベルのデータベース設計者、データベース管理者、およびアプリケーション開発者を対象としています。

- データベースのアーキテクチャーの中の複数のコンテキストで再利用可能な SQL および関連ロジックをモジュール化するため、どのようにルーチン・オブジェクトを作成および使用できるかについて学習することに関心を持つデータベース設計者。
- データベース管理システム内でのユーザー定義ルーチンの作成、管理、デプロイ、保護、トラブルシューティングの方法、およびルーチンを使用してシステム・パフォーマンスを向上させる方法について学習することに関心を持つデータベース管理者。
- アプリケーションのモジュール性とパフォーマンスを向上させるため、いつ、どのように SQL ステートメントとアプリケーション・ロジックをルーチンにカプセル化するか、およびユーザー定義ルーチンの設計、作成、ビルドの段階的な方法について学習することに関心を持つアプリケーション開発者。アプリケーション開発者は、SQL ステートメントの作成の経験、およびルーチン開発用にサポートされているプログラミング言語 (C、C++、Java™、COBOL、C#、Visual Basic、または別の .NET CLR サポート対象プログラミング言語) のいずれかを使ったプログラミングの経験がなければなりません。

本書の構成

本書の各章で説明されている主なサブジェクト・エリアは以下のとおりです。

概説

- 第 1 章『ルーチンの概説』では、システム定義およびユーザー定義ルーチン、機能タイプ、インプリメンテーション、使用法、およびルーチン開発用のツールの概要を示します。
- 第 3 章『SQL ルーチンの概要』では、SQL ルーチンについての情報、および SQL ルーチン、プロシージャー、または関数を使用すべき時を見極める方法についての情報を示します。
- 第 5 章『外部ルーチンの概要』では、外部ルーチンについての一般情報を示します。

ルーチン、プロシージャー、および関数の開発

- 第 2 章『ルーチンの開発』では、ルーチン開発手順を概説します。
- 第 4 章『SQL プロシージャーの開発』では、SQL プロシージャーの機能、設計、および作成について説明します。

- 第 6 章『外部ルーチンの開発』には、C、C++、および .NET CLR ルーチンの開発の概要を示す説明が含まれています。
- 第 7 章『COBOL プロシージャー』では、COBOL ルーチンの開発方法に関する情報を示します。
- 第 8 章『Java ルーチン』では、Java ルーチンの開発を説明します。
- 第 9 章『OLE オートメーション・ルーチンの設計』では、オブジェクトのリンクと埋め込み (OLE) オートメーション・ルーチンの開発に関する情報を提供します。
- 第 10 章『OLE DB ユーザー定義表関数』では、オブジェクトのリンクと埋め込み (OLE) DB ユーザー定義表関数の作成方法を説明します。

ルーチンの呼び出し

- 第 11 章『ルーチンの呼び出し』では、ルーチンを開発した後で、これを呼び出す方法について説明します。

第 1 章 ルーチンの概説

ルーチンは、プログラミング・サブルーチンのように呼び出せるロジックをカプセル化するために使用できる、一種のデータベース・オブジェクトのタイプです。データベースまたはデータベース・アプリケーション・アーキテクチャーのルーチンには、便利な用途が多数あります。ルーチンを使用すると、データベースの全体的な設計、データベースのパフォーマンス、およびデータ・セキュリティーを向上させるだけでなく、基本的な監査機構のインプリメントなども行うことができます。

ルーチンのインプリメントを決定する前に、ルーチンの種類、またそれがどのようにインプリメントされ、どのように使用できるかを理解しておくことが大切です。以下の概念トピックは、データベース環境内でルーチンを使うタイミングとその使い方に関して十分な情報を得た上での決定が行えるように、ルーチンに関する知識を得る上で役に立ちます。

- 2 ページの『ルーチン使用の利点』
- 3 ページの『ルーチンのタイプ』
- 40 ページの『ルーチン開発のためのツール』
- 36 ページの『ルーチンの使用法』
- 46 ページの『ルーチンの SQL アクセス・レベル』
- 128 ページの『外部ルーチンの作成』
- 50 ページの『ルーチンのパフォーマンス』
- 58 ページの『ルーチンのセキュリティー』

ルーチンについて学んだ後、次のタスクのいずれかを行うこともできます。

- 9 ページの『システム定義ルーチンまたはユーザー定義ルーチンを使用する場合の判断』
- 22 ページの『使用するルーチン機能タイプの決定』
- 35 ページの『使用するルーチン・インプリメンテーションの判別』
- 40 ページの『ルーチン開発のためのツール』

ルーチン

ルーチンは、プログラミング・サブルーチンのように、さまざまな SQL インターフェースから呼び出せるプログラミングおよびデータベース・ロジックをカプセル化できるデータベース・オブジェクトです。ルーチンは、製品に付属のシステム定義のものもあれば、ユーザーが作成できるユーザー定義のものもあります。ルーチンは、SQL ステートメント、プログラミング言語、またはその混用によってインプリメントすることができます。さまざまなタイプのルーチンがさまざまなインターフェースを提供しますが、それらは SQL ステートメント、クライアント・アプリケーション、および一部のデータベース・オブジェクトの機能の拡張のために使用できます。

DB2® によってサポートされるルーチンおよびインプリメンテーションのタイプの詳細については、3 ページの『ルーチンのタイプ』というトピックを参照してください。

ルーチンが多機能であることが、その有用な応用範囲が広いことの理由の 1 つとなっています。

ルーチン使用の利点

以下の利点を活用するには、ルーチンを使用します。

SQL インターフェースからの呼び出しが可能なアプリケーション・ロジックのカプセル化 多数の異なるクライアント・アプリケーションが共通の要件を持つ環境では、ルーチンを効果的に使用することによって、コードの再利用、標準化、保守の作業を単純化できます。ルーチンを使用している環境内であれば、共通アプリケーションの動作の一面を変更する必要が生じた場合に、その動作をカプセル化した該当のルーチンを変更するだけで済みます。ルーチンがない場合は、各アプリケーションごとにそのロジックを変更する必要があります。

他のデータベース・オブジェクトへのアクセスの制御
ルーチンを使用して、データベース・オブジェクトへのアクセスを制御することができます。例えば、CREATE TABLE などの特定の SQL ステートメントを発行する許可が基本的に与えられていないユーザーにも、そのステートメントの 1 つ以上の特定インプリメンテーションを含んだルーチンを呼び出す許可を与えることができます。こうして特権をカプセル化することで特権の管理が単純化されます。

ネットワーク・トラフィックの削減によるアプリケーション・パフォーマンスの向上 クライアント・コンピューターでアプリケーションを実行する場合、各 SQL ステートメントは別々にクライアント・コンピューターからデータベース・サーバー・コンピューターに送信されて実行され、結果セットも別々に戻されます。その結果、ネットワーク・トラフィックが肥大化してしまいます。ユーザーとの対話をほとんど必要とせず、データベースとの多くの対話を必要とする処理があれば、ネットワーク・トラフィックの量を最小化するためにその処理をサーバー上にインストールしたり、より強力なデータベース・サーバー上で作業を実行できるようにするという処置には意味があります。

SQL の実行の高速化と効率化
ルーチンはデータベース・オブジェクトなので、クライアント・アプリケーションよりも SQL の要求とデータを効率的に送信できます。このため、SQL ステートメントはクライアント・アプリケーションで実行するよりも、ルーチン内で実行する方が高いパフォーマンスを発揮します。 NOT FENCED 節を使って作成されるルーチンは、データベース・マネージャーと同じプロセスで実行されるので、通信に共用メモリーを使用でき、結果としてアプリケーション・パフォーマンスが向上します。

別のプログラミング言語でインプリメントされたロジックとのインターオペラビリティーの実現
コード・モジュールは、それぞれのプログラマーが別々のプログラミング言

語でインプリメントできます。また、一般的にコードはできる限り再利用することが望ましいので、DB2 のルーチンは、高度なインターオペラビリティーをサポートしています。

- 1 つのプログラム言語のクライアント・アプリケーションから、別々のプログラム言語でインプリメントしたルーチンを呼び出すことができます。例えば、C クライアント・アプリケーションから、.NET 共通言語ランタイム・ルーチンを呼び出すことができます。
- ルーチンはそのタイプやインプリメンテーションに関係なく、別のルーチンを呼び出すことができます。例えば Java プロシージャーは、組み込み SQL スカラー関数を呼び出すことができます。
- 1 つのオペレーティング・システム上のデータベース・サーバーに作成したルーチンを、別のオペレーティング・システム上で実行する DB2 クライアントから呼び出せます。

ここで説明した利点は、ルーチン使用の数ある利点の中のほんの一部にすぎません。データベース管理者、データベース設計者、データベース・アプリケーション開発者など、さまざまなユーザーがルーチンの使用によって恩恵を受けます。このような理由から、ルーチンには検討に値する多くの用途があります。

各種の機能要件に合わせたさまざまなタイプのルーチンがあり、それぞれのインプリメンテーションの方法もさまざまです。ルーチンのタイプとインプリメンテーションの選択によって、上記の利点をどの程度具体化できるかが決まる場合もあります。ルーチンは基本的に、ロジックをカプセル化するための強力な手法です。この手法を活用すれば、SQL を拡張し、アプリケーションの構造と保守作業を改善し、場合によってはアプリケーションのパフォーマンスを向上させることができます。

ルーチンのタイプ

ルーチンのタイプは多種多様です。ルーチンはさまざまな方法でグループ化できますが、主に、そのシステム定義またはユーザー定義、機能、およびインプリメンテーションごとにグループ化されます。

サポートされているルーチンの定義は次のとおりです。

- 6 ページの『システム定義ルーチン』
- 7 ページの『ユーザー定義ルーチン』

サポートされているルーチンの機能タイプは次のとおりです。

- 11 ページの『ルーチン: プロシージャー』 (ストアード・プロシージャーとも呼ばれる)
- 13 ページの『ルーチン: 関数』
- 17 ページの『ルーチン: メソッド』

サポートされているルーチンのインプリメンテーションは次のとおりです。

- 24 ページの『組み込みルーチンのインプリメンテーション』
- 24 ページの『ソース派生ルーチンのインプリメンテーション』
- 24 ページの『SQL ルーチンのインプリメンテーション』
- 25 ページの『外部ルーチンのインプリメンテーション』

以下の図に、ルーチンの種別階層を示します。ルーチンはすべて、システム定義かユーザー定義のどちらかです。暗いグレー/青色のボックスのものがルーチンの機能タイプで、明るいグレー/オレンジ色のボックスのものがサポートされるルーチンのインプリメンテーションです。組み込みルーチンのインプリメンテーションのタイプは固有であるため、強調されています。

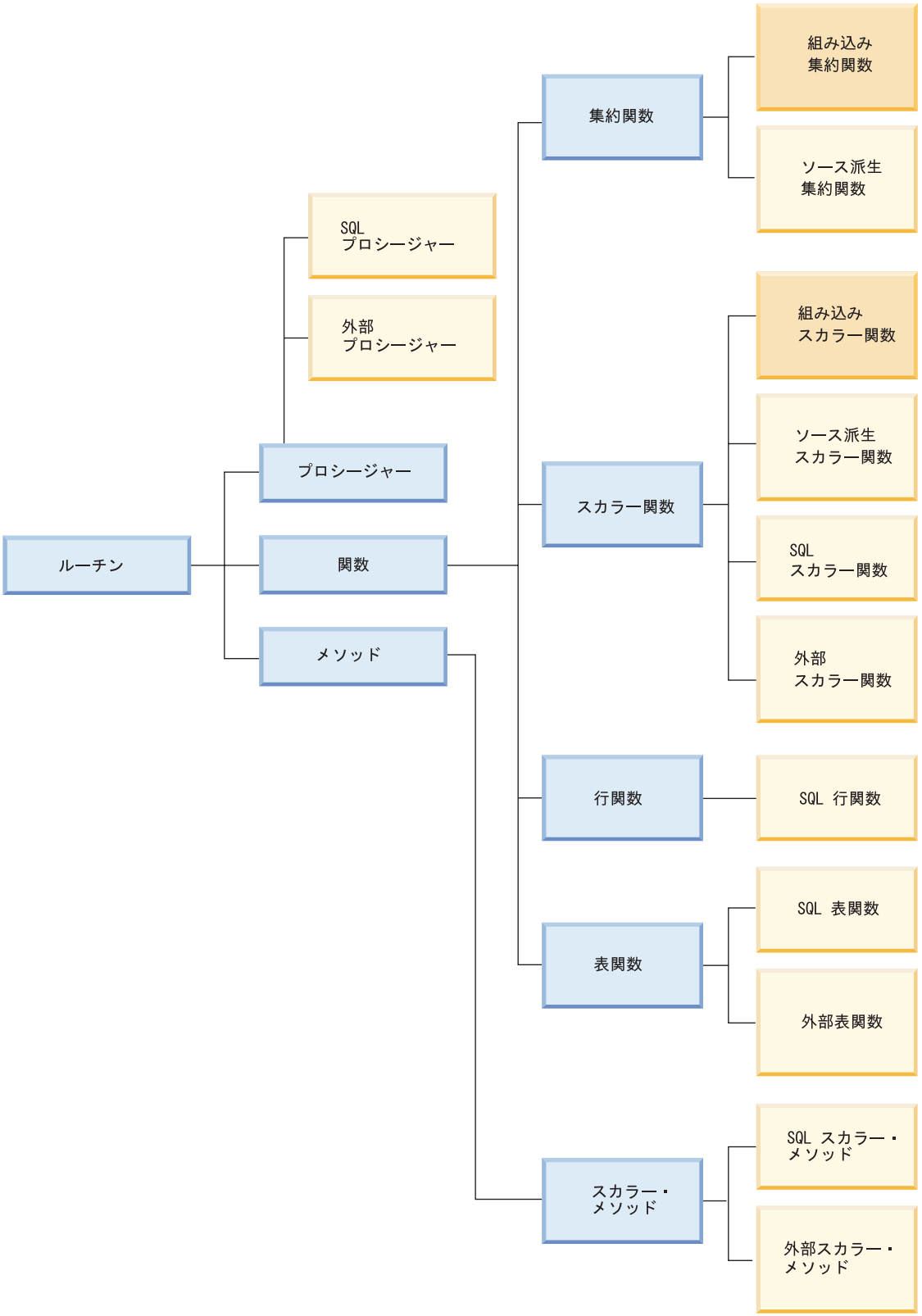


図 1. ルーチンの種別

各種ルーチンは、SQL 言語の機能を拡張し、より多くのモジュラー・データベース・アプリケーションを開発するための拡張サポートを提供しています。

システム定義ルーチンおよびユーザー定義ルーチン

ルーチンをカテゴリー化する最も簡単な方法の 1 つは、それらを 『システム定義ルーチン』 および 7 ページの『ユーザー定義ルーチン』 に分割することです。

システム定義ルーチンは、製品に付属するルーチンです。このルーチンは、管理機能からデータベース・システムおよびカタログのレポート機能に至るタスクのための、幅広いサポートを提供しています。これには、即使用することができ、前提条件のセットアップまたは登録ステップが不要です。ただし、ユーザーにはルーチンを呼び出すための必須の特権が必要です。

ユーザー定義ルーチンとは、ユーザーが独自に作成するルーチンのことです。ユーザー定義ルーチンは、ユーザーが現在使用可能なサポートを超えて SQL 言語を拡張するための手段を提供します。ユーザー定義ルーチンは、組み込みルーチンのソース化 (そのロジックを再使用する)、SQL ステートメントのみの使用、または SQL および別のプログラミング言語の使用を含むさまざまな方法でインプリメントすることができます。

システム定義ルーチン

システム定義ルーチンは、製品に付属するルーチンです。このルーチンは、管理機能からデータベース・システムおよびカタログのレポート機能に至るタスクのための、幅広いルーチン・サポートを提供しています。これには、即使用可能で、前提条件のセットアップまたはルーチン登録ステップが不要であるという特徴があります。ただし、ユーザーにはルーチンを呼び出すための特権が必要です。これには、以前 SQL 管理ルーチンと呼ばれていた組み込みルーチンおよびシステム定義ルーチンを含めることができます。

組み込みシステム定義ルーチンは、標準的な演算子のサポートと、基本的なスカラー関数および集約関数のサポートを提供します。組み込みルーチンは、最初に使用するべきルーチンです。これは強く型定義されており、最高のパフォーマンスを提供するからです。組み込みルーチンの振る舞いと重複する外部ルーチンは作成しないでください。外部ルーチンには組み込みルーチンほどのパフォーマンスや安全性がありません。

DB2 の SYSPROC、SYSFUN、および SYSTOOLS の各スキーマには、使用できるその他のシステム定義ルーチンが用意されています。このルーチンは基本的に、システムによって定義され、製品に付属する SQL および外部ルーチンです。それらの追加ルーチンは DB2 に付属しているものですが、組み込みルーチンではありません。むしろ、事前にインストールされるユーザー定義ルーチンという形でインプリメントされています。この種のルーチンは、基本的にユーティリティー関数をカプセル化したものです。例えば、*SNAP_GET_TAB_V91*、*HEALTH_DB_HI*、*SNAP_WRITE_FILE*、 *REBIND_ROUTINE_PACKAGE* などがあります。CURRENT PATH 特殊レジスターに SYSPROC スキーマと SYSFUN スキーマがあれば、これらの関数やプロシージャーをすぐに使用できます。管理機能を実行する外部ルーチンのインプリメントを検討している場合には、DB2 に付属するシステム定義ルーチンのセットをよく調べることが得策です。

特に *ADMIN_CMD* プロシージャーは、SQL インターフェースを介して多くの一般的な DB2 コマンドを実行するための標準インターフェースを提供するため、便利かもしれません。

システム定義ルーチンは即使用可能なルーチンであるため、複雑な SQL 照会や強力なデータベース・アプリケーションをより短時間で簡単にインプリメントすることができます。

ユーザー定義ルーチン

DB2 には、頻繁に使用される算術関数、ストリング関数、 cast 関数の機能を取り込んだルーチンが用意されています。しかし、DB2 では独自のロジックをカプセル化するためのルーチンを作成することも可能です。この種のルーチンのことをユーザー定義ルーチンといいます。つまり、各ルーチン・タイプでサポートされているいずれかのインプリメンテーション・スタイルで、ユーザーが独自の 11 ページの『ルーチン: プロシージャー』、 13 ページの『ルーチン: 関数』、 17 ページの『ルーチン: メソッド』 を作成できるということです。通常、プロシージャーやメソッドの場合に「ユーザー定義」という表現を使用することはあまりありません。ユーザー定義関数は一般に UDF と呼ばれます。

ユーザー定義ルーチンの作成

ユーザー定義のプロシージャー、関数、メソッドをデータベース内に作成するには、それぞれのルーチン・タイプに該当する CREATE ステートメントを実行します。この種のルーチン作成ステートメントには、次のものがあります。

- 「*SQL リファレンス*」内の『CREATE PROCEDURE ステートメント』
- 「*SQL リファレンス*」内の『CREATE FUNCTION ステートメント』
- 「*SQL リファレンス*」内の『CREATE METHOD ステートメント』

各 CREATE ステートメントに固有の節では、ルーチンの特性を定義します。具体的には、ルーチン名、ルーチンの引数の数とタイプ、ルーチン・ロジックの詳細などの特性があります。 DB2 は、それらの節に指定されている情報に基づいて、ルーチンを識別し、呼び出しの時点でそのルーチンを実行します。ルーチンの CREATE ステートメントが正常に実行されると、データベース内にそのルーチンが作成されます。そのルーチンの特性は、ユーザーが照会できる DB2 カタログ・ビューに保管されます。 CREATE ステートメントの実行によってルーチンを作成する作業のことをルーチンの定義またはルーチンの登録ともいいます。

ユーザー定義ルーチンの定義は、SYSTOOLS システム・カタログの表スキーマに保管されます。

ユーザー定義ルーチン・ロジックのインプリメンテーション

ルーチンのロジックを指定するために、以下の 3 つのインプリメンテーション・スタイルのいずれかを使用できます。

- 24 ページの『ソース派生ルーチンのインプリメンテーション』: ユーザー定義ルーチンは、既存の組み込みルーチンのロジックからのソース派生が可能です。
- 24 ページの『SQL ルーチンのインプリメンテーション』: ユーザー定義ルーチンは、SQL ステートメントだけを使用してインプリメントできます。

- 25 ページの『外部ルーチンのインプリメンテーション』: ユーザー定義ルーチンは、サポートされるプログラミング言語のセットの 1 つを使ってインプリメントできます。

  非 SQL プログラミング言語でルーチンを作成すると、コードからビルドされるライブラリーまたはクラスは、EXTERNAL NAME 節で指定した値によって、ルーチン定義と関連付けられます。ルーチンが呼び出されると、そのルーチンと関連付けられているライブラリーまたはクラスが実行されます。

ユーザー定義ルーチンには、すべてではないものの、さまざまな SQL ステートメントが含まれます。

ユーザー定義ルーチンは強く型定義されたルーチンですが、型処理やエラー処理のメカニズムはルーチン開発者が開発または拡張する必要があります。

データベースをマイグレーションするときに、ルーチンのインプリメンテーションの検査または更新が必要になる可能性があります。

通常、ユーザー定義ルーチンは高いパフォーマンスを発揮しますが、システム定義ルーチンほどではありません。

ユーザー定義ルーチンは、システム定義ルーチン、およびサポートされているいずれかの形式でインプリメントされている他のユーザー定義ルーチンを呼び出すことができます。この柔軟性により、ユーザーは、再利用可能なルーチン・モジュールの完全なライブラリーを基本的には自由にビルドすることができます。

一般に、ユーザー定義ルーチンは、システム定義ルーチンが存在しない場合に、SQL 言語を拡張し、複数の照会またはデータベース・アプリケーションで再利用できるロジックをモジュラー方式にするための手段を提供します。

システム定義ルーチンとユーザー定義ルーチンの比較

システム定義ルーチンとユーザー定義ルーチンの違いを理解しておくことは、実際に独自のルーチンをビルドする必要があるかどうか、または既存のルーチンを再利用できるかどうか判断する上で役に立ちます。既存のルーチンを再利用するべき時と独自のルーチンを作成するべき時を判断できると、時間と労力を節約することができ、ルーチンのパフォーマンスを最大限に引き出すことができます。

システム定義ルーチンとユーザー定義ルーチンには、さまざまな違いがあります。この違いについては、以下の表で要約されています。

表 1. システム定義ルーチンとユーザー定義ルーチンの比較

特性	システム定義ルーチン	ユーザー定義ルーチン
フィーチャー・サポート	拡張数値オペレーター、ストリング処理、および管理機能を即時に使用できます。 これらのルーチンは、サポートされるインターフェースからルーチンをただ呼び出すだけで使用できます。	ユーザー定義ルーチン内ですべての SQL ステートメントがサポートされているわけではありませんが、大多数はサポートされています。システム定義ルーチンの機能を拡張する場合は、システム定義ルーチンの呼び出しをユーザー定義ルーチンの中でラップさせることができます。ユーザー定義ルーチンは、ルーチンのロジックのインプリメンテーションに無限の機会を提供します。 これらのルーチンを使用するにはまずそれらを作成しなければならず、その後、サポートされているインターフェースから呼び出すことができます。
保守	保守は不要です。	外部ルーチンでは、関連付けられている外部ルーチン・ライブラリーの管理が必要です。
マイグレーション	マイグレーションの影響はほとんどあるいはまったくありません。	リリース間のマイグレーションの場合、ルーチンの検査が必要になる場合があります。
パフォーマンス	同等のユーザー定義ルーチンよりも高いパフォーマンスを実現します。	通常、同等のシステム定義ルーチンほどのパフォーマンスは実現しません。
固定	強固な型サポートとエラー処理。	ルーチンの開発者が型サポートおよびエラー処理をプログラミングしなければなりません。

可能な場合にはいつも、システム定義ルーチンの使用を選択するべきです。システム定義ルーチンは、SQL ステートメントの編成とアプリケーション開発を簡単にするために提供されており、最高のパフォーマンスを発揮するよう最適化されています。ユーザー定義ルーチンは、インプリメントする特定のビジネス・ロジックを実行するシステム定義ルーチンがない場合に、柔軟に独自のルーチンをビルドすることができます。

システム定義ルーチンまたはユーザー定義ルーチンを使用する場合の判断

システム定義ルーチンは、時間の節約となるそのまますぐに使用できるカプセル化された機能を提供するのに対し、ユーザー定義ルーチンは、必要とされる機能が適切に含まれているシステム定義ルーチンがない場合に、独自のルーチンを定義する柔軟性を提供します。

システム定義ルーチンまたはユーザー定義ルーチンのいずれを使用するかを決定するには、以下のようにします。

1. ルーチンでカプセル化する機能を決定する。

2. 要求の一部またはすべてを満たすシステム定義ルーチンがあるかどうかを、選択可能なシステム定義ルーチンのリストからチェックする。
   - 要求の一部を満たすが、すべてを満たすわけではないシステム定義ルーチンがある場合は、以下のようにする。
     - 欠落している機能が、アプリケーションに簡単に追加できる機能であるかどうかを判別する。そうであれば、システム定義ルーチンを使用して、欠落した機能をカバーするようにアプリケーションを変更することができます。欠落している機能がアプリケーションに簡単には追加できない場合、または欠落している機能を多くの場所で繰り返す必要がある場合は、欠落した機能を含み、システム定義ルーチンを呼び出すユーザー定義ルーチンの作成を考慮してください。
     - ルーチンの要件が次第に変化していき、ルーチン定義の変更が頻繁に必要になることが予想される場合は、システム定義ルーチンではなくユーザー定義ルーチンを使用することを考慮してください。
     - ルーチンとの間で受け渡しする追加のパラメーターがあるかどうかを判別します。それがある場合、システム定義ルーチンへの呼び出しをカプセル化するユーザー定義ルーチンの作成を考慮してください。
   - カプセル化する機能を適切に取り込めるシステム定義ルーチンがない場合は、ユーザー定義ルーチンを作成してください。

時間と労力を節約するために、可能な場合はいつでもシステム定義ルーチンの使用を考慮してください。必要とする機能が、システム定義ルーチンでは選択できない場合もあります。そのような場合は、ユーザー定義ルーチンを作成する必要があります。場合によっては、必要とする追加機能をカバーするユーザー定義ルーチンからの、システム定義ルーチンへの呼び出しを含めることもできます。

ルーチンの機能タイプ

ルーチンにはさまざまな機能タイプがあります。それぞれの機能タイプは、さまざまな目的に応じて、異なるインターフェースからルーチンを呼び出すためのサポートを提供します。それぞれのルーチンの機能タイプは、フィーチャーおよび SQL サポートの異なるセットを提供します。

- 11 ページの『ルーチン: プロシージャー』 (ストアード・プロシージャーともいう) は、クライアント・アプリケーション、ルーチン、トリガー、動的コンパウンド・ステートメントに対するサブルーチン拡張として機能します。プロシージャーを呼び出すには、そのプロシージャーへの参照を指定した CALL ステートメントを実行します。プロシージャーは、入力、出力、および入出力パラメーターをとり、さまざまな SQL ステートメントを実行して、複数の結果セットを呼び出し側に戻すことができます。
- 13 ページの『ルーチン: 関数』とは、入力データ値の集合と結果値の集合とを関係付けるものです。関数を使用することで、SQL を拡張、カスタマイズすることができます。関数の呼び出しは、選択リスト、式、または FROM 節など、SQL

ステートメントのエレメント内から行います。関数のタイプには、集約関数、スカラー関数、行関数、表関数の 4 つがあります。

- 17 ページの『ルーチン: メソッド』を使用することにより、ユーザー定義タイプの追加の動作を定義すると同時に、ユーザー定義タイプ属性にアクセスすることができます。構造化タイプは、1 つ以上の名前付き属性を含み、それぞれがデータ・タイプを持っている、ユーザー定義データ・タイプです。属性は、タイプのインスタンスを記述するプロパティーです。例えば、図形は、デカルト座標のリストといった属性を持っています。メソッドは、基本的に構造化タイプの属性に対する操作としてその構造化タイプに対してインプリメントします。図形であれば、その図形の体積を計算する目的などでメソッドを使用できます。

それぞれのルーチンの機能タイプについて詳しくは、各ルーチン・タイプのトピックを参照してください。

ルーチン: プロシージャー

プロシージャー (ストアード・プロシージャーともいう) は、CREATE PROCEDURE ステートメントを実行することによって作成されるデータベース・オブジェクトです。プロシージャーは、ロジックおよび SQL ステートメントをカプセル化し、クライアント・アプリケーション、ルーチン、トリガー、動的コンパウンド・ステートメントに対するサブルーチン拡張として機能します。プロシージャーを呼び出すには、そのプロシージャーへの参照を指定した CALL ステートメントを実行します。プロシージャーは、入力、出力、および入出力パラメーターをとり、さまざまな SQL ステートメントを実行して、複数の結果セットを呼び出し側に戻すことができます。

フィーチャー

- 特定のサブルーチン・モジュールを定式化したロジック・エレメントと SQL ステートメントのカプセル化を使用可能にします。
- クライアント・アプリケーション、他のルーチン、トリガー、および動的コンパウンド・ステートメントなど、CALL ステートメントを実行可能な場所であればどこからでも呼び出せます。
- 複数の結果セットを戻します。
- 大きな SQL ステートメントのセットの実行をサポートします。単一パーティション・データベースまたは複数のパーティション・データベースにおいて、表データの読み取りや変更を行う SQL ステートメントの実行がサポートされます。
- 入力、出力、および入出力パラメーター用のパラメーター・サポート
- ネストされたプロシージャーの呼び出しおよび関数呼び出しがサポートされます。
- プロシージャーに対する再帰呼び出しがサポートされます。
- プロシージャー内でのセーブポイントおよびトランザクション制御がサポートされます。

制限

- CALL ステートメント以外の SQL ステートメント内からプロシージャーを呼び出すことはできません。その代わりに、列の値を変換するロジックを記述するために、関数を使用できます。
- プロシージャー呼び出しの出力パラメーター値および結果セットを別の SQL ステートメントで直接使用することはできません。アプリケーション・ロジックを使用して、これらを後続の SQL ステートメントで使用可能な変数に割り当てる必要があります。
- プロシージャーは、呼び出しと呼び出しの間で状態を保存できません。
  - 『Restrictions on procedures』のトピックを参照してください。

一般的な使用法

- アプリケーション・ロジックの標準化
  - 複数のアプリケーションで、データベースに対して同じような参照、変更操作を実行する場合、 1 つのプロシージャーによって、そのロジックのための統一的なインターフェースを提供できます。こうして、プロシージャーを再使用することができます。ビジネス・ロジックの変更に伴ってインターフェースを変更する必要がある場合でも、その 1 つのプロシージャーを変更するだけで済みます。
- アプリケーション内のデータベース操作と非データベース・ロジックとの分離
  - プロシージャーは、複数のインスタンスで再使用できる特定のタスクに関連したロジックおよびデータベース・アクセスをカプセル化する、サブルーチンのインプリメンテーションを容易にします。例えば、従業員管理アプリケーションは、従業員を雇用するタスクに固有のデータベース操作をカプセル化することができます。この種のプロシージャーでは、複数の表に従業員情報を挿入し、入力パラメーターに基づいて週給を計算して、出力パラメーターとして週給値を戻すことができます。また別のプロシージャーでは、表内のデータの統計分析を行い、分析結果を含んだ結果セットを戻すこともできます。
- SQL ステートメントのグループに対する特権の管理の単純化
  - 複数の SQL ステートメントをグループ化して、1 つの名前付きデータベース・オブジェクトにカプセル化することにより、プロシージャーはデータベース管理者がより少ない特権を管理できるようにします。データベース管理者は、ルーチン内の各 SQL ステートメントの実行に必要な特権を付与する必要がなくなり、ルーチンを呼び出すための特権を管理するだけですみます。

サポートされるインプリメンテーション

- すぐに使用可能なシステム定義プロシージャーがあります。あるいは、ユーザーがユーザー定義プロシージャーを作成することもできます。プロシージャーでは、以下のユーザー定義インプリメンテーションがサポートされています。
  - SQL インプリメンテーション
  - 外部インプリメンテーション
    - 『Supported external routine implementation programming languages』のトピックを参照してください。

ルーチン: 関数

関数とは、入力データ値の集合と結果値の集合とを関係付けるものです。それらを使用することで、SQL を拡張、カスタマイズすることができます。関数の呼び出しは、選択リストや FROM 節など、 SQL ステートメントのエレメント内から行います。関数には次の 4 つのタイプがあります。

- 「*SQL リファレンス 第 1 巻*」内の『集約関数』
- スカラー関数
- 行関数
- 表関数

集約関数

集約関数 (列関数ともいう) は、類似した入力値のセットの評価結果としてスカラー値を戻します。類似した入力値の指定は、表内の列や VALUES 節内の組などで行えます。この値のセットのことを引数セットといいます。例えば、以下の照会は、SUM 集約関数を使用して、在庫と注文を合わせたボルトの合計数量を計算します。

```
SELECT SUM (qinstock + qonorder)
FROM inventory
WHERE description LIKE '%Bolt%'
```

スカラー関数

スカラー関数は、 1 つ以上のスカラー・パラメーターのセットごとに 1 つのスカラー値を戻す関数です。例えば、LENGTH 関数や SUBSTR 関数などはスカラー関数です。また、関数入力パラメーターに対する複雑な数値計算を行うスカラー関数を作成することもできます。選択リストや FROM 節など、 SQL ステートメント内で式が有効な場所であれば、どこからでもスカラー関数を参照できます。以下の例は、組み込み LENGTH スカラー関数を参照する照会を示しています。

```
SELECT lastname, LENGTH(lastname)
FROM employee
```

行関数 行関数は、1 つ以上のスカラー・パラメーターのセットごとに 1 つの行を戻す関数です。行関数は、構造化タイプの属性を行内の組み込みデータ・タイプ値にマップする Transform 関数としてのみ使用することができます。

表関数 表関数は、1 つ以上のパラメーターのセットのグループごとに、表を参照する SQL ステートメントにその表を戻す関数です。表関数は SELECT ステートメントの FROM 節内でしか参照できません。表関数から戻される表は、結合、グループ化演算、UNION のようなセット演算、読み取り専用ビューを対象とするあらゆる演算に組み込めます。以下の例は、在庫表を更新して、その更新された在庫表に対する照会の結果セットを戻す SQL 表関数を示します。

```
CREATE FUNCTION updateInv(itemNo VARCHAR(20), amount INTEGER)
   RETURNS TABLE (productName VARCHAR(20),
                  quantity INTEGER)
   LANGUAGE SQL
   MODIFIES SQL DATA
   BEGIN ATOMIC

     UPDATE Inventory as I
       SET quantity = quantity + amount
         WHERE I.itemID = itemNo;
```

```
  RETURN
    SELECT I.itemName, I.quantity
      FROM Inventory as I
        WHERE I.itemID = itemNo;
END
```

関数は、以下のフィーチャーのサポートを提供します。

- 関数は、DB2、DB2 for z/OS®、および DB2 Database for System i™、その他を含む、DB2 ブランドのデータベース製品全体に渡ってサポートされています。
- SQL ステートメントの実行を適度にサポートします。
- 入力パラメーターおよびスカラー関数または集約関数の戻り値に対するパラメーター・サポート
- 関数を参照する照会に、関数のロジックを効果的にまとめることができます。
- 外部関数は、各行または値ごとに個別の関数副次呼び出しの間の中間値を保管するサポートを提供します。

すぐに使用可能なシステム定義関数があります。あるいは、ユーザーがユーザー定義関数を作成することもできます。関数は、SQL 関数または外部関数としてインプリメントすることができます。 SQL 関数は簡単にインプリメントできます。外部メソッドは、ロジックの柔軟なインプリメンテーションをサポートし、ユーザーが自分の希望するプログラミング言語でメソッド・ロジックを開発できるようにし、中間値を保管する機能を提供します。

ルーチン: スカラー関数

スカラー関数は、 1 つ以上のスカラー・パラメーターのセットごとに 1 つのスカラー値を戻す関数です。例えば、LENGTH 関数や SUBSTR 関数などはスカラー関数です。また、関数入力パラメーターに対する複雑な数値計算を行うスカラー関数を作成することもできます。選択リストや FROM 節など、 SQL ステートメント内で式が有効な場所であれば、どこからでもスカラー関数を参照できます。

フィーチャー

- 組み込みスカラー関数では優れたパフォーマンスが得られます。
- 組み込みスカラー関数は強い型定義を使用します。
- 式がサポートされている場所であればどこでも SQL ステートメントを使用して参照できます。
- ロジックが、それを参照する SQL ステートメントの一部としてサーバー上で実行されます。
- スカラー UDF の出力は、関数を参照するステートメントによって直接使用できます。
- スカラー UDF が述部で使用される場合、照会のパフォーマンス全体を向上させることができます。スカラー関数は、サーバーの候補行のセットに適用される場合にフィルターとして機能し、クライアントに戻さなければならない行の数を制限します。
- 外部スカラー・ユーザー定義関数の場合は、関数の反復呼び出しの際に、スクラッチパッドを使用して、呼び出しと呼び出しの間で状態を維持できます。

制限

- 設計上、単一のスカラー値のみが戻されます。
- トランザクション管理はスカラー関数内ではサポートされません。コミットおよびロールバックはスカラー関数本体内で実行できません。
- スカラー関数から結果セットを戻すことはできません。
- 単一パーティション・データベースでは、ユーザー定義の外部スカラー UDF に SQL ステートメントを含めることができます。これらのステートメントは、表のデータの読み取りは行えますが、その変更はできません。
- マルチパーティション・データベース環境では、ユーザー定義のスカラー UDF に SQL ステートメントを含めることはできません。
- 『Restrictions on scalar functions』を参照してください。

一般的な使用法

- SQL ステートメント内でストリングを操作します。
- SQL ステートメント内で基本の算術操作を実行します。
- ユーザー定義のスカラー関数を作成して、既存の組み込みスカラー関数のセットを拡張することができます。例えば、他のロジックとの組み合わせの中で既存の組み込みスカラー関数を再利用することにより、複雑な数学関数を作成できます。

サポートされるインプリメンテーション

- ソース派生インプリメンテーション
- 外部インプリメンテーション
  - 26 ページの『外部ルーチンの開発でサポートされている API とプログラミング言語の比較』 というトピックを参照してください。

ルーチン: 行関数

行関数は、ユーザー定義の構造化タイプでのみ使用可能な関数であり、1 つ以上のスカラー・パラメーターのセットごとに 1 つの行を戻します。行関数は、構造化タイプの属性を行内の組み込みデータ・タイプ値にマップする Transform 関数としてのみ使用することができます。行関数は、スタンドアロン方式や抽象データ・タイプのコンテキストの外部にある SQL ステートメント内では使用できません。

フィーチャー

- 構造化タイプ属性を組み込みデータ・タイプ値の行にマップすることができます。

制限

- スタンドアロン方式やユーザー定義の構造化タイプのコンテキストの外部にある SQL ステートメント内では使用できません。
- 『Restrictions on row functions』のトピックを参照してください。

一般的な使用法

構造化タイプ属性を照会または操作でアクセス可能にするためのものです。例えば、別の構造化タイプの人物を拡張し、人物属性とマネージャー固有の属性の組み合わせを持つ「manager」という名前のユーザー定義の構造化デ

ータ・タイプについて考えてみましょう。照会の中でこれらの値を参照する場合、属性値を参照可能な行の値に変換するための行関数を作成することで可能になります。

サポートされるインプリメンテーション

- SQL インプリメンテーション

ルーチン: 表関数

表関数は、1 つ以上のパラメーターのセットのグループごとに、表を参照する SQL ステートメントにその表を戻す関数です。表関数は SELECT ステートメントの FROM 節内でしか参照できません。表関数から戻される表は、結合、グループ化演算、UNION のようなセット演算、読み取り専用ビューを対象とするあらゆる演算に組み込めます。

フィーチャー

- 処理用のデータ値のセットを戻します。
- SQL 照会の一部として参照できます。
- オペレーティング・システム呼び出しや、ファイルからのデータを読み取りはもちろん、単一パーティション・データベース内のデータにネットワーク経由でアクセスすることさえできます。
- 表関数呼び出しの結果は、表関数を参照する SQL ステートメントで直接アクセスできます。
- SQL 表関数は、SQL 表データを変更する SQL ステートメントをカプセル化できます。外部表関数は、SQL ステートメントをカプセル化できません。
- 1 つの表関数参照によって表関数を繰り返し何度も呼び出すことができ、スクラッチパッドを使用して呼び出しと呼び出しの間で状態を維持することができます。

制限

- トランザクション管理はユーザー定義表関数内ではサポートされません。コミットおよびロールバックは表 UDF 内で実行できません。
- 表関数から結果セットを戻すことはできません。
- 単一呼び出し用に設計されていません。
- 照会の FROM 節内でしか参照できません。
- ユーザー定義の外部表関数は、SQL データの読み取りはできますが、その変更は行えません。代わりに、SQL 表関数を使用して、SQL データを変更する SQL ステートメントを含めることができます。
- 『Restrictions on table functions』のトピックを参照してください。

一般的な使用法

- よく使用される複雑な副照会をカプセル化します。
- 非リレーショナル・データへの表インターフェースとして機能します。例えば、ユーザー定義の外部表関数は、スプレッドシートを読み取り、表に直接挿入できる値または照会内で直接かつ即時にアクセスできる値の表を作成できます。

サポートされるインプリメンテーション

- SQL インプリメンテーション
- 外部インプリメンテーション

ルーチン: メソッド

メソッドを使用することにより、構造化タイプの追加の動作を定義すると同時に、構造化タイプ属性にアクセスすることができます。構造化タイプは、1 つ以上の名前付き属性を含み、それぞれがデータ・タイプを持っている、ユーザー定義データ・タイプです。属性は、タイプのインスタンスを記述するプロパティーです。例えば、図形は、デカルト座標のリストといった属性を持っています。

メソッドは、基本的に構造化タイプの属性に対する操作を表すために、その構造化タイプに対してインプリメントします。図形であれば、その図形の体積を計算する目的などでメソッドを使用できます。メソッドは、スカラー関数のすべてのフィーチャーを共有します。

フィーチャー

- 構造化タイプの属性にアクセスする機能。
- 構造化タイプの属性を設定する機能。
- 構造化タイプの属性に対する操作を作成し、関数値を戻す機能
- サブジェクト・タイプの動的タイプに重点を置く

制限

- スカラー値しか戻すことはできません。
- 構造化タイプに対してしか使用できません。
- 型付き表に対して呼び出すことはできません。

一般的な使用法

- 構造化タイプに対する操作の作成
- 構造化タイプのカプセル化

サポートされるインプリメンテーション

システム定義のメソッドはありません。ユーザーは、既存のユーザー定義の構造化タイプのためのユーザー定義のメソッドを作成できます。メソッドは、以下のいずれかのインプリメンテーションを使用してインプリメントできます。

- 24 ページの『SQL ルーチンのインプリメンテーション』
- 25 ページの『外部ルーチンのインプリメンテーション』:
  C、C++、Java、C# (OLE API を使用)、Visual Basic (OLE API を使用)

SQL メソッドは簡単にインプリメントできますが、一般に構造化タイプの設計と組み合わせて設計されています。外部メソッドは、ロジックの柔軟なインプリメンテーションを大幅にサポートし、ユーザーが自分の希望するプログラミング言語でメソッド・ロジックを開発できるようにします。

ルーチンの機能タイプの比較

プロシージャー、関数、およびメソッドの違いについて理解することは、独自のルーチンをビルドする際にどの機能タイプをインプリメントするかを決定するのに役

立ちます。また、どこでどのように既存のルーチンを参照するかを決定するのにも役立ちます。これにより、時間と労力を節約して、ルーチンの機能およびパフォーマンスを最大限に引き出すことができます。

11 ページの『ルーチン: プロシージャー』、 13 ページの『ルーチン: 関数』、および 17 ページの『ルーチン: メソッド』 には、さまざまな違いがあります。 これらの相違点は、以下の表で説明されています。

表 2. ルーチンの機能タイプの比較

特性	プロシージャー	関数	メソッド
固有の機能特性および役立つアプリケーション	• ロジックおよび SQL ステートメントのカプセル化を使用可能にします。 • クライアント・アプリケーション、ルーチン、トリガー、および動的コンパウンド・ステートメントに対するサブルーチン拡張として機能します。 • プロシージャーを呼び出すには、そのプロシージャーへの参照を指定した CALL ステートメントを実行します。 • ネストされたプロシージャーの呼び出しがサポートされます。 • 再帰プロシージャーの呼び出しがサポートされます。 • 入力、出力、および入出力パラメーター用のパラメーター・サポート • SQL ステートメント実行に対する拡張サポート • 1 つ以上の結果セットを戻すことができます。 • セーブポイントおよびトランザクション制御	• ロジックおよび SQL ステートメントのカプセル化を使用可能にします。 • 関数とは、入力データ値の集合と結果値の集合とを関係付けるものです。 • 関数を使用することで、SQL を拡張、カスタマイズすることができます。 • 関数の呼び出しは、選択リストや FROM 節など、SQL ステートメントのエレメント内から行います。 • SQL ステートメントの実行を適度にサポートします。 • 入力パラメーターおよびスカラー関数または集約関数の戻り値に対するパラメーター・サポート。 • 外部関数は、スクラッチパッドを使用して、各行または値ごとに個別の関数副次呼び出しの間の中間値を保管するサポートを提供します。 • 関数を参照する照会に、関数のロジックを効果的にまとめることができます。	• ロジックおよび SQL ステートメントのカプセル化を使用可能にします。 • メソッドを使用することにより、構造化タイプの追加の動作を定義すると同時に、構造化タイプ属性にアクセスすることができます。 • 構造化タイプの属性にアクセスする機能。 • 構造化タイプの属性を設定する機能。 • 構造化タイプの属性に対する操作を作成し、関数値を戻す機能。

表 2. ルーチンの機能タイプの比較 (続き)

特性	プロシージャー	関数	メソッド
ルーチンの機能サブタイプ	• 適用外	• スカラー関数 • 集約関数 • 行関数 • 表関数	• 適用外
呼び出しインターフェース	• 呼び出しを行うには、そのプロシージャーへの参照を指定した CALL ステートメントを実行します。 • CALL ステートメントがサポートされる場合にはいつでもプロシージャーの呼び出しがサポートされます。	• 呼び出しは、列の選択リスト、式、あるいは他の場所にある SELECT ステートメントの FROM 節内の SQL ステートメント内で行われます。	• 呼び出しは、メソッドに関連した構造化タイプを参照する SQL ステートメント内で行われます。
このタイプのシステム定義ルーチンが存在するか?	• 多く存在します。 • システム定義のプロシージャーのリストについては、「SQL リファレンス」を参照してください。	• 多く存在します。 • システム定義の関数のリストについては、「SQL リファレンス」を参照してください。	• いいえ
サポートされるユーザー定義ルーチンのインプリメンテーション	• SQL • 外部 – C/C++ (組み込み SQL または CLI API 呼び出しを使用) – COBOL – Java (JDBC) – Java (SQLJ) – .NET CLR – OLE: Visual Basic、Visual C++	• SQL • 外部 – C/C++ – Java (JDBC) – Java (SQLJ) – .NET CLR – OLE DB: Visual Basic、Visual C++ (表関数のみ)	• SQL • 外部 – C – C++
ネストされた呼び出しのサポート	はい	なし。ただし、関数は入力セットの値ごとに繰り返し呼び出され、スクラッチパッドを使用して中間値を保管することができます。	いいえ

表 2. ルーチンの機能タイプの比較 (続き)

特性	プロシージャー	関数	メソッド
パフォーマンス	ルーチン・ロジックが効率的であり、ベスト・プラクティスが採用される場合、パフォーマンスは良好です。	• ルーチン・ロジックが効率的であり、ベスト・プラクティスが採用される場合、パフォーマンスは良好です。 • ロジックがデータのみを照会し、データを変更しない場合、論理的に同等のプロシージャーよりも優れたパフォーマンスを得ることができます。	良好なパフォーマンス
移植性	• 移植性が高い • SQL インプリメンテーションが使用される場合は特に移植可能。 • さまざまなプログラミング言語でサポートされる 32 ビットおよび 64 ビットの外部ルーチン	• 移植性が高い • SQL インプリメンテーションが使用される場合は特に移植可能。 • さまざまなプログラミング言語でサポートされる 32 ビットおよび 64 ビットの外部ルーチン	移植性が高い

表 2. ルーチンの機能タイプの比較 (続き)

特性	プロシージャー	関数	メソッド
インターオペラビリティー	• また、SQL アクセス・レベルがそのプロシージャーより小さいか等しい関数を呼び出す SQL ステートメントを含めることができます。SQL アクセス・レベルは、CREATE PROCESURE ステートメントで指定する次のもののことで、アクセス・レベルが小さい順に、NO SQL、CONTAINS SQL、READS SQL DATA、MODIFIES SQL DATA となります。	• 関数は、その他の関数を呼び出す SQL ステートメントを含めることができ、関数の SQL アクセス・レベルより低いか等しい SQL アクセス・レベルで、プロシージャーを呼び出すことができます。	• メソッドは、メソッドの SQL アクセス・レベルより低いか等しい SQL アクセス・レベルで、関数を呼び出すことができます。 • メソッドは、プロシージャーまたは他のメソッドを呼び出すことはできません。
制約事項		• 表関数は、SELECT ステートメントの FROM 節内で参照される単一の表参照のみを戻すことができます。	

一般に、ルーチンの機能特性および用途によって、使用するルーチンのタイプが決定します。しかし、パフォーマンスおよびサポートされるルーチンのインプリメンテーションも、使用するルーチンのタイプを決定する上で重要な役割を果たします。

使用するルーチン機能タイプの決定

プロシージャー、 関数、および メソッド は、さまざまな関数ルーチンおよびフィーチャー・サポートを提供します。どのルーチン・タイプを使用するか、インプリメントするかを決めることにより、ルーチンの機能をどこでどのように参照して呼び出せるかが決まることになります。また、どのルーチン・インプリメンテーションを使用できるかにも影響し、どのタイプの機能をルーチンに含めることができるかにも影響することがあります。ルーチンのインプリメントを開始する前にどのルーチン・タイプがニーズに最適であるかを判別しておけば、後々時間の節約になり、いらいらする可能性もなくなります。

ルーチン機能タイプの説明を読んで、それぞれの特性を確認してください。

プロシージャー、関数、メソッドのいずれを使用するかを決定するには、以下のようにします。

1. ルーチンにどの機能をカプセル化するか、ルーチンをどのインターフェースから呼び出すか、どのルーチン・インプリメンテーションを使用するかを決定する。
   - 以下のトピックを参照する。
     – 17 ページの『ルーチンの機能タイプの比較』

     どのルーチン機能タイプがこうした要件をサポートするかを判別できます。
2. ルーチンにどの SQL ステートメントを組み込むかを決定する。
   - 以下のトピックを参照する。
     – 41 ページの『ルーチン内で実行できる SQL ステートメント』
   - どの機能ルーチンが必要な SQL ステートメントの実行をサポートするかを判別します。
3. ルーチンに組み込むものが 1 つ以上の照会だけの場合は、SQL 関数を使用することを考慮してください。こうした状況では SQL 関数のほうがパフォーマンスが優れています。なぜなら、別々にコンパイルされて呼び出されるプロシージャーとは違って、SQL 関数は、それを参照する SQL ステートメントと一緒にインライン・コンパイルが行われるからです。
4. ルーチンの機能を将来拡張して別のルーチン・タイプの機能を組み込むことが必要になるかどうかを判断する (例えば、プロシージャーは関数よりも多くの SQL ステートメントをサポートし、また一般的には関数よりも多くの SQL フィーチャーをサポートします)。後で関数をプロシージャーに書き直さなくてもすむように、この時点でプロシージャーのインプリメントを検討してください。

どのルーチン機能タイプをインプリメントするかの選択では、一般的には機能と SQL の要件が選択の動機になりますが、別の機能タイプと論理的に同等のルーチンを作成できる場合もあります。例えば、単一の結果セットを表関数として戻す基本プロシージャーのほとんどは書き直すことができます。スカラー関数の単一出力パラメーターだけを持つ基本プロシージャーも簡単に書き直すことができます。

どのルーチン機能タイプを使用するかを決定したなら、次はルーチン・インプリメンテーションの詳細を確認したり、どのルーチン・インプリメンテーションを使用するかを決定したりすることが課題になります。

ルーチンのインプリメンテーション

ルーチンのインプリメントはさまざまな方法で行えます。ルーチンのインプリメンテーションは基本的に、ルーチンが呼び出されるときに実行されるロジックを含むルーチンの基底形式です。サポートされているさまざまなルーチンのインプリメンテーションを理解することは、ルーチンの働きを理解し、ユーザー定義ルーチンをインプリメントする際に選択するルーチンのインプリメンテーションを決定するのに役立ちます。

使用可能なルーチンのインプリメンテーションとして次のものがあります。

- 組み込みルーチン
- ソース派生ルーチン
- SQL ルーチン

- 外部ルーチン

システム定義ルーチン は、組み込みルーチン、SQL ルーチン、または外部ルーチンとしてインプリメントできます。ただし、そのインプリメンテーションは基本的にはユーザーには見ることができず、通常はユーザーにはほとんど関係がありません。

ユーザー定義ルーチンは、ソース派生ルーチン、SQL ルーチン、または外部ルーチンとしてインプリメントできます。

インプリメンテーションの特性はそれぞれ異なり、多少なりとも機能サポートにつながります。特定のインプリメンテーションに決定する前に、各インプリメンテーションに関連したサポートされる機能および制限を検討することが得策です。各インプリメンテーションについて読んでから、次のトピックをお読みください。

- 32 ページの『ルーチンのインプリメンテーションの比較』

ルーチンのインプリメンテーションを十分理解しておくことは、インプリメンテーションについて適切な決定を下し、既存のルーチンのデバッグおよびトラブルシューティングを行う上で役に立ちます。

組み込みルーチンのインプリメンテーション

組み込みルーチンは DB2 データベース・マネージャーのコードにあらかじめ組み込まれています。この種のルーチンは強く型定義されており、データベース・コードに対してネイティブなロジックを持っているので、高い機能性を発揮します。これらのルーチンは SYSIBM スキーマの中にあります。組み込みスカラー関数と組み込み集約関数の例を以下に示します。

- 組み込みスカラー関数: +、-、*、/、substr、concat、length、char、 decimal、days
- 組み込み集約関数: avg、count、min、max、stdev、sum、variance

組み込み関数は、頻繁に必要になるほとんどのタイプのキャスト、ストリング処理、算術計算機能に対応しています。これらの関数は、SQL ステートメントの中ですぐに使用できます。利用可能な組み込み関数の完全なリストについては、「SQL リファレンス」を参照してください。

ソース派生ルーチンのインプリメンテーション

ソース派生ルーチンのインプリメンテーションでインプリメントされたルーチンは、別の関数 (ソース関数) のセマンティクスを複製したルーチンです。現時点で、ソース派生関数になれるのは、スカラー関数と集約関数だけです。ソース派生関数が特に便利なのは、ソース・タイプのセマンティクスを選択的に継承した特殊タイプを使用する場合です。ソース派生関数は基本的に、関数の SQL インプリメンテーションの特別な形式と言えます。

SQL ルーチンのインプリメンテーション

SQL ルーチンのインプリメンテーションは、SQL ステートメントだけで構成されています。 SQL ルーチンのインプリメンテーションの特徴は、SQL ステートメントが、データベースでのルーチンの作成に使用される CREATE ステートメント内に組み込まれるルーチンのロジックを定義しているという点です。 SQL ルーチンは

構文が単純なので、短時間で簡単にインプリメントできます。また、DB2 との関係が近いのでパフォーマンスも優れています。

SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) は基本 SQL の言語拡張であり、SQL でプログラミング・ロジックをインプリメントするためのステートメントと言語エレメントから成っています。 SQL PL には、変数や条件ハンドラーを宣言するためのステートメント (DECLARE ステートメント)、変数に値を割り当てるためのステートメント (割り当てステートメント)、プロシージャー・ロジックをインプリメントするためのステートメント (IF、WHILE、FOR、GOTO、LOOP、SIGNAL などの制御ステートメント) のセットが含まれています。 SQL のプロシージャー、関数、メソッドの作成には、SQL と SQL PL (限定的な状況では SQL PL のサブセット) を使用できます。 SQL ルーチンのインプリメンテーションには、従来の SQL ステートメントと SQL PL ステートメントを含めることができます。ただし、ルーチンの機能タイプによっては、一部の SQL ステートメントの実行が制限される可能性もあります。

通常、SQL プロシージャーは SQL 関数より多くのフィーチャーをサポートします。強力でインプリメントが簡単なエラー処理メカニズムはその一例です。 SQL ルーチンは、システム呼び出しを直接行うことはできず、データベースの外部に存在するエンティティーに対して直接操作を実行することもできません。

外部ルーチンのインプリメンテーション

外部ルーチンのインプリメンテーションは、データベースの外部に存在するプログラミング言語のコードによってルーチンのロジックが定義されるインプリメンテーションです。他のルーチンのインプリメンテーションと同様に、外部インプリメンテーションのルーチンも CREATE ステートメントを実行することによりデータベースに作成されます。コンパイルされたライブラリーに保管されるルーチンのロジックは、データベース・サーバーの特別なディレクトリー・パスにあります。ルーチン名と外部コード・アプリケーションとの関連付けは、 CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で宣言します。

外部ルーチンは、サポートされるどの外部ルーチンのプログラミング言語でも作成できます。

外部ルーチンのインプリメンテーションは、SQL ルーチンのインプリメンテーションよりもいくらか複雑かもしれません。しかし、選択したインプリメンテーション・プログラミング言語の全機能とパフォーマンスを活用できるという点で非常に強力です。また、外部関数には、データベースの外部 (つまり、ネットワークやファイル・システムなど) に存在するエンティティーにアクセスして操作を実行できるというメリットもあります。 DB2 データベースとの対話はそれほど必要としないものの、大量のロジックや非常に複雑なロジックを組み込む必要があるルーチンの場合は、外部ルーチンのインプリメンテーションが望ましいと言えます。

例えば、VARCHAR データ・タイプを操作する新しいストリング関数や、DOUBLE データ・タイプを操作する複雑な数学関数など、組み込みデータ・タイプの利便性を活用する新しい関数をインプリメントするときには、外部ルーチンを使用するのが理想的です。さらに、外部ルーチンのインプリメンテーションは、E メール送信などの外部アクションを伴うロジックにも最適です。

データ・アクセスよりもプログラミング・ロジックを重視してロジックをカプセル化する必要がある場合、サポートされているいずれかの外部ルーチンのプログラミング言語によるプログラミングが苦にならないのであれば、外部インプリメンテーションのルーチンの作成手順をマスターした時点で、外部ルーチンがいかに強力かをすぐに実感できるはずです。

外部ルーチンの開発でサポートされている API およびプログラミング言語

以下の API および関連したプログラミング言語を使用して、DB2 外部ルーチン (プロシージャーおよび関数) を開発することができます。

- ADO.NET
  - .NET 共通言語ランタイム・プログラミング言語
- CLI
- 組み込み SQL
  - C
  - C++
  - COBOL (プロシージャーでのみサポート)
- JDBC
  - Java
- OLE
  - Visual Basic
  - Visual C++
  - この API をサポートするその他のプログラミング言語。
- OLE DB (表関数でのみサポートされる)
  - この API をサポートするプログラミング言語。
- SQLJ
  - Java

外部ルーチンの開発でサポートされている API とプログラミング言語の比較

外部ルーチンのインプリメントを開始する前に、サポートされているさまざまな外部ルーチンのアプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) およびプログラミング言語の特性および制限について考慮することは重要です。これによって最初から正しいインプリメンテーションを選ぶことができ、必要なルーチンのフィーチャーを使用することができます。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
SQL (SQL PL を含む)	• SQL は、容易に学習および使用できるハイレベル言語であり、インプリメンテーションを素早く実行できるようにします。 • SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) エレメントは、SQL 操作および照会において制御フロー・ロジックを許可します。 • 強力なデータ・タイプ・サポート。	• 非常に良い。 • SQL ルーチンは、Java ルーチンよりも高いパフォーマンスを実現します。 • SQL ルーチンのパフォーマンスは、NOT FENCED 節で作成される C および C++ 外部ルーチンと同程度です。	• 非常に安全。 • SQL プロシージャーは、常にデータベース・マネージャーと同じメモリーで稼働します。これは、キーワード NOT FENCED を付けてデフォルトで作成されるルーチンに対応しています。	• 高いスケーラビリティー。	• データベース・サーバーのファイル・システムにアクセスできません。 • データベースの外部に常駐するアプリケーションを呼び出すことはできません。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
組み込み SQL (C および C++ を含む)	• 低いレベルではあるが、強力なプログラミング言語。	• 非常に良い。 • C および C++ ルーチンは、Java ルーチンよりも高いパフォーマンスを実現します。 • NOT FENCED 節で作成される C および C++ 外部ルーチンのパフォーマンスは、SQL ルーチンと同程度です。	• C および C++ ルーチンではプログラミング・エラーが生じやすくなります。 • プログラマーは、ルーチンのインプリメンテーションを単調にして時間を浪費させる共通メモリーおよびポインター操作のエラーを避けるため、C に熟達している必要があります。 • C および C++ ルーチンは、データベース・マネージャーの混乱によって実行時にルーチン内で例外が発生するのを避けるため、FENCED 節および NOT THREADSAFE 節を使用して作成しなければなりません。これらはデフォルトの節です。これらの節を使用することで、パフォーマンスにいくらか悪い影響が出る場合がありますが、安全な実行が保証されます。 ルーチンのセキュリティーを参照してください。	• C および C++ ルーチンが FENCED 節および NOT THREADSAFE 節で作成されている場合、スケーラビリティーは削減されます。これらのルーチンは、データベース・マネージャー・プロセスとは別に、分離した *db2fmp* プロセス内で実行されます。*db2fmp* プロセスは、並行して実行されるルーチンごとに必要になります。	• サポートされるパラメーター引き渡しスタイルは複数存在するので、混乱してしまう可能性があります。ユーザーは、可能な限りパラメーター・スタイル SQL を使用する必要があります。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
組み込み SQL (COBOL)	• ビジネス (通常はファイルを取り扱う) アプリケーションの開発に適した高水準プログラミング言語。 • これまでは実動ビジネス・アプリケーション用に広く使用されてきました。しかし、その普及度は減少しています。 • COBOL は、ポインター、および、再帰的な呼び出しをサポートしていないプログラミング言語です。	• COBOL ルーチンは、他の外部ルーチンのインプリメンテーション・オプションを指定して作成されたルーチンと比較してパフォーマンスが劣ります。	• 現時点で情報はありません。	• 現時点で情報はありません。	• 32 ビットの COBOL プロシージャーを 64 ビットの DB2 インスタンス内に作成して呼び出すことができますが、これらのルーチンは 64 ビットの DB2 インスタンス内にある 64 ビットの COBOL プロシージャーと比較してパフォーマンスが劣ります。
JDBC (Java) および SQLJ (Java)	• スタンドアロン・アプリケーション、アプレット、およびサーブレットの開発に適した、高水準のオブジェクト指向プログラミング言語。 • Java オブジェクトおよびデータ・タイプは、データベース接続の確立、SQL ステートメントの実行、およびデータの操作を容易にします。	• Java ルーチンは、C および C++ ルーチンまたは SQL ルーチンと比較してパフォーマンスが劣ります。	• Java ルーチンでは、危険操作の制御は Java 仮想マシン (JVM) によって担われるので、Java ルーチンのほうが C および C++ ルーチンよりも安全です。これにより、信頼性は向上し、1 つの Java ルーチンのコードが、同じプロセス内で実行中の別のルーチンに悪影響を与えることはほとんどありません。	• 優れたスケーラビリティー • FENCED THREADSAFE 節で作成された Java ルーチン (デフォルト) は、スケーラビリティーに優れています。fenced の Java ルーチンはすべて、いくつかの JVM を共用します。特定の db2fmp プロセスの Java ヒープが使い果たされると、システムでは複数の JVM が起用されるからです。	• 危険性を含んだ操作を避けるために、 Java ルーチンから Java Native Interface (JNI) 呼び出しを行うことはできないことになっています。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
.NET 共通言語ランタイムのサポートされる言語 (C#、Visual Basic、およびその他を含む)	• 管理対象コードの Microsoft® .NET モデルの一部です。 • ソース・コードは Microsoft .NET Framework 共通言語ランタイムで解釈できる中間言語 (IL) バイト・コードにコンパイルされます。 • CLR アセンブリーは、別の .NET プログラム言語のソース・コードからコンパイルしたサブアセンブリーからでもビルドできます。つまり、ユーザーとしては、さまざまな言語で作成したコード・モジュールの再利用と統合が可能になります。	• CLR ルーチンは、実行時にデータベース・マネージャーの割り込みの可能性を最小限に抑えるために、FENCED NOT THREADSAFE 節でのみ作成できます。これにより、パフォーマンスにいくらか悪影響が出る可能性があります。	• CLR ルーチンは、FENCED NOT THREADSAFE 節でのみ作成できます。このルーチンはデータベース・マネージャーの外の、別個の db2fmp プロセスで実行されるので、安全性が確保されます。	• 入手可能な情報はありません。	• 『Restrictions on .NET CLR routines』のトピックを参照してください。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
• OLE	• OLE ルーチンは、Visual C++、Visual Basic、および OLE でサポートされているその他の言語でインプリメントすることができます。	• OLE 自動化ルーチンの速度は、インプリメントに使用する言語によって異なります。一般的にこのルーチンは、OLE C/C++ 以外のルーチンよりも遅いです。 • OLE ルーチンは、FENCED NOT THREADSAFE モードでのみ実行できるため、OLE 自動化ルーチンはスケーラビリティーにはあまり優れていません。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。

表 3. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
• OLE DB	• OLE DB は、ユーザー定義の表関数の作成に使用できます。 • OLE DB 関数は、外部の OLE DB データ・ソースに接続します。	• OLE DB 関数のパフォーマンスは、OLE DB Provider によって異なります。ただし、一般に OLE DB 関数は、論理的に同等な Java 関数よりパフォーマンスが優れていますが、論理的に同等な C、C++、または SQL 関数より速度が遅くなります。ただし関数が呼び出される場所である照会内の特定の述部を OLE DB Provider で評価することができるので、DB2 が処理しなければならない行数は減ります。多くの場合、それによってパフォーマンスが向上することになります。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。	• OLE DB は、ユーザー定義の表関数の作成にのみ使用できます。

ルーチンのインプリメンテーションの比較

サポートされるルーチンのインプリメンテーションの違いについて理解することは、独自のルーチンをビルドする際に使用するルーチンのインプリメンテーションを決定するのに役立ちます。これにより、時間と労力を節約して、ルーチンの機能およびパフォーマンスを最大限に引き出すことができます。

組み込み、ソース派生、SQL、および外部ルーチンのインプリメンテーションは多くの点で異なります。これらの相違点は、以下の表で説明されています。

表 4. ルーチンのインプリメンテーションの比較

特性	組み込み	ソース派生	SQL	外部
フィーチャーおよび使用法	• 強力なデータ・タイプ・サポート。 • データベース・マネージャー・コードに対してネイティブなロジックを持っているので、高い機能性を発揮します。 • 多くの一般的なキャスト関数、ストリング処理関数、および算術計算組み込み関数は SYSIBM スキーマ内にあります。	• 強力なデータ・タイプ・サポート。 • 組み込み関数の機能に基本的な拡張機能を提供するために使用されます。 • SQL および SQL PL は、ルーチン・ロジックのインプリメントを迅速かつ簡易に行う、ハイレベルのプログラミング言語サポートを提供します。	• 強力なデータ・タイプ・サポート。 • SQL ステートメントを実行できる、より複雑な関数によって、組み込み関数のセットを拡張するために使用されます。	• 開発者は、自分の選択したサポートされるプログラミング言語でロジックをプログラムできます。 • 複雑なロジックをインプリメントすることができます。 • 外部アクション (データベースの外部で影響力を持つアクション) が直接サポートされます。これには、サーバー・ファイル・システムに対する読み取りまたは書き込み、サーバーでのアプリケーションまたはスクリプトの呼び出し、SQL、ソース派生、または組み込みインプリメンテーションでサポートされない SQL ステートメントの発行が含まれます。
インプリメンテーションがデータベース・マネージャー・コードに組み込まれているか?	• はい	• いいえ	• いいえ	• いいえ
このインプリメンテーションを含めることができる、サポートされるルーチンの機能タイプ	• 適用外	• 関数 – スカラー関数 – 集約関数	• プロシージャー • 関数 • メソッド	• プロシージャー • 関数 • メソッド

表 4. ルーチンのインプリメンテーションの比較 (続き)

特性	組み込み	ソース派生	SQL	外部
サポートされる SQL ステートメント	• 適用外	• 適用外	• SQL PL ステートメントのすべてを含む、ほとんどの SQL ステートメントをルーチン内で実行することができます。 • 『SQL statements that can be executed in routines』のトピックを参照してください。	• SQL PL ステートメントのサブセットを含む、多くの SQL ステートメントをルーチン内で実行することができます。 • 『SQL statements that can be executed in routines』のトピックを参照してください。
パフォーマンス	• 高速	• 一般に、組み込み関数と同程度の速さです。	• SQL が効率的に書き込まれた場合、データベース操作がプログラミング・ロジックよりも強調された場合、および SQL ルーチンのベスト・プラクティスが採用された場合に、非常によいパフォーマンスが得られます。 『SQL routine best practices』のトピックを参照してください。	• プログラミング・ロジックが効率的に書き込まれた場合、および外部ルーチンのベスト・プラクティスが採用された場合に、非常によいパフォーマンスが得られます。 『External routine best practices』のトピックを参照してください。
移植性	• 適用外	• ソース派生関数は、ドロップして他の DB2 データベースに再作成するのが容易です。	• SQL 関数は、他のデータベースで簡単にドロップおよび再作成することができます。	• 外部関数は、他のデータベースでドロップおよび再作成することができます。ただし、環境に互換性があり、必要とするサポートされるソフトウェアが使用可能であるかどうかを確かめるために注意を払う必要があります。 『Deploying external routines』のトピックを参照してください。

表 4. ルーチンのインプリメンテーションの比較 (続き)

特性	組み込み	ソース派生	SQL	外部
インターオペラビリティー	• 適用外	• これは、組み込み関数を参照できる場所であればどこでも参照できます。ソース派生関数は他の関数を呼び出すことはできません。	• SQL ルーチンは、SQL ステートメントの多くの部分で参照することができます。 SQL ルーチンは、SQL ルーチンの SQL アクセス・レベルより低いか等しい SQL アクセス・レベルで、他の SQL および外部ルーチンを呼び出すことができます。	• 外部ルーチンは、外部ルーチンの SQL アクセス・レベルより低いか等しい SQL アクセス・レベルで、外部ルーチンおよび他の SQL ルーチンを呼び出すことができます。

一般に、ルーチンの機能特性および用途によって、使用するルーチンのタイプが決定します。しかし、パフォーマンスおよびサポートされるルーチンのインプリメンテーションも、使用するルーチンのタイプを決定する上で重要な役割を果たします。

使用するルーチン・インプリメンテーションの判別

組み込み、ソース派生、SQL、または外部の各ルーチン・インプリメンテーションを備えたルーチンの使用または作成の選択は、ルーチンが提供できる機能、ルーチンのパフォーマンス、およびデバッグを必要とする実行時問題の可能性に影響を与える場合があります。

可能な場合はいつでも、必要とするサポートを提供する既存のシステム定義ルーチンがあれば、それを使用します。可能な場合はいつでも、既存の組み込みルーチンを使用します。必要とする機能が、既存の組み込み関数の機能と非常によく似ている場合、既存のものを拡張するソース派生関数の作成を考慮します。

ルーチンを作成する必要がある場合は、以下の手順に従います。ルーチンの設計を先に進める前に、使用するルーチン・インプリメンテーションを決定することは重要です。

ルーチンを作成する際に、ソース派生、SQL、外部ルーチンのインプリメンテーションのいずれを使用するかを決定するには、以下のようにします。

1. プロシージャー、関数、またはメソッドを作成するかどうかを決定する。これはいつでも、ルーチンを開発する場合の最初のステップになります。さらに、そのルーチン・タイプのサポート・インプリメンテーションも決定します。参照先:
   - 17 ページの『ルーチンの機能タイプの比較』
2. ルーチンにどの SQL ステートメントを組み込むかを決定する。ルーチン内で実行する SQL ステートメントのセットにより、ルーチン・インプリメンテーションの選択が制限される場合があります。参照先:
   - 47 ページの『ルーチンで実行できる SQL ステートメントの決定』

3. 現在または将来、ルーチン・ロジックがデータベース外にあるデータ、ファイル、またはアプリケーションにアクセスする必要があるかどうかを判別します。データ、ファイル、またはアプリケーションは、データベース・サーバーのファイル・システム内または使用できるネットワーク内にある場合があります。
   - ルーチン・ロジックがデータベース外のエンティティーにアクセスする必要がある場合、外部ルーチン・インプリメンテーションを使用する必要があります。
4. プロシージャー・フロー・ロジックの量と比較して、ルーチン内に組み込む照会の数を決定する。
   - ルーチン・ロジックに、主要なプロシージャー・フロー・ロジックと、ごく少数の照会が含まれている場合は、外部ルーチンを作成する。
   - ルーチン・ロジックに、数多くの照会と、最小量のプロシージャー・フロー・ロジックが含まれている場合は、SQL ルーチンを作成する。

ルーチンの使用法

ルーチンを使用して、データベース設計者、データベース管理者、およびアプリケーション開発者が一様によく直面する多くの問題を解決することができます。これは、アプリケーションの構造、保守、パフォーマンスの向上に寄与します。ルーチンを使用する可能性のあるシナリオの例のいくつかを以下にリストします。

- ルーチンを使用したデータベースの管理
- ユーザー定義関数による SQL 関数サポートの拡張
- ルーチンおよび他の SQL フィーチャーを使用したデータ変更の監査

システム定義ルーチンを使用したデータベースの管理

アプリケーションを使用したデータベースの管理が可能です。管理機能を実行することを明示的な目的としたシステム定義ルーチンの導入により、この管理がいっそう簡単になりました。 DB2 のバージョン 8.1 では、管理用タスクの実行にすぐに使用できるシステム定義の一連のプロシージャーと関数が、SYSPROC、SYSFUN 、SYSTOOLS スキーマで提供されています。この管理用タスクには、SQL インターフェースを介した DB2 コマンドの実行、構成パラメーターの変更、パッケージ管理、スナップショット関連タスクなどが含まれます。管理用タスクを実行するためにアプリケーションが必要な場合や、SQL インターフェースを介して管理用タスクの結果にアクセスし、結果を他の照会でフィルタリング、ソート、変更、または再利用するが、そのための独自のルーチンを作成することは望まない場合には、システム定義の管理ルーチンの使用を選ぶことができます。

DB2 Universal Database™ バージョン 9.1 では、ADMIN_CMD という名前の新しいシステム定義の管理ルーチンがあります。これに他の多数のシステム定義ルーチンが加わって、包括的管理サポートが提供されます。

SQL インターフェースを介して DB2 コマンドを起動する ADMIN_CMD

バージョン 9.1 では、SQL インターフェースを介して DB2 コマンドを実行するための、ADMIN_CMD と呼ばれる新しいシステム定義の管理ルーチンがあります。基本的には、このルーチンを使用すれば、適切なフラグと値をストリング・パラメーターとして指定した DB2 コマンドを、引数として

渡すことができます。このルーチンは DB2 コマンドを含むストリングを実行し、より大きい照会または操作の一部として使用できる表形式またはスカラー形式でその結果を戻します。この機能により、データベース管理アプリケーションの作成がこれまでより簡単に行えるようになりました。

システム定義の管理ルーチン

システム定義のルーチンの例として、SNAPSHOT_TABLE、HEALTH_DB_HI、 SNAPSHOT_FILEW、 REBIND_ROUTINE_PACKAGE などがあります。これらおよび他の多数のシステム定義ルーチンは、CLP から、またはデータベース・アプリケーション内の指定したルーチンの呼び出しがサポートされている場所であればどこでも使用できます。

ADMIN_CMD ルーチンおよび他のシステム定義ルーチンは、CURRENT PATH 値に SYSPROC スキーマ名と SYSFUN スキーマ名が組み込まれている場合 (デフォルト) に使用できます。

システム定義ルーチンの使用法の例については、システム定義ルーチン固有の参照資料を参照してください。

ユーザー定義関数による SQL 関数サポートの拡張

必要なロジックがシステム定義関数にカプセル化されていない場合は、独自のユーザー定義関数を作成できます。ユーザー定義関数は、SQL 関数の基本セットの拡張に最適です。ユーザーまたはユーザーのグループが複雑な数式や特定のストリング処理をインプリメントしたり、値の意味変換を行ったりするための関数を必要とする場合は、それを行うための、既存の組み込み SQL 関数のように参照できる高性能 SQL 関数を簡単に作成できます。

例えば、ある通貨の値を別の通貨に変換する関数が必要になったユーザーを考えてみましょう。このような関数はシステム定義ルーチンのセットには用意されていません。しかし、この関数をユーザー定義の SQL スカラー関数として作成することができます。この関数が作成されると、SQL ステートメント内のスカラー関数がサポートされる場所であればどこでもそれを参照できます。

これとは別に、表の特定の列に変更が加えられるたびに E メールを送信する、もっと複雑な関数を必要としているユーザーがいるとします。このような関数はシステム定義ルーチンのセットには用意されていません。しかし、この関数を、C プログラミング言語によるインプリメンテーションで、ユーザー定義の外部プロシージャーとして作成することができます。このプロシージャーが作成されると、トリガー内などの、プロシージャーがサポートされる場所であればどこでもそれを参照できます。

これらの例は、ユーザー定義ルーチンを作成することによって SQL 言語をどれだけ簡単に拡張できるかを示します。

SQL 表関数を使用した監査

データベース・ユーザーによる表データへのアクセスや表データの変更をモニターするデータベース管理者は、 SQL データを変更する SQL 表関数を作成および使用して、表に対するトランザクションの監査を実行できます。

ビジネス・タスク (従業員の個人情報の更新など) を実行する SQL ステートメントをカプセル化した表関数には、その関数を呼び出したユーザーによる表のアクセスや変更の詳細を別の表に記録する SQL ステートメントを別に組み込むことができます。表関数の本体でアクセスまたは変更された行の結果セットを戻す SQL 表関数を作成することさえできます。表に対する変更の履歴として、戻された行の結果セットを別の表に挿入したり、保管したりできます。

SQL 表関数の作成および登録に必要な特権のリストについては、以下のステートメントを参照してください。

- CREATE FUNCTION (SQL スカラー、表、または行) ステートメント

SQL 表関数の定義者にも、SQL 表関数本体にカプセル化した SQL ステートメントの実行権限が必要です。カプセル化したそれぞれの SQL ステートメントごとに、必要な特権のリストを参照してください。表に関する INSERT、UPDATE、DELETE 特権をユーザーに付与するには、以下のステートメントを参照してください。

- GRANT (表、ビュー、またはニックネーム特権) ステートメント

SQL 表関数のアクセス対象の表は、 SQL 表関数を呼び出す前に存在していなければなりません。

例 1: SQL 表関数を使用した表データのアクセスの監査

この関数は、入力引数 deptno によって指定された部門の全従業員の給料データにアクセスします。 audit_table という名前の監査表、関数を呼び出すユーザー ID、読み取られた表の名前、どの情報にアクセスされたかの説明、および現在時刻も記録されます。この表関数には、SQL データを変更する INSERT ステートメントが含まれているので、キーワード MODIFIES SQL DATA を指定していることに注意してください。

```
CREATE FUNCTION sal_by_dept (deptno CHAR(3))
  RETURNS TABLE (lastname VARCHAR(10),
                 firstname VARCHAR(10),
                 salary INTEGER)
  LANGUAGE SQL
  MODIFIES SQL DATA
  NO EXTERNAL ACTION
  NOT DETERMINISTIC
  BEGIN ATOMIC
    INSERT INTO audit_table(user, table, action, time)
      VALUES (USER,
              'EMPLOYEE',
              'Read employee salaries in department: ' || deptno,
              CURRENT_TIMESTAMP);
    RETURN
      SELECT lastname, firstname, salary
        FROM employee as E
          WHERE E.dept = deptno;
  END
```

例 2: SQL 表関数を使用した表データの更新の監査

この関数は updEmpNum によって指定された従業員の給料を amount で指定された金額で更新し、 audit_table という名前の監査表、ルーチンを呼び出したユーザー、変更された表の名前、およびそのユーザーによって作成された変更のタイプも記録します。 FROM 節でデータ変更ステートメント (ここでは UPDATE ステートメント) を参照する SELECT ステートメントを使用して、更新された行の値を戻します。この表関数には、 INSERT ステートメントと、データ変更ステートメント UPDATE を参照する SELECT

ステートメントが含まれているので、キーワード MODIFIES SQL DATA を指定していることに注意してください。

```
CREATE FUNCTION update_salary(updEmpNum CHAR(4), amount INTEGER)
  RETURNS TABLE (emp_lastname VARCHAR(10),
                 emp_firstname VARCHAR(10),
                 newSalary INTEGER)
  LANGUAGE SQL
  MODIFIES SQL DATA
  NO EXTERNAL ACTION
  NOT DETERMINISTIC
  BEGIN ATOMIC
    INSERT INTO audit_table(user, table, action, time)
    VALUES (USER,
            'EMPLOYEE',
            'Update emp salary. Values: '
               || updEmpNum || ' ' || char(amount),
            CURRENT_TIMESTAMP);
    RETURN
      SELECT lastname, firstname, salary
        FROM FINAL TABLE(UPDATE employee
                         SET salary = salary + amount
                         WHERE employee.empnum = updEmpNum);
  END
```

例 3: トランザクションを監査するために使用される SQL 表関数の呼び出し

以下は、ユーザーが従業員の給料を 500 円更新するルーチンを呼び出す方法を示しています。

```
SELECT emp_lastname, emp_firstname, newsalary
  FROM TABLE(update_salary(CHAR('1136'), 500)) AS T
```

結果セットは、従業員のラストネーム、ファーストネーム、および新規給料とともに戻されます。関数の呼び出し側は、監査レコードが作成されていることを知りません。

```
EMP_LASTNAME EMP_FIRSTNAME NEWSALARY
------------ ------------- -----------
JONES        GWYNETH             90500
```

監査表には以下のような新規レコードが含まれます。

```
USER     TABLE      ACTION                              TIME
-------- ---------- ----------------------------------  --------------------------
MBROOKS  EMPLOYEE   Update emp salary. Values: 1136 500  2003-07-24-21.01.38.459255
```

例 4: SQL 表関数の本体内で変更された行の検索

この関数は、従業員番号 EMPNUM によって指定されている従業員の給料を amount で指定されている金額で更新し、変更された行の元の値を呼び出し側に戻します。この例は、FROM 節内のデータ変更ステートメントを参照する SELECT ステートメントを利用します。このステートメントの FROM 節内にある OLD TABLE を指定すると、 UPDATE ステートメントのターゲットである employee 表からの元の行データの戻りにフラグが立てられます。 OLD TABLE の代わりに FINAL TABLE を使用すると、employee 表の更新に続く行の値の戻りにフラグが立てられます。

```
CREATE FUNCTION update_salary (updEmpNum CHAR(4), amount DOUBLE)
  RETURNS TABLE (empnum CHAR(4),
                 emp_lastname  VARCHAR(10),
                 emp_firstname VARCHAR(10),
                 dept CHAR(4),
                 newsalary integer)
  LANGUAGE SQL
```

```
MODIFIES SQL DATA
NO EXTERNAL ACTION
DETERMINISTIC
BEGIN ATOMIC
  RETURN
    SELECT empnum, lastname, firstname, dept, salary
      FROM OLD TABLE(UPDATE employee
                        SET salary = salary + amount
                          WHERE employee.empnum = updEmpNum);
END
```

ルーチン開発のためのツール

プロシージャーおよび関数の開発にはさまざまな開発環境やツールが使用可能です。ツールの中には、DB2 Database for Linux®, UNIX®, and Windows® に付属するものもあれば、一般の統合開発環境内に統合されているコンポーネントであるものもあります。プロシージャーおよび関数の開発に使用できるグラフィカル・インターフェース、非グラフィカル・インターフェース、およびツールがあります。

DB2 データベース・サーバー内のルーチンの開発に使用できる DB2 付属のグラフィカル・ユーザー・インターフェース (GUI) ツールには次のものがあります。

- IBM® Data Studio

DB2 データベース・サーバー内のルーチンの開発に使用できる DB2 付属のコマンド行インターフェースには次のものがあります。

- DB2 コマンド行プロセッサー (DB2 CLP)

いくつかの IBM ソフトウェア製品も DB2 データベース・サーバー内のルーチンの開発のためのグラフィカル・ツールを提供します。以下はそのいくつかの例に過ぎません。

- IBM 分散統一デバッガー
- IBM Rational® Application Developer
- IBM Rational Web Developer
- IBM WebSphere® Studio

いくつかのオープン・ソース・ソフトウェア製品も DB2 データベース・サーバー内のルーチンの開発のためのグラフィカル・ツールを提供します。以下はその一例に過ぎません。

- DB2 Web Tools for the Eclipse Framework

いくつかの DB2 のフィーチャーは、他のベンダー提供のソフトウェアでルーチンを開発できるようにするためのグラフィック・ツール・サポートを追加するために使用できます。例えば、次のものがあります。

- IBM DB2 Development Add-In for Microsoft Visual Studio .NET 1.2

メソッドの開発に使用できるツールはありません。

IBM Data Studio ルーチン開発サポート

IBM Data Studioは、ストアード・プロシージャーを作成、構築、デバッグ、テスト、およびデプロイするための使いやすい開発環境を提供します。 Data Studio は

ルーチンの作成プロセスを単純化するグラフィカル・ツールを提供します。この単純化は、基本の CREATE ステートメントの生成、DB2 サーバーでのストアード・プロシージャーの構築およびインストールに関する詳細にあまり労力をかけることなく、ストアード・プロシージャーのロジックに注意を向けることにより実現されます。さらに、開発者ツールを使用すると、あるオペレーティング・システムで開発したストアード・プロシージャーを、他のサーバー・オペレーティング・システムで構築できます。

開発者ツールは、迅速な開発をサポートするグラフィカル・アプリケーションです。開発者ツールを使用すると以下のような作業を行えます。

- 新規のストアード・プロシージャーを作成する。
- ローカルおよびリモート DB2 サーバーでストアード・プロシージャーを作成する。
- 既存のストアード・プロシージャーを変更して再作成する。
- インストールされたストアード・プロシージャーのテストとデバッグを行う。

Data Studio は、DB2 Database for Linux, UNIX, and Windows に含まれている DVD からインストールします。 Data Studioのインストール後、以下のロケーションから起動できます。

- Windows の場合:「**スタート**」>「**すべてのプログラム**」>「**IBM Software Development Platform**」>「**IBM Data Studio**」>「**IBM Data Studio**」をクリックします。
- Linux の場合: Linux のバージョンに応じて、「**プログラミング (Programming)**」>「**IBM Data Studio**」または「**開発 (Development)**」>「**IBM Data Studio**」をクリックします。

Data Studioは DB2 for OS/390® のコントロール・センターから起動することもできます。 Data Studioは、コントロール・センターの「ツール」メニュー、ツールバー、または「ストアード・プロシージャー」フォルダーから別個のプロセスとして始動することができます。さらに、Data Studioの「プロジェクト (Project)」ウィンドウから、DB2 for OS/390 サーバーに作成した SQL ストアード・プロシージャーを 1 つ以上選択して、コマンド行プロセッサー (CLP) で実行可能な指定したファイルにエクスポートすることができます。

Data Studioでは、プロジェクトの作業の管理を行えます。それぞれの Data Studio・プロジェクトは、DB2 for OS/390 サーバーなどの特定のデータベースへの接続を保存します。さらに、各データベース上にストアード・プロシージャーのサブセットを表示するためのフィルターを作成することができます。新規または既存の Data Studio・プロジェクトを開くとき、その名前、スキーマ、言語、またはコレクション ID (OS/390 の場合のみ) に基づくストアード・プロシージャーを表示するため、ストアード・プロシージャーにフィルターをかけることができます。

ルーチン内で実行できる SQL ステートメント

ルーチンで SQL ステートメントを正常に完了できるかどうかは、制約事項によってと、特定の前提条件が満たされるかどうかの条件によって決まりますが、ルーチンで多数の SQL ステートメントを実行することは可能です。

以下の表は、SQL PL 制御ステートメントなどの、サポートされているすべての SQL ステートメントを一覧で示し、各種のルーチン内で各 SQL ステートメントを実行できるかどうかを提示しています。最初の列に一覧で示されているどの SQL ステートメントの場合も、その後に続く各列に、サポートされているルーチンのタイプおよびインプリメンテーションを示しています。X は、そのステートメントをルーチンで実行できるかどうかを示します。別の列には、ステートメントの実行を可能にするために指定する必要のある最低限必要な SQL アクセス・レベルを示してあります。脚注に他に指示がなければ、どの SQL ステートメントも、静的および動的の両方の方式で実行できます。

表 5. ルーチン内で実行できる SQL ステートメント

SQL ステートメント	**SQL プロシージャー内の実行可能ファイル**	**SQL 関数内の実行可能ファイル**	**外部プロシージャー内の実行可能ファイル**	**外部関数内の実行可能ファイル**	**必要最低限の SQL データ・アクセス・レベル**
ALLOCATE CURSOR	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
ALTER {BUFFERPOOL、DATABASE PARTITION GROUP、FUNCTION、METHOD、NICKNAME、PROCEDURE、SEQUENCE、SERVER、TABLE、TABLESPACE、TYPE、 USER MAPPING、VIEW}			X	X	MODIFIES SQL DATA
ASSOCIATE LOCATORS	X				
BEGIN DECLARE SECTION			X	X	NO SQL(1)
CALL	X	X	X	X	READS SQL DATA
CASE	X				CONTAINS SQL
CLOSE	X		X	X	READS SQL DATA
COMMENT ON	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
COMMIT	X(4)		X(4)		MODIFIES SQL DATA
コンパウンド SQL	X	X	X	X	CONTAINS SQL
CONNECT(2)					

表 5. ルーチン内で実行できる SQL ステートメント (続き)

SQL ステートメント	SQL プロシージャー内の実行可能ファイル	SQL 関数内の実行可能ファイル	外部プロシージャー内の実行可能ファイル	外部関数内の実行可能ファイル	必要最低限の SQL データ・アクセス・レベル
CREATE {ALIAS、 BUFFERPOOL、 DATABASE PARTITION GROUP、 DISTINCT TYPE、 EVENT MONITOR、 FUNCTION、 FUNCTION MAPPING、 INDEX、 INDEX EXTENSION、 METHOD、 NICKNAME、 PROCEDURE、 SCHEMA、 SEQUENCE、 SERVER、 TABLE、 TABLESPACE、 TRANSFORM、 TRIGGER、 TYPE、 TYPE MAPPING、 USER MAPPING、 VIEW、 WRAPPER }	X (6)		X		MODIFIES SQL DATA
DECLARE CURSOR	X		X		NO SQL(1)
DECLARE GLOBAL TEMPORARY TABLE	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
DELETE	X	X	X	X	MODIFIES SQL DATA
DESCRIBE(7)			X	X	READS SQL DATA
DISCONNECT(2)					
DROP	X(6)		X	X	MODIFIES SQL DATA
END DECLARE SECTION			X	X	NO SQL(1)

表 5. ルーチン内で実行できる SQL ステートメント (続き)

SQL ステートメント	SQL プロシージャー内の実行可能ファイル	SQL 関数内の実行可能ファイル	外部プロシージャー内の実行可能ファイル	外部関数内の実行可能ファイル	必要最低限の SQL データ・アクセス・レベル
EXECUTE	X		X	X	CONTAINS SQL(3)
EXECUTE IMMEDIATE	X		x	X	CONTAINS SQL(3)
EXPLAIN	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
FETCH	X		X	X	READS SQL DATA
FLUSH EVENT MONITOR			X	X	MODIFIES SQL DATA
FLUSH PACKAGE CACHE			X	X	MODIFIES SQL DATA
FOR	X	X			READS SQL DATA
FREE LOCATOR	X		X	X	CONTAINS SQL
GET DIAGNOSTICS	X	X			READS SQL DATA
GOTO	X				CONTAINS SQL
GRANT	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
IF	X	X			CONTAINS SQL
INCLUDE			X	X	NO SQL
INSERT	X	X	X	X	MODIFIES SQL DATA
ITERATE	X	X			CONTAINS SQL
LEAVE	X	X			CONTAINS SQL
LOCK TABLE	X		X	X	CONTAINS SQL
LOOP	X				CONTAINS SQL
MERGE	X	X	X	X	MODIFIES SQL DATA
OPEN	X		X	X	READS SQL DATA(5)
PREPARE	X		X	X	CONTAINS SQL
REFRESH TABLE			X	X	MODIFIES SQL DATA
RELEASE					
RELEASE SAVEPOINT	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
RENAME TABLE			X	X	MODIFIES SQL DATA

表 5. ルーチン内で実行できる SQL ステートメント (続き)

SQL ステートメント	SQL プロシージャー内の実行可能ファイル	SQL 関数内の実行可能ファイル	外部プロシージャー内の実行可能ファイル	外部関数内の実行可能ファイル	必要最低限の SQL データ・アクセス・レベル
RENAME TABLESPACE			X	X	MODIFIES SQL DATA
REPEAT	X				CONTAINS SQL
RESIGNAL	X				MODIFIES SQL DATA
RETURN	X				CONTAINS SQL
REVOKE			X	X	MODIFIES SQL DATA
ROLLBACK(4)	X		X		
ROLLBACK TO SAVEPOINT	X		X	X	MODIFIES SQL DATA
SAVEPOINT	X				MODIFIES SQL DATA
SELECT ステートメント	X		X	X	READS SQL DATA
SELECT INTO	X		X	X	READS SQL DATA(5)
SET CONNECTION(2)					
SET INTEGRITY			X		MODIFIES SQL DATA
SET 特殊レジスター	X	X	X	X	CONTAINS SQL
SET 変数	X	X			CONTAINS SQL
SIGNAL	X	X			MODIFIES SQL DATA
UPDATE	X	X	X		MODIFIES SQL DATA
VALUES INTO	X		X	X	READS SQL DATA
WHENEVER	X		X		NO SQL(1)
WHILE	X	X			

注:

1. NO SQL オプションでは SQL ステートメントを指定できないことを暗黙に示していますが、実行不能ステートメントは制限されません。
2. 接続管理ステートメントは、どのルーチン実行コンテキストでも許可されません。
3. 実行されるステートメントに応じて決まります。 EXECUTE ステートメントに指定されるステートメントは、有効な特定の SQL アクセス・レベルのコンテキストで許可されるステートメントでなければなりません。例えば、SQL アクセ

ス・レベル READS SQL DATA が有効な場合、ステートメントは INSERT、UPDATE、または DELETE にすることができません。

4. TO SAVEPOINT 節を指定しない COMMIT ステートメントおよび ROLLBACK ステートメントをストアード・プロシージャーで使用できます。しかし、ストアード・プロシージャーがアプリケーションから直接呼び出される場合、またはアプリケーションからのネストされたストアード・プロシージャー呼び出しを介して間接的に呼び出される場合に限ります。 (トリガー、関数、メソッド、またはアトミック・コンパウンド・ステートメントがストアード・プロシージャーへの呼び出しチェーンに含まれる場合、作業単位の COMMIT または ROLLBACK は許可されません。)
5. SQL アクセス・レベル READS SQL DATA が有効な場合、SQL データ変更ステートメントを SELECT INTO ステートメントに組み込んだり、OPEN ステートメントによって参照されるカーソルに組み込むことはできません。
6. SQL プロシージャーが発行できるのは、索引、表、およびビュー用の CREATE および DROP ステートメントだけです。
7. DESCRIBE SQL ステートメントの構文は、CLP DESCRIBE コマンドとは違っています。

ルーチンの SQL アクセス・レベル

ルーチンが SQL ステートメントを実行できる度合いは、ルーチンの SQL アクセス・レベルによって決定されます。ルーチンの SQL アクセス・レベルは、特定のタイプのルーチンで何が許可されるか、またルーチンを定義する CREATE ステートメントの中でどのような制限が明示的に指定されるか、という 2 つの要素によって決定されます。

SQL アクセス・レベルは次のとおりです。

- NO SQL
- CONTAINS SQL
- READS SQL
- MODIFIES SQL

この SQL アクセス・レベルの節を使用して、データベース・マネージャーが安全にステートメントを実行し、最良のパフォーマンスを得るためのステートメント情報をデータベース・マネージャーに提供します。

各種ルーチンのデフォルト SQL アクセス・レベルと最大 SQL アクセス・レベルが以下に示されています。

表 6. ルーチンのデフォルト SQL アクセス・レベルと最大 SQL アクセス・レベル

ルーチン・タイプ	デフォルト SQL アクセス・レベル	許可される最大 SQL アクセス・レベル
SQL プロシージャー	MODIFIES SQL DATA	MODIFIES SQL DATA
SQL 関数 (スカラー関数)	READS SQL DATA	MODIFIES SQL DATA
SQL 関数 (表関数)	READS SQL DATA	MODIFIES SQL DATA
外部プロシージャー	MODIFIES SQL DATA	MODIFIES SQL DATA
外部関数 (スカラー関数)	READS SQL DATA	READS SQL DATA

表 6. ルーチンのデフォルト SQL アクセス・レベルと最大 SQL アクセス・レベル (続き)

ルーチン・タイプ	デフォルト SQL アクセス・レベル	許可される最大 SQL アクセス・レベル
外部関数 (表関数)	READS SQL DATA	READS SQL DATA

ルーチンが最高のパフォーマンスを発揮するのは、ルーチン CREATE ステートメントに最も限定的な (有効な) SQL アクセス節を指定した場合です。

ルーチンの CREATE ステートメントに関して、次の考慮事項があります。

- READS SQL DATA を明示的に指定する場合、ルーチン内のどの SQL ステートメントもデータを変更することができません。
- CONTAINS SQL DATA を明示的に指定する場合、ルーチン内のどの SQL ステートメントもデータを変更したり、データを読み取ったりすることができません。
- NO SQL を明示的に指定する場合、ルーチン内に実行可能 SQL ステートメントを含めてはなりません。

ルーチンで実行できる SQL ステートメントの決定

ルーチン内で多くの SQL ステートメントを実行できますが、すべての SQL ステートメントを実行できるわけではありません。ルーチン内で特定の SQL ステートメントを実行できるかどうかは、ルーチンのタイプ、ルーチンのインプリメンテーション、ルーチンに指定された最大 SQL アクセス・レベル、ルーチンの定義者および呼び出し側の特権によって決まります。

ルーチンをインプリメントする前に、ルーチン内でどのような SQL ステートメントを実行できるかを決定しておけば、最初からルーチンのタイプとインプリメンテーションを確実に正しく選択できます。

ルーチン内で正常に SQL ステートメントを実行するには、以下の前提条件を満たす必要があります。

- ルーチンの SQL アクセス・レベルが、その特定の SQL ステートメントの実行を許可していなければならない。
  - ルーチンの SQL アクセス・レベルは、そのルーチン用の CREATE ステートメントで指定されます。
  - ルーチンのタイプによっては、サポートされない SQL アクセス・レベルがあります。下記の制約事項を参照してください。
- ルーチン定義者は、その SQL ステートメントを実行するのに必要な特権を持っていなければならない。
  - サポートされている各 SQL ステートメントを実行するのに必要な特権は、「SQL リファレンス」に記載されています。
- これら以外に、そのステートメントの実行を制限している別の制約事項がない。
  - 特定の SQL ステートメント固有の制約事項のリストについては、「SQL リファレンス」を参照してください。

ルーチン内で実行できる一連の SQL ステートメントには、以下の制約事項による制限があります。これらの制約事項は特に、特定のルーチン・タイプにどの SQL アクセス・レベルを指定できるかを制限するものです。

- 外部関数は MODIFIES SQL DATA アクセス・レベルで指定できません。
- トリガーから呼び出される外部プロシージャーは MODIFIES SQL DATA アクセス・レベルで指定できません。

特定のルーチンでどの SQL ステートメントを呼び出せるかを判別するには、以下のようにします。

1. ルーチンの SQL アクセス・レベルを判別する。既存のルーチンの場合は、そのルーチンの作成時に使用された CREATE ステートメントを調べてください。NO SQL、CONTAINS SQL、READS SQL DATA、MODIFIES SQL DATA のいずれかの SQL アクセス・レベル節が、DDL で明示的に定義されている可能性があります。こうした節が明示的に指定されていない場合は、そのルーチンのデフォルト値が暗黙的に使用されます。
   - SQL プロシージャーの場合、デフォルトは MODIFIES SQL DATA です。
   - SQL 関数の場合、デフォルトは MODIFIES SQL DATA です。
   - 外部プロシージャーの場合、デフォルトは MODIFIES SQL DATA です。
   - 外部関数の場合、デフォルトは READS SQL DATA です。
2. 『SQL statements that can be executed in routines』のトピック内の表を参照する。該当する SQL ステートメントを名前で調べて見つけてください。
3. 特定のタイプのルーチンとインプリメンテーションでその SQL ステートメントがサポートされているかどうかを確認する。
4. ステートメントを実行するのに必要な SQL アクセス・レベルが、そのルーチンの SQL アクセス・レベルと一致するかどうか確認する。
5. 使用上の注意や脚注をよく読み、その SQL ステートメントの実行に関して他に制約事項がないことを確認する。

その SQL ステートメントがルーチン内で実行可能であることが示され、ルーチンの SQL アクセス・レベルがルーチン内でそのステートメントを実行するための前提条件を満たし、その他のすべての前提条件が満たされていれば、その SQL ステートメントはそのルーチンから正常に実行できます。

ルーチンの移植性

ルーチンの移植性は、ルーチンをデプロイするときの容易さのことを指します。移植性は、オペレーティング・システムの互換性、ランタイム環境の互換性、ソフトウェアの互換性、呼び出しインターフェースの互換性などの要因と、ルーチン内で実行される SQL ステートメントのサポートの互換性などの他のルーチンのインプリメンテーションの要因で構成されます。

ルーチンをデプロイする環境とルーチンが開発された環境が異なる場合には、ルーチンの移植性は必要不可欠です。一般に、オペレーティング・システム間、さらには各種 DB2 データベース製品およびエディション間の DB2 ルーチンの移植性は高くなっています。後々の作業のやり直しの可能性を最小化するために、ルーチンを開発する前に移植性に関する潜在的な問題について考慮することが得策です。

以下のトピックには、ルーチンの移植性を制限できる要因に関連した情報が含まれています。

- サポートされる DB2 Database for Linux, UNIX, and Windows エディション
- サポートされる開発およびコンパイラー・ソフトウェア
- ルーチン内で実行できる SQL ステートメント
- ルーチンに関する制約事項
- ルーチンのデプロイ

ルーチンのインターオペラビリティー

さまざまなタイプを持ち、さまざまなプログラミング・インプリメンテーションを使用するルーチンのインターオペラビリティーにより、ルーチンはデータベース・システムの存続期間を通して再利用性の高いモジュールになることができます。コード・モジュールは、多数のプログラマーによってインプリメントされることが多く、しかもそれぞれのプログラマーが別々のプログラム言語を専門にしているケースも少なくありません。また、開発時間を短縮し、開発コストを節約するには、できる限りコードを再利用することが望ましいと言えます。こうした状況を踏まえて、DB2 のルーチン・インフラストラクチャーは、高度なルーチン・インターオペラビリティーをサポートするように設計されています。

ルーチンのインターオペラビリティーの特徴は、さまざまなタイプおよびインプリメンテーションのルーチンを、その他のルーチンから追加要件なしでシームレスに参照して呼び出すという機能です。 DB2 のルーチンは、以下の方法でインターオペラビリティーを提供します。

- 1 つのプログラム言語のクライアント・アプリケーションから、別々のプログラム言語でインプリメントしたルーチンを呼び出すことができます。
  - 例えば、C クライアント・アプリケーションから、 .NET 共通言語ランタイム・ルーチンを呼び出すことができます。
- ルーチンのタイプやルーチンのインプリメンテーション言語に関係なく、 1 つのルーチンから別のルーチンを呼び出すことができます。
  - 例えば、Java プロシージャー (1 つのタイプのルーチン) は、 SQL スカラー関数 (インプリメンテーション言語の異なる別のタイプのルーチン) を呼び出すことができます。
- 1 つのオペレーティング・システム上のデータベース・サーバーに作成したルーチンを、別のオペレーティング・システム上で実行する DB2 クライアントから呼び出せます。

各種の機能要件に合わせたさまざまなタイプのルーチンがあり、それぞれのインプリメンテーションの方法もさまざまです。ルーチンのタイプとインプリメンテーションの選択によって、上記の利点をどの程度具体化できるかが決まる場合もあります。ルーチンは基本的に、ロジックをカプセル化するための強力な手法です。この手法を活用すれば、SQL を拡張し、アプリケーションの構造と保守作業を改善し、場合によってはアプリケーションのパフォーマンスを向上させることができます。

ルーチンのパフォーマンス

ルーチンのパフォーマンスは様々な要因による影響を受けます。これには、ルーチンのタイプおよびインプリメンテーション、ルーチン内の SQL ステートメントの数、ルーチン内の SQL の複雑さの度合い、ルーチンに対するパラメーターの数、ルーチンのインプリメンテーションにおけるロジックの有効性、ルーチン内のエラー処理などが含まれます。ユーザーはしばしば、アプリケーションのパフォーマンスを向上させるためにルーチンをインプリメントすることを選ぶため、ルーチンのパフォーマンスを最大限に活用することは重要です。

以下の表は、ルーチンのパフォーマンスに影響を与える一般的な要因のいくつかの概略を示し、それぞれの要因を変更することによってルーチンのパフォーマンスを向上させる方法についての推奨事項を示しています。特定のルーチン・タイプに影響を与えるパフォーマンス要因の詳細については、その特定のルーチン・タイプのパフォーマンスおよびチューニングのトピックを参照してください。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチン・タイプ: プロシージャー、関数、メソッド	• プロシージャー、関数、およびメソッドはさまざまな目的で使用され、さまざまな場所で参照されます。それらには機能上の違いがあるため、パフォーマンスを直接比較することは困難です。 • 一般に、プロシージャーは関数として再作成できる場合があり (特に、プロシージャーがスカラー値を戻す場合と照会データのみを戻す場合)、それによってパフォーマンスがわずかに向上することがあります。しかし、それらの利点は一般に SQL ロジックをインプリメントするために必要な SQL を単純化することによって得られます。 • 複雑な初期化を伴うユーザー定義関数では、スクラッチパッドを利用して、最初の呼び出し時に必要とされる値を保管できます。そうすれば、それらの値は以後の呼び出しで使用することができます。
ルーチンのインプリメンテーション: システム定義またはユーザー定義	• 同等のロジックの場合、組み込みルーチンがパフォーマンスに最も優れており、その次に優れているのはシステム定義ルーチンです。それは、それらのルーチンはユーザー定義ルーチンよりもデータベース・エンジンと密接な関係を保つからです。 • ユーザー定義ルーチンは、適切にコード化されており、ベスト・プラクティスに従っているのであれば、良いパフォーマンスで実行できます。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチンのインプリメンテーション: SQL または外部ルーチンのインプリメンテーション	• SQL ルーチンは外部ルーチンよりも効率的です。なぜなら、SQL ルーチンは DB2 データベース・サーバーによって直接実行されるからです。 • SQL プロシージャーは一般に、論理的に同等の外部プロシージャーよりもパフォーマンスに優れています。 • 単純なロジックの場合、SQL 関数のパフォーマンスは、同等の外部関数のパフォーマンスと同程度になります。 • 数学アルゴリズムおよびストリング処理関数などの SQL をほとんど必要としない複雑なロジックの場合、C などの低レベルのプログラミング言語で記述した外部ルーチンを使用する方が適切です。なぜなら SQL サポートへの依存が少ないからです。 • サポートされる外部ルーチン・プログラミング言語オプションのフィーチャー (パフォーマンスを含む) の比較については、ルーチン・インプリメンテーションの比較を参照してください。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
外部ルーチンのインプリメンテーションのプログラミング言語	• 外部ルーチンのインプリメンテーションを選択する際に考慮すべきパフォーマンスのフィーチャーの比較については外部ルーチン API とプログラミング言語の比較を参照してください。 • Java (JDBC および SQLJ API) – メモリー要件が非常に大きい Java ルーチンを作成する場合は、FENCED NOT THREADSAFE 節を指定するのが最適です。消費するメモリー領域が平均的な Java ルーチンでは、FENCED THREADSAFE 節を指定できます。 – FENCED THREADSAFE Java ルーチンの呼び出しの場合、DB2 は、ルーチンを十分に実行できる大きさの Java ヒープを持つ、スレッド化された Java fenced モードのプロセスを選択しようとします。独自のプロセスで大量のヒープを消費するルーチンを分離できないと、マルチスレッド化された Java db2fmp プロセスで Java ヒープ不足エラーが発生する可能性があります。対照的に、FENCED THREADSAFE ルーチンは、少数の JVM を共用できるため、良いパフォーマンスが得られます。 • C および C++ – 一般に、C および C++ ルーチンのパフォーマンスは、その他の外部ルーチンのインプリメンテーションよりも優れており、SQL ルーチンと同程度です。 – 最適な C および C++ ルーチンを実行するには、それらが 32 ビットの DB2 インスタンスにデプロイされる場合には 32 ビット・フォーマットでコンパイルし、64 ビットの DB2 インスタンスにデプロイされる場合には 64 ビット・フォーマットでコンパイルする必要があります。 • COBOL – 一般に、COBOL のパフォーマンスも十分ですが、ルーチンのインプリメンテーションとして COBOL は推奨されていません。
ルーチン内の SQL ステートメントの数	• ルーチンには複数の SQL ステートメントが含まれている必要があります。そうしないと、ルーチン呼び出しのオーバーヘッドのパフォーマンス・コスト効率が低くなります。 • 複数のデータベース照会を行い、中間結果を処理し、処理したデータのサブセットを最終的に戻すようなロジックは、ルーチンのカプセル化に最適のロジックです。このタイプのロジックの例としては、複雑なデータ・マイニング、および関連データの検索を必要とする大規模な更新があります。負荷の高い SQL 処理はデータベース・サーバー上で行われ、呼び出し側には少量のデータ結果セットしか戻されません。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチン内の SQL ステートメントの複雑さ	• ルーチンに非常に複雑な照会を組み込んで、データベース・サーバーのメモリーおよびパフォーマンスの機能を十分に生かして活用できるようにするのは、良い方法です。 • SQL ステートメントが複雑すぎることを心配しないでください。
ルーチン内の静的または動的 SQL 実行	• 一般に、静的 SQL のパフォーマンスは動的 SQL よりも優れています。ルーチンでは、静的 SQL または動的 SQL を使用する場合に、それ以上の違いはありません。
ルーチンに対するパラメーターの数	• ルーチンに対するパラメーターの数を最小限にすると、ルーチンとルーチン呼び出し側との間で受け渡されるバッファーの数が最小限になるため、ルーチンのパフォーマンスを向上できます。
ルーチン・パラメーターのデータ・タイプ	• ルーチン定義で CHAR パラメーターではなく VARCHAR パラメーターを使用することにより、ルーチンのパフォーマンスを向上させることができます。CHAR データ・タイプではなく VARCHAR データ・タイプを使用すると、パラメーターの引き渡しの前に DB2 によってパラメーターにスペースが埋め込まれなくなります。これで、ネットワークを経由したパラメーターの転送に要する時間が短縮されます。 例えば、クライアント・アプリケーションが CHAR(200) パラメーターを予期するルーチンにストリング "A SHORT STRING" を渡す場合、DB2 はパラメーターに 186 個のスペースを埋め込み、ストリングを NULL で終了してから、200 文字のストリングと NULL 終止符全体をネットワーク経由でルーチンに送信する必要があります。 それと比べて、VARCHAR(200) パラメーターを予期するルーチンに同じストリング *"A SHORT STRING"* を渡すと、DB2 は単に 14 文字ストリングと NULL 終止符をネットワーク経由で渡します。
ルーチンに対するパラメーターの初期化	• ルーチンに対する入力パラメーターを常に初期化することは、特に入力ルーチン・パラメーター値が NULL の場合には適切です。 NULL 値のルーチン・パラメーターの場合、フルサイズのバッファーではなく、小さいバッファーまたは空のバッファーをルーチンに渡すことができます。それにより、パフォーマンスを向上させることができます。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチン内のローカル変数の数	• ルーチン内で宣言されるローカル変数の数を最小限にすることにより、ルーチン内で実行される SQL ステートメントの数を最小限にして、パフォーマンスを向上させることができます。 • 一般に、使用する変数を可能な限り少なくすることを目標としてください。変数を再利用することで混乱が生じない場合は、変数を再利用してください。
ルーチン内のローカル変数の初期化	• 可能であれば、単一の SQL ステートメント内で複数のローカル変数を初期化するのは、良い方法です。そうすれば、ルーチンの合計の SQL 実行時間を節約できます。
プロシージャーが戻す結果セットの数	• ルーチンによって戻される結果セットの数を減らせると、ルーチンのパフォーマンスを向上させることができます。
ルーチンによって戻される結果セットのサイズ	• ルーチンによって戻される結果セットごとに、結果を定義する照会によって、戻された列および戻された行数をできるだけフィルタリングするようにしてください。不要なデータの列または行を戻すことは効率的ではなく、ルーチンのパフォーマンスが最適ではなくなる可能性があります。
ルーチン内のロジックの有効性	• アプリケーションと同様に、ルーチンのパフォーマンスも、インプリメントが不十分なアルゴリズムによって制限されることがあります。ルーチンをプログラミングする際にはできる限り効率的であるようにし、一般に推奨されているコーディングのベスト・プラクティスをできる限り適用するようにしてください。 • SQL を分析し、可能な限り照会を単純なフォームにしてください。これは多くの場合、CASE ステートメントの代わりに CASE 式を使用したり、複数の SQL ステートメントを CASE 式をスイッチとして使用する単一のステートメントに縮小したりすることによって行えます。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチンのランタイム・モード (FENCED または NOT FENCED 節の指定)	**NOT FENCED 節の使用法:** • 一般に、ルーチンを NOT FENCED 節で作成すること (DB2 データベース・マネージャーと同じプロセスで実行することを指定) は、FENCED 節で作成すること (エンジンのアドレス・スペースの外部の特殊な DB2 プロセスで実行することを指定) より望ましいと言えます。 • ルーチンを not fenced として実行すると、ルーチンのパフォーマンスの向上を期待できますが、unfenced ルーチンのユーザー・コードが意図せずにまたは故意にデータベースを破損したり、データベース制御構造に損傷を与えることがあります。 NOT FENCED 節を使用するのは、パフォーマンスの利点を最大限にする必要があるとき、およびルーチンが安全であると判断される場合に限らなければなりません。 (C/C++ ルーチンを NOT FENCED として登録するリスクの評価およびその軽減の詳細については、『ルーチンのセキュリティー』を参照してください。) ルーチンがデータベース・マネージャーのプロセスで実行できるほど安全でない場合は、ルーチンの作成時に FENCED 節を使用してください。安全でない可能性があるコードの作成および実行を制限するために、DB2 では、ユーザーが NOT FENCED ルーチンを作成するには、特殊権限 CREATE_NOT_FENCED_ROUTINE を持っていなければなりません。 • NOT FENCED ルーチンの実行中に異常終了が発生する場合、ルーチンが NO SQL として登録されていると、データベース・マネージャーは適切なリカバリーを試行します。しかし、NO SQL として定義されていないルーチンの場合、データベース・マネージャーは失敗します。 • ルーチンが GRAPHIC または DBCLOB データを使用する場合は、NOT FENCED ルーチンを WCHARTYPE NOCONVERT オプションでプリコンパイルする必要があります。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチンのランタイム・モード (FENCED または NOT FENCED 節の指定)	**FENCED THREADSAFE 節の使用法** • FENCED THREADSAFE 節で作成されたルーチンは、その他のルーチンと同じプロセスで実行します。具体的には、Java 以外のルーチンはあるプロセスを共用し、Java(TM) ルーチンは他の言語で作成されたルーチンとは分離した、別のルーチンを共用します。この分離により、Java ルーチンは、他の言語で作成された、エラーを起こしやすいルーチンから保護されます。また、Java ルーチンのプロセスには JVM が含まれています。これは、メモリー・コストが高くなり、他のルーチン・タイプでは使用されません。 FENCED THREADSAFE ルーチンの複数の呼び出しではリソースを共用するため、それぞれが独自の専用プロセスで実行する FENCED NOT THREADSAFE ルーチンよりもシステムのオーバーヘッドが減ります。 • ご使用のルーチンが他のルーチンと同じプロセスで実行しても安全であると感じる場合、それを登録する際に THREADSAFE 節を使用してください。 NOT FENCED ルーチンと同様に、C/C++ ルーチンを FENCED THREADSAFE として登録するリスクの評価およびその軽減の詳細については、『ルーチンのセキュリティーに関する考慮事項』のトピックを参照してください。 • FENCED THREADSAFE ルーチンが異常終了する場合、このルーチンを実行しているスレッドだけが終了されます。プロセス内のその他のルーチンは実行を続けます。しかし、このスレッドが異常終了する原因になった障害は、プロセス内の他のルーチンのスレッドに悪影響を及ぼし、トラップ、ハング、およびデータの破損の原因となることがあります。あるスレッドが異常終了した後は、そのプロセスは新規のルーチンの呼び出しに使用されません。すべてのアクティブ・ユーザーがこのプロセスでジョブを完了すると、それは終了されます。 • Java ルーチンを登録する際に、特に指定されない限り、THREADSAFE であると見なされます。その他の LANGUAGE タイプはすべて、デフォルトで NOT THREADSAFE です。 LANGUAGE OLE および OLE DB を使用するルーチンは THREADSAFE として指定できません。 • NOT FENCED ルーチンは THREADSAFE でなければなりません。ルーチンを NOT FENCED NOT THREADSAFE として登録することはできません (SQLCODE -104)。 • UNIX(R) のユーザーは、db2fmp (Java) または db2fmp (C) を探すことにより、Java および C の THREADSAFE プロセスを参照できます。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
ルーチンのランタイム・モード (FENCED または NOT FENCED 節の指定)	**FENCED NOT THREADSAFE モード** • FENCED NOT THREADSAFE ルーチンはそれぞれ、独自の専用プロセスで実行します。多数のルーチンを実行している場合、このことはデータベース・システムのパフォーマンスに悪影響を及ぼす可能性があります。ルーチンが他のルーチンと同じプロセスで実行できるほど安全でない場合は、ルーチンを登録する際に NOT THREADSAFE 節を使用してください。 • UNIX では、NOT THREADSAFE プロセスは db2fmp (pid) (pid は fenced モード・プロセスを使用するエージェントのプロセス ID) またはプール NOT THREADSAFE db2fmp の場合は db2fmp (idle) として表示されます。
ルーチン内の SQL アクセスのレベル: NO SQL、CONTAINS SQL、READS SQL DATA、MODIFIES SQL DATA	• 低レベルの SQL アクセス節で作成されたルーチンは、高レベルの SQL アクセス節で作成されたルーチンよりもパフォーマンスに優れています。そのため、最も限定的なレベルの SQL アクセス節でルーチンを宣言してください。例えば、ルーチンが SQL データの読み取りだけを行う場合、ルーチンを MODIFIES SQL DATA 節で作成するのではなく、より限定的な READS SQL DATA 節で作成します。
ルーチンの決定論 (DETERMINISTIC または NOT DETERMINISTIC 節の指定)	• DETERMINISTIC または NOT DETERMINISTIC 節でルーチンを宣言しても、ルーチンのパフォーマンスに影響を与えません。
ルーチンによってとられる外部アクションの数および複雑さ (EXTERNAL ACTION 節の指定)	• 外部ルーチンによって実行される外部アクションの数および外部アクションの複雑さによっては、ルーチンのパフォーマンスの妨げとなることがあります。この原因となる要因としては、ネットワーク・トラフィック、書き込みまたは読み取り用のファイルへのアクセス、外部アクションの実行に要する時間、および外部アクションのコードまたは動作のハングに関連したリスクがあります。
入力パラメーターが NULL のときのルーチン呼び出し (CALLED ON NULL INPUT 節の指定)	• NULL の入力パラメーター値を受け取った場合はロジックが実行されず、ルーチンが即時に戻される結果になるのであれば、NULL の入力パラメーター値が検出されたときにルーチンが完全には呼び出されないように、ルーチンを変更することができます。ルーチン入力パラメーターを受け取った場合に呼び出しを早期に終了するルーチンを作成するには、ルーチンを作成して、CALLED ON NULL INPUT 節を指定します。

表 7. パフォーマンスの考慮事項およびルーチンのパフォーマンスの推奨事項 (続き)

パフォーマンスの考慮事項	パフォーマンスの推奨事項
タイプ XML のプロシージャー・パラメーター	• データ・タイプ XML のパラメーターを渡すことは、C または JAVA プログラミング言語でインプリメントされた外部プロシージャーで行う場合、SQL プロシージャーで行う場合と比べてかなり効率が低くなります。データ・タイプ XML の 1 つ以上のパラメーターを渡すときには、外部プロシージャーではなく SQL プロシージャーを使用することを考慮してください。 • XML データは、ストアード・プロシージャーに IN、OUT、または INOUT パラメーターとして渡されるときにマテリアライズされます。Java ストアード・プロシージャーを使用している場合、XML 引数の数量とサイズ、および並行に実行されている外部ストアード・プロシージャーの数に基づいて、ヒープ・サイズ (JAVA_HEAP_SZ 構成パラメーター) を増やさなければならない場合があります。

いったんルーチンを作成してデプロイすると、環境およびルーチンに固有のどのような要因がルーチンのパフォーマンスに影響を与えるのかを判別するのが難しくなる可能性があります。そのため、パフォーマンスを念頭においてルーチンを設計することが重要です。

ルーチンのセキュリティー

ルーチンのセキュリティーは、ルーチンの継続的な機能を確実にし、改ざんのリスクを最小限に抑え、データベース・システム環境を保護するために最も重要なものです。ルーチンのセキュリティー考慮事項にはいくつかのカテゴリーがあり、それぞれのリスクのレベルは異なります。ユーザーは、ルーチンの開発または保守を行う場合、望ましくない結果を可能な限り軽減するために、これらのリスクについて知っている必要があります。

ルーチンの作成者に関するセキュリティー管理

ルーチンのセキュリティーは、データベースでルーチンを作成するのに必要な CREATE ステートメントの実行に必要な特権がユーザーに付与されるときに始まります。これらの特権を付与することによるリスクを理解することは大切です。

- ルーチンの CREATE ステートメントを実行する特権を持つユーザーは、複数のルーチンを作成できます。
- ルーチンの CREATE ステートメントを実行する特権を持つユーザーは、ユーザーが持っている他の特権に従って、データベースのレイアウトまたはデータベースのデータを変更するルーチンを作成できます。
- ルーチンを正常に作成したユーザーには、ルーチンを呼び出すのに必要な EXECUTE 特権が自動的に付与されます。
- ルーチンを正常に作成したユーザーには、ルーチンを変更するのに必要な ALTER ROUTINE 特権が自動的に付与されます。

データベースおよびデータを変更するユーザーのリスクを最小限に抑えるには、以下のようにします。

- ルーチンを作成する特権を持つユーザーの数を最小限に抑えます。
- 過去の従業員のユーザー ID が除去されていることを確認するか、またはそのユーザー ID を再使用する場合、プロシージャー関連の特権を必ず審査してください。

1 つまたは多くの、あるいはすべてのデータベース・ユーザーに対して特権の付与および取り消しを行う方法について詳しくは、データベース・オブジェクトおよびデータへのアクセス制御に関するトピックを参照してください。

ルーチンを誰が呼び出すかに関するセキュリティー管理

ユーザーが権限を持っていないと、処理が実行できないため、ユーザーが特権を必要とするときを判断するのは容易です。ユーザーがこれらの特権を必要としなくなる時期を決定することは困難です。これは、ルーチンを呼び出す特権を持つユーザーについて特に当てはまります。それらのユーザーが特権を保持することを許可すると、リスクが生じる可能性があるためです。

- ルーチンを呼び出すための EXECUTE 特権が付与されたユーザーは、この特権が除去されるまでルーチンを引き続き呼び出すことができます。ルーチンに重要なロジックが含まれているか、ルーチンが重要なデータ上で機能する場合、これはビジネス上のリスクとなる可能性があります。

データベースおよびデータを変更するユーザーのリスクを最小限に抑えるには、以下のようにします。

- ルーチンを呼び出す特権を持つユーザーの数を最小限に抑えます。
- 過去の従業員のユーザー ID が除去されていることを確認するか、またはそのユーザー ID を再使用する場合、プロシージャー関連の特権を必ず審査してください。
- 悪意のあるユーザーがルーチンを呼び出していると思われる場合には、それらのルーチンごとに EXECUTE 特権を取り消す必要があります。

FENCED 節または NOT FENCED 節で定義されたルーチンのセキュリティー管理

ルーチン用の CREATE ステートメントを定式化する場合、FENCED 節または NOT FENCED 節のどちらを指定するか決定する必要があります。ルーチンを fenced または unfenced で作成することの利点について理解したなら、NOT FENCED として外部インプリメンテーションを行った場合の、実行中のルーチンに関連したリスクを見極めることが重要です。

- NOT FENCED 節で作成されたルーチンは、データベース・マネージャーの共用メモリーを無意識または意識的に破壊したり、データベースの制御構造を損壊したり、データベース・マネージャー・リソースにアクセスしてデータベース・マネージャーが失敗する可能性があります。データベースやその表を破壊するといったリスクもあります。

データベース・マネージャーとそのデータベースの整合性を確保するには、以下のようにします。

- NOT FENCED 節を指定する、作成予定のルーチンを徹底的にスクリーニングします。そのようなルーチンは、十分にテスト、デバッグを行い、予期せぬ副次効果を引き起こさないようにする必要があります。ルーチン・コードの検査では、メモリー管理と静的変数の使用に対して厳重な注意を払います。破損が生じる可能性が最も高いと言えるのは、コードがメモリーを適切に管理しない場合や静的変数を不正に使用する場合です。このような問題は、Java(TM) や .NET 以外のプログラム言語でよく見られます。

NOT FENCED ルーチンを登録するには、 CREATE_NOT_FENCED_ROUTINE 権限が必要です。 CREATE_NOT_FENCED_ROUTINE 権限を付与する場合、付与された人はデータベース・マネージャーとそのすべてのリソースに無制限にアクセスできるようになることに注意してください。

注: NOT FENCED ルーチンは、共通の基準に準拠した構成ではサポートされていません。

ルーチンのセキュリティー確保

ルーチンを作成する際、ルーチン、ルーチン・ライブラリー (外部ルーチンの場合)、およびルーチンと対話することになるユーザーの特権を、ルーチンのセキュリティーを念頭に置いて管理するようにすることが重要です。

ルーチンのセキュリティー・ストラテジーほど手の込んだものは必要ありませんが、ルーチンのセキュリティーに寄与する要因に留意し、規律ある方法に従ってルーチンのセキュリティーを確保することをお勧めします。

前提条件

- 『Security of routines』のトピックをお読みください。
- データベース・システム内のルーチンを完全にセキュリティー確保するには、以下の権限が必要です。
  - データベース・サーバーのオペレーティング・システムに対する root ユーザー・アクセス権。
  - DBADM または SYSADM のいずれかの権限。

ルーチンを作成する場合も、既存のルーチンを査定する場合も、ルーチンのセキュリティー確保の手順は同様です。

1. ルーチンを作成するのに必要な特権を持つユーザー ID の数を制限し、それらのユーザーがこの特権を持てるようにする。
   - ルーチン用の CREATE ステートメントの実行が正常に終了すると、そのユーザー ID に、EXECUTE 特権 (ユーザーがルーチンを呼び出せる) と GRANT EXECUTE 特権 (ルーチンを呼び出せる権限を他のユーザーに付与できる) を含む他の特権が自動的に付与されます。
   - この特権を持つユーザーを少なくし、ふさわしいユーザーにこの特権を付与します。
2. 不当または不十分にレビューまたはテストされた可能性のあるコードはないか、ルーチンを査定する。
   - ルーチンの出所を考慮に入れてください。そのルーチンを提供した関係者は信頼できますか?

- データベース・サーバーのファイル・システムに対して読み取りや書き込みを試みるコードや、そこにあるファイルを置き換えようとするコードのような、不正コードはないか探してください。
- メモリー管理、ポインター操作、静的変数の使用に関連したコードのうち、ルーチンを失敗させる可能性のある、インプリメントが不十分なものはないか探してください。
- コードが十分にテストされていることを確認してください。

3. 過度に危険と思われるルーチンやコーディングが不十分と思われるルーチンは受け入れない (リスクを考えれば、受け入れる価値があるとは限りません)。
4. 含まれるリスクは、リスクの可能性が低いルーチンに関連したものだけにする。
   - SQL ユーザー定義 SQL ルーチンは、データベース・マネージャーのメモリー・スペース内で安全に実行できるため、NOT FENCED THREADSAFE ルーチンとしてデフォルトで作成されます。こうしたルーチンについては、何も行う必要はありません。
   - ルーチンを作成する CREATE ステートメントで、FENCED 節を指定してください。こうすることで、ルーチン操作がデータベース・マネージャーに影響を与えることがなくなります。これはデフォルトの節です。
   - ルーチンがマルチスレッド・ルーチンの場合は、ルーチン用の CREATE ステートメントで NOT THREADSAFE 節を指定します。こうすることで、ルーチン内に障害や不正コードがあっても、共有スレッド・プロセス内で実行される他のルーチンはその影響を受けなくなります。
5. ルーチンが外部ルーチンの場合は、データベース・サーバーにルーチン・インプリメンテーションのライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを置く。ルーチンのデプロイに関する一般推奨事項、および外部ルーチンのライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルのデプロイに関する具体的な推奨事項に従ってください。

SQL の入ったルーチンの許可およびバインド

ルーチン・レベルの許可について論じるときには、まずルーチンに関連したいくつかのロール、それぞれのロールの判別、各ロールに関連した特権について説明することが大切です。

パッケージ所有者

ルーチンのインプリメンテーションにかかわっているパッケージの所有者です。パッケージの所有者とは、パッケージをデータベースにバインドするために BIND コマンドを実行したユーザーです (ただし、プリコンパイル/バインドの OWNER オプションを使用してパッケージの所有権をオーバーライドし、別のユーザーにその所有権を設定した場合は別です)。 BIND コマンドを実行すると、パッケージに関する EXECUTE WITH GRANT 特権がパッケージ所有者に付与されます。ルーチンのライブラリーまたは実行可能ファイルは、複数のパッケージで構成されることがあるので、そのような場合は、複数のパッケージ所有者が関連付けられます。

ルーチン定義者

ルーチンを登録するために CREATE ステートメントを発行した ID です。基本的には DBA がルーチン定義者になりますが、ルーチンのパッケージ所

有者がルーチン定義者になることもあります。ルーチンを呼び出すと、パッケージのロード時に、そのルーチンを実行する許可が、そのルーチンに関連した 1 つ以上のパッケージを実行する定義者の許可 (ルーチンの呼び出し側の許可ではない) に照らしてチェックされます。ルーチンを正常に呼び出すには、ルーチン定義者に以下の特権のいずれかが必要です。

- ルーチンの 1 つ以上のパッケージに関する EXECUTE 特権とルーチンに関する EXECUTE 特権
- SYSADM または DBADM 権限

ルーチン定義者とルーチンのパッケージ所有者が同じユーザーの場合、ルーチン定義者はパッケージに関するその必要な EXECUTE 特権を持つことになります。定義者がパッケージ所有者でない場合は、パッケージ所有者か、SYSADM または DBADM 権限を持つユーザーが、パッケージに関する EXECUTE 特権を定義者に明示的に付与する必要があります。

ルーチンを登録する CREATE ステートメントを実行すると、ルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権が定義者に暗黙的に GRANT されます。

ルーチン定義者のロールは、ルーチンに関連付けられているパッケージを実行する特権と、 PUBLIC またはルーチンを呼び出す必要のある特定のユーザーに対して、ルーチンに関する EXECUTE 特権を付与する特権を 1 つの許可 ID にカプセル化することです。

注: SQL ルーチンの場合、ルーチン定義者は暗黙的にパッケージ所有者にもなります。したがって定義者は、ルーチンの CREATE ステートメントの実行時に、ルーチンとルーチン・パッケージの両方に関する EXECUTE WITH GRANT OPTION を持つことになります。

ルーチンの呼び出し側

ルーチンを呼び出す ID です。どのユーザーをルーチンの呼び出し側とするかを決定するには、どのようにルーチンが呼び出されるかを考慮することが必要です。ルーチンは、コマンド・ウィンドウか、組み込み SQL アプリケーション内から呼び出せます。メソッドと UDF の場合は、ルーチン参照を別の SQL ステートメントに組み込みます。プロシージャーは、CALL ステートメントによって呼び出します。アプリケーション内の動的 SQL の場合、呼び出し側は、すぐ上のレベルのルーチンのランタイム許可 ID か、そのルーチン呼び出しが入ったアプリケーションのランタイム許可 ID です (ただし、この ID は、そのルーチンまたはアプリケーションをバインドしたときに使用した DYNAMICRULES オプションに依存する場合もあります)。静的 SQL の場合、呼び出し側は、ルーチンの参照を含むパッケージの OWNER プリコンパイル/BIND オプションの値です。正常にルーチンを呼び出すには、これらのユーザーにルーチンに関する EXECUTE 特権が必要です。 GRANT ステートメントを明示的に実行することによってこの特権をだれかに GRANT できるのは、ルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権を持つユーザー (この特権が明示的に取り消されていないルーチン定義者も含まれる) と、 SYSADM 権限または DBADM 権限を持つユーザーです。

例えば、動的 SQL を含むアプリケーションに関連したパッケージを DYNAMICRULES BIND でバインドした場合は、そのパッケージを呼び出した人物

ではなく、そのアプリケーションの実行時許可 ID がパッケージ所有者になります。また、パッケージ所有者は、実際のバインド・プログラムになるか、プリコンパイル/バインドの OWNER オプションの値になります。その場合、ルーチンの呼び出し側は、アプリケーションを実行しているユーザーの ID ではなく、そのオプション値をとります。

注:

1. ルーチン内の静的 SQL の場合、パッケージ所有者の特権は、ルーチン本体内の SQL ステートメントの実行に関して十分なものでなければなりません。ルーチンに対するネストされた参照がある場合、これらの SQL ステートメントで表へのアクセス権または EXECUTE 特権が必要になることもあります。
2. ルーチン内の動的 SQL の場合、特権を検査されるユーザー ID は、ルーチン本体の BIND の DYNAMICRULES オプションによって規制されます。
3. ルーチン・パッケージ所有者は、ルーチンの定義者に対してパッケージでの実行許可を与える必要があります。許可を与えるのは、ルーチンの登録の前でも後でもかまいませんが、いずれにしてもルーチンの呼び出し前でなければなりません。そうでない場合は、エラー (SQLSTATE 42051) が戻されます。

以下の図とテキストに、ルーチンに関する EXECUTE 特権の管理に関係するステップを示します。

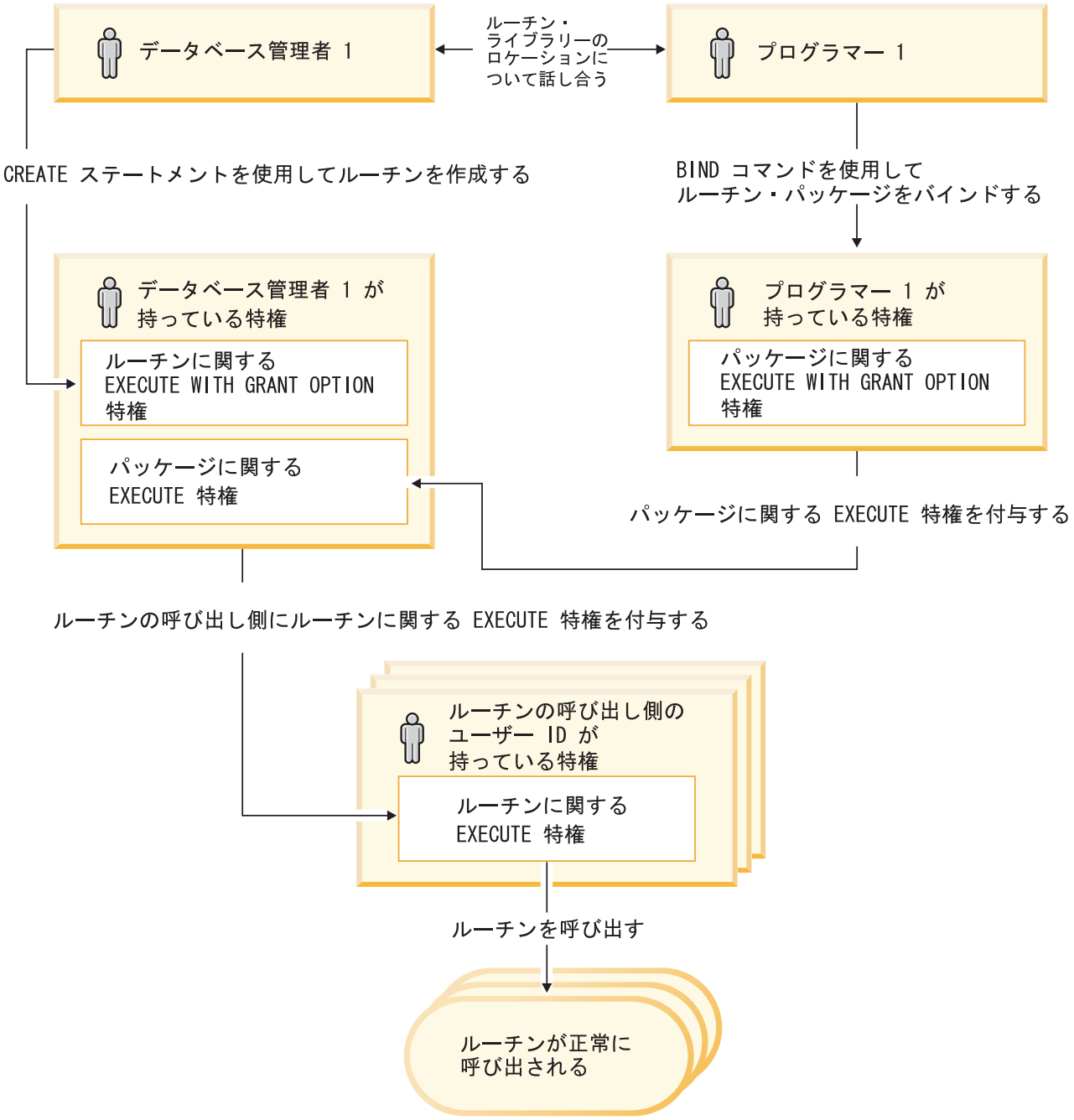


図 2. ルーチンに関する EXECUTE 特権の管理

1. 定義者は、該当する CREATE ステートメントを実行してルーチンを登録します。このステートメントでは、所定のレベルの SQL アクセス権の指定のもとにルーチンを DB2 に登録し、ルーチンのシグニチャーを確立し、ルーチンの実行可能プログラムの位置を指定します。定義者がパッケージ所有者も兼ねていない場合は、パッケージ所有者およびルーチン・プログラムの作成者と連絡を取り合って、ルーチン・ライブラリーが存在する場所を明確にする必要があります。そうしないと、CREATE ステートメントの EXTERNAL 節でその場所を正確に指定できないからです。 CREATE ステートメントを正常に実行すると、定義者は

そのルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT 特権を持つことになりますが、ルーチンのパッケージに関する EXECUTE 特権を持つことにはなりません。

2. 定義者は、ルーチンの使用を許可される予定のすべてのユーザーに対してルーチンに関する EXECUTE 特権を付与する必要があります。 (そのルーチンのパッケージがルーチンを再帰的に呼び出す場合、次のステップの前に必ずこのステップを実行する必要があります。)
3. パッケージ所有者は、ルーチン・プログラムをプリコンパイルおよびバインドするか、または他でそれを代行させます。プリコンパイルとバインドが正常に完了すると、パッケージの所有者にはそれぞれのパッケージに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権が暗黙的に GRANT されます。このリストのステップ 1 の後にこのステップが続いているのは、ルーチン内で SQL を繰り返す場合に備えるためでしかありません。どのような場合でもそのような繰り返しが存在しない場合は、ルーチンの CREATE ステートメントを実行する前にプリコンパイル/バインドを実行してかまいません。
4. 各パッケージ所有者は、それぞれのルーチン・パッケージに関する EXECUTE 特権をルーチンの定義者に対して明示的に付与する必要があります。このステップは、前のステップの少し後で実行しなければなりません。パッケージ所有者がルーチンの定義者も兼ねている場合は、このステップを省略できます。
5. ルーチンの静的使用: ルーチンを参照するパッケージのバインド所有者は、ルーチンに対する EXECUTE 特権をすでに与えられていなければなりません。したがって、この時点で前のステップはすでに完了していなければなりません。ルーチンの実行時に DB2 は、すべてのパッケージに対する必要な EXECUTE 特権を定義者がもっているかどうかを検査します。したがってこの時点で、該当する各パッケージを対象としたステップ 3 は完了していなければなりません。
6. ルーチンの動的使用: DYNAMICRULES オプションによって制御される呼び出し元アプリケーションの許可 ID には、ルーチンに対する EXECUTE 特権がなければならず (ステップ 4)、ルーチンの定義者にはパッケージに対する EXECUTE 特権がなければなりません (ステップ 3)。

プロシージャーが表に対する読み取り/書き込みを実行する時に起きるデータの競合

データベースの整合性を保つには、表に対する読み取りと書き込みの実行時に競合が起きないようにする必要があります。例えば、アプリケーションが EMPLOYEE 表を更新しようとしているときに、ステートメントがルーチンを呼び出すとします。しかもそのルーチンは EMPLOYEE 表の読み取りを試みて、アプリケーションによって行が更新されていることを検出したとします。その行はルーチンから見て不確定な状態にあります。おそらくその行には、更新されている列と、更新されていない列があるはずです。そのような部分的に更新済みの行に対してルーチンが処置を加えると、間違ったアクションがとられる可能性があります。そのような問題が起きないようにするために DB2 では、どの表の場合も競合を生じる操作は許可されていません。

ルーチンによる表の読み取りと書き込みの際に DB2 によってどのように競合が回避されるかを説明するには、以下の 2 つの用語が必要です。

最上位ステートメント

最上位ステートメントとは、アプリケーションから発行されるか、または最上位ステートメントとして呼び出されたストアード・プロシージャーから発行される任意の SQL ステートメントのことです。プロシージャーが動的コンパウンド・ステートメントまたはトリガー内で呼び出される場合は、そのコンパウンド・ステートメント、またはトリガーを起動させるステートメントが最上位ステートメントになります。 SQL 関数または SQL メソッドにネストされた CALL ステートメントが含まれる場合は、その関数またはメソッドを呼び出すステートメントが最上位ステートメントになります。

表アクセス・コンテキスト

表アクセス・コンテキストとは、表操作で競合を生じてもかまわない許容範囲のことを言います。表アクセス・コンテキストは、以下の場合にそのつど作成されます。

- 最上位ステートメントが SQL ステートメントを発行する場合。
- UDF またはメソッドが呼び出される場合。
- プロシージャーが、トリガー、動的コンパウンド・ステートメント、SQL 関数、SQL メソッドのいずれかから呼び出される場合。

例えば、アプリケーションがストアード・プロシージャーを呼び出す場合、CALL が最上位ステートメントになるので、表アクセス・コンテキストが与えられます。ストアード・プロシージャーが UPDATE を実行した場合も UPDATE が最上位ステートメントになる (このストアード・プロシージャーは、最上位ステートメントとして呼び出したため) ので、表アクセス・コンテキストが与えられます。 UPDATE が UDF を呼び出すと、その UDF には別個に表アクセス・コンテキストが与えられ、その UDF 内の SQL ステートメントは最上位ステートメントにはなりません。

読み取りまたは書き込みのためのアクセスがすでに実行された表は、そのアクセスを行った最上位ステートメント内では競合から保護されます。ただし、別の最上位ステートメントからか、または別の最上位ステートメントから呼び出されたルーチンからであれば、その表の読み取りまたは書き込みを行うことはできます。

次のような規則が定められています。

1. 表アクセス・コンテキスト内では、競合なしで 1 つの表の読み取りと書き込みを行えます。
2. 表が表アクセス・コンテキスト内で読み取られている場合、他のコンテキストでもその表を読み取ることができます。ただし、他のいずれかのコンテキストでその表への書き込みを試みた場合は、競合が起きます。
3. 表アクセス・コンテキスト内で表に書き込んでいる場合に、他のコンテキストで表の読み取りや書き込みを行うと必ず競合が生じます。

競合が起きた場合、その競合の原因となったステートメントにエラー (SQLCODE -746、SQLSTATE 57053) が戻されます。

以下に、表の読み取りおよび書き込みの競合の例を示します。

アプリケーションから次のようなステートメントが発行されたとします。

```
UPDATE t1 SET c1 = udf1(c2)
```

UDF1 には次のようなステートメントが入っています。

```
DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT c1, c2 FROM t1
OPEN cur1
```

この場合、規則 3 に違反したために競合が生じます。この種の競合は、アプリケーションまたは UDF を設計し直さないと解決できません。

以下の場合、競合は起きません。

アプリケーションから次のようなステートメントが発行されたとします。

```
DECLARE cur2 CURSOR FOR SELECT udf2(c1) FROM t2
OPEN cur2
FETCH cur2 INTO :hv
UPDATE t2 SET c2 = 5
```

UDF2 には次のようなステートメントが入っています。

```
DECLARE cur3 CURSOR FOR SELECT c1, c2 FROM t2
OPEN cur3
FETCH cur3 INTO :hv
```

カーソルを使用して UDF2 は表 T2 を読み取ることができます。 2 つの表アクセス・コンテキストはどちらも同一の表を読み取れるからです。 UDF2 が表を読み取っていてもアプリケーションは T2 を更新することができます。 UDF2 は、更新とは別のアプリケーション・レベル・ステートメントで呼び出されたからです。

第 2 章 ルーチンの開発

多くの場合、ルーチンを開発するのは、必要とされる機能を提供するシステム定義ルーチンが使用できない場合です。

ルーチンの機能タイプとルーチンのインプリメンテーションが異なっても、ルーチン開発の基本ステップは、一般にすべてのルーチンに共通しています。作成するルーチンのタイプ、使用するインプリメンテーションを決定し、ルーチンのインターフェースを定義し、ルーチンのロジックを開発し、SQL を実行してルーチンを作成し、ルーチンをテストした後に、一般使用に向けてルーチンをデプロイします。

どのようなタイプのルーチンを開発するかによって、従うべき特定の手順があります。このトピックから、ルーチン開発を始める際の適切なトピックを見つけることができます。

前提条件

- ルーチンの基本概念を読んで理解する。
  - ルーチンのタイプ、ルーチンの便利な用途、ルーチン開発用ツール、ルーチンのベスト・プラクティスなどについて学習するには、以下のトピックを参照してください。
    - 1 ページの『第 1 章 ルーチンの概説』
- 用意されているルーチン開発ツールについて知る。開発ツールを使用すれば、ルーチンの開発を短期間で簡単に行うことができます。
  - ルーチン開発に使用できるツールについて学習するには、以下のトピックを参照してください。
    - 40 ページの『ルーチン開発のためのツール』

手順

1. 既存のシステム定義ルーチンが自分のルーチンのニーズに合っているかどうかを判別する。
   - システム定義ルーチンがニーズに合っている場合は、 379 ページの『第 11 章 ルーチンの呼び出し』を参照できます。
2. どのような機能タイプのルーチンを開発するかを決定する。
3. どのようなルーチン・インプリメンテーションを使用するかを決定する。
   - SQL ルーチンを必要とする場合は、 71 ページの『SQL ルーチン』に関する情報を参照してください。
   - 外部ルーチンを必要とする場合は、 127 ページの『外部ルーチン』に関する情報を参照してください。

SQL ルーチンの開発と外部ルーチンの開発は似ていますが、異なる点もあります。両方のルーチン・タイプとも、まずロジックを設計してから、データベース内にルーチンを作成するために、ルーチンの機能タイプ固有の CREATE ステートメントを実行する必要があります。この種のルーチン作成ステートメントには、 CREATE PROCEDURE、CREATE FUNCTION、CREATE METHOD があります。各 CREATE ステートメントに固有の節でルーチンの特性を定義します。定義する特性

としては、ルーチン名、ルーチンのパラメーターの数とタイプ、ルーチン・ロジックに関する詳細情報があります。 DB2 は、それらの節に指定されている情報に基づいて、ルーチンを識別し、呼び出しの時点でそのルーチンを実行します。ルーチンの CREATE ステートメントが正常に実行されると、データベース内にそのルーチンが作成されます。そのルーチンの特性は、ユーザーが照会できる DB2 のシステム・カタログ表に保管されます。 CREATE ステートメントの実行によってルーチンを作成する作業のことをルーチンの定義またはルーチンの登録ともいいます。

外部ルーチンのロジックは、データベース・ファイル・システムに置かれるユーザー作成のライブラリーまたはクラスにインプリメントされるので、ロジックをプログラミングしてビルドし、結果のライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを適切に配置するための追加ステップが必要になります。

ルーチンを開発したなら、以下の作業が必要です。

- ルーチンのデバッグ
- 実稼働環境へのルーチンのデプロイ
- ルーチンを実行するためのユーザーへの特権の付与
- ルーチンの呼び出し
- ルーチンのパフォーマンスのチューニング

第 3 章 SQL ルーチンの概要

SQL ルーチンとは、SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) ステートメントを含む、SQL ステートメントのみを使用してロジックがインプリメントされたルーチンのことです。これには、ルーチン本体のロジックが、ルーチンの作成に使用される CREATE ステートメント内に含まれるという特徴があります。 SQL プロシージャー、SQL 関数、および SQL メソッドを作成することができます。これらすべてが SQL でインプリメントされている場合でも、それぞれのルーチンの機能タイプには異なるフィーチャーがあります。

SQL ルーチンのインプリメントを決定する前に、『ルーチンの概説』のトピックを読んで、SQL ルーチンとは何か、そのインプリメント方法、およびその使用方法を理解しておくことが大切です。その知識が身に付いたら、データベース環境内でルーチンを使用するタイミングと方法をよくわきまえた上で決定を下せるように、以下の概念トピックから SQL ルーチンの知識をさらに深めることができます。

- SQL プロシージャー
- SQL 関数
- SQL ルーチン開発のためのツール
- SQL プロシージャー型言語 (SQL PL)
- SQL PL およびインライン SQL PL の比較
- SQL PL のステートメントおよびフィーチャー
- サポートされているインライン SQL PL ステートメントおよびフィーチャー
- SQL プロシージャーまたは SQL 関数を使用する場合の判断
- SQL ルーチンに関する制約事項

SQL ルーチンについて学んだ後、次のタスクのいずれかを行うこともできます。

- SQL プロシージャーの開発
- SQL 関数の開発
- SQL メソッドの開発

SQL ルーチン

SQL ルーチンとは、SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) ステートメントを含む、SQL ステートメントのみを使用してロジックがインプリメントされたルーチンのことです。これには、ルーチン本体のロジックが、ルーチンの作成に使用される CREATE ステートメント内に含まれるという特徴があります。これは外部ルーチンと対照的です。外部ルーチンではそのルーチン・ロジックが、ライブラリー・ビルド形式のプログラミング・ソース・コードでインプリメントされています。一般的に、SQL ルーチンに含まれる、そしてこれが実行する SQL ステートメントの数は、外部ルーチンよりも少なめです。しかし、これをベスト・プラクティスに従ってインプリメントしたとき、全く同様の強力で高いパフォーマンスを発揮することができます。

SQL プロシージャー、SQL 関数、および SQL メソッドを作成することができます。これらすべてが SQL でインプリメントされている場合でも、それぞれのルーチンの機能タイプには異なるフィーチャーがあります。

SQL ルーチン開発のためのツール

SQL ルーチン開発ツールを使用して、SQL プロシージャーをより高速に、また簡単に作成することができます。以下の GUI およびコマンド行ツールを使用して、SQL プロシージャーを作成できます。

- DB2 ツール
  - コマンド行プロセッサー (CLP)
  - IBM Data Studio
  - IBM Database Development Add-In for Visual Studio .NET 1.2
- IBM Software Group および IBM Information Management ツール
  - IBM Rational Application Developer
  - IBM WebSphere Application Server

IBM Data Studio での SQL ルーチン開発

IBM Data Studioは、個別にインストールされる開発環境で、SQL ルーチンの開発に対するサポートを提供します。 Data Studioの中にいくつかのツールと文書サポートがあり、これらを用いて以下の SQL ルーチン開発タスクを実行することができます。

- SQL ルーチンの作成
- DB2 for z/OS データベース・サーバー上で機能する SQL ルーチンの作成
- SQL ルーチンの変更
- SQL プロシージャーのデバッグ
- プロジェクト内またはデータベース・サーバー上での SQL ルーチン定義の比較
- DB2 データベース・サーバーへの SQL ルーチンのデプロイ

Data Studio内で行えることは他にもたくさんあります。例えば、表データの照会、変更、ロード、および抽出、XML 機能を使った作業、Java ルーチンの開発など、SQL ルーチンの開発を支援します。

SQL プロシージャー型言語 (SQL PL)

SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) とは SQL ステートメントのセットであり、DB2 Universal Database バージョン 7 から導入されたものです。この SQL PL は、従来の SQL 照会および操作に対して制御フロー・ロジックをインプリメントするために必要なプロシージャー型の構成を提供します。それ以来 SQL PL には改良が加えられてきました。そして現在では、SQL PL ステートメントおよび言語フィーチャーのセットは SQL による包括的でハイレベルなプログラミングに対してサポートを提供しています。

SQL PL は SQL Persistent Stored Modules (SQL/PSM) 言語規格のサブセットです。現在の SQL/PSM 規格の仕様については、ANSI/ISO/IEC 9075-4:1999 Information

Technology, Database Language SQL, Part 4: Persistent Stored Modules (SQL/PSM) (データベース言語 SQL 第 4 部: 永続格納モジュール (SQL/PSM)) から調べることができます。

SQL PL の構文は単純であり、さまざまなサポートが組み込まれています。例えば、変数、条件ステートメント、ループ・ステートメント、制御転送ステートメント、エラー管理ステートメント、結果セット操作ステートメントに対するサポートがあります。 SQL PL は、SQL がインプリメントされているルーチンなど、さまざまなコンテキストで使用できます。また SQL PL ステートメントのサブセットも、トリガーや動的コンパウンド SQL ステートメントなどで使用することができます。

SQL PL は、以下のステートメントで構成されます。

- 変数に関連したステートメント
  - DECLARE <variable> DEFAULT <value>
  - DECLARE <condition>
  - DECLARE <condition handler>
  - DECLARE CURSOR
  - SET (割り当てステートメント)
- 条件ステートメント
  - CASE (2 つの形式)
  - IF
- ループ・ステートメント
  - FOR
  - LOOP
  - REPEAT
  - WHILE
- 制御転送ステートメント
  - CALL
  - GOTO
  - ITERATE
  - LEAVE
  - RETURN
- エラー管理ステートメント
  - SIGNAL
  - RESIGNAL
- 結果セット操作ステートメント
  - ASSOCIATE LOCATOR(S)
  - ALLOCATE CURSOR

インライン SQL PL

インライン SQL PL は SQL PL フィーチャーのサブセットであり、アトミック動的コンパウンド SQL ステートメント (トリガー、SQL 関数、SQL メソッド、スタ

ンドアロン・コードで使用される) の中で使用することができます。スタンドアロン・コードとは SQL PL スクリプトのことです。

インライン SQL PL が「インライン」と記述されるのは、このロジックが、それを参照する SQL ステートメントに展開され、この SQL ステートメントを使って実行されるからです。

以下の SQL PL ステートメントは、インライン SQL PL ステートメントのセットの一部とみなされます。

- 変数に関連したステートメント
  - DECLARE <variable>
  - DECLARE <condition>
  - SET ステートメント (割り当てステートメント)
- 条件ステートメント
  - IF
  - CASE 式
- ループ・ステートメント
  - FOR
  - WHILE
- 制御転送ステートメント
  - GOTO
  - ITERATE
  - LEAVE
  - RETURN
- エラー管理ステートメント
  - SIGNAL
  - GET DIAGNOSTICS

SQL プロシージャーでサポートされるこれ以外の SQL PL ステートメントは、動的コンパウンド・ステートメントではサポートされません。カーソルおよび条件ハンドラーはインライン SQL PL ではサポートされないため、RESIGNAL ステートメントもサポートされません。

インライン SQL PL ステートメントは動的コンパウンド・ステートメントで実行する必要があるため、PREPARE 、EXECUTE、または EXECUTE IMMEDIATE ステートメントに対するサポートはありません。

また、これはアトミック動的コンパウンド SQL ステートメント内で使用する必要があるため、すべてのメンバー・ステートメントを正常にコミットするか、またはまったくコミットしないかのどちらかでなければなりません。それゆえ、COMMIT および ROLLBACK ステートメントはどちらもサポートされません。

LOOP および REPEAT ステートメントに関しては、WHILE ステートメントを使用することにより、同等のロジックをインプリメントすることができます。

トリガーおよび SQL 関数はインライン SQL PL ステートメントのみをサポートしますが、これらのインターフェースから SQL プロシージャーを呼び出すことにより、より広範な SQL PL ステートメントのセットを間接的に利用することは可能です。

インライン SQL PL を持つスタンドアロン・スクリプトは、コマンド行プロセッサー (CLP) スクリプト内での動的コンパウンド・ステートメントの実行、または CLP プロンプトからの直接の実行から成ります。動的コンパウンド SQL ステートメントはキーワード BEGIN ATOMIC と END によってバインドされます。このステートメントはデフォルト以外の終了文字で終了しなければなりません。これには SQL PL およびそれ以外の SQL ステートメントを含めることができます。

インライン SQL PL ステートメントは、個別にコンパイルされるのではなく、それを参照する SQL ステートメント内に展開されるものなので、プロシージャー・ロジックを SQL プロシージャー内の SQL PL でインプリメントするのか、関数、トリガー、または動的コンパウンド・ステートメント内のインライン SQL PL によってインプリメントするのかを計画するときには、パフォーマンスに関する考慮事項についていくらか検討する必要があります。

SQL プロシージャーの SQL PL

SQL PL ステートメントは、主に SQL プロシージャーで使用されます。SQL プロシージャーにはデータの照会と変更用の基本的な SQL ステートメントを含めることができますが、他の SQL ステートメントに制御フロー・ロジックをインプリメントするための SQL PL ステートメントも組み込むことができます。SQL PL ステートメントの完全セットは、SQL プロシージャーで使用できます。

また SQL プロシージャーは、パラメーター、変数、代入ステートメント、条件処理やエラー処理の強力なメカニズム、ネストされた呼び出しや再帰呼び出し、トランザクションおよびセーブポイントのサポート、さらにはプロシージャー呼び出し側またはクライアント・アプリケーションに複数の結果セットを戻す機能をサポートしています。

SQL PL を SQL プロシージャー内で使用すると、SQL でのプログラムを効率的に行えます。SQL プロシージャーが提供する高水準言語の SQL PL、SQL の強い型定義、およびその他のフィーチャーにより、SQL PL を使用したプログラミングを高速かつ簡単に実行できます。

SQL プロシージャーで使用される SQL PL ステートメントの簡単な例として、以下を検討してください。

```
CREATE PROCEDURE UPDATE_SAL (IN empNum CHAR(6),
        INOUT rating SMALLINT)
LANGUAGE  SQL
BEGIN
  IF rating = 1 THEN
   UPDATE employee
      SET salary = salary * 1.10, bonus = 1000
        WHERE empno = empNum;
  ELSEIF rating = 2 THEN
    UPDATE employee
      SET salary = salary * 1.05, bonus = 500
        WHERE empno = empNum;
  ELSE
    UPDATE employee
```

```
    SET salary = salary * 1.03, bonus = 0
      WHERE empno = empNum;
END IF;
END
```

インライン SQL PL および SQL 関数、トリガー、およびコンパウンド SQL (動的) ステートメント

インライン SQL PL ステートメントは、コンパウンド SQL (動的) ステートメント、SQL 関数、およびトリガーから実行することができます。

コンパウンド SQL (動的) ステートメントとは、複数の SQL ステートメントをオプションのアトミック・ブロックにまとめるためのステートメントであり、このブロックでは、変数や条件処理エレメントを宣言することができます。この種のステートメントは、DB2 によって 1 つの SQL ステートメントとしてコンパイルされます。また、インライン SQL PL ステートメントを組み込むことも可能です。

SQL 関数およびトリガーの本体には、コンパウンド SQL ステートメントを収容することができ、また、一部のインライン SQL PL ステートメントを組み込むこともできます。

コンパウンド SQL ステートメントを単独で使用するのが便利なのは、最小限の制御フローで小単位のロジック作業を実行する一方で、そのデータ・フローはかなりの量になるような、短いスクリプトを作成する場合です。関数およびトリガー内で、そのようなオブジェクトの使用時にさらに複雑なロジックを実行できるようになります。

SQL PL を使用した動的コンパウンド SQL ステートメントの例として、以下を考察してみます。

```
BEGIN ATOMIC
  FOR row AS
    SELECT pk, c1, discretize(c1) AS v FROM source
  DO
    IF row.v is NULL THEN
      INSERT INTO except VALUES(row.pk, row.c1);
    ELSE
      INSERT INTO target VALUES(row.pk, row.d);
    END IF;
       END FOR;
END
```

コンパウンド・ステートメントには、キーワード BEGIN および END がバインドされています。その一環として、SQL PL の一部を成す FOR および IF/ELSE 制御ステートメントの両方が使用されています。FOR ステートメントは、一連の定義済みの行に対する反復処理で使用されます。各行ごとに列の値が検査され、条件によっては、値に基づいて一連の値が別の表に挿入されます。

SQL PL を使用したトリガーの例として、以下を考察してみます。

```
CREATE TRIGGER validate_sched
NO CASCADE BEFORE INSERT ON c1_sched
FOR EACH ROW
MODE DB2SQL
Vs: BEGIN ATOMIC

  IF (n.ending IS NULL) THEN
```

```
    SET n.ending = n.starting + 1 HOUR;
  END IF;


  IF (n.ending > '21:00') THEN
    SIGNAL SQLSTATE '80000'  SET MESSAGE_TEXT =
           'Class ending time is after 9 PM';
  ELSE IF (n.DAY=1 or n.DAY-7) THEN
    SIGNAL SQLSTATE '80001' SET MESSAGE_TEXT =
           'Class cannot be scheduled on a weekend';
  END IF;

    END vs;
```

このトリガーは、c1_sched という名前の表への挿入と同時に活動化してから、SQL PL を使用して、クラスの終了時刻を検査し、未指定の場合はその時刻を設定し、クラスの終了時刻が午後 9 時より遅い場合や、クラスが週末にスケジュールされている場合は、エラーを生じます。 SQL PL を使用したスカラー SQL 関数の例として、以下を考察してみます。

```
CREATE FUNCTION GetPrice (Vendor CHAR(20), Pid INT)
RETURNS  DECIMAL(10,3)
LANGUAGE SQL  MODIFIES SQL
BEGIN
  DECLARE price DECIMAL(10,3);

  IF Vendor = 'Vendor 1'
    THEN SET price = (SELECT ProdPrice FROM V1Table WHERE Id = Pid);
  ELSE IF Vendor = 'Vendor 2'
    THEN SET price = (SELECT Price FROM V2Table WHERE Pid = GetPrice.Pid);
  END IF;


  RETURN price;
END
```

この単純な関数は、取引先を特定する入力パラメーターの値に基づいて、スカラー価格値を戻します。また、IF ステートメントも使用します。

出力パラメーター、結果セットの受け渡し、さらに高度な他のプロシージャー型のエレメントを必要とする複雑なロジックの場合は、SQL のプロシージャーのほうが適しているかもしれません。

SQL ルーチンの CREATE ステートメント

SQL ルーチンは、ルーチン・タイプに適した CREATE ステートメントを実行することによって作成されます。 CREATE ステートメントではルーチン本体も指定します。ルーチン本体は、SQL ルーチンの場合、SQL ステートメントまたは SQL PL ステートメントだけで記述する必要があります。 SQL プロシージャーの作成、デバッグ、実行には、 IBM DB2 デベロップメント・センターを使用すると便利です。 SQL のプロシージャー、関数、メソッドは、 DB2 コマンド行プロセッサーで作成することも可能です。

SQL のプロシージャー、関数、メソッドには、それぞれの CREATE ステートメントがあります。ステートメントの構文はそれぞれ違いますが、共通のエレメントもいくつかあります。各ステートメントでは、ルーチン名を指定しなければなりません。パラメーターが必要であれば、パラメーターも指定しなければなりません。戻りタイプの指定も必要です。ルーチンに組み込むロジックに関する情報を DB2 に

渡すための追加のキーワードも指定できます。 DB2 は、そのルーチン・プロトタイプと追加のキーワードを使用して、呼び出し時にルーチンを識別し、必要なフィーチャー・サポートと最適なパフォーマンスでルーチンを実行します。

DB2 デベロップメント・センターまたはコマンド行プロセッサーで SQL プロシージャーを作成するための具体的な情報や、関数やメソッドを作成するための具体的な情報については、以下の関連トピックを参照してください。

SQL ルーチンまたは外部ルーチンを使用する場合の判断

ルーチン・ロジックをインプリメントする場合、SQL ルーチンまたは外部ルーチンのインプリメントを選択できます。これら 2 つの各インプリメンテーションを選択するには、それぞれ理由があります。

どのような場合に SQL ルーチンまたは外部ルーチンのインプリメントを選択するかを判断するには、以下を読んで、選択を制限する要素があればそれがどのようなものかを判別してください。

- 以下の場合は、SQL ルーチンのインプリメントを選択します。
  - SQL PL および SQL ステートメントは、必要とするロジックをインプリメントするための適切なサポートを提供する。
  - ルーチン・ロジックが主にデータを照会または変更する SQL ステートメントで構成されており、パフォーマンスを重視する。データベース・データを照会または変更する SQL ステートメントの数と比較して、相対的に少量の制御フロー・ロジックを含むロジックは、一般に SQL ルーチン・インプリメンテーションの方がパフォーマンスは良くなります。 SQL PL は、データベース操作に関係したプロシージャー・ロジックのインプリメントに使用することを意図しており、プログラミング複合ロジックを主に意図しているわけではありません。
  - 実行する必要がある SQL ステートメントが、外部ルーチン・インプリメンテーションで実行できる場合。
  - オペレーティング・システム環境間で移植可能性が高いモジュールを作成し、プログラミング言語コード・コンパイラーおよびスクリプト・インタープリターへの依存を最小限にしたい。
  - 高水準プログラミング言語を使用して、ロジックを迅速かつ簡単にインプリメントしたい。
  - スクリプトまたはプログラミング言語を使用するよりも、SQL での作業に慣れている。
  - データベース管理システム内のロジックを保護したい。
  - リリースのマイグレーションまたはオペレーティング・システムのアップグレード時の、ルーチン保守およびルーチン・パッケージ保守を最小化したい。
  - ロジックをインプリメントするために必要なコードの量を最小化したい。
  - 強固なデータ・タイプを使用し、データ・タイプ変換エラーのリスクを最小化したい。
  - メモリー管理、ポインター操作、または他の一般的なプログラミングの落とし穴となるリスクを最小化することで、インプリメントされるコードの最大限の安全性を確保したい。

- SQL PL の使用時に選択可能な特殊 SQL キャッシング・サポートを活用したい。

- 以下の場合は、外部プロシージャーのインプリメントを選択します。
  - ルーチン・ロジックが非常に複雑であり、少数の SQL ステートメントで構成されており、ルーチンのパフォーマンスを重視する。大量のストリング処理が関係する、またはデータベースにアクセスしない、複雑な数学アルゴリズムなどのロジックは、一般に外部ルーチン・インプリメンテーションの方がパフォーマンスは良くなります。
  - 実行する必要がある SQL ステートメントが、外部ルーチン・インプリメンテーションで実行できる場合。
  - ルーチン・ロジックがオペレーティング・システム呼び出しを実行する - これは外部ルーチンでしか実行できません。
  - ルーチン・ロジックがファイルからの読み取りまたはファイルへの書き込みを必要とする - これは外部ルーチンでしか実行できません。
  - サーバー・ファイル・システムに書き込む。これは注意深く実行してください。
  - データベース・サーバー上にあるアプリケーションまたはスクリプトを呼び出す。
  - SQL プロシージャーでサポートされていない特定の SQL ステートメントを発行する。
  - SQL PL 以外のプログラミング言語でのプログラミングに慣れている。

デフォルトとして、SQL ルーチンが必要を満たす場合は、それを使用してください。一般に、複合ロジックのインプリメントまたはデータベース・サーバー上のファイルまたはスクリプトへのアクセスが必要であれば、外部ルーチンの使用を決定することになります。特に、SQL PL の学習およびインプリメントは短時間で済み、簡単であることも理由になります。

SQL プロシージャーまたは SQL 関数を使用する場合の判断

SQL プロシージャーまたは SQL 関数で、SQL PL によるロジックのインプリメントを選択する場合、これら 2 つの各インプリメンテーションを選択するにはそれぞれ理由があります。

以下を読んで、SQL プロシージャーまたは SQL 関数の使用をどのような場合に選択するかを判断してください。

以下の場合は SQL 関数のインプリメントを選択します。

- 機能要件が SQL 関数により満たされ、SQL プロシージャーが提供するフィーチャーを後から必要とする見込みがない場合。
- パフォーマンスが優先され、ルーチン内に含まれるロジックが照会だけで構成されるか、または単一の結果セットだけを戻す場合。

  照会、または単一の結果セットの戻りしか含まれていない場合、SQL 関数のコンパイル方法により、SQL 関数は論理的に同等の SQL プロシージャーよりパフォーマンスがよくなります。

SQL プロシージャーでは、SQL プロシージャーの作成時に各照会がパッケージ内の照会アクセス・プランの選択肢になるように、SELECT ステートメントおよび全選択ステートメントの形式の静的照会は個別にコンパイルされます。 SQL プロシージャーが再作成されるか、またはパッケージがデータベースに再バインドされるまで、このパッケージの再コンパイルはありません。これはつまり、照会のパフォーマンスが、SQL プロシージャー実行時より前の時点でデータベース・マネージャーが入手できる情報に基づいて決定されるので、最適化されていない可能性があるということを意味します。さらに、SQL プロシージャーでは、データを照会または変更するプロシージャー・フロー・ステートメントの実行と SQL ステートメントの実行との間でデータベース・マネージャーが転送を行う場合、小規模なオーバーヘッドが伴います。

ただし、SQL 関数はそれらを参照する SQL ステートメント内で展開およびコンパイルされます。つまりこれは、ステートメントに応じて動的に実行される SQL ステートメントのコンパイルごとに、それらがコンパイルされることを意味します。 SQL 関数はパッケージとは直接関連付けられないので、データを照会または変更するプロシージャー・フロー・ステートメントの実行と SQL ステートメントの実行との間でデータベース・マネージャーが転送を行う場合、小規模なオーバーヘッドはありません。

以下の場合は SQL プロシージャーのインプリメントを選択します。

- SQL プロシージャーでのみサポートされる SQL PL フィーチャーが必要である場合。これには、出力パラメーター・サポート、カーソルの使用、複数の結果セットを呼び出し元に戻す機能、フル条件処理サポート、トランザクションおよびセーブポイント制御、その他のフィーチャーが含まれます。
- SQL プロシージャーでのみ実行できる非 SQL PL ステートメントを実行する場合。
- データを変更したいが、必要とする関数のタイプでデータの変更がサポートされていない場合。

必ずしもそうとは言えない場合もありますが、多くの場合、SQL プロシージャーは同等のロジックを実行する SQL 関数として簡単に再作成することができます。これは、小さなパフォーマンスの改善であってもそれらすべてを考慮した場合に、パフォーマンスを最大化する有効な方法です。

動的コンパウンド SQL ステートメントまたは SQL プロシージャーをいつ使用するかの判別

SQL PL およびその他の SQL ステートメントのアトミック・ブロックのインプリメント方法を決定する際には、動的コンパウンド SQL ステートメントか SQL プロシージャーかを選択しなければならないことがあります。 SQL プロシージャーは、動的コンパウンド SQL ステートメントを内部的に使用しますが、どちらを使用するかは、その他の要因しだいである場合もあります。

パフォーマンス

動的コンパウンド SQL ステートメントが機能上の要件を満たせる場合、こちらを使用するのが望ましいです。なぜなら、動的コンパウンド SQL ステートメントのメンバーである SQL ステートメントは、1 つのブロックとしてコンパイルされて

実行されるからです。また一般的に、このステートメントのほうが、論理的にこれに相当する SQL プロシージャーに対する CALL ステートメントよりもパフォーマンスは良くなります。

SQL プロシージャーの作成時に、このプロシージャーはコンパイルされてパッケージが作成されます。 SQL プロシージャーのコンパイルの時点で、データへのアクセスに最適な実行パスが、そのパッケージの中に入れられます。動的コンパウンド SQL ステートメントは、実行時にコンパイルされます。このステートメントに関しては、データへのアクセスに最適な実行パスは、最新のデータベース情報を使用して判別されます。すなわち、そのアクセス・プランのほうが、それより以前に作成された論理的にそれに相当する SQL プロシージャーのアクセス・プランよりも優れているので、パフォーマンスも向上する可能性があることを意味します。

必須論理の複雑さ

インプリメントする論理が複雑な場合、SQL プロシージャーのほうが望ましいと考えられます。SQL プロシージャーでは、効率のよい論理を簡単にインプリメントするのに使用できる包括的な SQL PL がサポートされるからです。

論理がかなり単純であって、しかもステートメント数が比較的少数の場合、動的コンパウンド・ステートメントまたは関数内でインライン SQL PL を使用することをご検討ください。 SQL プロシージャーは単純な論理を扱うことはできますが、SQL プロシージャーを使用すると、何らかのオーバーヘッドを生じるので、必要がなければ使用しないのが最善です。

実行する SQL ステートメントの数

1 つか 2 つの SQL ステートメントだけを実行する場合、SQL プロシージャーを使用しても利点はないと考えられます。実際、その使用によって、このステートメントの実行に必要なパフォーマンス全体が否定的な影響を受ける可能性があります。影響を受ける場合は、動的コンパウンド・ステートメントにおいてインライン SQL PL を使用するほうが得策です。

原子性およびトランザクションの制御

別の考慮事項として、原子性があります。動的コンパウンド・ステートメントは、アトミック・ステートメントでなければなりません。動的コンパウンド・ステートメントでは、コミットおよびロールバックはサポートされません。トランザクションを制御する必要がある場合や、セーブポイントへのロールバックのサポートが必要な場合、SQL プロシージャーを使用する必要があります。

セキュリティー

考慮事項には、セキュリティーもあります。 SQL プロシージャーを実行できるのは、そのプロシージャーに対する EXECUTE 特権を付与されたユーザーのみです。これは、特定のロジックをだれが実行できるかに関して制限を設けることが必要な場合に役立ちます。動的コンパウンド・ステートメントを実行できるかどうかも管理できますが、SQL プロシージャーの実行許可によりセキュリティー制御の追加の層が提供されます。

フィーチャー・サポート

パラメーター、条件、およびエラー・ハンドラーを含め、SQL プロシージャーでのみ利用できる多数のフィーチャーの利点を活用するとともに、1 つ以上の結果セットを呼び出し元に戻す機能を活用しようと考えている場合、SQL プロシージャーを使用する必要があります。

モジュール性、長期性、および再利用

SQL プロシージャーは、データベースに永続的に保管されるデータベース・オブジェクトであり、これに対しては、複数のアプリケーションまたはスクリプトからの一貫性のある参照が可能です。動的コンパウンド・ステートメントは、データベースには保管されないので、その中の論理をすぐに再利用することはできません。

デフォルトとして、SQL ルーチンが必要を満たす場合は、それを使用してください。一般的に、SQL プロシージャーでサポートされる複雑な論理のインプリメントまたはフィーチャーの使用が義務付けられていますが、動的コンパウンド・ステートメントではこれを使用できません。それが、SQL プロシージャーの使用を決定する要因となります。

SQL ユーザー定義関数としての SQL プロシージャーの再作成

データベース管理システムでのパフォーマンスを最大にするには、可能であれば、単純な SQL プロシージャーを SQL 関数として書き換えると有利な場合があります。プロシージャーと関数とでは、ルーチン本体が SQL PL を含められるコンパウンド・ブロックでインプリメントされているという事実が共通しています。両方とも、同じ SQL PL ステートメントは、BEGIN および END キーワードで区切られるコンパウンド・ブロック内に組み込まれます。

SQL プロシージャーを SQL 関数に変換する場合には、いくつかの注意事項があります。

- これを実行する主なそして唯一の理由は、ロジックのみがデータを照会する場合のルーチンのパフォーマンスを向上させることです。
- スカラー関数では、関数の出力パラメーターには値を直接割り当てることができないという事実に対処するために、戻り値を保持する変数を宣言することが必要になる場合があります。ユーザー定義のスカラー関数の出力値は、関数の RETURN ステートメントでのみ指定されます。
- SQL 関数がデータを変更する場合、MODIFIES SQL 節を使用して明示的に作成し、データを変更する SQL ステートメントを含めることができるようにします。

続く例では、論理的に同等の SQL プロシージャーおよび SQL スカラー関数を示しています。これら 2 つのルーチンは、同じ入力値が指定されていれば機能的には同じ出力値を提供します。ただしそれぞれはいくらか異なる方法でインプリメントされ、呼び出されます。

```
CREATE PROCEDURE GetPrice (IN Vendor CHAR(20),
                           IN Pid INT,
                           OUT price DECIMAL(10,3))
LANGUAGE SQL
BEGIN
```

```
  IF Vendor = 'Vendor 1'
   THEN SET price = (SELECT ProdPrice FROM V1Table WHERE Id = Pid);
  ELSE IF Vendor = 'Vendor 2'
   THEN SET price = (SELECT Price FROM V2Table
                  WHERE Pid = GetPrice.Pid);
  END IF;
  END
```

このプロシージャーは 2 つの入力パラメーター値を取り、入力パラメーター値に基づいて条件付きで決定された出力パラメーター値を戻します。これは IF ステートメントを使用しています。この SQL プロシージャーは、CALL ステートメントを実行して呼び出します。例えば、CLP から以下を実行できます。

```
CALL GetPrice( 'Vendor 1',  9456, ?)
```

この SQL プロシージャーは、以下のように論理的に同等な SQL 表関数として再作成できます。

```
CREATE FUNCTION GetPrice (Vendor CHAR(20), Pid INT)
    RETURNS  DECIMAL(10,3)
LANGUAGE SQL  MODIFIES SQL
BEGIN
  DECLARE price DECIMAL(10,3);

  IF Vendor = 'Vendor 1'
    THEN SET price = (SELECT ProdPrice FROM V1Table WHERE Id = Pid);
  ELSE IF Vendor = 'Vendor 2'
    THEN SET price = (SELECT Price FROM V2Table
              WHERE Pid = GetPrice.Pid);
  END IF;

  RETURN price;
END
```

この関数は 2 つの入力パラメーターを取り、入力パラメーター値に基づいて条件付きで決定された単一のスカラー値を戻します。関数が戻されるまで、戻される値を保持するために、これには price というローカル変数の宣言および使用が必要です。ただし SQL プロシージャーは出力パラメーターを変数として使用できます。機能的にはこれら 2 つのルーチンは同じロジックを実行します。

当然のことですが、それぞれのルーチンの実行インターフェースは異なるものです。 SQL プロシージャーを単に CALL ステートメントで呼び出す代わりに、SQL 関数は式が許可されている SQL ステートメント内で呼び出す必要があります。たいていの場合これは問題ではなく、ルーチンによって戻されるデータを即時に操作することを意図している場合は、実際には利点があります。ここで SQL 関数を呼び出す 2 つ方法の例を示します。

以下のように VALUES ステートメントを使用して呼び出すことができます。

```
VALUES (GetPrice('Vendor 1', 9456))
```

例えば値を表から選択し、関数の結果に基づいて行をフィルター処理する場合などは、以下のように SELECT ステートメントで呼び出すこともできます。

```
SELECT VName FROM Vendors WHERE GetPrice(Vname, Pid) < 10
```

第 4 章 SQL プロシージャーの開発

SQL プロシージャーの開発は、他のタイプのルーチンの開発に似通っています。SQL プロシージャーの開発では、設計段階からデプロイメント段階にいたるまでに必要なすべてのステップが対象となります。

- SQL プロシージャー
- SQL プロシージャーの設計
- SQL プロシージャーの作成
- SQL プロシージャーの呼び出し
- SQL プロシージャーのデバッグ
- SQL プロシージャーのチューニング
- SQL プロシージャーのデプロイ

SQL プロシージャーの開発時の参考になるように、いくつかの SQL プロシージャーの例が参照用として用意されています。これらの例は、多種多様な SQL プロシージャーを示して、さまざまな SQL プロシージャーのフィーチャーのいくつかを解説しています。

SQL プロシージャー

SQL プロシージャーとは、プログラミング・サブルーチンに似たやり方で呼び出せる論理をカプセル化するときに使用できる SQL を使用して、完全にインプリメントされたプロシージャーのことです。データベースまたはデータベース・アプリケーション・アーキテクチャーには、多数の便利な SQL プロシージャーの用法があります。 SQL プロシージャーを使用して、速やかな変換の照会、データの更新、または基本レポートの生成、アプリケーションのパフォーマンスの向上、アプリケーションのモジュラー化、およびデータベースの全体的な設計の改善、およびデータベースのセキュリティーのための簡単なスクリプトを作成することができます。

SQL プロシージャーには、強力なルーチン・オプションである根拠となる多数のフィーチャーがあります。

SQL プロシージャーのインプリメントを決定する前に、まずルーチンを習得してから、『SQL プロシージャーの概要 (Overview of SQL procedures)』のトピックを読むことによって、SQL ルーチンに関する限りにおいて SQL プロシージャーとは何か、そのインプリメント方法、およびその使用方法を理解しておくことが大切です。

SQL プロシージャーのフィーチャー

SQL プロシージャーの特徴は、多数のフィーチャーにあります。 SQL プロシージャー

- 従来の静的および動的な SQL ステートメントにまつわる制御フロー論理のインプリメンテーションをサポートする SQL プロシージャー型言語のステートメントおよびフィーチャーを使用できる。
- DB2 ファミリー・ブランド全体のデータベース製品においてサポートされている。そのような製品では、DB2 バージョン 9 でサポートされているフィーチャーが、すべてではなくても多数サポートされます。
- インプリメントしやすい。簡明で高水準の強く型定義された言語が使用されるからです。
- SQL プロシージャーのほうが、それと同等の外部プロシージャーよりも信頼性が高い。
- SQL99 ANSI/ISO/IEC SQL 標準に準拠している。
- 入力、出力、および入出力パラメーターの引き渡しモードをサポートする。
- 単純であっても強力な、条件およびエラーの処理モデルをサポートする。
- 呼び出し元またはクライアント・アプリケーションに対して、複数の結果セットを戻すことができる。
- 特殊変数としての SQLSTATE および SQLCODE 値に簡単にアクセスできる。
- データベース内に置かれるので、バックアップおよびリストアが自動的に行われる。
- CALL ステートメントがサポートされていれば、どこでも呼び出すことができる。
- 他の SQL プロシージャーまたは、他の言語でインプリメントされているプロシージャーに対するネストされたプロシージャー呼び出しをサポートする。
- 再帰をサポートする。
- 実行される SQL ステートメントのセーブポイントおよびロールバックをサポートするので、トランザクションの広範囲にわたる制御が可能になる。
- トリガーから呼び出すことができる。

SQL プロシージャーは、広範囲にわたるサポートを提供し、それは、上記に一覧で示したものに限定されません。このプロシージャーは、ベスト・プラクティスどおりにインプリメントされた場合、データベース・アーキテクチャー、データベース・アプリケーション設計、およびデータベース・システムのパフォーマンスにおいて不可欠な役割を果たすことができます。

SQL プロシージャーの設計

SQL プロシージャーの設計には、ユーザーの要件、SQL プロシージャー・フィーチャー、SQL フィーチャーの使用方法の理解、および設計にとって妨げとなり得る制約事項についての知識が必要です。 SQL プロシージャーの設計についての以下のトピックでは、SQL プロシージャー・フィーチャーを最善の仕方で使用する SQL プロシージャーを設計する方法を学習できます。

- SQL プロシージャーの各部分
- クロスプラットフォーム SQL ストアード・プロシージャーの考慮事項
- SQL プロシージャーでサポートされる SQL PL ステートメントおよび言語フィーチャー

- SQL プロシージャーの OLTP 考慮事項
- SQL プロシージャーのパフォーマンス
- SQL ユーザー定義関数としての SQL プロシージャーの再作成
- DB2 エラーおよび警告の処理

SQL プロシージャーの各部分

SQL プロシージャーを理解するには、SQL プロシージャーの各部分を理解することが助けになります。以下は SQL プロシージャーのほんの一部です。

- SQL プロシージャーの構造
- SQL プロシージャーのパラメーター
- SQL プロシージャーの変数
- SQL プロシージャーでの SQLCODE および SQLSTATE
- SQL プロシージャーのアトミック・ブロックおよび変数の有効範囲
- SQL プロシージャーのカーソル
- SQL PL のロジック・エレメント
- SQL プロシージャーの条件およびエラー・ハンドラー
- SQL プロシージャー内で実行できる SQL ステートメント

SQL プロシージャーの構造

SQL プロシージャーは、いくつかの論理パーツで構成されているので、SQL プロシージャーの開発では、そのようなパーツを構造化フォーマットでインプリメントする必要があります。そのフォーマットはきわめて単純明快であり、準拠するのも簡単ですが、これは、ルーチンの設計と意味を単純化するためのものです。

SQL プロシージャーの中心は、コンパウンド・ステートメントです。コンパウンド・ステートメントには、キーワード BEGIN および END が結び付けられています。このステートメントは、ATOMIC または NOT ATOMIC のどちらでもかまいません。デフォルトでは、これは NOT ATOMIC です。

コンパウンド・ステートメントでは、SQL ステートメントを使用して、複数のオプションの SQL PL オブジェクトを宣言および参照することができます。下図は、SQL プロシージャー内のコンパウンド・ステートメントの構造化フォーマットを図示しています。

```
label:  BEGIN
  Variable declarations
  Condition declarations
  Cursor declarations
  Condition handler declarations
  Assignment, flow of control, SQL statements and other compound statements
END label
```

この図は、1 つ以上のオプションのアトミック・コンパウンド・ステートメント (つまりブロック) で SQL プロシージャーを構成することができ、さらに、1 つの SQL プロシージャー内でのそのようなブロックのネストや逐次取り入れが可能なことを示しています。このようなアトミック・ブロックのいずれでも、オプションの変数、条件、およびハンドラーの宣言に対して規定された順序があります。それらは、SQL 制御のステートメントおよびその他の SQL ステートメントを使ってイン

プリメントされている手続き型論理と、カーソル宣言の導入の前に出現しなければなりません。 SQL プロシージャー本体内の一連の SQL ステートメントを使用して、どこでカーソルを宣言してもかまいません。

SQL プロシージャーに含まれている多くの SQL 制御ステートメントの場合と同じように、制御フローを明確にするため、SQL プロシージャーのアトミック・ブロックにもラベルを付けることができます。そうすれば、変数の参照および制御ステートメントの参照の転送時に、簡単に正確さを極めることができます。

上にリストした各エレメントを示している SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE DEL_INV_FOR_PROD (IN prod INT, OUT err_buffer VARCHAR(128))
LANGUAGE SQL
DYNAMIC RESULT SETS 1
BEGIN

  DECLARE SQLSTATE CHAR(5) DEFAULT '00000';
  DECLARE SQLCODE integer DEFAULT 0;
  DECLARE NO_TABLE CONDITION FOR SQLSTATE '42704';
  DECLARE cur1 CURSOR WITH RETURN TO CALLER
                 FOR SELECT * FROM Inv;

  A: BEGIN ATOMIC
       DECLARE EXIT HANDLER FOR NO_TABLE
         BEGIN
            SET ERR_BUFFER='Table Inv does not exist';
         END;

       SET err_buffer = '';

       IF (prod < 200)
         DELETE FROM Inv WHERE product = prod;
       ELSE IF (prod < 400)
         UPDATE Inv SET quantity = 0 WHERE product = prod;
       ELSE
         UPDATE Inv SET quantity = NULL WHERE product = prod;
       END IF;


    B:  OPEN cur1;

END
```

SQL プロシージャー内の NOT ATOMIC コンパウンド・ステートメント

上記の例は、NOT ATOMIC コンパウンド・ステートメントを解説するものであり、SQL プロシージャーで使用されるデフォルトのタイプです。コンパウンド・ステートメント内で未処理エラー条件が発生した場合、そのエラーより前に完了したどの作業もロールバックされませんが、コミットもされません。ステートメントのグループをロールバックできるのは、ROLLBACK または ROLLBACK TO SAVEPOINT ステートメントを使用して、作業単位が明示的にロールバックされる場合のみです。また、必要であれば、COMMIT ステートメントを使用して、正常に完了したステートメントをコミットすることもできます。

以下は、NOT ATOMIC コンパウンド・ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例です。

```
CREATE PROCEDURE not_atomic_proc ()
LANGUAGE SQL
SPECIFIC not_atomic_proc
 nap:  BEGIN NOT ATOMIC

 INSERT INTO c1_sched (class_code, day)
   VALUES ('R11:TAA', 1);

 SIGNAL SQLSTATE '70000';

 INSERT INTO c1_sched (class_code, day)
   VALUES ('R22:TBB', 1);

END nap
```

SIGNAL ステートメントを実行すると、処理されないエラーがこのステートメントで明示的に発行されます。その後即時にプロシージャーから戻ります。プロシージャーから戻った後は、エラーが発生したにもかかわらず、最初の INSERT ステートメントは正常に実行を完了し、行を c1_sched 表に挿入し終わっています。プロシージャーは、行挿入操作をコミットすることもロールバックすることもありません。その操作は、SQL プロシージャー呼び出しの属する作業単位が完了するまで、その状態のままになります。

SQL プロシージャー内の ATOMIC コンパウンド・ステートメント

名前から連想されるとおり、ATOMIC コンパウンド・ステートメントは、単体の統一体と考えることができます。その中で何らかの未処理エラー条件が発生した場合、その時点までに実行されたすべてのステートメントも失敗したとみなされて、ロールバックされます。

ATOMIC コンパウンド・ステートメントを他の ATOMIC コンパウンド・ステートメント内にネストすることはできません。

SAVEPOINT ステートメント、COMMIT ステートメント、または ROLLBACK ステートメントを ATOMIC コンパウンド・ステートメント内部から使用することはできません。これらがサポートされるのは、SQL プロシージャー内の NOT ATOMIC コンパウンド・ステートメントにおいてのみです。

以下は、ATOMIC コンパウンド・ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例です。

```
CREATE PROCEDURE atomic_proc ()
LANGUAGE SQL
SPECIFIC atomic_proc

ap:  BEGIN ATOMIC

   INSERT INTO c1_sched (class_code, day)
     VALUES ('R33:TCC', 1);

   SIGNAL SQLSTATE '70000';

   INSERT INTO c1_sched (class_code, day)
     VALUES ('R44:TDD', 1);

END ap
```

SIGNAL ステートメントを実行すると、処理されないエラーがこのステートメントで明示的に発行されます。その後即時にプロシージャーから戻ります。最初の

INSERT ステートメントは、正常に実行が完了したにもかかわらずロールバックされるので、このプロシージャーでは表には何も行が挿入されていないという結果になります。

ラベルおよび SQL プロシージャーのコンパウンド・ステートメント

コンパウンド・ステートメントおよびループを含め、選択によってはラベルを使用して、SQL プロシージャー内の任意の実行可能ステートメントに名前を付けることができます。他のステートメント内でラベルを参照することで、コンパウンド・ステートメントまたはループ外部に実行の流れをジャンプさせることができ、さらに、コンパウンド・ステートメントまたはループの先頭にジャンプすることもできます。ラベルを参照できるのは、GOTO、ITERATE、および LEAVE ステートメント内です。

必要があれば、コンパウンド・ステートメントの終わりに、対応するラベルを付けてもかまいません。終わりのラベルを付ける場合、先頭で使用したものと同じラベルでなければなりません。

どのラベルも、SQL プロシージャー本体内の固有ラベルでなければなりません。

また、ラベルを使用して、ストアード・プロシージャー内の複数のコンパウンド・ステートメントで同名の変数が宣言された場合に、紛らわしさが生じないようにすることができます。 SQL 変数の名前を修飾するのに、ラベルを使用することができます。

SQL プロシージャーでの配列サポート

SQL プロシージャーは、配列タイプのパラメーターと変数をサポートします。配列は、アプリケーションとストアード・プロシージャーの間で、または 2 つのストアード・プロシージャー間で一時的なデータの集合を受け渡すのに便利な方法です。

SQL ストアード・プロシージャーでは、配列は、標準的なプログラミング言語の配列として操作可能です。また、配列として表されるデータを表に簡単に変換したり、表列内のデータを配列に集約したりするなど、配列はリレーショナル・モデルに統合されます。以下の例では、配列の操作方法をいくつか示しています。どちらの例もコマンド行プロセッサー (CLP) スクリプトで、ステートメント終止符としてパーセント文字 (%) を使用しています。

例 1

この例には、sub と main の 2 つのプロシージャーが示されています。プロシージャー main は、配列コンストラクターを使用して 6 つの整数からなる 1 つの配列を作成します。このプロシージャーは、その後この配列をプロシージャー sum に渡します。プロシージャー sum は、入力配列内のすべての要素の合計を計算し、その結果をプロシージャー main に戻します。プロシージャー sum は、配列の副指標の使用法、および CARDINALITY 関数の使用法の例を示しています。この関数は、配列内の要素数を戻します。

```
create type intArray as integer array[100] %

create procedure sum(in numList intArray, out total integer)
begin
declare i, n integer;
```

```
set n = CARDINALITY(numList);

set i = 1;
set total = 0;

while (i < n) do
set total = total + numList[i];
set i = i + 1;
end while;

end %

create procedure main(out total integer)
begin
declare numList intArray;

set numList = ARRAY[1,2,3,4,5,6];

call sum(numList, total);

end %
```

例 2

この例では、2 つの配列データ・タイプ (intArray および stringArray)、さらには 2 つの列 (id および name) を持つ persons 表を使用します。プロシージャー processPersons は、3 人の人物をこの表にさらに追加し、文字「o」が含まれる人物名を ID 順に並べた配列を返します。追加される 3 人の人物の ID と名前は、2 つの配列 (ids および names) として表されます。これらの配列は UNNEST 関数への引数として使用され、この関数はこうした配列を 2 列からなる表に変換します。その後、この表の要素が persons 表に挿入されます。最後に、このプロシージャーの最後の set ステートメントでは ARRAY_AGG 集約関数を使用して、出力パラメーターの値を計算します。

```
create type intArray as integer array[100] %
create type stringArray as varchar(10) array[100] %

create table persons (id integer, name varchar(10)) %
insert into persons values(2, 'Tom') %
insert into persons values(4, 'Jill') %
insert into persons values(1, 'Joe') %
insert into persons values(3, 'Mary') %

create procedure processPersons(out witho stringArray)
begin
declare ids intArray;
declare names stringArray;

set ids = ARRAY[5,6,7];
set names = ARRAY['Bob', 'Ann', 'Sue'];

insert into persons(id, name)
(select T.i, T.n from UNNEST(ids, names) as T(i, n));

set witho = (select array_agg(name order by id)
from persons
where name like '%o%');
end %
```

SQL プロシージャーのパラメーター

SQL プロシージャーは、プロシージャー内外への SQL 値の引き渡しのためのパラメーターをサポートしています。

いくつかの状況では SQL プロシージャーのパラメーターが有用となります。例えば特定の入力または入力スカラー値のセットを条件とするロジックをインプリメントする場合や、1 つ以上の出力スカラー値を戻す必要があり、結果セットは戻さないようにする場合などです。

SQL プロシージャーを設計または作成するときは、SQL プロシージャーのパラメーターのフィーチャーや制限について理解しておくことが得策です。

- DB2 では、SQL プロシージャーでの入力パラメーター、出力パラメーター、入出力パラメーターを任意指定で大量に使用することができます。パラメーターのモードまたは用途を指定するには、 CREATE PROCEDURE ステートメントのルーチン・シグニチャーの部分で IN、OUT、INOUT のいずれかのキーワードを使用します。 IN パラメーターと OUT パラメーターは値による受け渡し、INOUT パラメーターは参照による受け渡しになります。
- プロシージャーで複数のパラメーターを指定するときは、それぞれが固有の名前にならなければなりません。
- プロシージャー内でパラメーターと同じ名前の変数を宣言する場合は、プロシージャー内でネストしたラベル付きのアトミック・ブロックの中に宣言する必要があります。そうしない場合、DB2 は、あいまいな名前の参照を検出してしまいます。
- パラメーターのデータ・タイプに関係なく、SQL プロシージャーのパラメーターを SQLSTATE または SQLCODE という名前にすることはできません。

SQL プロシージャー内のパラメーターのリファレンスに関する詳細については、CREATE PROCEDURE (SQL) ステートメントを参照してください。

以下の SQL プロシージャー (myparams) は、 IN、INOUT、OUT の各パラメーター・モードの使用法を示した例です。 myfile.db2 という CLP ファイルに SQL プロシージャーを定義し、コマンド行を使用することが前提になります。

```
CREATE PROCEDURE myparams (IN p1 INT, INOUT p2 INT, OUT p3 INT)
LANGUAGE SQL
BEGIN
  SET p2 = p1 + 1;
  SET p3 = 2 * p2;
END@
```

パラメーター・マーカー

パラメーター・マーカー (通常、疑問符 (?) で示される) は、ステートメント実行中に値が取得される SQL ステートメント内のプレースホルダーです。アプリケーションはパラメーター・マーカーをアプリケーション変数に関連付けます。ステートメントの実行中、これらの変数の値によって個別パラメーター・マーカーがそれぞれ置き換えられます。処理中にデータ変換が発生することがあります。

パラメーター・マーカーの利点

何度も実行する必要のある SQL ステートメントの場合、SQL ステートメントを一回だけ準備し、パラメーター・マーカーを使って実行時に入力値を置換することにより、照会プランを再利用する方がたいてい効率的です。DB2® 9 では、パラメーター・マーカーは次の 2 つの方法のうち 1 つの方法で示されます。

- 最初のスタイルは「?」文字ですが、これは動的 SQL 実行 (動的組み込み SQL、CLI、Perl など) で使用されます。
- 2 番目のスタイルは、組み込み SQL の標準的な構造を表し、変数の名前にコロンの接頭部が付きます (:var1)。このスタイルは静的 SQL 実行で使用され、普通はホスト変数と呼ばれます。

どちらかのスタイルを使うことによって、アプリケーション変数が SQL ステートメント内で置換される場所を示します。パラメーター・マーカーは番号で参照され、1 から始まり、左から右へ順番に番号が付けられます。SQL ステートメントが実行される前に、アプリケーションは変数ストレージ域を SQL ステートメントに指定された各パラメーター・マーカーにバインドしなければなりません。さらに、バインドされる変数は有効なストレージ域でなければならず、準備ステートメントがデータベースに対して実行されるときに入力データ値を含んでいなければなりません。

以下の例では、2 つのパラメーター・マーカーを含んだ SQL ステートメントを示しています。

```
SELECT * FROM customers WHERE custid = ? AND lastname = ?
```

サポートされるタイプ

DB2 では非型付きパラメーター・マーカーがサポートされ、SQL ステートメント内の特定の場所でこれを使用することができます。表 1 ではパラメーター・マーカー使用時の制約事項がリストされています。

表 8. パラメーター・マーカーの使用に関する制約事項

非型付きパラメーター・マーカーの場所	データ・タイプ
式: 選択リスト内で単独	エラー
式: 算術演算子の両オペランド	エラー
述部: IN 述部の左側のオペランド	エラー
述部: 関係演算子の両オペランド	エラー
関数: 集約関数のオペランド	エラー

例

DB2® は、効率的にデータにアクセスできるように、CLI/ODBC、JDBC、および ADO.NET を含め豊富な標準インターフェースのセットを提供しています。次のコード・スニペットは、各データ・アクセス API に対するパラメーター・マーカーの付いた準備ステートメントの使用法を示しています。

以下の表 t1 の表スキーマについて考慮してください。ここで、列 c1 が表 t1 の主キーです。

表 9. 表スキーマの例

列名	DB2 データ・タイプ	NULL 可能
c1	INTEGER	false
c2	SMALLINT	true
c3	CHAR(20)	true
c4	VARCHAR(20)	true
c5	DECIMAL(8,2)	true
c6	DATE	true
c7	TIME	true
c8	TIMESTAMP	true
c9	BLOB(30)	true

以下の例では、準備ステートメントを使って行を表 t1 に挿入する方法を示しています。

CLI の例

```
void parameterExample1(void)
{
   SQLHENV henv;
   SQLHDBC hdbc;
   SQLHSTMT hstmt;
   SQLRETURN rc;
   TCHAR server[] = _T("C:¥¥mysample¥¥");
   TCHAR uid[] = _T("db2e");
   TCHAR pwd[] = _T("db2e");
   long p1 = 10;
   short p2 = 100;
   TCHAR p3[100];
   TCHAR p4[100];
   TCHAR p5[100];
   TCHAR p6[100];
   TCHAR p7[100];
   TCHAR p8[100];
   char  p9[100];
   long len = 0;

   _tcscpy(p3, _T("data1"));
   _tcscpy(p4, _T("data2"));
   _tcscpy(p5, _T("10.12"));
   _tcscpy(p6, _T("2003-06-30"));
   _tcscpy(p7, _T("12:12:12"));
   _tcscpy(p8, _T("2003-06-30-17.54.27.710000"));

   memset(p9, 0, sizeof(p9));
   p9[0] = 'X';
   p9[1] = 'Y';
   p9[2] = 'Z';

   rc = SQLAllocEnv(&henv);
   // check return code ...

   rc = SQLAllocConnect(henv, &hdbc);
   // check return code ...

   rc = SQLConnect(hdbc, (SQLTCHAR*)server, SQL_NTS,
    (SQLTCHAR*)uid, SQL_NTS, (SQLTCHAR*)pwd, SQL_NTS);
   // check return code ...
```

```
rc = SQLAllocStmt(hdbc, &hstmt);
// check return code ...

// prepare the statement
rc = SQLPrepare(hstmt, _T("INSERT INTO t1 VALUES (?,?,?,?,?,?,?,?,?)"), SQL_NTS);
// check return code ...

// bind input parameters
rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)1, SQL_PARAM_INPUT,
 SQL_C_LONG, SQL_INTEGER, 4, 0, &p1, sizeof(p1), &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)2, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_LONG,
  SQL_SMALLINT, 2, 0, &p2, sizeof(p2), &len);
// check return code ...

len = SQL_NTS;
rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)3, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_CHAR, 0, 0, &p3[0], 100, &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)4, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_VARCHAR, 0, 0, &p4[0], 100, &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)5, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_DECIMAL, 8, 2, &p5[0], 100, &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)6, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_TYPE_DATE, 0, 0, &p6[0], 100, &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)7, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_TYPE_TIME, 0, 0, &p7[0], 100, &len);
// check return code ...

rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)8, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_TCHAR,
  SQL_TYPE_TIMESTAMP, 0, 0, &p8[0], 100, &len);
// check return code ...

len = 3;
rc = SQLBindParameter(hstmt, (unsigned short)9, SQL_PARAM_INPUT, SQL_C_BINARY,
  SQL_BINARY, 0, 0, &p9[0], 100, &len);
// check return code ...

// execute the prepared statement
rc = SQLExecute(hstmt);
// check return code ...

rc = SQLFreeStmt(hstmt, SQL_DROP);
// check return code ...

rc = SQLDisconnect(hdbc);
// check return code ...

rc = SQLFreeConnect(hdbc);
// check return code ...

rc = SQLFreeEnv(henv);
// check return code ...
```

C の例

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
  char hostVarStmt1[50];
  short hostVarDeptnumb;
```

```
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* prepare the statement with a parameter marker */
strcpy(hostVarStmt1, "DELETE FROM org WHERE deptnumb = ?");
EXEC SQL PREPARE Stmt1 FROM :hostVarStmt1;

/* execute the statement for hostVarDeptnumb = 15 */
hostVarDeptnumb = 15;
EXEC SQL EXECUTE Stmt1 USING :hostVarDeptnumb;
```

JDBC の例

```
public static void parameterExample1() {

   String driver = "com.ibm.db2e.jdbc.DB2eDriver";
   String url    = "jdbc:db2e:mysample";
   Connection conn = null;
   PreparedStatement pstmt = null;

   try
   {
      Class.forName(driver);

      conn = DriverManager.getConnection(url);

      // prepare the statement
      pstmt = conn.prepareStatement("INSERT INTO t1 VALUES
                                                    (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)");

      // bind the input parameters
      pstmt.setInt(1, 1);
      pstmt.setShort(2, (short)2);
      pstmt.setString(3, "data1");
      pstmt.setString(4, "data2");
      pstmt.setBigDecimal(5, new java.math.BigDecimal("12.34"));
      pstmt.setDate(6, new java.sql.Date(System.currentTimeMillis() ) );
      pstmt.setTime(7, new java.sql.Time(System.currentTimeMillis() ) );
      pstmt.setTimestamp (8, new java.sql.Timestamp(System.currentTimeMillis() ) );
      pstmt.setBytes(9, new byte[] { (byte)'X', (byte)'Y', (byte)'Z' } );

      // execute the statement
      pstmt.execute();

      pstmt.close();

      conn.close();
   }
   catch (SQLException sqlEx)
   {
      while(sqlEx != null)
      {
          System.out.println("SQLERROR: ¥n" + sqlEx.getErrorCode() +
             ", SQLState: " + sqlEx.getSQLState() +
             ", Message: " + sqlEx.getMessage() +
             ", Vendor: " + sqlEx.getErrorCode() );
         sqlEx = sqlEx.getNextException();
      }
   }
   catch (Exception ex)
   {
      ex.printStackTrace();
   }
}
```

ADO.NET の例 [C#]

```
public static void ParameterExample1()
{
   DB2eConnection conn = null;
   DB2eCommand cmd  = null;
   String connString   = @"database=.¥; uid=db2e; pwd=db2e";
   int i = 1;

   try
   {
      conn = new DB2eConnection(connString);

      conn.Open();

      cmd = new DB2eCommand("INSERT INTO t1 VALUES
                                      (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)", conn);

      // prepare the command
      cmd.Prepare();

      // bind the input parameters
      DB2eParameter p1 = new DB2eParameter("@p1", DB2eType.Integer);
      p1.Value = ++i;
      cmd.Parameters.Add(p1);

      DB2eParameter p2 = new DB2eParameter("@p2", DB2eType.SmallInt);
      p2.Value = 100;
      cmd.Parameters.Add(p2);

      DB2eParameter p3 = new DB2eParameter("@p3", DB2eType.Char);
      p3.Value = "data1";
      cmd.Parameters.Add(p3);

      DB2eParameter p4 = new DB2eParameter("@p4", DB2eType.VarChar);
      p4.Value = "data2";
      cmd.Parameters.Add(p4);

      DB2eParameter p5 = new DB2eParameter("@p5", DB2eType.Decimal);
      p5.Value = 20.25;
      cmd.Parameters.Add(p5);

      DB2eParameter p6 = new DB2eParameter("@p6", DB2eType.Date);
      p6.Value = DateTime.Now;
      cmd.Parameters.Add(p6);

      DB2eParameter p7 = new DB2eParameter("@p7", DB2eType.Time);
      p7.Value = new TimeSpan(23, 23, 23);
      cmd.Parameters.Add(p7);

      DB2eParameter p8 = new DB2eParameter("@p8", DB2eType.Timestamp);
      p8.Value = DateTime.Now;
      cmd.Parameters.Add(p8);

      byte []barr = new byte[3];
      barr[0] = (byte)'X';
      barr[1] = (byte)'Y';
      barr[2] = (byte)'Z';

      DB2eParameter p9 = new DB2eParameter("@p9", DB2eType.Blob);
      p9.Value = barr;
      cmd.Parameters.Add(p9);

      // execute the prepared command
      cmd.ExecuteNonQuery();
   }
   catch (DB2eException e1)
```

```
   {
      for (int i=0; i < e1.Errors.Count; i++)
      {
         Console.WriteLine("Error #" + i + "¥n" +
            "Message: " + e1.Errors[i].Message + "¥n" +
            "Native: " + e1.Errors[i].NativeError.ToString() + "¥n" +
            "SQL: " + e1.Errors[i].SQLState + "¥n");
      }
   }
   catch (Exception e2)
   {
       Console.WriteLine(e2.Message);
   }
   finally
   {
      if (conn != null && conn.State != ConnectionState.Closed)
      {
            conn.Close();
            conn = null;
      }
   }
}
```

SQL プロシージャーの変数 (DECLARE、SET ステートメント)

SQL プロシージャーのローカル変数サポートにより、SQL プロシージャー・ロジックをサポートする SQL 値の割り当てと検索が可能です。

SQL プロシージャーの変数は DECLARE ステートメントを使って定義します。

値は SET ステートメントまたは SELECT INTO ステートメントを使って変数に割り当てることもできますし、変数の宣言時にデフォルト値として割り当てることもできます。変数には、リテラル、式、照会の結果、および特殊レジスターの値を割り当てることができます。

変数値を SQL プロシージャーのパラメーターに割り当てることができ (SQL プロシージャー内の他の変数)、ルーチン内で実行した SQL ステートメント内のパラメーターとして参照することができます。

以下の例は、変数値のさまざまな割り当ておよび検索方法を示しています。

```
CREATE PROCEDURE proc_vars()
SPECIFIC proc_vars
LANGUAGE SQL
BEGIN

  DECLARE v_rcount INTEGER;

  DECLARE v_max DECIMAL (9,2);

  DECLARE v_adate, v_another  DATE;

  DECLARE v_total INTEGER DEFAULT 0;          -- (1)

  SET v_total = v_total + 1                   -- (2)

  SELECT MAX(salary)                          -- (3)
    INTO v_max FROM employee;

  VALUES CURRENT_DATE INTO v_date;            -- (4)

  SELECT CURRENT DATE, CURRENT DATE           -- (5)
       INTO v_adate, v_another
```

```
  FROM SYSIBM.SYSDUMMY1;

  DELETE FROM T;
  GET DIAGNOSTICS v_rcount = ROW_COUNT;        -- (6)

END
```

行 (1) にあるように、変数を宣言するときに DEFAULT 節を使ってデフォルト値を指定することができます。行 (2) は、SET ステートメントを使って単一の変数値を割り当てることができることを示しています。行 (3) が示すように、SELECT または FETCH ステートメントを INTO 節と組み合わせて実行することによって変数を設定することもできます。行 (4) および (5) は、VALUES INTO ステートメントを使って関数または特殊レジスターを評価して、値を変数または複数の変数に割り当てることができることを示しています。

GET DIAGNOSTICS ステートメントの結果を変数に割り当てることもできます。GET DIAGNOSTICS は、影響を受ける行 (UPDATE ステートメントの場合は更新される行、DELETE ステートメントの場合は削除される行) の # 上のハンドルを取得するため、または実行されたばかりの SQL ステートメントの戻り状況を取得するために使用できます。行 (6) は、直前で実行された DELETE ステートメントによって変更される行数を変数に割り当てる方法を示しています。

SQL プロシージャーでの XML および XQuery のサポート

SQL プロシージャーは、データ・タイプが XML のパラメーターと変数をサポートします。他のデータ・タイプの変数と同様に、SQL ステートメントで使用できます。加えて、データ・タイプ XML の変数は、XMLEXISTS 式、XMLQUERY 式および XMLTABLE 式内の XQuery 式へのパラメーターとして渡すことができます。

以下の例は、SQL プロシージャーの XML パラメーターおよび変数の宣言、使用、および割り当てを示しています。

```
CREATE TABLE T1(C1 XML) %

CREATE PROCEDURE proc1(IN parm1 XML, IN parm2 VARCHAR(32000))
LANGUAGE SQL
BEGIN
   DECLARE var1 XML;

   /* check if the value of XML parameter parm1
      contains an item with a value less than 200 */
   IF(XMLEXISTS('$x/ITEM[value < 200]' passing by ref parm1 as "x"))THEN

     /* if it does, insert the value of parm1 into table T1 */
     INSERT INTO T1 VALUES(parm1);

   END IF;

   /* parse parameter parm2's value and assign it to a variable */
   SET var1 = XMLPARSE(document parm2 preserve whitespace);

   /* insert variable var1 into table T1
   INSERT INTO T1 VALUES(var1);

END %
```

上の例には 1 つの XML 列を持つ表 T1 があります。 SQL プロシージャーは、データ・タイプ XML の parm1 および parm2 という 2 つのパラメーターを受け入れます。 SQL プロシージャー内では XML 変数は var1 という名前で宣言されます。

SQL プロシージャーのロジックは、XML パラメーター parm1 の値に 200 より小さい値を持つ項目が含まれるかどうかを検査します。含まれる場合、XML 値は直接、表 T1 の列 C1 に挿入されます。

その後、XMLPARSE 関数を使ってパラメーター parm2 の値が構文解析され、XML 変数 var1 に割り当てられます。そしてこの XML 変数の値も表 T1 の列 C1 に挿入されます。

XQuery 操作に制御フロー・ロジックをインプリメントすることができるので、データベースに保管されている XML データを照会してこれにアクセスする複雑なアルゴリズムを開発する作業が容易になります。

SQL プロシージャーでの SQLCODE および SQLSTATE 変数

エラー処理を実行したり、SQL プロシージャーのデバッグを補助したりするには、SQLCODE または SQLSTATE の値をテストしたり、これらの値を出力パラメーターまたは診断メッセージ・ストリングの一部として戻したり、これらの値を表に挿入したりして基本的なトレース・サポートを提供すると便利な場合があります。

SQL プロシージャー中の SQLCODE および SQLSTATE 値を使用するには、SQL プロシージャー本体で以下のような SQL 変数を宣言する必要があります。

```
DECLARE SQLCODE INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE SQLSTATE CHAR(5) DEFAULT '00000';
```

ステートメントが実行されると DB2 は常にこれらの変数を暗黙で設定します。ハンドラーを用意された条件がステートメントによって生じた場合、ハンドラーの実行の開始時点で SQLSTATE および SQLCODE 変数の値を利用することができます。ただしこの変数は、ハンドラー内の最初のステートメントが実行されるとただちにリセットされます。そのため、ハンドラーの最初のステートメント内のローカル変数に SQLSTATE および SQLCODE の値をコピーしておくのが一般的な措置です。以下の例では、すべての条件で CONTINUE ハンドラーが使用されて、retcode という別の変数に SQLCODE 変数がコピーされます。次に実行可能ステートメント内で変数 retcode を使用して、プロシージャー・ロジックを制御したり、出力パラメーターとして値を返したりすることができます。

```
BEGIN
  DECLARE SQLCODE INTEGER DEFAULT 0;
  DECLARE retcode INTEGER DEFAULT 0;

  DECLARE CONTINUE HANDLER FOR SQLEXCEPTION, SQLWARNING, NOT FOUND
     SET retcode = SQLCODE;

  executable-statements
END
```

注: SQL プロシージャーで SQLCODE または SQLSTATE 変数をアクセスする場合には、 DB2 によって、後続するステートメントの SQLCODE 値は 0、また SQLSTATE 値は‘00000’に設定されます。

SQL プロシージャー内のコンパウンド・ステートメントと変数の有効範囲

SQL プロシージャーには 1 つ以上のコンパウンド・ステートメントを含めることができます。それらは順次導入したり、別のコンパウンド・ステートメントの中にネストしたりできます。各コンパウンド・ステートメントによってそれぞれ新しいスコープが導入され、その中で変数が使用できたりできなかったりします。

コンパウンド・ステートメント内で宣言される変数を修飾し、固有に識別するためにラベルを使用できます。このため、コンパウンド・ステートメントを識別するラベルを使用するのは大切なことです。別のコンパウンド・ステートメントまたはネストされたコンパウンド・ステートメントの変数を参照する場合にはこれは特に重要になります。

以下の例には、変数 *a* の 2 つの宣言があります。 1 つのインスタンスは、 *lab1* というラベルの付いた外側のコンパウンド・ステートメント内の宣言であり、もう 1 つのインスタンスは、 *lab2* というラベルの付いた内側のコンパウンド・ステートメント内の宣言です。この記述のとおり、代入ステートメント内の *a* の参照先は、*lab2* というラベルの付いたコンパウンド・ブロックのローカル有効範囲内の宣言であると DB2 は判断します。しかし、変数 *a* によって、*lab1* というラベルの付いたコンパウンド・ステートメント・ブロック内の宣言を参照する場合は、そのコンパウンド・ブロック内の宣言を正しく参照するために、変数をそのブロックのラベルで修飾する必要があります。つまり、*lab1.a* というふうに修飾するということです。

```
CREATE PROCEDURE P1 ()
LANGUAGE SQL
  lab1: BEGIN
    DECLARE a INT DEFAULT 100;
    lab2: BEGIN
      DECLARE a INT DEFAULT NULL;

      SET a = a + lab1.a;

      UPDATE T1
       SET T1.b = 5
        WHERE T1.b = a;  <-- Variable a refers to lab2.a
                             unless qualified otherwise

    lab2: END;
 END lab1@
```

SQL プロシージャー内の最も外側のコンパウンド・ステートメントをアトミックとして宣言できます。そのためには、BEGIN キーワードの後に ATOMIC キーワードを追加します。アトミック・コンパウンド・ステートメント内のステートメントの実行時にエラーが発生した場合は、そのコンパウンド・ステートメント全体がロールバックされます。

SQL プロシージャー内の XML パラメーターおよび変数値に対するコミットおよびロールバックの効果

SQL プロシージャー内のコミットおよびロールバックは、パラメーターの値とデータ・タイプ XML の変数に影響を及ぼします。SQL プロシージャーの実行では、コミットまたはロールバックの操作と同時に、XML パラメーターおよび XML 変数に割り当てられていた値は以後無効になります。

コミットまたはロールバック操作後に、データ・タイプ XML の SQL 変数または SQL パラメーターを参照しようとすると、エラー (SQL1354N、560CE) が生じる原因になります。

コミットまたはロールバック操作が生じた後に、XML パラメーターおよび変数を正常に参照するには、最初に新しい値を割り当てる必要があります。

SQL プロシージャーに ROLLBACK および COMMIT ステートメントを追加するときは、XML パラメーターおよび変数値の使用の可能性をご検討ください。

SQL プロシージャーのカーソル

SQL プロシージャーでは、結果セット (データ行のセット) の定義と、1 行ずつのベースでの複雑な論理の実行は、カーソルによって可能になります。また、SQL プロシージャーは、この同じメカニックを使用して、結果セットを定義し、SQL プロシージャーの呼び出し元またはクライアント・アプリケーションに結果セットを直接戻すこともできます。

カーソルを、一連の行の中の 1 つの行を指すポインターとみなすことができます。カーソルは、一度に 1 つの行のみを参照できる一方で、必要に応じて結果セットの他の行に移動することもできます。

SQL プロシージャーでカーソルを使用するには、次のようにする必要があります。

1. 結果セットを定義するカーソルを宣言します。
2. カーソルをオープンし、結果セットを確立します。
3. 必要に応じて、一度に 1 行ずつ、カーソルからローカル変数にデータを取り出します。
4. 完了したなら、カーソルをクローズします。

カーソルを処理するには、次のような SQL ステートメントを使用する必要があります。

- DECLARE CURSOR
- OPEN
- FETCH
- CLOSE

以下の例は、SQL プロシージャー内での読み取り専用カーソルの基本的な使用法を示しています。

```
CREATE PROCEDURE sum_salaries(OUT sum INTEGER)
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE p_sum INTEGER;
  DECLARE p_sal INTEGER;
  DECLARE c CURSOR FOR SELECT SALARY FROM EMPLOYEE;
  DECLARE SQLSTATE CHAR(5) DEFAULT '00000';

   SET p_sum = 0;

   OPEN c;

   FETCH FROM c INTO p_sal;

   WHILE(SQLSTATE = '00000') DO
```

```
      SET p_sum = p_sum + p_sal;
      FETCH FROM c INTO p_sal;
    END WHILE;

    CLOSE c;

    SET sum = p_sum;

  END%
```

SQL プロシージャー内でのカーソルのもっと複雑な使用例を以下に示します。この例は、カーソルおよび SQL PL ステートメントを結合して使用する方法を示しています。

SQL プロシージャーにおける XQuery 式のカーソル

SQL プロシージャーは、XQuery 式でのカーソルの定義をサポートします。XQuery 式でカーソルを使用すると、式によって戻される XQuery 順序のエレメントを繰り返して使用できます。

動的または静的に定義できる SQL ステートメントで定義されたカーソルとは異なり、XQuery 式でのカーソルは動的にのみ定義できます。カーソルを動的に宣言するには、タイプ CHAR または VARCHAR の変数を宣言して、カーソルの結果セットを定義する XQuery 式を含める必要があります。XQuery 式は、カーソルをオープンして、結果セットを解決してから準備する必要があります。

XQuery 式用にカーソルを動的に宣言し、そのカーソルをオープンして、その後 XML データをフェッチする SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE xmlProc(IN inCust XML, OUT resXML XML)
SPECIFIC xmlProc
LANGUAGE SQL
BEGIN
    DECLARE SQLSTATE CHAR(5);
    DECLARE stmt_text VARCHAR (1024);
    DECLARE customer XML;
    DECLARE cityXml XML;
    DECLARE city VARCHAR (100);
    DECLARE stmt STATEMENT;
    DECLARE cur1 CURSOR FOR stmt;

   -- Get the city of the input customer
   SET cityXml = XMLQUERY('$cust/customerinfo//city' passing inCust as "cust");
   SET city = XMLCAST(cityXml as VARCHAR(100));

  -- Iterate over all the customers from the city using an XQUERY cursor
  -- and collect the customer name values into the output XML value

   SET stmt_text = 'XQUERY for $cust
                    in db2-fn:xmlcolumn("CUSTOMER.INFO")
                       /*:customerinfo/*:addr[*:city= "' || city ||'"]
                    return <Customer>{$cust/../@Cid}{$cust/../*:name}</Customer>';

  -- Use the name of the city for the input customer data as a prefix
  SET resXML = cityXml;

  PREPARE stmt FROM stmt_text;
  OPEN cur1;

  FETCH cur1 INTO customer;
  WHILE (SQLSTATE = '00000') DO
    SET resXML = XMLCONCAT(resXML, customer);
```

```
    FETCH cur1 INTO customer;
  END WHILE;

  set resXML = XMLQUERY('<result> {$res} </result>'
                        passing resXML as "res");

END
```

この SQL プロシージャーは、XML データが入力パラメーターとして提供されている顧客と同じ市区町村に住んでいる、CUSTOMER という名前の表で定義された顧客の ID と名前を収集します。

この前述の SQL プロシージャーは、以下のようにして CALL ステートメントを実行すると呼び出すことができます。

```
CALL xmlProc(xmlparse(document '<customerinfo Cid="5002">
                                  <name>Jim Noodle</name>
                                  <addr country="Canada">
                                     <street>25 EastCreek</street>
                                     <city>Markham</city>
                                     <prov-state>Ontario</prov-state>
                                     <pcode-zip>N9C-3T6</pcode-zip>
                                  </addr>
                                  <phone type="work">905-566-7258</phone>
                                </customerinfo>' PRESERVE WHITESPACE),?,?)
```

この SQL プロシージャーを作成して SAMPLE データベースに対して実行すると、2 人の顧客の XML データが戻ります。

パラメーター・マーカーは XML 値をサポートしないので、この制限の回避策は 1 つ以上のローカル変数の値が組み込まれた連結ステートメント・フラグメントから動的 SQL ステートメントを構成することです。

以下に例を示します。

```
DECLARE person_name VARCHAR(128);

SET person_name = "Joe";
SET stmt_text = ' for $fname in db2-fn:sqlquery
   ("SELECT doc
      FROM T1
      WHERE DOCID=1")//fullname where $fname/first = ''' person_name || ''';
```

この例では、SQL 全選択を組み込んだ XQuery ステートメントの変数割り当てに結果セットを戻します。結果セットには、ファーストネームが Joe という人の氏名が含まれます。機能的にいえば、SQL の部分は、表 T1 の列 doc から ID 1 の XML 文書を選択します。そして XQuery の部分は、値 first が Joe となっている XML 文書の fullname の値を選択します。

SQL プロシージャー本体の SQL PL ロジック・エレメント

順次実行は、プログラム実行が取ることのできる最も基本的なパスです。この方法を使用すると、プログラムはコードの最初の行から実行を開始し、その後次の行に移動し、コードの最後のステートメントが実行されるまで実行を継続します。このアプローチは非常に単純なタスクでは有効ですが、1 つの状況しか処理できないため、どちらかというと有用性に欠けます。多くの場合、プログラムには状況の変化に応じた対応が求められます。コードの実行パスを制御することにより、コードの特定の部分を使って複数の状況を賢明に処理できるようにすることが可能です。

SQL PL は、変数に対するサポートを提供し、ステートメントの実行順序の制御に使用できる制御ステートメントのフローを提供します。 IF や CASE などのステートメントは SQL PL ステートメントのブロックを条件的に実行するために使用され、WHILE や REPEAT などの他のステートメントは通常、タスクが完了するまでステートメントのセットを反復して実行するために使用されます。

SQL PL ステートメントのタイプは多数ありますが、それをソートできるカテゴリーはわずかです。

- 変数に関連したステートメント
- 条件ステートメント
- ループ・ステートメント
- 制御転送ステートメント

SQL プロシージャー内の変数に関連したステートメント

変数に関連した SQL ステートメントは、変数の宣言と、変数に対する値の割り当てに使用されます。変数に関連したステートメントには、以下のようないくつかのタイプがあります。

- SQL プロシージャー内の DECLARE <variable> ステートメント
- SQL プロシージャー内の DECLARE <condition> ステートメント
- SQL プロシージャー内の DECLARE <condition handler> ステートメント
- SQL プロシージャー内の DECLARE CURSOR
- SQL プロシージャー内の SET (代入ステートメント)

上記のようなステートメントは、変数値を利用することになる他のタイプの SQL PL ステートメントおよび SQL ステートメントを利用するのに必要なサポートを備えています。

SQL プロシージャー内の条件ステートメント

条件ステートメントを使用するのは、満たさなければならない特定の条件の状況に基づいて、どの論理を実行するかを定義する場合です。 SQL プロシージャーでサポートされている条件ステートメントには、以下の 2 つのタイプがあります。

- CASE
- IF

これらのステートメントは互いに似通っています。ただし、CASE ステートメントは、IF ステートメントを拡張したステートメントです。

SQL プロシージャーの CASE ステートメント

CASE ステートメントを使用して、満たさなければならない条件の状況に基づいて、条件付きで特定の論理を開始することができます。 CASE ステートメントには、次の 2 つのタイプがあります。

- 単純な CASE ステートメント: リテラル値に基づいて特定の論理を開始するのに使用します。
- 検索済み CASE ステートメント: 式の値に基づいて特定の論理を開始するのに使用します。

CASE ステートメントの WHEN 節は、制御のフローを決定するために満たしていなければならない値を定義します。

simple-case-statement-when-clause を使用した CASE ステートメントを指定された SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE UPDATE_DEPT (IN p_workdept)
LANGUAGE SQL
BEGIN

  DECLARE v_workdept CHAR(3);
  SET v_workdept = p_workdept;

  CASE  v_workdept
    WHEN 'A00' THEN
      UPDATE department SET deptname = 'D1';
    WHEN 'B01' THEN
      UPDATE department SET deptname = 'D2';
    ELSE
      UPDATE department SET deptname = 'D3';
    END CASE

END
```

searched-case-statement-when-clause を使用した CASE ステートメントの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE UPDATE_DEPT (IN p_workdept)
LANGUAGE SQL
BEGIN

  DECLARE v_workdept CHAR(3);
  SET v_workdept = p_workdept;

  CASE
    WHEN v_workdept = 'A00' THEN
      UPDATE department SET deptname = 'D1';
    WHEN v_workdept = 'B01' THEN
      UPDATE department SET deptname = 'D2';
    ELSE
      UPDATE department SET deptname = 'D3';
  END CASE

END
```

上記のどちらの例も論理的には同等ですが、searched-case-statement-when-clause を使用する CASE ステートメントは非常に強力になりうることに注意することが重要です。ここでは、サポートされている任意の SQL 式を使用することができます。この式では、変数、パラメーター、特殊レジスター、その他に対する参照を使用することができます。

SQL プロシージャーの IF ステートメント

IF ステートメントを使用して、満たさなければならない条件の状況に基づいて、条件付きで特定の論理を開始することができます。 IF ステートメントは、searched-case-statement-when 節を指定された CASE ステートメントと論理的に同等です。

IF ステートメントは、オプションの ELSE IF 節およびデフォルトの ELSE 節の使用をサポートします。ステートメントの終わりを指示するための END IF 節が必要です。

IF ステートメントを使用しているプロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE UPDATE_SAL (IN empNum CHAR(6),
                             INOUT rating SMALLINT)
LANGUAGE  SQL
BEGIN
  IF rating = 1 THEN
    UPDATE employee
    SET salary = salary * 1.10, bonus = 1000
      WHERE empno = empNum;
  ELSEIF rating = 2 THEN
    UPDATE employee
    SET salary = salary * 1.05, bonus = 500
      WHERE empno = empNum;
  ELSE
    UPDATE employee
    SET salary = salary * 1.03, bonus = 0
      WHERE empno = empNum;
  END IF;
  END
```

SQL プロシージャーのループ・ステートメント

ループ・ステートメントでは、条件が満たされるまで特定の論理を繰り返し実行することがサポートされます。 SQL PL では、以下のループ・ステートメントがサポートされます。

- FOR
- LOOP
- REPEAT
- WHILE

FOR ステートメントは他のステートメントとは異なります。つまり、FOR ステートメントは、定義済みの結果セットの行に対する反復操作を行うのに使用されるのに対して、その他のステートメントは、各条件が満たされるまで、一連の SQL ステートメントに対する反復操作を行うために使用されます。

どのループ制御ステートメントの場合も、識別のためのラベルを定義することができます。

SQL プロシージャーの FOR ステートメント

FOR ステートメントは、特殊なタイプのループ・ステートメントです。なぜなら、定義済みの読み取り専用の結果セット内の行に対する反復操作を行うのに使用されるからです。 FOR ステートメントを実行すると、FOR ループの反復ごとに、次の行が取り出された場合はその行が結果セットになるように、カーソルが暗黙で宣言されます。結果セット内に行がなくなるまで、ループは続行されます。

FOR ステートメントによって、カーソルのインプリメンテーションが単純化され、論理操作の実行対象になりうる一連の行の一連の列値を簡単に検索できるようになります。

単純な FOR ステートメントのみを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE P()
LANGUAGE SQL
BEGIN ATOMIC
```

```
  DECLARE fullname CHAR(40);

  FOR v AS cur1 CURSOR FOR
             SELECT firstnme, midinit, lastname FROM employee
  DO
    SET fullname = v.lastname || ',' || v.firstnme
                   ||' ' || v.midinit;
    INSERT INTO tnames VALUES (fullname);
  END FOR;
END
```

注: CONCAT 関数を使用すれば、上記の例に示されているような論理を簡単にインプリメントすることができます。構文を分かりやすく説明するために、例は単純化されています。

for-loop-name は、FOR ステートメントをインプリメントするために生成される暗黙のコンパウンド・ステートメントのラベルを指定します。その場合、コンパウンド・ステートメントのラベルの規則が守られます。 for-loop-name を使用して、SELECT ステートメントから戻された結果セット内の列名を修飾することができます。

cursor-name は、結果セットから行を選択するときに使用されるカーソルに名前を付けるだけです。これを指定しないと、DB2 データベース・マネージャーによって自動的に固有なカーソル名が内部で生成されます。

SELECT ステートメントの列名は固有名でなければならず、1 つの表 (ただし、ある種の JOIN または UNION を行う場合は複数の表) を指定する FROM 節がなければなりません。参照される表および列は、ループの実行より前に存在している必要があります。グローバル一時表を参照することもできます。

位置指定の更新と削除、および検索済み更新と削除は、FOR ループ中でサポートされます。

FOR ステートメントのサポートのために作成されたカーソルを、FOR ループ外で参照することはできません。

SQL プロシージャーの LOOP ステートメント

LOOP ステートメントは、特殊なタイプのループ・ステートメントです。なぜなら、終了条件の節がないからです。これは、別の論理 (一般的には制御ステートメントの転送) によって、制御フローをループ外のいずれかの地点に強制的にジャンプさせるまで繰り返し実行される一連のステートメントを定義します。

LOOP ステートメントは一般的に、LEAVE、GOTO、ITERATE、または RETURN のうちのいずれかのステートメントと一緒に使用されます。これらのステートメントは、ループの直後の地点、SQL プロシージャー内の指定のロケーション、ループの別の反復を開始するためのループの開始地点のいずれかに、強制的に制御を戻すことができますが、SQL プロシージャーを終了することもできます。これらのステートメントの使用時にどこへフローを渡すかを指示するときは、ラベルを使用します。

LOOP ステートメントが便利なのは、ループ内に複雑な論理が配置されていて、複数の終了方法を必要とする場合ですが、無限ループ・インスタンスが起きないように慎重に使用する必要があります。

制御を移すステートメントのない LOOP ステートメントを単独で使用すると、そのループ内に含まれている一連のステートメントは無限に実行されることになります。あるいは、制御フローを強制的に変更する条件ハンドラーが起動されることになるようなデータベース条件が発生するまで、または処理されない条件が発生したために SQL プロシージャーから強制的に戻ることになるまで、その一連のステートメントの実行が続けられます。

LOOP ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。そこでは、ITERATE および LEAVE ステートメントも使用されています。

```
CREATE  PROCEDURE ITERATOR()
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE v_deptno CHAR(3); DECLARE v_deptname VARCHAR(29);
  DECLARE at_end INTEGER DEFAULT 0;
  DECLARE not_found CONDITION FOR SQLSTATE '02000';

  DECLARE c1 CURSOR FOR SELECT deptno, deptname
                        FROM department ORDER BY deptno;
  DECLARE CONTINUE HANDLER FOR not_found SET at_end = 1;
  OPEN c1;

  ins_loop: LOOP

    FETCH c1 INTO v_deptno, v_deptname;

    IF at_end = 1 THEN
      LEAVE ins_loop;
    ELSEIF v_dept = 'D11' THEN
      ITERATE ins_loop;
    END  IF;


    INSERT  INTO department (deptno, deptname)
      VALUES ('NEW', v_deptname);

  END LOOP;

  CLOSE c1;
END
```

SQL プロシージャーの WHILE ステートメント

WHILE ステートメントは、WHILE ループの先頭で条件が偽と評価されるまで実行される一連のステートメントを定義します。 while-loop-condition (式) は、ループの反復処理ごとに、事前に評価されます。

単純な WHILE ループを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE sum_mn (IN p_start INT
                        ,IN p_end INT
                        ,OUT p_sum INT)
SPECIFIC sum_mn
LANGUAGE SQL
smn: BEGIN

DECLARE v_temp INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE v_current INTEGER;

SET v_current = p_start;

WHILE (v_current <= p_end) DO
  SET v_temp = v_temp + v_current;
```

```
  SET v_current = v_current + 1;
END WHILE;
p_sum = v_current;
END smn;
```

注: 数式を使用すれば、上記の例に示されているような論理を簡単にインプリメントすることができます。構文を分かりやすく説明するために、例は単純化されています。

SQL プロシージャーの REPEAT ステートメント

REPEAT ステートメントは、REPEAT ループの末尾で条件が真と評価されるまで実行される一連のステートメントを定義します。ループの反復の完了ごとに、repeat-loop-condition が評価されます。

WHILE ステートメントでは、最初の受け渡しで while-loop-condition が偽の場合はループには入りません。 REPEAT ステートメントは、それに代わる便利なステートメントです。ただし、while-loop 論理を REPEAT ステートメントに書き直せることに注意する必要があります。

以下に、SQL プロシージャーで使用される REPEAT ステートメントの例を示してあります。

```
CREATE PROCEDURE sum_mn2 (IN p_start INT
                          ,IN p_end INT
                          ,OUT p_sum INT)
SPECIFIC sum_mn2
LANGUAGE SQL
smn2: BEGIN

  DECLARE v_temp INTEGER DEFAULT 0;
  DECLARE v_current INTEGER;

  SET v_current = p_start;

  REPEAT
    SET v_temp = v_temp + v_current;
    SET v_current = v_current + 1;
  UNTIL (v_current > p_end)
  END REPEAT;
END
```

SQL プロシージャーでの制御ステートメントの転送

制御ステートメントの転送を使用するのは、SQL プロシージャー内で制御のフローをリダイレクトするときです。この無条件ブランチを使用して、制御のフローをある地点から別の地点にジャンプさせることができます。ジャンプするのは、制御ステートメントの転送より前または後のどちらでもかまいません。 SQL プロシージャー内でサポートされている制御ステートメントの転送は、次のとおりです。

- GOTO
- ITERATE
- LEAVE
- RETURN

SQL プロシージャー内のどこでも制御ステートメントの転送を使用できますが、ITERATE および LEAVE は一般的に、LOOP ステートメントまたは他のループ・ステートメントと一緒に使用します。

SQL プロシージャーの GOTO ステートメント

GOTO ステートメントは、単純明快でしかも基本的な制御フローのステートメントであり、制御のフロー内での無条件の変更の原因となります。これは、SQL プロシージャーに定義されているラベルを使用して特定のユーザー定義ロケーションへのブランチを設定するのに使用します。

GOTO ステートメントの使用は、一般にプログラミングの手法としては粗悪なものと考えられており、推奨されていません。 GOTO を広範囲にわたって使用すると、判読不能なコードにつながる可能性が高くなります。プロシージャーが長大になるときは特にそうです。さらに、実行パスを制御するために利用できるより優れたステートメントがあるので、GOTO は必要ありません。 GOTO を使用することが必要になるような状況は特にありません。つまり、便宜上使用される場合のほうが多いということです。

GOTO ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE adjust_salary ( IN p_empno CHAR(6),
                     IN p_rating INTEGER,
     OUT p_adjusted_salary DECIMAL (8,2) )
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE new_salary DECIMAL (9,2);
  DECLARE service DATE;  -- start date

  SELECT salary, hiredate INTO v_new_salary, v_service
    FROM employee
       WHERE empno = p_empno;

  IF service > (CURRENT DATE - 1 year) THEN
    GOTO exit;
  END IF;


  IF p_rating = 1 THEN
    SET new_salary = new_salary + (new_salary * .10);
  END IF;


  UPDATE employee SET salary = new_salary WHERE empno = p_empno;

exit:
  SET p_adjusted_salary = v_new_salary;


END
```

この例は、GOTO ステートメントの効果的な使用方法を示しています。特定の論理を実行しない一方で、他の論理はこれまでどおり実行されるようにするために、プロシージャーまたはループのほぼ終了地点へスキップします。

GOTO ステートメントの使用時には、有効範囲に関する次のようないくつかの追加の考慮事項があることに注意する必要があります。

- GOTO ステートメントを FOR ステートメント内で定義する場合、ネストされている FOR ステートメントまたはネストされているコンパウンド・ステートメント内にあるのでない限り、同じ FOR ステートメントの内側でラベルを定義しなければなりません。

- GOTO ステートメントをコンパウンド・ステートメント内で定義する場合、ネストされている FOR ステートメントまたはネストされているコンパウンド・ステートメント内にあるのでない限り、同じコンパウンド・ステートメント内部でラベルを定義しなければなりません。
- GOTO ステートメントをハンドラーで定義する場合、他の有効範囲の規則に従って、同じハンドラーでラベルを定義しなければなりません。
- GOTO ステートメントをハンドラー外で定義する場合、ハンドラーの内部でラベルを定義してはなりません。
- GOTO ステートメントが到達できる有効範囲内でラベルが定義されていない場合、エラーが戻されます (SQLSTATE 42736)。

SQL プロシージャーの ITERATE ステートメント

ITERATE ステートメントを使用すると、ラベル付きの LOOP ステートメントの先頭に制御のフローが戻ります。

ITERATE ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE  PROCEDURE ITERATOR()
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE v_deptno CHAR(3); DECLARE v_deptname VARCHAR(29);
  DECLARE at_end INTEGER DEFAULT 0;
  DECLARE not_found CONDITION FOR SQLSTATE '02000';

  DECLARE c1 CURSOR FOR SELECT deptno, deptname
                        FROM department ORDER BY deptno;
  DECLARE CONTINUE HANDLER FOR not_found SET at_end = 1;
  OPEN c1;

  ins_loop: LOOP
   FETCH c1 INTO v_deptno, v_deptname;
      IF at_end = 1 THEN
        LEAVE ins_loop;
      ELSEIF v_dept = 'D11' THEN
        ITERATE ins_loop;
      END  IF;


      INSERT  INTO department (deptno, deptname)
      VALUES ('NEW', v_deptname);

  END LOOP;

  CLOSE c1;

END
```

この例では、取り出された行内の列値が特定の値に一致したときに、ラベル ins_loop を指定して定義されている LOOP ステートメントに制御のフローを戻すために ITERATE ステートメントが使用されています。 ITERATE ステートメントの位置によって、department 表にはまったく値が挿入されなくなります。

SQL プロシージャーの LEAVE ステートメント

LEAVE ステートメントは、ループまたはコンパウンド・ステートメント外に制御のフローを移動するのに使用します。

LEAVE ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
  CREATE  PROCEDURE ITERATOR()
  LANGUAGE SQL
  BEGIN
    DECLARE v_deptno CHAR(3); DECLARE v_deptname VARCHAR(29);
    DECLARE at_end INTEGER DEFAULT 0;
    DECLARE not_found CONDITION FOR SQLSTATE '02000';

    DECLARE c1 CURSOR FOR SELECT deptno, deptname
                          FROM department ORDER BY deptno;
    DECLARE CONTINUE HANDLER FOR not_found SET at_end = 1;

    OPEN c1;

    ins_loop: LOOP

      FETCH c1 INTO v_deptno, v_deptname;

      IF at_end = 1 THEN
        LEAVE ins_loop;
      ELSEIF v_dept = 'D11' THEN
        ITERATE ins_loop;
      END IF;


      INSERT  INTO department (deptno, deptname)
      VALUES ('NEW', v_deptname);

    END LOOP;

    CLOSE c1;
END
```

この例では、LEAVE ステートメントを使用して、ラベル ins_loop を使って定義された LOOP ステートメントを終了します。このステートメントは、IF ステートメントにネストされているので、IF 条件が真になったときという条件付きで実行されます。この条件が真になるのは、カーソル内にもう行がなくなったときです。LEAVE ステートメントの位置によって、NOT FOUND エラーが発生した後はループの反復はもう実行されなくなります。

SQL プロシージャーの RETURN ステートメント

RETURN ステートメントは、SQL プロシージャーを無条件かつ即時に終了するときに使用されます。終了するために、ストアード・プロシージャーの呼び出し元に制御のフローを戻します。

RETURN ステートメントを実行すると、必ず整数値が戻される必要があります。戻り値を指定しない場合のデフォルト値は 0 です。通常、この値は、プロシージャーの実行が正常完了または失敗のどちらであったかを示すのに使用されます。値は、リテラルまたは変数、あるいは、整数値に評価される式のいずれかにすることができます。

ストアード・プロシージャー内で 1 つ以上の RETURN ステートメントを使用することができます。 RETURN ステートメントは、SQL プロシージャー本体内の宣言ブロックの後であればどこで使用してもかまいません。

それに代えてパラメーターを使用し、複数の出力値を戻すこともできます。パラメーター値は、実行する RETURN ステートメントより前に設定する必要があります。

RETURN ステートメントを使用した SQL プロシージャーの例を以下に示します。

```
CREATE PROCEDURE return_test (IN p_empno CHAR(6),
                              IN p_emplastname VARCHAR(15) )
LANGUAGE SQL
SPECIFIC return_test
BEGIN

  DECLARE v_lastname VARCHAR (15);

  SELECT lastname INTO v_lastname
    FROM employee
  WHERE empno = p_empno;

  IF v_lastname = p_emplastname THEN
    RETURN 1;
  ELSE
    RETURN -1;
  END IF;


END rt
```

この例では、employee 表に保管されている値にパラメーター *p_emplastname* が一致した場合、プロシージャーから 1 が戻されます。一致しなかった場合、-1 が戻されます。

SQL プロシージャーの条件ハンドラー

条件ハンドラー は、ある条件が発生したときの SQL プロシージャーの振る舞いを決定します。一般的な条件、名前付き条件、または特定の SQLSTATE 値に対して 1 つ以上の条件ハンドラーを SQL プロシージャーで宣言することができます。

SQL プロシージャー内のステートメントによって SQLWARNING または NOT FOUND 条件が生じた場合、もしそれぞれの条件に対してハンドラーを宣言していたときは、それに対応するハンドラーに DB2 から制御が渡されます。そのような条件に対してハンドラーを宣言していなかった場合、 SQL プロシージャー本体の次のステートメントに DB2 から制御が渡されます。 SQLCODE および SQLSTATE 変数を宣言していた場合、それに対応する条件値がその変数内に入ります。

特定の SQLSTATE または SQLEXCEPTION 条件に対してハンドラーを宣言していた場合に、 SQL プロシージャー内のステートメントが SQLEXCEPTION 条件を生じたときは、そのハンドラーに DB2 から制御が渡されます。 SQLSTATE および SQLCODE 変数を宣言していた場合、ハンドラーの実行が正常に完了した後のその変数の値はそれぞれ '00000'と 0 になります。

特定の SQLSTATE または SQLEXCEPTION 条件に対してハンドラーを宣言していなかった場合に、 SQL プロシージャーのステートメントが SQLEXCEPTION 条件を生じたときは、 DB2 は SQL プロシージャーを終了してから呼び出し元に戻ります。

SQL プロシージャーからの結果セットの戻り

SQL プロシージャーでは、カーソルを使用して、結果セットの行を繰り返す以上のことを実行できます。カーソルを使用して、結果セットを呼び出し側プログラムに

戻すこともできます。結果セットは、SQL プロシージャー (ネストされたプロシージャー呼び出しの場合)、または CLI アプリケーション・プログラミング・インターフェース、Java、CLI、または .NET CLR 言語を使用して、C でプログラミングされたクライアント・アプリケーションにより取得できます。

前提条件

- SQL プロシージャーを作成する権限

SQL プロシージャーから結果セットを戻すには、以下が必要です。

1. CREATE PROCEDURE ステートメントで DYNAMIC RESULT SETS 節を指定します。
2. WITH RETURN 節を使用してカーソルに対して DECLARE を実行します。
3. SQL プロシージャー内のカーソルをオープンします。
4. クライアント・アプリケーションに対してカーソルをオープンしたままにして、それをクローズしないようにしてください。

以下に示すのは、単一の結果セットだけを戻す SQL プロシージャーの例です。

```
CREATE PROCEDURE  read_emp()
SPECIFIC read_emp
LANGUAGE SQL
DYNAMIC RESULT SETS 1

Re:  BEGIN

  DECLARE c_emp CURSOR WITH RETURN FOR
    SELECT salary, bonus, comm.
    FROM employee
    WHERE job != 'PRES';

  OPEN c_emp;

END Re
```

SQL プロシージャーの戻りの前に CLOSE ステートメントを使用してカーソルがクローズされた場合、カーソルの結果セットは呼び出し元またはクライアント・アプリケーションには戻されません。

複数の結果セットを、複数のカーソルを使用して SQL プロシージャーから戻すことができます。複数のカーソルを戻すには、以下を実行する必要があります。

- CREATE PROCEDURE ステートメントで DYNAMIC RESULT SETS 節を指定します。戻される可能性がある結果セットの最大可能数を指定します。実際に戻される結果セットの数は、この数を超えることはできません。
- WITH RETURN 節を指定する、戻される各結果セットに対してカーソルを宣言します。
- 戻されるカーソルをオープンします。
- クライアント・アプリケーションに対してカーソルをオープンしたままにする - これはクローズしないでください。

戻される結果セットごとに 1 つのカーソルが必要です。

結果セットは、オープンされる順序で呼び出し元に戻されます。

結果セットを戻す SQL プロシージャーを作成すると、それを呼び出して結果セットを取得することができます。

SQL ルーチンでのプロシージャーの結果セットの受け取り

SQL-bodied ルーチン (SQL を本体としてもつルーチン) 内から呼び出したプロシージャーから、結果セットを受け取ることができます。

呼び出したプロシージャーからいくつの結果セットが戻されるかを知っている必要があります。呼び出し元のルーチンが受け取る各結果セットごとに、結果セットを宣言しなければなりません。

SQL-bodied ルーチンからのプロシージャー結果セットを受け入れるには、次のようにします。

1. プロシージャーから戻される各結果セットごとに結果セット・ロケーターを宣言します。以下に例を示します。

   ```
   DECLARE result1 RESULT_SET_LOCATOR VARYING;
   DECLARE result2 RESULT_SET_LOCATOR VARYING;
   DECLARE result3 RESULT_SET_LOCATOR VARYING;
   ```

2. プロシージャーを呼び出します。以下に例を示します。

   ```
   CALL targetProcedure();
   ```

3. 結果セット・ロケーター変数 (上記で定義済み) を呼び出し元のプロシージャーに関連付けます。以下に例を示します。

   ```
   ASSOCIATE RESULT SET LOCATORS(result1, result2, result3)
      WITH PROCEDURE targetProcedure;
   ```

4. 呼び出し先のプロシージャーから渡される結果セット・カーソルをその結果セット・ロケーターに割り振ります。以下に例を示します。

   ```
   ALLOCATE rsCur CURSOR FOR RESULT SET result1;
   ```

5. 結果セットから行を取り出します。以下に例を示します。

   ```
   FETCH rsCur INTO ...
   ```

SQL プロシージャーの作成

SQL プロシージャーの作成は、DDL SQL ステートメントの実行により構成されるという点で、データベース・オブジェクトの作成と似ています。

SQL プロシージャーは、CREATE PROCEDURE ステートメントの実行により作成されます。これは、グラフィカル開発環境ツールを使用するか、または DB2 コマンド行プロセッサー (CLP)、DB2 コマンド・ウィンドウ、DB2 コマンド・エディター、あるいは他の DB2 インターフェースからステートメントを直接実行することにより実行できます。

SQL プロシージャーを作成する場合、プリコンパイラーおよびバインダーがプロシージャー・パッケージを生成する方法、および DB2 カタログ・ビュー内で SQL プロシージャー定義者を設定したり、他のパッケージ・オプションを設定するために使用する許可 ID を指定できます。

コマンド行からの SQL プロシージャーの作成

前提条件

- ユーザーには、 SQL プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントを実行するための特権が必要です。
- プロシージャーの SQL プロシージャー本体に組み込まれているすべての SQL ステートメントを実行するための特権が必要です。
- SQL プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント内で参照されているデータベース・オブジェクトは、そのステートメントの実行前に存在している必要があります。

手順

- 次のステップでスクリプトを作成するときに使用する終了文字として、コマンド行プロセッサー (DB2 CLP) のデフォルトの終了文字、つまりセミコロン (';') 以外の代替の終了文字を選択します。

  これが必要なのは、ルーチンの CREATE ステートメントの本体に組み込まれている SQL ステートメントの終了と、 CREATE PROCEDURE ステートメントそのものの終了を CLP が区別するためです。 SQL ルーチン本体の中に組み込む SQL ステートメントの終了を示すためにはセミコロンを使用し、 CREATE ステートメントそのものの終了を示すためにはその選択した終了文字を使用する必要があります。また、 CLP スクリプトの中にさらに他の SQL ステートメントを組み込む場合は、その選択した終了文字でそれらのステートメントの終了を示します。

  例えば、以下の CREATE PROCEDURE ステートメントでは、myCLPscript.db2 という名前の DB2 CLP スクリプトの終了文字として、アットマーク ('@') を使用しています。

```
CREATE PROCEDURE UPDATE_SALARY_IF
(IN employee_number CHAR(6), IN rating SMALLINT)
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE not_found CONDITION FOR SQLSTATE '02000';
  DECLARE EXIT HANDLER FOR not_found
     SIGNAL SQLSTATE '20000' SET MESSAGE_TEXT = 'Employee not found';

  IF (rating = 1)
    THEN UPDATE employee
      SET salary = salary * 1.10, bonus = 1000
      WHERE empno = employee_number;
  ELSEIF (rating = 2)
    THEN UPDATE employee
      SET salary = salary * 1.05, bonus = 500
      WHERE empno = employee_number;
  ELSE UPDATE employee
      SET salary = salary * 1.03, bonus = 0
      WHERE empno = employee_number;
  END IF;
    END@
```

- コマンド行から以下の CLP コマンドを使用して、プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントを含んだ DB2 CLP スクリプトを実行します。

```
db2 -td <terminating-character> -vf <CLP-script-name>
```

<terminating-character> は、実行する CLP スクリプト・ファイル *CLP-script-name* で使用している終了文字です。

DB2 CLP オプションの -td は、CLP 終止符のデフォルトを *terminating character* にリセットするという指定です。 *-vf* は、CLP のオプションの冗長 (*-v*) オプションを使用するという指定です。このオプションを指定した場合、スクリプト内の各 SQL ステートメントやコマンドがそれぞれの実行時に画面に表示され、実行結果に関する出力も表示されることになります。 *-f* オプションは、コマンドのターゲットがファイルであるという指定です。

最初のステップで示したスクリプトを実行するには、システム・コマンド・プロンプトから以下のコマンドを実行します。

```
db2 -td@ -vf myCLPscript.db2
```

SQL プロシージャーのプリコンパイル・オプションと BIND オプションのカスタマイズ

SQL プロシージャー用のプリコンパイルおよび BIND オプションは、インスタンス全体に適用される DB2 レジストリー変数 DB2_SQLROUTINE_PREPOPTS を、次のコマンドで設定することによってカスタマイズできます。

```
db2set DB2_SQLROUTINE_PREPOPTS=<options>
```

使用できるオプションは、次のものだけです。

```
BLOCKING {UNAMBIG | ALL | NO}
DATETIME {DEF | USA | EUR | ISO | JIS | LOC}
DEGREE {1 | degree-of-parallelism | ANY}
DYNAMICRULES {BIND | RUN | DEFINERUN | DEFINEBIND | INVOKERUN | INVOKEBIND }
EXPLAIN {NO | YES | ALL}
EXPLSNAP {NO | YES | ALL}
FEDERATED {NO | YES}
INSERT {DEF | BUF}
ISOLATION {CS |RR |UR |RS |NC}
QUERYOPT optimization-level
REOPT {ALWAYS |NONE |ONCE}
VALIDATE {RUN | BIND}
```

これらのオプションは、 SET_ROUTINE_OPTS ストアード・プロシージャーを使用して、プロシージャー・レベルで変更できます。現行セッションで SQL プロシージャーを作成するために設定されているオプションの値は、 GET_ROUTINE_OPTS 関数を使用して取得できます。

例。

この例に使用されている SQL プロシージャーは、CLP スクリプトで定義されます (以下を参照)。これらのスクリプトは sqlproc サンプル・ディレクトリーにはありませんが、 CREATE プロシージャー・ステートメントを独自のファイルにカット・アンド・ペーストすることによって、これらのファイルを簡単に作成できます。

これらの例では「expenses」という名前の表を使用します。これは、次のようにしてサンプル・データベース内に作成できます。

```
db2 connect to sample
db2 CREATE TABLE expenses(amount DOUBLE, date DATE)
db2 connect reset
```

初めに、日付用の ISO フォーマットの使用をインスタンス全体に適用される設定として指定します。

```
db2set DB2_SQLROUTINE_PREPOPTS="DATETIME ISO"
db2stop
db2start
```

変更を有効にするには、DB2 をいったん停止してから再始動する必要があります。

次に、データベースに接続します。

```
db2 connect to sample
```

最初のプロシージャーは、CLP スクリプト maxamount.db2 で次のように定義されます。

```
CREATE PROCEDURE maxamount(OUT maxamnt DOUBLE)
BEGIN
  SELECT max(amount) INTO maxamnt FROM expenses;
END @
```

オプション DATETIME ISO および ISOLATION UR を指定して作成されます。

```
db2 "CALL SET_ROUTINE_OPTS(GET_ROUTINE_OPTS() || ' ISOLATION UR')"
db2 -td@ -vf maxamount.db2
```

次のプロシージャーは、CLP スクリプト fullamount.db2 で次のように定義されます。

```
CREATE PROCEDURE fullamount(OUT fullamnt DOUBLE)
BEGIN
  SELECT sum(amount) INTO fullamnt FROM expenses;
END @
```

オプション ISOLATION CS を指定して作成されます (ここでは、インスタンス全体に適用される DATETIME ISO 設定は使用しないことに注意してください)。

```
CALL SET_ROUTINE_OPTS('ISOLATION CS')
db2 -td@ -vf fullamount.db2
```

例の最後のプロシージャーは、CLP スクリプト perday.db2 で次のように定義されます。

```
CREATE PROCEDURE perday()
BEGIN
  DECLARE cur1 CURSOR WITH RETURN FOR
    SELECT date, sum(amount)
    FROM expenses
    GROUP BY date;

    OPEN cur1;
END @
```

最後の SET_ROUTINE_OPTS 呼び出しでは、引数として NULL 値を使用しています。これによって、DB2_SQLROUTINE_PREPOPTS レジストリーに指定されているグローバル設定がリストアされるため、最後のプロシージャーはオプション DATETIME ISO を指定して作成されます。

```
CALL SET_ROUTINE_OPTS(NULL)
db2 -td@ -vf perday.db2
```

SQL プロシージャーのパフォーマンスの改善

DB2 による SQL PL とインライン SQL PL のコンパイルの概要

SQL プロシージャーのパフォーマンスを改善する方法を説明する前に、 CREATE PROCEDURE ステートメントの実行時に DB2 が SQL プロシージャーをコンパイルする方法について取り上げる必要があります。

SQL プロシージャーの作成時に、 DB2 は、プロシージャー本体の中にある SQL 照会とプロシージャー・ロジックを分離します。 SQL 照会については、パフォーマンスの最大化のために、パッケージ内のセクションに静的にコンパイルします。静的にコンパイルした照会のセクションの主な中身は、 DB2 オプティマイザーがその照会のために選択したアクセス・プランです。パッケージとは、そのようなセクションの集合です。パッケージとセクションの詳細については、「DB2 SQL 解説書」を参照してください。一方、プロシージャー・ロジックは、ダイナミック・リンク・ライブラリーにコンパイルします。

プロシージャーの実行時に、プロシージャー・ロジックから SQL ステートメントに制御が移るたびに、 DLL と DB2 エンジンとの間で「コンテキストの切り替え」が発生します。 DB2 バージョン 8.1 以降、 SQL プロシージャーは「unfenced モード」で実行されます。つまり、 DB2 エンジンと同じアドレッシング・スペースで実行されるということです。したがって、ここで言う「コンテキストの切り替え」とは、オペレーティング・システム・レベルで発生する完全な「コンテキストの切り替え」ではなく、むしろ DB2 内の層の切り替えです。頻繁に呼び出されるプロシージャー (OLTP アプリケーション内のプロシージャーなど) や、多数の行を処理するプロシージャー (データ・クレンジングを実行するプロシージャーなど) でコンテキストの切り替えの数を減らせば、パフォーマンスにかなりの影響を与えることができます。

SQL PL を含んだ SQL プロシージャーは、個々の SQL 照会をパッケージ内の各セクションに静的にコンパイルすることによってインプリメントするのに対し、インライン SQL PL 関数は、その名が示すとおり、関数の本体を、関数を使用する照会の中にインライン化することによってインプリメントします。 SQL 関数内の各照会は、あたかも関数本体が 1 つの照会であるかのように一緒にコンパイルされます。このコンパイルは、その関数を使用するステートメントのコンパイルが行われるたびに発生します。ただし、SQL プロシージャーの場合とは異なり、 SQL 関数内のプロシージャー・ステートメントは、データ・フロー・ステートメントとは別の層で実行されるわけではありません。したがって、プロシージャー・ステートメントとデータ・フロー・ステートメントの間で制御が移るたびに、コンテキストの切り替えが発生するわけではないということです。

ロジック内に副作用がなければ SQL 関数を使用する

このように、プロシージャー内の SQL PL と関数内のインライン SQL PL とではコンパイルの方法が違うので、プロシージャー・コードが SQL データを照会するだけでデータを変更しない限り、つまり、データベース内外のデータに関する副作用がない限り、プロシージャー・コードは、プロシージャー内よりも関数内にあったほうが実行速度が上がると考えられます。

ただし、このようなメリットを生かせるのは、実行する必要のあるすべてのステートメントが SQL 関数内でサポートされている場合に限られます。 SQL 関数には、データベースを変更する SQL ステートメントを組み込めません。また、関数のインライン SQL PL として使用できるのは、 SQL PL のサブセットにすぎません。例えば、 CALL ステートメントの実行、カーソルの宣言、 SQL 関数による結果セットの生成などは実行できません。

以下に示すのは、パフォーマンスを最大化する目的で SQL 関数に変換するのに適している SQL PL を含んだ SQL プロシージャーの一例です。

```
CREATE PROCEDURE GetPrice (IN Vendor CHAR&(20&),
                           IN Pid INT, OUT price DECIMAL(10,3))
LANGUAGE SQL
BEGIN
  IF Vendor eq; ssq;Vendor 1ssq;
    THEN SET price eq; (SELECT ProdPrice
                        FROM V1Table
                        WHERE Id = Pid);
  ELSE IF Vendor eq; ssq;Vendor 2ssq;
    THEN SET price eq; (SELECT Price FROM V2Table
                        WHERE Pid eq; GetPrice.Pid);
  END IF;
END
```

これを SQL 関数として記述すると、以下のようになります。

```
CREATE FUNCTION GetPrice (Vendor CHAR(20), Pid INT)
RETURNS  DECIMAL(10,3)
LANGUAGE SQL
BEGIN
  DECLARE price DECIMAL(10,3);
  IF Vendor = 'Vendor 1'
    THEN SET price = (SELECT ProdPrice
                      FROM V1Table
                      WHERE Id = Pid);
  ELSE IF Vendor = 'Vendor 2'
    THEN SET price = (SELECT Price FROM V2Table
                WHERE Pid = GetPrice.Pid);
  END IF;
  RETURN price;
END
```

関数の呼び出しは、プロシージャーの呼び出しとは異なることも覚えておく必要があります。関数を呼び出すには、 VALUES ステートメントを使用するか、SELECT ステートメントや SET ステートメントなどの中で式が有効な場所に関数を記述して呼び出します。以下はいずれも、この新しい関数を呼び出す方法として有効です。

```
VALUES (GetPrice('IBM', 324))

SELECT VName FROM Vendors WHERE GetPrice(Vname, Pid) < 10

SET price = GetPrice(Vname, Pid)
```

SQL PL プロシージャー内で 1 つのステートメントを使用すれば十分な場合に複数のステートメントを使用しない

基本的に SQL は簡潔に記述するほうが良いのですが、実際には簡潔でない SQL を記述してしまうこともよくあります。例えば、次のような SQL ステートメントがあるとしましょう。

```
INSERT INTO tab_comp VALUES (item1, price1, qty1);
INSERT INTO tab_comp VALUES (item2, price2, qty2);
INSERT INTO tab_comp VALUES (item3, price3, qty3);
```

これは、以下の 1 つのステートメントとして記述できます。

```
INSERT INTO tab_comp VALUES (item1, price1, qty1),
                            (item2, price2, qty2),
                            (item3, price3, qty3);
```

この複数行の挿入ステートメントの実行にかかる時間は、元の 3 つのステートメントの実行にかかる時間のほぼ 3 分の 1 です。これだけを取り出したコードであれば、パフォーマンスの改善はごくわずかでしょうが、ループやトリガー本体などの中でこのコード断片を繰り返し実行する場合は、かなりの改善が期待できます。

同じように、以下のような一連の SET ステートメントがあるとしましょう。

```
SET A = expr1;
SET B = expr2;
SET C = expr3;
```

これは、以下の 1 つの VALUES ステートメントとして記述できます。

```
VALUES expr1, expr2, expr3 INTO A, B, C;
```

この書き換えでは、元の一連のステートメントのセマンティクスをそのまま保持しています。ただし、元のいずれか 2 つのステートメントの間に依存関係が存在する場合は別です。この点を示す以下の例について考えてみましょう。

```
SET A = monthly_avg * 12;
SET B = (A / 2) * correction_factor;
```

この 2 つのステートメントを以下のように書き換えるとしましょう。

```
VALUES (monthly_avg * 12, (A / 2) * correction_factor) INTO A, B;
```

この場合は、元のセマンティクスがそのまま保持されていません。 INTO キーワードの前の両方の式は「並列的に」評価されるからです。つまり、*B* に代入される値は *A* に代入される値に基づくというのが、元のステートメントで意図されているセマンティクスですが、書き換え後のコードにはそれが反映されていないということです。

複数の SQL ステートメントを 1 つの SQL 式にまとめる

SQL 言語には、他のプログラム言語と同じように、 2 種類の条件構造体が用意されています。つまり、プロシージャー型の構造体 (IF ステートメント、CASE ステートメント) と関数型の構造体 (CASE 式) です。 1 つの計算処理を表すためにどちらのタイプの構造体でも使用できる状況では、ほとんどの場合、どちらを使用するかは好みの問題です。ただし、 CASE 式によって記述したロジックは、 CASE ステートメントや IF ステートメントによって記述したロジックよりもコンパクトであり、効率的でもあります。

以下の SQL PL コード断片について考えてみましょう。

```
IF (Price <= MaxPrice) THEN
  INSERT INTO tab_comp(Id, Val) VALUES(Oid, Price);
ELSE
  INSERT INTO tab_comp(Id, Val) VALUES(Oid, MaxPrice);
END IF;
```

この IF 節の条件は、 tab_comp.Val 列に挿入する値を決定するという目的のためだけに使用しています。プロシージャー層とデータ・フロー層の間のコンテキストの切り替えを避けるために、この同じロジックを CASE 式付きの 1 つの INSERT で記述すれば、以下のようになります。

```
INSERT INTO tab_comp(Id, Val)
       VALUES(Oid,
            CASE
               WHEN (Price <= MaxPrice) THEN Price
               ELSE MaxPrice
            END);
```

CASE 式は、スカラー値が有効な場所であればどんなコンテキストでも使用できるというのは注目に値します。特に便利なのは、代入の右辺で使用できるということです。以下に例を示します。

```
IF (Name IS NOT NULL) THEN
  SET ProdName = Name;
ELSEIF (NameStr IS NOT NULL) THEN
  SET ProdName = NameStr;
ELSE
  SET ProdName = DefaultName;
END IF;
```

これは、以下のように記述できます。

```
SET ProdName = (CASE
                  WHEN (Name IS NOT NULL) THEN Name
                  WHEN (NameStr IS NOT NULL) THEN NameStr
                  ELSE  DefaultName
                END);
```

実際に、この例の場合はさらに優れた解決策があります。

```
SET ProdName = COALESCE(Name, NameStr, DefaultName);
```

SQL を分析し、その書き換えを検討するために時間を取ることのメリットを過小評価しないでください。パフォーマンス上のメリットは、プロシージャーの分析と書き換えにかけた時間の何倍もの価値があるはずです。

SQL の一括設定のセマンティクスを活用する

ループ、代入、カーソルなどのプロシージャー型の構造体を使用すれば、 SQL DML ステートメントだけでは記述できない計算処理を記述できます。その一方で、プロシージャー・ステートメントが手元にあると、実際には SQL DML ステートメントだけで計算処理を記述できる場合でも、プロシージャー・ステートメントに頼ってしまう危険があります。すでに見たとおり、プロシージャーによる計算処理は、 DML ステートメントによって記述した等価の計算処理よりもパフォーマンスが桁違いに落ちることがあります。以下のコード断片について考えてみましょう。

```
DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT col1, col2 FROM tab_comp;
OPEN cur1;
FETCH cur1 INTO v1, v2;
WHILE SQLCODE <> 100 DO
  IF (v1 > 20) THEN
    INSERT INTO tab_sel VALUES (20, v2);
  ELSE
    INSERT INTO tab_sel VALUES (v1, v2);
  END IF;
  FETCH cur1 INTO v1, v2;
END WHILE;
```

まずループ本体は、『複数の SQL ステートメントを 1 つの SQL 式にまとめる』の項で取り上げた書き換えを適用することによって改善できます。

```
DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT col1, col2 FROM tab_comp;
OPEN cur1;
FETCH cur1 INTO v1, v2;
WHILE SQLCODE <> 100 DO
  INSERT INTO tab_sel VALUES (CASE
                                WHEN v1 > 20 THEN 20
                                ELSE v1
                              END, v2);
  FETCH cur1 INTO v1, v2;
END WHILE;
```

しかし、よく見ると、このコード・ブロック全体は、サブ SELECT 付きの 1 つの INSERT として記述できます。

```
INSERT INTO tab_sel (SELECT (CASE
                               WHEN col1 > 20 THEN 20
                               ELSE col1
                             END),
                             col2
                     FROM tab_comp);
```

元のコードでは、 SELECT ステートメントの各行で、プロシージャー層とデータ・フロー層の間のコンテキストの切り替えが発生します。一方、書き換えた後のコードでは、コンテキストの切り替えがまったく発生しないので、オプティマイザーは計算処理全体をグローバルに最適化できます。

ただし、以下のように各 INSERT ステートメントの対象になっている表がそれぞれ異なる場合、これほど劇的な単純化は不可能です。

```
DECLARE cur1 CURSOR FOR SELECT col1, col2 FROM tab_comp;
OPEN cur1;
FETCH cur1 INTO v1, v2;
WHILE SQLCODE <> 100 DO
  IF (v1 > 20) THEN
    INSERT INTO tab_default VALUES (20, v2);
  ELSE
    INSERT INTO tab_sel VALUES (v1, v2);
  END IF;
  FETCH cur1 INTO v1, v2;
END WHILE;
```

それでも、以下のようにすれば、SQL の一括設定の機能を活用できます。

```
INSERT INTO tab_sel (SELECT col1, col2
                     FROM tab_comp
                     WHERE col1 <= 20);
INSERT INTO tab_default (SELECT col1, col2
                         FROM tab_comp
                         WHERE col1 > 20);
```

このようにカーソル・ループを除去するには時間がかかりますが、既存のプロシージャー・ロジックのパフォーマンスを改善できることを考えれば、そのための価値は十分にあると言えます。

DB2 オプティマイザーに常に最新の情報を提供する

プロシージャーの作成時に、個々の SQL 照会は、パッケージ内の各セクションにコンパイルされます。 DB2 オプティマイザーが照会の実行プランを選択するための基礎になるのは、特に表の統計 (表のサイズや、列内のデータ値の相対度数など)

と、照会のコンパイルの時点で使用できる索引です。表にかなりの変更があった場合は、その表に関する統計を DB2 で収集するべきです。また、統計を更新した場合や、新しい索引を作成した場合は、その表を使用する SQL プロシージャーに関連するパッケージを再バインドして、最新の統計と索引に基づくプランを DB2 で作成するようにしてください。

表の統計を更新するには、RUNSTATS コマンドを使用します。 SQL プロシージャーに関連するパッケージを再バインドするには、 DB2 バージョン 8.1 に用意されている REBIND_ROUTINE_PACKAGE 組み込みプロシージャーを使用します。例えば、プロシージャー MYSCHEMA.MYPROC のパッケージを再バインドするには、以下のコマンドを使用できます。

```
CALL SYSPROC.REBIND_ROUTINE_PACKAGE('P', 'MYSCHEMA.MYPROC', 'ANY')
```

「P」は、このパッケージがプロシージャーに対応していることを示し、 'ANY' は、関数とタイプの解決時に SQL パス内のすべての関数とタイプを対象にすることを示します。詳細については、「コマンド解説書」の『REBIND コマンド』の項目を参照してください。

配列の使用

配列を使用して、アプリケーションとストアード・プロシージャーの間でデータの集合を効果的に受け渡しし、リレーショナル表を使用せずに SQL プロシージャー内でデータの一時的な集合を格納し取り扱うことができます。SQL プロシージャー内で使用可能な配列の演算子を使って、データの保管と取り出しを効率的に行うことができます。アプリケーションが適度なサイズの配列を作成するなら、巨大な配列 (数メガバイト規模) を作成するよりも、はるかに良いパフォーマンスを得ることができます。これは配列全体がメイン・メモリーに格納されるためです。詳しい追加情報は、「*関連リンク*」セクションをご覧ください。

第 5 章 外部ルーチンの概要

外部ルーチンの主要な特徴は、ルーチン・ロジックが SQL の中ではなくプログラミング言語コードの中にインプリメントされるということです。

外部ルーチンのインプリメントを決定する前に、外部ルーチンの種類、またそれがどのようにインプリメントされ、どのように使用できるかを理解しておくことが大切です。以下の概念トピックは、データベース環境内でルーチンを使うタイミングとその使い方に関して十分な情報を得た上での決定が行えるように、外部ルーチンに関する知識を得る上で役に立ちます。

- 『外部ルーチンのフィーチャー』
- 128 ページの『外部ルーチンの作成』
- 130 ページの『外部ルーチンのライブラリーおよびクラスの管理』
- 26 ページの『外部ルーチンの開発でサポートされている API およびプログラミング言語』
- 140 ページの『外部ルーチンの 32 ビットと 64 ビットのサポート』
- 142 ページの『外部ルーチンのパラメーター・スタイル』
- 144 ページの『外部ルーチンに関する制約事項』

外部ルーチンの概念に関する理解があれば、以下を参照することもできます。

- 162 ページの『外部ルーチンの作成』

外部ルーチン

外部ルーチンは、データベース外部の、データベース・サーバーのファイル・システムに存在するプログラミング言語アプリケーションにロジックをインプリメントしたルーチンです。ルーチンと外部コード・アプリケーションとの関連付けは、ルーチンの CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で宣言します。

作成できるのは、外部プロシージャー、外部関数、および外部メソッドです。これらすべては外部プログラミング言語でインプリメントされていますが、それぞれのルーチンの機能タイプには異なるフィーチャーがあります。外部ルーチンのインプリメントを決定する前に、『外部ルーチンの概説』のトピックを読むことによって、外部ルーチンの種類、またそれがどのようにインプリメントされ、どのように使用できるかを理解しておくことが大切です。その知識を基にして、データベース環境内で外部ルーチンを使うタイミングとその使い方に関して十分な情報を得た上での決定が行えるように、関連リンクの宛先のトピックから外部ルーチンの詳細を学習することができます。

外部ルーチンのフィーチャー

外部ルーチンは、一般的なルーチン・フィーチャーの大多数のサポート、および SQL ルーチンでサポートされない追加フィーチャーのサポートを提供します。以下のフィーチャーは、外部ルーチンには固有のものです。

データベースの外部に常駐するファイル、データ、およびアプリケーションへのアクセス 外部ルーチンは、データベース自体の外部に常駐するデータまたはファイルにアクセスしてそれらを操作することができます。データベースの外部に常駐するアプリケーションを呼び出すこともできます。例えば、データ、ファイル、またはアプリケーションがデータベース・サーバーのファイル・システム内や使用できるネットワーク内に存在することがあります。

さまざまな外部ルーチンのパラメーター・スタイル・オプション
プログラミング言語での外部ルーチンのインプリメンテーションは、パラメーター・スタイルの選択を使用することによって行うことができます。選択したプログラミング言語の、希望するパラメーター・スタイルが存在する場合でも、時折、選択が存在します。一部のパラメーター・スタイルは、ルーチン・ロジック内で役立つ可能性のある、*dbinfo* 構造という構造内のルーチンとの間の追加データベースおよびルーチンのプロパティー情報の引き渡しをサポートします。

スクラッチパッドを使用した次回の外部関数の呼び出しまでの状態の保存
外部ユーザー定義関数は、値のセットに対する次回の関数呼び出しまでの状態の保存のサポートを提供します。これは、*スクラッチパッド*と呼ばれる構造を使用して行われます。これは、集約値を戻す関数と、バッファーの初期化といったロジックの初期セットアップを必要とする関数の両方において便利です。

呼び出しタイプは個別の外部関数の呼び出しを識別する
外部ユーザー定義関数は、値のセットに対して複数回呼び出されます。それぞれの呼び出しは、関数ロジック内で参照可能な呼び出しタイプの値で識別されます。例えば、ある関数の最初の呼び出し、データのフェッチ呼び出し、および最終呼び出しに関して特別な呼び出しタイプが存在します。呼び出しタイプは、特定のロジックを特定の呼び出しタイプに関連付けることができるため便利です。

外部ルーチンの作成

外部ルーチンは、他のインプリメンテーションを使用したルーチンと類似した方法で作成されます。しかし、ルーチンのインプリメンテーションでは、ソース・コードのコード化、コンパイル、およびデプロイが必要になるため、さらにいくつかの追加ステップが必要です。

外部ルーチンには次の 2 つの部分があります。

- ルーチンを定義する CREATE ステートメント。
- ルーチン本体をインプリメントする外部ライブラリーまたはクラス

ルーチンを定義する CREATE ステートメントの実行が成功すると、データベース内にルーチンが作成されます。このステートメントは最低でもそのルーチンの名前、ルーチンのインプリメンテーションで使用されるルーチン・パラメーターのシグニチャー、およびルーチンのインプリメンテーションのソース・コードからビルドされる外部ライブラリーまたはクラスの場所を定義しなければなりません。

外部ルーチンのインプリメンテーションは、サポートされるプログラミング言語のいずれかにコード化した後、データベース・サーバーのファイル・システムにインストールされているライブラリーまたはクラス・ファイルにビルドする必要があります。

外部ルーチンを正常に呼び出すには、データベース内にまず外部ルーチンを作成し、そのルーチンに関連したライブラリーまたはクラスを EXTERNAL 節で指定した位置に配置する必要があります。

外部ルーチンの開発は通常、以下のタスクで構成されます。

- どのような機能タイプのルーチンをインプリメントするかを決定する。
- ルーチンのインプリメンテーションに対してサポートされる外部ルーチンのプログラミング言語の 1 つを選択する。
- ルーチンを設計する。
- データベースに接続し、データベース内にルーチンを作成する。
  - これは CREATE PROCEDURE、CREATE FUNCTION、または CREATE METHOD ステートメントの 1 つを実行するか、またはこのステップを自動化するグラフィカル・ツールを使用することによって行われます。
  - このタスク (ルーチンの定義または登録ともいう) は、基本的にルーチンの呼び出し前であればどの時点でも実行できますが、以下の例外的な状況があります。
    - 1 つ以上の外部 JAR ファイルを参照する Java ルーチンの場合は、外部のコードと JAR ファイルを記述し、コンパイルしてから、ルーチン・タイプ固有の CREATE ステートメントによって、データベース内にルーチンを作成する必要があります。
    - SQL ステートメントを実行し、自身を直接参照するルーチンの場合は、そのルーチンに関連付けられている外部コードをプリコンパイルし、バインドする前に、 CREATE ステートメントによってデータベース内にルーチンを作成する必要があります。これは、例えばルーチン A がルーチン B を参照し、さらにルーチン B がルーチン A を参照する循環参照の場合にも当てはまります。
- ルーチン定義と一致するようにルーチン・ロジックをコード化する。
- ルーチンをビルドし、ライブラリーまたはクラス・ファイルを生成する。
  - 組み込み SQL ルーチンの場合、これにはコードのプリコンパイル、コンパイル、リンク、およびターゲット・データベースへのルーチン・パッケージのバインドが含まれます。
  - 組み込み SQL ルーチン以外の場合、これにはコードのコンパイルとリンクが含まれます。
- ライブラリーまたはクラス・ファイルをルーチン定義で指定された場所にあるデータベース・サーバーにデプロイする。
- ルーチンの呼び出し側に、ルーチンの EXECUTE 特権を与える (ルーチンの呼び出し側がルーチンの定義者でない場合)。
- ルーチンの呼び出し、テスト、およびデバッグを行う。

外部ルーチンの作成に必要なステップはすべて、DB2 コマンド行プロセッサーまたは DB2 コマンド・ウィンドウを使用して実行できます。ツールは、これらのステップの一部またはすべてを自動化するのに役立ちます。

外部ルーチンのライブラリーおよびクラスの管理

外部ルーチンを首尾よく開発し、呼び出すには、外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルを適切にデプロイし、管理する必要があります。

外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルの管理は、外部ルーチンを初めて作成し、ライブラリーおよびクラス・ファイルをデプロイするときに注意を払うことにより、最小限に抑えることができます。

外部ルーチンの管理に関する主な考慮事項は次のとおりです。

- 外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルのデプロイメント
- 外部ルーチン・ライブラリーおよびクラス・ファイルのセキュリティー
- 外部ルーチンのライブラリーおよびクラスの解決
- 外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルに対する変更
- 外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルのバックアップおよびリストア

システム管理者、データベース管理者、およびデータベース・アプリケーション開発者のすべてが、ルーチンの開発中およびデータベース管理タスク実行時の外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルの機密保護を確保し、それらが正しく保存されることに責任を持つ必要があります。

外部ルーチン・ライブラリーおよびクラスのデプロイメント

外部ルーチン・ライブラリーおよびクラスのデプロイメントは、外部ルーチン・ライブラリーおよびクラスをソース・コードからビルドされた後に、それらをデータベース・サーバーにコピーすることを指します。

外部ルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルは、データベース・サーバーの DB2 *function ディレクトリー*またはこのディレクトリーのサブディレクトリーにコピーする必要があります。これは、外部ルーチンのデプロイメントの推奨される位置です。 function ディレクトリーの詳細については、SQL ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) のいずれかの EXTERNAL 節の説明を参照してください。

ルーチンのインプリメントに使用する API およびプログラミング言語に応じて、外部ルーチンのクラス、ライブラリー、またはアセンブリーをサーバー上の他のディレクトリーの位置にコピーすることができます。ただし、これは通常お勧めできません。これを実行した場合、ルーチンを正常に呼び出すために、完全修飾パス名に特に注意して、この値が EXTERNAL NAME 節で使用されていることを確認する必要があります。

ライブラリーおよびクラス・ファイルは、ごく普通に入手できるファイル転送ツールを使ってデータベース・サーバーのファイル・システムにコピーすることができます。特別なシステム定義のプロシージャーを使って (特にこの目的のために設計

された)、 Java ルーチンを DB2 クライアントがインストールされているコンピューターから DB2 データベース・サーバーにコピーすることができます。詳しくは、Java ルーチンに関するトピックを参照してください。

該当するルーチン・タイプの SQL 言語 CREATE ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) を実行する場合、EXTERNAL NAME 節に特に注意して、該当する節を指定します。

- 選択した API またはプログラミング言語の該当する値を使用して、LANGUAGE 節を指定します。例として、CLR、C、JAVA が含まれます。
- PARAMETER STYLE 節に、ルーチン・コードでインプリメントした有効なパラメーター・スタイルの名前を指定します。
- EXTERNAL 節に、ルーチンと関連したライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの名前を指定します。そのためには、以下のいずれかの値を使用します。
  - ルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの完全修飾パス名。
  - function ディレクトリーを基準にしたルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの相対パス名。

EXTERNAL 節にライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの完全修飾パス名または相対パス名を指定しない場合、 DB2 はデフォルトで、 function ディレクトリー内でそれらの名前を探します。

外部ルーチン・ライブラリーまたはクラス・ファイルのセキュリティー

外部ルーチン・ライブラリーは、データベース・サーバーのファイル・システムに保管され、DB2 データベース・マネージャーではどんな方法でもバックアップまたは保護されることはありません。ルーチンが正常に呼び出され続けるようにするには、ルーチンに関連したライブラリーが、ルーチンの作成に使用される CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定された位置に存在し続ける必要があります。ルーチンの作成後に、ルーチン・ライブラリーを移動したり削除しないでください。これを行うと、ルーチンの呼び出しは失敗します。

ルーチン・ライブラリーが意図せずにまたは故意に削除されたり置き換えられたりしないようにするには、データベース・サーバー上のルーチン・ライブラリーを含むディレクトリーへのアクセス、およびルーチン・ライブラリー・ファイルへのアクセスを制限する必要があります。これは、オペレーティング・システムのコマンドを使用して、ディレクトリーおよびファイル許可を設定することによって行うことができます。

外部ルーチンのライブラリーおよびクラスの解決

DB2 外部ルーチン・ライブラリーの解決は、DB2 インスタンス・レベルで実行されます。これは、複数の DB2 データベースが含まれる DB2 インスタンスでは、外部ルーチンを、あるデータベースのルーチン用にすでに使用されている外部ルーチン・ライブラリーを使用する、別のデータベースに作成できることを意味します。

インスタンス・レベルの外部ルーチンの解決では、複数のルーチン定義が単一のライブラリーに関連付けられるようにして、コードの再利用をサポートします。外部ルーチン・ライブラリーをこの方法で再利用せず、代わりに外部ルーチン・ライブラリーのコピーがデータベース・サーバーのファイル・システムに存在する場合、ライブラリー名の競合が発生する可能性があります。このことが特に起きるのは、単一のインスタンス内に複数のデータベースが存在し、各データベース内のルーチンがルーチン本体の独自のライブラリーおよびクラスのそれ自体のコピーに関連付けられている場合です。あるデータベースのルーチンが使用するライブラリーまたはクラスの名前が、 (同じインスタンス内の) 別のデータベースのルーチンが使用するライブラリーまたはクラスの名前と同一の場合には、競合が生じます。

これが起きる可能性を最小限に抑えるには、ルーチン・ライブラリーの単一コピーをインスタンス・レベルの function ディレクトリー (sqllib/function ディレクトリー) に保管し、各データベースのすべてのルーチン定義の EXTERNAL 節が固有のライブラリーを参照するようにすることをお勧めします。

機能的に異なる 2 つのルーチン・ライブラリーを同じ名前で作成する必要がある場合は、ライブラリー名が競合する可能性を最小限に抑えるために追加のステップを行うことが重要です。

C、C++、COBOL、および ADO.NET ルーチンの場合:

以下のようにして、ライブラリー名の競合を最小限に抑えるかあるいは解決することができます。

1. ライブラリーを、各データベースの別個のディレクトリーにルーチン本体と共に保管する。
2. 指定したライブラリーの (相対パスの代わりに) 絶対パスを指定する EXTERNAL NAME 節の値を使用してルーチンを作成する。

Java ルーチンの場合:

CLASSPATH 環境変数の有効範囲はインスタンス全体なので、疑わしいクラス・ファイルを別のディレクトリーに移動してもクラス名の競合は解決できません。 CLASSPATH で最初に出現するクラスが、使用されるクラスです。このため、同じ名前のクラスを参照する 2 つの異なる Java ルーチンがある場合には、このルーチンのいずれかが間違ったクラスを使用します。可能な 2 つの解決策があります。関係するクラスを名前変更するか、各データベースの別個のインスタンスを作成します。

外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルに対する変更

既存の外部ルーチンのロジックに対する変更は、外部ルーチンをデプロイしており、それが実動データベース・システム環境で使用中になってから必要になる場合があります。既存のルーチンに対する変更を行うことは可能ですが、更新のための明確なテークオーバーのポイント・イン・タイムを定義し、ルーチンの並行呼び出しが中断するリスクを最小限に抑えるように、注意深く行うことが重要です。

外部ルーチン・ライブラリーを更新する必要が生じたら、データベース・マネージャーの稼働中に現行ルーチンが使用しているのと同じターゲット・ファイル (例えば、sqllib/function/foo.a) にルーチンを再コンパイルおよび再リンクしないでください。ルーチンの現在の呼び出しがルーチン・プロセスのキャッシュ・バージョンにアクセスする場合、基本ライブラリーが置き換えられていると、ルーチンの呼び出

しは失敗することがあります。 DB2 の停止と再始動の過程を経ないでルーチンの本体を変更する必要が生じた場合、以下のステップを行ってください。

1. 別のライブラリーまたはクラス・ファイル名を使用して、新規の外部ルーチン・ライブラリーを作成します。
2. それが組み込み SQL ルーチンである場合、BIND コマンドを使用してルーチン・パッケージをデータベースにバインドします。
3. ALTER ROUTINE ステートメントを使用してルーチン定義を変更し、EXTERNAL NAME 節が更新されたルーチン・ライブラリーまたはクラスを参照できるようにします。更新されるルーチン本体が、複数のデータベースにカタログされたルーチンによって使用される場合には、このセクションで指示されたアクションを、関係する各データベースについて実行しなければなりません。
4. JAR ファイルに組み入れられた Java ルーチンの更新の場合、 CALL SQLJ.REFRESH_CLASSES() ステートメントを発行して、 DB2 で強制的に新規クラスをロードする必要があります。 Java ルーチン・クラスを更新した後に CALL SQLJ.REFRESH_CLASSES() ステートメントを発行しないと、 DB2 は以前のバージョンのクラスを使用し続けます。 DB2 は、COMMIT または ROLLBACK が生じると、クラスをリフレッシュします。

ルーチン定義が更新されたら、ルーチンの後続の呼び出しはすべて、新規の外部ルーチン・ライブラリーまたはクラスをロードして実行します。

外部ルーチンのライブラリーおよびクラス・ファイルのバックアップおよびリストア

外部ルーチン・ライブラリーは、データベースのバックアップが実行されるときに、他のデータベース・オブジェクトとともにバックアップされません。同様に、データベースがリストアされる際に、外部ルーチン・ライブラリーはリストアされません。

データベースのバックアップおよびリストアの目的がデータベースの再デプロイである場合、外部ルーチンのライブラリー・ファイルを、外部ルーチン・ライブラリーの相対パス名を保存するのと同じ方法で、元のデータベース・サーバーのファイル・システムからターゲット・データベース・サーバーのファイル・システムにコピーする必要があります。

外部ルーチン・ライブラリー管理およびパフォーマンス

外部ルーチン・ライブラリー管理は、DB2 データベース・マネージャーが、ルーチンの使用法に従ってパフォーマンスを向上させる目的で外部ルーチン・ライブラリーを動的にキャッシュするため、ルーチンのパフォーマンスに影響を与えることがあります。外部ルーチンのパフォーマンスを最適なものにするには、以下の点を考慮してください。

- 各ライブラリー内のルーチン数を可能な限り少数に保ってください。少数の大きな外部ルーチン・ライブラリーよりも多数の小さい外部ルーチン・ライブラリーを用意したほうがよいと思われます。
-

  一般的に一緒に呼び出されるルーチンのルーチン関数を、ソース・コード内で 1 つのグループにまとめます。コードを 1 つの外部ルーチン・ライブラリーにコン

パイルすると、一般的に呼び出されるルーチンのエントリー・ポイントは互いに近くなるため、データベース・マネージャーはより優れたキャッシング・サポートを提供できるようになります。キャッシング・サポートが向上するのは、単一の外部ルーチン・ライブラリーを一度ロードして、複数の外部ルーチン関数をそのライブラリー内で呼び出すことによって効率が上がるためです。

C または C++ プログラミング言語でインプリメントされた外部ルーチンの場合、ライブラリーをロードする手間は、 C ルーチンによって首尾一貫して使用されているライブラリーの場合は 1 回しかかかりません。ルーチンを最初に呼び出した後に、そのプロセスの同じスレッドから後続のすべての呼び出しを実行するときには、ルーチンのライブラリーを再ロードする必要がありません。

外部ルーチンの開発でサポートされている API およびプログラミング言語

以下の API および関連したプログラミング言語を使用して、DB2 外部ルーチン (プロシージャーおよび関数) を開発することができます。

- ADO.NET
  - .NET 共通言語ランタイム・プログラミング言語
- CLI
- 組み込み SQL
  - C
  - C++
  - COBOL (プロシージャーでのみサポート)
- JDBC
  - Java
- OLE
  - Visual Basic
  - Visual C++
  - この API をサポートするその他のプログラミング言語。
- OLE DB (表関数でのみサポートされる)
  - この API をサポートするプログラミング言語。
- SQLJ
  - Java

外部ルーチンの開発でサポートされている API とプログラミング言語の比較

外部ルーチンのインプリメントを開始する前に、サポートされているさまざまな外部ルーチンのアプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) およびプログラミング言語の特性および制限について考慮することは重要です。これによって最初から正しいインプリメンテーションを選ぶことができ、必要なルーチンのフィーチャーを使用することができます。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
SQL (SQL PL を含む)	• SQL は、容易に学習および使用できるハイレベル言語であり、インプリメンテーションを素早く実行できるようにします。 • SQL プロシージャー型言語 (SQL PL) エレメントは、SQL 操作および照会において制御フロー・ロジックを許可します。 • 強力なデータ・タイプ・サポート。	• 非常に良い。 • SQL ルーチンは、Java ルーチンよりも高いパフォーマンスを実現します。 • SQL ルーチンのパフォーマンスは、NOT FENCED 節で作成される C および C++ 外部ルーチンと同程度です。	• 非常に安全。 • SQL プロシージャーは、常にデータベース・マネージャーと同じメモリーで稼働します。これは、キーワード NOT FENCED を付けてデフォルトで作成されるルーチンに対応しています。	• 高いスケーラビリティー。	• データベース・サーバーのファイル・システムにアクセスできません。 • データベースの外部に常駐するアプリケーションを呼び出すことはできません。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
組み込み SQL (C および C++ を含む)	• 低いレベルではあるが、強力なプログラミング言語。	• 非常に良い。 • C および C++ ルーチンは、Java ルーチンよりも高いパフォーマンスを実現します。 • NOT FENCED 節で作成される C および C++ 外部ルーチンのパフォーマンスは、SQL ルーチンと同程度です。	• C および C++ ルーチンではプログラミング・エラーが生じやすくなります。 • プログラマーは、ルーチンのインプリメンテーションを単調にして時間を浪費させる共通メモリーおよびポインター操作のエラーを避けるため、C に熟達している必要があります。 • C および C++ ルーチンは、データベース・マネージャーの混乱によって実行時にルーチン内で例外が発生するのを避けるため、FENCED 節および NOT THREADSAFE 節を使用して作成しなければなりません。これらはデフォルトの節です。これらの節を使用することで、パフォーマンスにいくらか悪い影響が出る場合がありますが、安全な実行が保証されます。 ルーチンのセキュリティーを参照してください。	• C および C++ ルーチンが FENCED 節および NOT THREADSAFE 節で作成されている場合、スケーラビリティーは削減されます。これらのルーチンは、データベース・マネージャー・プロセスとは別に、分離した *db2fmp* プロセス内で実行されます。*db2fmp* プロセスは、並行して実行されるルーチンごとに必要になります。	• サポートされるパラメーター引き渡しスタイルは複数存在するので、混乱してしまう可能性があります。ユーザーは、可能な限りパラメーター・スタイル SQL を使用する必要があります。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
組み込み SQL (COBOL)	• ビジネス (通常はファイルを取り扱う) アプリケーションの開発に適した高水準プログラミング言語。 • これまでは実動ビジネス・アプリケーション用に広く使用されてきました。しかし、その普及度は減少しています。 • COBOL は、ポインター、および、再帰的な呼び出しをサポートしていないプログラミング言語です。	• COBOL ルーチンは、他の外部ルーチンのインプリメンテーション・オプションを指定して作成されたルーチンと比較してパフォーマンスが劣ります。	• 現時点で情報はありません。	• 現時点で情報はありません。	• 32 ビットの COBOL プロシージャーを 64 ビットの DB2 インスタンス内に作成して呼び出すことができますが、これらのルーチンは 64 ビットの DB2 インスタンス内にある 64 ビットの COBOL プロシージャーと比較してパフォーマンスが劣ります。
JDBC (Java) および SQLJ (Java)	• スタンドアロン・アプリケーション、アプレット、およびサーブレットの開発に適した、高水準のオブジェクト指向プログラミング言語。 • Java オブジェクトおよびデータ・タイプは、データベース接続の確立、SQL ステートメントの実行、およびデータの操作を容易にします。	• Java ルーチンは、C および C++ ルーチンまたは SQL ルーチンと比較してパフォーマンスが劣ります。	• Java ルーチンでは、危険操作の制御は Java 仮想マシン (JVM) によって担われるので、Java ルーチンのほうが C および C++ ルーチンよりも安全です。これにより、信頼性は向上し、1 つの Java ルーチンのコードが、同じプロセス内で実行中の別のルーチンに悪影響を与えることはほとんどありません。	• 優れたスケーラビリティー • FENCED THREADSAFE 節で作成された Java ルーチン (デフォルト) は、スケーラビリティーに優れています。fenced の Java ルーチンはすべて、いくつかの JVM を共用します。特定の db2fmp プロセスの Java ヒープが使い果たされると、システムでは複数の JVM が起用されるからです。	• 危険性を含んだ操作を避けるために、 Java ルーチンから Java Native Interface (JNI) 呼び出しを行うことはできないことになっています。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
.NET 共通言語ランタイムのサポートされる言語 (C#、Visual Basic、およびその他を含む)	• 管理対象コードの Microsoft .NET モデルの一部です。 • ソース・コードは Microsoft .NET Framework 共通言語ランタイムで解釈できる中間言語 (IL) バイト・コードにコンパイルされます。 • CLR アセンブリーは、別の .NET プログラム言語のソース・コードからコンパイルしたサブアセンブリーからでもビルドできます。つまり、ユーザーとしては、さまざまな言語で作成したコード・モジュールの再利用と統合が可能になります。	• CLR ルーチンは、実行時にデータベース・マネージャーの割り込みの可能性を最小限に抑えるために、FENCED NOT THREADSAFE 節でのみ作成できます。これにより、パフォーマンスにいくらか悪影響が出る可能性があります。	• CLR ルーチンは、FENCED NOT THREADSAFE 節でのみ作成できます。このルーチンはデータベース・マネージャーの外の、別個の db2fmp プロセスで実行されるので、安全性が確保されます。	• 入手可能な情報はありません。	• 『Restrictions on .NET CLR routines』のトピックを参照してください。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
• OLE	• OLE ルーチンは、Visual C++、Visual Basic、および OLE でサポートされているその他の言語でインプリメントすることができます。	• OLE 自動化ルーチンの速度は、インプリメントに使用する言語によって異なります。一般的にこのルーチンは、OLE C/C++ 以外のルーチンよりも遅いです。 • OLE ルーチンは、FENCED NOT THREADSAFE モードでのみ実行できるため、OLE 自動化ルーチンはスケーラビリティーにはあまり優れていません。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。

表 10. 外部ルーチン API とプログラミング言語の比較 (続き)

API とプログラミング言語	フィーチャー・サポート	パフォーマンス	セキュリティー	スケーラビリティー	制限
• OLE DB	• OLE DB は、ユーザー定義の表関数の作成に使用できます。 • OLE DB 関数は、外部の OLE DB データ・ソースに接続します。	• OLE DB 関数のパフォーマンスは、OLE DB Provider によって異なります。ただし、一般に OLE DB 関数は、論理的に同等な Java 関数よりパフォーマンスが優れていますが、論理的に同等な C、C++、または SQL 関数より速度が遅くなります。ただし関数が呼び出される場所である照会内の特定の述部を OLE DB Provider で評価することができるので、DB2 が処理しなければならない行数は減ります。多くの場合、それによってパフォーマンスが向上することになります。	• 入手可能な情報はありません。	• 入手可能な情報はありません。	• OLE DB は、ユーザー定義の表関数の作成にのみ使用できます。

外部ルーチンの 32 ビットと 64 ビットのサポート

32 ビットと 64 ビットの外部ルーチンのサポートは、ルーチンの CREATE ステートメントの FENCED 節または NOT FENCED 節という 2 つ節のいずれかの指定によって決定されます。

外部ルーチンのルーチン本体はプログラミング言語で作成され、ルーチンの呼び出し時にロードされて実行されるライブラリーまたはクラス・ファイルにコンパイルされます。 FENCED または NOT FENCED 節の指定は、データベース・マネージャーとは異なる fenced 環境で外部ルーチンを実行するか、データベース・マネージャーと同じアドレッシング・スペースで実行するかを決定します。後者は、通信に

TCPIP の代わりに共有メモリーが使用されるため、より高いパフォーマンスを提供することができます。デフォルトで、ルーチンは、選択される他の節に関係なく常に fenced として作成されます。

以下の表は、同じオペレーティング・システムで実行されている 32 ビットおよび 64 ビットのデータベース・サーバーで fenced および unfenced の 32 ビットおよび 64 ビット・ルーチンを実行するための DB2 のサポートを説明しています。

表 11. 32 ビットおよび 64 ビットの外部ルーチンのサポート

ルーチンのビット幅	32 ビット・サーバー	64 ビット・サーバー
32 ビットの fenced プロシージャーまたは UDF	サポートされる	サポートされる
64 ビットの fenced プロシージャーまたは UDF	サポートされない (4)	サポートされる
32 ビットの unfenced プロシージャーまたは UDF	サポートされる	サポートされる (2)
64 ビットの unfenced プロシージャーまたは UDF	サポートされない (4)	サポートされる

上記の表の脚注は、以下に対応します。

- (1) 64 ビット・サーバー上での 32 ビット・ルーチンの実行には 64 ビット・サーバー上での 64 ビット・ルーチンの実行ほどの実行速度はありません。
- (2) 32 ビット・ルーチンを 64 ビット・サーバー上で機能させるには、これを FENCED および NOT THREADSAFE として作成する必要があります。
- (3) Linux IA 64 ビット・データベース・サーバー上で 32 ビット・ルーチンを呼び出すことはできません。
- (4) 64 ビット・アプリケーションおよびルーチンを 32 ビット・アドレッシング・スペースで実行することはできません。

表の中の注目すべき重要な点は、32 ビットの unfenced プロシージャーを 64 ビットの DB2 サーバーで実行することができないという点です。 32 ビットの unfenced ルーチンを 64 ビット・プラットフォームにデプロイしなければならない場合は、カタログする前に、そのルーチンの CREATE ステートメントから NOT FENCED 節を除去してください。

64 ビット・データベース・サーバー上での 32 ビット・ライブラリーを持つルーチンのパフォーマンス

64 ビット DB2 データベース・サーバー上で 32 ビット・ルーチン・ライブラリーを持つルーチンを呼び出すことは可能です。しかしこの場合、64 ビット・サーバー上で 64 ビット・ルーチンを呼び出すほどのパフォーマンスは発揮しません。パフォーマンスが低下するのは、64 ビット・サーバー上で 32 ビット・ルーチンを実行しようとするたびにまずそれを 64 ビット・ライブラリーとして呼び出そうとするからです。これが失敗してから、そのライブラリーは 32 ビット・ライブラリーとして呼び出されます。 32 ビット・ライブラリーを 64 ビット・ライブラリーとして呼び出す試行が失敗すると、db2diag.log にエラー・メッセージ (SQLCODE -444) が生成されます。

Java クラスのビット幅はそれぞれ異なります。 Java 仮想マシン (JVM) だけが 32 ビットまたは 64 ビットとして分類されます。 DB2 では JVM を使用するインスタンスと同じビット幅の JVM の使用のみがサポートされます。言い換えると、32 ビット DB2 インスタンスでは 32 ビット JVM だけを使用でき、64 ビット DB2 インスタンスでは 64 ビット JVM だけを使用できるということです。これにより、Java ルーチンは正しく機能し、可能な限り最高のパフォーマンスを発揮できます。

外部ルーチンのパラメーター・スタイル

外部ルーチンのインプリメンテーションは、ルーチンのパラメーター値の交換のための特定の規則に準拠していなければなりません。そのような規則をパラメーター・スタイル と呼びます。外部ルーチンのパラメーター・スタイルは、PARAMETER STYLE 節を指定してルーチンが作成されると指定されます。パラメーター・スタイルは、パラメーター値が外部ルーチンのインプリメンテーションに渡される仕様および順序を示します。さらに、パラメーター・スタイルは、追加の値が外部ルーチンのインプリメンテーションに渡されたときに取られる動作も指定します。例えば、パラメーター・スタイルの中には、各ルーチンのパラメーター値ごとに、追加された個々の NULL 標識値がルーチンのインプリメンテーションに渡されることを指定するものもあります。これにより、パラメーターの NULL 可能性に関する情報が提供されます (これがないと、ネイティブのプログラミング言語のデータ・タイプで判別することは容易ではありません)。

以下の表では、使用可能なパラメーター・スタイル、各パラメーター・スタイルをサポートするルーチンのインプリメンテーション、各パラメーター・スタイルをサポートするルーチンの機能タイプ、およびパラメーター・スタイルの説明のリストを記載しています。

表 12. パラメーター・スタイル

パラメーター・スタイル	サポートされる言語	サポートされるルーチン・タイプ	説明
SQL [1]	• C/C++ • OLE • .NET 共通言語ランタイム言語 • COBOL [2]	• UDF • ストアード・プロシージャー • メソッド	呼び出し時に渡されるパラメーターに加えて、以下の引数が以下に示されている順序でルーチンに渡されます。 • CREATE ステートメント内で宣言された各パラメーターまたは結果ごとの NULL 標識。 • DB2 に戻される SQLSTATE。 • ルーチンの修飾名。 • 個々のルーチン名。 • DB2 に戻される SQL 診断ストリング。 CREATE ステートメントとルーチン・タイプに指定されているオプションに応じて、以下の引数を以下に示されている順序でルーチンに渡すことができます。 • スクラッチパッドのバッファー。 • ルーチンの呼び出しタイプ。 • dbinfo 構造 (データベースに関する情報が入っています)。

表 12. パラメーター・スタイル (続き)

パラメーター・スタイル	サポートされる言語	サポートされるルーチン・タイプ	説明
DB2SQL [1]	• C/C++ • OLE • .NET 共通言語ランタイム言語 • COBOL	• ストアード・プロシージャー	呼び出し時に渡されるパラメーターに加えて、以下の引数が以下に示されている順序でストアード・プロシージャーに渡されます。 • CALL ステートメント上の各パラメーターごとの NULL 標識の入ったベクトル。 • DB2 に戻される SQLSTATE。 • ストアード・プロシージャーの修飾名。 • 個々のストアード・プロシージャー名。 • DB2 に戻される SQL 診断ストリング。 CREATE PROCEDURE ステートメント内で DBINFO 節を指定すると、 dbinfo 構造 (データベースに関する情報が入っています) がストアード・プロシージャーに渡されます。
JAVA	• Java	• UDF • ストアード・プロシージャー	PARAMETER STYLE JAVA ルーチンは、 Java 言語と SQLJ ルーチンの仕様に準拠したパラメーター引き渡し規則に従います。 ストアード・プロシージャーの場合には INOUT および OUT パラメーターは、値を戻しやすくするために単一の項目配列として渡されます。ストアード・プロシージャー用の Java メソッド・シグニチャーには、 IN、OUT、および INOUT パラメーターのほかに、CREATE PROCEDURE ステートメントの DYNAMIC RESULT SETS 節に指定されている各結果セットごとにタイプ ResultSet[] のパラメーターが組み込まれています。 PARAMETER STYLE JAVA の UDF とメソッドの場合、ルーチンの呼び出しに指定されたもの以外の追加引数は渡されません。 PARAMETER STYLE JAVA ルーチンは、DBINFO または PROGRAM TYPE 節をサポートしていません。 UDF の場合、PARAMETER STYLE JAVA を指定できるのは、パラメーターとして構造化データ・タイプを指定しておらず、かつ戻りタイプとして構造化タイプ、CLOB、DBCLOB、または BLOB データ・タイプを指定していない場合だけです (SQLSTATE 429B8)。また、PARAMETER STYLE JAVA UDF は表関数、呼び出しタイプ、またはスクラッチパッドをサポートしていません。
DB2GENERAL	• Java	• UDF • ストアード・プロシージャー • メソッド	このタイプのルーチンは、 Java メソッドで使用するように定義されたパラメーター引き渡し規則に従います。表 UDF やスクラッチパッド付きの UDF を開発したり、 dbinfo 構造にアクセスする必要があったりしない限り、PARAMETER STYLE JAVA を使用することをお勧めします。 PARAMETER STYLE DB2GENERAL ルーチンの場合、ルーチンの呼び出しに指定されたもの以外の追加引数は渡されません。

表 12. パラメーター・スタイル (続き)

パラメーター・スタイル	サポートされる言語	サポートされるルーチン・タイプ	説明
GENERAL	• C/C++ • .NET 共通言語ランタイム言語 • COBOL	• ストアード・プロシージャー	PARAMETER STYLE GENERAL ストアード・プロシージャーは、呼び出し元のアプリケーションまたはルーチン内の CALL ステートメントからパラメーターを受け取ります。 CREATE PROCEDURE ステートメント内で DBINFO 節を指定すると、 dbinfo 構造 (データベースに関する情報が入っています) がストアード・プロシージャーに渡されます。 GENERAL は、 DB2 Universal Database for z/OS and OS/390 の SIMPLE ストアード・プロシージャーと同等です。
GENERAL WITH NULLS	• C/C++ • .NET 共通言語ランタイム言語 • COBOL	• ストアード・プロシージャー	PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS ストアード・プロシージャーは、呼び出し元のアプリケーションまたはルーチン内の CALL ステートメントからパラメーターを受け取ります。 CALL ステートメント上の各パラメーターごとの NULL 標識の入ったベクトルもその中に含まれます。 CREATE PROCEDURE ステートメント内で DBINFO 節を指定すると、 dbinfo 構造 (データベースに関する情報が入っています) がストアード・プロシージャーに渡されます。 GENERAL WITH NULLS は、 DB2 Universal Database for z/OS and OS/390 の SIMPLE WITH NULLS ストアード・プロシージャーと同等です。

注:

1. UDF およびメソッドの場合、PARAMETER STYLE SQL は PARAMETER STYLE DB2SQL と同等です。
2. COBOL を使用できるのは、ストアード・プロシージャーの開発でのみです。
3. .NET 共通言語ランタイム・メソッドはサポートされていません。

外部ルーチンに関する制約事項

外部ルーチンには以下の制約事項が適用されます。これらの制約事項は、外部ルーチンを開発およびデバッグするときに考慮してください。

すべての外部ルーチンに適用される制約事項:

- 外部ルーチンに新しいスレッドを作成できない。
- 外部関数または外部メソッド内から接続レベル API を呼び出せない。
- キーボードからの入力の受信または標準出力への出力の表示を外部ルーチンから行えない。標準入出力ストリームは使用しないでください。以下に例を示します。
  - 外部 Java ルーチン・コードでは、`System.out.println()` メソッドを発行しない。
  - 外部 C または C++ ルーチン・コードでは、`printf()` を発行しない。
  - 外部 COBOL ルーチン・コードでは、`display` を発行しない。

外部ルーチンはデータを標準出力に表示できませんが、データベース・サーバー・ファイル・システム上のファイルにデータを書き込むコードをこれに組み込むことは可能です。

UNIX 環境上で稼働する fenced ルーチンの場合、ファイルの作成先のターゲット・ディレクトリーやファイルそのものが適切な許可をもち、`sqllib/adm/.fenced` ファイルの所有者がその作成や書き込みを行えるようにしなければなりません。 not fenced ルーチンの場合、インスタンス所有者は、ファイルをオープンする場所であるディレクトリーを対象とした作成、読み取り、および書き込みの許可を持っていなければなりません。

注: DB2 は、ルーチンによって実行される外部の入出力と DB2 独自のトランザクションとの同期を試みることはありません。したがって、例えばトランザクションの処理中に UDF がファイルに書き込みを行った後で、そのトランザクションが何らかの理由でバックアウトされても、そのファイルへの書き込みの探索や取り消しは試みられません。

- 接続に関連したステートメントまたはコマンドは外部ルーチンで実行できない。この制限は、以下のステートメントにも適用されます。
  - BACKUP
  - CONNECT
  - CONNECT TO
  - CONNECT RESET
  - CREATE DATABASE
  - DROP DATABASE
  - FORWARD RECOVERY
  - RESTORE
- ルーチン内でオペレーティング・システム関数を使用することは推奨されていない。基本的にこの関数の使用には制限がありませんが、以下の場合は例外です。
  - **ユーザー定義のシグナル・ハンドラーを外部ルーチンにインストールしてはならない。この制約事項を守らないと、外部ルーチン実行時の不測の障害、データベースの異常終了、またはその他の問題を生じることがあります。シグナル・ハンドラーをインストールすると、 JVM for Java ルーチンの操作が妨げられることもあります。**
  - 処理を終了するシステム呼び出しを行うと DB2 の処理の 1 つが異常終了し、データベース・システムまたはデータベース・アプリケーションの障害が発生する。

    他のシステム呼び出しによって DB2 データベース・マネージャーの通常の操作が妨害される場合にも、問題が発生することがあります。例えば、ユーザー定義関数が含まれるライブラリーを関数がメモリーからアンロードしようとすると、重大な問題が発生することがあります。システム呼び出しが含まれる外部ルーチンのコーディングとテストには注意してください。
- 現行処理を終了させるコマンドを外部ルーチンに入れてはならない。外部ルーチンは、現行プロセスを終了させることなく常に DB2 データベース・マネージャーに制御を戻さなければなりません。

- 特別な場合を除き、データベースがアクティブになっている間に外部ルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリーを更新してはならない。 DB2 データベース・マネージャーがアクティブになっている間に更新の必要が生じ、インスタンスの停止と開始ができない場合には、ルーチン用にライブラリー、クラス、またはアセンブリーを別に新規作成します。その後、新しいライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの名前が参照されるように、ALTER ステートメントを使って外部ルーチンの EXTERNAL NAME 節の値を変更します。
- 外部ルーチンで環境変数 DB2CKPTR を使用できない。名前が「DB2」で始まるその他のすべての環境変数は、データベース・マネージャーの開始時にキャプチャーされ、外部ルーチンで使用することができます。
- 「DB2」で名前が始まらない環境変数の中には fenced の外部ルーチンで使用できないものもある。例えば、LIBPATH 環境変数は使用できません。ただし、この種の変数は not fenced の外部ルーチンでは使用することができます。
- DB2 データベース・マネージャーの開始後に設定された環境変数の値は外部ルーチンで使用できない。
- 外部ルーチン内での保護リソース (一度に 1 つのプロセスによってのみアクセスできるリソース) の使用は制限する必要がある。使用する場合は、2 つの外部ルーチンが保護リソースにアクセスしようとする際にデッドロックが発生する可能性ができるだけ小さくなるようにしてください。保護リソースへのアクセス試行中に複数の外部ルーチンでデッドロックが発生すると、DB2 データベース・マネージャーはこの状況を検出または解決することができません。これにより、外部ルーチンのプロセスはハングしてしまいます。
- 外部ルーチン・パラメーターのメモリーを DB2 データベース・サーバーに対して明示的に割り振ってはならない。 DB2 データベース・マネージャーはルーチンに対して、 CREATE ステートメント内のパラメーター宣言に基づいてストレージを自動的に割り振ります。外部ルーチン内のパラメーターのストレージ・ポインターを変えないでください。ポインターを、ローカル作成したストレージ・ポインターに置き換えようとすると、メモリー・リーク、データ破壊、または異常終了が発生する可能性があります。
- 外部ルーチン内で静的データまたはグローバル・データを使用してはならない。DB2 では、静的変数またはグローバル変数によって使用されたメモリーが、外部ルーチンの次の呼び出しまで不変のままであるとは限りません。 UDF およびメソッドの場合はスクラッチパッドを使用すれば、次の呼び出しでも使用できるように値を保管しておくことができます。
- SQL パラメーター値はすべてバッファーに入れられる。これは、その値がコピーされて外部ルーチンに渡されることを意味します。外部ルーチンの入力パラメーターに変更が加えられても、 SQL の値または処理に対してその変更は効力をもちません。ただし、CREATE ステートメントで指定されている以上のデータを外部ルーチンが入力または出力パラメーターに書き込んだ場合、メモリー破壊が発生し、ルーチンは異常終了する可能性があります。

外部プロシージャーにのみ適用される制約事項

- ネストされたストアード・プロシージャーから結果セットが戻される場合、複数のネスト・レベルにまたがって同一名でカーソルをオープンすることができる。ただし、バージョン 8 より前のアプリケーションは、オープンした最初の結果セ

ットにしかアクセスすることはできません。この制約事項は、別のパッケージ・レベルでオープンされたカーソルには適用されません。

外部関数にのみ適用される制約事項

- 外部関数は結果セットを戻すことはできない。外部関数内でオープンされたカーソルはすべて、関数の最終呼び出しが完了した時点でクローズされなければなりません。
- 外部ルーチンが戻す前に、外部ルーチンでのメモリーの動的割り振りを解放する必要がある。これが行われないと、メモリー・リークが発生したり、DB2 プロセス内でのメモリーの消費が増え続けたりすることになります。これは、データベース・システムでのメモリー不足を引き起こしかねません。

  外部ユーザー定義関数および外部メソッドの場合、複数の関数呼び出しに必要な動的メモリーの割り振りをスクラッチパッドを使用して行える。この目的でスクラッチパッドを使用する場合は、CREATE FUNCTION または CREATE METHOD ステートメントで FINAL CALL 属性を指定します。こうすることで、割り振り済みのメモリーを、ルーチンが戻す前に確実に解放できます。

第 6 章 外部ルーチンの開発

外部関数とメソッドのフィーチャー

外部関数および外部メソッドは、入力データの特定のセットで何回か呼び出されて出力値のセットを生成する可能性のある関数に対してサポートを提供します。

外部関数とメソッドのフィーチャーについてさらに学習する場合は、以下のトピックを参照してください。

- 『外部スカラー関数』
- 151 ページの『外部スカラー関数およびメソッドの処理モデル』
- 152 ページの『外部表関数』
- 152 ページの『外部表関数の処理モデル』
- 154 ページの『Java の表関数実行モデル』
- 155 ページの『外部関数とメソッドのスクラッチパッド』
- 159 ページの『32 ビット・オペレーティング・システムおよび 64 ビット・オペレーティング・システムでのスクラッチパッド』

これらのフィーチャーは外部関数とメソッドに固有のものであり、SQL 関数および SQL メソッドには当てはまりません。

外部スカラー関数

外部スカラー関数は、外部のプログラム言語でロジックをインプリメントしたスカラー関数です。

こうした関数を作成して、既存の SQL 関数のセットを拡張するために使用できますし、DB2 組み込み関数 (例えば、LENGTH や COUNT) と同じやり方で呼び出すことができます。つまり、SQL ステートメント内で式が有効な場所であればどこからでも参照できるということです。

外部スカラー関数のロジックの実行は DB2 データベース・サーバーで行われます。また、組み込み関数やユーザー定義の SQL スカラー関数とは異なり、外部関数のロジックはデータベース・サーバー・ファイル・システムへのアクセス、システム呼び出しの実行、またはネットワークへのアクセスが可能です。

外部スカラー関数は、 SQL データの読み取りはできますが、その変更は行えません。

外部スカラー関数は、 1 つの関数参照で何度も呼び出すことができ、スクラッチパッド (メモリー・バッファー) の使用によって、その呼び出しと呼び出しの間で状態を維持することができます。このような機能は、最初のセットアップ・ロジックが複雑な場合に特に便利です。セットアップ・ロジックを最初の呼び出しで実行するときに、スクラッチパッドを使用して、スカラー関数のそれ以降の呼び出しでアクセスまたは更新するいくつかの値を保管できるからです。

外部スカラー関数のフィーチャー

- SQL ステートメント内で式がサポートされている場所であればどこからでも参照できます。
- スカラー関数の出力は、呼び出し元の SQL ステートメントによって直接処理できます。
- 外部スカラー・ユーザー定義関数の場合は、関数の反復呼び出しの際に、スクラッチパッドを使用して、呼び出しと呼び出しの間で状態を維持できます。
- サーバーで実行されるので、述部で使用するときのパフォーマンスが高くなります。サーバーで関数を候補行に対して適用できる場合は、クライアント・マシンに行を送信する前の時点でその行を考慮の対象から除外できる場合が多いので、サーバーからクライアントに渡す必要のあるデータ量を削減できます。

制限

- スカラー関数内ではトランザクション管理を行えません。つまり、スカラー関数内では COMMIT や ROLLBACK を発行できません。
- 結果セットを戻すことはできません。
- スカラー関数は、入力セットごとに 1 つのスカラー値を戻すようになっています。
- 外部スカラー関数は、一度の呼び出しによる使用を想定していません。むしろ、関数に対する 1 つの参照と 1 つの入力セットを用意して、各入力ごとに関数を一度ずつ呼び出し、そのたびに関数から 1 つのスカラー値が戻される、という設計になっています。スカラー関数を作成するときには、最初の呼び出しで一部のセットアップ作業を行い、その後で呼び出し時にアクセスできる一部の情報を保管するように設計できます。一度の呼び出しだけを必要とする機能には、SQL スカラー関数のほうが適しています。
- 単一パーティション・データベースでは、外部スカラー関数に SQL ステートメントを含めることができます。これらのステートメントは、表のデータの読み取りは行えますが、その変更はできません。データベースに複数のパーティションがある場合、外部スカラー関数に SQL ステートメントを含めることはできません。 SQL スカラー関数は、データの読み取りや変更を行う SQL ステートメントを含めることができます。

一般的な使用法

- DB2 組み込み関数のセットを拡張します。
- 本来 SQL は実行できない SQL ステートメント内のロジックを実行します。
- 副照会としてよく再利用されるスカラー照会を SQL ステートメント内でカプセル化します。例えば、郵便番号を例にあげると、郵便番号が掲載されている都市の表を検索します。

サポートされている言語

- C
- C++

- Java
- OLE
- .NET 共通言語ランタイム言語

注:

1. 集約関数を作成するための機能は限定されています。列関数ともいう集約関数は、一連の類似値 (データ列) を受け取って、1 つの応答を戻します。ユーザー定義集約関数を作成できるのは、組み込み集約関数をソースとする場合だけです。例えば、基本タイプ INTEGER に基づいて特殊タイプ SHOESIZE を定義してある場合は、既存の組み込み集約関数 AVG(INTEGER) をソースとして、AVG(SHOESIZE) という関数を集約関数として定義できます。
2. また、行を戻す関数を作成することもできます。これは、行関数と呼ばれますが、構造化タイプ用の transform 関数としてのみ使用することができます。行関数の出力は単一行です。

外部スカラー関数およびメソッドの処理モデル

FINAL CALL 指定を使用して定義されたメソッドおよびスカラー UDF の処理モデルは以下のとおりです。

FIRST 呼び出し

これは特殊ケースの NORMAL 呼び出しですが、関数を使用して任意の初期処理を実行できるようにするための「最初」の呼び出しを表します。引数が評価されてから、関数に渡されます。通常、この呼び出しでは関数から値が戻されますが、エラーが戻される場合もあります。後者の場合は NORMAL または FINAL 呼び出しは行われません。 FIRST 呼び出しでエラーが戻された場合は、FINAL 呼び出しは行われないため、メソッドまたは UDF は、戻る前に終結処理を行う必要があります。

NORMAL 呼び出し

これは、ステートメントのデータとロジックで示されているとおり、関数の 2 番目から最後から 2 番目までのすべての呼び出しを指します。どの NORMAL 呼び出しでも、引数が評価されてから渡された後で関数から値が戻されることになっています。 NORMAL 呼び出しでエラーが戻された場合、それ以上 NORMAL 呼び出しは行われずに、FINAL 呼び出しが行われます。

FINAL 呼び出し

これは、ステートメントの終わりの処理 (またはカーソルのクローズ) の時点で行われる特殊な呼び出しです。ただし、 FIRST 呼び出しが正常に完了していることを前提とします。 FINAL 呼び出しでは引数値は渡されません。この呼び出しが行われるのは、関数がすべてのリソースを終結処理できるようにするためです。この呼び出しでは関数は値を戻しませんが、エラーを戻すことはあります。

FINAL CALL を指定して定義されていないメソッドまたはスカラー UDF の場合、関数への NORMAL 呼び出しのみが行われ、その場合は通常は、各呼び出しの値が戻されます。 NORMAL 呼び出しでエラーが戻された場合や、ステートメントで別のエラーが生じた場合、その関数に対してはそれ以上呼び出しは行われません。

注: このモデルは、メソッドおよびスカラー UDF の通常のエラー処理を説明しています。システム障害や通信問題が発生した場合、エラー処理モデルによって指示された呼び出しが行われないことがあります。例えば、FENCED UDF の場合、db2udf fenced 処理が何らかの原因で早く終了してしまうと、 DB2 は指示された呼び出しを行うことができません。

外部表関数

ユーザー定義表関数は、表を参照している SQL にその表を引き渡します。表 UDF 参照は、SELECT ステートメントの FROM 節内でのみ有効です。表関数を使用する際は、次のことに注意してください。

- 表関数は表を送達しますが、DB2 と UDF の間の物理インターフェースは 1 行ずつ行われます。表関数への呼び出しには、OPEN、FETCH、CLOSE、 FIRST、および FINAL の 5 タイプがあります。 FIRST および FINAL 呼び出しがあるかどうかは、UDF の定義方法によって決まります。これらの呼び出しの判別には、スカラー関数で使用されるのと同じ*呼び出しタイプ* 機構が使用されます。
- 表関数の CREATE FUNCTION ステートメントの RETURNS 節で定義されたすべての結果列を、戻さなければならないというわけではありません。 CREATE FUNCTION の DBINFO キーワード、および対応する *dbinfo* 引数によって、特定の表関数参照に必要な列だけを戻すよう最適化できます。
- 戻される個々の列値は、スカラー関数が戻す値と同じ書式です。
- 表関数の CREATE FUNCTION ステートメントには、 CARDINALITY 指定があります。これを指定することにより、定義者は DB2 オプティマイザーに結果の概算のサイズを通知することができ、それによってオプティマイザーは関数が参照されるときにより適切な決定を下すことができます。

  表関数の CARDINALITY として指定された値と関係なく、カーディナリティーが無限の関数、つまり、 FETCH 呼び出しの際に常に行を戻す関数を定義しないよう注意してください。 DB2 では、照会処理内の触媒として end-of-table 条件を想定する状況が多くあります。 GROUP BY や ORDER BY を使用している場合などがそうです。 DB2 は、end-of-table に到達するまで、集合用のグループを作成せず、またすべてのデータがそろうまで、ソートを行うことはできません。そのため、end-of-table 条件 (SQL 状態値 '02000') を決して戻さない表関数では、それを GROUP BY や ORDER BY 節で使用すると、無限処理ループが生じることがあります。

外部表関数の処理モデル

FINAL CALL 指定を使用して定義された表 UDF の処理モデルは以下のとおりです。

FIRST 呼び出し
: この呼び出しは最初の OPEN 呼び出しの前に行いますが、その目的は、関数がすべての初期処理を実行できるようにすることにあります。この呼び出しの前に、スクラッチパッドがクリアされます。引数が評価されてから、関数に渡されます。この関数は行を戻しません。この関数がエラーを戻した場合、それ以降この関数への呼び出しは行われません。

OPEN 呼び出し
: この呼び出しが行われるのは、スキャンに固有の特別な OPEN 処理を関数

で実行できるようにするためです。この呼び出しの前にスクラッチパッド (ある場合) がクリアされることはありません。引数が評価されてから引き渡されます。この関数は、OPEN 呼び出しで行を戻すことはありません。この関数が OPEN 呼び出しでエラーを戻した場合、FETCH または CLOSE 呼び出しは行われませんが、ステートメントの終わりで FINAL 呼び出しは行われます。

FETCH 呼び出し
FETCH 呼び出しは、表の終わりを意味する SQLSTATE 値が関数から戻されるまで継続して行われます。 UDF は、この呼び出しに対応して、データ行を開発して戻すことになります。引数値が関数に渡されることがありますが、その値は、OPEN のときに渡されたのと同じ値を指しています。したがって、この引数値は現行値でない可能性もあるので、信用することはできません。表関数の次回の呼び出しまで現行値をそのまま維持している必要がある場合、スクラッチパッドを使用してください。この関数は、FETCH 呼び出しでエラーを戻すことはありますが、その場合でも CLOSE 呼び出しを行うことはできます。

CLOSE 呼び出し
この呼び出しが行われるのは、スキャンまたはステートメントの終了時点です。ただし、 OPEN 呼び出しが正常に完了していることを前提とします。どの引数値も現行値ではありません。この関数はエラーを戻すことがあります。

FINAL 呼び出し
FINAL 呼び出しが行われるのは、ステートメントの終了時点です。ただし、 FIRST 呼び出しが正常に完了していることを前提とします。この呼び出しが行われるのは、関数がすべてのリソースを終結処理できるようにするためです。この呼び出しでは関数は値を戻しませんが、エラーを戻すことはあります。

FINAL CALL を指定して定義されていない表 UDF の場合、関数への OPEN、FETCH、および CLOSE 呼び出しのみが行われます。どの OPEN 呼び出しでも、その前にスクラッチパッド (ある場合) がクリアされます。

FINAL CALL を指定して定義された表 UDF と、NO FINAL CALL を指定して定義されたものの違いは、表関数アクセスは「内部寄りの」アクセスとなる結合または副照会に関連したシナリオを見れば明らかになります。例えば、次のようなステートメントがあるとします。

```
SELECT x,y,z,... FROM table_1 as A,
  TABLE(table_func_1(A.col1,...)) as B
  WHERE...
```

この場合オプティマイザーは、table_1 の各行ごとに table_func_1 のスキャンをオープンします。それは、table_1 の col1 の値 (これが table_func_1 に渡されます) が使用されて表関数スキャンが定義されるからです。

NO FINAL CALL の表 UDF の場合、 table_1 の各行ごとに OPEN、FETCH、FETCH、...、CLOSE の呼び出しシーケンスが繰り返されます。なお、OPEN 呼び出しのたびに、新しいスクラッチパッドが支給されることに注意してください。スキャンの終了時点ごとにさらに別のスキャンがあるかどうかは表関数には分からない

ので、表関数は、CLOSE 処理中に完全な終結処理を実行する必要があります。そのため、繰り返しの必要な 1 回だけオープンされる重要な処理がある場合には効率が悪くなってしまいます。

FINAL CALL の表 UDF は、一回限りの FIRST 呼び出しおよび一回限りの FINAL 呼び出しの手段になります。これらの呼び出しを使用すれば、表関数のすべてのスキャンを通して初期化と終了の手間を軽減することができます。これまでと同様に外側の表の各行ごとに OPEN、FETCH、FETCH、...、CLOSE の呼び出しは行われますが、 FINAL 呼び出しが出されることが表関数には分かっているので、表関数は CLOSE 呼び出しの時点で一切終結処理 (およびその後の OPEN での再割り振り) をする必要はなくなります。また、表関数リソースは複数のスキャンを対象とすることが主な原因ですが、スキャンのたびにスクラッチパッドがクリアされることはないことにも注意してください。

表 UDF を使用すれば、2 つのさらに別の呼び出しタイプを管理する必要はありますが、その代償として、上記の結合と副照会のシナリオに示されているような大幅な効率化を実現することができます。表関数を FINAL CALL と定義するべきかどうかは、予定している使用法によって決まります。

Java の表関数実行モデル

Java で作成されて PARAMETER STYLE DB2GENERAL を使用する表関数の場合、 DB2 での特定のステートメントの処理のさまざまな時点で何が起きるか分かっていることが大切です。以下の表は、通常の表関数の場合のそれに関する詳細を示しています。 NO FINAL CALL の場合と FINAL CALL の場合の両方が取り上げられており、どちらも SCRATCHPAD が指定されていると想定しています。

スキャンの時点	NO FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD	FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD
表関数に対する最初の OPEN の前	呼び出しなし。	• クラス・コンストラクターが呼び出される (すなわち、新しいスクラッチパッド)。 FIRST 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • コンストラクターが、クラスおよびスクラッチパッド変数を初期化する。メソッドが Web サーバーに接続する。
表関数に対する各 OPEN 時	• クラス・コンストラクターが呼び出される (すなわち、新しいスクラッチパッド)。 OPEN 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • コンストラクターが、クラスおよびスクラッチパッド変数を初期化する。メソッドが Web サーバーに接続し、Web データのスキャンをオープンする。	• OPEN 呼び出しで UDF メソッドがオープンされる。 • メソッドが、必要な Web データのスキャンをオープンする。 (スクラッチパッドに保管されるものに応じて、CLOSE 位置変更後の再オープンを避けることができる。)

スキャンの時点	NO FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD	FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD
新しい行の表関数データに対する各 FETCH 時	• FETCH 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドが、次の行のデータまたは EOT を取り出して戻す。	• FETCH 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドが、新しい行のデータまたは EOT を取り出して戻す。
表関数に対する CLOSE 時	• CLOSE 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 close() メソッドがクラスに対してあれば、呼び出される。 • メソッドがその Web スキャンをクローズし、Web サーバーから切断する。close() は必要とされない。	• CLOSE 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドはスキャンの最上部に位置変更するか、スキャンをクローズする。持続されるどんな状態でも、スクラッチパッドに保管できる。
表関数に対する最後の CLOSE の後	呼び出しなし。	• FINAL 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 close() メソッドがクラスに対してあれば、呼び出される。 • メソッドは Web サーバーから切断する。 close() メソッドは必要とされない。

注:

1. 「UDF メソッド」とは、UDF をインプリメントした Java クラス・メソッドのことです。これは、CREATE FUNCTION ステートメントの EXTERNAL NAME 節で識別されるメソッドです。
2. NO SCRATCHPAD が指定された表関数では、 UDF メソッドの呼び出しはこの表で示されているとおりですが、ユーザーはスクラッチパッドによる連続性を求めないために、クラス・コンストラクターが DB2 によって呼び出され、各呼び出しの前に新しいオブジェクトがインスタンス化されます。 NO SCRATCHPAD が指定された (したがって連続性がない) 表関数が役立つかどうかは不明ですが、それらはサポートされています。

外部関数とメソッドのスクラッチパッド

スクラッチパッド を使用すれば、次の呼び出し時までユーザー定義関数またはメソッドの状態を保持しておくことができます。例えば、以下に次回の呼び出しまで状態を保持しておけば便利であることを示す例を 2 つ示します。

1. 正確に言えば、保管状態に依存する関数またはメソッド。

   このような関数またはメソッドの例として、最初の呼び出し時に「1」を戻し、2 回目以降の呼び出しごとに結果を 1 ずつ増分する単純な counter 関数があります。この関数を使用すると、特定の状況下では次のように SELECT 結果の行数を数えることができます。

```
SELECT counter(), a, b+c, ...
  FROM tablex
  WHERE ...
```

関数には、複数の呼び出しにまたがってカウンターの現行値を保管する場所が必要です。それによって、後続の呼び出しでも必ず同じ値が確保されます。その後の呼び出しごとにその値は増加されて、関数の結果として戻されます。

このタイプのルーチンは限定的なルーチンではありません。つまりその出力が、その SQL 引数の値にのみ依存することはありません。

2. 特定の初期化アクションを実行する機能によってパフォーマンスを改善できる関数またはメソッド。

   このような関数またはメソッドの例として、文書アプリケーションの一部を成す *match* 関数があります。これは、特定の文書に特定のストリングが入っていれば「Y」を、入っていなければ「N」を戻します。

   ```
   SELECT docid, doctitle, docauthor
     FROM docs
     WHERE match('myocardial infarction', docid) = 'Y'
   ```

   このステートメントは、最初の引数で表される特定のテキスト・ストリング値を含む文書すべてを戻します。 *match* が行うことは以下のとおりです。

   - 最初の処理に限り、以下を実行します。

     ストリング myocardial infarction が入っていて、しかも DB2 の外部で保存されているすべての文書 ID のリストを文書アプリケーションで検索します。この検索は処理に負荷がかかる処理であるため、関数はこの処理を 1 回だけ行い、検索したリストをその後の呼び出しでの使用に利用しやすい場所に保管します。
   - 各呼び出し時には、以下を実行します。

     この最初の呼び出しで保管された文書 ID のリストを用いて、 2 番目の引数として渡された文書 ID がこのリストに載っているかどうかを確認します。

   このタイプのルーチンは限定的ルーチンです。その応答は、入力される引数値にのみ依存します。上記の関数は、ある呼び出しから次の呼び出しへ情報を保管できるかどうかによってパフォーマンス (正確さではない) が左右されます。

以下のように、CREATE ステートメントに SCRATCHPAD を指定すれば、上述の 2 つの要件は両方とも満たされます。

```
CREATE FUNCTION counter()
  RETURNS int ... SCRATCHPAD;

CREATE FUNCTION match(varchar(200), char(15))
  RETURNS char(1) ... SCRATCHPAD 10000;
```

SCRATCHPAD キーワードは、ルーチン用のスクラッチパッドを割り振って保持するよう DB2 に指示します。スクラッチパッドのデフォルトのサイズは 100 バイトですが、スクラッチパッド・サイズ (バイト数) を指定することができます。 *match* の例は 10000 バイトの長さです。 DB2 は、スクラッチパッドを最初の呼び出し前のバイナリー数のゼロに初期化します。表関数のスクラッチパッドが定義されている場合に、 NO FINAL CALL (デフォルト) を使用してその表関数が定義されていると、 DB2 は各 OPEN 呼び出しの前にスクラッチパッドをリフレッシュします。表関数オプション FINAL CALL を指定すると、 DB2 は、初期化後のスクラッチパッドの内容を検査も変更もしません。スクラッチパッドを使用して定義されたス

カラー関数の場合も、 DB2 は初期化後のスクラッチパッドの内容を検査も変更もしません。各呼び出しごとにスクラッチパッドを指すポインターがルーチンに渡され、 DB2 はそのルーチンの状態情報をスクラッチパッド内に保存します。

したがって *counter* の例の場合、最後に戻された値がスクラッチパッドに保管されます。また *match* の例では、スクラッチパッドが十分に大きい場合は文書のリストをスクラッチパッドに保管し、十分に大きくない場合はリスト用にメモリーを割り振って、取得したメモリーのアドレスをスクラッチパッドに保存します。スクラッチパッドは可変長にすることができます。その長さは、ルーチンの CREATE ステートメント内に定義します。

スクラッチパッドが適用されるのは、ステートメント内のルーチンへの個々の参照に対してのみです。ステートメント内のルーチンに対して複数の参照がある場合、どの参照にもそれ独自のスクラッチパッドがあることになるので、参照同士が互いに通信しあうのにスクラッチパッドを使用することはできません。スクラッチパッドは、単一の DB2 エージェント (エージェントとは、ステートメントのあらゆる側面の処理を実行する DB2 エンティティーのことです) に対してのみ適用されます。エージェント同士がスクラッチパッド情報を共用するのを調整するための「グローバル・スクラッチパッド」はありません。このことは、ステートメントを処理するエージェントが DB2 によって複数確立される (単一パーティションまたはマルチパーティション・データベースのどちらかで) 場合は特に重要です。そのような場合、ステートメント内のルーチンへの参照は 1 つしかない場合でも、作業を行うエージェントは複数存在していて、そのおのおのが独自のスクラッチパッドをもつことになります。マルチパーティション・データベースでは、 UDF を参照するステートメントは、複数のパーティション上のデータを処理し、各パーティション上で UDF を呼び出しますが、スクラッチパッドは 1 つのパーティションにしか適用されません。結果として、 UDF が実行されるパーティションごとにスクラッチパッドが 1 つずつ存在することになります。

関数が正しく実行されるかどうかが、その関数への参照ごとに 1 つのスクラッチパッドがあるかどうかで決まる場合、その関数を DISALLOW PARALLEL として登録します。これで、関数は 1 つのパーティションでしか実行されなくなるので、関数への 1 つの参照につき必ず 1 つのスクラッチパッドしか存在しないようにすることができます。

UDF またはメソッドは、システム・リソースを必要とする場合があるので、 UDF またはメソッドを定義するときに FINAL CALL キーワードを使用すると便利です。このキーワードは、ステートメント処理の終了時点で UDF またはメソッドを呼び出すよう DB2 に指示するので、 UDF またはメソッドはそのシステム・リソースを解放することができます。ルーチンは獲得したすべてのリソースを解放することが不可欠です。ステートメントが繰り返し呼び出される環境では、小さい不手際は大きい不手際につながることがあり、大きい不手際は DB2 が破壊される原因になることがあります。

スクラッチパッドのサイズは固定されているので、 UDF またはメソッド自体にメモリーの割り振りを組み込むことにより、最終呼び出しを利用してメモリーを解放するのも一案です。例えば上記の *match* 関数は、特定のテキスト・ストリングと一致する文書がどのくらいあるかを予測できません。したがって、*match* の定義は次のように行うとよいでしょう。

```
CREATE FUNCTION match(varchar(200), char(15))
  RETURNS char(1) ... SCRATCHPAD 10000 FINAL CALL;
```

UDF またはメソッドがスクラッチパッドを使用していてしかも副照会で参照される場合、もし、UDF またはメソッドに最終呼び出しが指定されているならば、副照会から次の副照会までの間に DB2 は最終呼び出しを行って、スクラッチパッドの内容をリフレッシュすることを決定する場合があります。 UDF またはメソッドを副照会で使用している場合は、 FINAL CALL や呼び出しタイプ引数を使用して UDF またはメソッドを定義するか、またはスクラッチパッドの *バイナリー数のゼロ* 状態を必ず検査すれば、リフレッシュが起きないようにすることができます。

FINAL CALL を指定する場合は、UDF またはメソッドがタイプ FIRST の呼び出しを受け取ることに注意してください。これは、永続リソースを獲得して初期化するために使用することができます。

以下は、スクラッチパッドを使って列の項目の平方和を計算する UDF の単純な Java の例です。この例は、列を取り込み、列の先頭から現在行の項目までの累積平方和を含む列を戻します。

```
CREATE FUNCTION SumOfSquares(INTEGER)
RETURNS INTEGER
EXTERNAL NAME 'UDFsrv!SumOfSquares'
DETERMINISTIC
NO EXTERNAL ACTION
FENCED
NOT NULL CALL
LANGUAGE JAVA
PARAMETER STYLE DB2GENERAL
NO SQL
SCRATCHPAD 10
FINAL CALL
DISALLOW PARALLEL
NO DBINFO@


// Sum Of Squares using Scratchpad UDF
public void SumOfSquares(int inColumn,
                         int outSum)
throws Exception
{
  int sum = 0;
  byte[] scratchpad = getScratchpad();

  // variables to read from SCRATCHPAD area
  ByteArrayInputStream byteArrayIn = new ByteArrayInputStream(scratchpad);
  DataInputStream dataIn = new DataInputStream(byteArrayIn);

  // variables to write into SCRATCHPAD area
  byte[] byteArrayCounter;
  int i;
  ByteArrayOutputStream byteArrayOut = new ByteArrayOutputStream(10);
  DataOutputStream dataOut = new DataOutputStream(byteArrayOut);

  switch(getCallType())
  {
    case SQLUDF_FIRST_CALL:
      // initialize data
   sum = (inColumn * inColumn);
      // save data into SCRATCHPAD area
      dataOut.writeInt(sum);
      byteArrayCounter = byteArrayOut.toByteArray();
      for(i = 0; i < byteArrayCounter.length; i++)
```

```
      {
        scratchpad[i] = byteArrayCounter[i];
      }
      setScratchpad(scratchpad);
   break;
    case SQLUDF_NORMAL_CALL:
      // read data from SCRATCHPAD area
      sum = dataIn.readInt();
      // work with data
      sum = sum + (inColumn * inColumn);
      // save data into SCRATCHPAD area
      dataOut.writeInt(sum);
      byteArrayCounter = byteArrayOut.toByteArray();
      for(i = 0; i < byteArrayCounter.length; i++)
      {
        scratchpad[i] = byteArrayCounter[i];
      }
      setScratchpad(scratchpad);
break;
  }
  //set the output value
  set(2, sum);
} // SumOfSquares UDF
```

SumOfSquares UDF と同じタスクを実行する組み込み DB2 関数があることに注意してください。この例が選ばれたのは、スクラッチパッドの使用を示すためです。

32 ビット・オペレーティング・システムおよび 64 ビット・オペレーティング・システムでのスクラッチパッド

UDF またはメソッドのコードを 32 ビットと 64 ビットのオペレーティング・システムで相互に移植できるようにするには、 64 ビット値の入ったスクラッチパッドを作成および使用する仕方に気を付ける必要があります。 64 ビット・ポインターや sqlint64 BIGINT 変数などの 1 つ以上の 64 ビット値の入ったスクラッチパッド構造では、明示的な長さ変数を宣言しないようお勧めします。

以下は、スクラッチパッドの構造宣言のサンプルです。

```
struct sql_scratchpad
{
   sqlint32 length;
   char data[100];
};
```

スクラッチパッドの独自の構造の定義では、ルーチンには次のような 2 つの選択肢があります。

1. スクラッチパッド sql_scratchpad 全体を再定義します。この場合、明示的な長さフィールドを組み込む必要があります。以下に例を示します。

   ```
   struct sql_spad
   {
     sqlint32 length;
     sqlint32 int_var;
     sqlint64 bigint_var;
   };
   void SQL_API_FN routine( ..., struct sql_spad* scratchpad, ... )
   {
     /* Use scratchpad */
   }
   ```

2. スクラッチパッド sql_scratchpad のデータ部分だけを再定義します。この場合、長さフィールドは必要ありません。

```
struct spaddata
{
  sqlint32 int_var;
  sqlint64 bigint_var;
};
void SQL_API_FN routine( ..., struct sql_scratchpad* spad, ... )
{
  struct spaddata* scratchpad = (struct spaddata*)spad->data;
  /* Use scratchpad */
}
```

アプリケーションは、スクラッチパッド内の長さフィールドの値を変更できないので、最初の例に示されているようにルーチンをコーディングしてもあまり有益ではありません。また 2 番目の例も、それぞれ異なるワード・サイズのコンピューター同士で相互に移植できるので、ルーチンを作成するにはこちらのほうがより望ましい方法です。

外部ルーチンでの XML データ・タイプのサポート

下記のプログラミング言語で書かれている外部プロシージャーおよび関数は、データ・タイプ XML のパラメーターおよび変数をサポートします。

- C
- C++
- COBOL
- Java
- .NET CLR 言語

OLE および OLEDB 外部ルーチンは、データ・タイプ XML のパラメーターをサポートしません。

XML データ・タイプの値は、CLOB データ・タイプと同じ方法で外部ルーチンのコード中に示されます。

データ・タイプ XML の外部ルーチン・パラメーターを宣言するときは、データベース内でそのルーチンを作成するときに使用する CREATE PROCEDURE および CREATE FUNCTION ステートメントで、XML データ・タイプを CLOB データ・タイプとして保管することを指定する必要があります。 CLOB 値のサイズは、XML パラメーターで表される XML 文書のサイズに近くなければなりません。

以下の CREATE PROCEDURE ステートメントは、parm1 という XML パラメーターを使用して C プログラミング言語でインプリメントされた外部プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントを示しています。

```
CREATE PROCEDURE myproc(IN parm1 XML AS CLOB(2M), IN parm2 VARCHAR(32000))
LANGUAGE C
FENCED
PARAMETER STYLE SQL
EXTERNAL NAME 'mylib!myproc';
```

以下の例に示されているような外部 UDF の作成時にも、それに似た考慮事項が当てはまります。

```
CREATE FUNCTION myfunc (IN parm1 XML AS CLOB(2M))
RETURNS SMALLINT
```

```
LANGUAGE C
PARAMETER STYLE SQL
DETERMINISTIC
NOT FENCED
NULL CALL
NO SQL
NO EXTERNAL ACTION
EXTERNAL NAME 'mylib1!myfunc'
```

XML データは、ストアード・プロシージャーに IN、OUT、または INOUT パラメーターとして渡されるときにマテリアライズされます。Java ストアード・プロシージャーを使用している場合、XML 引数の数量とサイズ、および並行に実行されている外部ストアード・プロシージャーの数に基づいて、ヒープ・サイズ (JAVA_HEAP_SZ 構成パラメーター) を増やさなければならない場合があります。

外部ルーチン・コード内部では、XML パラメーターおよび変数値へのアクセス、その設定、および変更は、データベース・アプリケーションの場合と同じやり方で行われます。

ルーチンの作成

3 つのタイプのルーチン (プロシージャー、UDF、メソッド) には、その作成法に関して多くの共通点があります。たとえば、それら 3 つのルーチン・タイプは、同じパラメーター・スタイルをいくつか使用し、各種クライアント・インターフェース (組み込み SQL、CLI、JDBC) を介して SQL の使用をサポートします。また、いずれも他のルーチンを呼び出すことができます。その例として、以下のステップはルーチンを作成する 1 つのアプローチを示しています。

特定のルーチン・タイプだけに用意されている機能もあります。たとえば、結果セットはストアード・プロシージャー独特のものであり、スクラッチパッドは UDF およびメソッド独自のものです。開発しようとしているルーチン・タイプに当てはまらないステップに行き当たったら、その後のステップに進んでください。

ルーチンを作成する場合は、事前に以下を決定する必要があります。

- 必要なルーチン・タイプ。
- 作成に使用するプログラム言語。
- ルーチン内に SQL ステートメントが必要な場合にどのインターフェースを使用するか。

『セキュリティー、ライブラリー、およびクラス管理』および『パフォーマンスの考慮事項』の項も参照してください。

ルーチン本体を作成するには、以下を行う必要があります。

1. *外部ルーチンにのみ当てはまります。* 呼び出し側のアプリケーションまたはルーチンからの入力パラメーターを受け入れて、出力パラメーターを宣言します。ルーチンがパラメーターをどのように受け入れるかは、ルーチンの作成に使用するパラメーター・スタイルによって異なります。各パラメーター・スタイルは、ルーチン本体に渡される一連のパラメーターと、パラメーターが渡される順序を定義します。

たとえば、PARAMETER STYLE SQL 用に C で書かれた UDF 本体のシグニチャー (sqludf.h を使用して) を以下に示します。

```
SQL_API_RC SQL_API_FN product ( SQLUDF_DOUBLE *in1,
                                SQLUDF_DOUBLE *in2,
                                SQLUDF_DOUBLE *outProduct,
                                SQLUDF_NULLIND *in1NullInd,
                                SQLUDF_NULLIND *in2NullInd,
                                SQLUDF_NULLIND *productNullInd,
                                SQLUDF_TRAIL_ARGS )
```

2. ルーチンが実行するロジックを追加します。ルーチンの本体で使用できる機能には次のようなものがあります。
   - 他のルーチンの呼び出し (ネスティング)、または現在のルーチンの呼び出し (再帰)。
   - SQL (CONTAINS SQL、READS SQL、または MODIFIES SQL) を組み込むように定義されたルーチンでは、ルーチンから SQL ステートメントを発行することができます。呼び出すステートメントのタイプは、ルーチンの登録方法によって制御します。
   - 外部 UDF およびメソッドでは、スクラッチパッドを使用して、複数の呼び出しにまたがって状態を保管します。
   - SQL プロシージャーでは、条件ハンドラーを使用して、指定の条件が発生したときの SQL プロシージャーの動作を指定します。そのような条件は、SQLSTATE をベースにして定義することができます。
3. ストアード・プロシージャーにのみ当てはまります。 1 つ以上の結果セットを戻します。呼び出し側のアプリケーションとの間で交換される個々のパラメーターに加えて、複数の結果セットを戻す機能がストアード・プロシージャーに備わっています。 SQL ルーチンと、CLI、ODBC、JDBC、および SQLJ ルーチンとクライアントのみが、結果セットを受け入れることができます。

ルーチンの作成以外に、ルーチンを呼び出すにはまず登録する必要があります。それには、開発しているルーチンのタイプに合った CREATE ステートメントを使用します。一般的に、ルーチンを作成して登録する順序は問題にはなりません。ただし、ルーチンが自身を参照する SQL を発行する場合は、作成の前にルーチンを登録する必要があります。その場合にバインドを正常に完了するには、ルーチンの登録が事前に完了していなければなりません。

外部ルーチンの作成

プロシージャーと関数を含む外部ルーチンは、他のインプリメンテーションを使用したルーチンと類似した方法で作成されます。しかし、ルーチンのインプリメンテーションでは、ソース・コードのコード化、コンパイル、およびデプロイが必要になるため、さらにいくつかのステップが必要です。

外部ルーチンをインプリメントするのは、以下のような場合です。

- データベースにアクセスするルーチンや、データベースの外部でアクションを実行するルーチンに複雑なロジックをカプセル化したい場合。
- 複数のアプリケーション、CLP、他のルーチン (プロシージャー、関数 (UDF)、メソッド)、トリガーのいずれかから、カプセル化されたロジックを呼び出す必要のある場合。

- そのロジックのコーディングに、SQL や SQL PL ステートメントを使用するよりも、プログラミング言語が最も使いやすいと感じる場合。
- ルーチン・ロジックにデータベース外での操作を実行させたい場合。これは例えば、データベース・サーバー上でのファイルへの書き込みまたはファイルからの読み取り、別のアプリケーションの実行、または SQL および SQL PL ステートメントで表すことができないロジックなどです。

前提条件

- 外部ルーチンのインプリメンテーションに関する知識。外部ルーチン全般について学習するには、以下のトピックを参照してください。
  - 127 ページの『外部ルーチン』
  - 128 ページの『外部ルーチンの作成』
- DB2 クライアントがインストールされている必要があります。
- データベース・サーバーが、選択したインプリメンテーション・プログラミング言語コンパイラーおよび開発ソフトウェアをサポートするオペレーティング・システムを実行していること。
- 選択したプログラミング言語の必須コンパイラーおよびランタイム・サポートがデータベース・サーバー上にインストールされていること。
- CREATE PROCEDURE、CREATE FUNCTION、または CREATE METHOD ステートメントを実行する権限。

外部ルーチンに関連した制約事項のリストについては、以下を参照してください。

- 144 ページの『外部ルーチンに関する制約事項』

手順

1. 選択したプログラミング言語でルーチン・ロジックをコーディングします。
   - 外部ルーチン、ルーチン・フィーチャー、およびルーチン・フィーチャーのインプリメンテーションの一般情報については、『前提条件』のセクションで参照されているトピックを参照してください。
   - SQL ステートメントの実行をサポートするために必要な、必須ヘッダー・ファイルを使用またはインポートします。
   - DB2 SQL データ・タイプにマップするプログラミング言語データ・タイプを使用して、変数とパラメーターを正しく宣言します。
2. 選択したプログラミング言語のパラメーター・スタイルが要求する形式に従って、パラメーターを宣言する必要があります。パラメーターとプロトタイプ宣言の詳細については、以下を参照してください。
   - 142 ページの『外部ルーチンのパラメーター・スタイル』
3. コードからライブラリーまたはクラス・ファイルを作成します。
4. そのライブラリーまたはクラス・ファイルをデータベース・サーバー上の DB2 *function* ディレクトリーにコピーします。 DB2 ルーチンに関連したアセンブリーまたはライブラリーは、 function ディレクトリーに保管することをお勧めします。 function ディレクトリーの詳細については、 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントのいずれかの EXTERNAL 節を参照してください。

アセンブリーをサーバー上の別のディレクトリーにコピーすることもできますが、ルーチンを正常に呼び出すには、アセンブリーの完全修飾パス名をメモしておく必要があります。次のステップでこれが必要になるからです。

5. 該当するルーチン・タイプの SQL 言語 CREATE ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) を動的または静的に実行します。
   - 選択した API またはプログラミング言語の該当する値を使用して、LANGUAGE 節を指定します。例として、CLR、C、JAVA が含まれます。
   - PARAMETER STYLE 節に、ルーチン・コードでインプリメントした有効なパラメーター・スタイルの名前を指定します。
   - EXTERNAL 節に、ルーチンと関連したライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの名前を指定します。そのためには、以下のいずれかの値を使用します。
     - ルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの完全修飾パス名。
     - function ディレクトリーを基準にしたルーチン・ライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの相対パス名。

     EXTERNAL 節にライブラリー、クラス、またはアセンブリー・ファイルの完全修飾パス名または相対パス名を指定しない場合、 DB2 はデフォルトで、function ディレクトリー内でそれらの名前を探します。
   - ルーチンがプロシージャーの場合に、DYNAMIC RESULT SETS に数値を指定すると、呼び出し元に 1 つ以上の結果セットが戻されます。
   - ルーチンの特徴を指定するために必要な他の節を指定します。

外部ルーチンを呼び出すには、ルーチンの呼び出しを参照してください。

.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン

DB2 における共通言語ランタイム (CLR) ルーチンとは、 .NET アセンブリーを外部コード本体として参照する外部ルーチンであり、 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントの実行によって作成します。

CLR ルーチンのコンテキストで重要な用語は、以下のとおりです。

.NET Framework
: CLR と .NET Framework クラス・ライブラリーから成る Microsoft アプリケーション開発環境。コード断片の開発と統合のための一貫したプログラミング環境を提供します。

共通言語ランタイム (CLR)
: あらゆる .NET Framework アプリケーションのためのランタイム・インタープリター。

中間言語 (IL)
: .NET Framework CLR によって解釈されるコンパイル済みバイトコードの一種。すべての .NET 互換言語のソース・コードが IL バイト・コードにコンパイルされます。

アセンブリー

IL バイト・コードを内容とするファイル。ライブラリーか実行可能ファイルのいずれかです。

CLR ルーチンは、 IL アセンブリーにコンパイルできる言語であればどの言語でもインプリメントできます。例えば、Managed C++、C#、Visual Basic、J# などの言語があります。

CLR ルーチンを開発するには、ルーチンの基本と、CLR ルーチンにユニークなフィーチャーや特徴をあらかじめ理解しておくことが重要です。ルーチンと CLR ルーチンの詳細については、以下を参照してください。

- 2 ページの『ルーチン使用の利点』
- 167 ページの『.NET CLR ルーチンでの SQL データ・タイプの表記』
- 169 ページの『.NET CLR ルーチンのパラメーター』
- 172 ページの『.NET CLR プロシージャーからの結果セットの戻り』
- 174 ページの『.NET CLR ルーチンに関する制約事項』
- 185 ページの『.NET CLR ルーチンに関連したエラー』

CLR ルーチンの開発は簡単です。 CLR ルーチンの開発の方法に関する段階的な説明と完全な例については、以下を参照してください。

- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』
- 188 ページの『C# .NET CLR プロシージャーの例』
- 224 ページの『C# .NET CLR 関数の例』

.NET CLR 言語での外部ルーチン開発のサポート

.NET CLR 言語で外部ルーチンを開発し、それを正常に実行するには、いずれもサポートされているオペレーティング・システム、DB2 データベース・サーバーとクライアントのバージョン、および開発ソフトウェアを使用する必要があります。

.NET Framework バージョン 1.1、2.0、または 3.0 を使用した .NET CLR ルーチンの開発でサポートされるオペレーティング・システム

- Windows 2000
- Windows XP (32 ビット版)
- Windows Server 2003 (32 ビット版)

.NET CLR ルーチン開発でサポートされる DB2 データベース・サーバーおよびクライアント

以下の最小の DB2 データベース・サーバーおよびクライアントがインストールされている必要があります。

- DB2 サーバー: 最小サポート・バージョンは DB2 バージョン 8.2 です。
- DB2 クライアント: 最小サポート・バージョンは DB2 バージョン 7.2 です。

.NET CLR ルーチンに必要な開発ソフトウェア

以下の 2 つのソフトウェア製品のうちいずれかが、DB2 データベース・サーバーと同じコンピューター上にインストールされている必要があります。

- Microsoft .NET Framework バージョン 1.1
- Microsoft .NET Framework バージョン 2.0

Microsoft .NET Framework は単独で、または以下のいずれかの開発キットの一部として使用できます。

- Microsoft .NET Framework バージョン 1.1 Software Development Kit
- Microsoft .NET Framework バージョン 2.0 Software Development Kit
- Microsoft .NET Framework バージョン 3.0 Software Development Kit

.NET CLR 外部ルーチンは、IL アセンブリーにコンパイルできる言語であればどの言語でも Microsoft .NET Framework を使用してインプリメントできます。例えば、Managed C++、C#、Visual Basic、J# などの言語があります。

.NET CLR ルーチン開発のためのツール

ツールを使用して、DB2 データベースと対話する .NET CLR ルーチンの開発タスクの実行をより高速かつ簡単にできます。

.NET CLR ルーチンは、Microsoft Visual Studio .NET において以下の製品で有効なグラフィック・ツールを使用して開発することができます。

- IBM DB2 Development Add-In for Microsoft Visual Studio .NET 1.2

DB2 データベース・サーバー上での .NET CLR ルーチンの開発にも使用できる DB2 付属のコマンド行インターフェースには次のものがあります。

- DB2 コマンド行プロセッサー (DB2 CLP)
- DB2 コマンド・ウィンドウ

.NET CLR ルーチンの設計

.NET CLR ルーチンを設計するときは、一般的な外部ルーチンの設計上の考慮事項と .NET CLR 固有の設計上の考慮事項の両方を考慮に入れる必要があります。

.NET アプリケーション開発に関する知識と経験、および外部ルーチンに関する一般的な知識。以下のトピックは、必要な前提条件に関する情報の一部を提供しています。

外部ルーチンのフィーチャーおよび使用方法の詳細については、以下を参照してください。

- 外部ルーチン

.NET CLR ルーチンの特性の詳細については、以下を参照してください。

- .NET CLR ルーチン

すでに前提知識がある場合、組み込み SQL ルーチンの設計には、主に .NET CLR ルーチンの固有のフィーチャーおよび特性について習得することが関係しています。

- .NET CLR ルーチンでの SQL ステートメント実行のサポートを提供する組み込みアセンブリー (IBM.Data.DB2)
- .NET CLR ルーチンでサポートされている SQL データ・タイプ
- .NET CLR ルーチンのパラメーター
- .NET CLR ルーチンからの結果セットの戻り
- .NET CLR ルーチンのセキュリティーおよび実行制御モードの設定
- .NET CLR ルーチンに関する制約事項
- .NET CLR プロシージャーからの結果セットの戻り

.NET CLR の特性について理解した後、『.NET CLR ルーチンの作成』を行うことができます。

.NET CLR ルーチンでの SQL データ・タイプの表記

.NET CLR ルーチンでは SQL データ・タイプを、ルーチン・パラメーターとして、また SQL ステートメント実行の一部として使用されるパラメーター値として、さらに変数として参照することができます。ただし、値にアクセスしたり値を取り出したりするときにデータの切り捨てや消失が生じないようにするために、適切な IBM SQL データ・タイプ値、IBM Data Server Provider for .NET データ・タイプ値、および .NET Framework データ・タイプ値を使用する必要があります。

.NET CLR ルーチンの作成に使用する CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメント内のルーチン・パラメーター指定では、DB2 SQL データ・タイプ値が使用されます。ほとんどの SQL データ・タイプをルーチン・パラメーターに指定することができますが、いくつかの例外もあります。

実行する SQL ステートメントの一部として使用するようパラメーター値を指定する場合には、 IBM Data Server Provider for .NET オブジェクトを使用する必要があります。 SQL ステートメントを表す `DB2Command` オブジェクトに追加されるパラメーターを表現するために、`DB2Parameter` オブジェクトが使用されます。パラメーターにデータ・タイプ値を指定するときには、`IBM.Data.DB2Types` ネーム・スペースで使用可能な IBM Data Server Provider for .NET データ・タイプ値を使用する必要があります。 `IBM.Data.DB2Types` ネーム・スペースは、サポートされるそれぞれの DB2 SQL データ・タイプを表すクラスと構造を提供しています。

一時的に SQL データ・タイプ値を保持する可能性のあるパラメーターおよびローカル変数については、IBM.Data.DB2Types ネーム・スペースに定義されているとおりに、適切な IBM Data Server Provider for .NET データ・タイプを使用する必要があります。

注: `dbinfo` 構造は、パラメーターとして CLR の関数やプロシージャーに渡されます。 CLR UDF のスクラッチパッドと呼び出しタイプも、パラメーターとして CLR ルーチンに渡されます。これらのパラメーターに該当する CLR データ・タイプの詳細については、以下の関連トピックを参照してください。

- CLR ルーチンのパラメーター

以下の表は、DB2Type データ・タイプ、DB2 データ・タイプ、Informix データ・タイプ、Microsoft .NET Framework データ・タイプ、DB2Types クラスおよび構造の相互間のマッピングを示しています。

カテゴリー	DB2Types クラスおよび構造	DB2Type データ・タイプ	DB2 データ・タイプ	Informix データ・タイプ	.NET データ・タイプ
数値	DB2Int16	SmallInt	SMALLINT	BOOLEAN、SMALLINT	Int16
	DB2Int32	Integer	INT	INTEGER、INT、SERIAL	Int32
	DB2Int64	BigInt	BIGINT	INT8、SERIAL8	Int64
	DB2Real、DB2Real370	Real	REAL	REAL、SMALLFLOAT	Single
	DB2Double	Double	DOUBLE PRECISION	DECIMAL (≤31)、DOUBLE PRECISION	Double
	DB2Double	Float	FLOAT	DECIMAL (32)、FLOAT	Double
	DB2Decimal	Decimal	DECIMAL	MONEY	Decimal
	DB2DecimalFloat	DecimalFloat	DECFLOAT (16|34)[14]		Decimal
	DB2Decimal	Numeric	DECIMAL	DECIMAL (≤31)、NUMERIC	Decimal
Date/Time	DB2Date	Date	DATE	DATETIME (日付の精度)	Datetime
	DB2Time	Time	TIME	DATETIME (時刻の精度)	TimeSpan
	DB2TimeStamp	Timestamp	TIMESTAMP	DATETIME (時刻と日付の精度)	DateTime
XML	DB2Xml	Xml[2]	XML		Byte[]
文字データ	DB2String	Char	CHAR	CHAR	String
	DB2String	VarChar	VARCHAR	VARCHAR	String
	DB2String	LongVarChar[1]	LONG VARCHAR	LVARCHAR	String
バイナリー・データ	DB2Binary	Binary	CHAR FOR BIT DATA		Byte[]
	DB2Binary	Binary[3]	BINARY		Byte[]
	DB2Binary	VarBinary[3]	VARBINARY		Byte[]
	DB2Binary	LongVarBinary[1]	LONG VARCHAR FOR BIT DATA		Byte[]

1. これらのデータ・タイプは、DB2 .NET 共通言語ランタイム・ルーチンではパラメーターとしてサポートされていません。
2. タイプ DB2Type.Xml の DB2ParameterClass.ParameterName プロパティーは、次のタイプの変数を受け入れることができます。String、byte[]、DB2Xml、および XmlReader。
3. これらのデータ・タイプは、DB2 UDB for z/OS にのみ適用可能です。
4. このデータ・タイプは、DB2 for z/OS バージョン 9 以降のリリースと、DB2 for Linux, UNIX, and Windows バージョン 9.5 以降のリリースでのみサポートされます。

カテゴリー	DB2Types クラスおよび構造	DB2Type データ・タイプ	DB2 データ・タイプ	Informix データ・タイプ	.NET データ・タイプ
グラフィック・データ	DB2String	Graphic	GRAPHIC		String
	DB2String	VarGraphic	VARGRAPHIC		String
	DB2String	LongVarGraphic[1]	LONG VARGRAPHIC		String
LOB データ	DB2Clob	Clob	CLOB	CLOB、TEXT	String
	DB2Blob	Blob	BLOB	BLOB、BYTE	Byte[]
	DB2Clob	DbClob	DBCLOB		String
行 ID	DB2RowId	RowId	ROWID		Byte[]

.NET CLR ルーチンのパラメーター

.NET CLR ルーチンのパラメーター宣言は、サポートされているいずれかのパラメーター・スタイルの要件と、ルーチンで使用している特定の .NET 言語のパラメーター・キーワードの要件を満たしている必要があります。ルーチンがスクラッチパッドを使用する場合や、 dbinfo 構造を使用する場合や、 PROGRAM TYPE MAIN パラメーター・インターフェースを使用する場合には、追加の考慮事項があります。このトピックでは、CLR パラメーターに関するすべての考慮事項を取り上げます。

CLR ルーチンでサポートされているパラメーター・スタイル

ルーチンのパラメーター・スタイルは、ルーチンの作成時にそのルーチンの CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定する必要があります。外部 CLR ルーチン・コードのインプリメンテーションでは、そのパラメーター・スタイルを正確に反映しなければなりません。 CLR ルーチンでは、以下の DB2 パラメーター・スタイルがサポートされています。

- SQL (プロシージャーと関数に対応)
- GENERAL (プロシージャーにのみ対応)
- GENERAL WITH NULLS (プロシージャーにのみ対応)
- DB2SQL (プロシージャーと関数に対応)

これらのパラメーター・スタイルの詳細については、以下のトピックを参照してください。

- 外部ルーチン用のパラメーター・スタイル

CLR ルーチン・パラメーターの NULL 標識

CLR ルーチンに対して選択したパラメーター・スタイルのパラメーターに NULL 標識を指定する必要がある場合は、パラメーター・スタイルが NULL 標識のベクトルを必要とするときに、 NULL 標識を System.Int16 タイプ値または System.Int16[] 値として CLR ルーチンに渡します。

パラメーター・スタイル SQL のように、 NULL 標識を特殊パラメーターとしてルーチンに渡すことが必要なパラメーター・スタイルの場合は、各パラメーターで 1 つの System.Int16 NULL 標識が必要になります。

.NET 言語の場合は、特殊パラメーターの前に、そのパラメーターを値によって渡すのか、参照によって渡すのかを示すキーワードを付ける必要があります。ルーチン・パラメーターに使用するのと同じキーワードを、関連した NULL 標識パラメーターで使用しなければなりません。引数を値によって渡すのか、参照によって渡すのかを示すキーワードについては、以下に詳しく取り上げます。

パラメーター・スタイル SQL や、他のサポートされているパラメーター・スタイルの詳細については、以下のトピックを参照してください。

- 外部ルーチン用のパラメーター・スタイル

CLR ルーチンのパラメーターを値によって渡すか、参照によって渡すか

中間言語 (IL) のバイト・コードにコンパイルする .NET 言語のルーチンの場合は、パラメーターを値によって渡すか、参照によって渡すか、入力専用パラメーターか、出力専用パラメーターか、といったパラメーターのプロパティーを示すキーワードをパラメーターの前に置く必要があります。

パラメーター・キーワードは、それぞれの .NET 言語によって異なります。例えば、 C# の場合、パラメーターを参照によって渡すことを示すパラメーター・キーワードは ref ですが、 Visual Basic の場合は、 byRef キーワードによって参照渡しのパラメーターであることを示します。ルーチンの CREATE ステートメントに指定する SQL パラメーターの使用法 (IN、OUT、INOUT) を示すために、キーワードを使用する必要があります。

DB2 ルーチンで .NET 言語ルーチン・パラメーターにパラメーター・キーワードを適用するときには以下の規則が適用されます。

- IN タイプ・パラメーターは、 C# ではパラメーター・キーワードなしで宣言し、Visual Basic では byVal キーワードで宣言しなければなりません。
- INOUT タイプ・パラメーターは、参照渡しのパラメーターであることを示す言語固有のキーワードによって宣言しなければなりません。 C# の場合、該当するキーワードは ref です。 Visual Basic の場合、該当するキーワードは byRef です。
- OUT タイプ・パラメーターは、出力専用のパラメーターであることを示す言語固有のキーワードによって宣言しなければなりません。 C# の場合は、out キーワードを使用します。 Visual Basic の場合は、 byRef キーワードによってパラメーターを宣言する必要があります。出力専用パラメーターには、ルーチンが呼び出し元に戻る前に値を代入する必要があります。ルーチンが出力専用パラメーターに値を代入しない場合は、 .NET ルーチンのコンパイル時にエラーが発生します。

1 つの出力パラメーター language を戻すルーチンの C# のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャーのプロトタイプは、次のようになります。

```
public static void Counter  (out String language,
                             out Int16  languageNullInd,
                             ref String sqlState,
                                 String funcName,
                                 String funcSpecName,
                             ref String sqlMsgString,
                                 Byte[] scratchPad,
                                 Int32  callType);
```

ここでは、出力パラメーター language に関連する追加の NULL 標識パラメーター languageNullInd と、 SQLSTATE、ルーチン名、ルーチン固有名、オプションのユーザー定義 SQL エラー・メッセージを渡すパラメーターのために、パラメーター・スタイル SQL をインプリメントしています。また、パラメーターのパラメーター・キーワードを次のように指定しています。

- C# では、入力専用パラメーターにパラメーター・キーワードは必要ありません。
- C# では、'out' キーワードは、変数が出力パラメーター専用であり、その値が呼び出し元によって初期化されていないことを示します。
- C# では、'ref' キーワードは、パラメーターが呼び出し元によって初期化されており、ルーチンがオプションでこの値を変更できることを示します。

.NET 言語のパラメーター・キーワードについては、パラメーターの受け渡しに関する .NET 言語固有の資料を参照してください。

注: DB2 は、すべてのパラメーターに関するメモリーの割り振りを制御し、ルーチンとの間で受け渡しが行われるすべてのパラメーターへの CLR 参照を管理します。

プロシージャーの結果セットのためのパラメーター・マーカーは不要

プロシージャーのプロシージャー宣言内で、呼び出し元に戻される結果セットのためのパラメーター・マーカーは不要です。 CLR ストアード・プロシージャー内部からクローズされないカーソル・ステートメントはすべて、その呼び出し元に結果セットとして戻されます。

CLR ルーチンの結果セットの詳細については、以下を参照してください。

•

CLR パラメーターとしての dbinfo 構造

CLR ルーチンでは、ルーチンとの間で追加のデータベース情報パラメーターを受け渡すための dbinfo 構造を、 IL の dbinfo クラスの使用によってサポートしています。このクラスには、ストリングに関連した長さフィールドを除いて、 C 言語の sqludf_dbinfo 構造にあるすべてのエレメントが含まれています。各ストリングの長さは、 .NET 言語の各ストリングの Length プロパティーによって検出できます。

dbinfo クラスにアクセスするには、単に、対象のルーチンが含まれるファイルに IBM.Data.DB2 アセンブリーを含め、タイプ sqludf_dbinfo のパラメーターを、ルーチンのシグニチャーの中の、使用されているパラメーター・スタイルによって指定される位置に追加します。

CLR パラメーターとしての UDF スクラッチパッド

ユーザー定義関数のためのスクラッチパッドを要求する場合は、指定のサイズの System.Byte[] パラメーターとしてスクラッチパッドをルーチンに渡します。

CLR UDF の呼び出しタイプ・パラメーターまたは最終呼び出しパラメーター

最終呼び出しパラメーターまたは表関数を要求したユーザー定義関数の場合は、呼び出しタイプ・パラメーターを System.Int32 データ・タイプとしてルーチンに渡します。

CLR プロシージャーでサポートされている PROGRAM TYPE MAIN

.NET CLR プロシージャーでは、プログラム・タイプ MAIN がサポートされています。プログラム・タイプ MAIN を使用するプロシージャーを定義する場合は、以下のシグニチャーが必要です。

```
void functionname(Int32 NumParams, Object[] Params)
```

.NET CLR プロシージャーからの結果セットの戻り

呼び出し側のルーチンまたはアプリケーションに結果セットを戻す CLR プロシージャーを開発できます。 CLR 関数 (UDF) から結果セットを戻すことはできません。

結果セットの .NET 表現は、DB2DataReader オブジェクトです。このオブジェクトは、 DB2Command オブジェクトのさまざまな実行呼び出しのいずれかから戻すことができます。戻すことができるのは、プロシージャーの戻りの前に Close() メソッドが明示的に呼び出されなかった DB2DataReader オブジェクトです。結果セットが呼び出し元に戻される順序は、 DB2DataReader オブジェクトがインスタンス化された順序と同じです。結果セットを戻すために、関数定義で追加のパラメーターを指定する必要はありません。

CLR ルーチンの作成方法を理解しておくと、CLR プロシージャーから結果を戻すための以下の手順のステップを容易に理解できます。

- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』

CLR プロシージャーから結果セットを戻すには、次のようにします。

1. CLR ルーチンの CREATE PROCEDURE ステートメントでは、他にも適切な節を指定する中で、特に DYNAMIC RESULT SETS 節に、プロシージャーによって戻される結果セットの数と等しい値を指定しなければなりません。
2. プロシージャー宣言内で、呼び出し元に戻される結果セットのためのパラメーター・マーカーは不要です。
3. CLR ルーチンの .NET 言語インプリメンテーションでは、 DB2Connection オブジェクト、DB2Command オブジェクト、 DB2Transaction オブジェクトを作成します。 DB2Transaction オブジェクトは、データベース・トランザクションのロールバックとコミットを担当します。
4. DB2Transaction オブジェクトに対する DB2Command オブジェクトの Transaction プロパティーを初期化します。
5. 戻したい結果セットを定義する DB2Command オブジェクトの CommandText プロパティーにストリング照会を割り当てます。

6. DB2DataReader をインスタンス化し、 DB2Command オブジェクトの ExecuteReader メソッドの呼び出しの結果をそのインスタンスに割り当てます。照会の結果セットは、DB2DataReader オブジェクトに組み込まれます。
7. DB2DataReader オブジェクトの Close() メソッドは、プロシージャーが呼び出し元に戻る前に実行してはなりません。オープンしている DB2DataReader オブジェクトが、結果セットとして呼び出し元に戻されます。

   プロシージャーの戻り時に複数の DB2DataReader がオープンしたままになっていると、それぞれの DB2DataReader が作成順に呼び出し元に戻されます。CREATE PROCEDURE ステートメントで指定した数の結果セットだけが呼び出し元に戻されます。
8. .NET CLR 言語プロシージャーをコンパイルし、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節で指定するロケーションにアセンブリーをインストールします。 CLR プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントをまだ実行していない場合は、実行してください。
9. CLR プロシージャー・アセンブリーを適切な場所にインストールして、CREATE PROCEDURE ステートメントを正常に実行したなら、CALL ステートメントでプロシージャーを呼び出し、結果セットが呼び出し元に戻されるのを確認してください。

CLR ルーチンのセキュリティーおよび実行モード

データベース管理者またはアプリケーション開発者であれば、DB2 外部ルーチンに関連付けられているアセンブリーを、実行時のルーチンのアクションを制限する厄介な改ざんから保護することもできます。 DB2 .NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチンは、実行制御モードの指定をサポートします。この指定により、実行時にルーチンが行えるアクションのタイプを識別できます。実行時に DB2 は、ルーチンがその指定された実行制御モードの有効範囲を越えてアクションを実行しようとしていないかどうかを検出できます。これはアセンブリーが破損していないかどうかを判別するときに役に立ちます。

CLR ルーチンの実行制御モードを設定するには、ルーチンの CREATE ステートメントにオプションの EXECUTION CONTROL 節を指定します。有効なモードは以下のとおりです。

- SAFE
- FILEREAD
- FILEWRITE
- NETWORK
- UNSAFE

既存の CLR ルーチンの実行制御モードに対して変更を加えるには、ALTER PROCEDURE または ALTER FUNCTION ステートメントを実行します。

CLR ルーチンで EXECUTION CONTROL 節が指定されない場合、デフォルトで CLR ルーチンは、制限度の最も高い実行制御モードである SAFE モードを使って実行されます。この実行制御モードを使って作成されるルーチンは、データベース・マネージャーによって制御されるリソースにのみアクセスできます。これより制限度の低い実行制御モードのルーチンでは、ファイルへのアクセス (FILEREAD

または FILEWRITE)、または Web ページへのアクセスなどのネットワーク操作の実行 (NETWORK) が可能です。実行制御モード UNSAFE は、ルーチンの振る舞いに制限を課さないことを指定します。 UNSAFE 実行制御モードを使って定義されるルーチンは、バイナリー・コードを実行することができます。

これらのモードは許容アクションの階層を表し、階層内の高いレベルのモードは、それよりも低いレベルの許容アクションを包含します。例えば、実行制御モードが NETWORK のルーチンは、インターネット上の Web ページへのアクセス、ファイルの読み取りおよび書き込み、およびデータベース・マネージャーが制御しているリソースへのアクセスが可能です。できる限り制限度の高い実行制御モードを使用することと、UNSAFE モードの使用を避けることをお勧めします。

CLR ルーチンがその実行制御モードの有効範囲を越えてアクションを試行していることを DB2 が実行時に検出した場合、DB2 はエラー (SQLSTATE 38501) を戻します。

EXECUTION CONTROL 節は、LANGUAGE CLR ルーチンに対してのみ指定することができます。 EXECUTION CONTROL 節の適用度の有効範囲は .NET CLR ルーチンそのものに限られ、他のいかなるルーチンにも (EXECUTION CONTROL 節によって呼び出せるとしても) 拡張されません。

サポートされる実行制御モードの詳細については、該当するルーチン・タイプの CREATE ステートメントの構文を参照してください。

.NET CLR ルーチンに関する制約事項

すべての外部ルーチンまたは特定のルーチン・クラス (プロシージャーや UDF) のインプリメンテーションに当てはまる一般的な制約事項は、 CLR ルーチンにも当てはまります。また、CLR ルーチンだけに該当する制約事項もいくつかあります。ここでは、その種の制約事項を取り上げます。

LANGUAGE CLR 節付きの CREATE METHOD ステートメントはサポートされていない

CLR アセンブリーを参照する DB2 構造化タイプの外部メソッドは作成できません。 LANGUAGE 節に CLR という値を指定した CREATE METHOD ステートメントの使用は、サポートされていません。

CLR プロシージャーは NOT FENCED プロシージャーとしてインプリメントできない

CLR プロシージャーを unfenced プロシージャーとして実行することはできません。 CLR プロシージャーを作成する CREATE PROCEDURE ステートメントでは、 NOT FENCED 節を指定できません。

EXECUTION CONTROL 節がルーチンに含まれているロジックを制限する

EXECUTION CONTROL 節および関連値は、.NET CLR ルーチンで実行できるロジックおよび操作のタイプを決定します。デフォルトでは、EXECUTION CONTROL 節の値は SAFE に設定されます。ファイルの読み取り、ファイルへの書き込みを行ったり、インターネットにアクセスするルーチン・ロジックの場合、EXECUTION

CONTROL 節にはデフォルト以外の値および制約の少ない値を指定する必要があります。

CLR ルーチンの 10 進数の最大精度は 29、最大スケールは 28

DB2 の DECIMAL データ・タイプは、31 桁の精度と 28 桁のスケールで表現します。 .NET CLR の System.Decimal データ・タイプは、29 桁の精度と 28 桁のスケールに制限されます。したがって、DB2 の外部 CLR ルーチンで、(2^96)-1 (29 桁の精度と 28 桁のスケールで表せる最大値) より大きい値を持つ System.Decimal データ・タイプに値を割り当てないでください。こうした割り当てが行われると、DB2 で実行時エラー (SQLSTATE 22003、SQLCODE -413) が発生します。ルーチンの CREATE ステートメントの実行時にスケールが 28 桁より大きい DECIMAL データ・タイプ・パラメーターが定義されていると、DB2 でエラー (SQLSTATE 42613、SQLCODE -628) が発生します。

DB2 でサポートされている精度とスケールの最大桁数を利用した 10 進数値をルーチンで操作する必要がある場合は、別のプログラム言語 (Java など) で外部ルーチンをインプリメントしてください。

CLR ルーチンでサポートされていないデータ・タイプ

CLR ルーチンでは、以下の DB2 SQL データ・タイプがサポートされていません。

- LONG VARCHAR
- LONG VARCHAR FOR BIT DATA
- LONG GRAPHIC
- ROWID

64 ビットのインスタンス上での 32 ビットの CLR ルーチンの実行

現時点で、 64 ビットのオペレーティング・システムには .NET Framework をインストールできないので、 CLR ルーチンを 64 ビットのインスタンスで実行することはできません。

.NET CLR はセキュリティー・プラグインのインプリメントに非対応

セキュリティー・プラグイン・ライブラリーのソース・コードのコンパイルおよびリンクにおいて、.NET CLR はサポートされません。

.NET CLR ルーチンの作成

.NET CLR ルーチンの作成は、以下から構成されます。

- DB2 データベース・サーバーでルーチンを定義する CREATE ステートメントの実行
- ルーチン定義に対応するルーチン・インプリメンテーションの開発

.NET CLR ルーチンを作成する方法は、以下に従ってください。

- DB2 Database Development Add-In for Visual Studio .NET 1.2 のグラフィック・ツールを使用する
- DB2 コマンド・ウィンドウを使用する

一般に、最も簡単な方法は、DB2 Database Development Add-In for Visual Studio .NET 1.2 を使用して .NET CLR ルーチンを作成することです。これが使用できない場合は、DB2 コマンド・ウィンドウがコマンド行インターフェースを介して同様のサポートを提供します。

前提条件

- 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』を確認します。
- DB2 バージョン 9 サーバー (インスタンスおよびデータベースを含む) にアクセスしていることを確認します。
- オペレーティング・システムのバージョン・レベルが、DB2 データベース製品でサポートされているものであることを確認します。
- Microsoft .NET 開発ソフトウェアのバージョン・レベルが、.NET CLR ルーチン開発にサポートされるものであることを確認します。
- CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントを実行する権限。

CLR ルーチンに関連した制約事項のリストについては、以下を参照してください。

- 174 ページの『.NET CLR ルーチンに関する制約事項』

以下のいずれかのインターフェースからの .NET CLR ルーチンの作成:

- IBM DB2 Development Add-In for Microsoft Visual Studio .NET 1.2 もインストールされる場合には、Visual Studio .NET。 Add-In がインストールされているなら、DB2 データベース・サーバーで動作する .NET CLR ルーチンを作成するために、Visual Studio .NET に統合されたグラフィック・ツールを使用できます。
- DB2 コマンド・ウィンドウ

DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成するには、以下を参照してください。

- 『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』

DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する

中間言語アセンブリーを参照するプロシージャーと関数の作成方法は、他の外部ルーチンの場合と同じです。 .NET 言語で外部ルーチンをインプリメントするのは、以下のような場合です。

- データベースにアクセスするルーチンや、データベースの外部でアクションを実行するルーチンに複雑なロジックをカプセル化したい場合。
- 複数のアプリケーション、CLP、他のルーチン (プロシージャー、関数 (UDF)、メソッド)、トリガーのいずれかから、カプセル化されたロジックを呼び出す必要のある場合。
- そのロジックのコーディングに .NET 言語が最も使いやすいと感じる場合。

前提条件

- CLR ルーチンのインプリメンテーションに関する知識。 CLR ルーチンの概要や CLR のフィーチャーについては、以下を参照してください。
  - 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』

- データベース・サーバーが Microsoft .NET Framework をサポートする Windows オペレーティング・システムを実行していること。
- .NET Framework バージョン 1.1 または 2.0 がサーバーにインストールされていること。 .NET Framework は単独で、または Microsoft .NET Framework 1.1 Software Development Kit または .NET Framework 2.0 Software Development Kit の一部として使用できます。
-

  以下のバージョンの DB2 がインストールされていることが必要です。
  - サーバー: DB2 8.2 以降のリリース。
  - クライアント: DB2 8.2 インスタンスにアタッチできるクライアントであれば、 CLR ルーチンを呼び出せます。クライアントに DB2 バージョン 7.2 以降のリリースをインストールすることをお勧めします。
- 外部ルーチンを作成する CREATE ステートメントの実行権限。 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントの実行に必要な特権については、該当するステートメントの詳細を参照してください。

CLR ルーチンに関連した制約事項のリストについては、以下を参照してください。

- 174 ページの『.NET CLR ルーチンに関する制約事項』

手順

1. CLR でサポートされている言語でルーチン・ロジックをコーディングします。
   - .NET CLR ルーチンの概要や .NET CLR ルーチンのフィーチャーについては、「前提条件」のセクションで示したトピックを参照してください。
   - ルーチンで SQL を実行する場合は、`IBM.Data.DB2` アセンブリーを使用するか、インポートします。
   - DB2 SQL データ・タイプにマップするデータ・タイプを使用して、ホスト変数とパラメーターを正しく宣言します。 DB2 データ・タイプと .NET データ・タイプの間のマッピングについては、以下を参照してください。
     - 167 ページの『.NET CLR ルーチンでの SQL データ・タイプの表記』
   - DB2 がサポートするパラメーター・スタイルのいずれかを使用し、 .NET CLR ルーチンのパラメーター要件に従って、パラメーターとパラメーターの NULL 標識を宣言する必要があります。また、UDF のスクラッチパッドと DBINFO クラスをパラメーターとして CLR ルーチンに渡します。パラメーターとプロトタイプ宣言の詳細については、以下を参照してください。
     - 169 ページの『.NET CLR ルーチンのパラメーター』
   - ルーチンがプロシージャーで、ルーチンの呼び出し元に結果セットを戻したい場合、結果セット用のパラメーターは必要ありません。 CLR ルーチンから結果セットを戻す方法の詳細については、以下を参照してください。
     - 172 ページの『.NET CLR プロシージャーからの結果セットの戻り』
   - 必要に応じてルーチンの戻り値を設定します。 CLR スカラー関数の場合は、値を戻す前に戻り値を設定する必要があります。 CLR 表関数の戻りコードは、表関数の呼び出しごとに出力パラメーターとして指定しなければなりません。 CLR プロシージャーは戻り値を戻しません。

2. CLR で実行できる中間言語 (IL) アセンブリーにコードをビルドします。 DB2 にアクセスする CLR .NET ルーチンの作成方法については、以下のトピックを参照してください。
   - 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』
3. そのアセンブリーをデータベース・サーバー上の DB2 *function* ディレクトリーにコピーします。 DB2 ルーチンに関連したアセンブリーまたはライブラリーは、 function ディレクトリーに保管することをお勧めします。 function ディレクトリーの詳細については、 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントのいずれかの EXTERNAL 節を参照してください。

   アセンブリーをサーバー上の別のディレクトリーにコピーすることもできますが、ルーチンを正常に呼び出すには、アセンブリーの完全修飾パス名をメモしておく必要があります。次のステップでこれが必要になるからです。
4. 該当するルーチン・タイプの SQL 言語 CREATE ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) を動的または静的に実行します。
   - LANGUAGE 節に、CLR という値を指定します。
   - PARAMETER STYLE 節に、ルーチン・コードでインプリメントした有効なパラメーター・スタイルの名前を指定します。
   - EXTERNAL 節に、ルーチンと関連したアセンブリーの名前を指定します。そのためには、以下のいずれかの値を使用します。
     – ルーチン・アセンブリーの完全修飾パス名。
     – function ディレクトリーを基準にしたルーチン・アセンブリーの相対パス名。

     EXTERNAL 節にライブラリーの完全修飾パス名または相対パス名を指定しない場合、 DB2 はデフォルトで、 function ディレクトリー内でアセンブリーの名前を探します。

     CREATE ステートメントを実行した後、 EXTERNAL 節に指定したアセンブリーを DB2 が見つけられない場合は、理由コード 1 のエラー (SQLCODE -20282) が発生します。
   - DYNAMIC RESULT SETS 節に、ルーチンによって戻される結果セットの最大数と等しい整数値を指定します。
   - CLR プロシージャーに NOT FENCED 節を指定することはできません。 CLR プロシージャーはデフォルトで、FENCED プロシージャーとして実行されます。

.NET CLR ルーチン・コードのビルド

.NET CLR ルーチンのインプリメンテーション・コードを作成したなら、ルーチン・アセンブリーをデプロイしてルーチンを呼び出せるようにするには、その前にインプリメンテーション・コードをビルドする必要があります。 .NET CLR ルーチンのビルドに必要なステップは、外部ルーチンのビルドに必要なステップに似ていますが、いくつかの点で異なります。

.NET CLR ルーチンをビルドするには、次の 3 とおりの方法があります。

- DB2 Database Development Add-In for Visual Studio .NET 1.2 のグラフィック・ツールを使用する
- DB2 サンプル・バッチ・ファイルを使用する
- DB2 コマンド・ウィンドウからコマンドを入力する

ルーチン用の DB2 サンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルは、デフォルトでサポートされるコンパイラーを使用する特定のオペレーティング・システムのためのユーザー作成ルーチンだけでなく、DB2 サンプル・ルーチン (プロシージャーおよびユーザー定義関数) 用に設計されています。

C# および Visual Basic 用の DB2 サンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルには個別セットがあります。一般に、.NET CLR ルーチンをビルドするには、グラフィック・ツールまたはビルド・スクリプト (必要に応じて容易に変更できる) を使用するのが最も簡単な方法ですが、DB2 コマンド・ウィンドウからルーチンをビルドする方法も知っておくと、いろいろと役に立ちます。

サンプル・ビルド・スクリプトを使った .NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン・コードのビルド

.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチンのソース・コードのビルドは、.NET CLR ルーチン作成の副次作業です。この作業は DB2 サンプル・バッチ・ファイルを使用することにより、迅速かつ簡単に行うことができます。サンプル・ビルド・スクリプトは、SQL ステートメントを含むソース・コードにも含まないソース・コードにも使用できます。ビルド・スクリプトはビルド済みアセンブリーの `function` ディレクトリーへのコンパイル、リンク、およびデプロイメントを処理します。

別の方法として、Visual Studio .NET によって .NET CLR ルーチン・コードのビルド作業を単純化するか、または DB2 サンプル・ビルド・スクリプトのステップを手動で行うことができます。次のトピックを参照してください。

- Building .NET common language runtime (CLR) routines in Visual Studio .NET
- DB2 コマンド・ウィンドウによる .NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチンの作成

C# および Visual Basic .NET CLR ルーチンをビルドするためのプログラミング言語固有のサンプル・ビルド・スクリプトには `bldrtn` という名前があります。これを使用してビルドできるサンプル・プログラムと一緒に、次の DB2 ディレクトリーに置かれています。

- C: の場合 `sqllib/samples/cs/`
- C++: の場合 `sqllib/samples/vb/`

`bldrtn` スクリプトを使用して、プロシージャーとユーザー定義関数の両方を含むソース・コード・ファイルをビルドすることができます。このスクリプトは、以下の処理を行います。

- ユーザーが指定したデータベースとの接続を確立する
- ソース・コードをコンパイルしてリンクし、.DLL というファイル接尾部を持つアセンブリーを生成する
- アセンブリーをデータベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする

bldrtn スクリプトは、次の 2 つの引数を受け入れます。

- ソース・コード・ファイルの名前 (ファイル接尾部なし)
- 接続が確立される先のデータベースの名前

データベース・パラメーターはオプションです。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。ルーチンはデータベースがあるインスタンスと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID とパスワードのための引数は不要です。

前提条件

- 必要な .NET CLR ルーチンのオペレーティング・システムおよび開発ソフトウェアの前提要件を満たしている必要があります。 『Support for .NET CLR routine development』を参照してください。
- 1 つ以上のルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイル
- 現行 DB2 インスタンス内の、ルーチンが作成されるデータベースの名前。

手順

1 つ以上のルーチン・コード・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドするには、以下のステップを実行します。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。
2. ソース・コード・ファイルを bldrtn スクリプト・ファイルと同じディレクトリーにコピーする。
3. サンプル・データベースにルーチンを作成する場合は、次のように、ビルド・スクリプト名に続いて、ソース・コード・ファイルの名前 (.cs または .vb ファイル拡張子なし) を入力する。

   ```
   bldrtn <file-name>
   ```

   別のデータベースにルーチンを作成する場合は、次のように、ビルド・スクリプト名、ソース・コード・ファイル名 (ファイル拡張子なし)、データベース名を入力します。

   ```
   bldrtn <file-name> <database-name>
   ```

   スクリプトによってソース・コードのコンパイルとリンクが行われ、アセンブリーが生成されます。次に、スクリプトによってアセンブリーがデータベース・サーバーの function ディレクトリーにコピーされます。
4. ルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドしたのが今回が初めてでない場合は、データベースを停止してから再始動することにより、DB2 で新しいバージョンの共用ライブラリーが使用されるようにする。これを行うには、コマンド行で db2stop に続けて db2start を入力します。

ルーチン共用ライブラリーのビルドとデータベース・サーバー上の function ディレクトリーへのデプロイが正常に終了したなら、C および C++ ルーチンの作成作業に関連したステップを完了する必要があります。

.NET CLR ルーチンの作成には、ソース・コード・ファイルにインプリメントされたルーチンごとに CREATE ステートメントを実行するというステップが含まれます。ルーチンの作成が完了すると、ルーチンを呼び出すことができます。

DB2 コマンド・ウィンドウからの .NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン・コードのビルド

.NET CLR ルーチンのソース・コードのビルドは、.NET CLR ルーチン作成の副次作業です。この作業は、DB2 コマンド・ウィンドウから手動で行うことができます。ルーチン・コードに SQL ステートメントが含まれているかどうかにかかわらず、同じ手順で進めることができます。この作業ステップには、.NET CLR がサポートするプログラミング言語で作成されたソース・コードを、.DLL ファイル接尾部を持つアセンブリーにコンパイルする処理が含まれます。

別の方法として、Visual Studio .NET で行う方法と、DB2 サンプル・ビルド・スクリプトを使用する方法により、.NET CLR ルーチン・コードをビルド作業が簡単になります。次のトピックを参照してください。

- Building .NET common language runtime (CLR) routines in Visual Studio .NET
- Building .NET common language runtime (CLR) routines using sample build scripts

前提条件

- 必須のオペレーティング・システムと .NET CLR ルーチン開発のソフトウェア前提条件が満たされていること。 『Support for .NET CLR routine development』を参照してください。
- 1 つ以上の .NET CLR ルーチン・インプリメンテーションを含む、サポートされている .NET CLR プログラミング言語で作成されたソース・コード。
- 現行 DB2 インスタンス内の、ルーチンが作成されるデータベースの名前。
- .NET CLR ルーチンをビルドするのに必要な、オペレーティング環境固有のコンパイルおよびリンク・オプション。

1 つ以上の .NET CLR ルーチン・コード・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドするには、以下のステップを実行します。各ステップを示した例が後に続きます。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。
2. ソース・コード・ファイルを含むディレクトリーにナビゲートする。
3. ルーチンが作成されるデータベースとの接続を確立する。
4. ソース・コード・ファイルをコンパイルする。
5. ソース・コード・ファイルをリンクして共用ライブラリーを生成する。ここでは、DB2 固有のコンパイルおよびリンク・オプションを使用する必要があります。
6. .DLL ファイル接尾部を持つアセンブリー・ファイルを、データベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする。
7. ルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドしたのが今回が初めてでない場合は、データベースを停止してから再始動することにより、DB2 で新しいバージョンの共用ライブラリーが使用されるようにする。これを行うには、db2stop コマンドに続けて db2start コマンドを実行します。

ルーチン・ライブラリーのビルドとデプロイが正常に終了したなら、.NET CLR ルーチンの作成作業に関連したステップを完了する必要があります。 .NET CLR ルーチンの作成には、ソース・コード・ファイルにインプリメントされたルーチンごとに CREATE ステートメントを実行するというステップが含まれます。ルーチンを呼び出せるようにするには、このステップも完了しなければなりません。

例

以下は、.NET CLR ソース・コード・ファイルの再ビルドを示した例です。ルーチン・インプリメンテーションを含む、myVBfile.vb という名前の Visual Basic コード・ファイルと myCSfile.cs という名前の C# コード・ファイルの、両方の場合のステップを示しています。ルーチンは Windows 2000 オペレーティング・システム上でビルドされ、Microsoft .NET Framework 1.1 を使用して 64 ビット・アセンブリーが生成されます。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。
2. ソース・コード・ファイルを含むディレクトリーにナビゲートする。
3. ルーチンが作成されるデータベースとの接続を確立する。

   ```
   db2 connect to <database-name>
   ```

4. コンパイルとリンクの推奨オプションを使用してソース・コード・ファイルをコンパイルする ($DB2PATH は DB2 インスタンスのインストール・パスです。コマンドを実行する前にこの値を置き換えてください)。

   ```
   C# example
   ====================
   csc /out:myCSfile.dll /target:library
       /reference:$DB2PATH%¥bin¥netf11¥IBM.Data.DB2.dll myCSfile.cs

   Visual Basic example
   ====================
   vbc /target:library /libpath:$DB2PATH¥bin¥netf11
       /reference:$DB2PATH¥bin¥netf11¥IBM.Data.DB2.dll
       /reference:System.dll
       /reference:System.Data.dll myVBfile.vb
   ```

   エラーがある場合は、コンパイラーによって出力が生成されます。このステップで、myfile.exp という名前のエクスポート・ファイルが生成されます。

5. 共用ライブラリーをデータベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする。

   ```
   C# example
   ====================
   rm -f ~HOME/sqllib/function/myCSfile.DLL
   cp myCSfile $HOME/sqllib/function/myCSfile.DLL

   Visual Basic example
   ====================
   rm -f ~HOME/sqllib/function/myVBfile.DLL
   cp myVBfile $HOME/sqllib/function/myVBfile.DLL
   ```

   このステップで、DB2 がルーチン・ライブラリーを探すデフォルト・ディレクトリーにルーチン・ライブラリーが置かれます。ルーチン・ライブラリーのデプロイについての詳細は、.NET CLR ルーチンの作成に関するトピックを参照してください。

6. これは以前にビルドされたルーチン・ソース・コード・ファイルの再ビルドなので、データベースを停止して再始動する。

```
db2stop
db2start
```

.NET CLR ルーチンのビルドは一般に、オペレーティング環境固有のサンプル・ビルド・スクリプトを使用して行うのが最も簡単です。このスクリプトは、コマンド行からルーチンをビルドする方法の参考として使用できます。

CLR .NET ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、samples¥.NET¥cs¥bldrtn.bat および samples¥.NET¥vb¥bldrtn.bat バッチ・ファイルに示されているように、Windows 上で Microsoft Visual Basic .NET コンパイラーまたは Microsoft C# コンパイラーのどちらかを使用して、Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンを構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション
Microsoft C# コンパイラーを使用したコンパイルとリンクのオプション **csc** Microsoft C# コンパイラー **/out:%1.dll /target:library** ダイナミック・リンク・ライブラリーをストアード・プロシージャーのアセンブリー DLL として出力します。 **/debug** デバッガーを使用します。 **/lib: "%DB2PATH%"¥bin¥netf20¥** .NET Framework バージョン 2.0 のライブラリー・パスを使用します。 アプリケーション用にサポートされている .NET Framework のバージョンは 3 つあります。バージョン 1.1、バージョン 2.0、およびバージョン 3.0 です。それぞれのダイナミック・リンク・ライブラリーは、別々のサブディレクトリーにあります。.NET Framework バージョン 1.1 の場合には "%DB2PATH%"¥bin¥netf11 サブディレクトリーを使用します。 .NET Framework バージョン 2.0 および 3.0 の場合には "%DB2PATH%"¥bin¥netf20 サブディレクトリーを使用します。 **/reference:IBM.Data.DB2.dll** IBM Data Server Provider for .NET の DB2 ダイナミック・リンク・ライブラリーを使用します。 他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Microsoft Visual Basic .NET コンパイラーを使用したコンパイルとリンクのオプション

vbc Microsoft Visual Basic .NET コンパイラー。

/out:%1.dll /target:library
ダイナミック・リンク・ライブラリーをストアード・プロシージャーのアセンブリー DLL として出力します。

/debug デバッガーを使用します。

/libpath:"%DB2PATH%"¥bin¥netf20¥
.NET Framework バージョン 2.0 のライブラリー・パスを使用します。

アプリケーション用にサポートされている .NET Framework のバージョンは 3 つあります。バージョン 1.1、バージョン 2.0、およびバージョン 3.0 です。それぞれのダイナミック・リンク・ライブラリーは、別々のサブディレクトリーにあります。.NET Framework バージョン 1.1 の場合には "%DB2PATH%"¥bin¥netf11 サブディレクトリーを使用します。 .NET Framework バージョン 2.0 および 3.0 の場合には "%DB2PATH%"¥bin¥netf20 サブディレクトリーを使用します。

/reference:IBM.Data.DB2.dll
IBM Data Server Provider for .NET の DB2 ダイナミック・リンク・ライブラリーを使用します。

/reference:System.dll
Microsoft Windows の System ダイナミック・リンク・ライブラリーを参照します。

/reference:System.Data.dll
Microsoft Windows の System Data ダイナミック・リンク・ライブラリーを参照します。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

.NET CLR ルーチンのデバッグ

ルーチンの作成やルーチンの呼び出しに失敗する場合、またはルーチンの呼び出し時にそれが期待どおりに動作または実行しない場合は、.NET CLR ルーチンのデバッグが必要となる可能性があります。

.NET CLR ルーチンをデバッグするときには、以下を考慮に入れてください。

- .NET CLR ルーチン開発用にサポートされるオペレーティング・システムが使用されていることを確認します。
- .NET CLR ルーチン開発用にサポートされる DB2 データベース・サーバーと DB2 クライアントの両方が使用されていることを確認します。
- サポートされる Microsoft .NET Framework 開発ソフトウェアが使用されていることを確認します。
- ルーチンの作成が失敗した場合、以下のようにします。
  - ユーザーが CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントを実行するのに必要な権限および特権を持っていることを確認します。
- ルーチンの呼び出しが失敗した場合、以下のようにします。
  - ユーザーがルーチンを実行するための権限を持っていることを確認します。エラー (SQLCODE -551, SQLSTATE 42501) が発生する場合、呼び出し側に、ル

ーチンの EXECUTE 特権が付与されていないことが原因である可能性が高いと言えます。この特権を付与できるのは、SYSADM 許可、DBADM 許可を持つユーザーか、ルーチンの定義者です。

- CREATE ステートメントで使用されるルーチン用のルーチン・パラメーター・シグニチャーが、ルーチン・インプリメンテーションのルーチン・パラメーター・シグニチャーと一致することを確認します。
- ルーチン・インプリメンテーションで使用されるデータ・タイプが、CREATE ステートメントのルーチン・パラメーター・シグニチャーで指定されたデータ・タイプと互換性があることを確認します。
- ルーチン・インプリメンテーションでは、パラメーターを (値別または参照別に) 受け渡さなければならないメソッドを示すために使用される .NET CLR 言語固有キーワードが有効であることを確認します。
- CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントの EXTERNAL 節で指定される値が、ルーチン・インプリメンテーションを含む .NET CLR アセンブリーが、DB2 データベース・サーバーがインストールされているコンピューターのファイル・システム上にある場所と一致することを確認します。
- ルーチンが関数の場合、適用できる呼び出しタイプのすべてがルーチン・インプリメンテーションで正しくプログラムされていることを確認します。 FINAL CALL 節を使用してルーチンが定義されている場合には、これが特に重要です。

- ルーチンが期待どおりに動作しない場合、以下のようにします。
  - ルーチンが診断情報をグローバル・アクセス可能なディレクトリーにあるファイルに出力するように、ルーチンを変更します。診断情報を画面に出力することは、.NET CLR ルーチンからは行えません。 DB2 データベース・マネージャーまたは DB2 データベースによって使用されるディレクトリー内のファイルに出力を送らないでください。
  - ルーチンのエントリー・ポイントを直接呼び出す単純な .NET アプリケーションを作成して、ルーチンをローカル側でデバッグします。 Microsoft Visual Studio .NET でのデバッグ・フィーチャーの使用方法について詳しくは、Microsoft Visual Studio .NET コンパイラーの資料を調べてください。

.NET CLR ルーチンの作成および呼び出しに関連する共通エラーについて詳しくは、以下を参照してください。

- 『.NET CLR ルーチンに関連したエラー』

.NET CLR ルーチンに関連したエラー

外部ルーチンのインプリメンテーションは基本的に共通ですが、CLR ルーチンに固有の DB2 エラーもいくつか発生します。このリファレンスでは、最もよく発生する .NET CLR 関連のエラーを SQLCODE ごと、または動作ごとに取り上げ、それぞれのデバッグのための提案を示します。ルーチンに関連した DB2 エラーは、以下のように分類できます。

ルーチン作成時のエラー
ルーチンを作成する CREATE ステートメントの実行時に発生するエラーです。

ルーチン実行時のエラー
ルーチンの呼び出し時または実行時に発生するエラーです。

DB2 のルーチンに関連したエラーが DB2 によっていつ検出されるかにかかわりなく、エラー・メッセージのテキストには、エラーの原因と、その問題を解決するためにユーザーが行うべき処置が詳しく説明されています。ルーチン・エラーのシナリオに関するその他の情報については、 db2diag.log 診断ログ・ファイルを参照してください。

CLR ルーチン作成時のエラー

SQLCODE -451、SQLSTATE 42815
このエラーは、 LANGUAGE 節に CLR という値を指定した外部メソッド宣言を含んだ CREATE TYPE ステートメントを実行しようとしたときに発生します。現時点で、 CLR アセンブリーを参照する構造化タイプの DB2 外部メソッドは作成できません。 LANGUAGE 節を変更して、そのメソッドでサポートされている言語を指定し、その代替言語でメソッドをインプリメントしてください。

SQLCODE -449、SQLSTATE 42878
CLR ルーチンを作成する CREATE ステートメントの EXTERNAL NAME 節に、無効な形式のライブラリー指定または関数指定が含まれています。 CLR 言語の場合、 EXTERNAL 節の値は、'<a>:<b>!<c>' という厳密な形式でなければなりません。それぞれの意味は、次のとおりです。

- <a> は CLR アセンブリー・ファイルです。このファイルの中に対象のクラスが存在しています。
- <b> はクラスです。このクラスの中に呼び出し対象のメソッドが含まれています。
- <c> は呼び出し対象のメソッドです。

単一引用符、オブジェクト ID、分離文字の間に先行ブランクと末尾ブランクを入れてはなりません (例えば、' <a> ! <b> ' は無効です)。ただし、プラットフォームによっては、パス名とファイル名にブランクを組み込むことは可能です。どんなファイル名についても、短形式の名前 (例: math.dll) と完全修飾パス名 (例: d:¥udfs¥math.dll) のどちらを指定してもかまいません。短形式のファイル名を使用するか、プラットフォームが UNIX であるか、ルーチンが LANGUAGE CLR ルーチンである場合は、対象のファイルが function ディレクトリーに存在している必要があります。プラットフォームが Windows であり、ルーチンが LANGUAGE CLR ルーチンでない場合は、対象のファイルがシステム PATH に存在している必要があります。ファイル名には、常にファイル拡張子 (例: .a (UNIX の場合)、 .dll (Windows の場合)) を付けてください。

CLR ルーチン実行時のエラー

SQLCODE -20282、SQLSTATE 42724、理由コード 1
ルーチンを作成する CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定した外部アセンブリーが見つかりません。

- EXTERNAL 節で正しいルーチン・アセンブリー名を指定したかどうか、そのアセンブリーが指定のロケーションに存在するかどうかを確認してください。 EXTERNAL 節で対象のアセンブリーの完全修飾パス名を指定

していない場合、 DB2 は、そのパス名を、 DB2 の function ディレクトリーを基準にしたアセンブリーの相対パス名と見なします。

SQLCODE -20282、SQLSTATE 42724、理由コード 2

ルーチンを作成する CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定したロケーションでアセンブリーが見つかりましたが、そのアセンブリーの中に、EXTERNAL 節で指定したクラスに一致するクラスが存在しません。

- EXTERNAL 節で指定したアセンブリー名がルーチンの正しいアセンブリー名かどうか、そのアセンブリーが指定のロケーションに存在するかどうかを確認してください。
- EXTERNAL 節で指定したクラス名が正しいクラス名かどうか、そのクラスが指定のアセンブリーの中に存在するかどうかを確認してください。

SQLCODE -20282、SQLSTATE 42724、理由コード 3

ルーチンを作成する CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定したロケーションでアセンブリーが見つかり、そのアセンブリーの中に該当するクラス定義が含まれていましたが、ルーチンのメソッド・シグニチャーが、そのルーチンの CREATE ステートメントで指定されたルーチン・シグニチャーと一致しません。

- EXTERNAL 節で指定したアセンブリー名がルーチンの正しいアセンブリー名かどうか、そのアセンブリーが指定のロケーションに存在するかどうかを確認してください。
- EXTERNAL 節で指定したクラス名が正しいクラス名かどうか、そのクラスが指定のアセンブリーの中に存在するかどうかを確認してください。
- パラメーター・スタイルのインプリメンテーションが、ルーチンを作成する CREATE ステートメントで指定したパラメーター・スタイルと一致するかどうかを確認してください。
- パラメーター・インプリメンテーションの順序が、ルーチンを作成する CREATE ステートメントで指定したパラメーター宣言の順序と一致するかどうか、そのパラメーター・スタイルのその他のパラメーター要件を満たしているかどうかを確認してください。
- SQL パラメーターのデータ・タイプが、 CLR .NET でサポートされているデータ・タイプに正しくマップされているかどうかを確認してください。

SQLCODE -4301、SQLSTATE 58004、理由コード 5 または 6

.NET インタープリターを開始しようとしたとき、または .NET インタープリターと通信しようとしたときに、エラーが発生しました。 DB2 が従属の .NET ライブラリーをロードできなかったか [理由コード 5]、 .NET インタープリターの呼び出しが失敗しました [理由コード 6]。

- DB2 インスタンスが .NET のプロシージャーまたは関数を実行するための正しい構成になっているかどうかを確認してください (システム `PATH` に `mscoree.dll` が存在している必要があります)。 `db2clr.dll` が `sqllib/bin` ディレクトリーに存在するかどうか、 `IBM.Data.DB2` がグローバル・アセンブリー・キャッシュにインストールされているかどうかを確認してください。そのいずれかが存在しない場合は、 `.NET Framework` バージョン 1.1 以降がデータベース・サーバーにインストールされてい

るかどうか、そのデータベース・サーバーが DB2 バージョン 8.2 以降のリリースを実行しているかどうかを確認してください。

SQLCODE -4302、SQLSTATE 38501

ルーチンの実行中か、実行準備中か、実行後に、処理できない例外が発生しました。これは、未処理になっていたルーチン・ロジックのプログラミング・エラーの結果か、内部処理エラーの結果であると考えられます。このタイプのエラーの場合、処理できない例外が発生した場所を示す .NET スタック・トレースバックが db2diag.log に書き込まれます。

また、ルーチンに指定された実行モードに対して許可されたアクションの有効範囲を超えるアクションをルーチンが試みた場合にも、このエラーが発生します。この場合、実行制御違反により例外が発生したことを具体的に示す項目が db2diag.log に書き込まれます。違反が発生した場所を示す例外スタック・トレースバックもこれに含まれます。

ルーチンのアセンブリーが破損していたり、最近変更されたりしたことはないか、判別してください。ルーチンの変更が妥当である場合、この問題は、ルーチンの EXECUTION CONTROL モードの設定が、変更後のロジックに適したものでなくなったために生じている可能性があります。アセンブリーで正しい変更が行われていることが確かな場合、ALTER PROCEDURE または ALTER FUNCTION ステートメントを使用してルーチンの実行モードを必要に応じて変更することができます。詳細については、以下のトピックを参照してください。

- 173 ページの『CLR ルーチンのセキュリティーおよび実行モード』

.NET CLR ルーチンの例

.NET CLR ルーチンを開発する際には、例を参照して、CREATE ステートメントと .NET CLR ルーチン・コードをどのようにすればよいかという感覚をつかむと役に立ちます。 以下のトピックには、.NET CLR プロシージャーと .NET CLR 関数 (スカラー関数と表関数の両方を含む) の例を記載しています。

.NET CLR プロシージャー

- Visual Basic .NET CLR プロシージャーの例
- C# .NET CLR プロシージャーの例

.NET CLR 関数

- Visual Basic .NET CLR 関数の例
- C# .NET CLR 関数の例

C# .NET CLR プロシージャーの例

プロシージャー (ストアード・プロシージャーともいう) の基礎と .NET 共通言語ランタイム・ルーチンの基本を理解できたら、アプリケーションで CLR プロシージャーをさっそく活用できます。

このトピックでは、 C# でインプリメントした CLR プロシージャーの例をいくつか紹介します。それぞれの例は、サポートされているパラメーター・スタイル、パラメーター (`dbinfo` 構造を含む) の受け渡し、結果セットの戻し方などを示しています。 C# の CLR UDF の例については、以下を参照してください。

- 224 ページの『C# .NET CLR 関数の例』

CLR プロシージャーの例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』
- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』
- 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』

以下の例では、SAMPLE データベースに含まれる EMPLOYEE という名前の表を使用しています。

独自の C# CLR プロシージャーを作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- C# 外部コード・ファイル
- 例 1: C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー
- 例 2: C# のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャー
- 例 3: C# のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー
- 例 4: 結果セットを戻す C# のプロシージャー
- 例 5: dbinfo 構造にアクセスする C# のプロシージャー
- 例 6: PROGRAM TYPE MAIN スタイルの C# プロシージャー

C# 外部コード・ファイル

以下の例では、C# プロシージャーのさまざまなインプリメンテーションを示しています。それぞれの例は、CREATE PROCEDURE ステートメントと、関連アセンブリーのビルド元プロシージャーの外部 C# コード・インプリメンテーションという 2 つの部分から成っています。

以下の例のプロシージャー・インプリメンテーションに含まれる C# ソース・ファイルは、 gwenProc.cs という名前であり、以下の形式になっています。

表 13. C# 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
using System.IO;
using IBM.Data.DB2;

namespace bizLogic
{
   class empOps
   {          ...
     // C# procedures
              ...
   }
}
```

ファイルの先頭には、このファイルに組み込むものを示します。ファイル内のプロシージャーのいずれかに SQL が含まれる場合は、 IBM.Data.DB2 を含める必要があります。このファイルには、ネーム・スペース宣言を組み込

み、プロシージャーを内容とするクラス empOps を組み込みます。ネーム・スペースの使用はオプションです。ネーム・スペースを使用する場合は、CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節に指定するアセンブリー・パス名の中にネーム・スペースを入れなければなりません。

ファイルの名前、ネームスペース、特定のプロシージャー・インプリメンテーションを含むクラスの名前をメモしておくことは重要です。各プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節でその情報を指定して、 DB2 がアセンブリーと CLR プロシージャーのクラスを見つけられるようにする必要があるからです。

例 1: C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの C# コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。そして、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、従業員の給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員が見つからない場合は、空ストリングを戻します。

表 14. C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE setEmpBonusGEN(IN empID CHAR(6), INOUT bonus Decimal(9,2),
                                OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC SetEmpBonusGEN
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL
MODIFIES SQL DATA
EXECUTION CONTROL SAFE
FENCED
THREADSAFE
DYNAMIC RESULT SETS 0
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusGEN' ;
```

表 14. C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
public static void SetEmpBonusGEN(    String empID,
                                   ref Decimal bonus,
                                   out String empName)
{
   // Declare local variables
   Decimal salary = 0;

   DB2Command myCommand = DB2Context.GetCommand();
   myCommand.CommandText =
                    "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY "
                  + "FROM EMPLOYEE "
                  + "WHERE EMPNO = '" + empID + '";

   DB2DataReader reader = myCommand.ExecuteReader();

   if (reader.Read())  // If employee record is found
   {
      // Get the employee's full name and salary
      empName = reader.GetString(0) + " " +
                reader.GetString(1) + ". " +
                reader.GetString(2);

      salary = reader.GetDecimal(3);

      if (bonus == 0)
      {
         if (salary > 75000)
         {
            bonus = salary * (Decimal)0.025;
         }
         else
         {
            bonus = salary * (Decimal)0.05;
         }
      }
   }
   else  // Employee not found
   {
      empName = "";  // Set output parameter
   }

   reader.Close();
}
```

例 2: C# のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーの C# コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。入力パラメーターが NULL 以外の場合は、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員データが見つからない場合は、NULL ストリングと整数を戻します。

表 15. C# のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE SetEmpbonusGENNULL(IN empID CHAR(6),
                                    INOUT bonus Decimal(9,2),
                                    OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC SetEmpbonusGENNULL
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS
DYNAMIC RESULT SETS 0
MODIFIES SQL DATA
EXECUTION CONTROL SAFE
FENCED
THREADSAFE
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusGENNULL'
;
```

表 15. C# のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
public static void SetEmpBonusGENNULL(    String empID,
                                       ref Decimal bonus,
                                       out String empName,
                                           Int16[] NullInds)
{
   Decimal salary = 0;
   if (NullInds[0] == -1) // Check if the input is null
   {
     NullInds[1] = -1;    // Return a NULL bonus value
     empName = "";        // Set output value
     NullInds[2] = -1;    // Return a NULL empName value
   }
   else
   {
      DB2Command myCommand = DB2Context.GetCommand();
       myCommand.CommandText =
                     "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY "
                   + "FROM EMPLOYEE "
                   + "WHERE EMPNO = '" + empID + "'";
      DB2DataReader reader = myCommand.ExecuteReader();

      if (reader.Read())  // If employee record is found
      {
         // Get the employee's full name and salary
         empName = reader.GetString(0) + " "
         +
                   reader.GetString(1) + ". " +
                   reader.GetString(2);
         salary = reader.GetDecimal(3);

         if (bonus == 0)
         {
           if (salary > 75000)
           {
              bonus = salary * (Decimal)0.025;
              NullInds[1] = 0; // Return a non-NULL value
           }
           else
           {
              bonus = salary * (Decimal)0.05;
              NullInds[1] = 0; // Return a non-NULL value
           }
         }
      }
      else  // Employee not found
      {
         empName = "*sdq;;         // Set output parameter
         NullInds[2] = -1;     // Return a NULL value
      }

      reader.Close();
   }
}
```

例 3: C# のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの C# コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。そして、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員が見つからない場合は、空ストリングを戻します。

表 16. パラメーターを使用してパラメーター・スタイル SQL で C# プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE SetEmpbonusSQL(IN empID CHAR(6),
                                INOUT bonus Decimal(9,2),
                                OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC SetEmpbonusSQL
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
DYNAMIC RESULT SETS 0
MODIFIES SQL DATA
FENCED
THREADSAFE
EXECUTION CONTROL SAFE
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusSQL' ;
```

表 16. パラメーターを使用してパラメーター・スタイル SQL で C# プロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
public static void SetEmpBonusSQL(    String empID,
                                   ref Decimal bonus,
                                   out String empName,
                                       Int16  empIDNullInd,
                                   ref Int16  bonusNullInd,
                                   out Int16  empNameNullInd,
                                   ref string sqlStateate,
                                       string funcName,
                                       string specName,
                                   ref string sqlMessageText)
{
   // Declare local host variables
   Decimal salary eq; 0;

   if (empIDNullInd == -1) // Check if the input is null
   {
      bonusNullInd = -1;   // Return a NULL bonus value
      empName = "";
      empNameNullInd = -1; // Return a NULL empName value
   }
   else
   {
      DB2Command myCommand = DB2Context.GetCommand();
      myCommand.CommandText =
                       "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY
                       "
                     + "FROM EMPLOYEE "
                     + "WHERE EMPNO = '" + empID + "'";

      DB2DataReader reader = myCommand.ExecuteReader();

      if (reader.Read())  // If employee record is found
      {
         // Get the employee's full name and salary
         empName = reader.GetString(0) + " "
         +
         reader.GetString(1) + ". " +
         reader.GetString(2);
         empNameNullInd = 0;
         salary = reader.GetDecimal(3);

         if (bonus == 0)
         {
            if (salary > 75000)
            {
               bonus = salary * (Decimal)0.025;
               bonusNullInd = 0;  // Return a non-NULL value
            }
            else
            {
               bonus = salary * (Decimal)0.05;
               bonusNullInd = 0;  // Return a non-NULL value
            }
         }
      }
      else  // Employee not found
      {
         empName = "";         // Set output parameter
         empNameNullInd = -1;  // Return a NULL value
      }

      reader.Close();
   }
}
```

例 4: 結果セットを戻す C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー この例では、以下について説明します。

- 結果セットを戻す外部 C# プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- 結果セットを戻すパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの C# コード

このプロシージャーは、パラメーターとして表の名前を受け入れます。そして、入力パラメーターによって指定されている表の行すべてを含む結果セットを戻します。この処理のために、プロシージャーの戻り時に特定の照会結果セットの DB2DataReader をオープンにしておきます。具体的には、reader.Close() が実行されなければ、結果セットが戻されるということです。

表 17. 結果セットを戻す C# プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE ReturnResultSet(IN tableName
                                 VARCHAR(20))
SPECIFIC ReturnResultSet
DYNAMIC RESULT SETS 1
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!ReturnResultSet' ;
```

```
public static void ReturnResultSet(string tableName)
{
   DB2Command myCommand = DB2Context.GetCommand();

   // Set the SQL statement to be executed and execute it.
   myCommand.CommandText = "SELECT * FROM " + tableName;
   DB2DataReader reader = myCommand.ExecuteReader();

   // The DB2DataReader contains the result of the query.
   // This result set can be returned with the procedure,
   // by simply NOT closing the DB2DataReader.
   // Specifically, do NOT execute reader.Close();
}
```

例 5: dbinfo 構造にアクセスする C# のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー この例では、以下について説明します。

- dbinfo 構造にアクセスするプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- dbinfo 構造にアクセスするパラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの C# コード

dbinfo 構造にアクセスするには、 CREATE PROCEDURE ステートメントに DBINFO 節を指定する必要があります。 CREATE PROCEDURE ステートメントの dbinfo 構造にパラメーターは必要ありませんが、外部ルーチン・コードでそのためのパラメーターを作成する必要があります。このプロシージャーは、 dbinfo 構造の dbname フィールドからの現行データベース名の値だけを戻します。

表 18. dbinfo 構造にアクセスする C# プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE ReturnDbName(OUT dbName VARCHAR(20))
SPECIFIC ReturnDbName
DYNAMIC RESULT SETS 0
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
FENCED
THREADSAFE
EXECUTION CONTROL SAFE
DBINFO
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!ReturnDbName'
;
```

```
public static void ReturnDbName(out string dbName,
                                 out Int16  dbNameNullInd,
                                 ref string sqlState,
                                     string funcName,
                                     string specName,
                                 ref string sqlMessageText,
                                     sqludf_dbinfo dbinfo)
{
   // Retrieve the current database name from the
   // dbinfo structure and return it.
   // ** Note! ** dbinfo field names are case sensitive
   dbName = dbinfo.dbname;
   dbNameNullInd = 0;  // Return a non-null value;

   // If you want to return a user-defined error in
   // the SQLCA you can specify a 5 digit user-defined
   // sqlStateate and an error message string text.
   // For example:
   //
   //   sqlStateate = "ABCDE";
   //   sqlMessageText = "A user-defined error has occurred"
   //
   //  DB2 returns the above values to the client in the
   //  SQLCA structure.  The values are used to generate a
   //  standard DB2 sqlStateate error.
}
```

例 6: PROGRAM TYPE MAIN スタイルの C# プロシージャー

この例では、以下について説明します。

- メインプログラム・スタイルを使用したプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- メインプログラム・スタイルを使用した C# のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のコード

メインプログラム・スタイルでルーチンをインプリメントするには、CREATE PROCEDURE ステートメントの PROGRAM TYPE 節に MAIN という値を指定する必要があります。 CREATE PROCEDURE ステートメントにもパラメーターを指定しますが、コードのインプリメンテーションでは、ルーチンの argc 整数パラメーターと argv パラメーター配列にパラメーターを渡します。

表 19. メインプログラム・スタイルで C# プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE MainStyle( IN empID CHAR(6),
                            INOUT bonus Decimal(9,2),
                            OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC MainStyle
DYNAMIC RESULT SETS 0
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS
MODIFIES SQL DATA
FENCED
THREADSAFE
EXECUTION CONTROL SAFE
PROGRAM TYPE MAIN
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!main' ;
```

表 19. メインプログラム・スタイルで C# プロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
public static void main(Int32 argc, Object[]
argv)
{
  String empID = (String)argv[0];   // argv[0] has nullInd:argv[3]
  Decimal bonus = (Decimal)argv[1]; // argv[1] has nullInd:argv[4]
                                    // argv[2] has nullInd:argv[5]
  Decimal salary = 0;
  Int16[] NullInds = (Int16[])argv[3];

  if ((NullInds[0]) == (Int16)(-1)) // Check if empID is null
  {
     NullInds[1] = (Int16)(-1);  // Return a NULL bonus value
     argv[1] = (String)"";       // Set output parameter empName
     NullInds[2] = (Int16)(-1);  // Return a NULL empName value
     Return;
  }
  else
  {
     DB2Command myCommand = DB2Context.GetCommand();
     myCommand.CommandText =
                     "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, salary "
                   + "FROM EMPLOYEE "
                   + "WHERE EMPNO = '" + empID + "'";

     DB2DataReader reader = myCommand.ExecuteReader();

     if (reader.Read())  // If employee record is found
     {
       // Get the employee's full name and salary
       argv[2] = (String) (reader.GetString(0) + " " +
                           reader.GetString(1) + ".
                           " +
                           reader.GetString(2));
       NullInds[2] = (Int16)0;
       salary = reader.GetDecimal(3);

       if (bonus == 0)
       {
          if (salary > 75000)
          {
             argv[1] = (Decimal)(salary * (Decimal)0.025);
             NullInds[1] = (Int16)(0);  // Return a non-NULL value
          }
          else
          {
             argv[1] = (Decimal)(salary * (Decimal)0.05);
             NullInds[1] = (Int16)(0);  // Return a non-NULL value
          }
       }
     }
     else  // Employee not found
     {
        argv[2] = (String)("");         // Set output parameter
        NullInds[2] = (Int16)(-1);      // Return a NULL value
     }

     reader.Close();
   }
}
```

Visual Basic .NET CLR 関数の例

ユーザー定義関数 (UDF) の基礎と CLR ルーチンの基本を理解できたら、アプリケーションやデータベース環境の中で CLR UDF をさっそく活用できます。このトピックでは、手始めとして CLR UDF の例をいくつか紹介します。 Visual Basic の CLR プロシージャーの例については、以下を参照してください。

- 205 ページの『Visual Basic .NET CLR プロシージャーの例』

CLR UDF の例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』
- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』
- 149 ページの『外部スカラー関数』
- 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』

以下の例では、SAMPLE データベースに含まれる EMPLOYEE という名前の表を使用しています。

独自の Visual Basic CLR UDF を作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- Visual Basic 外部コード・ファイル
- 例 1: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL の表関数
- 例 2: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数

Visual Basic 外部コード・ファイル

次の例では、Visual Basic UDF のさまざまなインプリメンテーションを示しています。各 UDF ごとに、関連アセンブリーのビルド元になる Visual Basic ソース・コードとともに、 CREATE FUNCTION ステートメントを用意します。以下の例で使用している関数宣言に含まれる Visual Basic ソース・ファイルは、 gwenVbUDF.cs という名前であり、以下の形式になっています。

表 20. Visual Basic 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
using System.IO;
using IBM.Data.DB2;

Namespace bizLogic

   ...
   ' Class definitions that contain UDF declarations
   ' and any supporting class definitions
   ...

End Namespace
```

Visual Basic ファイル内のクラスに関数宣言を組み込む必要があります。ネーム・スペースの使用はオプションです。ネーム・スペースを使用する場合

は、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節に指定するアセンブリー・パス名の中にネーム・スペースを入れなければなりません。関数に SQL が含まれる場合は、IBM.Data.DB2. を含める必要があります。

例 1: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL の表関数

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL の表関数の CREATE FUNCTION ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL の表関数の Visual Basic コード

この表関数は、データ配列から作成された従業員データの行を含んだ表を戻します。この例には、2 つの関連クラスがあります。 1 つは従業員を表すクラス person であり、もう 1 つはクラス person を使用するルーチン表 UDF を含んだクラス empOps です。従業員の給与情報は、入力パラメーターの値に基づいて更新されます。この例のデータ配列は、表関数を最初に呼び出したときに表関数そのものの中に作成されます。そのような配列は、ファイル・システム上のテキスト・ファイルからデータを読み取ることによっても作成できます。表関数のその後の呼び出しで配列データにアクセスするために、データの値がスクラッチパッドに書き込まれます。

表関数を呼び出すたびに、1 つのレコードが配列から読み取られ、 1 つの行が関数によって戻される表の中に生成されます。行を表の中に生成する処理は、表関数の出力パラメーターを対象の行値に設定するという形で実行されます。表関数の最終呼び出しが行われた後、生成された行の表が戻されます。

表 21. Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード

```
CREATE FUNCTION TableUDF(double)
RETURNS TABLE (name varchar(20),
               job varchar(20),
               salary double)
EXTERNAL NAME 'gwenVbUDF.dll:bizLogic.empOps!TableUDF'
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
NOT DETERMINISTIC
FENCED
SCRATCHPAD 10
FINAL CALL
DISALLOW PARALLEL
NO DBINFO
EXECUTION CONTROL SAFE
```

表 21. Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード (続き)

```
Class Person
' The class Person is a supporting class for
' the table function UDF, tableUDF, below.

  Private name As String
  Private position As String
  Private salary As Int32

  Public Sub New(ByVal newName As String, _
                 ByVal newPosition As String, _
                 ByVal newSalary As Int32)

    name = newName
    position = newPosition
    salary = newSalary
  End Sub


  Public Property GetName() As String
    Get
      Return name
    End Get

    Set (ByVal value As String)
      name = value
    End Set
  End Property

  Public Property GetPosition() As String
    Get
      Return position
    End Get

    Set (ByVal value As String)
      position = value
    End Set
  End Property

  Public Property GetSalary() As Int32
    Get
      Return salary
    End Get

    Set (ByVal value As Int32)
      salary = value
    End Set
  End Property

End Class
```

表 21. Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード (続き)

```
Class empOps

  Public Shared Sub TableUDF(byVal factor as Double, _
                             byRef name As String, _
                             byRef position As String, _
                             byRef salary As Double, _
                             byVal factorNullInd As Int16, _
                             byRef nameNullInd As Int16, _
                             byRef positionNullInd As Int16, _
                             byRef salaryNullInd As Int16, _
                             byRef sqlState As String, _
                             byVal funcName As String, _
                             byVal specName As String, _
                             byRef sqlMessageText As String, _
                             byVal scratchPad As Byte(), _
                             byVal callType As Int32)

    Dim intRow As Int16

    intRow = 0

    ' Create an array of Person type information
    Dim staff(2) As Person
    staff(0) = New Person("Gwen", "Developer", 10000)
    staff(1) = New Person("Andrew", "Developer", 20000)
    staff(2) = New Person("Liu", "Team Leader", 30000)

    ' Initialize output parameter values and NULL indicators
    salary = 0
    name = position = ""
    nameNullInd = positionNullInd = salaryNullInd = -1

    Select callType
       Case -2   ' Case SQLUDF_TF_FIRST:
       Case -1   ' Case SQLUDF_TF_OPEN:
         intRow = 1
         scratchPad(0) = intRow  ' Write to scratchpad
       Case 0    ' Case SQLUDF_TF_FETCH:
         intRow = scratchPad(0)
         If intRow > staff.Length
            sqlState = "02000"  ' Return an error SQLSTATE
         Else
            ' Generate a row in the output table
            ' based on the staff array data.
            name = staff(intRow).GetName()
            position = staff(intRow).GetPosition()
            salary = (staff(intRow).GetSalary()) * factor
            nameNullInd = 0
            positionNullInd = 0
            salaryNullInd = 0
         End If
         intRow = intRow + 1
         scratchPad(0) = intRow  ' Write scratchpad

       Case 1    ' Case SQLUDF_TF_CLOSE:

       Case 2    ' Case SQLUDF_TF_FINAL:
    End Select

  End Sub

End Class
```

例 2: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL のスカラー関数の CREATE FUNCTION ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL のスカラー関数の Visual Basic コード

このスカラー関数は、操作対象の入力値ごとに 1 つのカウント値を戻します。入力値セットの n 番目の桁にある入力値に対する出力スカラー値は n になります。スカラー関数の各呼び出しでは、行または値の入力セット内のそれぞれの行または値に 1 つの呼び出しが関連付けられており、呼び出しのたびにカウントが 1 つずつ増え、カウントの現行値が戻されます。そのカウントはスクラッチパッドのメモリー・バッファー内に保管されるので、スカラー関数の呼び出しと呼び出しの間でカウントの値が保たれるようになっています。

例えば、表を次のように定義している場合は、このスカラー関数を簡単に呼び出すことができます。

```
CREATE TABLE T (i1 INTEGER);
INSERT INTO T VALUES 12, 45, 16, 99;
```

このスカラー関数の呼び出しには、以下のような簡単な照会を使用できます。

```
SELECT my_count(i1) as count, i1 FROM T;
```

この照会の出力は次のようになります。

```
COUNT           I1
-----------     ----------
1               12
2               45
3               16
4               99
```

このスカラー UDF は非常に簡単です。スカラー関数を使用するときには、行のカウントだけを戻す代わりに、データの形式を既存の列に合わせることもできます。例えば、住所列の各値にストリングを付加することや、一連の入力ストリングから複雑なストリングを組み立てることや、中間結果の保管先のデータ・セットに対して複雑な数値評価を行うことなども可能です。

表 22. Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数を作成するためのコード

```
CREATE FUNCTION mycount(INTEGER)
RETURNS INTEGER
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
NO SQL
SCRATCHPAD 10
FINAL CALL
FENCED
EXECUTION CONTROL SAFE
NOT DETERMINISTIC
EXTERNAL NAME 'gwenUDF.dll:bizLogic.empOps!CountUp';
```

表 22. Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数を作成するためのコード (続き)

```
Class empOps
  Public Shared Sub CountUp(byVal input As Int32, _
                            byRef outCounter As Int32, _
                            byVal nullIndInput As Int16, _
                            byRef nullIndOutCounter As Int16, _
                            byRef sqlState As String, _
                            byVal qualName As String, _
                            byVal specName As String, _
                            byRef sqlMessageText As String, _
                            byVal scratchPad As Byte(), _
                            byVal callType As Int32)

     Dim counter As Int32
     counter = 1

     Select callType
        case -1           ' case SQLUDF_TF_OPEN_CALL
           scratchPad(0) = counter
           outCounter = counter
           nullIndOutCounter = 0
        case 0              'case SQLUDF_TF_FETCH_CALL:
           counter = scratchPad(0)
           counter = counter + 1
           outCounter = counter
           nullIndOutCounter = 0
           scratchPad(0) = counter
        case 1             'case SQLUDF_CLOSE_CALL:
           counter = scratchPad(0)
           outCounter = counter
           nullIndOutCounter = 0
        case Else          ' Should never enter here
           ' These cases won't occur for the following reasons:
           ' Case -2  (SQLUDF_TF_FIRST)     ->No FINAL CALL in CREATE stmt
           ' Case 2   (SQLUDF_TF_FINAL)     ->No FINAL CALL in CREATE stmt
           ' Case 255 (SQLUDF_TF_FINAL_CRA) ->No SQL used in the function
           '
           ' * Note!*
           ' ---------
           ' The Else is required so that at compile time
           ' out parameter outCounter is always set *
           outCounter = 0
           nullIndOutCounter = -1
     End Select
  End Sub

End Class
```

Visual Basic .NET CLR プロシージャーの例

プロシージャー (ストアード・プロシージャーともいう) の基礎と .NET 共通言語ランタイム・ルーチンの基本を理解できたら、アプリケーションで CLR プロシージャーをさっそく活用できます。

このトピックでは、 Visual Basic でインプリメントした CLR プロシージャーの例をいくつか紹介します。それぞれの例は、サポートされているパラメーター・スタイル、パラメーター (dbinfo 構造を含む) の受け渡し、結果セットの戻し方などを示しています。 Visual Basic の CLR UDF の例については、以下を参照してください。

- 200 ページの『Visual Basic .NET CLR 関数の例』

CLR プロシージャーの例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』
- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』
- 2 ページの『ルーチン使用の利点』
- 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』

以下の例では、SAMPLE データベースに含まれる EMPLOYEE という名前の表を使用しています。

独自の Visual Basic CLR プロシージャーを作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- Visual Basic 外部コード・ファイル
- 例 1: Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー
- 例 2: Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャー
- 例 3: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー
- 例 4: 結果セットを戻す Visual Basic のプロシージャー
- 例 5: dbinfo 構造にアクセスする Visual Basic のプロシージャー
- 例 6: PROGRAM TYPE MAIN スタイルの Visual Basic プロシージャー

Visual Basic 外部コード・ファイル

以下の例では、Visual Basic プロシージャーのさまざまなインプリメンテーションを示しています。それぞれの例は、CREATE PROCEDURE ステートメントと、関連アセンブリーのビルド元プロシージャーの外部 Visual Basic コード・インプリメンテーションという 2 つの部分から成っています。

以下の例のプロシージャー・インプリメンテーションに含まれる Visual Basic ソース・ファイルは、 gwenVbProc.vb という名前であり、以下の形式になっています。

表 23. Visual Basic 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
using System.IO;
using IBM.Data.DB2;

Namespace bizLogic

   Class empOps
              ...
     ' Visual Basic procedures
              ...
   End Class
End Namespace
```

ファイルの先頭には、このファイルに組み込むものを示します。ファイル内のプロシージャーのいずれかに SQL が含まれる場合は、 IBM.Data.DB2 を

含める必要があります。このファイルには、ネーム・スペース宣言を組み込み、プロシージャーを内容とするクラス empOps を組み込みます。ネーム・スペースの使用はオプションです。ネーム・スペースを使用する場合は、CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節に指定するアセンブリー・パス名の中にネーム・スペースを入れなければなりません。

ファイルの名前、ネームスペース、特定のプロシージャー・インプリメンテーションを含むクラスの名前をメモしておくことは重要です。各プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節でその情報を指定して、 DB2 がアセンブリーと CLR プロシージャーのクラスを見つけられるようにする必要があるからです。

例 1: Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの Visual Basic コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。そして、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、従業員の給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員が見つからない場合は、空ストリングを戻します。

表 24. Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE SetEmpBonusGEN(IN empId CHAR(6),
                                INOUT bonus Decimal(9,2),
                                OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC setEmpBonusGEN
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL
DYNAMIC RESULT SETS 0
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusGEN'
```

表 24. Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
Public Shared Sub SetEmpBonusGEN(ByVal empId As String, _
                                 ByRef bonus As Decimal, _
                                 ByRef empName As String)

   Dim salary As Decimal
   Dim myCommand As DB2Command
   Dim myReader As DB2DataReader

   salary = 0

   myCommand = DB2Context.GetCommand()
   myCommand.CommandText = _
             "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY " _
          + "FROM EMPLOYEE " _
          + "WHERE EMPNO = '" + empId + "'"
   myReader = myCommand.ExecuteReader()

   If myReader.Read()  ' If employee record is found
      ' Get the employee's full name and salary
      empName = myReader.GetString(0) + " " _
              + myReader.GetString(1) + ". " _
              + myReader.GetString(2)

      salary = myReader.GetDecimal(3)

      If bonus = 0
         If salary > 75000
            bonus = salary * 0.025
         Else
            bonus = salary * 0.05
         End If
      End If
   Else  ' Employee not found
      empName = ""  ' Set output parameter
   End If

   myReader.Close()

End Sub
```

例 2: Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーの Visual Basic コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。入力パラメーターが NULL 以外の場合は、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員データが見つからない場合は、NULL ストリングと整数を戻します。

表 25. Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE SetEmpBonusGENNULL(IN empId CHAR(6),
                                    INOUT bonus Decimal(9,2),
                                    OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC SetEmpBonusGENNULL
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS
DYNAMIC RESULT SETS 0
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusGENNULL'
```

```
  Public Shared Sub SetEmpBonusGENNULL(ByVal empId As String, _
                                       ByRef bonus As Decimal, _
                                       ByRef empName As String, _
                                       byVal nullInds As Int16())

     Dim salary As Decimal
     Dim myCommand As DB2Command
     Dim myReader As DB2DataReader

     salary = 0

     If nullInds(0) = -1   ' Check if the input is null
        nullInds(1) = -1   ' Return a NULL bonus value
        empName = ""       ' Set output parameter
        nullInds(2) = -1   ' Return a NULL empName value
        Return
     Else
        myCommand = DB2Context.GetCommand()
        myCommand.CommandText = _
                  "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY " _
                + "FROM EMPLOYEE " _
                + "WHERE EMPNO = '" + empId + "'"

        myReader = myCommand.ExecuteReader()

        If myReader.Read()  ' If employee record is found
           ' Get the employee's full name and salary
           empName = myReader.GetString(0) + " "  _
                   + myReader.GetString(1) + ". " _
                   + myReader.GetString(2)

           salary = myReader.GetDecimal(3)

           If bonus = 0
              If salary > 75000
                 bonus = Salary * 0.025
                 nullInds(1) = 0 'Return a non-NULL value
              Else
                 bonus = salary * 0.05
                 nullInds(1) = 0 ' Return a non-NULL value
              End If
           Else  'Employee not found
              empName = ""       ' Set output parameter
              nullInds(2) = -1   ' Return a NULL value
           End If
        End If

        myReader.Close()

     End If

  End Sub
```

例 3: Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの Visual Basic コード

このプロシージャーは、従業員 ID と現在のボーナスの額を入力値として取ります。そして、従業員の名前と給与を検索します。現在のボーナスの額がゼロの場合は、給与に基づいて新しいボーナスを計算し、従業員の氏名と一緒に戻します。従業員が見つからない場合は、空ストリングを戻します。

表 26. パラメーターを使用してパラメーター・スタイル SQL で Visual Basic プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE SetEmpBonusSQL(IN empId CHAR(6),
                                INOUT bonus Decimal(9,2),
                                OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC SetEmpBonusSQL
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
DYNAMIC RESULT SETS 0
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!SetEmpBonusSQL'
```

表 26. パラメーターを使用してパラメーター・スタイル SQL で Visual Basic プロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
   Public Shared Sub SetEmpBonusSQL(byVal empId As String, _
                                    byRef bonus As Decimal, _
                                    byRef empName As String, _
                                    byVal empIdNullInd As Int16, _
                                    byRef bonusNullInd As Int16, _
                                    byRef empNameNullInd As Int16, _
                                    byRef sqlState As String, _
                                    byVal funcName As String, _
                                    byVal specName As String, _
                                    byRef sqlMessageText As String)

      ' Declare local host variables
      Dim salary As Decimal
      Dim myCommand As DB2Command
      Dim myReader As DB2DataReader

      salary = 0

      If empIdNullInd = -1   ' Check if the input is null
         bonusNullInd = -1   ' Return a NULL Bonus value
         empName = ""
         empNameNullInd = -1 ' Return a NULL empName value
      Else
        myCommand = DB2Context.GetCommand()
        myCommand.CommandText = _
                    "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY " _
                  + "FROM EMPLOYEE " _
                  + " WHERE EMPNO = '" + empId + "'"

         myReader = myCommand.ExecuteReader()

         If myReader.Read()  ' If employee record is found
            '  Get the employee's full name and salary
            empName = myReader.GetString(0) + " "
                    + myReader.GetString(1) _
                    + ". " +  myReader.GetString(2)
            empNameNullInd = 0
            salary = myReader.GetDecimal(3)

            If bonus = 0
               If salary > 75000
                  bonus = salary * 0.025
                  bonusNullInd = 0  ' Return a non-NULL value
               Else
                  bonus = salary * 0.05
                  bonusNullInd = 0  ' Return a non-NULL value
               End If
            End If
         Else  ' Employee not found
            empName = ""            ' Set output parameter
            empNameNullInd = -1     ' Return a NULL value
         End If

         myReader.Close()
      End If

   End Sub
```

例 4: 結果セットを戻す Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- 結果セットを戻す外部 Visual Basic プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- 結果セットを戻すパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの Visual Basic コード

このプロシージャーは、パラメーターとして表の名前を受け入れます。そして、入力パラメーターによって指定されている表の行すべてを含む結果セットを戻します。この処理のために、プロシージャーの戻り時に特定の照会結果セットの DB2DataReader をオープンにしておきます。具体的には、reader.Close() が実行されなければ、結果セットが戻されるということです。

表 27. 結果セットを戻す Visual Basic プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE ReturnResultSet(IN tableName VARCHAR(20))
SPECIFIC ReturnResultSet
DYNAMIC RESULT SETS 1
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!ReturnResultSet'
```

```
Public Shared Sub ReturnResultSet(byVal tableName As String)

     Dim myCommand As DB2Command
     Dim myReader As DB2DataReader

     myCommand = DB2Context.GetCommand()

     ' Set the SQL statement to be executed and execute it.
     myCommand.CommandText = "SELECT * FROM " + tableName
     myReader = myCommand.ExecuteReader()

     ' The DB2DataReader contains the result of the query.
     ' This result set can be returned with the procedure,
     ' by simply NOT closing the DB2DataReader.
     ' Specifically, do NOT execute reader.Close()

   End Sub
```

例 5: dbinfo 構造にアクセスする Visual Basic のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャー

この例では、以下について説明します。

- dbinfo 構造にアクセスするプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- dbinfo 構造にアクセスするパラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの Visual Basic コード

dbinfo 構造にアクセスするには、 CREATE PROCEDURE ステートメントに DBINFO 節を指定する必要があります。 CREATE PROCEDURE ステートメントの dbinfo 構造にパラメーターは必要ありませんが、外部ルーチン・コードでそのためのパラメーターを作成する必要があります。このプロシージャーは、 dbinfo 構造の dbname フィールドからの現行データベース名の値だけを戻します。

表 28. dbinfo 構造にアクセスする Visual Basic プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE ReturnDbName(OUT dbName VARCHAR(20))
SPECIFIC ReturnDbName
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
DBINFO
FENCED
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!ReturnDbName'
```

```
  Public Shared Sub ReturnDbName(byRef dbName As String, _
                                 byRef dbNameNullInd As Int16, _
                                 byRef sqlState As String, _
                                 byVal funcName As String, _
                                 byVal specName As String, _
                                 byRef sqlMessageText As String, _
                                 byVal dbinfo As sqludf_dbinfo)

    ' Retrieve the current database name from the
    ' dbinfo structure and return it.
    dbName = dbinfo.dbname
    dbNameNullInd = 0  ' Return a non-null value

    ' If you want to return a user-defined error in
    ' the SQLCA you can specify a 5 digit user-defined
    ' SQLSTATE and an error message string text.
    ' For example:
    '
    ' sqlState = "ABCDE"
    ' msg_token = "A user-defined error has occurred"
    '
    ' These will be returned by DB2 in the SQLCA.  It
    ' will appear in the format of a regular DB2 sqlState
    ' error.
  End Sub
```

例 6: PROGRAM TYPE MAIN スタイルの Visual Basic プロシージャー

この例では、以下について説明します。

- メインプログラム・スタイルを使用したプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- メインプログラム・スタイルを使用した Visual Basic のパラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS のコード

メインプログラム・スタイルでルーチンをインプリメントするには、CREATE PROCEDURE ステートメントの PROGRAM TYPE 節に MAIN という値を指定する必要があります。 CREATE PROCEDURE ステートメントにもパラメーターを指定しますが、コードのインプリメンテーションでは、ルーチンの argc 整数パラメーターと argv パラメーター配列にパラメーターを渡します。

表 29. メインプログラム・スタイルで *Visual Basic* プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE MainStyle(IN empId CHAR(6),
                           INOUT bonus Decimal(9,2),
                           OUT empName VARCHAR(60))
SPECIFIC mainStyle
DYNAMIC RESULT SETS 0
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS
FENCED
PROGRAM TYPE MAIN
EXTERNAL NAME 'gwenVbProc.dll:bizLogic.empOps!Main'
```

表 29. メインプログラム・スタイルで *Visual Basic* プロシージャーを作成するためのコード *(続き)*

```
Public Shared Sub Main( byVal argc As Int32,
                        byVal argv As Object())

   Dim myCommand As DB2Command
   Dim myReader As DB2DataReader
   Dim empId As String
   Dim bonus As Decimal
   Dim salary As Decimal
   Dim nullInds As Int16()

   empId = argv(0)  ' argv[0] (IN)    nullInd = argv[3]
   bonus = argv(1)  ' argv[1] (INOUT) nullInd = argv[4]
                    ' argv[2] (OUT)   nullInd = argv[5]
   salary = 0
   nullInds = argv(3)

   If nullInds(0) = -1     ' Check if the empId input is null
      nullInds(1) = -1     ' Return a NULL Bonus value
      argv(1) = ""         ' Set output parameter empName
      nullInds(2) = -1     ' Return a NULL empName value
      Return
   Else
      ' If the employee exists and the current bonus is 0,
      ' calculate a new employee bonus based on the employee's
      ' salary.  Return the employee name and the new bonus
      myCommand = DB2Context.GetCommand()
      myCommand.CommandText = _
                "SELECT FIRSTNME, MIDINIT, LASTNAME, SALARY " _
              + " FROM EMPLOYEE " _
              + " WHERE EMPNO = '"+ empId + "'"

      myReader = myCommand.ExecuteReader()


      If myReader.Read()  ' If employee record is found
         ' Get the employee's full name and salary
         argv(2) = myReader.GetString(0) + " "  _
                 + myReader.GetString(1) + ". " _
                 + myReader.GetString(2)
         nullInds(2) = 0
         salary = myReader.GetDecimal(3)

         If bonus = 0
            If salary > 75000
               argv(1) = salary * 0.025
               nullInds(1) = 0  ' Return a non-NULL value
            Else
               argv(1) = Salary * 0.05
               nullInds(1) = 0  ' Return a non-NULL value
            End If
         End If
      Else  ' Employee not found
         argv(2) = ""      ' Set output parameter
         nullInds(2) = -1  ' Return a NULL value
      End If

      myReader.Close()
   End If

End Sub
```

例: C# .NET CLR プロシージャーでの XML および XQuery サポート

プロシージャーの基本、.NET 共通言語ランタイム・ルーチンの本質部分、XQuery および XML を理解したなら、XML フィーチャーを持つ CLR プロシージャーの作成および使用を始めることができます。

以下の例は、XML データの更新および照会方法に加えて、タイプ XML のパラメーターを使用する C# .NET CLR プロシージャーを示します。

前提条件

CLR プロシージャーの例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- .NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン
- DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する
- ルーチン使用の利点
- 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』

この下の例では、以下のように定義された `xmlDataTable` という名前の表を使用します。

```
CREATE TABLE xmlDataTable
(
   num INTEGER,
   xdata XML
)

INSERT INTO xmlDataTable VALUES
   (1, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Pontiac</make>
                              <model>Sunfire</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (2, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Mazda</make>
                              <model>Miata</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (3, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>person</type>
                              <name>Mary</name>
                              <town>Vancouver</town>
                              <street>Waterside</street>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (4, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>person</type>
                              <name>Mark</name>
                              <town>Edmonton</town>
                              <street>Oak</street>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (5, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>animal</type>
                              <name>dog</name>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (6, NULL),
   (7, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Ford</make>
                              <model>Taurus</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
```

```
(8, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                            <type>person</type>
                            <name>Kim</name>
                            <town>Toronto</town>
                            <street>Elm</street>
                            </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(9, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                            <type>person</type>
                            <name>Bob</name>
                            <town>Toronto</town>
                            <street>Oak</street>
                            </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(10, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                             <type>animal</type>
                             <name>bird</name>
                             </doc>' PRESERVE WHITESPACE))@
```

手順 独自の C# CLR プロシージャーを作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- C# 外部コード・ファイル
- 例 1: XML フィーチャーを持つ C# パラメーター・スタイル GENERAL プロシージャー

C# 外部コード・ファイル

例は、CREATE PROCEDURE ステートメントと、関連アセンブリーのビルド元プロシージャーの外部 C# コード・インプリメンテーションという 2 つの部分から成っています。

以下の例のプロシージャー・インプリメンテーションに含まれる C# ソース・ファイルは、 gwenProc.cs という名前であり、以下の形式になっています。

表 30. C# 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
using System.IO;
using System.Data;
using IBM.Data.DB2;
using IBM.Data.DB2Types;

namespace bizLogic
{
   class empOps
   {          ...
     // C# procedures
              ...
   }
}
```

ファイルの先頭には、このファイルに組み込むものを示します。ファイル内のプロシージャーのいずれかに SQL が含まれる場合は、 IBM.Data.DB2 を含める必要があります。ファイル内のプロシージャーのいずれかにタイプ XML のパラメーターまたは変数が含まれる場合は、IBM.Data.DB2Types を含める必要があります。このファイルには、ネーム・スペース宣言を組み込み、プロシージャーを内容とするクラス empOps を組み込みます。ネーム・スペースの使用はオプションです。ネーム・スペースを使用する場合は、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節に指定するアセンブリー・パス名の中にネーム・スペースを入れなければなりません。

ファイルの名前、ネームスペース、特定のプロシージャー・インプリメンテーションを含むクラスの名前をメモしておくことは重要です。各プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節でその情報を指定して、DB2 がアセンブリーと CLR プロシージャーのクラスを見つけられるようにする必要があるからです。

例 1: XML フィーチャーを持つ C# パラメーター・スタイル GENERAL プロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル GENERAL プロシージャーの C# コード

このプロシージャーは、整数 inNum と inXML という 2 つのパラメーターを取ります。これらの値は表 xmlDataTable に挿入されます。次に、XML 値が XQuery を使用して検索されます。もう 1 つの XML 値が SQL を使用して検索されます。検索された XML 値は 2 つの出力パラメーター、outXML1 と outXML2 に割り当てられます。結果セットは戻されません。

表 31. C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE  xmlProc1   ( IN inNUM  INTEGER,
                               IN inXML  XML as CLOB (1K),
                               OUT inXML  XML as CLOB (1K),
                               OUT inXML  XML as CLOB (1K)
                             )
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE GENERAL
DYNAMIC RESULT SETS 0
FENCED
THREADSAFE
DETERMINISTIC
NO DBINFO
MODIFIES SQL DATA
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc.dll:bizLogic.empOps!xmlProc1' ;
```

```
//*************************************************************************
//  Stored Procedure: xmlProc1
//
//  Purpose:   insert XML data into XML column
//
//  Parameters:
//
//   IN:    inNum -- the sequence of XML data to be insert in xmldata table
//          inXML -- XML data to be inserted
//   OUT:   outXML1 -- XML data returned - value retrieved using XQuery
//          outXML2 -- XML data returned - value retrieved using SQL
//*************************************************************************
```

表 31. C# のパラメーター・スタイル GENERAL のプロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
public static void xmlProc1 (     int      inNum, DB2Xml   inXML,
                                out DB2Xml   outXML1, out DB2Xml   outXML2 )
{
   // Create new command object from connection context
   DB2Parameter parm;
   DB2Command cmd;
   DB2DataReader reader = null;
   outXML1 = DB2Xml.Null;
   outXML2 = DB2Xml.Null;

   // Insert input XML parameter value into a table
   cmd = DB2Context.GetCommand();
   cmd.CommandText = "INSERT INTO "
                   + "xmlDataTable( num , xdata ) "
                   + "VALUES( ?, ? )";

   parm = cmd.Parameters.Add("@num", DB2Type.Integer );
   parm.Direction = ParameterDirection.Input;
   cmd.Parameters["@num"].Value = inNum;
   parm = cmd.Parameters.Add("@data", DB2Type.Xml);
   parm.Direction = ParameterDirection.Input;
   cmd.Parameters["@data"].Value = inXML ;
   cmd.ExecuteNonQuery();
   cmd.Close();

   // Retrieve XML value using XQuery
                and assign value to an XML output parameter
   cmd = DB2Context.GetCommand();
   cmd.CommandText = "XQUERY for $x " +
                   "in db2-fn:xmlcolumn(¥"xmlDataTable.xdata¥")/doc "+
                   "where $x/make = ¥'Mazda¥' " +
                   "return <carInfo>{$x/make}{$x/model}</carInfo>";
   reader = cmd.ExecuteReader();
   reader.CacheData= true;

   if (reader.Read())
   {  outXML1 = reader.GetDB2Xml(0);  }
   else
   {  outXML1 = DB2Xml.Null;  }

   reader.Close();
   cmd.Close();

   // Retrieve XML value using SQL
                and assign value to an XML output parameter value
   cmd = DB2Context.GetCommand();
   cmd.CommandText = "SELECT xdata "
                    + "FROM xmlDataTable "
                    + "WHERE num = ?";

   parm = cmd.Parameters.Add("@num", DB2Type.Integer );
   parm.Direction = ParameterDirection.Input;
   cmd.Parameters["@num"].Value = inNum;
   reader = cmd.ExecuteReader();
   reader.CacheData= true;

   if (reader.Read())
   {  outXML2 = reader.GetDB2Xml(0);  }
   else
   {  outXML = DB2Xml.Null;  }

   reader.Close() ;
   cmd.Close();

   return;
}
```

例: C プロシージャーでの XML および XQuery サポート

プロシージャーの基本、C ルーチンの本質部分、XQuery および XML を理解したなら、XML 機能を持つ C プロシージャーの作成および使用を始めることができます。

以下の例は、XML データの更新および照会方法に加えて、タイプ XML のパラメーターを使用する C プロシージャーを示します。

前提条件

C プロシージャーの例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- ルーチン使用の利点

この下の例では、以下のように定義された xmlDataTable という名前の表を使用します。

```
CREATE TABLE xmlDataTable
(
   num INTEGER,
   xdata XML
)

INSERT INTO xmlDataTable VALUES
   (1, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Pontiac</make>
                              <model>Sunfire</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (2, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Mazda</make>
                              <model>Miata</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (3, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>person</type>
                              <name>Mary</name>
                              <town>Vancouver</town>
                              <street>Waterside</street>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (4, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>person</type>
                              <name>Mark</name>
                              <town>Edmonton</town>
                              <street>Oak</street>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (5, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>animal</type>
                              <name>dog</name>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (6, NULL),
   (7, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>car</type>
                              <make>Ford</make>
                              <model>Taurus</model>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
   (8, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                              <type>person</type>
                              <name>Kim</name>
                              <town>Toronto</town>
                              <street>Elm</street>
                              </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
```

```
(9, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                            <type>person</type>
                            <name>Bob</name>
                            <town>Toronto</town>
                            <street>Oak</street>
                            </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(10, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                             <type>animal</type>
                             <name>bird</name>
                             </doc>' PRESERVE WHITESPACE))
```

手順 独自の C プロシージャーを作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- C 外部コード・ファイル
- 例 1: XML フィーチャーを持つ C パラメーター・スタイル SQL プロシージャー

C 外部コード・ファイル

例は、CREATE PROCEDURE ステートメントと、関連アセンブリーのビルド元プロシージャーの外部 C コード・インプリメンテーションという 2 つの部分から成っています。

以下の例のプロシージャー・インプリメンテーションに含まれる C ソース・ファイルは、 gwenProc.SQC という名前であり、以下の形式になっています。

表 32. C 外部コード・ファイルの形式

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <sqlda.h>
#include <sqlca.h>
#include <sqludf.h>
#include <sql.h>
#include <memory.h>

// C procedures
               ...
```

ファイルの先頭には、このファイルに組み込むものを示します。組み込み SQL ルーチンには、XML サポートに必要な余分の組み込みファイルはありません。

ファイルの名前、およびプロシージャー・インプリメンテーションに対応する関数の名前をメモしておくことは重要です。各プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節でその情報を指定して、DB2 データベース・マネージャーがその C プロシージャーに該当するライブラリーとエントリー・ポイントを見つけられるようにする必要があるからです。

例 1: XML フィーチャーを持つ C パラメーター・スタイル SQL プロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント

- XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル SQL プロシージャーの C コード

このプロシージャーは 2 つの入力パラメーターを取ります。最初の入力パラメーターの名前は inNum で、タイプは INTEGER です。 2 番目の入力パラメーターの名前は inXML で、タイプは XML です。入力パラメーターの値を使用して、行を表 xmlDataTable に挿入します。次に、XML 値が SQL ステートメントを使用して検索されます。もう 1 つの XML 値が XQuery 式を使用して検索されます。検索された XML 値はそれぞれ 2 つの出力パラメーター、out1XML と out2XML に割り当てられます。結果セットは戻されません。

表 33. C のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE  xmlProc1   ( IN inNUM  INTEGER,
                               IN inXML  XML as CLOB (1K),
                               OUT inXML  XML as CLOB (1K),
                               OUT inXML  XML as CLOB (1K)
                             )
LANGUAGE C
PARAMETER STYLE SQL
DYNAMIC RESULT SETS 0
FENCED
THREADSAFE
DETERMINISTIC
NO DBINFO
MODIFIES SQL DATA
PROGRAM TYPE SUB
EXTERNAL NAME 'gwenProc!xmlProc1' ;
```

```
//*************************************************************************
//  Stored Procedure: xmlProc1
//
//  Purpose:   insert XML data into XML column
//
//  Parameters:
//
//   IN:    inNum -- the sequence of XML data to be insert in xmldata table
//          inXML -- XML data to be inserted
//   OUT:   out1XML -- XML data returned - value retrieved using XQuery
//          out2XML -- XML data returned - value retrieved using SQL
//*************************************************************************
```

表 33. C のパラメーター・スタイル SQL のプロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
#ifdef __cplusplus
extern "C"
#endif
SQL_API_RC SQL_API_FN testSecA1(sqlint32* inNum,
                                SQLUDF_CLOB* inXML,
                                SQLUDF_CLOB* out1XML,
                                SQLUDF_CLOB* out2XML,
                                SQLUDF_NULLIND *inNum_ind,
                                SQLUDF_NULLIND *inXML_ind,
                                SQLUDF_NULLIND *out1XML_ind,
                                SQLUDF_NULLIND *out2XML_ind,
                                SQLUDF_TRAIL_ARGS)
{
  char *str;
  FILE *file;

  EXEC SQL INCLUDE SQLCA;

  EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
       sqlint32 hvNum1;
       SQL TYPE IS XML AS CLOB(200) hvXML1;
       SQL TYPE IS XML AS CLOB(200) hvXML2;
       SQL TYPE IS XML AS CLOB(200) hvXML3;
  EXEC SQL END DECLARE SECTION;

  /* Check null indicators for input parameters */
  if ((*inNum_ind < 0) ||  (*inXML_ind < 0)) {
     strcpy(sqludf_sqlstate, "38100");
     strcpy(sqludf_msgtext, "Received null input");
     return 0;
  }

  /* Copy input parameters to host variables */
  hvNum1 = *inNum;
  hvXML1.length = inXML->length;
  strncpy(hvXML1.data, inXML->data, inXML->length);

  /* Execute SQL statement */
  EXEC SQL
     INSERT INTO xmlDataTable (num, xdata) VALUES (:hvNum1, :hvXML1);

  /* Execute SQL statement */
  EXEC SQL
     SELECT xdata INTO :hvXML2
        FROM xmlDataTable
           WHERE num = :hvNum1;

  sprintf(stmt5, "SELECT XMLQUERY('for $x in $xmldata/doc
                                   return <carInfo>{$x/model}</carInfo>'
                                   passing by ref xmlDataTable.xdata
                                       as ¥"xmldata¥" returning sequence)
                    FROM xmlDataTable WHERE num = ?");

  EXEC SQL PREPARE selstmt5 FROM :stmt5 ;
  EXEC SQL DECLARE c5 CURSOR FOR selstmt5;
  EXEC SQL OPEN c5 using :hvNum1;
  EXEC SQL FETCH c5 INTO :hvXML3;

  exit:

  /* Set output return code */
  *outReturnCode = sqlca.sqlcode;
  *outReturnCode_ind = 0;

  return 0;
}
```

C# .NET CLR 関数の例

ユーザー定義関数 (UDF) の基礎と CLR ルーチンの基本を理解できたら、アプリケーションやデータベース環境の中で CLR UDF をさっそく活用できます。このトピックでは、手始めとして CLR UDF の例をいくつか紹介します。 C# の CLR プロシージャーの例については、以下を参照してください。

- 188 ページの『C# .NET CLR プロシージャーの例』

CLR UDF の例を使用した作業を開始する前に、概念について説明している以下のトピックを参照することもできます。

- 164 ページの『.NET 共通言語ランタイム (CLR) ルーチン』
- 176 ページの『DB2 コマンド・ウィンドウから .NET CLR ルーチンを作成する』
- 149 ページの『外部スカラー関数』
- 「*ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発*」内の 『Common Language Runtime (CLR) .NET ルーチンの構築』

以下の例では、SAMPLE データベースに含まれる EMPLOYEE という名前の表を使用しています。

独自の C# CLR UDF を作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- C# 外部コード・ファイル
- 例 1: C# のパラメーター・スタイル SQL の表関数
- 例 2: C# のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数

C# 外部コード・ファイル

以下の例では、C# UDF のさまざまなインプリメンテーションを示しています。各 UDF ごとに、関連アセンブリーのビルド元になる C# ソース・コードとともに、 CREATE FUNCTION ステートメントを用意します。以下の例で使用している関数宣言に含まれる C# ソース・ファイルは、gwenUDF.cs という名前であり、以下の形式になっています。

表 34. C# 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
using System.IO;
using IBM.Data.DB2;

namespace bizLogic
{
   ...
   // Class definitions that contain UDF declarations
   // and any supporting class definitions
   ...
}
```

C# ファイル内のクラスに関数宣言を組み込む必要があります。ネーム・スペースの使用はオプションです。ネーム・スペースを使用する場合は、CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節に指定するアセン

ブリー・パス名の中にネーム・スペースを入れなければなりません。関数に SQL が含まれる場合は、IBM.Data.DB2. を含める必要があります。

例 1: C# のパラメーター・スタイル SQL の表関数

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL の表関数の CREATE FUNCTION ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL の表関数の C# コード

この表関数は、データ配列から作成された従業員データの行を含んだ表を戻します。この例には、2 つの関連クラスがあります。 1 つは従業員を表すクラス person であり、もう 1 つはクラス person を使用するルーチン表 UDF を含んだクラス empOps です。従業員の給与情報は、入力パラメーターの値に基づいて更新されます。この例のデータ配列は、表関数を最初に呼び出したときに表関数そのものの中に作成されます。そのような配列は、ファイル・システム上のテキスト・ファイルからデータを読み取ることによっても作成できます。表関数のその後の呼び出しで配列データにアクセスするために、データの値がスクラッチパッドに書き込まれます。

表関数を呼び出すたびに、1 つのレコードが配列から読み取られ、 1 つの行が関数によって戻される表の中に生成されます。行を表の中に生成する処理は、表関数の出力パラメーターを対象の行値に設定するという形で実行されます。表関数の最終呼び出しが行われた後、生成された行の表が戻されます。

表 35. C# のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード

```
CREATE FUNCTION tableUDF(double)
RETURNS TABLE (name varchar(20),
               job varchar(20),
               salary double)
EXTERNAL NAME 'gwenUDF.dll:bizLogic.empOps!tableUDF'
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
NOT DETERMINISTIC
FENCED
THREADSAFE
SCRATCHPAD 10
FINAL CALL
EXECUTION CONTROL SAFE
DISALLOW PARALLEL
NO DBINFO
```

表 35. C# のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード (続き)

```
// The class Person is a supporting class for
// the table function UDF, tableUDF, below.
class Person
{
     private String name;
     private String position;
     private Int32 salary;

     public Person(String newName, String newPosition, Int32
     newSalary)
     {
        this.name = newName;
        this.position = newPosition;
        this.salary = newSalary;
     }

     public String getName()
     {
        return this.name;
     }

     public String getPosition()
     {
        return this.position;
     }

     public Int32 getSalary()
     {
        return this.salary;
     }
}
```

表 35. C# のパラメーター・スタイル SQL の表関数を作成するためのコード (続き)

```
class empOps
{

   public static void TableUDF( Double factor, out String name,
                    out String position, out Double salary,
                    Int16 factorNullInd, out Int16 nameNullInd,
                    out Int16 positionNullInd, out Int16 salaryNullInd,
                    ref String sqlState, String funcName,
                    String specName, ref String sqlMessageText,
                    Byte[] scratchPad, Int32 callType)
   {

      Int16 intRow = 0;

      // Create an array of Person type information
      Person[] Staff = new
      Person[3];
      Staff[0] = new Person("Gwen", "Developer", 10000);
      Staff[1] = new Person("Andrew", "Developer", 20000);
      Staff[2] = new Person("Liu", "Team Leader", 30000);

      salary = 0;
      name = position = "";
      nameNullInd = positionNullInd = salaryNullInd = -1;

      switch(callType)
      {
         case (-2):  // Case SQLUDF_TF_FIRST:
           break;

         case (-1):  // Case SQLUDF_TF_OPEN:
           intRow = 1;
           scratchPad[0] = (Byte)intRow;  // Write to scratchpad
           break;
         case (0):   // Case SQLUDF_TF_FETCH:
           intRow = (Int16)scratchPad[0];
           if (intRow > Staff.Length)
           {
              sqlState = "02000";  // Return an error SQLSTATE
           }
           else
           {
              // Generate a row in the output table
              // based on the Staff array data.
              name =
              Staff[intRow-1].getName();
              position = Staff[intRow-1].getPosition();
              salary = (Staff[intRow-1].getSalary()) * factor;
              nameNullInd = 0;
              positionNullInd = 0;
              salaryNullInd = 0;
           }
           intRow++;
           scratchPad[0] = (Byte)intRow;  // Write scratchpad
           break;

         case (1):   // Case SQLUDF_TF_CLOSE:
           break;

         case (2):   // Case SQLUDF_TF_FINAL:
           break;
      }
   }
}
```

例 2: C# のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル SQL のスカラー関数の CREATE FUNCTION ステートメント
- パラメーター・スタイル SQL のスカラー関数の C# コード

このスカラー関数は、操作対象の入力値ごとに 1 つのカウント値を戻します。入力値セットの n 番目の桁にある入力値に対する出力スカラー値は n になります。スカラー関数の各呼び出しでは、行または値の入力セット内のそれぞれの行または値に 1 つの呼び出しが関連付けられており、呼び出しのたびにカウントが 1 つずつ増え、カウントの現行値が戻されます。そのカウントはスクラッチパッドのメモリー・バッファー内に保管されるので、スカラー関数の呼び出しと呼び出しの間でカウントの値が保たれるようになっています。

例えば、表を次のように定義している場合は、このスカラー関数を簡単に呼び出すことができます。

```
CREATE TABLE T (i1 INTEGER);
INSERT INTO T VALUES 12, 45, 16, 99;
```

このスカラー関数の呼び出しには、以下のような簡単な照会を使用できます。

```
SELECT countUp(i1) as count, i1 FROM T;
```

この照会の出力は次のようになります。

```
COUNT           I1
-----------     ----------
1               12
2               45
3               16
4               99
```

このスカラー UDF は非常に簡単です。スカラー関数を使用するときには、行のカウントだけを戻す代わりに、データの形式を既存の列に合わせることもできます。例えば、住所列の各値にストリングを付加することや、一連の入力ストリングから複雑なストリングを組み立てることや、中間結果の保管先のデータ・セットに対して複雑な数値評価を行うことなども可能です。

表 36. C# のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数を作成するためのコード

```
CREATE FUNCTION countUp(INTEGER)
RETURNS INTEGER
LANGUAGE CLR
PARAMETER STYLE SQL
SCRATCHPAD 10
FINAL CALL
NO SQL
FENCED
THREADSAFE
NOT DETERMINISTIC
EXECUTION CONTROL SAFE
EXTERNAL NAME 'gwenUDF.dll:bizLogic.empOps!CountUp' ;
```

表 36. C# のパラメーター・スタイル SQL のスカラー関数を作成するためのコード (続き)

```
class empOps
{
   public static void CountUp(     Int32 input,
                                out Int32 outCounter,
                                    Int16 inputNullInd,
                                out Int16 outCounterNullInd,
                                ref String sqlState,
                                    String funcName,
                                    String specName,
                                ref String sqlMessageText,
                                    Byte[] scratchPad,
                                    Int32 callType)
   {
      Int32 counter = 1;

      switch(callType)
      {
         case -1: // case SQLUDF_FIRST_CALL
           scratchPad[0] = (Byte)counter;
           outCounter = counter;
           outCounterNullInd = 0;
           break;
         case 0:  // case SQLUDF_NORMAL_CALL:
           counter = (Int32)scratchPad[0];
           counter = counter + 1;
           outCounter = counter;
           outCounterNullInd = 0;
           scratchPad[0] =
           (Byte)counter;
           break;
         case 1:  // case SQLUDF_FINAL_CALL:
           counter =
           (Int32)scratchPad[0];
           outCounter = counter;
           outCounterNullInd = 0;
           break;
         default: // Should never enter here
                  // * Required so that at compile time
                  //   out parameter outCounter is always set *
           outCounter = (Int32)(0);
           outCounterNullInd = -1;
           sqlState="ABCDE";
           sqlMessageText = "Should not get here: Default
           case!";
           break;
      }
   }
}
```

C および C++ ルーチン

C および C++ ルーチンとは、C または C++ ソース・コードでビルドされたライブラリーを外部コード本体として参照する CREATE PROCEDURE ステートメント、CREATE FUNCTION ステートメント、または CREATE METHOD ステートメントの実行によって作成される外部ルーチンです。

C および C++ ルーチンは、組み込み SQL ステートメントをオプションで SQL ステートメントを実行することができます。

C および C++ ルーチンのコンテキストで重要な用語は、以下のとおりです。

CREATE ステートメント
データベース内にルーチンを作成するために使用される SQL 言語の CREATE ステートメント。

ルーチン本体のソース・コード
CREATE ステートメントの EXTERNAL 節の仕様に対応する、C または C++ ルーチンのインプリメンテーションを含むソース・コード・ファイル。

プリコンパイラー
ルーチンのソース・コード・インプリメンテーションを事前構文解析する DB2 ユーティリティー。コードに含まれる SQL ステートメントを検証し、パッケージを生成します。

コンパイラー
ソース・コード・インプリメンテーションをコンパイルおよびリンクするために必要なプログラミング言語固有のソフトウェア。

パッケージ
DB2 がルーチンの実行時にルーチン・コード・インプリメンテーションに含まれる SQL ステートメントを実行するために使用する、実行時のアクセス・パス情報を含むファイル。

ルーチン・ライブラリー
コンパイルされた形式のルーチンのソース・コードが含まれるファイル。Windows の場合、これらのファイルには .dll ファイル拡張子が含まれるため、DLL と呼ばれることもあります。

C または C++ ルーチンを開発するには、ルーチンの基本と、C および C++ ルーチンにユニークなフィーチャーや特徴をあらかじめ理解しておくことが重要です。組み込み SQL API と、組み込み SQL アプリケーション開発の基本について理解しておくことも重要です。これらのテーマについてより理解を深めるには、以下のトピックを参照してください。

- 外部ルーチン
- 組み込み SQL
- C および C++ ルーチンの組み込みファイル
- C および C++ ルーチンでのパラメーター
- C および C++ ルーチンに関する制約事項

C または C++ ルーチンの開発には、一連の段階的な指示に従って、C または C++ ルーチン例を参照することが含まれます。次のトピックを参照してください。

- C および C++ ルーチンの作成
- C プロシージャーの例
- C ユーザー定義関数の例

C での外部ルーチン開発のサポート

C で外部ルーチンを開発するには、サポートされるコンパイラーおよび開発ソフトウェアを使用する必要があります。

C での DB2 データベース・アプリケーション開発のためのサポートされるコンパイラーおよび開発ソフトウェアは、すべて C での外部ルーチン開発に使用できます。

C++ での外部ルーチン開発のサポート

C++ で外部ルーチンを開発するには、サポートされるコンパイラーおよび開発ソフトウェアを使用する必要があります。

C での DB2 データベース・アプリケーション開発のためのサポートされるコンパイラーおよび開発ソフトウェアは、すべて C++ での外部ルーチン開発に使用できます。

C および C++ ルーチン開発のためのツール

C および C++ ルーチンでサポートされるツールは、組み込み SQL C および C++ アプリケーションでサポートされるものと同じです。

組み込み SQL アプリケーションまたはルーチンの開発、デバッグ、またはデプロイのための DB2 開発環境またはグラフィカル・ユーザー・インターフェース・ツールはありません。

以下のコマンド行インターフェースは、一般に組み込み SQL アプリケーションおよびルーチンの開発、デバッグ、およびデプロイに使用されます。

- DB2 コマンド行プロセッサー
- DB2 コマンド・ウィンドウ

これらのインターフェースは、データベース内でルーチンを作成するのに必要な SQL ステートメントの実行をサポートします。 C および C++ ルーチン (組み込み SQL が含まれる) をビルドするのに必要な PREPARE コマンドおよび BIND コマンドも、これらのインターフェースから発行することができます。

C および C++ ルーチンの設計

C および C++ ルーチンの設計は、C および C++ ルーチンを作成する前に行うべき作業です。C および C++ ルーチンの設計は一般に、他のプログラミング言語でインプリメントされる外部ルーチンの設計と、組み込み SQL アプリケーションの設計の両方に関連します。

前提条件

- 外部ルーチンの一般的な知識
- C または C++ プログラミングの経験
- オプション: 組み込み SQL または CLI アプリケーション開発の知識および経験 (ルーチンが SQL ステートメントを実行する場合)

以下のトピックは、必要な前提条件に関する情報の一部を提供しています。

外部ルーチンのフィーチャーおよび使用方法の詳細

- 25 ページの『外部ルーチンのインプリメンテーション』のトピックを参照してください。

組み込み SQL API の特性についての詳細

- 「*組み込み SQL アプリケーションの開発*」にある『組み込み SQL の概要』というトピックを参照してください。

すでに前提知識がある場合、組み込み SQL ルーチンの設計には、主に C および C++ ルーチンの固有のフィーチャーおよび特性について習得することが関係しています。

- 『C および C++ ルーチン開発で必要な組み込みファイル (sqludf.h)』
- 234 ページの『C および C++ ルーチンでのパラメーター』
- 235 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ プロシージャー』
- 239 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ 関数』
- 249 ページの『C および C++ ルーチンでの SQL データ・タイプ処理』
- 273 ページの『C および C++ ルーチンでのグラフィック・ホスト変数』
- 275 ページの『C および C++ プロシージャーからの結果セットの戻り』
- 273 ページの『C++ のタイプ修飾』
- 144 ページの『外部ルーチンに関する制約事項』

C および C++ の特性について理解した後、以下を参照することができます。

- 277 ページの『C および C++ ルーチンの作成』

C および C++ ルーチン開発で必要な組み込みファイル (sqludf.h)

sqludf.h 組み込みファイルには、ルーチン・インプリメンテーションをコーディングするときに必要とされる構造、定義、および値が入っています。このファイルの名前には 'udf' が入っていますが、(履歴上の理由で) それはストアード・プロシージャーやメソッドにも便利です。ルーチンのコンパイル時には、このファイルがある DB2 インストールの include ディレクトリーを参照する必要があります。

ご使用の特定のオペレーティング・システム用の正しい C データ・タイプと、オペレーティング・システムのビット幅が確実に使用されるようにするために、このファイル内のオブジェクトを使用することをお勧めします。

`sqludf.h` ファイルには、構造定義と、構造定義の説明が入っています。以下にその内容について簡単に要約します。

- C または C++ 構造体としての表記を必要としない外部ルーチンへのパラメーターとしてサポートされる、SQL データ・タイプ用のマクロ定義。ファイル内での定義は SQLUDF_x および SQLUDF_x_FBD のような名前形式を持っています。ここで x は SQL データ・タイプ名であり、FBD は、バイナリー・フォームで格納されるそれらのデータ・タイプ用の FOR BIT DATA を表しています。

  また、AS LOCATOR 節を使用して定義される引数や結果の C 言語タイプも含まれます。これは、UDF およびメソッドにのみ当てはまります。
- 以下の SQL データ・タイプおよび特殊パラメーターを表現するために必要な C 構造体の定義。
  - VARCHAR FOR BIT DATA データ・タイプ
  - LONG VARCHAR データ・タイプ

– LONG VARCHAR FOR BIT DATA データ・タイプ
– LONG VARGRAPHIC データ・タイプ
– BLOB データ・タイプ
– CLOB データ・タイプ
– DBCLOB データ・タイプ
– スクラッチパッド構造
– dbinfo 構造

これらはそれぞれ、単純な C データ・タイプによって表現されるのではなく、複数のフィールド値を持つ構造によって表現されます。

スクラッチパッド構造は、関数呼び出し中に使用するためにユーザー定義関数に渡されるバッファーを定義します。ただし、変数とは異なり、スクラッチパッドに格納されるデータは、単一の呼び出しの中では、複数のユーザー定義関数呼び出し間で持続します。これは、集約値を戻す関数と、ロジックの初期セットアップを必要とする関数の両方において便利です。

dbinfo 構造とは、DBINFO 節がルーチンの CREATE ステートメントに含まれている場合に限って、追加の引数としてルーチン・インプリメンテーションと受け渡しできる、データベースおよびルーチンの情報が含まれる構造のことです。

- スクラッチパッドおよび呼び出しタイプ引数に対する C 言語型定義。呼び出しタイプ引数には、enum 型定義が指定されます。

  外部ユーザー定義関数は、値のセットに対して複数回呼び出されます。呼び出しタイプは個別の外部関数の呼び出しを識別するために使用されます。それぞれの呼び出しは、関数ロジック内で参照可能な呼び出しタイプの値で識別されます。例えば、ある関数の最初の呼び出し、データのフェッチ呼び出し、および最終呼び出しに関して特別な呼び出しタイプが存在します。呼び出しタイプは、特定のロジックを特定の呼び出しタイプに関連付けることができるため便利です。呼び出しタイプの例として、FIRST 呼び出し、FETCH 呼び出し、FINAL 呼び出しがあります。

- ユーザー定義関数 (UDF) プロトタイプで必要な、標準の後書き引数を定義するためのマクロ。後書き引数には、SQL 状態 (SQL-state)、関数名 (function-name)、特定名 (specific-name)、診断メッセージ (diagnostic-message)、スクラッチパッド (scratchpad)、および呼び出しタイプ (call-type) という UDF 呼び出し引数があります。また、これらの構造の参照、およびさまざまな SQLSTATE 有効値に対する定義も含まれます。スクラッチパッドおよび呼び出しタイプ引数の組み込みや除外の点でそれぞれ異なる、各種のマクロ定義が用意されています。それらは、関数定義における SCRATCHPAD 節と FINAL CALL 節の使用の有無に対応しています。

  一般に、ユーザー定義関数の定義の際には、関数プロトタイプを単純にするために、マクロ SQLUDF_TRAIL_ARGS を使用することをお勧めします。以下に例を示します。

```
void SQL_API_FN ScalarUDF(SQLUDF_CHAR *inJob,
                          SQLUDF_DOUBLE *inSalary,
                          SQLUDF_DOUBLE *outNewSalary,
                          SQLUDF_SMALLINT *jobNullInd,
```

```
                                SQLUDF_SMALLINT *salaryNullInd,
                                SQLUDF_SMALLINT *newSalaryNullInd,
                                SQLUDF_TRAIL_ARGS)
```

- SQL 引数に NULL 値があるかどうかをテストするために使用できるマクロ定義。

ファイル sqludf.h 内に定義される各種の定義、マクロ、および構造がどのように使用されるかを調べるには、C および C++ のサンプル・アプリケーションおよびルーチンを参照してください。

C および C++ ルーチンでのパラメーター

C および C++ ルーチンのパラメーター宣言は、サポートされているいずれかのパラメーター・スタイルまたはプログラム・タイプの要件を満たしている必要があります。ルーチンがスクラッチパッドを使用する場合や、 dbinfo 構造を使用する場合や、 PROGRAM TYPE MAIN パラメーター・インターフェースを使用する場合には、次の追加の考慮事項があります。

- 『サポートされている C および C++ ルーチンのパラメーター・スタイル』
- 235 ページの『C および C++ ルーチンでのパラメーター NULL 標識』
- 235 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ プロシージャー』
- 239 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ 関数』
- 241 ページの『C および C++ ルーチンのパラメーターを値によって渡すか、参照によって渡すか』
- 241 ページの『パラメーターは C および C++ プロシージャーの結果セットには必要ではない』
- 241 ページの『C または C++ ルーチン・パラメーターとしての Dbinfo 構造』
- 244 ページの『C または C++ 関数パラメーターとしてのスクラッチパッド』
- 245 ページの『C および C++ プロシージャーでのプログラム・タイプ MAIN のサポート』

C および C++ ルーチンのパラメーター・インターフェースを正しくインプリメントすることは非常に重要です。これは、ほんの少し注意を払い、指定されたとおりにパラメーター・スタイルおよびデータ・タイプが確実に正しく選択され、インプリメントされるように見届けるだけで簡単に行えます。

サポートされている C および C++ ルーチンのパラメーター・スタイル

C および C++ ルーチンでは、以下のパラメーター・スタイルがサポートされます。

- SQL (プロシージャーと関数に対応、推奨)
- GENERAL (プロシージャーに対応)
- GENERAL WITH NULLS (プロシージャーに対応)

すべての C および C++ ルーチンにパラメーター・スタイル SQL を使用することを強くお勧めします。このパラメーター・スタイルは NULL 値をサポートし、エラーの報告や、スクラッチパッドと呼び出しタイプのサポートなどのための標準インターフェースを備えています。

ルーチンで使用するパラメーター・スタイルを指定するには、ルーチン作成時にそのルーチンの CREATE ステートメント内に PARAMETER STYLE 節を指定する必要があります。

C または C++ ルーチン・コードのインプリメンテーションでは、そのパラメーター・スタイルを正確に反映しなければなりません。

これらのパラメーター・スタイルについて詳しくは、『Syntax for passing parameters to C and C++ routines』を参照してください。

C および C++ ルーチンでのパラメーター NULL 標識

C または C++ ルーチン (プロシージャーまたは関数) 用に選択されたパラメーター・スタイルで、パラメーター・スタイル SQL および GENERAL で必要とされるように、NULL 標識パラメーターをそれぞれの SQL パラメーターに指定する必要がある場合、NULL 標識はデータ・タイプ SQLUDF_NULLIND* のパラメーターとして渡されます。パラメーター・スタイル GENERAL WITH NULLS の場合、タイプ SQLUDF_NULLIND の配列として渡す必要があります。このデータ・タイプは組み込み SQL アプリケーションおよびルーチン組み込みファイル sqludf.h で定義されます。

NULL 標識パラメーターは、対応するパラメーター値が SQL 内の NULL と同等かどうか、あるいはリテラル値が含まれるのかを示します。パラメーターの NULL 標識値が 0 の場合、パラメーター値が NULL ではないことを示します。パラメーターの NULL 標識値が -1 の場合、パラメーターは SQL 値 NULL と同等の値を持っていると見なされます。

NULL 標識を使用する場合、ルーチン内に以下を行うコードを含めることが重要です。

- 使用する前に、入力パラメーターの NULL 標識値をチェックする。
- ルーチンが戻す前に、出力パラメーターの NULL 標識値を設定する。

パラメーター SQL の詳細については、以下を参照してください。

- 142 ページの『外部ルーチンのパラメーター・スタイル』
- 『パラメーター・スタイル SQL C および C++ プロシージャー』
- 239 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ 関数』

パラメーター・スタイル SQL C および C++ プロシージャー

C および C++ プロシージャーは、CREATE PROCEDURE ステートメント内の PARAMETER STYLE SQL 節を使用して作成する必要があります。このパラメーター・スタイルのパラメーター引き渡し規則は、対応するプロシージャー・コードのインプリメンテーションでインプリメントする必要があります。

プロシージャーに必要な C および C++ PARAMETER STYLE SQL シグニチャーのインプリメンテーションは、以下の形式に従います。

```
SQL_API_RC SQL_API_FN function-name (
                                     SQL-arguments,
                                     SQL-argument-inds,
                                     sqlstate,
```

```
                                    routine-name,
                                    specific-name,
                                    diagnostic-message )
```

SQL_API_RC SQL_API_FN

SQL_API_RC および SQL_API_FN は、サポートされているオペレーティング・システムによって異なる可能性のある C または C++ プロシージャーの戻りのタイプと呼び出し規則を指定するマクロです。C および C++ ルーチンには、マクロを使用する必要があります。このマクロは、組み込み SQL アプリケーションおよびルーチン組み込みファイル sqlsystm.h で宣言されます。

function-name

コード・ファイル内の C または C++ 関数の名前。この値は、対応する CREATE PROCEDURE ステートメント内で指定されたプロシージャーの名前と同じである必要はありません。ただし、ライブラリー名と組み合わせたこの値は、使用するライブラリー内で正しい関数エントリー・ポイントを識別するために、EXTERNAL NAME 節で指定する必要があります。 C++ ルーチンの場合、C++ コンパイラーはタイプ修飾をエントリー・ポイント名に適用します。タイプ修飾名を EXTERNAL NAME 節に指定する必要がありますが、そうでない場合、ユーザー・コード内でエントリー・ポイントを extern "C" と定義しなければなりません。関数名は、明示的にエクスポートする必要があります。

SQL-arguments

CREATE PROCEDURE ステートメントで指定された SQL パラメーターのセットに対応する C または C++ 引数。 IN、OUT、および INOUT モード・パラメーターが、個別のポインター値を使用して渡されます。

SQL-argument-inds

CREATE PROCEDURE ステートメントで指定された SQL パラメーターのセットに対応する C または C++ NULL 標識。それぞれの IN、OUT、および INOUT モード・パラメーターに関して、関連した NULL 標識パラメーターがなければなりません。Null 標識は、タイプ SQLUDF_NULLIND の個別の引数として、または SQLUDF_NULLIND* として定義された NULL 標識の単一配列の一部として渡すことができます。

sqlstate

ルーチンで使用して、警告またはエラー条件を発信することができる入出力パラメーター値。通常この引数は、ユーザー定義の SQLSTATE 値を割り当てるのに使用し、その値は呼び出し側に戻すことのできるエラーまたは警告に対応しています。形式 38xxx の SQLSTATE 値 (xxx は任意の数値) を、ユーザー定義 SQLSTATE エラー値に使用できます。形式 01Hxx の SQLSTATE 値 (xx は任意の数値) を、ユーザー定義 SQLSTATE 警告値に使用できます。

routine-name

修飾ルーチン名を含む入力パラメーター値。この値は、DB2 によって生成され、<schema-name>.<routine-name> という形式でルーチンに渡されます。ここで、<schema-name> および <routine-name> は、SYSCAT.ROUTINES カタログ・ビュー内のルーチンの ROUTINESCHEMA 列値および ROUTINENAME 列値にそれぞれ相当します。この値は、複数の異なるルーチン定義で単一のルーチン・インプリメンテーションが使用さ

れる場合に役立ちます。ルーチン定義名がルーチンに渡されると、使用された定義に基づいてロジックを条件付きで実行できます。エラー・メッセージが含まれる診断情報を編成したり、ログ・ファイルに書き込んだりする場合には、ルーチン名も役立ちます。

specific-name
固有のルーチン特有の名前を含む入力パラメーター値。この値は DB2 によって生成されてルーチンに渡されます。この値は、SYSCAT.ROUTINES ビューのルーチンの SPECIFICNAME 列の値に対応します。ルーチン名と同じ方法で、使用できます。

diagnostic-message
呼び出し元のアプリケーションまたはルーチンにメッセージ・テキストを戻すのにルーチンがオプションで使用する出力パラメーター値。このパラメーターは、SQLSTATE 引数を補足するものとして使用することを目的とするものです。ユーザー定義のエラー・メッセージを割り当ててユーザー定義の SQLSTATE 値と一緒に使用できます。それにより、ルーチンの呼び出し側に詳細な診断エラー情報や警告情報を提供できます。

注: C および C++ プロシージャーのシグニチャーの作成を単純化するには、sqludf.h で定義されたマクロ定義 SQLUDF_TRAIL_ARGS を、個々の引数を使用する代わりに、プロシージャーのシグニチャーで使用することによって、非 SQL データ・タイプの引数をインプリメントできます。

以下に、単一の入力パラメーターを受け入れて、単一の出力パラメーターと結果セットを戻す C または C++ プロシージャーのインプリメンテーションの例を示します。

```
/************************************************************
 Routine:   cstp

  Purpose:  Returns an output parameter value based on an input
            parameter value

            Shows how to:
             - define a procedure using PARAMETER STYLE SQL
             - define NULL indicators for the parameter
             - execute an SQL statement
             - how to set a NULL indicator when parameter is
               not null

  Parameters:

  IN:       inParm
  OUT:      outParm

            When PARAMETER STYLE SQL is defined for the routine
            (see routine registration script spcreate.db2), in
            addition to the parameters passed during invocation,
            the following arguments are passed to the routine
            in the following order:

             - one null indicator for each IN/INOUT/OUT parameter
               ordered to match order of parameter declarations
             - SQLSTATE to be returned to DB2 (output)
             - qualified name of the routine (input)
             - specific name of the routine (input)
             - SQL diagnostic string to return an optional
               error message text to DB2 (output)
```

```
            See the actual parameter declarations below to see
            the recommended datatypes and sizes for them.

            CODE TIP:
            --------
            Instead of coding the 'extra' parameters:
              sqlstate, qualified name of the routine,
              specific name of the routine, diagnostic message,
            a macro SQLUDF_TRAIL_ARGS can be used instead.
            This macro is defined in DB2 include file sqludf.h

            TIP EXAMPLE:
            ------------
            The following is equivalent to the actual prototype
            used that makes use of macro definitions included in
            sqludf.h.  The form actually implemented is simpler
            and removes datatype concerns.

   extern "C"  SQL_API_RC SQL_API_FN OutLanguage(
                                                 sqlint16 *inParm,
                                                 double *outParm,
                                                 sqlint16 *inParmNullInd,
                                                 sqlint16 *outParmNullInd,
                                                 char sqlst[6],
                                                 char qualName[28],
                                                 char specName[19],
                                                 char diagMsg[71])
                                                )

*************************************************************/

extern "C" SQL_API_RC SQL_API_FN cstp ( sqlint16 *inParm,
                                        double *outParm,
                                        SQLUDF_NULLIND *inParmNullInd,
                                        SQLUDF_NULLIND *outParmNullInd,
                                        SQLUDF_TRAIL_ARGS )
{
  EXEC SQL INCLUDE SQLCA;

  EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
     sqlint16 sql_inParm;
  EXEC SQL END DECLARE SECTION;

  sql_inParm = *inParm;

  EXEC SQL DECLARE cur1 CURSOR FOR
   SELECT value
   FROM table01
    WHERE index = :sql_inParm;

  *outParm = (*inParm) + 1;
  *outParmNullInd = 0;

  EXEC SQL OPEN cur1;

  return (0);
}
```

このプロシージャーの対応する CREATE PROCEDURE ステートメントは次のとおりです。

```
CREATE PROCEDURE cproc( IN inParm INT, OUT outParm INT )
LANGUAGE c
PARAMETER STYLE sql
DYNAMIC RESULT SETS 1
```

```
FENCED
THREADSAFE
RETURNS NULL ON NULL INPUT
EXTERNAL NAME 'c_rtns!cstp'
```

上記のステートメントでは、C または C++ プロシージャーのインプリメンテーションは、Linux または UNIX 環境内では c_rtns というライブラリー・ファイル内に、および cstp という関数内にあることが前提になっています。

パラメーター・スタイル SQL C および C++ 関数

C および C++ ユーザー定義関数は、CREATE FUNCTION ステートメント内の PARAMETER STYLE SQL 節を使用して作成する必要があります。このパラメーター・スタイルのパラメーター引き渡し規則は、対応するソース・コードのインプリメンテーションでインプリメントする必要があります。ユーザー定義関数に必要な C および C++ PARAMETER STYLE SQL シグニチャーのインプリメンテーションは、以下の形式に従います。

```
SQL_API_RC SQL_API_FN function-name ( SQL-arguments,
 SQL-argument-inds,
 SQLUDF_TRAIL_ARGS )
```

SQL_API_RC SQL_API_FN

SQL_API_RC および SQL_API_FN は、サポートされているオペレーティング・システムによって異なる可能性のある C または C++ ユーザー定義関数の戻りのタイプと呼び出し規則を指定するマクロです。C および C++ ルーチンには、マクロを使用する必要があります。このマクロは、組み込み SQL アプリケーションおよびルーチン組み込みファイル sqlsystm.h で宣言されます。

function-name

コード・ファイル内の C または C++ 関数の名前。この値は、対応する CREATE FUNCTION ステートメント内で指定された関数の名前と同じである必要はありません。ただし、ライブラリー名と組み合わせたこの値は、使用するライブラリー内で正しい関数エントリー・ポイントを識別するために、EXTERNAL NAME 節で指定する必要があります。 C++ ルーチンの場合、C++ コンパイラーはタイプ修飾をエントリー・ポイント名に適用します。タイプ修飾名を EXTERNAL NAME 節で指定するか、または以下の例で示されるようにソース・コード・ファイル内の関数宣言に extern "C" という接頭部を付ける必要があります。 extern ″C″ SQL_API_RC SQL_API_FN OutLanguage(char *, sqlint16 *, char *, char *, char *, char *);

SQL-arguments

CREATE FUNCTION ステートメントで指定された SQL パラメーターのセットに対応する C または C++ 引数。

SQL-argument-inds

SQL-argument ごとに、ルーチンのインプリメンテーション内でパラメーター値を SQL の NULL 値として解釈するかどうかを指定するために、NULL 標識パラメーターが必要になります。 NULL 標識は、データ・タイプ SQLUDF_NULLIND を使用して指定する必要があります。このデータ・タイプは、組み込み SQL ルーチンの組み込みファイル sqludf.h で定義されます。

SQLUDF_TRAIL_ARGS

すでに拡張された、組み込み SQL ルーチンの組み込みファイル sqludf.h で定義されるマクロ。完全なパラメーター・スタイル SQL シグニチャーに必要な追加の後続の引数を定義します。使用できるマクロには、SQLUDF_TRAIL_ARGS および SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL の 2 つがあります。sqludf.h で定義されたように、SQLUDF_TRAIL_ARGS は拡張されると、以下のルーチン引数を追加することに相当します。

```
SQLUDF_CHAR *sqlState,
SQLUDF_CHAR qualName,
SQLUDF_CHAR specName,
SQLUDF_CHAR *sqlMessageText,
```

一般に、これらの引数は必要ではないか、あるいはユーザー定義関数ロジックの一部として使用されます。これらは、関数呼び出し側に渡される出力 SQLSTATE 値、入力の完全修飾関数名、入力の関数固有名、および SQLSTATE を使用して戻される出力メッセージ・テキストを表します。sqludf.h で定義されたように、SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL は拡張されると、以下のルーチン引数を追加するに相当します。

```
SQLUDF_CHAR  qualName,
SQLUDF_CHAR  specName,
SQLUDF_CHAR  sqlMessageText,
SQLUDF_SCRAT *scratchpad
SQLUDF_CALLT *callType
```

UDF CREATE ステートメントに SCRATCHPAD 節または FINAL CALL 節が含まれる場合、マクロ SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL を使用する必要があります。SQLUDF_TRAIL_ARGS で提供される引数に加えて、このマクロには、スクラッチパッド構造へのポインター、および呼び出しタイプの値も含まれます。

以下に、2 つの入力パラメーター値の積の値を出力パラメーターに戻す、簡単な C または C++ UDF の例を示します。

```
SQL_API_RC SQL_API_FN product ( SQLUDF_DOUBLE *in1,
                                SQLUDF_DOUBLE *in2,
                                SQLUDF_DOUBLE *outProduct,
                                SQLUDF_NULLIND *in1NullInd,
                                SQLUDF_NULLIND *in2NullInd,
                                SQLUDF_NULLIND *productNullInd,
                                SQLUDF_TRAIL_ARGS )
{

  /* Check that input parameter values are not null
     by checking the corresponding null indicator values
         0  : indicates parameter value is not NULL
         -1 : indicates parameter value is NULL

    If values are not NULL, calculate the product.
    If values are NULL, return a NULL output value. */

  if ((*in1NullInd != -1) &&
       *in2NullInd != -1))
  {
    *outProduct = (*in1) * (*in2);
    *productNullInd = 0;
  }
  else
  {
```

```
    *productNullInd = -1;
  }
  return (0);
}
```

この UDF の作成に使用できる、対応する CREATE FUNCTION ステートメントは以下のとおりです。

```
CREATE FUNCTION product( in1 DOUBLE, in2 DOUBLE )
  RETURNS DOUBLE
  LANGUAGE C
  PARAMETER STYLE SQL
  NO SQL
  FENCED THREADSAFE
  DETERMINISTIC
  RETURNS NULL ON NULL INPUT
  NO EXTERNAL ACTION
  EXTERNAL NAME 'c_rtns!product'
```

上記の SQL ステートメントでは、C または C++ 関数は c_rtns という function ディレクトリーのライブラリー・ファイル内にあることが前提になっています。

C および C++ ルーチンのパラメーターを値によって渡すか、参照によって渡すか

C および C++ ルーチンの場合、パラメーター値は、必ずポインターを使用してルーチンへの参照によって渡す必要があります。これは、参照によって、入力専用パラメーター、入出力パラメーター、および出力パラメーターで必要となります。

NULL 標識パラメーターも、ポインターを使用してルーチンへの参照によって渡さなければなりません。

注: DB2 は、すべてのパラメーターに関するメモリーの割り振りを制御し、ルーチンとの間で受け渡しが行われるすべてのパラメーターへの C または C++ 参照を管理します。ルーチン・パラメーターおよび NULL 標識に関連したメモリーを割り振ったり解放したりする必要はありません。

パラメーターは C および C++ プロシージャーの結果セットには必要ではない

プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントのシグニチャー、または関連したプロシージャーのインプリメンテーションでは、呼び出し側に結果セットを戻すためにパラメーターは必要ありません。

C プロシージャーから戻される結果セットは、カーソルを使用して戻されます。

LANGUAGE C プロシージャーから結果セットを戻す方法の詳細については、以下を参照してください。

- 275 ページの『C および C++ プロシージャーからの結果セットの戻り』

C または C++ ルーチン・パラメーターとしての Dbinfo 構造

dbinfo 構造とは、DBINFO 節がルーチンの CREATE ステートメントに含まれている場合に限って、追加の引数としてルーチン・インプリメンテーションと受け渡しできる、データベースおよびルーチンの情報が含まれる構造のことです。

dbinfo 構造は、sqludf_dbinfo 構造を使用してサポートされている LANGUAGE C ルーチンです。この C 構造体は、sqllib¥include ディレクトリーにある DB2 組み込みファイル sqludf.h で定義されます。

sqludf_dbinfo 構造は、以下のように定義されます。

```
SQL_STRUCTURE sqludf_dbinfo
{
   unsigned short  dbnamelen;                      /* Database name length     */
   unsigned char   dbname[SQLUDF_MAX_IDENT_LEN];   /* Database name            */
   unsigned short  authidlen;                      /* Authorization ID length  */
   unsigned char   authid[SQLUDF_MAX_IDENT_LEN];   /* Authorization ID         */
   union db_cdpg   codepg;                         /* Database code page       */
   unsigned short  tbschemalen;                    /* Table schema name length */
   unsigned char   tbschema[SQLUDF_MAX_IDENT_LEN]; /* Table schema name        */
   unsigned short  tbnamelen;                      /* Table name length        */
   unsigned char   tbname[SQLUDF_MAX_IDENT_LEN];   /* Table name               */
   unsigned short  colnamelen;                     /* Column name length       */
   unsigned char   colname[SQLUDF_MAX_IDENT_LEN];  /* Column name              */
   unsigned char   ver_rel[SQLUDF_SH_IDENT_LEN];   /* Database version/release */
   unsigned char   resd0[2];                       /* Alignment                */
   sqluint32       platform;                       /* Platform                 */
   unsigned short  numtfcol;                       /* # of entries in TF column*/
                                                   /* List array               */
   unsigned char   resd1[2];                       /* Reserved                 */
   sqluint32       procid;                         /* Current procedure ID     */
   unsigned char   resd2[32];                      /* Reserved                 */
   unsigned short  *tfcolumn;                      /* Tfcolumn to be allocated */
                                                   /* dynamically if a table   */
                                                   /* function is defined;     */
                                                   /* else a NULL pointer      */
   char            *appl_id;                       /* Application identifier   */
   sqluint32       dbpartitionnum;                 /* Database partition number*/
                                                   /* where routine executed   */
   unsigned char   resd3[16];                      /* Reserved                 */
};
```

dbinfo 構造内のすべてのフィールドがルーチンで役に立つわけではありませんが、この構造のフィールドにおける幾つかの値は診断エラー・メッセージ情報を編成する際に役立つ可能性があります。例えば、ルーチンでエラーが発生する場合、データベース名、データベース名の長さ、データベース・コード・ページ、現行の許可 ID、およびその現行許可 ID の長さが戻されると有用な場合があります。

LANGUAGE C ルーチン・インプリメンテーションで sqludf_dbinfo 構造を参照するには、以下のようにします。

- DBINFO 節を、ルーチンを定義する CREATE ステートメントに追加します。
- ルーチン・インプリメンテーションが含まれているファイルの先頭に、sqludf.h ヘッダー・ファイルを組み込みます。
- タイプ sqludf_dbinfo のパラメーターを、使用するパラメーター・スタイルで指定された位置にあるルーチンのシグニチャーに追加します。

以下は、PARAMETER STYLE GENERAL を使用した C プロシージャーの例で、dbinfo 構造の使用法を示しています。そのプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントを以下に記します。EXTERNAL NAME 節で指定されているように、プロシージャー・インプリメンテーションは spserver という名前のライブラリー・ファイルに入れられ、DbinfoExample という C 関数が含まれています。

```
  CREATE PROCEDURE DBINFO_EXAMPLE (IN job CHAR(8),
                                   OUT salary DOUBLE,
                                   OUT dbname CHAR(128),
                                   OUT dbversion CHAR(8),
                                   OUT errorcode INTEGER)
  DYNAMIC RESULT SETS 0
  LANGUAGE C
  PARAMETER STYLE GENERAL
  DBINFO
  FENCED NOT THREADSAFE
  READS SQL DATA
  PROGRAM TYPE SUB
  EXTERNAL NAME 'spserver!DbinfoExample'@
```

以下は、このプロシージャー定義に対応した C プロシージャー・インプリメンテーションです。

```
/************************************************************
 Routine:    DbinfoExample

   IN:       inJob         - a job type, used in a SELECT predicate
   OUT:      salary        - average salary of employees with job injob
             dbname        - database name retrieved from DBINFO
             dbversion     - database version retrieved from DBINFO
             outSqlError   - sqlcode of error raised (if any)
             sqludf_dbinfo - pointer to DBINFO structure

  Purpose:  This routine takes in a job type and returns the
            average salary of all employees with that job, as
            well as information about the database (name,
            version of database).  The database information
            is retrieved from the dbinfo object.

  Shows how to:
              - define IN/OUT parameters in PARAMETER STYLE GENERAL
              - declare a parameter pointer to the dbinfo structure
              - retrieve values from the dbinfo structure
************************************************************/
SQL_API_RC SQL_API_FN DbinfoExample(char inJob[9],
                                    double *salary,
                                    char dbname[129],
                                    char dbversion[9],
                                    sqlint32 *outSqlError,
                                    struct sqludf_dbinfo * dbinfo
                                    )
{
  /* Declare a local SQLCA */
  struct sqlca sqlca;

  EXEC SQL WHENEVER SQLERROR GOTO return_error;

  /* SQL host variable declaration section */
  /* Each host variable names must be unique within a code
     file, or the the precompiler raises SQL0307 error */
  EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
  char dbinfo_injob[9];
  double dbinfo_outsalary;
  sqlint16 dbinfo_outsalaryind;
  EXEC SQL END DECLARE SECTION;

  /* Initialize output parameters - se strings to NULL */
  memset(dbname, '¥0', 129);
  memset(dbversion, '¥0', 9);
  *outSqlError = 0;

  /* Copy input parameter into local host variable */
  strcpy(dbinfo_injob, inJob);
```

```
  EXEC SQL SELECT AVG(salary) INTO:dbinfo_outsalary
             FROM employee
               WHERE job =:dbinfo_injob;

  *salary = dbinfo_outsalary;

  /* Copy values from the DBINFO structure into the output parameters
     You must explicitly null-terminate the strings.
     Information such as the database name, and the version of the
     database product can be found in the DBINFO structure as well as
     other information fields. */

  strncpy(dbname, (char *)(dbinfo->dbname), dbinfo->dbnamelen);
  dbname[dbinfo->dbnamelen] = '¥0';
  strncpy(dbversion, (char *)(dbinfo->ver_rel), 8);
  dbversion[8] = '¥0';

  return 0;

  /* Copy SQLCODE to OUT parameter if SQL error occurs */

  return_error:
  {
    *outSqlError = SQLCODE;
    EXEC SQL WHENEVER SQLERROR CONTINUE;
    return 0;
  }
} /* DbinfoExample function */
```

C または C++ 関数パラメーターとしてのスクラッチパッド

C および C++ ルーチンでは、UDF 入力値ごとの呼び出しの間で UDF 値を保管するのに使用するスクラッチパッド構造、sqludf_scrat 構造の使用によってサポートしています。この C 構造体は、DB2 組み込みファイル sqludf.h で定義されます。

sqludf_scrat 構造を参照するには、sqludf.h ヘッダー・ファイルを C または C++ 関数のインプリメンテーションを含むファイルの上部に組み込み、ルーチンのインプリメンテーションのシグニチャー内で SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL マクロを使用します。

以下の例は、SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL というタイプのパラメーターを含む C スカラー関数のインプリメンテーションを示しています。

```
  #ifdef __cplusplus
  extern "C"
  #endif
  void SQL_API_FN ScratchpadScUDF(SQLUDF_INTEGER *outCounter,
                                  SQLUDF_SMALLINT *counterNullInd,
                                  SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL)
  {
    struct scalar_scratchpad_data *pScratData;

    /* SQLUDF_CALLT and SQLUDF_SCRAT are */
    /* parts of SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL */

    pScratData = (struct scalar_scratchpad_data *)SQLUDF_SCRAT->data;
    switch (SQLUDF_CALLT)
    {
      case SQLUDF_FIRST_CALL:
        pScratData->counter = 1;
        break;
      case SQLUDF_NORMAL_CALL:
        pScratData->counter = pScratData->counter + 1;
```

```
      break;
    case SQLUDF_FINAL_CALL:
      break;
  }

  *outCounter = pScratData->counter;
  *counterNullInd = 0;
} /* ScratchpadScUDF */
```

SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL マクロは展開して他のパラメーター値を定義します。これには SQLUDF_SCRAT という名前の、バッファー・パラメーターがスクラッチパッドとして使用されることを定義するパラメーター値が含まれます。値のセットに対してスカラー関数が呼び出されると、そのスカラー関数が呼び出されるたびにバッファーがパラメーターとして関数に渡されます。アクセスにはバッファーを使用できます。

SQLUDF_TRAIL_ARGS_ALL マクロ値は別の SQLUDF_CALLT というパラメーターの定義も行います。このパラメーターは呼び出しタイプの値を示すために使用されます。呼び出しタイプの値を使用することにより、関数が値のセットについてその最初に呼び出されているのか、最後に呼び出されているのか、それとも処理の途中で呼び出されているのかを識別できます。

C および C++ プロシージャーでのプログラム・タイプ MAIN のサポート

通常 C プロシージャーの PROGRAM TYPE 節ではデフォルト値 SUB が推奨されますが、LANGUAGE 節の値が C の CREATE PROCEDURE ステートメントでは、PROGRAM TYPE 節の値として MAIN がサポートされています。

PROGRAM TYPE 節の値 MAIN は、91 個以上のパラメーターを持つルーチンで必要になります。

PROGRAM TYPE MAIN 節を指定する場合は、C ソース・コード・ファイルのメインルーチンのデフォルト・スタイルと整合したシグニチャーを使用して、プロシージャーをインプリメントする必要があります。これは、main という名前の関数によってルーチンをインプリメントするという意味ではなく、通常は C プログラミングの argc および argv 引数を使用して、デフォルト・タイプのメインルーチンのアプリケーション・インプリメンテーションに多くの場合関連付けられた形式でパラメーターを渡す必要があるということです。

以下は、PGRAM TYPE MAIN 仕様に従った C または C++ ルーチンのシグニチャーの例です。

```
SQL_API_RC SQL_API_FN functionName(int argc, char **argv)
{
  ...
}
```

関数の引数の総数は、argc の値で指定されます。引数値は、argv 配列内の配列エレメントとして渡されます。引数の数と順序は、CREATE PROCEDURE ステートメントで指定された PARAMETER STYLE 節の値によって決まります。

例として、PROGRAM TYPE MAIN スタイルと推奨された PARAMETER STYLE SQL を持つように指定した、C プロシージャー用の次の CREATE PROCEDURE ステートメントを考えます。

```
CREATE PROCEDURE MAIN_EXAMPLE (
  IN job CHAR(8),
  OUT salary DOUBLE)
SPECIFIC CPP_MAIN_EXAMPLE
DYNAMIC RESULT SETS 0
NOT DETERMINISTIC
LANGUAGE C
PARAMETER STYLE SQL
NO DBINFO
FENCED NOT THREADSAFE
READS SQL DATA
PROGRAM TYPE MAIN
EXTERNAL NAME 'spserver!MainExample'@
```

この CREATE PROCEDURE ステートメントに対応するルーチン・シグニチャーのインプリメンテーションは、次のとおりです。

```
//*************************************************
//  Stored Procedure: MainExample
//
//  SQL parameters:
//     IN:      argv[1] - job    (char[8])
//     OUT:     argv[2] - salary (double)
//*************************************************
SQL_API_RC SQL_API_FN MainExample(int argc, char **argv)
{
  ...
}
```

プロシージャー呼び出し時に渡された SQL パラメーター値に加えて、PARAMETER STYLE SQL が使用されているため、そのスタイルに必要な追加パラメーターもルーチンに渡されます。

パラメーター値は、ソース・コード内の目的の argv 配列エレメントを参照することによりアクセスできます。上の例の場合、argc および argv 配列エレメントには、以下の値が含まれます。

```
argc   : Number of argv array elements
argv[0]: The function name
argv[1]: Value of parameter job (char[8], input)
argv[2]: Value of parameter salary (double, output)
argv[3]: null indicator for parameter job
argv[4]: null indicator for parameter salary
argv[5]: sqlstate (char[6], output)
argv[6]: qualName (char[28], output)
argv[7]: specName (char[19], output)
argv[8]: diagMsg (char[71], output)
```

C および C++ ルーチンにおいてサポートされる SQL データ・タイプ

次の表は、ルーチンの SQL データ・タイプと C データ・タイプの間でサポートされるマッピングをリストしています。 C/C++ の各データ・タイプには、sqludf.h で定義されている対応するタイプが付記されています。

表 37. C/C++ 宣言にマップされた SQL データ・タイプ

SQL 列名	C/C++ データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
SMALLINT	sqlint16 SQLUDF_SMALLINT	16 ビットの符号付き整数

表 37. C/C++ 宣言にマップされた SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列名	C/C++ データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
INTEGER	sqlint32 SQLUDF_INTEGER	32 ビットの符号付き整数
BIGINT	sqlint64 SQLUDF_BIGINT	64 ビットの符号付き整数
REALFLOAT(*n*)。 ただし 1<=n<=24。	floatSQLUDF_REAL	単精度浮動小数点
DOUBLE FLOAT FLOAT(*n*)。 ただし 25<=n<=53。	doubleSQLUDF_DOUBLE	倍精度浮動小数点
DECIMAL(*p*, *s*)	サポートされていません。	10 進数値を渡すには、パラメーターを DECIMAL からキャスト可能なデータ・タイプ (例えば CHAR または DOUBLE) に定義し、明示的に引数をこのタイプにキャストします。
CHAR(*n*)	char[*n+1*] (n はデータを収容するのに十分な大きさ) 1<=*n*<=254 SQLUDF_CHAR	固定長、NULL 終了文字ストリング
CHAR(*n*) FOR BIT DATA	char[*n*] (n はデータを収容するのに十分な大きさ) 1<=*n*<=254 SQLUDF_CHAR	固定長、非 NULL 終了文字ストリング
VARCHAR(*n*)	char[*n+1*] (n はデータを収容するのに十分な大きさ) 1<=*n*<=32 672 SQLUDF_VARCHAR	NULL 終了可変長ストリング

VARCHAR(*n*) FOR BIT DATA	struct {
	sqluint16 length;
	char[*n*]
	}
	
	1<=*n*<=32 672
	
	SQLUDF_VARCHAR_FBD
		非 NULL 終了の可変長文字ストリング

表 37. C/C++ 宣言にマップされた SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列名	C/C++ データ・タイプ	SQL 列タイプ記述

LONG VARCHAR	struct {
	sqluint16 length;
	char[*n*]
	}
	
	1<=*n*<=32 700
	
	SQLUDF_LONG
		非 NULL 終了の可変長文字ストリング

CLOB(*n*)	struct {
	sqluint32 length;
	char data[*n*];
	}
	
	1<=*n*<=2 147 483 647
	
	SQLUDF_CLOB
		4 バイト・ストリング長標識をもった、非 NULL 終了の可変長文字ストリング

BLOB(*n*)	struct {
	sqluint32 length;
	char data[n];
	}
	
	1<=*n*<=2 147 483 647
	
	SQLUDF_BLOB
		4 バイト・ストリング長標識をもった、非 NULL 終了の可変バイナリー・ストリング

DATE	char[11] SQLUDF_DATE	以下のフォーマットの NULL 終了文字ストリング。 yyyy-mm-dd
TIME	char[9] SQLUDF_TIME	以下のフォーマットの NULL 終了文字ストリング。 hh.mm.ss
TIMESTAMP	char[27] SQLUDF_STAMP	以下のフォーマットの NULL 終了文字ストリング。 yyyy-mm-dd-hh.mm.ss.nnnnnn
LOB LOCATOR	sqluint32 SQLUDF_LOCATOR	32 ビットの符号付き整数
GRAPHIC(*n*)	sqldbchar[*n+1*] (n はデータを収容するのに十分な大きさ) 1<=*n*<=127 SQLUDF_GRAPH	固定長、NULL 終了 2 バイト文字ストリング

表 37. C/C++ 宣言にマップされた SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列名	C/C++ データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
VARGRAPHIC(*n*)	sqldbchar[*n*+*1*] (n はデータを収容するのに十分な大きさ) 1<=*n*<=16 336 SQLUDF_GRAPH	NULL 終了可変長 2 バイト文字ストリング

LONG VARGRAPHIC	struct {
	sqluint16 length;
	sqldbchar[*n*]
	}
	
	1<=*n*<=16 350
	
	SQLUDF_LONGVARG
		非 NULL 終了の可変長 2 バイト文字ストリング

DBCLOB(*n*)	struct {
	sqluint32 length;
	sqldbchar data[n];
	}
	
	1<=*n*<=1 073 741 823
	
	SQLUDF_DBCLOB
		4 バイト・ストリング長標識をもった、非 NULL 終了の可変長文字ストリング

XML AS CLOB	struct {
	sqluint32 length;
	char data[*n*];
	}
	
	1<=*n*<=2 147 483 647
	
	SQLUDF_CLOB
		4 バイト・ストリング長標識をもった、非 NULL 終了の可変長シリアライズ化文字ストリング

注: XML データ・タイプは、C または C++ でインプリメントされている外部ルーチン内で、CLOB データ・タイプとしてのみインプリメントすることができます。

注: 以下のデータ・タイプは、WCHARTYPE NOCONVERT オプションを指定してプリコンパイルした場合に DBCS または EUC 環境でのみ使用できます。

- GRAPHIC(*n*)
- VARGRAPHIC(*n*)
- LONG VARGRAPHIC
- DBCLOB(*n*)

C および C++ ルーチンでの SQL データ・タイプ処理

この項では、ルーチンのパラメーターと結果の有効なタイプを明らかにし、それに対応する引数を C や C++ 言語のルーチンでどのように定義すればよいかを指定し

ます。ルーチンのすべての引数は、該当するデータ・タイプにポインターとして渡す必要があります。 sqludf.h 組み込みファイルとそこで定義されるタイプを使用すると、さまざまなデータ・タイプおよびコンパイラーに当てはまる言語変数および構造を自動的に生成できます。例えば、BIGINT では、SQLUDF_BIGINT データ・タイプを使用すれば、コンパイラーが異なっていても、BIGINT の表現に必要なタイプの違いを隠すことができます。

それは、引数値のフォーマットを統括するルーチンの CREATE ステートメントに定義される各パラメーターのデータ・タイプです。適切なフォーマットで値を受け取るには、引数のデータ・タイプからのプロモーションが必要なことがあります。DB2 は、引数値に対してこのようなプロモーションを自動的に実行します。ただし、ルーチン・コードで誤ったデータ・タイプを指定すると、データの消失や異常終了などの不測の振る舞いが発生します。

スカラー関数またはメソッドの結果の場合、フォーマットを定義するのは、CREATE FUNCTION ステートメントの CAST FROM 節で指定するデータ・タイプです。 CAST FROM 節がない場合は、RETURNS 節で指定されるデータ・タイプがフォーマットを定義します。

以下の例での CAST FROM 節は、ルーチン本体が SMALLINT を戻し、 DB2 がその値を関数参照を行うステートメントに渡す前に INTEGER にキャストすることを意味します。

```
... RETURNS INTEGER CAST FROM SMALLINT ...
```

この場合、この項の後半で定義されているとおり、SMALLINT を生成するようにルーチンを作成しなければなりません。 CAST FROM データ・タイプは RETURNS データ・タイプに対してキャスト*可能* でなければならないため、任意に他のデータ・タイプを選ぶことはできません。

以下に、SQL タイプとその C/C++ 言語での表示を示します。また、それぞれのタイプがパラメーターや結果として有効かどうかを説明します。さらに、そのタイプを C や C++ 言語のルーチンで定義される引数として表した例も示します。

- SMALLINT

  正しい例。 C で SQLUDF_SMALLINT または sqlint16 で表します。

  以下に例を示します。

  ```
  sqlint16    *arg1;          /* example for SMALLINT */
  ```

  整数のルーチン・パラメーターを定義する際は、SMALLINT ではなく INTEGER の使用をご検討ください。それは、DB2 は INTEGER 引数を SMALLINT にはプロモートしないからです。例えば、UDF を次のように定義するとします。

  ```
  CREATE FUNCTION SIMPLE(SMALLINT)...
  ```

  INTEGER データ (... SIMPLE(1)...) を使用して SIMPLE 関数を呼び出すと、関数が見つからないことを示す SQLCODE -440 (SQLSTATE 42884) エラーが出されますが、この関数のエンド・ユーザーはそのメッセージの原因を理解できないことがあります。前の例では 1 は INTEGER であるため、それを SMALLINT にキャストすることも INTEGER としてパラメーターを定義することもできます。

- INTEGER または INT

  正しい例。 C で SQLUDF_INTEGER または sqlint32 として表します。 #include sqludf.h または #include sqlsystm.h を指定して、定義を選出する必要があります。

  以下に例を示します。

  ```
  sqlint32 *arg2;          /* example for INTEGER */
  ```

- BIGINT

  正しい例。 C で SQLUDF_BIGINT または sqlint64 として表します。

  以下に例を示します。

  ```
  sqlint64 *arg3;          /* example for INTEGER */
  ```

  DB2 では、sqlint64 C 言語タイプが定義されるので、コンパイラーとオペレーティング・システムの 64 ビットの符号付き整数の定義の違いはなくなります。 #include sqludf.h または #include sqlsystm.h を指定して、定義を選出する必要があります。

- REAL または FLOAT(*n*)。ただし 1 <= *n* <= 24。

  正しい例。 C で SQLUDF_REAL または float として表します。

  以下に例を示します。

  ```
  float *result;          /* example for REAL */
  ```

- DOUBLE または DOUBLE PRECISION または FLOAT または FLOAT(*n*)。ただし 25 <= *n* <= 53。

  正しい例。 C で SQLUDF_DOUBLE または double として表します。

  以下に例を示します。

  ```
  double  *result;        /* example for DOUBLE   */
  ```

- DECIMAL(p,s) または NUMERIC(p,s)

  誤った例。これは C 言語の表記ではありません。 10 進数の値を渡す場合は、パラメーターを DECIMAL からキャスト可能なデータ・タイプ (CHAR や DOUBLE など) に定義して、引数をこのタイプに明示的にキャストしなければなりません。 DOUBLE の場合は、DB2 が自動的にプロモーションするので、 10 進値引数を明示的に DOUBLE パラメーターにキャストする必要はありません。

  以下に例を示します。

  DECIMAL(5,2) の WAGE と、DECIMAL(4,1) の HOURS という 2 つの列があり、賃金、労働時間、および他の要素に基づいて週給を計算する UDF を作成するとします。 UDF は次のようになります。

  ```
  CREATE FUNCTION WEEKLY_PAY (DOUBLE, DOUBLE, ...)
         RETURNS DECIMAL(7,2) CAST FROM DOUBLE
         ...;
  ```

  上記の UDF では、最初の 2 つのパラメーターは賃金と時間に当たります。次のように SQL SELECT ステートメントで UDF WEEKLY_PAY を呼び出します。

```
SELECT WEEKLY_PAY (WAGE, HOURS, ...) ...;
```

DECIMAL 引数は DOUBLE にキャスト可能なので、明示的にキャストする必要はありません。

別の方法として、CHAR 引数を持つ WEEKLY_PAY を次のように定義できます。

```
CREATE FUNCTION WEEKLY_PAY (VARCHAR(6), VARCHAR(5), ...)
       RETURNS DECIMAL (7,2) CAST FROM VARCHAR(10)
       ...;
```

これは、次のように呼び出します。

```
SELECT WEEKLY_PAY (CHAR(WAGE), CHAR(HOURS), ...) ...;
```

DECIMAL 引数は VARCHAR にプロモーションできないので、明示的にキャストすることが必要であることに注意してください。

浮動小数点パラメーターを使用する利点は、ルーチン内の値の算術計算を実行しやすいことです。一方、文字パラメーターを使用する利点は、正確に 10 進数の値を表すことが常に可能であるということです。浮動小数点の場合、これは常に可能というわけではありません。

- FOR BIT DATA 修飾子を持つ、または持たない CHAR(n) または CHARACTER(n)

  正しい例。 C では SQLUDF_CHAR または char...[n+1] と表します (これは、C の NULL 終了ストリングです)。

  以下に例を示します。

  ```
  char     arg1[14];      /* example for CHAR(13)   */
  char    *arg1;          /* also acceptable */
  ```

  データ・タイプ CHAR の入力ルーチン・パラメーターは常に自動的に NULL 終了します。 CHAR(n) 入力パラメーターの場合 (*n* は CHAR データ・タイプの長さ)、*n* バイトのデータがルーチンのインプリメンテーションのバッファーに移され、*n + 1* の位置にある文字が ASCII NULL 終止符の文字に設定されます (X'00')。

  プロシージャーの出力パラメーターおよびデータ・タイプ CHAR の関数の戻り値は、ルーチンによって明示的に NULL 終了されなければなりません。RETURNS CHAR(n) や、CHAR(n) として指定されるプロシージャーの出力パラメーターなどの (n は CHAR 値の長さ)、RETURNS 節によって指定される UDF の戻り値の場合、バッファーの最初の *n+1* バイトの中に NULL 終止符が存在していなければなりません。バッファーの最初の *n+1* バイトの中に NULL 終止符が見つかった場合、*n* バイトまでの残りのバイトが ASCII ブランク文字に設定されます (X'20')。 NULL 終止符が見つからなかった場合、結果は SQL エラー (SQLSTATE 39501) になります。

  データ・タイプ CHAR のプロシージャーまたは関数の戻り値の入出力パラメーターに FOR BIT DATA 節も指定されると、データがバイナリー形式で扱われることになり、パラメーター値の終了を示す際に NULL 終止符は使用されません。RETURNS CHAR(*n*) FOR BIT DATA 関数の戻り値または CHAR(*n*) FOR BIT

DATA 出力パラメーターのいずれかの場合には、最初の *n* バイトの中にストリングの NULL 終止符が現れるかどうかに関係なく、バッファーの最初の *n* バイトが上書きコピーされます。バッファー内で識別される NULL 終止符の文字は NULL 終止符としては無視され、単純に通常のデータとして扱われます。

FOR BIT DATA 値を操作するルーチン内で通常のストリングを処理する C 関数を使用するときには、注意が必要です。 NULL 終止符 (X'00') を FOR BIT DATA 値の中で使用するのは正常なことですが、この種の関数の多くは、ストリング引数を区切る NULL 終止符を探します。 FOR BIT DATA 値に対して C 関数を使用すると、予期せずにデータ値が切り捨てられてしまうことがあります。

文字のルーチン・パラメーターを定義する際は、CHAR ではなく VARCHAR を使用するようにしてください。これは、DB2 は VARCHAR 引数を CHAR にプロモートしないためと、ストリング・リテラルは自動的に VARCHAR とみなされるためです。例えば、UDF を次のように定義するとします。

```
CREATE FUNCTION SIMPLE(INT,CHAR(1))...
```

VARCHAR データ (`... SIMPLE(1,'A')...`) を使用して SIMPLE 関数を呼び出すと、関数が見つからないことを示す SQLCODE -440 (SQLSTATE 42884) エラーが出されますが、この関数のエンド・ユーザーはそのメッセージの原因を理解できないことがあります。上記の例では、`'A'` は VARCHAR であるため、それを CHAR にキャストすることも VARCHAR としてパラメーターを定義することもできます。

- FOR BIT DATA 修飾子を持つ、または持たない VARCHAR(n) FOR BIT DATA または LONG VARCHAR

  正しい例。 VARCHAR(n) FOR BIT DATA を C では `SQLUDF_VARCHAR_FBD` と表します。 LONG VARCHAR を C では `SQLUDF_LONG` と表します。そうでない場合、この 2 つの SQL タイプを C では、 sqludf.h 組み込みファイルの中の以下のものに似た構造で表します。

  ```
  struct sqludf_vc_fbd
  {
     unsigned short length;         /* length of data */
     char           data[1];        /* first char of data */
  };
  ```

  [1] は、コンパイラーに対する配列を示しています。1 文字だけが渡されることを意味しているのではありません。すなわち構造のアドレスが渡されますが、それは実際の構造ではないため、配列論理を使用する方法を提供するだけです。

  これらの値は、C の NULL 終了ストリングとしては表されません。これは、NULL 文字がデータ値の一部として正しく認識されることがあるためです。その長さは、構造変数 `length` を使用してルーチンにパラメーターとして正しく渡されます。 RETURNS 節の場合、ルーチンに渡される長さはバッファーの長さです。ルーチン本体は、構造変数 `length` を使用してデータ値の実際の長さを戻す必要があります。

  以下に例を示します。

  ```
  struct sqludf_vc_fbd *arg1;  /* example for VARCHAR(n) FOR BIT DATA */
  struct sqludf_vc_fbd *result; /* also for LONG VARCHAR FOR BIT DATA */
  ```

- FOR BIT DATA を持たない VARCHAR(n)

正しい例。 C では SQLUDF_VARCHAR または char...[n+1] と表されます。 (これは C の NULL 終了ストリングです。)

VARCHAR(n) パラメーターの場合、DB2 は NULL を (k+1) の位置に置きます。この場合の k は特定のストリングの長さです。このため、C ストリング処理関数はこれらの値の操作に適しています。 RETURNS VARCHAR(n) 値またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチン本体は実際の値を NULL を使用して区切る必要があります。これは、DB2 がこの NULL 文字から結果の長さを決めるためです。

以下に例を示します。

```
char     arg2[51];      /* example for VARCHAR(50)   */
char    *result;        /* also acceptable */
```

- DATE

  正しい例。 C で SQLUDF_DATE または CHAR(10) として、つまり char...[11] として表します。日付の値は、常に以下の ISO 書式でルーチンに渡されます。

  ```
  yyyy-mm-dd
  ```

  以下に例を示します。

  ```
  char     arg1[11];      /* example for DATE       */
  char    *result;        /* also acceptable */
  ```

  注: DATE、TIME、および TIMESTAMP の戻り値の場合、 DB2 では文字が定義済みの形式になっていなければなりません。そうでないと、その値は DB2 で誤解される可能性があったり (例えば、 3 月 4 日であるはずの 2001-04-03 は 4 月 3 日と解釈されます)、エラーを生じたりします (SQLCODE -493、SQLSTATE 22007)。

- TIME

  正しい例。 C で SQLUDF_TIME または CHAR(8) として、つまり char...[9] として表します。時間の値は、常に以下の ISO 書式でルーチンに渡されます。

  ```
  hh.mm.ss
  ```

  以下に例を示します。

  ```
  char    *arg;           /* example for TIME          */
  char     result[9];     /* also acceptable */
  ```

- TIMESTAMP

  正しい例。 C で SQLUDF_STAMP または CHAR(26) として、つまり char...[27] として表します。タイム・スタンプの値は、常に以下の書式で渡されます。

  ```
  yyyy-mm-dd-hh.mm.ss.nnnnnn
  ```

  以下に例を示します。

  ```
  char     arg1[27];      /* example for TIMESTAMP  */
  char    *result;        /* also acceptable */
  ```

- GRAPHIC(n)

  正しい例。 C では SQLUDF_GRAPH または sqldbchar[n+1] と表されます。 (これは NULL 終了 GRAPHIC ストリングです。) wchar_t が長さ 2 バイトとして定

義されているオペレーティング・システム上では、wchar_t[n+1] を使用できますが、sqldbchar を使用することをお勧めします。

GRAPHIC(n) パラメーターの場合、DB2 は *n* 個の 2 バイト文字をバッファーに移動し、次の 2 バイトを NULL に設定します。 DB2 からルーチンに渡されるデータは DBCS 書式であり、戻される結果も DBCS 書式であると見なされます。この動作は、WCHARTYPE NOCONVERT プリコンパイラー・オプションを使うことと同じです。 RETURNS GRAPHIC(*n*) 値またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、 DB2 は組み込みの GRAPHIC NULL CHAR を探します。見つかった場合、値の *n* まで GRAPHIC ブランク文字を埋め込みます。

GRAPHIC ルーチン・パラメーターを定義する際は、GRAPHIC よりも VARGRAPHIC を使用するようにしてください。これは、DB2 が VARGRAPHIC 引数を GRAPHIC にプロモートしないためです。例えば、ルーチンを次のように定義するとします。

```
CREATE FUNCTION SIMPLE(GRAPHIC)...
```

VARGRAPHIC データ (... SIMPLE('*graphic_literal*')...) を使用して SIMPLE 関数を呼び出すと、関数が見つからないことを示す SQLCODE -440 (SQLSTATE 42884) エラーが出されますが、この関数のエンド・ユーザーはそのメッセージの原因を理解できないことがあります。上記の例では、*graphic_literal* は VARGRAPHIC データとして解釈されるリテラル DBCS ストリングであるため、それを GRAPHIC にキャストすることも VARGRAPHIC としてパラメーターを定義することもできます。

以下に例を示します。

```
sqldbchar   arg1[14];      /* example for GRAPHIC(13)   */
sqldbchar  *arg1;          /* also acceptable */
```

- VARGRAPHIC(n)

  正しい例。 C では SQLUDF_GRAPH または sqldbchar[n+1] と表されます。 (これは NULL 終了 GRAPHIC ストリングです。) wchar_t が長さ 2 バイトとして定義されているオペレーティング・システム上では、wchar_t[n+1] を使用できますが、sqldbchar を使用することをお勧めします。

  VARGRAPHIC(*n*) パラメーターの場合、 DB2 は GRAPHIC NULL を (k+1) の位置に置きます。この場合の *k* は個々に発生する長さです。 GRAPHIC NULL は、 GRAPHIC ストリングの最後の文字の全バイトにバイナリー・ゼロ ('¥0's) が含まれていることを示します。 DB2 からルーチンに渡されるデータは DBCS 書式であり、戻される結果も DBCS 書式であると見なされます。この動作は、WCHARTYPE NOCONVERT プリコンパイラー・オプションを使うことと同じです。 RETURNS VARGRAPHIC(*n*) 値またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチン本体の実際の値を GRAPHIC NULL を使用して区切る必要があります。これは、DB2 はこの GRAPHIC NULL 文字から結果の長さを決めるためです。

  以下に例を示します。

```
sqldbchar   args[51],    /* example for VARGRAPHIC(50) */
sqldbchar   *result,     /* also acceptable  */
```

- LONG VARGRAPHIC

  正しい例。 C で SQLUDF_LONGVARG または次のような構造として表します。

```
struct sqludf_vg
{
   unsigned short length;         /* length of data */
   sqldbchar      data[1];        /* first char of data */
};
```

  上記の構造体において、wchar_t が 2 バイトの長さと定義されているオペレーティング・システムでは sqldbchar に代えて wchar_t を使用できますが、sqldbchar の方を使用するようお勧めします。

  [1] は、単にコンパイラーに対する配列を示しています。 GRAPHIC 文字を 1 つだけ渡すことを意味しているのではありません。すなわち、渡されるのは構造のアドレスであり、実際の構造ではないため、配列論理を使用する方法が提供されます。

  これらは NULL 終了 GRAPHIC ストリングとしては表されません。その長さ (2 バイト文字単位) は、構造変数 length を使用してルーチンにパラメーターとして明示的に渡されます。 DB2 からルーチンに渡されるデータは DBCS 書式であり、戻される結果も DBCS 書式であると見なされます。この動作は、WCHARTYPE NOCONVERT プリコンパイラー・オプションを使うことと同じです。 RETURNS 節またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチンに渡される長さはバッファーの長さです。ルーチン本体は、構造変数 length を使用してデータ値の実際の長さを 2 バイト文字で戻す必要があります。

  以下に例を示します。

```
struct sqludf_vg *arg1;  /* example for VARGRAPHIC(n)   */
struct sqludf_vg *result; /* also for LONG VARGRAPHIC   */
```

- BLOB(n) と CLOB(n)

  正しい例。 C で SQLUDF_BLOB、SQLUDF_CLOB、または次のような構造として表します。

```
struct sqludf_lob
{
    sqluint32     length;      /* length in bytes */
    char          data[1];      /* first byte of lob */
};
```

  [1] は、単にコンパイラーに対する配列を示しています。 1 文字だけが渡されることを意味しているのではありません。すなわち構造のアドレスが渡されますが、それは実際の構造ではないため、配列論理を使用する方法を提供するだけです。

  これらは C の NULL 終了ストリングとして表されません。その長さは、構造変数 length を使用してルーチンにパラメーターとして正しく渡されます。RETURNS 節またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチンに返送される長さは、バッファーの長さです。ルーチン本体は、構造変数 length を使用してデータ値の実際の長さを戻す必要があります。

  以下に例を示します。

```
struct sqludf_lob *arg1;  /* example for BLOB(n), CLOB(n) */
struct sqludf_lob *result;
```

- DBCLOB(n)

  正しい例。 C で SQLUDF_DBCLOB または次のような構造として表します。

  ```
  struct sqludf_lob
  {
      sqluint32 length;      /* length in graphic characters */
      sqldbchar data[1];         /* first byte of lob */
  };
  ```

  上記の構造体において、wchar_t が 2 バイトの長さと定義されているオペレーティング・システムでは sqldbchar に代えて wchar_t を使用できますが、sqldbchar の方を使用するようお勧めします。

  [1] は、単にコンパイラーに対する配列を示しています。 GRAPHIC 文字を 1 つだけ渡すことを意味しているのではありません。すなわち、構造のアドレスが渡されますが、それは実際の構造ではないため、配列論理を使用する方法を提供するだけです。

  これらは NULL 終了 GRAPHIC ストリングとしては表されません。その長さは、構造変数 length を使用してルーチンにパラメーターとして正しく渡されます。 DB2 からルーチンに渡されるデータは DBCS 書式であり、戻される結果も DBCS 書式であると見なされます。この動作は、WCHARTYPE NOCONVERT プリコンパイラー・オプションを使うことと同じです。 RETURNS 節またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチンに渡される長さはバッファーの長さです。ルーチン本体は、構造変数 length を使用してデータ値の実際の長さを戻す必要がありますが、その際にこれらすべての長さを 2 バイト文字で表していなければなりません。

  以下に例を示します。

  ```
  struct sqludf_lob *arg1;  /* example for DBCLOB(n) */
  struct sqludf_lob *result;
  ```

- 特殊タイプ

  正しい例または誤った例 (基本タイプにより異なる)。特殊タイプは、UDT の基本タイプの書式で UDF に渡されるため、基本タイプが有効な場合に限り指定されます。

  以下に例を示します。

  ```
  struct sqludf_lob *arg1;  /* for distinct type based on BLOB(n) */
  double            *arg2;  /* for distinct type based on DOUBLE  */
  char              res[5]; /* for distinct type based on CHAR(4) */
  ```

- XML

  正しい例。 C で SQLUDF_XML として表すか、または以下の構造を使用して、CLOB データ・タイプを表す方法で表します。

  ```
  struct sqludf_lob
  {
      sqluint32     length;      /* length in bytes */
      char          data[1];      /* first byte of lob */
  };
  ```

[1] は、単にコンパイラーに対する配列を示しています。 1 文字だけが渡されることを意味しているのではありません。すなわち構造のアドレスが渡されますが、それは実際の構造ではないため、配列論理を使用する方法を提供するだけです。

これらは C の NULL 終了ストリングとして表されません。その長さは、構造変数 `length` を使用してルーチンにパラメーターとして正しく渡されます。RETURNS 節またはストアード・プロシージャーの出力パラメーターの場合、ルーチンに返送される長さは、バッファーの長さです。ルーチン本体は、構造変数 `length` を使用してデータ値の実際の長さを戻す必要があります。

以下に例を示します。

```
struct sqludf_lob *arg1;  /* example for XML(n) */
struct sqludf_lob *result;
```

C および C++ 外部ルーチン・コード中の XML パラメーターおよび変数値の割り当てとアクセスは、CLOB 値の場合と同じ方法で行われます。

- 特殊タイプ AS LOCATOR、または任意の LOB タイプ AS LOCATOR

  UDF およびメソッドのパラメーターと結果には有効です。 これは、LOB タイプか、LOB タイプに基づく特殊タイプを修正する場合にのみ使用できます。 C では `SQLUDF_LOCATOR` または 4 バイトの整数で表されます。

  互換性のあるタイプをもった任意のロケーター・ホスト変数にロケーター値を割り当ててから、 SQL ステートメント内でそれを使用することができます。つまり、ロケーター変数が有用であるのは、 CONTAINS SQL 以上の SQL アクセス標識を使用して定義されている UDF およびメソッドにおいてのみであるということです。既存の UDF およびメソッドとの互換性に関しては、 NOT FENCED NO SQL UDF ではロケーター API はこれまでどおりサポートされます。新規の関数の場合はこの API の使用はお勧めしません。

  以下に例を示します。

```
sqludf_locator       *arg1;  /* locator argument */
sqludf_locator       *result; /* locator result */


EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
   SQL TYPE IS CLOB LOCATOR arg_loc;
   SQL TYPE IS CLOB LOCATOR res_loc;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;

/* Extract some characters from the middle */
/* of the argument and return them         */
*arg_loc = arg1;
EXEC SQL VALUES SUBSTR(arg_loc, 10, 20) INTO :res_loc;
*result = res_loc;
```

- 構造化タイプ

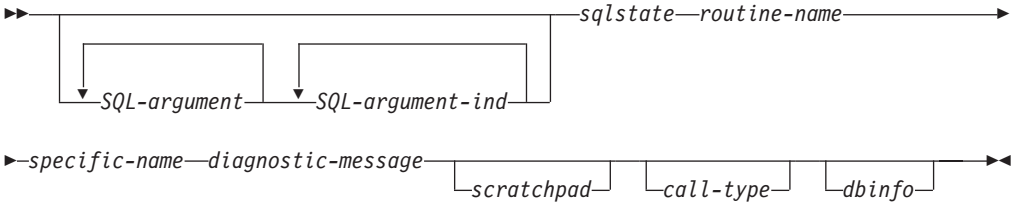
  適切な Transform 関数が存在する場合の UDF およびメソッドのパラメーターと結果に有効です。構造化タイプ・パラメーターは、FROM SQL Transform 関数の結果タイプの形で関数またはメソッドに渡されます。構造化タイプの結果は、TO SQL Transform 関数のパラメーター・タイプで渡されます。

C、C++、OLE、または COBOL ルーチンへの引数の引き渡し

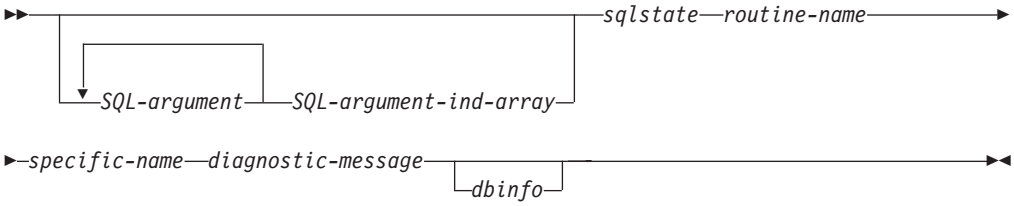
ルーチンの DML 参照で指定された SQL 引数に加えて、DB2 は追加の引数を外部ルーチン本体に渡します。そのような引数の特性と順序は、ルーチンの登録時に指定したパラメーター・スタイルで決まります。呼び出し側とルーチン本体が必ず正しく情報を交換できるようにするには、ルーチンが、使用しているパラメーター・スタイルに従って、渡されたとおりの順序で引数を受け入れることを確認しなければなりません。 sqludf 組み込みファイルを使用すれば、そのような引数を簡単に処理して使用することができます。

以下に示すパラメーター・スタイルは LANGUAGE C、 LANGUAGE OLE、および LANGUAGE COBOL ルーチンにのみ適用されます。

PARAMETER STYLE SQL ルーチン

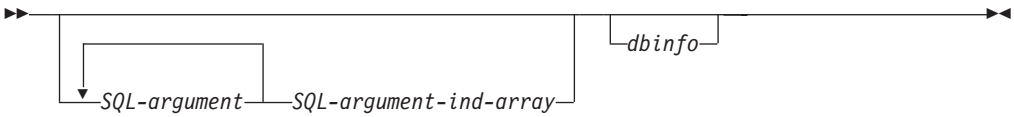


PARAMETER STYLE DB2SQL プロシージャー



PARAMETER STYLE GENERAL プロシージャー

PARAMETER STYLE GENERAL WITH NULLS プロシージャー



注: UDF およびメソッドの場合、PARAMETER STYLE SQL は PARAMETER STYLE DB2SQL と同等です。

上記のパラメーター・スタイルの引数について、以下に説明してあります。

SQL-argument...

各 *SQL-argument* は、ルーチンの作成時に定義された 1 つの入力値または出力値を表します。引数リストは次のように判別されます。

- スカラー関数の場合、関数への各入力パラメーターごとに 1 つの引数の後に、関数の結果の 1 つの *SQL-argument* が続きます。
- 表関数の場合、関数への各入力パラメーターごとに 1 つの引数の後に、関数の結果表内の各列ごとに 1 つの *SQL-argument* が続きます。
- メソッドの場合、メソッドのサブジェクト・タイプごとに 1 つの *SQL-argument* と、さらにメソッドへの各入力パラメーターごとに 1 つの引数の後に、メソッドの結果ごとに 1 つの *SQL-argument* が続きます。
- ストアード・プロシージャーの場合、ストアード・プロシージャーへの各パラメーターごとに 1 つの *SQL-argument*。

各 *SQL-argument* は、次のように使用します。

- 関数またはメソッドの入力パラメーター、メソッドのサブジェクト・タイプ、またはストアード・プロシージャーの IN パラメーター。

  この引数は、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。これらの各引数の値は、ルーチン呼び出しで指定された式から取得されます。その値は、CREATE ステートメント中で該当するパラメーター定義のデータ・タイプで表されます。
- 関数またはメソッドの結果、またはストアード・プロシージャーの OUT パラメーター。

  この引数は、DB2 に戻る前にルーチンによって設定されます。 DB2 はバッファーを割り振り、そのアドレスをルーチンに渡します。ルーチンは結果の値をバッファーに入れます。 DB2 は、データ・タイプで示される値を収容するのに十分なバッファー・スペースを割り振ります。文字タイプおよび LOB の場合はこれは、 CREATE ステートメントでの定義どおりの最大サイズが割り振られることを意味します。

  スカラー関数およびメソッドの場合、結果データ・タイプは、CAST FROM 節があればそこで定義され、CAST FROM 節がなければ、RETURNS 節で定義されます。

  表関数の場合、DB2 は、定義されているすべての列を DB2 に戻さなくてもよいように、パフォーマンスの最適化を定義します。このフィーチャーを利用するように UDF を作成する場合、UDF は、表関数を参照しているステートメントが必要とする列のみを戻します。例えば、100 個の結果列が定義されている表関数の CREATE FUNCTION ステートメントを考えてみましょう。この関数を参照するステートメントに関係するものが、これらの結果列のうちの 2 つだけであるならば、この最適化により、UDF は各行にこれらの 2 つの列だけを戻し、他の 98 列には時間を費やしません。この最適化の詳細については、後で説明する dbinfo 引数を参照してください。

  戻される各値については、ルーチンが、結果のデータ・タイプと長さに必要なバイト数よりも多くのバイトを戻さないようにしてください。最大値

は、ルーチンのカタログ項目の作成時に定義します。ルーチンによって上書きされると、想定外の結果が生じたり、異常終了が起きることがあります。

- ストアード・プロシージャーの INOUT パラメーター。

  この引数は、IN と OUT の両方のパラメーターとして働くので、上記の両方の一連の規則に従います。 DB2 は、ストアード・プロシージャーを呼び出す前に引数を設定します。引数用に DB2 で割り振られるバッファーは、CREATE PROCEDURE ステートメントに定義されているパラメーターのデータ・タイプの最大サイズを収容するのに十分な大きさです。例えば、CHAR タイプの INOUT パラメーターは、ストアード・プロシージャーに送られる 10 バイトの VARCHAR をもっていたり、ストアード・プロシージャーから送出される 100 バイトの VARCHAR をもっていたりすることがあります。バッファーは、DB2 に戻る前にストアード・プロシージャーによって設定されます。

DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システム (プラットフォームともいう) に応じて、*SQL-argument* が表すデータの位置を調整します。

SQL-argument-ind...

ルーチンに渡される各 *SQL-argument* ごとに *SQL-argument-ind* があります。 *n* 番目の *SQL-argument-ind* は、 *n* 番目の *SQL-argument* に対応し、*SQL-argument* が値をもっているかまたは NULL であるかを示します。

各 *SQL-argument-ind* は、次のように使用します。

- 関数またはメソッドの入力パラメーター、メソッドのサブジェクト・タイプ、またはストアード・プロシージャーの IN パラメーター。

  この引数は、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。この引数には以下の値のうちの 1 つが入ります。

  0 NULL 以外の引数があります。
  -1 NULL の引数があります。

  ルーチンを RETURNS NULL ON NULL INPUT で定義すると、ルーチン本体は NULL 値に対する検査を行う必要がありません。ただし、CALLED ON NULL INPUT で定義されると引数はいずれも NULL になる可能性があるため、ルーチンは *SQL-argument-ind* を検査してから、それに対応する *SQL-argument* を使用する必要があります。

- 関数またはメソッドの結果、またはストアード・プロシージャーの OUT パラメーター。

  この引数は、DB2 に戻る前にルーチンによって設定されます。ルーチンは、この引数を使用して特定の結果値が NULL かどうかを示します。

  0 結果は NULL ではありません。
  -1 結果は NULL 値です。

  ルーチンが RETURNS NULL ON NULL INPUT で定義されていても、ルーチン本体は結果の *SQL-argument-ind* を設定する必要があります。例えば、分母がゼロである場合、除算関数は結果を NULL に設定することができます。

スカラー関数およびメソッドの場合、以下が真の場合は DB2 は NULL 結果を算術計算エラーとして扱います。

– データベース構成パラメーター *dft_sqlmathwarn* が YES の場合
– 入力引数の 1 つが、算術計算エラーのため NULL になっている場合

これは、関数を RETURNS NULL ON NULL INPUT オプションで定義した場合にも当てはまります。

表関数の場合、列リストを用いて最適化の利点を UDF で活用する場合、必要な列に対応する標識のみを設定する必要があります。

- ストアード・プロシージャーの INOUT パラメーター。

  この引数は、IN と OUT の両方のパラメーターとして働くので、上記の両方の一連の規則に従います。 DB2 は、ストアード・プロシージャーを呼び出す前に引数を設定します。 *SQL-argument-ind* は、DB2 に戻る前にストアード・プロシージャーによって設定されます。

各 *SQL-argument-ind* は、 SMALLINT 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*SQL-argument-ind* が表すデータの位置を調整します。

SQL-argument-ind-array
ストアード・プロシージャーに渡される各 SQL 引数ごとに、*SQL-argument-ind-array* 内にエレメントが 1 つずつあります。*SQL-argument-ind-array* 内の *n* 番目のエレメントは、 *n* 番目の SQL-argument に対応し、 *SQL-argument* が値をもっているかまたは NULL であるかを示します。

SQL-argument-ind-array 内の各エレメントは、次のように使用します。

- ストアード・プロシージャーの IN パラメーター。

  このエレメントは、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。この引数には以下の値のうちの 1 つが入ります。

  0 NULL 以外の引数があります。
  -1 NULL の引数があります。

  ストアード・プロシージャーを RETURNS NULL ON NULL INPUT で定義すると、ストアード・プロシージャー本体は NULL 値に対する検査を行う必要がありません。ただし、CALLED ON NULL INPUT で定義されると引数はいずれも NULL になる可能性があるため、ストアード・プロシージャーは *SQL-argument-ind* を検査してから、それに対応する *SQL-argument* を使用する必要があります。

- ストアード・プロシージャーの OUT パラメーター。

  このエレメントは、DB2 に戻る前にルーチンによって設定されます。ルーチンは、この引数を使用して特定の結果値が NULL かどうかを示します。

  0 または正の整数
  結果は NULL ではありません。
  負の整数
  結果は NULL 値です。

- ストアード・プロシージャーの INOUT パラメーター。

  このエレメントは、IN と OUT の両方のパラメーターとして働くので、上記の両方の一連の規則に従います。 DB2 は、ストアード・プロシージャーを呼び出す前に引数を設定します。 *SQL-argument-ind-array* のエレメントは、 DB2 に戻る前にストアード・プロシージャーによって設定されます。

SQL-argument-ind-array の各エレメントは、 SMALLINT 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*SQL-argument-ind-array* が表すデータの位置を調整します。

sqlstate

この引数は、DB2 に戻る前にルーチンによって設定されます。これをルーチンで使用して、警告またはエラー条件を発信することができます。ルーチンは、この引数を任意の値に設定することができます。 '00000' の値は、警告またはエラーの状態はまったく検出されなかったことを意味します。 '01' で始まる値は警告条件です。 '00' または '01' 以外のもので始まる値はすべて、エラー条件です。ルーチンを呼び出したときにはこの引数には値 '00000' が入っています。

エラー条件の場合、ルーチンは -443 の SQLCODE を戻します。警告条件の場合、ルーチンは +462 の SQLCODE を戻します。 SQLSTATE が 38001 または 38502 の場合、SQLCODE は -487 になります。

sqlstate は、CHAR(5) 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*sqlstate* が表すデータの位置を調整します。

routine-name

この引数は、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。これは、DB2 からルーチンに渡される、修飾された関数名です。

渡される *routine-name* の形式は次のとおりです。

```
schema.routine
```

各部分はピリオドで区切られます。以下に例を 2 つ示します。

```
PABLO.BLOOP   WILLIE.FINDSTRING
```

この形式を使うと、複数の外部ルーチンに同じルーチン本体を使用してもその呼び出し時にはそれらのルーチンを区別することができます。

注: オブジェクト名およびスキーマ名にはピリオドを付けることができますが、付けない方がよいでしょう。例えば、関数 ROTATE がスキーマ OBJ.OP 内にあって、関数に渡されるルーチン名が OBJ.OP.ROTATE である場合に、スキーマ名が OBJ または OBJ.OP のどちらなのかあいまいであるとします。

routine-name は VARCHAR(257) 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*routine-name* が表すデータの位置を調整します。

specific-name

この引数は、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。これは、DB2 からルーチンに渡されるルーチンの特定の名前です。

以下に例を 2 つ示します。

```
WILLIE_FIND_FEB99   SQL99042810524404 30
```

この例の最初の値は、ユーザーが CREATE ステートメントで定義します。2 番目の値は、ユーザーが値を指定しなかった場合に DB2 によって現行タイム・スタンプから生成される値です。

routine-name 引数の場合と同じように、この値が渡されるのは、どのルーチンが呼び出しているかをはっきり区別するための手段をルーチンに対して提供するためです。

specific-name は VARCHAR(18) 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*specific-name* が表すデータの位置を調整します。

diagnostic-message

この引数は、DB2 に戻る前にルーチンによって設定されます。ルーチンは、この引数を用いて DB2 メッセージにメッセージ・テキストを挿入します。

上述の *sqlstate* 引数を用いてルーチンがエラーまたは警告のいずれかを戻す場合、ここに記述情報を組み込むことができます。 DB2 はこの情報をトークンとしてメッセージ内に組み込みます。

DB2 は、ルーチンを呼び出す前に最初の文字を NULL に設定します。そして、戻ったときにそのストリングを C の NULL 終了ストリングとして扱います。このストリングは、エラー状態のトークンとして SQLCA 内に組み込まれます。このストリングの少なくとも最初の一部は、 SQLCA または DB2 CLP メッセージに表示されます。ただし、表示される実際の文字数は、その他のトークンの長さで決まります。これは DB2 が、 SQLCA で定められている合計トークン長に合わせてトークンを切り捨てるからです。X'FF' という文字は、SQLCA のトークンを区切るために使用するので、テキスト内では使用しないでください。

ルーチンは、そのコードに渡される VARCHAR(70) バッファーに入らないほど多くのテキストを戻すべきではありません。ルーチンによって上書きされると、想定外の結果が生じたり、異常終了が起きることがあります。

DB2 では、ルーチンから DB2 に戻されるメッセージ・トークンがルーチンと同じコード・ページにあることを前提とします。ご使用のルーチンがそれに当てはまるかどうかを確認してください。 7 ビットの不変の ASCII サブセットを使うと、ルーチンは任意のコード・ページのメッセージ・トークンを戻します。

diagnostic-message は VARCHAR(70) 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*diagnostic-message* が表すデータの位置を調整します。

scratchpad

この引数は、UDF またはメソッドの呼び出しの前に DB2 によって設定されます。これは、登録時に SCRATCHPAD キーワードを指定した関数とメソッドの場合にのみ示されます。この引数は、以下のエレメントを持ち、任意の LOB データ・タイプの値を渡すために使用される構造とまったく同じ構造です。

- スクラッチパッドの長さを含む INTEGER。スクラッチパッドの長さを変更すると、 SQLCODE -450 (SQLSTATE 39501) になります。
- 実際のスクラッチパッド。以下のようにすべてバイナリー数の 0 に初期化されます。
  - スカラー関数およびメソッドの場合、スクラッチパッドは最初の呼び出し前に初期化され、その後は通常は DB2 による参照や修正は行われません。
  - 表関数の場合、FINAL CALL が CREATE FUNCTION で指定されているなら、スクラッチパッドは UDF への FIRST 呼び出しより前に初期化されます。この呼び出しの後、スクラッチパッドの内容は、完全に表関数の制御下に置かれます。表関数で NO FINAL CALL が明示的に指定されたか、デフォルトとして使用された場合、スクラッチパッドは各 OPEN 呼び出しごとに初期化され、スクラッチパッドの内容は次回の OPEN 呼び出しまで完全に表関数の制御下に置かれます。(これは、結合または副照会で使用される表関数ではかなり重要である場合があります。複数の OPEN 呼び出しにまたがってスクラッチパッドの内容を保守する必要がある場合、 CREATE FUNCTION ステートメントで FINAL CALL を指定しなければなりません。通常の OPEN、 FETCH、および CLOSE 呼び出しに加え、FINAL CALL を指定すると、表関数は、スクラッチパッド保守およびリソース解放のために、 FIRST および FINAL 呼び出しも受け取ります。)

スクラッチパッドは、CLOB か BLOB と同じタイプを使用してルーチンにマップすることができます。これは、渡される引数が同じ構造であるためです。

ルーチン・コードがスクラッチパッド・バッファー外で変更を行わないことを確認してください。ルーチンによって上書きされると、想定外の結果が生じたり異常終了したりして、DB2 による軽度の障害では済まない可能性があります。

スクラッチパッドを使用するスカラー UDF またはメソッドが副照会で参照される場合、 DB2 は副照会の呼び出しと呼び出しの間にスクラッチパッドをリフレッシュすることに決めることがあります。 UDF で FINAL CALL が指定されている場合、このリフレッシュは、最終呼び出しが行われた後に起こります。

DB2 は、データ・フィールドの位置がどのデータ・タイプのストレージでも合うよう、スクラッチパッドを初期化します。その結果、スクラッチパッド構造全体 (長さフィールドを含む) が正しく位置合わせされない場合があります。

call-type

この引数 (存在する場合) は、UDF またはメソッドの呼び出しの前に DB2 によって設定されます。この引数が存在するのは、すべての表関数の場合と、登録時に FINAL CALL を指定したスカラー関数およびメソッドの場合です。

現在 *call-type* に指定できるすべての値が以下に示されています。 UDF またはメソッドには、「A ならば AA を実行、さもなければ B ならば BB を実行、さもなければ必ず C なので CC を実行 (if A do AA, else if B do

BB, else it must be C so do CC)」といったタイプの論理を組み込むのではなく、想定されるすべての値のテストを明示的に指示するスイッチまたは CASE ステートメントを UDF に組み込む必要があります。これは、将来さらに別の呼び出しタイプが追加される可能性に対する措置です。条件 C のテストを明示的に指示していないと、新しい呼び出しタイプが追加されたときに問題が発生するからです。

注:

1. *call-type* のどの値の場合も、 *sqlstate* と *diagnostic-message* 戻り値をルーチンで設定するのが適切です。この解説は、以下の各 *call-type* の説明の中では繰り返されていません。すべての呼び出しで、DB2 は、これらの引数について前に説明したように、指示されたアクションを取ります。
2. 組み込みファイル `sqludf.h` は、ルーチンで使用するためのものです。このファイルには以下の *call-type* の値のシンボリック定義が入っていて、それらは定数として読み取られます。

スカラー関数およびメソッドの場合、*call-type* には次のものが入ります。

SQLUDF_FIRST_CALL (-1)
これは、このステートメントに対するルーチンへの FIRST 呼び出しです。 *scratchpad* (存在する場合) は、ルーチンが呼び出されるときにバイナリー数のゼロに設定されます。すべての引数値が渡され、ルーチンは 1 回の初期化処理に必要なことを行います。加えて、スカラー UDF またはメソッドに対する FIRST 呼び出しは、応答を作成して戻すことになるとみなされるため、NORMAL 呼び出しに似ています。

注: SCRATCHPAD が指定されていても FINAL CALL が指定されていない場合、ルーチンは最初の呼び出しを識別するためにこの *call-type* 引数を使用しません。その代わり、スクラッチパッドのすべてゼロの状態に依存する必要があります。

SQLUDF_NORMAL_CALL (0)
これは NORMAL 呼び出しです。すべての SQL 入力値が渡され、ルーチンが結果を作成して戻すことが期待されています。ルーチンは、*sqlstate* と *diagnostic-message* 情報も戻すことがあります。

SQLUDF_FINAL_CALL (1)
これは FINAL 呼び出しです。すなわち、 *SQL-argument* の値も *SQL-argument-ind* の値も渡されず、これらの値を検査しようとすると、予測不能な結果が生じます。 *scratchpad* も渡される場合は、この値は前の呼び出し時のままです。ルーチンはこの時点でリソースを解放することになります。

SQLUDF_FINAL_CRA (255)
これは FINAL 呼び出しであり、上記の FINAL 呼び出しと同一ですが、さらに別の特性が 1 つ追加されています。つまりこれは、SQL を発行できると定義されているルーチンに対する追加であり、ルーチンは CLOSE カーソル以外のどの SQL も発行してはならない場合のための追加です。 (SQLCODE -396、SQLSTATE 38505)

例えば、DB2 が COMMIT 処理の途中にあるときは、新規の SQL を受け入れることができないので、その時点でルーチンに対して FINAL 呼び出しが発行された場合はすべて、255 FINAL 呼び出しになります。どのレベルの SQL アクセス権ももっていないと定義されたルーチンが 255 FINAL 呼び出しを受信することはないのに対して、 SQL を使用するルーチンは、いずれかのタイプの FINAL 呼び出しを受け取ることがあります。

リソースの解放

スカラー UDF またはメソッドは、例えばメモリーのような、必要なリソースを解放するものとみなされます。 SCRATCHPAD が同時に指定されていて、リソースを追跡するために使用されている場合に限っては、 FINAL CALL がルーチンに指定されると、FINAL 呼び出しがリソースを解放する順当な時点になります。 FINAL CALL が指定されていない場合には、獲得されたいずれかのリソースをその同じ呼び出し時に解放する必要があります。

表関数の場合、 *call-type* には次のものが入ります。

SQLUDF_TF_FIRST (-2)
これは、UDF に対して FINAL CALL キーワードが指定された場合にだけ生じる、 FIRST 呼び出しです。この呼び出しの前に、 *scratchpad* はバイナリー・ゼロに設定されます。引数値は、表関数に渡されます。表関数はメモリーを取得するか、別のリソースの初期化を一度限り実行できます。これは OPEN 呼び出しではなく、この呼び出しの後に OPEN 呼び出しが続きます。 FIRST 呼び出し時には、DB2 がデータを無視するため、表関数は DB2 にデータを戻しません。

SQLUDF_TF_OPEN (-1)
これは、OPEN 呼び出しです。 NO FINAL CALL が指定される場合には、*scratchpad* は初期化されますが、指定されない場合には、初期化する必要はありません。すべての SQL 引数値は、OPEN 時の表関数に渡されます。 OPEN 呼び出し時には、表関数は DB2 にデータを戻しません。

SQLUDF_TF_FETCH (0)
これは FETCH 呼び出しで、通常 DB2 では、表関数が戻り値のセットから成る行か、 SQLSTATE 値 '02000' によって指定された表の終わりの条件を戻します。 *scratchpad* が UDF に渡される場合、入力時のスクラッチパッドは前の呼び出しのままです。

SQLUDF_TF_CLOSE (1)
これは、表関数への CLOSE 呼び出しです。これは、OPEN 呼び出しと同じように、外部 CLOSE 処理 (例えば、ソース・ファイルのクローズ) と、リソースの解放 (特に NO FINAL CALL ケース) を実行するために使用することができます。

結合や副照会が関係している場合、 OPEN/FETCH.../CLOSE 呼び出しはステートメントの実行内で繰り返すことができますが、 FIRST 呼び出しと FINAL 呼び出しはそれぞれ 1 回ずつしか実行できませ

ん。 FIRST 呼び出しと FINAL 呼び出しが現れるのは、表関数に対して FINAL CALL が指定される場合だけです。

SQLUDF_TF_FINAL (2)
これは FINAL 呼び出しで、表関数に対して FINAL CALL が指定された場合にだけ現れます。これは FIRST 呼び出しのように、ステートメントの実行につき 1 回だけ現れます。この呼び出しの目的は、リソースの解放にあります。

SQLUDF_TF_FINAL_CRA (255)
これは FINAL 呼び出しであり、上記の FINAL 呼び出しと同一ですが、さらに別の特性が 1 つ追加されています。つまりこれは、SQL を発行できると定義されている UDF に対する追加であり、UDF は CLOSE カーソル以外のどの SQL も発行してはならない場合のための追加です。 (SQLCODE -396、SQLSTATE 38505) 例えば、DB2 が COMMIT 処理の途中にあるときは、新規の SQL を受け入れることができないので、その時点で UDF に対して FINAL 呼び出しが発行された場合はすべて、255 FINAL 呼び出しになります。どのレベルの SQL アクセス権ももっていないと定義された UDF が 255 FINAL 呼び出しを受信することはないのに対して、SQL を使用する UDF は、いずれかのタイプの FINAL 呼び出しを受け取ることがあります。

リソースの解放

獲得したリソースを解放するルーチンを作成します。表関数の場合、CLOSE 呼び出しと FINAL 呼び出しの 2 つで通常この解放を行うことができます。 CLOSE 呼び出しは、OPEN 呼び出しと対になり、ステートメントの実行内で複数回実行することができます。 FINAL 呼び出しが行われるのは、UDF に FINAL CALL が指定される場合だけで、ステートメントにつき 1 回です。

UDF のすべての OPEN/FETCH/CLOSE シーケンスに 1 つのリソースを適用できる場合、 FIRST 呼び出し時にこのリソースを獲得し、FINAL 呼び出し時にそれを解放する UDF を作成します。スクラッチパッドが通常このリソースを追跡します。表関数では、FINAL CALL が指定される場合、スクラッチパッドが初期化されるのは FIRST 呼び出しの前だけです。 FINAL CALL が指定されていない場合には、各 OPEN 呼び出しの前に再初期化されます。

リソースがそれぞれの OPEN/FETCH/CLOSE シーケンスに対して固有である場合には、 CLOSE 呼び出し時にリソースを解放する UDF を作成します。

注: 表関数が副照会または結合関数中にある場合、 DB2 オプティマイザーがステートメントの実行を編成する方法に応じて、 OPEN/FETCH/CLOSE シーケンスが複数回出現する可能性が高くなります。

call-type は、INTEGER 値の形式をとります。 DB2 は、データ・タイプとサーバーのオペレーティング・システムに応じて、*call-type* が表すデータの位置を調整します。

dbinfo この引数は、ルーチンを呼び出す前に DB2 によって設定されます。これ

は、ルーチンに対する CREATE ステートメントに DBINFO キーワードを指定した場合にのみ存在します。引数は、ヘッダー・ファイル sqludf.h に定義されている sqludf_dbinfo 構造です。この構造内で名前と ID の入れられる変数は、本リリースの DB2 で指定できる最長の値より長くなることがありますが、将来のリリースとの互換性を確保するためにこのように定義されています。それぞれの名前および ID 変数を補完する長さ変数を使用して、実際に使用される変数の一部を読み取るか抽出することができます。*dbinfo* 構造には以下のエレメントが含まれます。

1. データベース名の長さ (dbnamelen)

   次に挙げるデータベース名 の長さ。このフィールドは符号なし短整数です。

2. データベース名 (dbname)

   現在接続されているデータベースの名前。このフィールドは、128 文字の長 ID です。上記のデータベース名の長さ フィールドは、このフィールドの実際の長さを示します。 NULL 終了符や埋め込みは含まれません。

3. アプリケーション許可 ID の長さ (authidlen)

   次に挙げるアプリケーション許可 *ID* の長さ。このフィールドは符号なし短整数です。

4. アプリケーション許可 ID (authid)

   アプリケーションのランタイム許可 ID。このフィールドは、128 文字の長 ID です。 NULL 終了符や埋め込みは含まれません。上述のアプリケーション許可 *ID* の長さ フィールドは、このフィールドの実際の長さを示します。

5. 環境コード・ページ (codepg)

   これは、すべての DB2 データベース製品に共通の構造 (cdpg_db2)、旧バージョンの DB2 データベース用に作成されたルーチンによって使用される構造 (cdpg_cs)、旧バージョンの DB2 Universal Database for z/OS and OS/390 用の構造 (cdpg_mvs) という、3 つの 48 バイト構造の共用体です。移植性を考えて、すべてのルーチンで共通構造 cdpg_db2 を使用することをお勧めします。

   cdpg_db2 構造は、以下に示すように、データベース内で有効なコード化スキームを表す 3 つのコード・ページ情報セットの配列 (db2_ccsids_triplet) です。

   a. ASCII コード化スキーム。 DB2 データベースの旧バージョンとの互換性を保つために、データベースが Unicode データベースの場合は、 Unicode コード化スキームの情報がここに置かれるとともに、3 つ目のエレメントに現れます。
   b. EBCDIC コード化スキーム
   c. Unicode コード化スキーム

コード化スキームの情報に続いて、ルーチン用のコード化スキーム (db2_encoding_scheme) の配列指標を示します。配列の各エレメントは、次の 3 つのフィールドで構成されます。

- db2_sbcs。 1 バイトのコード・ページで、符号なし長整数です。
- db2_dbcs。 2 バイトのコード・ページで、符号なし長整数です。
- db2_mixed。複合コード・ページ (混合コード・ページともいう) で、符号なし長整数です。

6. スキーマ名の長さ (tbschemalen)

   次に挙げるスキーマ名 の長さ。表名が渡されない場合は 0 (ゼロ) が入ります。このフィールドは符号なし短整数です。

7. スキーマ名 (tbschema)

   後に挙げる*表名* のスキーマ。このフィールドは、128 文字の長 ID です。 NULL 終了符や埋め込みは含まれません。上記の*スキーマ名の長さ* フィールドは、このフィールドの実際の長さを示します。

8. 表名の長さ (tbnamelen)

   後に挙げる*表名* の長さ。表名が渡されない場合は 0 (ゼロ) が入ります。このフィールドは符号なし短整数です。

9. 表名 (tbname)

   更新中または挿入中の表の名前です。このフィールドが設定されるのは、ルーチン参照が UPDATE ステートメントで SET 節の右側にあるか、 INSERT ステートメントの VALUES リスト内の項目になっている場合だけです。このフィールドは、128 文字の長 ID です。 NULL 終了符や埋め込みは含まれません。上記の*表名の長さ* フィールドは、このフィールドの実際の長さを示します。上記のスキーマ名 とこのフィールドがまとまって、完全修飾表名を形成します。

10. 列名の長さ (colnamelen)

    次に挙げる*列名* の長さ。列名が渡されない場合は 0 (ゼロ) が入ります。このフィールドは符号なし短整数です。

11. 列名 (colname)

    表名の場合とまったく同じ条件の下では、このフィールドには更新中または挿入中の列の名前が入ります。それ以外の場合は、予想できません。このフィールドは、128 文字の長 ID です。 NULL 終了符や埋め込みは含まれません。上述の*列名の長さ* フィールドは、このフィールドの実際の長さを示します。

12. バージョン/リリース番号 (ver_rel)8 文字のフィールドで、製品およびそのバージョン、リリース、修正レベルを、 *pppvvrrm* の書式で識別します。この書式は次のとおりです。

    - *ppp* は、次のように製品を識別します。

      DSN DB2 for z/OS または OS/390

      ARI SQL/DS または DB2 for VM and VSE

QSQ DB2 Database for System i

SQL DB2 Database for Linux, UNIX, and Windows

- *vv* は、2 桁のバージョン ID です。
- *rr* は、2 桁のリリース ID です。
- *m* は、1 桁の修正レベル ID です。

13. 予約済みのフィールド (resd0)

    このフィールドは将来の利用のためのものです。

14. プラットフォーム (platform)

    アプリケーション・サーバーのオペレーティング・システム (プラットフォーム) は、以下のとおりです。

    SQLUDF_PLATFORM_AIX
    AIX®

    SQLUDF_PLATFORM_HP
    HP-UX

    SQLUDF_PLATFORM_LINUX
    Linux

    SQLUDF_PLATFORM_MVS
    OS/390

    SQLUDF_PLATFORM_NT
    Windows 2000、Windows XP

    SQLUDF_PLATFORM_SUN
    Solaris オペレーティング・システム

    SQLUDF_PLATFORM_WINDOWS95
    Windows 95、Windows 98、 Windows Me

    SQLUDF_PLATFORM_UNKNOWN
    不明なオペレーティング・システムまたはプラットフォーム

    上記のリストに含まれていないその他のオペレーティング・システムについては、 `sqludf.h` ファイルの内容を参照してください。

15. 表関数列リストの項目数 (numtfcol)

    後に挙げる「*表関数列リスト*」 フィールドで指定された表関数列リストにある非ゼロ項目の数。

16. 予約済みのフィールド (resd1)

    このフィールドは将来の利用のためのものです。

17. 現在のルーチンを呼び出したストアード・プロシージャーのルーチン ID (procid)。

    ストアード・プロシージャーのルーチン ID は、呼び出し元ストアード・プロシージャーの名前を検索するのに使用できる SYSCAT.ROUTINES 内の ROUTINEID 列に一致します。このフィールドは 32 ビットの符号付き整数です。

18. 予約済みのフィールド (resd2)

    このフィールドは将来の利用のためのものです。

19. 表関数列リスト (tfcolumn)

    これが表関数である場合、このフィールドは、DB2 が動的に割り振った短整数の配列へのポインターです。これが他のいずれかのタイプのルーチンである場合、このポインターは NULL になります。

    このフィールドは表関数にのみ使用されます。最初の *n* 個の項目 (*n* は、*表関数列リストの項目の数 (number of table function column list)* フィールドで指定される)、 numtfcol のみが関係します。 *n* は 0 のこともありますが、いずれにしても、CREATE FUNCTION ステートメントの RETURNS TABLE(...) 節内の関数に定義される結果列の数以下になります。これらの値は、このステートメントが表関数から取得する必要のある列の序数に対応します。値が「1」の場合は最初に定義された結果列を表し、「2」の場合は 2 番目に定義された結果列を表し、 3 番目以降も同様です。値は任意の順序にすることができます。 *n* はゼロのこともあります。 SELECT COUNT(*) FROM TABLE(TF(...)) AS QQ に類似したステートメント (ただし実際の列値は照会には必要ない) の場合、変数 numtfcol がゼロになることがあるからです。

    この配列は、最適化の機会を表します。 UDF は、表関数のすべての結果列のすべての値を戻す必要はなく、特定のコンテキストで必要なものだけを戻します。戻されるのは、配列で (番号によって) 識別される列です。この最適化は、パフォーマンスを向上させるために UDF 論理を複雑にする場合があるので、 UDF では、定義されたすべての列を戻すように選択することができます。

20. ユニークなアプリケーション ID (appl_id)

    このフィールドは、NULL 文字で終了する C のストリングを指すポインターであり、アプリケーションの DB2 への接続を固有識別します。これは、接続時に DB2 によって生成されます。

    ストリングの最大長は 32 文字であり、その形式は、クライアントと DB2 の間で設定された接続タイプによって決まります。通常は以下のような形式です。

    ```
    x.y.ts
    ```

    ここで、*x* と *y* は接続タイプに応じて変わりますが、 *ts* は YYMMDDHHMMSS という形式の 12 文字のタイム・スタンプで、固有性を確実にするために DB2 によって調整されることがあります。

    ```
    Example:  *LOCAL.db2inst.980707130144
    ```

21. 予約済みのフィールド (resd3)

    このフィールドは将来の利用のためのものです。

C および C++ ルーチンでのグラフィック・ホスト変数

パラメーター入力や出力によって GRAPHIC データを送受信する、 C または C++ で書かれたルーチンはすべて、通常 WCHARTYPE NOCONVERT オプションを指定してプリコンパイルしなければなりません。これは、そのようなパラメーターによって渡される GRAPHIC データが、 wchar_t 処理コード形式ではなく、DBCS 形式であると見なされるからです。 NOCONVERT を使用すると、ルーチン内の SQL ステートメントで操作される GRAPHIC データも DBCS 形式であると見なされ、パラメーター・データの形式と一致します。

WCHARTYPE NOCONVERT を使用すると、GRAPHIC ホスト変数とデータベース・マネージャーの間では文字コード変換は実行されません。 GRAPHIC ホスト変数を用いたデータは、無変換の DBCS 文字としてデータベース・マネージャーに送受信されます。 WCHARTYPE NOCONVERT を使用しなくても、ルーチン内の wchar_t 形式の GRAPHIC データを操作できますが、入出力変換は手動で実行しなければなりません。

CONVERT は、FENCED ルーチン内で使用することができますが、ルーチンの SQL ステートメント内の GRAPHIC データに影響を及ぼします。ただし、ルーチンのパラメーターを介して渡されたデータには影響を与えません。 NOT FENCED ルーチンは、必ず NOCONVERT オプションを使用して作成してください。

要約すると、入力または出力パラメーターによってルーチンに渡したり、ストアード・プロシージャーから送られてくる GRAPHIC データは、 WCHARTYPE オプションによってどのようにプリコンパイルされたかに関係なく、 DBCS 形式になります。

C++ のタイプ修飾

C++ 関数名は、多重定義することができます。 2 つの C++ 関数に同一名が付いていても、以下のようにそれぞれ異なる引数をもっていれば共存することができます。

```
int func( int i )
```

および

```
int func( char c )
```

C++ コンパイラーは、デフォルトで関数名をタイプ修飾つまり「マングル」します。その意味するところは、前記の 2 つの例の func__Fi と func__Fc の場合のように、引数タイプ名がその関数名に付加されて解決されるということです。マングルされた名前はオペレーティング・システムごとに異なるため、マングル名を明示的に使用するコードは移植可能ではありません。

Windows オペレーティング・システムでは、.obj (オブジェクト) ファイルからタイプ修飾関数名を判別することができます。

Windows 上の Microsoft Visual C++ コンパイラーの場合、以下のように dumpbin コマンドを使用して、.obj (オブジェクト) ファイルからタイプ修飾関数名を判別することができます。

```
dumpbin /symbols myprog.obj
```

ただし myprog.obj は、プログラム・オブジェクト・ファイルです。

UNIX オペレーティング・システムでは、nm コマンドを使用して、.o (オブジェクト) ファイルからかまたは共用ライブラリーからタイプ修飾関数名を判別することができます。このコマンドは大量の出力を生成することがあるので、次のように grep を介して出力をパイピングして正しい行を探すことをお勧めします。

```
nm myprog.o | grep myfunc
```

ただし myprog.o はプログラム・オブジェクト・ファイル、そして myfunc はプログラムのソース・ファイル内の関数です。

これらのコマンドで生成される出力ではすべて、マングルされた関数名の入った行が示されます。例えば UNIX 上では、この行は次のようになります。

```
myfunc__FPlT1PsT3PcN35|     3792|unamex|          | ...
```

上記のコマンドのうちのいずれかでマングルされた関数名を取得し終わったら、該当するコマンド内でそれを使用することができます。それについては、上記の UNIX の例で得たマングル関数名を使った解説がこの項の後半で述べられています。 Windows の場合も、取得したマングル関数名を同じように使用することができます。

CREATE ステートメントを使用してルーチンを登録するときは、マングルされた関数名を EXTERNAL NAME 節内に指定する必要があります。以下に例を示します。

```
CREATE FUNCTION myfunco(...) RETURNS...
       ...
       EXTERNAL NAME '/whatever/path/myprog!myfunc__FPlT1PsT3PcN35'
       ...
```

多重定義された C++ 関数名がルーチン・ライブラリー内にはない場合、extern "C" を使用すれば、コンパイラーで関数名がタイプ修飾されないようにするオプションを利用できます。 (UDF に付ける SQL 関数名は常に多重定義できることに注意してください。 DB2 では、その名前および指定されているパラメーターに基づいてどのライブラリー関数を呼び出すかを決められるからです。)

```
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include "sqludf.h"

/*------------------------------------------------------------------------*/
/* function fold: output = input string is folded at point indicated   */
/*                         by the second argument.                        */
/*         inputs: CLOB,                 input string                     */
/*                 LONG                  position to fold on              */
/*         output: CLOB                  folded string                    */
/*------------------------------------------------------------------------*/
extern "C" void fold(
      SQLUDF_CLOB       *in1,                   /* input CLOB to fold */
   ...
   ...
}
/* end of UDF: fold */

/*------------------------------------------------------------------------*/
/* function find_vowel:                                                   */
/*             returns the position of the first vowel.                   */
/*             returns error if no vowel.                                 */
/*             defined as NOT NULL CALL                                   */
/*         inputs: VARCHAR(500)                                           */
/*         output: INTEGER                                                */
/*------------------------------------------------------------------------*/
extern "C" void findvwl(
      SQLUDF_VARCHAR    *in,                    /* input smallint */
   ...
   ...
}
/* end of UDF: findvwl */
```

この例では、fold と findvwl という UDF はコンパイラーによってタイプ修飾されないので、それぞれの実際の名前を使用して CREATE FUNCTION ステートメント中で登録する必要があります。同様に、extern "C" を使用して C++ ストアード・プロシージャーまたはメソッドをコード化すると、その未修飾の関数名が CREATE ステートメント内で使用されます。

C および C++ プロシージャーからの結果セットの戻り

プロシージャーの結果セットの検索をサポートする API を使ってインプリメントされる呼び出しルーチンまたはアプリケーションに結果セットを戻す C および C++ プロシージャーを開発することができます。ほとんどの API はプロシージャーの結果セットの検索をサポートしていますが、組み込み SQL はサポートしていません。

結果セットの C および C++ の表現は、SQL カーソルです。プロシージャー内に宣言およびオープンされたものの、明示的にクローズされなかった SQL カーソルがある場合、それらはプロシージャーの戻りの前に呼び出し元に戻すことができます。結果セットが呼び出し元に戻される順序は、カーソル・オブジェクトがルーチン内でオープンされる順序と同じです。 CREATE PROCEDURE ステートメントまたはプロシージャーのインプリメンテーションでは、結果セットを戻すための追加のパラメーターは必要がありません。

前提条件

C および C++ ルーチンの作成方法の概略を理解しておくと、 C および C++ プロシージャーから結果を戻すための以下の手順のステップを容易に理解できます。

C および C++ ルーチンの作成

C または C++ の組み込み SQL プロシージャーで宣言されるカーソルは、両方向スクロール・カーソルではありません。

手順

C または C++ プロシージャーから結果セットを戻すには、次のようにします。

1. C または C++ プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントでは、他にも適切な節を指定する中で、特に DYNAMIC RESULT SETS 節に、プロシージャーによって戻される結果セットの最大数と等しい値を指定しなければなりません。
2. プロシージャー宣言内で、呼び出し元に戻される結果セットのためのパラメーター・マーカーは不要です。
3. ルーチンの C または C++ プロシージャーのインプリメンテーションでは、ホスト変数を宣言する宣言セクション内の DECLARE CURSOR ステートメントを使ってカーソルを宣言します。このカーソル宣言により SQL がカーソルに関連付けられます。
4. C または C++ ルーチン・コード内で、OPEN ステートメントを実行することによりカーソルをオープンします。これにより DECLARE CURSOR ステートメントで指定した照会が実行され、照会の結果がカーソルに関連付けられます。
5. オプション: FETCH ステートメントを使って、カーソルに関連付けられた結果セット内の行を取り出します。
6.

   カーソルのクローズに使用する CLOSE ステートメントは、プロシージャーが呼び出し元に戻る前に実行してはなりません。オープン・カーソルはプロシージャーが戻るときに結果セットとして呼び出し元に戻されます。

   プロシージャーの戻り時に複数のカーソルがオープンしたままになっていると、カーソルに関連付けられた結果セットが、オープンされた順番で呼び出し元に戻されます。プロシージャーによって戻すことができるのは、 DYNAMIC RESULT SETS 節の値に指定した結果セットの最大数までです。プロシージャーのインプリメンテーションでオープンになったままのカーソルの数が DYNAMIC RESULT SETS 節で指定した値よりも大きい場合は、超過した結果セットが単に戻されないだけです。この状況では DB2 はエラーまたは警告を発しません。

C または C++ プロシージャーの作成が正常に完了したなら、DB2 コマンド行プロセッサーまたは DB2 コマンド・ウィンドウから CALL ステートメントを使ってプロシージャーを呼び出し、結果セットが正常に呼び出し元に戻されているかどうかを確認することができます。

プロシージャーや他のタイプのルーチンの呼び出しの詳細については、以下を参照してください。

- ルーチンの呼び出し

C および C++ ルーチンの作成

C または C++ ライブラリーを参照するプロシージャーまたは関数は、他のインプリメンテーションを持つ外部ルーチンと類似の方法で作成されます。このタスクはいくつかのステップで構成されますが、それにはルーチンの CREATE ステートメントの公式化、ルーチンのインプリメンテーションのコーディング、プリコンパイル、コードのコンパイルとリンク、およびソース・コードのデプロイメントが含まれます。

C または C++ ルーチンをインプリメントするのは、以下のような場合です。

- データベースにアクセスするルーチンや、データベースの外部でアクションを実行するルーチンに複雑なロジックをカプセル化したい場合。
- 複数のアプリケーション、CLP、他のルーチン (プロシージャー、関数 (UDF)、メソッド)、トリガーのいずれかから、カプセル化されたロジックを呼び出す必要のある場合。
- このロジックは、C または C++ などの組み込み SQL プログラミング言語を使用してコーディングするのが最適です。

前提条件

- C および C++ ルーチンのインプリメンテーションに関する知識。 C および C++ ルーチン全般を学習するには、以下を参照してください。
  - 229 ページの『C および C++ ルーチン』
- アプリケーション開発サポートを組み込んでいる DB2 クライアントが、クライアント・コンピューター上にインストールされていること。
- データベース・サーバーが、ルーチン開発用の DB2 サポートの C または C++ コンパイラーをサポートするオペレーティング・システムを実行していること。
- 必要なコンパイラーがデータベース・サーバー上にインストールされている必要があります。
- 外部ルーチンを作成する CREATE ステートメントの実行権限。 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントの実行に必要な特権については、ステートメントの資料を参照してください。

手順

1. 選択したプログラミング言語 (C または C++) でルーチン・ロジックをコーディングします。
   - C と C++ ルーチンおよび C と C++ ルーチン・フィーチャーの一般情報については、『前提条件』のセクションで参照されているトピックを参照してください。
   - 追加の C 機能に必要な C または C++ ヘッダー・ファイル、および SQL データ・タイプと SQL 実行サポートに必要な DB2 C または C++ ヘッダー・ファイルを組み込みます。 sqludf.h、sql.h、sqlda.h、sqlca.h、および memory.h の各ヘッダー・ファイルを組み込みます。

- ルーチン・パラメーター・シグニチャーが、以下のいずれかのサポートされるパラメーター・スタイルを使用してインプリメントされている必要があります。すべての C および C++ ルーチンにパラメーター・スタイル SQL を使用することを強くお勧めします。スクラッチパッドおよび DBINFO 構造は、パラメーターとして C および C++ ルーチンに渡されます。パラメーター・シグニチャーおよびパラメーター・インプリメンテーションの詳細については、以下を参照してください。
  - 234 ページの『C および C++ ルーチンでのパラメーター』
  - 235 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ プロシージャー』
  - 239 ページの『パラメーター・スタイル SQL C および C++ 関数』
- ホスト変数およびパラメーター・マーカーを、組み込み SQL C および C++ アプリケーションに対するのと同じ方法で宣言します。 DB2 SQL データ・タイプにマップするデータ・タイプを正しく使用するように注意してください。 DB2 と C または C++ データ・タイプとの間のデータ・タイプ・マッピングの詳細については、以下を参照してください。
  - 246 ページの『C および C++ ルーチンにおいてサポートされる SQL データ・タイプ』
- ルーチン・ロジックを組み込みます。ルーチン・ロジックは、C または C++ プログラミング言語でサポートされる任意のコードで構成できます。これには、組み込み SQL アプリケーションと同じ方法でインプリメントされる組み込み SQL ステートメントの実行を含めることもできます。組み込み SQL における SQL ステートメントの実行の詳細については、以下を参照してください。
  - 「*組み込み SQL アプリケーションの開発*」にある『組み込み SQL アプリケーションにおける SQL ステートメントの実行』
- ルーチンがプロシージャーで、ルーチンの呼び出し元に結果セットを戻したい場合、結果セット用のパラメーターは必要ありません。ルーチンから結果セットを戻す方法の詳細については、以下を参照してください。
  - 275 ページの『C および C++ プロシージャーからの結果セットの戻り』
- ルーチンの末尾にルーチンの戻り値を設定します。

2. ライブラリー・ファイルを生成するコードを作成します。組み込み SQL C および C++ ルーチンを作成する方法の詳細については、以下を参照してください。
   - 279 ページの『C および C++ ルーチン・コードのビルド』
3. そのライブラリーをデータベース・サーバー上の DB2 *function* ディレクトリーにコピーします。 DB2 ルーチンに関連したライブラリーは、 function ディレクトリーに保管することをお勧めします。 function ディレクトリーの詳細については、 CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントのいずれかの EXTERNAL 節を参照してください。

   ライブラリーをサーバー上の別のディレクトリーにコピーすることもできますが、ルーチンを正常に呼び出すには、ライブラリーの完全修飾パス名をメモしておく必要があります。次のステップでこれが必要になるからです。
4. 該当するルーチン・タイプの SQL 言語 CREATE ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) を動的または静的に実行します。

- LANGUAGE 節に、C という値を指定します。
- PARAMETER STYLE 節に、ルーチン・コードでインプリメントした有効なパラメーター・スタイルの名前を指定します。 PARAMETER STYLE SQL を使用することを強くお勧めします。
- EXTERNAL 節に、ルーチンと関連したライブラリーの名前を指定します。そのためには、以下のいずれかの値を使用します。
  - ルーチン・ライブラリーの完全修飾パス名。
  - function ディレクトリーを基準にしたルーチン・ライブラリーの相対パス名。

  EXTERNAL 節にライブラリーの完全修飾パス名または相対パス名を指定しない場合、DB2 はデフォルトで、function ディレクトリー内でライブラリーを探します。
- ルーチンがプロシージャーの場合に、DYNAMIC RESULT SETS に数値を指定すると、呼び出し元に 1 つ以上の結果セットが戻されます。
- ルーチンの特徴を指定するために使用する CREATE ステートメントで、その他のデフォルト以外の節値を指定する。

C または C++ ルーチンを呼び出すには、379 ページの『第 11 章 ルーチンの呼び出し』を参照してください。

C および C++ ルーチン・コードのビルド

組み込み SQL 用の C または C++ ルーチンのインプリメンテーション・コードを作成したなら、ルーチンを呼び出せるようにするには、その前にインプリメンテーション・コードをライブラリーにビルドしてデプロイする必要があります。組み込み SQL 用 C および C++ ルーチンのビルドに必要なステップは、組み込み SQL 用 C および C++ アプリケーションの構築に必要なステップに似ていますが、いくつかの点で異なります。ルーチンに組み込み SQL ステートメントが含まれていない場合は、同じステップで進めることができます。手順は高速かつ簡単です。

C および C++ ルーチンをビルドするには、次の 2 とおりの方法があります。

- DB2 サンプル・ビルド・スクリプト (UNIX) またはビルド・バッチ・ファイル (Windows) を使用する。
- DB2 コマンド・ウィンドウから、DB2 および C または C++ コンパイラーのコマンドを入力する。

ルーチン用の DB2 サンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルは、デフォルトでサポートされるコンパイラーを使用する特定のオペレーティング・システムのためのユーザー作成ルーチンだけでなく、DB2 サンプル・ルーチン (プロシージャーおよびユーザー定義関数) 用に設計されています。

C および C++ 用の DB2 サンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルには個別セットがあります。一般に、組み込み SQL ルーチンをビルドするには、ビルド・スクリプトまたはバッチ・ファイル (いずれも必要に応じて容易に変更できる) を使用するのが最も簡単な方法ですが、DB2 コマンド・ウィンドウからルーチンをビルドする方法も知っておくと、いろいろと役に立ちます。

ルーチンをビルドするための各方法の詳細は、関連リンクを参照してください。

サンプル bldrtn スクリプトを使用した C および C++ ルーチン・コードのビルド

C および C++ ルーチンのソース・コードのビルドは、C および C++ ルーチン作成の副次作業です。この作業は、DB2 サンプル・ビルド・スクリプト (UNIX) およびバッチ・ファイル (Windows) を使用することにより、迅速で簡単に行うことができます。サンプル・ビルド・スクリプトは、組み込み SQL ステートメントを含むソース・コードにも含まないソース・コードにも使用できます。ビルド・スクリプトは、C および C++ ソース・コードのプリコンパイル、コンパイル、リンクを処理します。これを使用しない場合は、コマンド行から個別のステップを実行する必要があります。また、指定されたデータベースへのパッケージのバインドも行います。

C および C++ ルーチンをビルドするためのサンプル・ビルド・スクリプトの名前は、`bldrtn` です。これを使用してビルドできるサンプル・プログラムと一緒に、次の DB2 ディレクトリーに置かれています。

- C の場合: `sqllib/samples/c/`
- C++ の場合: `sqllib/samples/cpp/`

`bldrtn` スクリプトを使用して、プロシージャーと関数インプリメンテーションの両方を含むソース・コード・ファイルをビルドすることができます。このスクリプトは、以下の処理を行います。

- ユーザーが指定したデータベースとの接続を確立する
- ユーザーが指定したソース・コード・ファイルをプリコンパイルする
- パッケージを現行データベースにバインドする
- ソース・コードをコンパイルしてリンクし、共用ライブラリーを生成する
- 共用ライブラリーをデータベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする

`bldrtn` スクリプトは、次の 2 つの引数を受け入れます。

- ソース・コード・ファイルの名前 (ファイル拡張子なし)
- 接続が確立される先のデータベースの名前

データベース・パラメーターはオプションです。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。ルーチンはデータベースがあるインスタンスと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID とパスワードのための引数は不要です。

前提条件

- 1 つ以上のルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイル
- 現行 DB2 インスタンス内の、ルーチンが作成されるデータベースの名前。

1 つ以上のルーチン・コード・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドするには、以下のステップを実行します。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。

2. ソース・コード・ファイルを bldrtn スクリプト・ファイルと同じディレクトリーにコピーする。
3. サンプル・データベースにルーチンを作成する場合は、次のように、ビルド・スクリプト名に続いて、ソース・コード・ファイルの名前 (.sqc または .sqC ファイル拡張子なし) を入力する。

   ```
   bldrtn <file-name>
   ```

   別のデータベースにルーチンを作成する場合は、次のように、ビルド・スクリプト名、ソース・コード・ファイル名 (ファイル拡張子なし)、データベース名を入力します。

   ```
   bldrtn <file-name> <database-name>
   ```

   スクリプトによってソース・コードのプリコンパイル、コンパイル、リンクが行われ、共用ライブラリーが生成されます。次に、スクリプトによって共用ライブラリーがデータベース・サーバーの function ディレクトリーにコピーされます。
4. ルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドしたのが今回が初めてでない場合は、データベースを停止してから再始動することにより、DB2 で新しいバージョンの共用ライブラリーが使用されるようにする。これを行うには、コマンド行で db2stop に続けて db2start を入力します。

ルーチン共用ライブラリーのビルドとデータベース・サーバー上の function ディレクトリーへのデプロイが正常に終了したなら、C および C++ ルーチンの作成作業に関連したステップを完了する必要があります。ルーチンの作成が完了すると、ルーチンを呼び出すことができます。

サンプル・ビルド・スクリプトを使用した C または C++ でのルーチンの構築 (UNIX)

DB2 には、 C および C++ プログラムをコンパイルしてリンクするためのビルド・スクリプトが用意されていて、 C のルーチン用は sqllib/samples/c ディレクトリーに、 C++ のルーチン用は sqllib/samples/cpp ディレクトリーに置かれており、それと一緒に、それらのファイルを使用してビルドできるサンプル・プログラムも置かれています。

スクリプト bldrtn には、ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するためのコマンドが入っています。このスクリプトは、データベース・マネージャーがロードできてしかもクライアント・アプリケーションから呼び出せるルーチンを共用ライブラリー中でコンパイルします。

第 1 パラメーター $1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。 第 2 パラメーター $2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。

データベース・パラメーターはオプションです。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。また、データベースが置かれているのと同じインスタンス上にストアード・プロシージャーが構築される必要があるため、ユーザー ID とパスワード用のパラメーターはありません。

この後の例は、次のものを使用してルーチンの共用ライブラリーを構築する方法を示しています。

- ストアード・プロシージャー
- 非組み込み SQL ユーザー定義関数 (UDF)
- 組み込み SQL ユーザー定義関数 (UDF)

ストアード・プロシージャーの共用ライブラリー

C 用のソース・ファイル spserver.sqc および C++ 用のソース・ファイル spserver.sqC からサンプル・プログラム spserver を構築するには、次のように入力します。

1. sample データベースに接続している場合は、次のようにビルド・スクリプト名とプログラム名を入力します。

   ```
   bldrtn spserver
   ```

   他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

   ```
   bldrtn spserver database
   ```

   スクリプトは、共用ライブラリーをサーバー上の sqllib/function というパスにコピーします。
2. 次に、サーバーで spcat スクリプトを実行してルーチンをカタログします。

   ```
   spcat
   ```

   このスクリプトは、サンプル・データベースに接続し、ルーチンが既にカタログ済みであれば spdrop.db2 を呼び出してルーチンをアンカタログし、次に spcreate.db2 を呼び出してそのルーチンをカタログし、そして最後にデータベースへの接続を切断します。また、spdrop.db2 スクリプトと spcreate.db2 スクリプトは、個別に呼び出すこともできます。
3. 次に、ストアード・プロシージャーを構築するのが今回が初めてではない場合は、データベースをいったん停止してから再始動し、新しいバージョンの共用ライブラリーが認識されるようにします。これを行うには、コマンド行で db2stop に続けて db2start を入力します。

共用ライブラリー spserver の構築が完了したなら、共用ライブラリーにアクセスするクライアント・アプリケーション spclient を構築することができます。

spclient は、スクリプト bldapp を使用して構築することができます。

共用ライブラリーのストアード・プロシージャーを呼び出すには、 spclient *database userid password* と入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。名前は、sample かその別名、またはその他のデータベース名にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは共用ライブラリー spserver にアクセスし、さまざまなストアード・プロシージャー関数をサーバー・データベース上で実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

組み込み SQL UDF の共用ライブラリー

sample データベースに接続しているときに、組み込み SQL ユーザー定義関数プログラム udfemsrv を、C 用のソース・ファイル udfemsrv.sqc および C++ 用のソース・ファイル udfemsrv.sqC から構築するには、次のようにビルド・スクリプト名とプログラム名を入力します。

```
bldrtn udfemsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

```
bldrtn udfemsrv database
```

スクリプトは、 UDF を sqllib/function ディレクトリーにコピーします。

udfemsrv の構築が完了したなら、それを呼び出すクライアント・アプリケーション udfemcli を構築できます。スクリプト bldapp を使用して、 sqllib/samples/c 内のソース・ファイル udfemcli.sqc から udfemcli クライアント・プログラムを構築することができます。

共用ライブラリー内の UDF を呼び出すには、 udfemcli *database userid password* と入力してクライアント・アプリケーションを実行します。

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。名前は、sample かその別名、またはその他のデータベース名にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは共用ライブラリー udfemsrv にアクセスし、ユーザー定義関数をサーバー・データベース上で実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

Windows での C/C++ ルーチンの構築

DB2 には、 C および C++ の DB2 API と組み込み SQL プログラムをコンパイルおよびリンクするためのビルド・スクリプトが用意されています。このファイルを使用して構築できるサンプル・プログラムと一緒に sqllib¥samples¥c および sqllib¥samples¥cpp ディレクトリーに置かれています。

バッチ・ファイル bldrtn.bat には、組み込み SQL ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するためのコマンドが入っています。バッ

チ・ファイルは、サーバー上に DLL を構築します。これは 2 個のパラメーターをとります。それらは、バッチ・ファイル内では変数 %1 と %2 で表されます。

最初のパラメーター %1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。このバッチ・ファイルは、DLL 名としてソース・ファイル名を使用します。 第 2 パラメーター %2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。 DLL は、データベースが置かれているのと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID やパスワードを指定するパラメーターはありません。

第 1 パラメーター (ソース・ファイル名) だけが必須です。データベース名は任意で指定します。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。

この後の例は、次のものを使用してルーチンの DLL を構築する方法を示しています。

- ストアード・プロシージャー
- 非組み込み SQL ユーザー定義関数 (UDF)
- 組み込み SQL ユーザー定義関数 (UDF)

ストアード・プロシージャーの DLL

C ソース・ファイル spserver.sqc または C++ ソース・ファイル spserver.sqx から spserver DLL を構築するには、次のようにします。

1. 次のように、バッチ・ファイル名とプログラム名を入力します。

   ```
   bldrtn spserver
   ```

   他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

   ```
   bldrtn spserver database
   ```

   このバッチ・ファイルは、サンプル・プログラムと同じディレクトリーに入っている、モジュール定義ファイル spserver.def を使用して DLL を構築します。このバッチ・ファイルは、 DLL の spserver.dll をパス sqllib¥function のサーバーにコピーします。
2. 次に、サーバーで spcat スクリプトを実行してルーチンをカタログします。

   ```
   spcat
   ```

   このスクリプトは、サンプル・データベースに接続し、ルーチンが既にカタログ済みであれば spdrop.db2 を呼び出してルーチンをアンカタログし、次に spcreate.db2 を呼び出してそのルーチンをカタログし、そして最後にデータベースへの接続を切断します。また、spdrop.db2 スクリプトと spcreate.db2 スクリプトは、個別に呼び出すこともできます。
3. 次に、データベースを一度停止してから再始動し、新しい DLL が認識されるようにします。必要であれば、DLL にファイル・モードを設定して、 DB2 インスタンスからアクセスできるようにします。

DLL spserver を構築し終わったら、それを呼び出すクライアント・アプリケーション spclient を構築することができます。

spclient は、バッチ・ファイル bldapp.bat を使用して構築することができます。

DLL を呼び出すには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

spclient *database userid password*

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。名前は、sample かその別名、またはその他のデータベース名にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは、 DLL spserver にアクセスしてサーバー・データベース上のいくつかのルーチンを実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

非組み込み SQL UDF の DLL

ユーザー定義関数 udfsrv をソース・ファイル udfsrv.c から構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn udfsrv
```

このバッチ・ファイルは、サンプル・プログラム・ファイルと同じディレクトリーに入っているモジュール定義ファイル udfsrv.def を使用して、ユーザー定義関数 DLL を構築します。このバッチ・ファイルは、ユーザー定義関数 DLL の udfsrv.dll を sqllib¥function というパスのサーバーにコピーします。

udfsrv の構築が完了したなら、それを呼び出すクライアント・アプリケーション udfcli を構築できます。 DB2 CLI が、このプログラムの組み込み SQL C および C++ バージョンとともに提供されます。

DB2 CLI udfcli プログラムは、sqllib¥samples¥cli のバッチ・ファイル bldapp を使用して、udfcli.c ソース・ファイルから構築できます。

組み込み SQL C udfcli プログラムは、 sqllib¥samples¥c のバッチ・ファイル bldapp を使用して、 udfcli.sqc ソース・ファイルから構築できます。

組み込み SQL C++ udfcli プログラムは、 sqllib¥samples¥cpp のバッチ・ファイル bldapp を使用して、 udfcli.sqx ソース・ファイルから構築できます。

UDF を実行するには、次のように入力します。

```
udfcli
```

この呼び出しアプリケーションは、 udfsrv DLL から ScalarUDF 関数を呼び出します。

組み込み SQL UDF の DLL

sqllib¥samples¥c 内の C ソース・ファイル udfemsrv.sqc からか、または sqllib¥samples¥cpp 内の C++ ソース・ファイル udfemsrv.sqx から、組み込み SQL ユーザー定義関数ライブラリー udfemsrv を構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn udfemsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

```
bldrtn udfemsrv database
```

このバッチ・ファイルは、サンプル・プログラムと同じディレクトリーに入っているモジュール定義ファイル udfemsrv.def を使用してユーザー定義関数 DLL を構築します。このバッチ・ファイルは、ユーザー定義関数 DLL の udfemsrv.dll をパス sqllib¥function のサーバーにコピーします。

udfemsrv の構築が完了したなら、それを呼び出すクライアント・アプリケーション udfemcli を構築できます。バッチ・ファイル bldapp を使用して、sqllib¥samples¥c 内の C ソース・ファイル udfemcli.sqc からか、または sqllib¥samples¥cpp 内の C++ ソース・ファイル udfemcli.sqx から、 udfemcli を構築することができます。

UDF を実行するには、次のように入力します。

```
udfemcli
```

呼び出し側アプリケーションは、udfemsrv DLL 内の UDF を呼び出します。

DB2 コマンド・ウィンドウからの C および C++ ルーチン・コードのビルド

C および C++ ルーチンのソース・コードのビルドは、C および C++ ルーチン作成の副次作業です。この作業は、コマンド行から手動で行うことができます。C または C++ ルーチン・コードに組み込み SQL ステートメントが含まれているかどうかにかかわらず、同じ手順で進めることができます。この作業のステップには、ルーチン・インプリメンテーションを含む C および C++ ソース・コードのプリコンパイル、コンパイル、リンクのほかに、生成されたパッケージのバインド (組み込み SQL ステートメントがあった場合) とルーチン・ライブラリーのデプロイが含まれます。ルーチン・パッケージのバインドを後に延ばす場合や、カスタマイズ済みビルド・スクリプトを作成する場合は、この作業を、プリコンパイラー、コンパイラー、またはバインド・オプションの使用テストの一環として、DB2 コマンド・ウィンドウから行うことも可能です。

別の方法として、DB2 サンプル・ビルド・スクリプトを使用して、この作業を簡単にすることができます。『サンプル・ビルド・スクリプトによる組み込み SQL C および C++ ルーチン・コードの作成』を参照してください。

前提条件

- 組み込み SQL 用 C または C++ ルーチン・インプリメンテーションを 1 つ以上含むソース・コード・ファイル。
- 現行 DB2 インスタンス内の、ルーチンが作成されるデータベースの名前。

- C および C++ ルーチンをビルドするのに必要な、オペレーティング環境固有のコンパイルおよびリンク・オプション。このトピックの下部にある関連リンクに記載されているトピックを参照してください。

1 つ以上のルーチン・コード・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドするには、以下のステップを実行します。各ステップを示した例が後に続きます。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。
2. ソース・コード・ファイルを含むディレクトリーにナビゲートする。
3. ルーチンが作成されるデータベースとの接続を確立する。
4. ソース・コード・ファイルをプリコンパイルする。
5. 生成されたパッケージをデータベースにバインドする。
6. ソース・コード・ファイルをコンパイルする。
7. ソース・コード・ファイルをリンクして共用ライブラリーを生成する。ここでは、使用されるコンパイラーに合った、DB2 固有のコンパイルおよびリンク・オプションを使用する必要があります。
8. 共用ライブラリーをデータベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする。
9. ルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイルをビルドしたのが今回が初めてでない場合は、データベースを停止してから再始動することにより、DB2 で新しいバージョンの共用ライブラリーが使用されるようにする。これを行うには、db2stop コマンドに続けて db2start コマンドを実行します。

ルーチン・ライブラリーのビルドとデプロイを正常に終了したなら、C および C++ ルーチンの作成作業に関連したステップを完了する必要があります。 C および C++ ルーチンの作成には、ソース・コード・ファイルにインプリメントされたルーチンごとに CREATE ステートメントを実行するというステップが含まれます。ルーチンを呼び出せるようにするには、このステップも完了しなければなりません。

例

以下は、ルーチン・インプリメンテーションを含む、myfile.sqC という名前の組み込み SQL C++ ソース・コード・ファイルの再ビルドを示した例です。ルーチンは AIX オペレーティング・システム上でビルドされ、デフォルトでサポートされている IBM VisualAge® C++ コンパイラーを使用して 32 ビット・ルーチン・ライブラリーが生成されます。

1. DB2 コマンド・ウィンドウをオープンする。
2. ソース・コード・ファイルを含むディレクトリーにナビゲートする。
3. ルーチンが作成されるデータベースとの接続を確立する。

   ```
   db2 connect to <database-name>
   ```

4. PREPARE コマンドを使用してソース・コード・ファイルをプリコンパイルする。

   ```
   db2 prep myfile.sqC bindfile
   ```

プリコンパイルが正常に進行したかどうか、またはエラーがあったかどうかを示す出力が、プリコンパイラーによって生成されます。このステップで myfile.bnd という名前のバインド・ファイルが生成されます。次のステップでパッケージを生成するのにこのファイルを使用します。

5. BIND コマンドを使用して、生成されたパッケージをデータベースにバインドする。

   ```
   db2 bind myfile.bnd
   ```

   バインドが正常に進行したかどうか、またはエラーがあったかどうかを示す出力が、バインド・ユーティリティーによって生成されます。

6. コンパイルとリンクの推奨オプションを使用してソース・コード・ファイルをコンパイルする。

   ```
   xlC_r -qstaticinline -I$HOME/sqllib/include -c $myfile.C
   ```

   エラーがある場合は、コンパイラーによって出力が生成されます。このステップで、myfile.exp という名前のエクスポート・ファイルが生成されます。

7. ソース・コード・ファイルをリンクして共用ライブラリーを生成する。

   ```
   xlC_r -qmkshrobj -o $1 $1.o -L$ HOME/sqllib/include/lib32 -lDB2
   ```

   エラーがある場合は、リンカーによって出力が生成されます。このステップで、ファイル名が myfile の共用ライブラリーが生成されます。

8. 共用ライブラリーをデータベース・サーバーの DB2 function ディレクトリーにコピーする。

   ```
   rm -f ~HOME/sqllib/function/myfile
   cp myfile $HOME/sqllib/function/myfile
   ```

   このステップで、DB2 がルーチン・ライブラリーを探すデフォルト・ディレクトリーにルーチン・ライブラリーが置かれます。ルーチン・ライブラリーのデプロイについての詳細は、C および C++ ルーチンの作成に関するトピックを参照してください。

9. これは以前にビルドされたルーチン・ソース・コード・ファイルの再ビルドなので、データベースを停止して再始動する。

   ```
   db2stop
   db2start
   ```

C および C++ ルーチンのビルドは一般に、オペレーティング環境固有のサンプル・ビルド・スクリプトを使用して行うのが最も簡単です。このスクリプトは、コマンド行からルーチンをビルドする方法の参考として使用できます。

C および C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

AIX C ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、AIX IBM C コンパイラーを使用して、C ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

xlc_r ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、マルチスレッド・バージョンの IBM C コンパイラーを使用してください。

$EXTRA_CFLAG
64 ビット・サポートが使用可能なインスタンスの場合は「-q64」が入り、それ以外の場合は値は入りません。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/include のように指定します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

xlc_r リンカーのフロントエンドとしてマルチスレッド・バージョンのコンパイラーを使用します。

$EXTRA_CFLAG
64 ビット・サポートが使用可能なインスタンスの場合は「-q64」が入り、それ以外の場合は値は入りません。

-qmkshrobj
共用ライブラリーを作成します。

-o $1 出力ファイル名を指定します。

$1.o オブジェクト・ファイルを指定します。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/$LIB。 -L オプションを指定しないと、コンパイラーは次のパスを想定します。 /usr/lib:/lib。

-bE:$1.exp
エクスポート・ファイルを指定します。エクスポート・ファイルには、ルーチンの一覧が入っています。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

AIX C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、AIX IBM XL C/C++ コンパイラーを使用して、 C++ ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

xlC_r ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じたマルチスレッド・バージョンの IBM XL C/C++ コンパイラー。

$EXTRA_CFLAG
64 ビット・サポートが使用可能なインスタンスの場合は「-q64」が入り、それ以外の場合は値は入りません。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/include のように指定します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

xlC_r リンカーのフロントエンドとしてマルチスレッド・バージョンのコンパイラーを使用します。

$EXTRA_CFLAG
64 ビット・サポートが使用可能なインスタンスの場合は「-q64」が入り、それ以外の場合は値は入りません。

-qmkshrobj
共用ライブラリーを生成します。

-o $1 出力を、共用ライブラリー・ファイルとして指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを指定します。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/$LIB。 -L オプションを指定しないと、コンパイラーは次のパスを想定します。 /usr/lib:/lib。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-bE:$1.exp
エクスポート・ファイルを指定します。エクスポート・ファイルには、ルーチンの一覧が入っています。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

HP-UX C ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、HP-UX C コンパイラーを使用して、 C ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

cc
C コンパイラー。

$EXTRA_CFLAG
HP-UX プラットフォームが IA64 で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、このフラグには値 **+DD64** が入り、 32 ビット・サポートが使用可能な場合は、値 **+DD32** が入ります。 HP-UX プラットフォームが PA-RISC で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、これには値 **+DA2.0W** が入ります。 PA-RISC プラットフォームでの 32 ビット・サポートの場合は、このフラグには値 **+DA2.0N** が入ります。

+DD64
IA64 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DD32
IA64 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0W
PA-RISC 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0N
PA-RISC 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+u1
位置合わせしないデータ・アクセスを認めます。アプリケーションが位置合わせしないデータを使用する場合にのみ使用します。

+z
位置に依存しないコードを生成します。

-Ae
HP ANSI 拡張モードを使用可能にします。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。例えば、`-I$DB2PATH/include`。

-D_POSIX_C_SOURCE=199506L
ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) ときに必要な、 _REENTRANT が必ず定義されるようにするための POSIX スレッド・ライブラリー・オプション。

-c
コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

ld リンクにリンカーを使用します。

-b 通常の実行可能ファイルではなく、共用ライブラリーを作成します。

-o $1 出力を、共用ライブラリー・ファイルとして指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを指定します。

$EXTRA_LFLAG
ランタイム・パスを指定します。設定する場合、32 ビットの場合は値 "+b$HOME/sqllib/lib32"、 64 ビットの場合は "+b$HOME/sqllib/lib64" が入ります。設定しない場合は、これには値が入りません。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。 32 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib32、 64 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib64 です。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-lpthread
POSIX スレッド・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

HP-UX C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、HP-UX C++ コンパイラーを使用して、C++ ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

aCC
HP aC++ コンパイラー。

$EXTRA_CFLAG
HP-UX プラットフォームが IA64 で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、このフラグには値 **+DD64** が入り、 32 ビット・サポートが使用可能な場合は、値 **+DD32** が入ります。 HP-UX プラットフォームが PA-RISC で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、これには値 **+DA2.0W** が入ります。 PA-RISC プラットフォームでの 32 ビット・サポートの場合は、このフラグには値 **+DA2.0N** が入ります。

+DD64
IA64 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DD32
IA64 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0W
PA-RISC 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0N
PA-RISC 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+u1
位置合わせしないデータ・アクセスを認めます。

+z
位置に依存しないコードを生成します。

-ext
″long long″ サポートを含むさまざまな C++ 拡張子を許可します。

-mt
ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、 HP aC++ コンパイラーのマルチスレッド・サポートを使用可能にします。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。たとえば、 `$DB2PATH/include`。

-c
コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

aCC HP aC++ コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

$EXTRA_CFLAG
HP-UX プラットフォームが IA64 で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、このフラグには値 **+DD64** が入り、 32 ビット・サポートが使用可能な場合は、値 **+DD32** が入ります。 HP-UX プラットフォームが PA-RISC で、64 ビット・サポートが使用可能な場合は、これには値 **+DA2.0W** が入ります。 PA-RISC プラットフォームでの 32 ビット・サポートの場合は、このフラグには値 **+DA2.0N** が入ります。

+DD64 IA64 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DD32 IA64 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0W
PA-RISC 版の HP-UX 用の 64 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

+DA2.0N
PA-RISC 版の HP-UX 用の 32 ビット・コードを生成する場合に使用する必要があります。

-mt ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、 HP aC++ コンパイラーのマルチスレッド・サポートを使用可能にします。

-b 通常の実行可能ファイルではなく、共用ライブラリーを作成します。

-o $1 実行可能ファイルを指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを指定します。

$EXTRA_LFLAG
ランタイム・パスを指定します。設定する場合、32 ビットの場合は値 `-Wl,+b$HOME/sqllib/lib32`、 64 ビットの場合は `-Wl,+b$HOME/sqllib/lib64` が入ります。設定しない場合は、これには値が入りません。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。 32 ビットの場合は `"$HOME/sqllib/lib32"`、 64 ビットの場合は `"$HOME/sqllib/lib64"` です。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Linux C ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、`bldrtn` ビルド・スクリプトに示されているように、Linux C コンパイラーを使用して、C ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

$CC
gcc または xlc_r コンパイラー

$EXTRA_C_FLAGS
次のうちの 1 つが含まれています。

- Linux for zSeries の場合のみ **-m31** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for x86, x86_64 and POWER の場合には **-m32** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for zSeries, POWER, x86_64 の場合には **-m64** を指定して、64 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for IA64 の場合には値を指定しないで、64 ビット・ライブラリーを作成します。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。

-c
コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。このスクリプト・ファイルでは、コンパイルとリンクは別個のステップです。

-D_REENTRANT
ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、_REENTRANT を定義します。

リンク・オプション:

$CC
gcc または xlc_r コンパイラー。コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

$LINK_FLAGS
値 ″$EXTRA_C_FLAGS $SHARED_LIB_FLAG″ を入れます。

$EXTRA_C_FLAGS
次のうちの 1 つが含まれています。

- Linux for zSeries の場合のみ `-m31` を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for x86, x86_64 and POWER の場合には `-m32` を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for zSeries, POWER, x86_64 の場合には `-m64` を指定して、64 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for IA64 の場合には値を指定しないで、64 ビット・ライブラリーを作成します。

$SHARED_LIB_FLAG
gcc コンパイラーの場合には `-shared`、xlc_r コンパイラーの場合には `-qmkshrobj` を入れます。

-o $1
実行可能ファイルを指定します。

$1.o
プログラム・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

$EXTRA_LFLAG
実行時の DB2 共用ライブラリーのロケーションを示します。 32 ビットの場合は値「`-Wl,-rpath,$DB2PATH/lib32`」が入ります。 64 ビットの場合は値「`-Wl,-rpath,$DB2PATH/lib64`」が入ります。

-L$DB2PATH/$LIB
リンク時の DB2 静的ライブラリーおよび共用ライブラリーのロケーションを示します。例えば、32 ビットの場合は `$HOME/sqllib/lib32`、64 ビットの場合は `$HOME/sqllib/lib64` です。

-ldb2
DB2 ライブラリーとリンクします。

-lpthread
POSIX スレッド・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Linux C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、`bldrtn` ビルド・スクリプトに示されているように、Linux C++ コンパイラーを使用して、C++ ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

g++ GNU/Linux C++ コンパイラー。

$EXTRA_C_FLAGS
次のうちの 1 つが含まれています。

- Linux for zSeries の場合のみ **-m31** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for x86, x86_64 and POWER の場合には **-m32** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for zSeries, POWER, x86_64 の場合には **-m64** を指定して、64 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for IA64 の場合には値を指定しないで、64 ビット・ライブラリーを作成します。

-fpic 位置に依存しないコードを生成します。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。このスクリプト・ファイルでは、コンパイルとリンクは別個のステップです。

-D_REENTRANT
ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、_REENTRANT を定義します。

リンク・オプション:

g++ コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

$EXTRA_C_FLAGS
次のうちの 1 つが含まれています。

- Linux for zSeries の場合のみ **-m31** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for x86, x86_64 and POWER の場合には **-m32** を指定して、32 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for zSeries, POWER, x86_64 の場合には **-m64** を指定して、64 ビット・ライブラリーを作成します。
- Linux for IA64 の場合には値を指定しないで、64 ビット・ライブラリーを作成します。

-shared
共用ライブラリーを生成します。

-o $1 実行可能ファイルを指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

$EXTRA_LFLAG
実行時の DB2 共用ライブラリーのロケーションを示します。 32 ビットの場合は値「-Wl,-rpath,$DB2PATH/lib32」が入ります。 64 ビットの場合は値「-Wl,-rpath,$DB2PATH/lib64」が入ります。

-L$DB2PATH/$LIB
リンク時の DB2 静的ライブラリーおよび共用ライブラリーのロケーションを示します。例えば、32 ビットの場合は **$HOME/sqllib/lib32**、64 ビットの場合は **$HOME/sqllib/lib64** です。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-lpthread
POSIX スレッド・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Solaris C ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、**bldrtn** ビルド・スクリプトに示されているように、Forte C コンパイラーを使用して、 C ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

cc C コンパイラー。

-xarch=$CFLAG_ARCH
このオプションを使用すると、 libdb2.so へのリンク時に必ず正しい実行可能ファイルがコンパイラーで生成されるようにすることができます。 $CFLAG_ARCH の値は、32 ビットの場合は v8plusa に、64 ビットの場合は v9 に設定されます。

-mt ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、マルチスレッド・サポートを使用可能にします。

-DUSE_UI_THREADS
Sun の「UNIX International」スレッド API を使用可能にします。

-Kpic 共用ライブラリー用の位置に依存しないコードを生成します。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。このスクリプトでは、コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

cc コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

-xarch=$CFLAG_ARCH
このオプションを使用すると、 libdb2.so へのリンク時に必ず正しい実行可能ファイルがコンパイラーで生成されるようにすることができます。 $CFLAG_ARCH の値は、32 ビットの場合は v8plusa に、64 ビットの場合は v9 に設定されます。

-mt これが必要なのは、DB2 ライブラリーは -mt にリンクされているからです。

-G 共用ライブラリーを生成します。

-o $1 実行可能ファイルを指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

-L$DB2PATH/$LIB
リンク時の DB2 静的ライブラリーおよび共用ライブラリーのロケーションを示します。例えば、32 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib32、64 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib64 です。

$EXTRA_LFLAG
実行時の DB2 共用ライブラリーのロケーションを示します。 32 ビットの場合は値 "-R$DB2PATH/lib32" が入り、 64 ビットの場合は値 "-R$DB2PATH/lib64" が入ります。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Solaris C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、Forte C++ コンパイラーを使用して、C++ ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

CC
C++ コンパイラー。

-xarch=$CFLAG_ARCH
このオプションを使用すると、 libdb2.so へのリンク時に必ず正しい実行可能ファイルがコンパイラーで生成されるようにすることができます。 $CFLAG_ARCH の値は、32 ビットの場合は v8plusa に、64 ビットの場合は v9 に設定されます。

-mt
ルーチンを他のルーチンと同じプロセスで実行する (THREADSAFE) か、またはエンジンそのもので実行する (NOT FENCED) かに応じて、マルチスレッド・サポートを使用可能にします。

-DUSE_UI_THREADS
Sun の「UNIX International」スレッド API を使用可能にします。

-Kpic
共用ライブラリー用の位置に依存しないコードを生成します。

-I$DB2PATH/include
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。

-c
コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。このスクリプトでは、コンパイルとリンクは別個のステップです。

リンク・オプション:

CC
コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

-xarch=$CFLAG_ARCH
このオプションを使用すると、 libdb2.so へのリンク時に必ず正しい実行可能ファイルがコンパイラーで生成されるようにすることができます。 $CFLAG_ARCH の値は、32 ビットの場合は v8plusa に、64 ビットの場合は v9 に設定されます。

-mt
これが必要なのは、DB2 ライブラリーは -mt にリンクされているからです。

-G
共用ライブラリーを生成します。

-o $1
実行可能ファイルを指定します。

$1.o
プログラム・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

-L$DB2PATH/$LIB
リンク時の DB2 静的ライブラリーおよび共用ライブラリーのロケーションを示します。例えば、32 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib32、64 ビットの場合は $HOME/sqllib/lib64 です。

$EXTRA_LFLAG
実行時の DB2 共用ライブラリーのロケーションを示します。 32 ビットの場合は値 ″-R$DB2PATH/lib32″ が入り、 64 ビットの場合は値 ″-R$DB2PATH/lib64″ が入ります。

-ldb2
DB2 ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Windows C および C++ ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn.bat バッチ・ファイルに示されているように、 Windows 上で Microsoft Visual C++ コンパイラーを使用して、 C および C++ ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

%BLDCOMP%
: コンパイラー用の変数です。デフォルトは、cl (Microsoft Visual C++ コンパイラー) です。またこれは、icl (32 ビットおよび 64 ビット・アプリケーション用の Intel™ C++ コンパイラー)、または ecl (Itanium 64 ビット・アプリケーション用の Intel C++ コンパイラー) に設定することもできます。

-Zi
: デバッグ情報を使用可能にします。

-Od
: 最適化なし。

-c
: コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

-W2
: 警告、エラー、重大、およびリカバリー不能エラー・メッセージを出力します。

-DWIN32
: Windows オペレーティング・システムに必要なコンパイラー・オプション。

-MD
: MSVCRT.LIB を使用するリンク。

リンク・オプション:

link
: リンクにリンカーを使用します。

-debug
: デバッグ情報を組み込みます。

-out:%1.dll
: .DLL ファイルをビルドします。

%1.obj
: オブジェクト・ファイルを組み込みます。

db2api.lib
: DB2 ライブラリーとリンクします。

-def:%1.def
: モジュール定義ファイル。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

構成ファイルを使用した C または C++ の組み込み SQL ストアード・プロシージャーの構築

sqllib/samples/c と sqllib/samples/cpp の中の構成ファイル stp.icc を使用すれば、 AIX 上で C および C++ の DB2 組み込み SQL ストアード・プロシージャーを構築することができます。

構成ファイルを使用して、ソース・ファイル spserver.sqc から組み込み SQL ストアード・プロシージャーの共用ライブラリー spserver を構築するには、以下のようにします。

1. 次のように入力して、STP 環境変数をプログラム名に設定します。
   - bash または Korn シェルの場合

     ```
     export STP=spserver
     ```

   - C シェルの場合

     ```
     setenv STP spserver
     ```

2. stp.icc ファイルを使用して異なるプログラムを構築することによって生成された stp.ics ファイルが作業ディレクトリーにある場合は、次のコマンドで stp.ics ファイルを削除してください。

   ```
   rm stp.ics
   ```

   既存の stp.ics ファイルが、再構築するその同じプログラム用に生成されているのであれば、削除する必要はありません。
3. サンプル・プログラムを以下のように入力してコンパイルします。

   ```
   vacbld stp.icc
   ```

   注: vacbld コマンドは、 VisualAge C++ で提供されます。

このストアード・プロシージャーの共用ライブラリーは、パス sqllib/function のサーバーにコピーされます。

次に、次のようにサーバーで spcat スクリプトを実行して、共用ライブラリーのストアード・プロシージャーをカタログします。

```
spcat
```

このスクリプトは、サンプル・データベースに接続し、ストアード・プロシージャーが既にカタログ済みであれば spdrop.db2 を呼び出してそれをアンカタログし、次に spcreate.db2 を呼び出してそのストアード・プロシージャーをカタログし、そして最後にデータベースへの接続を切断します。また、spdrop.db2 スクリプトと spcreate.db2 スクリプトは、個別に呼び出すこともできます。

次に、データベースを一度停止してから再始動し、新しい共用ライブラリーが認識されるようにします。必要であれば、共用ライブラリーにファイル・モードを設定して、 DB2 インスタンスからアクセスできるようにします。

ストアード・プロシージャーの共用ライブラリー spserver を作成し終わったら、その中のストアード・プロシージャーを呼び出すクライアント・アプリケーション spclient を構築することができます。 spclient は、構成ファイル emb.icc を使用して構築することができます。

ストアード・プロシージャーを呼び出すためには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。spclient *database userid password*

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。 名前は、sample またはそのリモート別名、あるいはその他の名前にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは共用ライブラリー spserver にアクセスし、さまざまなストアード・プロシージャー関数をサーバー・データベース上で実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

構成ファイルを使用した C または C++ のユーザー定義関数の構築 (AIX)

sqllib/samples/c と sqllib/samples/cpp の中の構成ファイル udf.icc を使用すれば、 AIX 上で C および C++ のユーザー定義関数を構築することができます。

構成ファイルを使用して、ソース・ファイル udfsrv.c からユーザー定義関数プログラム udfsrv を構築するには、以下のようにします。

1. 次のように入力して、UDF 環境変数をプログラム名に設定します。
   - bash または Korn シェルの場合
     ```
     export UDF=udfsrv
     ```
   - C シェルの場合
     ```
     setenv UDF udfsrv
     ```
2. udf.icc ファイルを使用して異なるプログラムを構築することによって生成された udf.ics ファイルが作業ディレクトリーにある場合は、次のコマンドで udf.ics ファイルを削除してください。
   ```
   rm udf.ics
   ```
   既存の udf.ics ファイルが、再構築するその同じプログラム用に生成されているのであれば、削除する必要はありません。
3. サンプル・プログラムを以下のように入力してコンパイルします。
   ```
   vacbld udf.icc
   ```
   注: vacbld コマンドは、 VisualAge C++ で提供されます。

UDF ライブラリーは、サーバー上の sqllib/function というパスにコピーされます。

必要であれば、ユーザー定義関数にファイル・モードを設定して DB2 インスタンスがそれを実行できるようにしてください。

udfsrv の構築が完了したなら、それを呼び出すクライアント・アプリケーション udfcli を構築できます。このプログラムの DB2 CLI および組み込み SQL バージョンが提供されています。

構成ファイル cli.icc を使用して、 sqllib/samples/cli 内のソース・ファイル udfcli.c から DB2 CLI udfcli プログラムを構築することができます。

構成ファイル emb.icc を使用して、 sqllib/samples/c 内のソース・ファイル udfcli.sqc から組み込み SQL udfcli プログラムを構築することができます。

UDF を呼び出すには、次の実行可能ファイル名を入力して、サンプルの呼び出しアプリケーションを実行します。

```
udfcli
```

この呼び出しアプリケーションは、 udfsrv ライブラリーから ScalarUDF 関数を呼び出します。

DB2 ルーチンの共用ライブラリーの再構築

DB2 は、ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数に使用される共用ライブラリーがロードされると、それをキャッシュに入れます。ルーチンを開発する場合、同じ共用ライブラリーのロードを何度もテストする場合もあります。そのキャッシングの際に、最新バージョンの共用ライブラリーを取得できないこともあります。キャッシングに関連する問題を回避するには、ルーチンのタイプによって方法が異なります。

1. **fenced された、スレッド・セーフではないルーチン。** データベース・マネージャー構成キーワード KEEPFENCED のデフォルト値は、YES です。そのため、fenced モード・プロセスは存続し続けます。このデフォルト設定によって、ライブラリーの再ロードが妨げられることがあります。 fenced された、スレッド・セーフではないルーチンの開発中はこのキーワードの値を NO に変更しておいて、最終バージョンの共用ライブラリーをロードする準備ができたら、この値を YES に戻すのが最善の方法です。詳しくは、『データベース・マネージャー構成ファイルの更新』 を参照してください。
2. **信頼できる、またはスレッド・セーフのルーチン。** SQL ルーチン (SQL プロシージャーを含む) 以外で、 DB2 ルーチン・ライブラリーが信頼できるルーチンまたはスレッド・セーフ・ルーチンに使用される場合、更新されたバージョンが確実に選び出されるようにする唯一の方法は、コマンド行で db2stop の後に db2start と入力して、DB2 インスタンスをリサイクルすることです。 SQL ルーチンではこれは必要ありません。 SQL ルーチンが再作成される際には、コンパイラーは新しいユニークなライブラリー名を使用して、競合の可能性を回避するからです。

また SQL ルーチン以外のルーチンの場合、ライブラリーに別の名前 (例えば、foo.a を foo.1.a にする) を付けて新規バージョンのルーチンを作成し、その新しいライブラリーで ALTER PROCEDURE または ALTER FUNCTION SQL ステートメントのいずれかを使用すると、キャッシングの問題を避けることができます。

データベース・マネージャー構成ファイルの更新

このファイルには、アプリケーション開発のための重要な設定が収められています。

キーワード KEEPFENCED のデフォルト値は YES です。fenced された、スレッド・セーフではないルーチン (ストアード・プロシージャーと UDF) の場合、ルーチン・プロセスは存続し続けます。こうしたルーチンの開発中はこのキーワードの値を NO に変更しておいて、最終バージョンの共用ライブラリーをロードする準備ができた

ら、この値を YES に戻すのが最善の方法です。詳しくは、 304 ページの『DB2 ルーチンの共用ライブラリーの再構築』 を参照してください。

注: KEEPFENCED は、旧バージョンの DB2 では KEEPDARI という名称でした。

Java アプリケーション開発の場合、Java Development Kit のインストール先のパスを使用して JDK_PATH キーワードを更新する必要があります。

注: JDK_PATH は、旧バージョンの DB2 では JDK11_PATH という名称でした。

この設定を変更するには、次のように入力します。

```
db2 update dbm cfg using <keyword> <value>
```

たとえば、キーワード KEEPFENCED を NO に設定するには、次のようにします。

```
db2 update dbm cfg using KEEPFENCED NO
```

JDK_PATH キーワードをディレクトリー /home/db2inst/jdk13 に設定するには、次のようにします。

```
db2 update dbm cfg using JDK_PATH /home/db2inst/jdk13
```

データベース・マネージャー構成ファイル内の現在の設定を表示するには、以下を入力します。

```
db2 get dbm cfg
```

注: Windows では、このコマンドを DB2 コマンド・ウィンドウに入力する必要があります。

第 7 章 COBOL プロシージャー

COBOL プロシージャーは、 COBOL サブプログラムと似た方法で書き込まれることになっています。

COBOL プロシージャー内でのパラメーターの処理

プロシージャーによって受け入れられる、または渡される各パラメーターは、 LINKAGE SECTION 内で宣言されていなければなりません。例えば、このコード断片は 2 つの IN パラメーター (CHAR(15) と INT) を受け取り、 OUT パラメーター (INT) を渡すプロシージャーから来ています。

```
LINKAGE SECTION.
01  IN-SPERSON    PIC X(15).
01  IN-SQTY       PIC S9(9)  USAGE COMP-5.
01  OUT-SALESSUM  PIC S9(9)  USAGE COMP-5.
```

宣言した COBOL データ・タイプが正しく SQL データ・タイプにマップされるようにします。 SQL と COBOL の間のデータ・タイプ・マッピングの詳細なリストについては、 『COBOL でサポートされる SQL データ・タイプ』を参照してください。

次いで、各パラメーターを PROCEDURE DIVISION にリストしなければなりません。以下に、前の LINKAGE SECTION の例にあるパラメーター定義に対応する PROCEDURE DIVISION の例を示します。

```
PROCEDURE DIVISION USING IN-SPERSON
                         IN-SQTY
                         OUT-SALESSUM.
```

COBOL プロシージャーの終了

プロシージャーを適切に終了するには、次のコマンドを使用します。

```
MOVE SQLZ-HOLD-PROC TO RETURN-CODE.
GOBACK.
```

これらのコマンドを使用して、プロシージャーはクライアント・アプリケーションに正しく戻ります。プロシージャーがローカルの COBOL クライアント・アプリケーションによって呼び出された場合に、これは特に重要です。

COBOL プロシージャーを構築する場合、使用するオペレーティング・システムおよびコンパイラー用に書かれたビルド・スクリプトを使用するよう強くお勧めします。 Micro Focus COBOL 用のビルド・スクリプトは、 sqllib/samples/cobol_mf ディレクトリーにあります。 IBM COBOL 用のビルド・スクリプトは、 sqllib/samples/cobol ディレクトリーにあります。

以下に、2 つの入力パラメーターを受け入れて、出力パラメーターと結果セットを戻す COBOL のプロシージャーの例を示します。

```
IDENTIFICATION DIVISION.
PROGRAM-ID.    "NEWSALE".
DATA DIVISION.

WORKING-STORAGE SECTION.
```

```
01  INSERT-STMT.
    05  FILLER   PIC X(24) VALUE "INSERT INTO SALES (SALES".
    05  FILLER   PIC X(24) VALUE "_PERSON,SALES) VALUES ('".
    05  SPERSON  PIC X(16).
    05  FILLER   PIC X(2) VALUE "',".
    05  SQTY     PIC S9(9).
    05  FILLER   PIC X(1) VALUE ")".
    EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION END-EXEC.
01  INS-SMT-INF.
    05  INS-STMT.
    49  INS-LEN   PIC S9(4) USAGE COMP.
    49  INS-TEXT  PIC X(100).
01  SALESSUM      PIC S9(9)  USAGE COMP-5.
    EXEC SQL END DECLARE SECTION END-EXEC.
    EXEC SQL INCLUDE SQLCA END-EXEC.

LINKAGE SECTION.
01  IN-SPERSON    PIC X(15).
01  IN-SQTY       PIC S9(9)  USAGE COMP-5.
01  OUT-SALESSUM  PIC S9(9)  USAGE COMP-5.

PROCEDURE DIVISION USING IN-SPERSON
                         IN-SQTY
                         OUT-SALESSUM.
MAINLINE.
    MOVE 0 TO SQLCODE.
    PERFORM INSERT-ROW.
    IF SQLCODE IS NOT EQUAL TO 0
       GOBACK
    END-IF.
    PERFORM SELECT-ROWS.
    PERFORM GET-SUM.
    GOBACK.
INSERT-ROW.
    MOVE IN-SPERSON TO SPERSON.
    MOVE IN-SQTY TO SQTY.
    MOVE           INSERT-STMT TO INS-TEXT.
    MOVE LENGTH OF INSERT-STMT TO INS-LEN.
    EXEC SQL EXECUTE IMMEDIATE :INS-STMT END-EXEC.
GET-SUM.
    EXEC SQL
       SELECT SUM(SALES) INTO :SALESSUM FROM SALES
    END-EXEC.
               MOVE SALESSUM TO OUT-SALESSUM.
SELECT-ROWS.
    EXEC SQL
       DECLARE CUR CURSOR WITH RETURN FOR SELECT * FROM SALES
    END-EXEC.
              IF SQLCODE = 0
       EXEC SQL OPEN CUR END-EXEC
    END-IF.
```

このプロシージャーの対応する CREATE PROCEDURE ステートメントは次のとおりです。

```
CREATE PROCEDURE NEWSALE ( IN SALESPERSON CHAR(15),
                           IN SALESQTY INT,
                           OUT SALESSUM INT)
  RESULT SETS 1
  EXTERNAL NAME 'NEWSALE!NEWSALE'
  FENCED
  LANGUAGE COBOL
  PARAMETER STYLE SQL
  MODIFIES SQL DATA
```

上記のステートメントでは、 COBOL 関数は NEWSALE というライブラリー内にあることが前提になっています。

注: COBOL プロシージャーを Windows オペレーティング・システムで登録する場合、 CREATE ステートメントの EXTERNAL NAME 節でストアード・プロシージャー本体を識別するときは以下のように気を付けてください。プロシージャー本体を識別するのに絶対パス ID を使用する場合、 .dll 拡張子を付加する必要があります。以下に例を示します。

```
CREATE PROCEDURE NEWSALE ( IN SALESPERSON CHAR(15),
                           IN SALESQTY INT,
                           OUT SALESSUM INT)
  RESULT SETS 1
  EXTERNAL NAME 'NEWSALE!NEWSALE'
  FENCED
  LANGUAGE COBOL
  PARAMETER STYLE SQL
  MODIFIES SQL DATA
  EXTERNAL NAME 'd:¥mylib¥NEWSALE.dll'
```

COBOL での外部プロシージャー開発のサポート

COBOL で外部プロシージャーを開発するには、サポートされる COBOL 開発ソフトウェアを使用する必要があります。

COBOL でのデータベース・アプリケーション開発の場合にサポートされている開発ソフトウェアはすべて、COBOL での外部プロシージャーの開発にも使用できます。

COBOL 組み込み SQL アプリケーションでサポートされている SQL データ・タイプ

特定の事前定義 COBOL データ・タイプは、DB2 データベースの列タイプに対応しています。ホスト変数として宣言できるのは、その種の COBOL データ・タイプだけです。

以下の表に、各列タイプに対応する COBOL データ・タイプを示します。プリコンパイラーはホスト変数宣言を検出すると、該当する SQL タイプの値を判別します。データベース・マネージャーはこの値を使用して、アプリケーションとの間でやり取りするデータを変換します。

ホスト変数のすべての有効なデータ記述が認識されるわけではありません。COBOL データ項目は、以下の表に示す項目と一致していなければなりません。別のデータ項目を使用すると、エラーになる場合があります。

表 38. COBOL 宣言にマップされる SQL データ・タイプ

SQL 列タイプ[1]	COBOL データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
SMALLINT (500 または 501)	01 name PIC S9(4) COMP-5	16 ビットの符号付き整数
INTEGER(496 または 497)	01 name PIC S9(9) COMP-5	32 ビットの符号付き整数

表 38. COBOL 宣言にマップされる SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列タイプ[1]	COBOL データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
BIGINT (492 または 493)	01 name PIC S9(18) COMP-5	64 ビットの符号付き整数
DECIMAL(*p*,*s*) (484 または 485)	01 name PIC S9(*m*)V9(*n*) COMP-3	パック 10 進数
REAL[2] (480 または 481)	01 name USAGE IS COMP-1	単精度浮動小数点
DOUBLE[3] (480 または 481)	01 name USAGE IS COMP-2	倍精度浮動小数点
CHAR(*n*) (452 または 453)	01 name PIC X(*n*)	固定長文字ストリング
VARCHAR(*n*) (448 または 449)	01 name 49 length PIC S9(4) COMP-5 49 name PIC X(*n*) 1<=*n*<=32 672	可変長文字ストリング
LONG VARCHAR (456 または 457)	01 name 49 length PIC S9(4) COMP-5 49 data PIC X(*n*) 32 673<=*n*<=32 700	long 可変長文字ストリング
CLOB(*n*) (408 または 409)	01 MY-CLOB USAGE IS SQL TYPE IS CLOB(n) 1<=*n*<=2 147 483 647	ラージ・オブジェクト可変長文字ストリング
CLOB ロケーター変数[4] (964 または 965)	01 MY-CLOB-LOCATOR USAGE IS SQL TYPE IS CLOB-LOCATOR	サーバー上の CLOB エンティティーを識別する
CLOB ファイル参照変数[4] (920 または 921)	01 MY-CLOB-FILE USAGE IS SQL TYPE IS CLOB-FILE	CLOB データを含むファイルの記述子
BLOB(*n*) (404 または 405)	01 MY-BLOB USAGE IS SQL TYPE IS BLOB(n) 1<=*n*<=2 147 483 647	ラージ・オブジェクト可変長バイナリー・ストリング
BLOB ロケーター変数[4] (960 または 961)	01 MY-BLOB-LOCATOR USAGE IS SQL TYPE IS BLOB-LOCATOR	サーバー上の BLOB エンティティーを識別する
BLOB ファイル参照変数[4] (916 または 917)	01 MY-BLOB-FILE USAGE IS SQL TYPE IS BLOB-FILE.	BLOB データを含むファイルの記述子

表 38. COBOL 宣言にマップされる SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列タイプ[1]	COBOL データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
DATE (384 または 385)	01 identifier PIC X(10)	10 バイトの文字ストリング
TIME (388 または 389)	01 identifier PIC X(8)	8 バイトの文字ストリング
TIMESTAMP (392 または 393)	01 identifier PIC X(26)	26 バイトの文字ストリング
XML[5] (988 または 989)	01 name USAGE IS SQL TYPE IS XML AS CLOB (size).	XML 値

以下のデータ・タイプは、DBCS 環境でのみ使用可能です。

表 39. COBOL 宣言にマップされる SQL データ・タイプ

SQL 列タイプ[1]	COBOL データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
GRAPHIC(*n*) (468 または 469)	01 name PIC G(*n*) DISPLAY-1	固定長 2 バイト文字ストリング
VARGRAPHIC(*n*) (464 または 465)	01 name 49 length PIC S9(4) COMP-5 49 name PIC G(*n*) DISPLAY-1 1<=*n*<=16 336	2 バイトのストリング長標識を持つ、可変長 2 バイト文字ストリング
LONG VARGRAPHIC (472 または 473)	01 name 49 length PIC S9(4) COMP-5 49 name PIC G(*n*) DISPLAY-1 16 337<=*n*<=16 350	2 バイトのストリング長標識を持つ、可変長 2 バイト文字ストリング
DBCLOB(*n*) (412 または 413)	01 MY-DBCLOB USAGE IS SQL TYPE IS DBCLOB(n) 1<=*n*<=1 073 741 823	4 バイトのストリング長標識を持つ、ラージ・オブジェクト可変長 2 バイト文字ストリング
DBCLOB ロケーター変数[4] (968 または 969)	01 MY-DBCLOB-LOCATOR USAGE IS SQL TYPE IS DBCLOB-LOCATOR	サーバー上の DBCLOB エンティティーを識別する
DBCLOB ファイル参照変数[4] (924 または 925)	01 MY-DBCLOB-FILE USAGE IS SQL TYPE IS DBCLOB-FILE	DBCLOB データを含むファイルの記述子

表 39. COBOL 宣言にマップされる SQL データ・タイプ (続き)

SQL 列タイプ[1]	COBOL データ・タイプ	SQL 列タイプ記述

注:

1. **SQL 列タイプ**の欄にある最初の番号は、標識変数が提供されていないこと、2 番目の番号は標識変数が提供されていることを示します。標識変数は、NULL 値を示したり、切り捨てられたストリングの長さを保持するのに必要です。これらの値は、それぞれのデータ・タイプの SQLDA の SQLTYPE フィールドに現れます。
2. FLOAT(*n*)。ここで 0 < *n* < 25 の場合、REAL と同義。 SQLDA での REAL と DOUBLE の違いは長さの値です (4 または 8)。
3. 以下の SQL タイプは、DOUBLE と同義です。
   - FLOAT
   - FLOAT(*n*) (24 < *n* < 54) は DOUBLE と同義。
   - DOUBLE PRECISION
4. これは列タイプではなく、ホスト変数タイプである。
5. SQL_TYP_XML/SQL_TYP_NXML 値は、DESCRIBE 要求によってのみ戻されます。アプリケーション・リソースを XML 値にバインドするために、アプリケーションが直接この値を使用することはできません。

サポートされる COBOL データ・タイプについては、さらに次の規則があります。

- PIC S9 と COMP-3/COMP-5 が明示されている場合、これらは必須です。
- VARCHAR、LONG VARCHAR、VARGRAPHIC、LONG VARGRAPHIC、すべての LOB 変数タイプ以外の列タイプについては、レベル番号として 01 の代わりに 77 を使用できます。
- DECIMAL(p,s) 列タイプのホスト変数を宣言する際には、以下の規則を使用します。以下のサンプルを参照してください。

  ```
  01 identifier PIC S9(m)V9(n) COMP-3
  ```

  – 小数点の表記に V を使用します。
  – *n* と *m* の値は 1 以上でなければなりません。
  – *n* + *m* の値は 31 以下でなければなりません。
  – *s* の値は *n* の値と等しくなります。
  – *p* の値は *n* + *m* の値と等しくなります。
  – 反復因数 *(n)* と *(m)* はオプションです。以下の例はすべて有効です。

  ```
  01 identifier PIC S9(3)V COMP-3
  01 identifier PIC SV9(3) COMP-3
  01 identifier PIC S9V COMP-3
  01 identifier PIC SV9 COMP-3
  ```

  – COMP-3 の代わりに PACKED-DECIMAL を使用できます。
- 配列は、COBOL プリコンパイラーではサポートされていません。

COBOL ルーチンのビルド

COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

AIX IBM COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、`bldrtn` ビルド・スクリプトに示されているように、AIX 上で IBM COBOL for AIX コンパイラーを使用して、COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

cob2 IBM COBOL for AIX コンパイラー。

-qpgmname¥(mixed¥)
コンパイラーに、大/小文字混合の名前を持つライブラリーのエントリー・ポイントの CALL を許可するように指示します。

-qlib コンパイラーに COPY ステートメントを処理するように指示します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。

-I$DB2PATH/include/cobol_a
DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/include/cobol_a。

リンク・オプション:

cob2 コンパイラーを使用してリンク・エディットします。

-o $1 出力を、共用ライブラリー・ファイルとして指定します。

$1.o ストアード・プロシージャー・オブジェクト・ファイルを指定します。

checkerr.o
エラー・チェック用のユーティリティー・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

-bnoentry
共用ライブラリーへのデフォルトのエントリー・ポイントを指定しません。

-bE:$1.exp
エクスポート・ファイルを指定します。エクスポート・ファイルには、ストアード・プロシージャーのリストが含まれています。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/lib32 のように指定します。

-ldb2 データベース・マネージャー・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

AIX Micro Focus COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、AIX 上で Micro Focus COBOL コンパイラーを使用して、COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。 DB2 MicroFocus COBOL 組み込みファイルは、COBCPY 環境変数をセットアップすることによって検出されます。したがって、コンパイルのステップで -I フラグは必要ありません。この例は、bldapp スクリプトを参照してください。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション: **cob** MicroFocus COBOL コンパイラー。 **-c** コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。コンパイルとリンクは別個のステップです。 **$EXTRA_COBOL_FLAG="-C MFSYNC"** 64 ビット・サポートを使用可能にします。 **-x** -c オプションと一緒に使用すると、オブジェクト・モジュールへとコンパイルします。
リンク・オプション: **cob** コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。 **-x** 共用ライブラリーを作成します。 **-o $1** 実行可能プログラムを指定します。 **$1.o** プログラム・オブジェクト・ファイルを指定します。 **-L$DB2PATH/$LIB** DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/lib32 のように指定します。 **-ldb2** DB2 ライブラリーとリンクします。 **-ldb2gmf** Micro Focus COBOL 用 DB2 例外ハンドラー・ライブラリーとリンクします。 他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

HP-UX Micro Focus COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、HP-UX 上で Micro Focus COBOL コンパイラーを使用して、COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション: **cob** COBOL コンパイラー。 **$EXTRA_COBOL_FLAG** HP-UX プラットフォームが IA64 で、64 ビット・サポートが有効な場合は、″-C MFSYNC″ が入ります。

リンク・オプション:

-y 目的の出力が共用ライブラリーであることを指定します。

-o $1 実行可能ファイルを指定します。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。

-ldb2 DB2 共用ライブラリーにリンクします。

-ldb2gmf
Micro Focus COBOL 用 DB2 例外ハンドラー・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Solaris Micro Focus COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、Solaris 上で Micro Focus COBOL コンパイラーを使用して、COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

cob COBOL コンパイラー。

-cx オブジェクト・モジュールにコンパイルします。

$EXTRA_COBOL_FLAG
64 ビット・サポート用には、値 ″-C MFSYNC″ を入れます。その他の場合には、値を入れません。

リンク・オプション:

cob コンパイラーをリンカーのフロントエンドとして使用します。

-y 必要なものを完備したスタンドアロン共用ライブラリーを作成します。

-o $1 実行可能プログラムを指定します。

$1.o プログラム・オブジェクト・ファイルを指定します。

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。たとえば、$HOME/sqllib/lib64。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-ldb2gmf
Micro Focus COBOL 用 DB2 例外ハンドラー・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Linux Micro Focus COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn ビルド・スクリプトに示されているように、Linux 上で Micro Focus COBOL コンパイラーを使用して、COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイルおよびリンクのオプション:

cob COBOL コンパイラー

$EXTRA_COBOL_FLAG
64 ビット・サポート用には、値 ″-C MFSYNC″ を入れます。その他の場合には、値を入れません。

-y 内蔵タイプの呼び出し可能共有オブジェクトにコンパイルすることを指定します。

-o $1 実行可能ファイルを指定します。

$1.cbl ソース・ファイルを指定します

-L$DB2PATH/$LIB
DB2 ランタイム共用ライブラリーのロケーションを指定します。

-ldb2 DB2 ライブラリーとリンクします。

-ldb2gmf
Micro Focus COBOL 用 DB2 例外ハンドラー・ライブラリーとリンクします。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Windows IBM COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、bldrtn.bat バッチ・ファイルに示されているように、 Windows 上で IBM VisualAge COBOL コンパイラーを使用して、 COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション:

cob2 IBM VisualAge COBOL コンパイラー。

-qpgmname(mixed)
コンパイラーに、大/小文字混合の名前を持つライブラリーのエントリー・ポイントの CALL を許可するように指示します。

-c コンパイルのみを実行し、リンクは実行しません。このバッチ・ファイルでは、コンパイルとリンクは別個のステップです。

-qlib コンパイラーに COPY ステートメントを処理するように指示します。

-I*path* DB2 組み込みファイルのロケーションを指定します。例えば、`-I"%DB2PATH %¥include¥cobol_a"`。

%EXTRA_COMPFLAG%
`"set IBMCOB_PRECOMP=true"` がコメント化されていない場合、IBM COBOL プリコンパイラーを使用して組み込み SQL がプリコンパイルされます。入力パラメーターに応じて、以下のいずれかの公式で呼び出されます。

-q"SQL('database sample CALL_RESOLUTION DEFERRED')"
デフォルトのサンプル・データベースを使用してプリコンパイルし、呼び出し解決を据え置きます。

-q"SQL('database %2 CALL_RESOLUTION DEFERRED')"
ユーザー指定のデータベースを使用してプリコンパイルし、呼び出し解決を据え置きます。

リンク・オプション:

ilink IBM VisualAge COBOL リンカーを使用します。

/free 自由書式。

/nol ロゴなし。

/dll DLL をソース・プログラム名を使用して作成します。

db2api.lib
DB2 ライブラリーとリンクします。

%1.exp エクスポート・ファイルを組み込みます。

%1.obj プログラム・オブジェクト・ファイルを組み込みます。

iwzrwin3.obj
IBM VisualAge COBOL が提供するオブジェクト・ファイルを組み込みます。

他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

Windows Micro Focus COBOL ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

以下は、`bldrtn.bat` バッチ・ファイルに示されているように、 Windows 上で Micro Focus COBOL コンパイラーを使用して、 COBOL ルーチン (ストアード・プロシージャーとユーザー定義関数) を構築するのにお勧めするコンパイルとリンクのオプションです。

bldrtn のコンパイルとリンクのオプション

コンパイル・オプション: **cobol** Micro Focus COBOL コンパイラー。 **/case** 外部シンボルが大文字に変換されないようにします。
リンク・オプション: **cbllink** リンク・エディットのために Micro Focus COBOL リンカーを使用します。 **/d** .DLL ファイルを作成します。 **db2api.lib** DB2 API ライブラリーとリンクします。 他のコンパイラー・オプションについては、コンパイラーの資料をご覧ください。

AIX での IBM COBOL ルーチンの構築

DB2 には、COBOL 組み込み SQL と DB2 管理 API プログラムをコンパイルしてリンクするためのビルド・スクリプトが用意されていて、このファイルを使用して構築できるサンプル・プログラムと一緒に sqllib/samples/cobol ディレクトリーに置かれています。

sqllib/samples/cobol にあるスクリプト・ファイル bldrtn には、ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するためのコマンドが入っています。このスクリプトは、クライアント・アプリケーションから呼び出せるルーチンを共用ライブラリーの中でコンパイルします。

第 1 パラメーター $1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。 第 2 パラメーター $2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。共用ライブラリーは、データベースが置かれているのと同じインスタンス上に作成する必要があるため、ユーザー ID やパスワードを指定するパラメーターはありません。

最初のパラメーター (ソース・ファイル名) だけが、必須です。スクリプトは、ソース・ファイル名 $1 を共用ライブラリー名として使用します。データベース名は任意で指定します。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。

サンプル・データベースに接続して、ソース・ファイル outsrv.sqb からサンプル・プログラム outsrv を構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn outsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も含めます。

```
bldrtn outsrv database
```

スクリプト・ファイルは、共用ライブラリーをサーバー上の sqllib/function というパスにコピーします。

ルーチンの共用ライブラリー outsrv を構築し終わったら、クライアント・アプリケーション outcli を構築することができます。これは、ライブラリー内のルーチンを呼び出すアプリケーションです。 outcli は、スクリプト・ファイル bldapp を使用して構築することができます。

ルーチンを呼び出すには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

```
outcli database userid password
```

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。 名前は、sample またはそのリモート別名、あるいはその他の名前にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは共用ライブラリー outsrv にアクセスし、同一名のルーチンをサーバー・データベース上で実行します。この出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

UNIX Micro Focus COBOL ルーチンの構築

DB2 には、 Micro Focus COBOL 組み込み SQL と DB2 API プログラムをコンパイルしてリンクするためのビルド・スクリプトが用意されていて、このファイルを使用して構築できるサンプル・プログラムと一緒に sqllib/samples/cobol_mf ディレクトリーに置かれています。

スクリプト bldrtn には、ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するためのコマンドが入っています。このスクリプトは、クライアント・アプリケーションから呼び出せるルーチンのソース・ファイルを共用ライブラリーの中でコンパイルします。

第 1 パラメーター $1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。スクリプトは、そのソース・ファイル名を共用ライブラリー名として使用します。 第 2 パラメーター $2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。共用ライブラリーは、データベースが置かれているのと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID やパスワードを指定するパラメーターはありません。

最初のパラメーター (ソース・ファイル名) だけが、必須です。データベース名は任意で指定します。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。

Micro Focus COBOL ルーチンをビルドする場合は、事前に以下のコマンドを実行する必要があります。

```
db2stop
db2set DB2LIBPATH=$LD_LIBRARY_PATH
db2set DB2ENVLIST="COBDIR LD_LIBRARY_PATH"
db2set
db2start
```

db2stop がデータベースを確実に停止するようにしてください。最後の db2set コマンドが設定値をチェックするために出されます。 DB2LIBPATH および DB2ENVLIST が正しく設定されるようにしてください。

サンプル・データベースに接続している場合、ソース・ファイル outsrv.sqb からサンプル・プログラム outsrv を構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn outsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

```
bldrtn outsrv database
```

スクリプト・ファイルは、共用ライブラリーをサーバー上の sqllib/function というパスにコピーします。

ストアード・プロシージャー outsrv を構築してしまえば、そのストアード・プロシージャーを呼び出すクライアント・アプリケーション outcli を構築できます。outcli は、スクリプト・ファイル bldapp を使用して構築することができます。

ストアード・プロシージャーを呼び出すためには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

```
outcli database userid password
```

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。名前は、sample かその別名、またはその他の名前にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは共用ライブラリー outsrv にアクセスし、サーバー・データベース上の同じ名前のストアード・プロシージャー関数を実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

Windows での IBM COBOL ルーチンの構築

DB2 には、 IBM COBOL の DB2 API と組み込み SQL プログラムをコンパイルおよびリンクするためのビルド・スクリプトが用意されています。このファイルを使用して構築できるサンプル・プログラムと一緒に sqllib¥samples¥cobol ディレクトリーに置かれています。

DB2 は、Windows での IBM COBOL アプリケーションの構築用に、 DB2 プリコンパイラーと IBM COBOL プリコンパイラーの 2 種類のプリコンパイラーをサポートします。デフォルトは DB2 プリコンパイラーです。使用するバッチ・ファイルの該当する行のコメントを外すことにより、 IBM COBOL プリコンパイラーを選択できます。 IBM COBOL でのプリコンパイルは、特定のプリコンパイル・オプションを使用して、コンパイラー単体で実行できます。

バッチ・ファイル bldrtn.bat には、組み込み SQL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するためのコマンドが入っています。このバッチ・ファイルは、サーバー上の DLL 内でルーチンをコンパイルします。これは 2 個のパラメーターをとります。それらは、バッチ・ファイル内では変数 %1 と %2 で表されます。

最初のパラメーター %1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。バッチ・ファイルでは、ソース・ファイル名 %1 を DLL 名に使用します。 第 2 パラメーター %2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。ストアード・プロシージャーは、データベースが置かれているのと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID やパスワードを指定するパラメーターはありません。

最初のパラメーター (ソース・ファイル名) だけが、必須です。データベース名は任意で指定します。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。

デフォルトの DB2 プリコンパイラーを使用している場合、bldrtn.bat は、プリコンパイルおよびバインドのファイル embprep.bat にパラメーターを渡します。

IBM COBOL プリコンパイラーを使用している場合、 bldrtn.bat は .sqb ソース・ファイルを .cbl ソース・ファイルにコピーします。コンパイラーは .cbl ソース・ファイルに対して特定のプリコンパイル・オプションを使用して、プリコンパイルを実行します。

サンプル・データベースに接続して、ソース・ファイル outsrv.sqb からサンプル・プログラム outsrv を構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn outsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も含めます。

```
bldrtn outsrv database
```

バッチ・ファイルは、 DLL をサーバー上の sqllib¥function というパスにコピーします。

DLL outsrv の構築が完了したなら、DLL 内のルーチン (DLL と同名) を呼び出すクライアント・アプリケーション outcli を構築することができます。 outcli は、bldapp.bat バッチ・ファイルを使用して構築することができます。

outsrv ルーチンを呼び出すには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

```
outcli database userid password
```

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。 名前は、sample またはそのリモート別名、あるいはその他の名前にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは DLL outsrv にアクセスし、同一名のルーチンをサーバー・データベース上で実行します。この出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

Windows での Micro Focus COBOL ルーチンの構築

DB2 には、Micro Focus COBOL の DB2 API と組み込み SQL プログラムをコンパイルおよびリンクするためのビルド・スクリプトが用意されています。このファイルを使用して構築できるサンプル・プログラムと一緒に sqllib¥samples¥cobol_mf ディレクトリーに置かれています。

バッチ・ファイル bldrtn.bat には、組み込み SQL ルーチン (ストアード・プロシージャー) を構築するためのコマンドが入っています。このバッチ・ファイルは、サーバー上の DLL 内でルーチンをコンパイルします。このバッチ・ファイルは 2 個のパラメーターをとります。それらは、バッチ・ファイル内では変数 %1 と %2 で表されます。

最初のパラメーター %1 には、ソース・ファイルの名前を指定します。バッチ・ファイルでは、ソース・ファイル名 %1 を DLL 名に使用します。 第 2 パラメーター %2 には、接続先のデータベースの名前を指定します。ストアード・プロシージャーは、データベースが置かれているのと同じインスタンス上で構築する必要があるため、ユーザー ID やパスワードを指定するパラメーターはありません。

最初のパラメーター (ソース・ファイル名) だけが、必須です。データベース名は任意で指定します。データベース名を指定しない場合は、プログラムはデフォルトの sample データベースを使用します。

サンプル・データベースに接続している場合、ソース・ファイル outsrv.sqb からサンプル・プログラム outsrv を構築するには、次のように入力します。

```
bldrtn outsrv
```

他のデータベースに接続しているときは、さらにデータベース名も入力します。

```
bldrtn outsrv database
```

スクリプト・ファイルは、 DLL をサーバー上の sqllib/function というパスにコピーします。

DLL outsrv の構築が完了したなら、DLL 内のルーチン (DLL と同名) を呼び出すクライアント・アプリケーション outcli を構築できます。 outcli は、bldapp.bat バッチ・ファイルを使用して構築することができます。

outsrv ルーチンを呼び出すには、次のように入力してサンプル・クライアント・アプリケーションを実行します。

```
outcli database userid password
```

ここで、

database
接続先のデータベースの名前です。名前は、sample かその別名、またはその他の名前にすることができます。

userid 有効なユーザー ID です。

password
ユーザー ID の有効なパスワードです。

クライアント・アプリケーションは DLL `outsrv` にアクセスします。これは、同一名のルーチンをサーバー・データベース上で実行します。出力は、クライアント・アプリケーションに戻されます。

第 8 章 Java ルーチン

Java ルーチンは、Java プログラミング言語インプリメンテーションを持つ外部ルーチンです。 Java ルーチンは、CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントを実行することによって、データベースに作成されます。このステートメントは、LANGUAGE JAVA 節を使って Java でルーチンをインプリメントすることを指定するものでなければなりません。また、EXTERNAL 節を使用して、それをインプリメントする Java クラスを指定する必要もあります。

外部プロシージャー、関数、およびメソッドは、Java で作成することができます。

Java ルーチンは SQL ステートメントを実行できます。

Java ルーチンのコンテキストで重要な用語は、以下のとおりです。

JDBC
データベースのデータにアクセスするためのアプリケーション・プログラミング・インターフェースの一種で、動的 SQL 実行をサポートする。

SQLJ データベースのデータにアクセスするためのアプリケーション・プログラミング・インターフェースの一種で、動的および静的 SQL 実行をサポートする。

CREATE ステートメント
データベース内にルーチンを作成するために使用される SQL 言語の CREATE ステートメント。

ルーチン本体のソース・コード
Java ルーチン・インプリメンテーションを含むソース・コード・ファイル。 Java ルーチンは、JDBC または SQLJ アプリケーション・プログラミング・インターフェースのいずれかを使って、データベースにアクセスできます。

JDBC
Java コードの動的 SQL ステートメントの実行に対するサポートを提供するアプリケーション・プログラミング・インターフェース。

SQLJ Java コードの静的 SQL ステートメントの実行に対するサポートを提供するアプリケーション・プログラミング・インターフェース。

SDK for Java
Java ソース・コードのコンパイルに必要なために提供されている Software Development Kit for Java。

ルーチン・クラス
コンパイルされた形式の Java ルーチン・ソース・コードが含まれる Java ソース・コード・ファイル。 Java クラス・ファイルはその独自のものが存在する場合もあれば、 JAR ファイル内の Java クラス・ファイルの集合の 1 つである場合もあります。

Java ルーチンを開発するには、ルーチンの基本と、Java ルーチンに固有のフィーチャーをあらかじめ理解しておくことが重要です。 JDBC または SQLJ のいずれかを使った Java データベース・アプリケーション開発について理解しておくことも重要です。これらのテーマについてより理解を深めるには、以下のトピックを参照してください。

- 128 ページの『外部ルーチンの作成』
- 「*Java アプリケーションの開発*」の 『DB2 用の Java アプリケーション開発』

サポートされる Java ルーチン開発ソフトウェア

Java で外部ルーチンを開発してデプロイするには、サポートされる Java 開発ソフトウェアを使用する必要があります。

Java ルーチン開発のため Software Development Kit (SDK) のうち、サポートされている最小のバージョンは、次のとおりです。

- IBM SDK for Java 1.4.2

Java ルーチン開発のため SDK のうち、サポートされている最大のバージョンは、次のとおりです。

- IBM SDK for Java 5

DB2 Database for Linux, UNIX, and Windows 製品によってインストールされる SDK for Java を使用することをお勧めします。代わりの SDK for Java を指定することもできますが、その SDK は DB2 インスタンスと同じビット幅でなければなりません。

Java での DB2 データベース・アプリケーション開発のためにサポートされるこれ以外の開発ソフトウェアはすべて、 Java での外部ルーチン開発に使用できます。

Java ルーチンでの JDBC および SQLJ アプリケーション・プログラミング・インターフェースのサポート

Java で作成された外部ルーチンは、以下のアプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) で使用できます。

- JDBC
- SQLJ

DB2 バージョン 9.5 以降、IBM Data Server Driver for JDBC and SQLJ がデフォルトのドライバーとなりました。これは JDBC と SQLJ API の両方をサポートしており、外部 Java ルーチンの開発に使用することができます。

IBM Data Server Type 2 Driver も Java ルーチンの開発に使用できますが、JDBC Type 2 しかサポートしていません。 IBM Data Server Type 2 Driver は推奨されていないため、IBM Data Server Driver for JDBC and SQLJ を使用することを強くお勧めします。

Java ルーチンのインプリメントのための手順は、使用する API またはドライバーにかかわらず同じです。

SDK for Java ルーチン開発の仕様 (UNIX)

UNIX 環境で Java ルーチン・コードを作成して実行するために、DB2 データベース・マネージャー構成パラメーター JDK_PATH を、DB2 データベース・サーバー上にインストールされた SDK for Java のパスに設定する必要があります。 DB2 Database for Linux, UNIX, and Windows 製品のインストール・プロセスが SDK for Java をインストールする場合、デフォルトで、JDK_PATH パラメーターはその SDK for Java のパスに設定されます。

- `$INSTDIR/sqllib/java/jdk32` Linux on x86 環境にインストールされた DB2 データベース・サーバーの場合
- `$INSTDIR/sqllib/java/jdk64` その他のすべての環境にインストールされた SDK を備えた DB2 データベース・サーバーの場合

JDK_PATH パラメーター値は、コンピューター上にインストールされた別の SDK for Java を指定するように変更できますが、SDK は DB2 インスタンスと同じビット幅でなければなりません。

前提条件

- ユーザーは DB2 データベース・サーバーにアクセスする必要があります。
- ユーザーはデータベース・マネージャー構成ファイルの読み取りおよび更新権限を持っている必要があります。
- ユーザーは、DB2 インスタンスがインストールされたファイル・システムで SDK for Java をインストールする権限を持っている必要があります。

手順

1. 以下のコマンドを DB2 コマンド・ウィンドウから発行して、JDK_PATH パラメーター値を調べます。

   ```
   db2 get dbm cfg
   ```

   出力をファイルにリダイレクトすれば、一層容易に表示できます。 JDK_PATH パラメーター値は、出力の先頭近くに表示されます。
2. 別の SDK for Java を使用する場合、それを DB2 データベース・サーバー上にインストールし、インストール・パスをメモします。インストール・パスの値は次のステップで必要になります。
3. 以下のコマンドを DB2 コマンド・ウィンドウから発行して、JDK_PATH パラメーター値を更新します。 `<path>` はもう一方の SDK for Java がインストールされているパスです。

   ```
   db2 update dbm cfg using JDK_PATH <path>
   ```
4. 以下の DB2 コマンドを DB2 コマンド・ウィンドウから発行して、DB2 インスタンスを停止して、再始動します。

   ```
   db2stop;

   db2start;
   ```
5. 以下のコマンドを DB2 コマンド・ウィンドウから発行して、JDK_PATH パラメーター値が正しく設定されていることを確認します。

   ```
   db2 get dbm cfg
   ```

これらのステップが完了したなら、指定された SDK for Java が Java ルーチンの作成および実行に使用されます。環境内の CLASSPATH、PATH、および LIBPATH 環境変数は自動的に設定されます。

Java ルーチン用のドライバーの指定

Java ルーチンの開発および呼び出しには、JDBC または SQLJ ドライバーを指定する必要があります。Java ルーチンは、以下の 2 つのドライバーのいずれかを使用することができます。

- IBM Data Server Driver for JDBC and SQLJ
- DB2 Type 2 Driver

デフォルトでは、DB2 は、IBM Data Server Driver for JDBC and SQLJ を使用します。このドライバーが望ましい理由は、このドライバーがより強じんである上に、DB2 Type 2 Driver が使用すべきでないドライバーとされていること、さらに、このドライバーが Java ルーチンで以下のものが使用されている場合の前提条件であることが挙げられます。

- データ・タイプ XML のパラメーター
- データ・タイプ XML の変数
- XML データへの参照
- XML 関数への参照
- 他の任意のネイティブ XML フィーチャー

既存の Java ルーチンをマイグレーションするときに問題が発生する場合、DB2_USE_DB2JCCT2_JROUTINE DB2 環境変数を値 NO に設定することにより、レガシー IBM DB2 Type 2 Driver を使用することができます。設定するには、以下のコマンドを DB2 コマンド・ウィンドウから発行します。

```
db2set DB2_USE_DB2JCCT2_JROUTINE=NO
```

このコマンドの発行後、DB2 インスタンスをいったん停止してから再始動し、変更内容を有効化する必要があります。

Java (JDBC および SQLJ) ルーチン開発のためのツール

ツールの使用により Java ルーチン開発を短時間で容易に行うことができます。以下の DB2 ツールは、Java ルーチンの開発、デバッグ、およびデプロイのためのグラフィカル・ユーザー・インターフェース・サポートを提供します。

- IBM Data Studio

以下のコマンド行インターフェースを、Java ルーチンの開発、デバッグ、およびデプロイに使用することもできます。

- DB2 コマンド行プロセッサー
- DB2 コマンド・ウィンドウ

その他の IBM ソフトウェア製品により、以下のような Java ルーチン開発のためのグラフィック・ツールが提供されています。

- IBM Rational Application Developer

- 分散統一デバッガー

Java ルーチンの設計

Java ルーチンの設計は、Java ルーチンを作成する前に行うべき作業です。 Java ルーチンの設計は、他のプログラミング言語でインプリメントされる外部ルーチンの設計と、Java データベース・アプリケーションの設計の両方に関連します。

組み込み SQL アプリケーション開発に関する知識と経験、および外部ルーチンに関する一般的な知識。以下のトピックは、必要な前提条件に関する情報の一部を提供しています。

外部ルーチンのフィーチャーおよび使用方法の詳細については、以下を参照してください。

- 25 ページの『外部ルーチンのインプリメンテーション』

JDBC または SQLJ のアプリケーション・プログラミング・インターフェースを使用して基本の Java アプリケーションをプログラムする方法について詳しくは、以下を参照してください。

- 「*Java アプリケーションの開発*」内の『簡単な JDBC アプリケーションの例』
- 「*Java アプリケーションの開発*」内の『簡単な SQLJ アプリケーションの例』

すでに前提知識がある場合、Java ルーチンの設計には、主に Java ルーチンの固有のフィーチャーおよび特性について習得することが関係しています。

- 『Java ルーチンでサポートされている SQL データ・タイプ』
- 332 ページの『Java ルーチンのパラメーター』
- 332 ページの『パラメーター・スタイル JAVA プロシージャー』
- 334 ページの『PARAMETER STYLE JAVA の Java 関数およびメソッド』
- 345 ページの『JDBC プロシージャーからの結果セットの戻り』
- 345 ページの『SQLJ プロシージャーからの結果セットの戻り』
- 349 ページの『Java ルーチンに関する制約事項』
- 154 ページの『Java の表関数実行モデル』

Java の特性について理解した後、以下を参照することができます。

- 352 ページの『コマンド行からの Java ルーチンの作成』

Java ルーチンでサポートされている SQL データ・タイプ

JDBC および SQLJ のアプリケーション・プログラミング・インターフェース仕様に従って SQL データ・タイプ値を保管するときは、Java プログラミング言語データ・タイプを Java ソース・コードで使用する必要があります。 DB2 Driver for JDBC and SQLJ は、特定のデータ・タイプ・マッピングに従って、Java ソース・コードと DB2 データベースの間でやり取りされるデータを変換します。

データ・マッピングが有効なのは、以下のものに対してです。

- Java データベース・アプリケーション

- PARAMETER STYLE JAVA を使用して定義およびインプリメントされた Java ルーチン

SQL データ・タイプにマップされる Java データ・タイプは次のとおりです。

表 40. Java 宣言にマップされる SQL データ・タイプ

SQL 列名	Java データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
SMALLINT (500 または 501)	short、boolean	16 ビットの符号付き整数
INTEGER(496 または 497)	int	32 ビットの符号付き整数
BIGINT [1] (492 または 493)	long	64 ビットの符号付き整数
REAL(480 または 481)	float	単精度浮動小数点
DOUBLE (480 または 481)	double	倍精度浮動小数点
DECIMAL(*p*,*s*) (484 または 485)	java.math.BigDecimal	パック 10 進数
CHAR(*n*) (452 または 453)	java.lang.String	長さが *n* の固定長文字ストリング (*n* の範囲は 1 から 254 まで)
CHAR(*n*) FOR BIT DATA	byte[]	長さが *n* の固定長文字ストリング (*n* の範囲は 1 から 254 まで)
VARCHAR(*n*) (448 または 449)	java.lang.String	可変長文字ストリング
VARCHAR(*n*) FOR BIT DATA	byte[]	可変長文字ストリング
LONG VARCHAR(456 または 457)	java.lang.String	long 可変長文字ストリング
LONG VARCHARFOR BIT DATA	byte[]	long 可変長文字ストリング
BLOB(*n*) (404 または 405)	java.sql.Blob	ラージ・オブジェクト可変長バイナリー・ストリング
CLOB(*n*)(408 または 409)	java.sql.Clob	ラージ・オブジェクト可変長文字ストリング
DBCLOB(*n*) (412 または 413)	java.sql.Clob	ラージ・オブジェクト可変長 2 バイト文字ストリング
DATE (384 または 385)	java.sql.Date	10 バイトの文字ストリング

表 40. *Java* 宣言にマップされる *SQL* データ・タイプ *(続き)*

SQL 列名	Java データ・タイプ	SQL 列タイプ記述
TIME (388 または 389)	java.sql.Time	8 バイトの文字ストリング
TIMESTAMP (392 または 393)	java.sql.Timestamp	26 バイトの文字ストリング
GRAPHIC(*n*) (468 または 469)	java.lang.String	固定長 2 バイト文字ストリング
VARGRAPHIC(*n*) (464 または 465)	java.lang.String	NULL 終了ではない可変長 2 バイト文字ストリング (2 バイトのストリング長指定子を含む)
LONGVARGRAPHIC (472 または 473)	java.lang.String	NULL 終了ではない可変長 2 バイト文字ストリング (2 バイトのストリング長指定子を含む)
XML(*n*) (408 または 409)	java.sql.Clob	XML データ・タイプは、CLOB データ・タイプと同じ方法で表されます。つまり、ラージ・オブジェクトの可変長文字ストリングとして表されます。
ARRAY	java.sql.Array	SQL データの配列。

注:

1. DB2 Universal Database バージョン 8.1 クライアントから DB2 Universal Database バージョン 7.1 (または 7.2) サーバーに接続している Java アプリケーションでは、以下のことに注意してください。 BIGINT 値の検索に getObject() 方式が使用された場合、java.math.BigDecimal オブジェクトが返されます。
2. SQL 配列データ・タイプのパラメーターはクラス com.ibm.db2.ARRAY にマップされます。
3. LONG VARCHAR、LONG VARGRAPHIC、XML、REFERENCE、UDT および ARRAY は、ARRAY データ・タイプとしてはサポートされません。

SQLJ ルーチン内の接続コンテキスト

DB2 Universal Database バージョン 8 でマルチスレッド・ルーチンが採り入れられたため、SQLJ ルーチンでデフォルトの接続コンテキストの使用を避けることが重要です。つまり、各 SQL ステートメントは ConnectionContext オブジェクトを明示的に指定し、コンテキストは Java 方式で明示的にインスタンス化する必要があります。例えば、前のリリースの DB2 では、SQLJ ルーチンを以下のように書くことができました。

```
class myClass
{
  public static void myRoutine( short myInput )
  {
    DefaultContext ctx = DefaultContext.getDefaultContext();
    #sql { some SQL statement };
  }
}
```

このデフォルト・コンテキストの使用は、マルチスレッド環境のすべてのスレッドが同じ接続コンテキストを使用することになり、予期しない障害が発生します。

上記の SQLJ ルーチンを、以下のように変更する必要があります。

```
#context MyContext;

class myClass
{
  public static void myRoutine( short myInput )
  {
    MyContext ctx = new MyContext( "jdbc:default:connection", false );
    #sql [ctx] { some SQL statement };
    ctx.close();
  }
}
```

このように、ルーチンのそれぞれの呼び出しで、それぞれ固有の ConnectionContext (および基礎となる JDBC 接続) を作成することにより、並行スレッドによる予期しない干渉が回避されます。

Java ルーチンのパラメーター

Java ルーチンでのパラメーター宣言は、サポートされているいずれかのパラメーター・スタイルの要件を満たしている必要があります。 Java ルーチンでは、以下の 2 つのパラメーター・スタイルがサポートされています。

- PARAMETER STYLE JAVA
- PARAMETER STYLE DB2GENERAL

ルーチンの CREATE ステートメント内で、PARAMETER STYLE JAVA 節を指定することを強くお勧めします。 PARAMETER STYLE JAVA ではルーチンは、Java 言語と SQLJ ルーチンの仕様に準拠したパラメーター引き渡し規則に従います。

一部の Java ルーチン・フィーチャーは、PARAMETER STYLE JAVA ではインプリメントまたは使用できません。それらは次のとおりです。

- 表関数
- 関数内のスクラッチパッド
- 関数内の DBINFO 構造へのアクセス
- 関数またはメソッドの FINAL CALL (および別個の最初の呼び出し) を行うための機能。

上記のフィーチャーをインプリメントする必要がある場合、パラメーター・スタイル DB2GENERAL を使用して、C でルーチンをインプリメントするか、Java で作成できます。

上記のような特定の場合とは別に、常に PARAMETER STYLE JAVA を使用して、Java ルーチンを作成およびインプリメントする必要があります。

パラメーター・スタイル JAVA プロシージャー

Java プロシージャーの設定で推奨されているパラメーター・スタイルは、PARAMETER STYLE JAVA です。

PARAMETER STYLE JAVA ストアード・プロシージャーのシグニチャーは以下のフォーマットに準拠します。

```
public static void method-name ( SQL-arguments, ResultSet[] result-set-array )
                                throws SQLException
```

method-name
: メソッドの名前。ルーチンの登録時にこの値は、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL NAME 節内のクラス名を使用して指定されます。

SQL-arguments
: CREATE PROCEDURE ステートメント内の入力パラメーターのリストに対応します。 OUT または INOUT モード・パラメーターが、単一エレメント配列で渡されます。 CREATE PROCEDURE ステートメントの DYNAMIC RESULT SETS 節に指定された各結果セットごとに、 ResultSet タイプの単一エレメント配列がパラメーター・リストに追加されます。

result-set-array
: ResultSet オブジェクトの配列の名前。 CREATE PROCEDURE ステートメントの DYNAMIC RESULT SETS パラメーターに宣言された各結果セットごとに、Java メソッド・シグニチャー内で ResultSet[] タイプのパラメーターを宣言する必要があります。

以下に、入力パラメーターを受け入れて、出力パラメーターと結果セットを戻す Java のストアード・プロシージャーの例を示します。

```
public static void javastp( int inparm,
                            int[] outparm,
                            ResultSet[] rs
                          )
                  throws SQLException
{
  Connection con = DriverManager.getConnection( "jdbc:default:connection" );
  PreparedStatement stmt = null;
  String sql = SELECT value FROM table01 WHERE index = ?";

  //Prepare the query with the value of index
  stmt = con.prepareStatement( sql );
  stmt.setInt( 1, inparm );

  //Execute query and set output parm
  rs[0] = stmt.executeQuery();
  outparm[0] = inparm + 1;

  //Close open resources
  if (stmt != null) stmt.close();
  if (con != null) con.close();

  return;
}
```

このストアード・プロシージャーの対応する CREATE PROCEDURE ステートメントは次のとおりです。

```
CREATE PROCEDURE javaproc( IN in1 INT, OUT out1 INT )
  LANGUAGE java
  PARAMETER STYLE java
  DYNAMIC RESULT SETS 1
  FENCED THREADSAFE
  EXTERNAL NAME 'myjar:stpclass.javastp'
```

上記のステートメントでは、stpclass というクラス内にメソッドがあることが前提になっています。なおこのメソッドは、myjar という Jar ID をもったデータベースにカタログされている JAR ファイル内に置かれます。

注:

1. PARAMETER STYLE JAVA ルーチンは、例外を使用してエラー・データを呼び出し側に返送します。例外呼び出しスタックなどの詳細については、管理通知ログを参照してください。この詳細の他に、PARAMETER STYLE JAVA ルーチンを呼び出すことに関するその他の特別な考慮事項はありません。
2. JNI 呼び出しは、Java ルーチンではサポートされていません。ただし、C ルーチンの呼び出しをネストすれば、Java ルーチンから C の機能を呼び出すことは可能です。その作業の一環として、任意の C 機能をルーチンに移動して登録してから、Java ルーチンから呼び出します。

PARAMETER STYLE JAVA の Java 関数およびメソッド

Java 関数およびメソッドに対して推奨されているパラメーター・スタイルは、PARAMETER STYLE JAVA です。

PARAMETER STYLE JAVA の関数およびメソッドのシグニチャーは以下のフォーマットに準拠します。

```
public static return-type method-name ( SQL-arguments ) throws SQLException
```

return-type
: スカラー・ルーチンから戻される値のデータ・タイプ。ルーチン内では、戻り値は RETURN ステートメントを介して呼び出し側に返送されます。

method-name
: メソッドの名前。ルーチンの登録時にこの値は、ルーチンの CREATE ステートメントの EXTERNAL NAME 節内のクラス名を使用して指定されます。

SQL-arguments
: ルーチンの CREATE ステートメント内の入力パラメーターのリストに対応します。

以下に、2 つの入力引数の積を戻す Java の例を示します。

```
public static double product( double in1, double in2 ) throws SQLException
{
  return in1 * in2;
}
```

このスカラー関数に対応する CREATE FUNCTION ステートメントは次のとおりです。

```
CREATE FUNCTION product( in1 DOUBLE, in2 DOUBLE )
  RETURNS DOUBLE
  LANGUAGE java
  PARAMETER STYLE java
  NO SQL
  FENCED THREADSAFE
  DETERMINISTIC
  RETURNS NULL ON NULL INPUT
  NO EXTERNAL ACTION
  EXTERNAL NAME 'myjar:udfclass.product'
```

上記のステートメントでは、udfclass というクラス内にメソッドがあることが前提になっています。なおこのメソッドは、myjar という Jar ID を持ったデータベース・サーバーにインストールされている JAR ファイル内に置かれます。 JAR ファイルは、INSTALL_JAR システム定義プロシージャーを使ってデータベース・サーバーにインストールできます。

DB2GENERAL ルーチン

PARAMETER STYLE DB2GENERAL ルーチンは、Java で作成します。DB2GENERAL ルーチンの作成は、他のサポートされているプログラム言語でのルーチンの作成によく似ています。いったんそれらを作成して登録すると、どの言語のプログラムからでも呼び出すことができます。一般的に、ストアード・プロシージャーから JDBC API を呼び出すことはできますが、UDF からそれらを呼び出すことはできません。

ルーチンを Java で開発する場合、CREATE ステートメント内で PARAMETER STYLE JAVA 節を使用してルーチンを登録することを強くお勧めします。これまでどおり PARAMETER STYLE DB2GENERAL を使用して、Java ルーチン内で次のようなフィーチャーのインプリメンテーションを実現することもできます。

- 表関数
- スクラッチパッド
- DBINFO 構造へのアクセス
- 関数またはメソッドの FINAL CALL (および別個の最初の呼び出し) を行うための機能。

上記のフィーチャーのどれも使用しない PARAMETER STYLE DB2GENERAL ルーチンの場合、移植できるようにそれを PARAMETER STYLE JAVA にマイグレーションすることをお勧めします。

DB2GENERAL UDF

他の言語の場合と同じように Java の UDF を作成して使用できますが、C の UDF と比較するといくつかの小さな違いがあります。UDF のコーディングが終了したなら、その UDF をデータベースに登録します。その後、アプリケーションでその UDF を参照することができます。

一般的に、SQL タイプの引数 *t1*、*t2*、および *t3*、戻りタイプの引数 *t4* を取る UDF を宣言した場合、次のような所定の Java シグニチャーを指定して、Java メソッドとしてその UDF を呼び出します。

```
public void name ( T1 a, T2 b, T3 c, T4 d)   {.....}
```

ここで、

- *name* は、Java メソッド名
- *T1* から *T4* までは、SQL タイプの *t1* から *t4* までに対応する Java タイプ
- *a*、*b*、および *c* は、入力引数のための変数名
- *d* は、出力引数を表す変数名

例えば、INTEGER を戻し、CHAR(5)、BLOB(10K)、および DATE タイプの引数を取る sample!test3 という UDF があるとすると、DB2 では、UDF の Java インプリメンテーションは必然的に以下のシグニチャーを持つことになります。

```
import COM.ibm.db2.app.*;
public class sample extends UDF {
   public void test3(String arg1, Blob arg2, String arg3,
                     int result)  {... }
}
```

表関数をインプリメントする Java ルーチンには、さらに多くの引数が必要になります。変数が入力を表すのに比べて、追加の変数は結果行の各列を表しています。例えば、表関数は次のように宣言されます。

```
public void test4(String arg1, int result1,
                  Blob result2, String result3);
```

SQL NULL 値は、初期化されていない Java 変数によって示されます。これらの変数は、それらがプリミティブ・タイプの場合、ゼロ値です。それらがオブジェクト・タイプの場合、Java 規則と一致して、Java null です。 SQL NULL に普通のゼロ以外を知らせるには、どんな入力引数でも関数 isNull を呼び出します。

```
{ ....
   if (isNull(1)) { /* argument #1 was a SQL NULL */ }
   else           { /* not NULL */ }
}
```

上記の例では、引数番号は 1 から始まります。以下の他の関数のように isNull() 関数は、COM.ibm.db2.app.UDF クラスから継承されます。

スカラーまたは表 UDF から結果を戻すには、次のように UDF の set() メソッドを使用します。

```
{ ....
   set(2, value);
}
```

ここで、'2' は出力引数の索引で、value は互換タイプのリテラルまたは変数です。引数の番号は、選択された出力の引数リストの索引になっています。この項の最初の例の int result 変数の索引は 4 です。 2 番目の例の result1 から result3 までの索引はそれぞれ 2 から 4 までです。

UDF とストアード・プロシージャーで使用される C モジュールのように、Java ルーチンでは Java 標準入出力ストリーム (System.in、System.out、および System.err) を使用できません。

ルーチンのインプリメントに使用するすべての Java クラス・ファイル (またはクラスを収容する JAR) は、sqllib/function ディレクトリー内か、またはデータベース・マネージャーの CLASSPATH に指定されているディレクトリー内に置かれていなければなりません。

一般的に DB2 は照会の結果セットまたは入力の行ごとに一度 UDF を呼び出し、それを何回も繰り返します。 UDF の CREATE FUNCTION ステートメント中で SCRATCHPAD が指定される場合、UDF の連続した呼び出しには何らかの「連続性」が必要であるので、Java クラスのインプリメントが呼び出しのたびにではなく、一般的に言ってステートメントの UDF 参照ごとに 1 回インスタンス化されることを DB2 は識別します。通常、それは最初の呼び出しの前にインスタンス化さ

れ、その後使用されますが、表関数ではもっと頻繁にインスタンス化されることがあります。ただし、スカラー関数か表関数のどちらかで、UDF に対して NO SCRATCHPAD が指定されている場合、UDF の呼び出しごとに新しいインスタンスがインスタンス化されます。

スクラッチパッドは、UDF の次の呼び出しまで情報を保管するのに役立つことがあります。 Java および OLE UDF では、呼び出し間の連続性をもたせるためにインスタンス変数を使用するかスクラッチパッドを設定することができますが、C および C++ UDF では、スクラッチパッドを使用する必要があります。 Java UDF は、COM.ibm.db2.app.UDF で入手可能な getScratchPad() および setScratchPad() 方式を使用してスクラッチパッドにアクセスします。

スクラッチパッドを使用する Java の表関数の場合、CREATE FUNCTION ステートメント上で FINAL CALL または NO FINAL CALL オプションを使用して、新しいスクラッチパッド・インスタンスをいつ取得するかを制御してください。

スクラッチパッドによって UDF の呼び出し間の連続性をもたせる機能は、DB2 スクラッチパッドまたはインスタンス変数のどちらが使用されるかにかかわらず、CREATE FUNCTION の SCRATCHPAD および NO SCRATCHPAD オプションによって制御されます。

スカラー関数の場合、全ステートメントで同じインスタンスが使用されます。

同じ UDF が複数回参照されても、照会内の Java UDF に対するすべての参照は別個に扱われることに注意してください。これは、OLE、C、および C++ の UDF でも同じです。照会の終わりに、スカラー関数に FINAL CALL オプションを指定すると、オブジェクトの close() メソッドが呼び出されます。表関数の場合、この次のサブセクションに示されているように、close() メソッドが必ず呼び出されます。UDF クラスに close() メソッドを定義していない場合、スタブ関数が引き継ぎ、イベントは無視されます。

CREATE FUNCTION ステートメントで Java UDF に ALLOW PARALLEL 節を指定する場合、DB2 は並列で UDF を評価するよう選択します。このようになる場合、別のパーティションに別個の Java オブジェクトを作成できます。各オブジェクトは、行のサブセットを受け取ります。

他の UDF のように、Java UDF では FENCED または NOT FENCED を使用することができます。 NOT FENCED を使用した UDF は、データベース・エンジンのアドレス・スペース内部で実行されます。 FENCED を使用した UDF は、分割されたプロセスで実行されます。 Java UDF は、その組み込み処理で偶然にアドレス・スペースを破壊することはありませんが、処理を終了したり、低下させたりする場合があります。したがって、Java で作成された UDF をデバッグする場合、FENCED を使用した UDF として実行する必要があります。

DB2GENERAL ルーチンでサポートされている SQL データ・タイプ

PARAMETER STYLE DB2GENERAL ルーチンが呼び出されると、 DB2 は SQL タイプと Java タイプの変換を行います。これらのクラスのいくつかは、Java パッケージの COM.ibm.db2.app にあります。

表 41. DB2 SQL タイプおよび Java オブジェクト

SQL 列名	Java データ・タイプ
SMALLINT	short
INTEGER	int
BIGINT	long
REAL[1]	float
DOUBLE	double
DECIMAL(p,s)	java.math.BigDecimal
NUMERIC(p,s)	java.math.BigDecimal
CHAR(*n*)	java.lang.String
CHAR(*n*) FOR BIT DATA	COM.ibm.db2.app.Blob
VARCHAR(*n*)	java.lang.String
VARCHAR(*n*) FOR BIT DATA	COM.ibm.db2.app.Blob
LONG VARCHAR	java.lang.String
LONG VARCHAR FOR BIT DATA	COM.ibm.db2.app.Blob
GRAPHIC(*n*)	java.lang.String
VARGRAPHIC(*n*)	String
LONG VARGRAPHIC[2]	String
BLOB(*n*)[2]	COM.ibm.db2.app.Blob
CLOB(*n*)[2]	COM.ibm.db2.app.Clob
DBCLOB(*n*)[2]	COM.ibm.db2.app.Clob
DATE[3]	String
TIME[3]	String
TIMESTAMP[3]	String

注:

1. SQLDA での REAL と DOUBLE の違いは長さの値です (4 または 8)。
2. Blob および Clob クラスは `COM.ibm.db2.app` パッケージ中にあります。それらのインターフェースはルーチンを組み込んで、Blob に対しては読み書きを行い、 Clob には Reader および Writer となる InputStream および OutputStream を生成します。
3. C でコード化される UDF と同様に、SQL DATE、TIME、および TIMESTAMP 値は、Java でエンコードされる ISO ストリングを使用します。

`COM.ibm.db2.app.Blob` および `COM.ibm.db2.app.Clob` クラスの例は、LOB データ・タイプ (BLOB、CLOB、および DBCLOB) を示します。これらのクラスは、入力として渡される LOB を読み込み、出力として戻される LOB を書き込む限定インターフェースを提供します。 LOB の読み込みおよび書き込みは、標準 Java I/O ストリーム・オブジェクトを通して起こります。 Blob クラスの場合、`getInputStream()` および `getOutputStream()` ルーチンは、BLOB の内容を一度にバイト単位で処理する、InputStream または OutputStream オブジェクトを戻します。 Clob の場合、`getReader()` および getWriter() の各ルーチンは、CLOB または DBCLOB の内容を一度に文字単位で処理する、Reader または Writer オブジェクトを戻します。

set() メソッドを使用して、そのようなオブジェクトが出力として戻される場合、データベースのコード・ページ中の Java Unicode 文字を表示する目的で、コード・ページ変換が適用される場合があります。

DB2GENERAL ルーチン用の Java クラス

このインターフェースは、JDBC 接続を組み込みアプリケーション・コンテキストに取り出すための以下のルーチンを提供します。

```
public java.sql.Connection getConnection()
```

SQL ステートメントを実行するためにこの処理を使用できます。 StoredProc インターフェースの他のメソッドは、 sqllib/samples/java/StoredProc.java ファイルにリストされています。

Java ストアード・プロシージャーまたは UDF で使用できるクラス/インターフェースは、以下の 5 つです。

- COM.ibm.db2.app.StoredProc
- COM.ibm.db2.app.UDF
- COM.ibm.db2.app.Lob
- COM.ibm.db2.app.Blob
- COM.ibm.db2.app.Clob

DB2GENERAL Java クラス: COM.IBM.db2.app.StoredProc

PARAMETER STYLE DB2GENERAL ストアード・プロシージャーとして呼び出されるメソッドが含まれる Java クラスは、パブリックでなければならず、この Java インターフェースを実現するものでなければなりません。そのようなクラスを次のように宣言する必要があります。

```
public class user-STP-class extends COM.ibm.db2.app.StoredProc{ ... }
```

現在実行しているストアード・プロシージャーのコンテキストでは、COM.ibm.db2.app.StoredProc インターフェースの継承メソッドだけを呼び出せます。例えば、ストアード・プロシージャーが戻った後には、 LOB 引数に対する操作 (結果設定呼び出しまたは状況設定呼び出し) を実行できません。この規則に違反すると、Java 例外がスローされます。

引数関連の呼び出しは、列索引を使用して参照する列を識別します。これは、最初の引数の 1 から開始します。 PARAMETER STYLE DB2GENERAL ストアード・プロシージャーのすべての引数は INOUT、つまり入出力であると見なされます。

ストアード・プロシージャーから例外が戻されると、データベースによって捕そくされ、SQLCODE -4302、SQLSTATE 38501 と共に呼び出し元に戻されます。JDBC SQLException または SQLWarning が特別に処理され、その SQLCODE、SQLSTATE などが呼び出しアプリケーションに逐次渡されます。

次のメソッドは、COM.ibm.db2.app.StoredProc クラスに関連付けられています。

```
public StoredProc() [default constructor]
```

このコンストラクターは、ストアード・プロシージャー呼び出しの前にデータベースによって呼び出されます。

```
public boolean isNull(int) throws Exception
```

この関数は、所定の索引の付いた入力引数が SQL NULL であるかどうかをテストします。

```
public void set(int, short) throws Exception
public void set(int, int) throws Exception
public void set(int, double) throws Exception
public void set(int, float) throws Exception
public void set(int, java.math.BigDecimal) throws Exception
public void set(int, String) throws Exception
public void set(int, COM.ibm.db2.app.Blob) throws Exception
public void set(int, COM.ibm.db2.app.Clob) throws Exception
```

この関数は、所定の索引の付いた出力引数を所定の値に設定します。この索引は有効な出力引数を参照し、データ・タイプは一致し、値は有効な長さと内容である必要があります。 Unicode 文字のストリングは、データベース・コード・ページで表せるストリングでなければなりません。エラーがあると、例外が生じます。

```
public java.sql.Connection getConnection() throws Exception
```

この関数は、呼び出しアプリケーションとデータベースの接続を示す JDBC オブジェクトを戻します。これは、C ストアード・プロシージャーでの NULL SQLConnect() 呼び出しの結果と似ています。

DB2GENERAL Java クラス: COM.IBM.db2.app.UDF

PARAMETER STYLE DB2GENERAL UDF として呼び出されるメソッドが含まれる Java クラスは、パブリックでなければならず、この Java インターフェースを実現するものでなければなりません。そのようなクラスを次のように宣言する必要があります。

```
public class user-UDF-class extends COM.ibm.db2.app.UDF{ ... }
```

現在実行している UDF のコンテキストでは、 COM.ibm.db2.app.UDF インターフェースのメソッドだけを呼び出せます。例えば、UDF が戻った後には、結果設定呼び出しあるいは状況設定呼び出しなど、LOB 引数での操作は行えません。この規則に違反すると、Java 例外がスローされます。

引数関連の呼び出しは、列索引を使用して設定する列を識別します。これは、最初の引数の 1 から開始します。出力引数は、入力引数よりも大きな番号が付けられます。例えば、3 つの入力があるスカラー UDF の場合は、出力には索引 4 が使用されます。

UDF から例外が戻されると、データベースによって捕そくされ、 SQLCODE -4302、 SQLSTATE 38501 と共に呼び出し元に戻されます。

次のメソッドは、COM.ibm.db2.app.UDF クラスに関連付けられています。

```
public UDF() [default constructor]
```

このコンストラクターは、一連の UDF 呼び出しの最初にデータベースによって呼び出されます。これは、UDF への最初の呼び出しの前に行われます。

```
public void close()
```

この関数は、FINAL CALL オプションで UDF が作成された場合、 UDF の計算の最後にデータベースによって呼び出されます。これは、C UDF での最終呼び出しと似ています。表関数の場合、close() を呼び出すのは、 UDF メソッドに対する CLOSE 呼び出しの後 (NO FINAL CALL がコーディングされているか、またはデフォルトとして設定されている場合)、または FINAL 呼び出しの後 (FINAL CALL がコーディングされている場合) です。 Java UDF クラスがこの関数を実現しない場合、ノーオペレーション・スタブはこのイベントを処理し、無視します。

```
public int getCallType() throws Exception
```

表関数の UDF メソッドは、getCallType() を使用して特定の呼び出しの呼び出しタイプを検出します。これによって次のような値が戻されます (これらの値に対するシンボル定義は、 COM.ibm.db2.app.UDF クラス定義で提供されています)。

- -2 FIRST 呼び出し
- -1 OPEN 呼び出し
- 0 FETCH 呼び出し
- 1 CLOSE 呼び出し
- 2 FINAL 呼び出し

```
public boolean isNull(int) throws Exception
```

この関数は、所定の索引の付いた入力引数が SQL NULL であるかどうかをテストします。

```
public boolean needToSet(int) throws Exception
```

この関数は、所定の索引の付いた出力引数を設定する必要があるかどうかをテストします。その列が UDF 呼び出し元によって使用されていない場合、 DBINFO で宣言された表 UDF についてはこのことが当てはまらない可能性があります。

```
public void set(int, short) throws Exception
public void set(int, int) throws Exception
public void set(int, double) throws Exception
public void set(int, float) throws Exception
public void set(int, java.math.BigDecimal) throws Exception
public void set(int, String) throws Exception
public void set(int, COM.ibm.db2.app.Blob) throws Exception
public void set(int, COM.ibm.db2.app.Clob) throws Exception
```

この関数は、所定の索引の付いた出力引数を所定の値に設定します。この索引は有効な出力引数を参照し、データ・タイプは一致し、値は有効な長さと内容である必要があります。 Unicode 文字のストリングは、データベース・コード・ページで表せるストリングでなければなりません。エラーがあると、例外が生じます。

```
public void setSQLstate(String) throws Exception
```

この関数は、この呼び出しから SQLSTATE を戻すよう設定するために、 UDF から呼び出すことができます。表 UDF は、表の終了条件を通知するために、″02000″ の付いたこの関数を呼び出す必要があります。ストリングが SQLSTATE の値として受け入れられないものである場合、例外がスローされます。

```
public void setSQLmessage(String) throws Exception
```

この関数は、setSQLstate 関数と似ています。これにより、SQL メッセージの結果が設定されます。ストリングが受け入れられない (例えば、70 文字を超えている) ものである場合、例外がスローされます。

```
public String getFunctionName() throws Exception
```

この関数は、実行中の UDF の名前を戻します。

```
public String getSpecificName() throws Exception
```

この関数は、実行中の UDF の特定名を戻します。

```
public byte[] getDBinfo() throws Exception
```

この関数は、実行中の UDF の未処理の DBINFO 構造をバイト配列で戻します。まず、DBINFO 構造をバイト配列で戻すことを DBINFO オプションで宣言しておく必要があります。

```
public String getDBname() throws Exception
public String getDBauthid() throws Exception
public String getDBtbschema() throws Exception
public String getDBtbname() throws Exception
public String getDBcolname() throws Exception
public String getDBver_rel() throws Exception
public String getDBplatform() throws Exception
public String getDBapplid() throws Exception
```

これらの関数は、実行中の UDF の DBINFO 構造から該当するフィールドの値を戻します。

```
public int getDBprocid() throws Exception
```

この関数は、このルーチンを直接または間接に呼び出したプロシージャーのルーチン ID を戻します。そのルーチン ID は、呼び出し元プロシージャーの名前を検索するのに使用できる SYSCAT.ROUTINES 内の ROUTINEID 列に一致します。実行中のルーチンがアプリケーションから呼び出されると、 getDBprocid() は 0 を戻します。

```
public int[] getDBcodepg() throws Exception
```

この関数は、DBINFO 構造から SBCS、DBCS、およびデータベースの複合コード・ページ番号を戻します。戻された整数の配列には、最初の 3 つのエレメントに該当する番号が入れられます。

```
public byte[] getScratchpad() throws Exception
```

この関数は、現在実行中の UDF のスクラッチパッドのコピーを戻します。まず SCRATCHPAD オプションで UDF を宣言する必要があります。

```
public void setScratchpad(byte[]) throws Exception
```

この関数は、所定のバイト配列の内容で、現在実行中の UDF のスクラッチパッドを上書きします。まず SCRATCHPAD オプションで UDF を宣言する必要があります。バイト配列のサイズは、getScratchpad() が戻すサイズと同じでなければなりません。

DB2GENERAL Java クラス: COM.IBM.db2.app.Lob

このクラスは、ルーチン内で計算を行うための、 Blob または Clob 一時オブジェクトを作成するユーティリティー・ルーチンを提供します。

次のメソッドは、COM.ibm.db2.app.Lob クラスに関連付けられています。

```
public static Blob newBlob() throws Exception
```

この関数は、一時的な Blob を作成します。これは、可能であれば LOCATOR を使用して実現します。

```
public static Clob newClob() throws Exception
```

この関数は、一時的な Clob を作成します。これは、可能であれば LOCATOR を使用して実現します。

DB2GENERAL Java クラス: COM.IBM.db2.app.Blob

このクラスのインスタンスは、ルーチン入力として BLOB を表すためにデータベースから渡されますが、出力として戻されることもあります。アプリケーションはインスタンスを作成することはできますが、実行中のルーチンの目的に追随してのみ作成できます。追随しないやり方でオブジェクトを使用すると、例外がスローされます。

次のメソッドは、COM.ibm.db2.app.Blob クラスに関連付けられています。

```
public long size() throws Exception
```

この関数は、BLOB の長さ (バイト単位) を戻します。

```
public java.io.InputStream getInputStream() throws Exception
```

この関数は、BLOB の内容を読み取るために新しい InputStream を戻します。そのオブジェクト上で、有効なシーク/マーク操作を行えます。

```
public java.io.OutputStream getOutputStream() throws Exception
```

この関数は、BLOB に何バイトか追加するために新しい OutputStream を戻します。追加したバイトは、このオブジェクトの getInputStream() 呼び出しによって作成された既存のすべての InputStream インスタンス上にすぐに反映されます。

DB2GENERAL Java クラス: COM.IBM.db2.app.Clob

このクラスのインスタンスは、ルーチン入力として CLOB または DBCLOB を表すためにデータベースから渡されますが、出力として戻されることもあります。アプリケーションはインスタンスを作成することはできますが、実行中のルーチンの目的に追随してのみ作成できます。追随しないやり方でオブジェクトを使用すると、例外がスローされます。

Clob インスタンスは、文字をデータベース・コード・ページとして保管します。Unicode 文字によってはこのコード・ページ形式で表せないものもあるため、変換時に例外が出されることがあります。これは、追加操作時、あるいは UDF または StoredProc set() 呼び出し時に生じる可能性があります。このことは、Java プログラマーから CLOB と DBCLOB の違いを隠すために必要です。

次のメソッドは、COM.ibm.db2.app.Clob クラスに関連付けられています。

```
public long size() throws Exception
```

この関数は、CLOB の長さ (文字単位) を戻します。

```
public java.io.Reader getReader() throws Exception
```

この関数は、CLOB または DBCLOB の内容を読み取るために新しい Reader を戻します。そのオブジェクト上で、有効なシーク/マーク操作を行えます。

```
public java.io.Writer getWriter() throws Exception
```

この関数は、この CLOB または DBCLOB に何文字か追加するために新しい Writer を戻します。追加した文字は、このオブジェクトの GetReader() 呼び出しによって作成された既存のすべての Reader インスタンス上にすぐに反映されます。

Java ルーチンに対するデータ・タイプ ARRAY のパラメーターの引き渡し

DB2 9.5 では、データ・タイプ ARRAY のパラメーターを Java プロシージャーとの間で受け渡す機能がサポートされています。

アプリケーションと Java ストアード・プロシージャーの間で以下の受け渡しを行う場合、配列を引き渡して使用するようにインプリメントできます。

- 1 つのパラメーターを使用して、プロシージャーに大量の同種データを引き渡す場合。
- 1 つのパラメーターだけを使用して、プロシージャーに同じデータ・タイプの可変数の入力を引き渡す場合。

例えば、あるクラスの学生の名前すべてを、学生数を把握していなくても、1 つのパラメーターを使用してプロシージャーに引き渡すことができます。ARRAY データ・タイプを使用しないでこれを行うとすると、1 つの学生名ごとに 1 つのパラメーターが必要となります。

タイプ ARRAY のパラメーターを引き渡すには、以下のようにします。

1. ARRAY データ・タイプを事前に定義しておく必要があります。配列タイプを定義するには、CREATE TYPE ステートメントを実行しなければなりません。
2. プロシージャー定義には、定義されたタイプのパラメーターを含める必要があります。例えば、IntArray という名前の ARRAY データ・タイプを CREATE TYPE ステートメントを実行して作成する場合、このタイプのパラメーターをプロシージャーに引き渡すには、以下のようにします。

```
CREATE PROCEDURE inArray (IN input IntArray)
LANGUAGE JAVA
PARAMETER STYLE JAVA
EXTERNAL NAME 'MyProcs:MyArrayProcs!inArray';
```

このプロシージャー定義の場合、配列パラメーターは java.sql.Array と入力します。このプロシージャーでは、以下の例に示されているように、引数は getArray() メソッドを使用して Java 配列にマップされます。配列では、int (または他のプリミティブ型) ではなく Integer を使用することに注意してください。

```
static void inArray(java.sql.Array input)
{
Integer[] inputArr = (Integer [])input.getArray();
int sum = 0;
for(int i=0, i < inputArr.length; i++)
{
sum += inputArr[i];
}
}
```

追加情報については、「*関連リンク* 」セクションを参照してください。

JDBC プロシージャーからの結果セットの戻り

呼び出し元のルーチンまたはアプリケーションに結果セットを戻す JDBC プロシージャーを開発することができます。 JDBC プロシージャーでは、結果セットの戻りは ResultSet オブジェクトで処理します。

JDBC プロシージャーから結果セットを戻すには、次のようにします。

1. 戻される各結果セットごとに、プロシージャーの宣言内に ResultSet[] タイプのパラメーターを組み込みます。例えば、以下の関数シグニチャーは ResultSet オブジェクトの配列を受け入れます。

```
public static void getHighSalaries(
  double inSalaryThreshold,         // double input
  int[] errorCode,                  // SQLCODE output
  ResultSet[] rs)                   // ResultSet output
```

2. 次のようにして、呼び出し側のデータベース接続をオープンします (接続オブジェクトを使用して)。

```
Connection con =
    DriverManager.getConnection("jdbc:default:connection");
```

3. 結果セットを生成する SQL ステートメントを準備します (PreparedStatement オブジェクトを使用して)。以下の例では、準備の後で、照会ステートメント内のパラメーター・マーカー (パラメーター・マーカーは ? で示されます) の値に対して、入力変数 (inSalaryThreshold という名前。上記の関数シグニチャーの例を参照) が割り当てられます。

```
String query =
    "SELECT name, job, CAST(salary AS DOUBLE) FROM staff " +
    "  WHERE salary > ? " +
    "  ORDER BY salary";

PreparedStatement stmt = con.prepareStatement(query);
stmt.setDouble(1, inSalaryThreshold);
```

4. ステートメントを実行する。

```
rs[0] = stmt.executeQuery();
```

5. プロシージャーの本体を終了します。

ストアード・プロシージャーからの結果セットを受け入れるクライアント・アプリケーションまたは呼び出し元ルーチンをまだ開発していなければ、開発してください。

SQLJ プロシージャーからの結果セットの戻り

呼び出し元のルーチンまたはアプリケーションに結果セットを戻す SQLJ プロシージャーを開発することができます。 SQLJ プロシージャーでは、結果セットの戻りは ResultSet オブジェクトで処理します。

SQLJ プロシージャーから結果セットを戻すには、次のようにします。

1. 照会データを処理するイテレーター・クラスを宣言します。以下に例を示します。

```
#sql iterator SpServerEmployees(String, String, double);
```

2. 戻される各結果セットごとに、プロシージャーの宣言内に ResultSet[] タイプのパラメーターを組み込みます。例えば、以下の関数シグニチャーは ResultSet オブジェクトの配列を受け入れます。

```
public static void getHighSalaries(
  double inSalaryThreshold,         // double input
  int[] errorCode,                  // SQLCODE output
  ResultSet[] rs)                   // ResultSet output
```

3. イテレーター・オブジェクト・インスタンスを生成します。以下に例を示します。

```
SpServerEmployees c1;
```

4. 結果セットを生成する SQL ステートメントをイテレーターに割り当てます。以下の例では、ホスト変数 (inSalaryThreshold という名前。上記の関数シグニチャーの例を参照) が照会の WHERE 節内で使用されています。

```
#sql c1 = {SELECT name, job, CAST(salary AS DOUBLE)
             FROM staff
             WHERE salary > :inSalaryThreshold
             ORDER BY salary};
```

5. 以下のように、ステートメントを実行して結果セットを入手します。

```
rs[0] = c1.getResultSet();
```

プロシージャーからの結果セットを受け入れるクライアント・アプリケーションまたは呼び出し元ルーチンをまだ開発していなければ、開発してください。

JDBC アプリケーションおよびルーチンでのプロシージャーの結果セットの受け取り

JDBC ルーチンまたはアプリケーションから呼び出したプロシージャーから、結果セットを受け取ることができます。

JDBC ルーチンまたはアプリケーションからのプロシージャー結果セットを受け入れるには、次のようにします。

1. 次のようにして、データベース接続をオープンします (接続オブジェクトを使用して)。

```
Connection con =
    DriverManager.getConnection("jdbc:db2:sample", userid, passwd);
```

2. 結果セットを戻すプロシージャーを呼び出す CALL ステートメントを準備します (CallableStatement オブジェクトを使用して)。以下の例では、GET_HIGH_SALARIES という名前のプロシージャーが呼び出されます。準備が終わったら、次に前のステートメント内のパラメーター・マーカーの値に対して、入力変数 (inSalaryThreshold という名前。これは、プロシージャーに渡される数値) を割り当てます。 (パラメーター・マーカーは ? で示されます.)

```
String query = "CALL GET_HIGH_SALARIES(?)";

CallableStatement stmt = con.prepareCall(query);
stmt.setDouble(1, inSalaryThreshold);
```

3. 次のようにしてプロシージャーを呼び出します。

```
stmt.execute();
```

4. 次のように、CallableStatement オブジェクトの getResultSet() メソッドを使用して、プロシージャーから最初の結果セットを受け入れて、 fetchAll() メソッドを使用して結果セットから行を取り出します。

```
ResultSet rs = stmt.getResultSet();

// Result set rows are fetched and printed to screen.
while (rs.next())
{
  r++;
  System.out.print("Row: " + r + ": ");
  for (int i=1; i <= numOfColumns; i++)
  {
    System.out.print(rs.getString(i));
    if (i != numOfColumns)
    {
      System.out.print(", ");
    }
  }
  System.out.println();
}
```

5. 複数の結果セットの場合、CallableStatement オブジェクトの getNextResultSet() メソッドを使用して、次の結果セットを読み取れるようにします。次に、ResultSet オブジェクトが現行結果セットを受け入れた前のステップのプロセスを反復してから、結果セットの行を取り出します。以下に例を示します。

```
while (callStmt.getMoreResults())
{
  rs = callStmt.getResultSet()

  ResultSetMetaData stmtInfo = rs.getMetaData();
  int numOfColumns = stmtInfo.getColumnCount();
  int r = 0;

  // Result set rows are fetched and printed to screen.
  while (rs.next())
  {
    r++;
    System.out.print("Row: " + r + ": ");
    for (int i=1; i <= numOfColumns; i++)
    {
      System.out.print(rs.getString(i));
      if (i != numOfColumns)
      {
        System.out.print(", ");
      }
    }
    System.out.println();
  }
}
```

6. 次のように close() メソッドを使用して、ResultSet オブジェクトをクローズします。

```
rs.close();
```

SQLJ アプリケーションおよびルーチンでのプロシージャーの結果セットの受け取り

SQLJ ルーチンまたはアプリケーションから呼び出したプロシージャーから、結果セットを受け取ることができます。

SQLJ ルーチンまたはアプリケーションからのプロシージャー結果セットを受け取るには、次のようにします。

1. 次のようにして、データベース接続をオープンします (接続オブジェクトを使用して)。

```
Connection con =
    DriverManager.getConnection("jdbc:db2:sample", userid, passwd);
```

2. 次のように、デフォルト・コンテキストを設定します (DefaultContext オブジェクトを使用します)。

```
DefaultContext ctx = new DefaultContext(con);
DefaultContext.setDefaultContext(ctx);
```

3. 次のように、実行コンテキストを設定します (ExecutionContext オブジェクトを使用します)。

```
ExecutionContext execCtx = ctx.getExecutionContext();
```

4. 結果セットを戻すプロシージャーを呼び出します。以下の例では、GET_HIGH_SALARIES という名前のプロシージャーが呼び出して、入力変数 (inSalaryThreshold という名前) を渡されます。

```
#sql {CALL GET_HIGH_SALARIES(:in inSalaryThreshold, :out outErrorCode)};
```

5. ResultSet オブジェクトを宣言してから、 ExecutionContext オブジェクトの getNextResultSet() メソッドを使用して、プロシージャーから結果セットを受け入れます。複数の結果セットの場合、 getNextResultSet() 呼び出しをループ構造に入れます。プロシージャーから戻された結果セットはすべて、ループ反復を作成します。そのループ内では、結果セット行メソッドを取り出してから、結果セット・オブジェクトをクローズする (ResultSet オブジェクトの close() メソッドを使用して) ことができます。以下に例を示します。

```
ResultSet rs = null;

while ((rs = execCtx.getNextResultSet()) != null)
{
  ResultSetMetaData stmtInfo = rs.getMetaData();
  int numOfColumns = stmtInfo.getColumnCount();
  int r = 0;

  // Result set rows are fetched and printed to screen.
  while (rs.next())
  {
    r++;
    System.out.print("Row: " + r + ": ");
    for (int i=1; i <= numOfColumns; i++)
    {
      System.out.print(rs.getString(i));
      if (i != numOfColumns)
      {
        System.out.print(", ");
      }
    }
    System.out.println();
  }

  rs.close();
}
```

Java ルーチンに関する制約事項

Java ルーチンには以下の制約事項が適用されます。

- JAR ファイル内の Java ルーチン・コードをデータベース・サーバー・ファイル・システムにデプロイするのに使用するシステム定義プロシージャー `install_jar` は、DB2 Universal JDBC ドライバーの使用時には Java データベース・アプリケーションで呼び出すことはできません。このドライバーは、このプロシージャーではサポートされていません。

  推奨されている代わりの方法は、DB2 コマンド行プロセッサーを使用することです。
- PROGRAM TYPE MAIN 節は、指定されている PARAMETER STYLE 節値に関係なく、Java ルーチンの CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントではサポートされません。
- 以下のフィーチャーは、パラメーター・スタイル JAVA ではサポートされていません。
  - 表関数
  - 関数内のスクラッチパッド
  - 関数内の DBINFO 構造へのアクセス
  - 関数内の FINAL CALL 呼び出し

  こうしたフィーチャーが必要な場合に推奨される代わりの方法は、パラメーター・スタイル DB2GENERAL を使用して Java 関数を作成するか、C または C++ プログラミング言語のどちらかを使用して関数を作成する方法です。
- Java ルーチンからの Java Native Interface (JNI) 呼び出しはサポートされていません。

  Java ルーチンから C または C++ コードを呼び出す必要がある場合は、別個に定義された C または C++ ルーチンを呼び出さなければなりません。
- NOT FENCED Java ルーチンは現在サポートされていません。 NOT FENCED として定義される Java ルーチンは、FENCED THREADSAFE として定義されているかのように呼び出されます。
- Java ストアード・プロシージャーは、プロパティー・ファイルなどのシステム・リソース以外のリソースに依存するものであってはなりません。システム・リソース以外のリソースに依存する Java ストアード・プロシージャーを呼び出した場合、それらのリソースはロードされず、エラーは戻されません。

Java の表関数実行モデル

Java で作成されて PARAMETER STYLE DB2GENERAL を使用する表関数の場合、 DB2 での特定のステートメントの処理のさまざまな時点で何が起きるか分かっていることが大切です。以下の表は、通常の表関数の場合のそれに関する詳細を

示しています。 NO FINAL CALL の場合と FINAL CALL の場合の両方が取り上げられており、どちらも SCRATCHPAD が指定されていると想定しています。

スキャンの時点	NO FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD	FINAL CALL LANGUAGE JAVA SCRATCHPAD
表関数に対する最初の OPEN の前	呼び出しなし。	• クラス・コンストラクターが呼び出される (すなわち、新しいスクラッチパッド)。 FIRST 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • コンストラクターが、クラスおよびスクラッチパッド変数を初期化する。メソッドが Web サーバーに接続する。
表関数に対する各 OPEN 時	• クラス・コンストラクターが呼び出される (すなわち、新しいスクラッチパッド)。 OPEN 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • コンストラクターが、クラスおよびスクラッチパッド変数を初期化する。メソッドが Web サーバーに接続し、Web データのスキャンをオープンする。	• OPEN 呼び出しで UDF メソッドがオープンされる。 • メソッドが、必要な Web データのスキャンをオープンする。 (スクラッチパッドに保管されるものに応じて、CLOSE 位置変更後の再オープンを避けることができる。)
新しい行の表関数データに対する各 FETCH 時	• FETCH 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドが、次の行のデータまたは EOT を取り出して戻す。	• FETCH 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドが、新しい行のデータまたは EOT を取り出して戻す。
表関数に対する CLOSE 時	• CLOSE 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 `close()` メソッドがクラスに対してあれば、呼び出される。 • メソッドがその Web スキャンをクローズし、Web サーバーから切断する。`close()` は必要とされない。	• CLOSE 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 • メソッドはスキャンの最上部に位置変更するか、スキャンをクローズする。持続されるどんな状態でも、スクラッチパッドに保管できる。
表関数に対する最後の CLOSE の後	呼び出しなし。	• FINAL 呼び出しで UDF メソッドが呼び出される。 `close()` メソッドがクラスに対してあれば、呼び出される。 • メソッドは Web サーバーから切断する。 `close()` メソッドは必要とされない。

注:

1. 「UDF メソッド」とは、UDF をインプリメントした Java クラス・メソッドのことです。これは、CREATE FUNCTION ステートメントの EXTERNAL NAME 節で識別されるメソッドです。

2. NO SCRATCHPAD が指定された表関数では、 UDF メソッドの呼び出しはこの表で示されているとおりですが、ユーザーはスクラッチパッドによる連続性を求めないために、クラス・コンストラクターが DB2 によって呼び出され、各呼び出しの前に新しいオブジェクトがインスタンス化されます。 NO SCRATCHPAD が指定された (したがって連続性がない) 表関数が役立つかどうかは不明ですが、それらはサポートされています。

Java ルーチンの作成

Java ルーチンの作成は、以下から構成されます。

- DB2 データベース・サーバーでルーチンを定義する CREATE ステートメントの実行
- ルーチン定義に対応するルーチン・インプリメンテーションの開発

Java ルーチンを作成する方法は、以下に従ってください。

- IBM Data Studioを使用する
- IBM Rational Application Developer の DB2 ルーチン開発フィーチャーを使用する
- DB2 コマンド・ウィンドウを使用する

一般的に言って、IBM Data Studioを使用して Java ルーチンを作成するのが最も簡単ですが、IBM Rational Application Developer が提供する統合 Java 開発環境の中で Java ルーチンを作成する機能を好む開発者も多くいます。こうしたグラフィック・ツールが使用できない場合は、DB2 コマンド・ウィンドウがコマンド行インターフェースを介して同様のサポートを提供します。

前提条件

- 325 ページの『第 8 章 Java ルーチン』を確認します。
- DB2 バージョン 9 サーバー (インスタンスおよびデータベースを含む) にアクセスしていることを確認します。
- オペレーティング・システムのバージョン・レベルが、DB2 データベース製品でサポートされているものであることを確認します。
- 326 ページの『サポートされる Java ルーチン開発ソフトウェア』 のバージョン・レベルが、Java ルーチン開発にサポートされるものであることを確認します。
- 328 ページの『Java ルーチン用のドライバーの指定』開発が有効であることを確認します。
- CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントを実行する権限。

Java ルーチンに関連した制約事項のリストについては、以下を参照してください。

- 349 ページの『Java ルーチンに関する制約事項』

以下のいずれかの手順を使用して、Java ルーチンを作成します。

- IBM Data StudioJava ルーチンを作成する
- Rational Application Developer を使用して Java ルーチンを作成する

- 『コマンド行からの Java ルーチンの作成』

コマンド行からの Java ルーチンの作成

Java クラスを参照するプロシージャーまたは関数は、他のインプリメンテーションを持つ外部ルーチンと類似の方法で作成されます。このタスクはいくつかのステップで構成されますが、それにはルーチンの CREATE ステートメントの公式化、ルーチンのインプリメンテーションのコーディングおよびコンパイル (変換)、DB2 データベース・サーバーへの Java クラスのデプロイメントが含まれます。

Java ルーチンをインプリメントするのは、以下のような場合です。

- データベースにアクセスするルーチンや、データベースの外部でアクションを実行するルーチンに複雑なロジックをカプセル化したい場合。
- 複数のアプリケーション、CLP、他のルーチン (プロシージャー、関数 (UDF)、メソッド)、トリガーのいずれかから、カプセル化されたロジックを呼び出す必要のある場合。
- そのロジックのコーディングに Java および JDBC または SQLJ アプリケーション・プログラミング・インターフェースのいずれかが最も使いやすいと感じる場合。

前提条件

- 325 ページの『第 8 章 Java ルーチン』を確認します。
- DB2 バージョン 9 データベース・サーバー (インスタンスおよびデータベースを含む) にアクセスしていることを確認します。
- オペレーティング・システムのバージョン・レベルが、DB2 データベース製品でサポートされているものであることを確認します。
- 326 ページの『サポートされる Java ルーチン開発ソフトウェア』 のバージョン・レベルが、Java ルーチン開発にサポートされるものであることを確認します。
- 328 ページの『Java ルーチン用のドライバーの指定』開発が有効であることを確認します。
- CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION ステートメントを実行する権限。

手順

1. ルーチン・ロジックを Java でコーディングします。
   - Java ルーチンおよび Java ルーチン・フィーチャーの一般情報については、『前提条件』のセクションで参照されているトピックを参照してください。
   - ルーチン・パラメーター・シグニチャーが、以下のいずれかのサポートされるパラメーター・スタイルを使用してインプリメントされている必要があります。すべての Java ルーチンにパラメーター・スタイル JAVA を使用することを強くお勧めします。パラメーター・シグニチャーおよびパラメーター・インプリメンテーションの詳細については、以下を参照してください。
     - 332 ページの『Java ルーチンのパラメーター』
     - 332 ページの『パラメーター・スタイル JAVA プロシージャー』

– 334 ページの『PARAMETER STYLE JAVA の Java 関数およびメソッド』

- 変数を Java データベース・アプリケーションに対するのと同じ方法で宣言します。 DB2 SQL データ・タイプにマップするデータ・タイプを正しく使用するように注意してください。 DB2 と Java データ・タイプとの間のデータ・タイプ・マッピングの詳細については、以下を参照してください。
  – 「*Java アプリケーションの開発*」内の 『Java アプリケーションでデータベース・データ・タイプにマップするデータ・タイプ』
- ルーチン・ロジックを組み込みます。ルーチン・ロジックは、Java プログラミング言語でサポートされる任意のコードで構成できます。これには、Java データベース・アプリケーションの場合と同じ方法で SQL ステートメントの実行を含めることもできます。 Java コードでの SQL ステートメントの実行の詳細については、以下を参照してください。
  – 「*Java アプリケーションの開発*」内の 『SQL を実行するための JDBC インターフェース』
  – 「*Java アプリケーションの開発*」内の 『SQLJ アプリケーションでの SQL ステートメントの実行』
- ルーチンがプロシージャーで、ルーチンの呼び出し元に結果セットを戻す場合、結果セット用のパラメーターは必要ありません。 Java ルーチンから結果セットを戻す方法の詳細については、以下を参照してください。
  – 345 ページの『JDBC プロシージャーからの結果セットの戻り』
  – 345 ページの『SQLJ プロシージャーからの結果セットの戻り』
- ルーチンの末尾にルーチンの戻り値を設定します。

2. Java クラス・ファイルまたは Java クラス・ファイルのコレクションを含む JAR ファイルを生成するためのコードを作成します。 Java ルーチン・コードの構築方法については、以下を参照してください。
   - 「*Java アプリケーションの開発*」内の 『JDBC ルーチンの構築』
   - 「*Java アプリケーションの開発*」内の 『SQL ルーチンの構築』
3. クラス・ファイルを DB2 データベース・サーバーにコピーするか、または JAR ファイルを DB2 データベース・サーバーにインストールします。これを行う方法については、以下を参照してください。
   - 358 ページの『Java ルーチン・クラス・ファイルの DB2 データベース・サーバーへのデプロイ』
   - 360 ページの『データベース・サーバーでの JAR ファイル管理』

   DB2 ルーチンに関連したクラス・ファイルは、*function* ディレクトリーに保管することをお勧めします。 function ディレクトリーの詳細については、CREATE PROCEDURE ステートメントまたは CREATE FUNCTION ステートメントのいずれかの EXTERNAL 節に関連する情報を参照してください。

   ライブラリーをサーバー上の別のディレクトリーにコピーすることもできますが、ルーチンを正常に呼び出すには、ライブラリーの完全修飾パス名をメモしておく必要があります。次のステップでこれが必要になるからです。
4. 該当するルーチン・タイプの CREATE ステートメント (CREATE PROCEDURE または CREATE FUNCTION) を動的または静的に実行します。

- LANGUAGE 節に JAVA を指定します。
- PARAMETER STYLE 節に、ルーチン・コードでインプリメントした有効なパラメーター・スタイルの名前を指定します。必要とするフィーチャーが PARAMETER STYLE DB2GENERAL が使用される場合にのみサポートされるのではない限り、PARAMETER STYLE JAVA を使用することを強くお勧めします。
- EXTERNAL 節に、ルーチンと関連した JAR ファイルまたは Java クラスの名前を指定します。そのためには、以下のいずれかの値を使用します。
  - Java クラス・ファイルの完全修飾パス名。
  - function ディレクトリーを基準にしたルーチン Java クラス・ファイルの相対パス名。
  - データベース・サーバー上の、Java クラスを含む JAR ファイルの JAR ファイル ID。

  EXTERNAL 節に JAR ファイル ID およびクラス、完全修飾パス名、または相対パス名を指定しない場合、DB2 はデフォルトで、function ディレクトリー内でライブラリーを探します。
- ルーチンがプロシージャーの場合に、DYNAMIC RESULT SETS に数値を指定すると、呼び出し元に 1 つ以上の結果セットが戻されます。
- ルーチンの特徴を指定するために使用する CREATE ステートメントで、その他のデフォルト以外の節値を指定する。

Java ルーチンを呼び出すには、379 ページの『第 11 章 ルーチンの呼び出し』を参照してください。

Java ルーチン・コードのビルド

Java ルーチンのインプリメンテーション・コードを作成したなら、ルーチン・アセンブリーをデプロイしてルーチンを呼び出せるようにするには、その前にインプリメンテーション・コードをビルドする必要があります。 Java ルーチンのビルドに必要なステップは、外部ルーチンのビルドに必要なステップに似ていますが、いくつかの点で異なります。

Java ルーチンをビルドするには、次のいくつかの方法があります。

- IBM Data Studioに付属するグラフィック・ツールを使用する
- IBM Rational Application Developer に組み込まれているグラフィック・ツールを使用する
- DB2 サンプル・ビルド・スクリプトを使用する
- DB2 コマンド・ウィンドウからコマンドを入力する

グラフィック・ツールおよび DB2 は、さまざまなオペレーティング・システムに合った Java ルーチンをさまざまな設定で構築するためにカスタマイズできます。ルーチン用のサンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルは、サポートされるデフォルト開発ソフトウェアを使用することにより、特定のオペレーティング・システムのための DB2 サンプル・ルーチン (プロシージャーおよびユーザー定義関数) を作成することを目的として設計されています。

JDBC および SQLJ で作成された Java ルーチン用の DB2 サンプル・ビルド・スクリプトおよびバッチ・ファイルには個別セットがあります。一般に、Java ルーチンをビルドするには、グラフィック・ツールまたはビルド・スクリプト (必要に応じて容易に変更できる) を使用するのが最も簡単な方法ですが、DB2 コマンド・ウィンドウからルーチンをビルドする方法も知っておくと、いろいろと役に立ちます。

JDBC ルーチンの構築

JDBC ルーチンを構築するには、Java `makefile` または javac コマンドを使用できます。これらのルーチンを構築した後で、それらをカタログする必要があります。

以下のステップは、これらのルーチンを構築して実行する方法を示しています。

- `SpServer` のサンプル JDBC ストアード・プロシージャー
- `UDFsrv` のサンプル・ユーザー定義関数。これには SQL ステートメントが入っていません。
- `UDFsqlsv` のサンプル・ユーザー定義関数。これには SQL ステートメントが入っています。
- SpServer.java ストアード・プロシージャーをサーバー上で構築して実行するには、コマンド行から以下のようにします。
  1. 以下のコマンドで、SpServer.java をコンパイルして、ファイル SpServer.class を作成します。

     ```
     javac SpServer.java
     ```

  2. `SpServer.class` を、Windows オペレーティング・システム上では `sqllib¥function` ディレクトリーに、UNIX 上では `sqllib/function` ディレクトリーにコピーします。
  3. サーバーで spcat スクリプトを実行してルーチンをカタログします。 spcat スクリプトは、サンプル・データベースに接続し、ルーチンが既にカタログ済みであれば SpDrop.db2 を呼び出してルーチンをアンカタログし、次に SpCreate.db2 を呼び出してそのルーチンをカタログし、そして最後にデータベースへの接続を切断します。また、SpDrop.db2 スクリプトと SpCreate.db2 スクリプトは、個別に実行することもできます。
  4. データベースを一度停止してから再始動し、新しいクラス・ファイルが認識されるようにします。必要であれば、クラス・ファイルのファイル・モードを「読み取り」に設定して、fenced ユーザーが読み取ることができるようにします。
  5. `SpClient` クライアント・アプリケーションをコンパイルして実行し、ストアード・プロシージャー・クラスにアクセスします。
- `UDFsrv.java` ユーザー定義関数プログラム (SQL ステートメントがないユーザー定義関数) をサーバー上で構築して実行するには、コマンド行から以下のようにします。
  1. 以下のコマンドで、`UDFsrv.java` をコンパイルして、ファイル UDFsrv.class を作成します。

     ```
     javac UDFsrv.java
     ```

2. UDFsrv.class を、Windows オペレーティング・システム上では sqllib¥function ディレクトリーに、UNIX 上では sqllib/function ディレクトリーにコピーします。
3. UDFsrv を呼び出すクライアント・プログラムをコンパイルして実行します。

   UDFsrv ライブラリーにアクセスするには、UDFcli.java JDBC アプリケーションまたは UDFcli.sqlj SQLJ クライアント・アプリケーションを使用できます。どちらのバージョンのクライアント・プログラムにも、ユーザー定義関数をデータベースで登録するために使用する CREATE FUNCTION SQL ステートメントと、ユーザー定義関数を使用する SQL ステートメントが含まれています。

- UDFsqlsv.java ユーザー定義関数プログラム (SQL ステートメントを含むユーザー定義関数) をサーバー上で構築して実行するには、コマンド行から以下のようにします。
  1. 以下のコマンドで、UDFsqlsv.java をコンパイルして、ファイル UDFsqlsv.class を作成します。

     ```
     javac UDFsqlsv.java
     ```

  2. UDFsqlsv.class を、Windows オペレーティング・システム上では sqllib¥function ディレクトリーに、UNIX 上では sqllib/function ディレクトリーにコピーします。
  3. UDFsqlsv を呼び出すクライアント・プログラムをコンパイルして実行します。

     UDFsqlsv ライブラリーにアクセスするには、UDFsqlcl.java JDBC アプリケーションを使用できます。クライアント・プログラムには、ユーザー定義関数をデータベースで登録するために使用する CREATE FUNCTION SQL ステートメントと、ユーザー定義関数を使用する SQL ステートメントが含まれています。

SQL ルーチンの構築

SQLJ ルーチンを構築するには、Java makefile または bldsqljs ビルド・ファイルを使用できます。これらのルーチンを構築した後で、それらをカタログする必要があります。

以下のステップは、SpServer サンプル SQLJ ストアード・プロシージャーを構築して実行する方法を示しています。これらのステップは、ビルド・ファイル bldsqljs (UNIX) または bldsqljs.bat (Windows) を使用します。これには SQLJ アプレットまたはアプリケーションのいずれかを構築するためのコマンドが含まれています。

ビルド・ファイルは最大で 6 つのパラメーターを取ります。これは UNIX 上では $1、$2、$3、$4、$5、および $6、Windows 上では %1、%2、%3、%4、%5、および %6 です。最初のパラメーターはプログラムの名前を指定します。 2 番目のパラメーターはデータベース・インスタンスのユーザー ID を指定し、3 番目のパラメーターはパスワードを指定します。 4 番目のパラメーターはサーバー名を指定します。 5 番目のパラメーターはポート番号を指定します。 6 番目のパラメーターはデータベース名を指定します。最初のパラメーター (プログラム名) を除く他のす

べてについては、デフォルト値を使用できます。デフォルトのパラメーター値の使用について詳しくは、ビルド・ファイルを参照してください。

1. ストアード・プロシージャー・アプリケーションをこのコマンドで構築するには、以下のようにします。

   ```
   bldsqljs SpServer <userid> <password> <server_name> <port_number> <db_name>
   ```

2. ストアード・プロシージャーを以下のコマンドでカタログします。

   ```
   spcat
   ```

   このスクリプトは、サンプル・データベースに接続し、ルーチンが既にカタログ済みであれば SpDrop.db2 を呼び出してルーチンをアンカタログし、次に SpCreate.db2 を呼び出してそのルーチンをカタログし、そして最後にデータベースへの接続を切断します。また、SpDrop.db2 スクリプトと SpCreate.db2 スクリプトは、個別に実行することもできます。

3. データベースを一度停止してから再始動し、新しいクラス・ファイルが認識されるようにします。必要であれば、クラス・ファイルのファイル・モードを読み取りに設定して、fenced ユーザーが読み取ることができるようにします。

4. SpClient クライアント・アプリケーションをコンパイルして実行し、ストアード・プロシージャー・クラスにアクセスします。 SpClient は、アプリケーション・ビルド・ファイルの bldsqlj (UNIX) または bldsqlj.bat (Windows) で構築できます。

Java (SQLJ) ルーチンのコンパイルとリンクのオプション

UNIX の SQLJ ルーチン・オプション

bldsqljs ビルド・スクリプトは、UNIXオペレーティング・システムで SQLJ ルーチンを構築します。 bldsqljs は SQLJ 変換プログラムおよびカスタマイザー・オプションのセットを指定します。

推奨: UNIX プラットフォームで SQLJ ルーチンを構築する際に bldsqljs が使用するものと同じ SQLJ 変換プログラムおよびカスタマイザー・オプションを使用してください。

bldsqljs が含んでいるオプションは、以下のとおりです。

sqlj SQLJ 変換プログラム (プログラムのコンパイルも行います)。

"${progname}.sqlj"
SQLJ ソース・ファイル。拡張子が入力ファイル名に含まれていた場合、progname=${1%.sqlj} コマンドはその拡張子を除去します。そのため、拡張子を再び追加しても重複することはありません。

db2sqljcustomize
SQLJ プロファイル・カスタマイザー。

-url データベース接続を確立するための JDBC URL を指定します (jdbc:db2://servername:50000/sample など)。

-user ユーザー ID を指定します。

-password
パスワードを指定します。

"${progname}_SJProfile0"
プログラムのシリアライズド・プロファイルを指定します。

Windows の SQLJ ルーチン・オプション

bldsqljs.bat バッチ・ファイルは、Windows オペレーティング・システムで SQLJ ルーチンを構築します。 bldsqljs.bat は SQLJ 変換プログラムおよびカスタマイザー・オプションのセットを指定します。

推奨: Windows オペレーティング・システムで SQLJ ルーチンを構築する際に bldsqljs.bat が使用するものと同じ SQLJ 変換プログラムおよびカスタマイザー・オプションを使用してください。

以下の SQLJ 変換プログラムおよびカスタマイザー・オプションが、Windows オペレーティング・システム上の bldsqljs.bat バッチ・ファイルで使用されます。これらのオプションは、DB2 が SQLJ ルーチン (ストアード・プロシージャーおよびユーザー定義関数) の構築に使用するように推奨しているものです。

sqlj SQLJ 変換プログラム (プログラムのコンパイルも行います)。

%1.sqlj
SQLJ ソース・ファイル。

db2sqljcustomize
DB2 for Java プロファイル・カスタマイザー。

-url データベース接続を確立するための JDBC URL を指定します (jdbc:db2://servername:50000/sample など)。

-user ユーザー ID を指定します。

-password
パスワードを指定します。

%1_SJProfile0
プログラムのシリアライズド・プロファイルを指定します。

Java ルーチン・クラス・ファイルの DB2 データベース・サーバーへのデプロイ

呼び出し時に、ルーチンが配置されていて、ロードと実行ができるようにするためには、DB2 データベース・サーバー・ファイル・システムに Java ルーチン・インプリメンテーションがデプロイされている必要があります。

個々の Java クラス・ファイルには、1 つ以上の Java ルーチン・インプリメンテーションを含めることができます。複数の Java ルーチン・インプリメンテーションが含まれる Java クラス・ファイルを JAR ファイルに一緒に集めることができます。ルーチンをインプリメントするのに使用する Java クラス・ファイルは、DB2 データベースにインストールした JAR ファイルに置かなければなりません。

前提条件:

- ルーチン・クラスのデプロイ先の DB2 データ・サーバーを識別します。
- UNIX オペレーティング・システムで、DB2 インスタンス所有者のユーザー ID を識別します。不明の場合は、データベース管理者に問い合わせてください。

以下のようにして、それぞれの Java ルーチン・クラス・ファイルをデプロイします。

- DB2 function ディレクトリーに Java ルーチン・クラスをコピーします。

  UNIX オペレーティング・システムでは、function ディレクトリーは次のように定義されています。<install_path>/function、ここで <install_path> は DB2 データベース・マネージャーのインストール・パスです。例えば、$HOME/sqllib/function では、$HOME はインスタンス所有者のホーム・ディレクトリーです。

  Windows オペレーティング・システムでは、function ディレクトリーは次のように定義されています。<instance_profile_path>¥function、ここで <instance_profile_path> は、db2icrt (インスタンスの作成) コマンドで指定されたパスです。インスタンス・プロファイル・パス名は、以下のように db2set コマンドを発行することによって検出できます。

  ```
  db2set DB2INSTPROF
  ```

  例: C:¥Documents and Settings¥All Users¥Application Data¥IBM¥DB2¥db2copy1¥function

  クラスを Java パッケージの一部として宣言する場合は、 function ディレクトリーの中にクラスの完全修飾名と一致するサブディレクトリーを作成し、それぞれのサブディレクトリーに対応するクラス・ファイルを配置します。例えば、Linux オペレーティング・システムで ibm.tests.test1 というクラスを作成する場合は、対応する Java バイトコード・ファイル (test1.class) を $HOME/sqllib/function/ibm/tests (ここで $HOME はインスタンス所有者のホーム・ディレクトリー) に保管します。

以下のようにして、Java ルーチン・クラス・ファイルが含まれている JAR ファイルをデプロイします。

- Java ルーチン・クラス・ファイルが含まれている JAR ファイルを DB2 データベース・サーバー・ファイル・システムにインストールする必要があります。

Java ルーチン・クラス・ファイルをデプロイしてから、CREATE ステートメントを実行してデータベースにルーチンを定義すると、ルーチンを呼び出すことができます。

従属クラスを持つ Java ルーチン・クラス・ファイルの DB2 データベース・サーバーへのデプロイ

Java ルーチン・クラス・ファイルに、標準 Java クラスまたは DB2 クラスの一部ではないクラスへの従属性がある場合、上記のセクションで示したステップを各従属クラスに対して繰り返します。

別の方法として、従属クラスを検出するために CLASSPATH 環境変数内のディレクトリーを検索するよう DB2 データベースを構成することもできます。Windows オペレーティング・システムの場合、データベース・サーバーは CLASSPATH システム環境変数内で、指定されたディレクトリーを自動的に検索します。UNIX オペレ

ーティング・システムでは、DB2ENVLIST 環境変数の一部としてテキスト ″CLASSPATH″ が指定されている場合は、データベース・サーバーはインスタンス所有者の CLASSPATH 環境変数を検索します。CLASSPATH 環境変数に頼るのではなく、従属クラスをインストールすることを強くお勧めします。

データベース・サーバーでの JAR ファイル管理

Java ルーチンのクラス・ファイルを含む JAR ファイルをデプロイするには、JAR ファイルを DB2 データベース・サーバーにインストールする必要があります。これは、DB2 データベース・サーバー上で JAR ファイルのインストール、置き換え、または除去を行うシステム定義ルーチンを使用して、IBM Data Server Client から行われます。

DB2 インスタンス内の JAR ファイルをインストール、置換、または除去するには、次のように DB2 に付属しているストアード・プロシージャーを使用します。

インストール

```
sqlj.install_jar( jar-url, jar-id )
```

注: 呼び出し元 sqlj.install_jar の許可 ID によって保持される特権には、少なくとも以下のいずれか 1 つが含まれていなければなりません。

- 明示的または暗黙的に指定されたスキーマの CREATEIN 特権
- SYSADM または DBADM 権限

置換

```
sqlj.replace_jar( jar-url, jar-id )
```

除去

```
sqlj.remove_jar( jar-id )
```

- *jar-url*: インストールまたは置換の対象の JAR ファイルが置かれている URL を指定します。サポートされる URL 体系は、'file:' だけです。
- *jar-id*: 128 バイトまでの長さのユニーク・ストリング ID。これは、*jar-url* ファイルに関連したデータベース内の JAR ID を指定します。

注: ストアード・プロシージャー sqlj.install_jar および sqlj.remove_jar をアプリケーションから呼び出すときは、さらに別のパラメーターが付きます。それは、指定の JAR ファイル内でのデプロイメント記述子の使用を指示する整数値です。現在、デプロイメント・パラメーターはサポートされていないので、非ゼロ値を指定して呼び出してもすべてリジェクトされてしまいます。

以下に、前記の JAR ファイル管理ストアード・プロシージャーの使用方法の例をいくつか示します。

パス /home/bob/bobsjar.jar に置かれている JAR を MYJAR としてデータベースに登録するには、次のようにします。

```
CALL sqlj.install_jar( 'file:/home/bob/bobsjar.jar', 'MYJAR' )
```

以降、SQL コマンドが bobsjar.jar ファイルを使用する際には、 MYJAR という名前で参照します。

MYJAR を、特定の更新済みクラスをもった別の JAR に置き換えるには、次のようにします。

```
CALL sqlj.replace_jar( 'file:/home/bob/bobsnewjar.jar', 'MYJAR' )
```

データベース・カタログから MYJAR を除去するには、次のようにします。

```
CALL sqlj.remove_jar( 'MYJAR' )
```

注: Windows オペレーティング・システムでは、 DB2 は *DB2INSTPROF* インスタンス固有のレジストリー設定によって指定されたパスに JAR ファイルを保管します。 JAR ファイルをインスタンス内のユニーク・ファイルにするには、そのインスタンスの *DB2INSTPROF* での固有値を指定する必要があります。

Java ルーチン・クラスの更新

Java ルーチンのロジックを変更する場合、ルーチン・ソース・コードを更新し、コードをコンパイル (変換) してから、DB2 データベース・サーバーにデプロイされる Java クラスまたは JAR ファイルのバージョンを更新する必要があります。 DB2 データベース・マネージャーが Java ルーチンの新規バージョンを必ず使用するようにするには、Java クラスの新規バージョンをメモリーにロードするシステム定義プロシージャーを実行する必要があります。

Java ルーチン・クラスを更新するには、以下のようにします。

1. 新規の Java クラスまたは JAR ファイルを DB2 データベース・サーバーにデプロイする。
2. fenced ルーチンに対して以下のシステム定義プロシージャーを実行する。

   ```
   CALL SQLJ.REFRESH_CLASSES()
   ```

   これで、DB2 データベース・マネージャーは次のコミットまたはロールバック操作で新しいクラスをメモリーにロードします。

   unfenced ルーチンの場合、このステップは通用しません。 unfenced ルーチンの場合、Java ルーチン・クラスの新しいバージョンがロードされて使用されるようにするには、DB2 データベース・マネージャーを明示的に停止してから再始動する必要があります。

Java ルーチン・クラスを更新した後に上述のステップを実行しないと、DB2 データベース・マネージャーは以前のバージョンのクラスを使用し続けます。

Java (JDBC) ルーチンの例

JDBC アプリケーション・プログラミング・インターフェースを使用する Java ルーチンを開発する際に、CREATE ステートメントと Java ルーチン・コードをどのようにすればよいかという感覚をつかむと役に立ちます。以下のトピックには、Java プロシージャーおよび関数の例が含まれています。

- Java (JDBC) プロシージャーの例
- XML フィーチャーを持つ Java (JDBC) プロシージャーの例
- Java (JDBC) 関数の例

例: Java (JDBC) プロシージャーでの配列データ・タイプ

配列データ・タイプを使った Java ルーチンの例。

以下の例では、配列データ・タイプの IN および OUT パラメーターを伴う Java ルーチンのスケルトンを示しています。

```
CREATE TYPE phonenumbers AS VARCHAR(20) ARRAY[10] %
CREATE PROCEDURE javaproc( IN in1 phonenumbers,
                           OUT out1 phonenumbers)
  LANGUAGE java
  PARAMETER STYLE java
  FENCED THREADSAFE
  EXTERNAL NAME 'myjar:stpclass.javastp' %

import java.sql.Array;

public static void javaproc(Array input, Array[] output)
{
output[0] = input;
}
```

例: Java (JDBC) プロシージャーでの XML および XQuery サポート

Java プロシージャーの基本、JDBC アプリケーション・プログラミング・インターフェース (API) を使用した Java でのプログラミング、および XQuery を理解したなら、XML データを照会する Java プロシージャーの作成および使用を始めることができます。

ここでの Java プロシージャーの例では、以下について示します。

- パラメーター・スタイル JAVA プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- パラメーター・スタイル JAVA プロシージャーのソース・コード
- データ・タイプ XML の入出力パラメーター
- 照会での XML 入力パラメーターの使用
- XQuery の結果、XML 値の出力パラメーターへの割り当て
- SQL ステートメントの結果、XML 値の出力パラメーターへの割り当て

前提条件

Java プロシージャーの例を使用した作業を開始する前に、以下のトピックを参照することもできます。

- Java ルーチン
- ルーチン
- Java ルーチン・コードのビルド

この下の例では、xmlDataTable という名前の表を使用します。その定義および含まれているデータは以下のとおりです。

```
CREATE TABLE xmlDataTable
(
   num INTEGER,
   xdata XML
)@

INSERT INTO xmlDataTable VALUES
   (1, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
```

```
                                <type>car</type>
                                <make>Pontiac</make>
                                <model>Sunfire</model>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(2, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>car</type>
                                <make>Mazda</make>
                                <model>Miata</model>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(3, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>person</type>
                                <name>Mary</name>
                                <town>Vancouver</town>
                                <street>Waterside</street>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(4, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>person</type>
                                <name>Mark</name>
                                <town>Edmonton</town>
                                <street>Oak</street>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(5, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>animal</type>
                                <name>dog</name>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(6, NULL),
(7, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>car</type>
                                <make>Ford</make>
                                <model>Taurus</model>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(8, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>person</type>
                                <name>Kim</name>
                                <town>Toronto</town>
                                <street>Elm</street>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(9, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                <type>person</type>
                                <name>Bob</name>
                                <town>Toronto</town>
                                <street>Oak</street>
                                </doc>' PRESERVE WHITESPACE)),
(10, XMLPARSE(DOCUMENT '<doc>
                                 <type>animal</type>
                                 <name>bird</name>
                                 </doc>' PRESERVE WHITESPACE))@
```

手順 独自の Java プロシージャーを作成するときには、以下の例を参考にしてください。

- 364 ページの表 42
- 364 ページの表 43

Java 外部コード・ファイル

例では、Java プロシージャー・インプリメンテーションを示します。例は、CREATE PROCEDURE ステートメントと、関連 Java クラスのビルド元プロシージャーの外部 Java コード・インプリメンテーションという 2 つの部分から成っています。

以下の例のプロシージャー・インプリメンテーションに含まれる Java ソース・ファイルは、stpclass.java という名前で、myJAR という名前の JAR ファイルに組み込まれています。ファイルの形式は以下のとおりです。

表 42. Java 外部コード・ファイルの形式

```
using System;
import java.lang.*;
import java.io.*;
import java.sql.*;
import java.util.*;
import com.ibm.db2.jcc.DB2Xml;

 public class stpclass
 {          ...
    // Java procedure implementations
           ...
 }
```

ファイルに先頭では、Java クラス・ファイルの import が示されています。ファイル内の、タイプ XML のパラメーターまたは変数を含むプロシージャーが使用される場合は、 com.ibm.db2.jcc.DB2Xml import が必要です。

クラス・ファイルの名前、および特定のプロシージャー・インプリメンテーションを含む JAR 名をメモしておくことは重要です。各プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節でその情報を指定して、DB2 が実行時にそのクラスを見つけられるようにする必要があるからです。

例 1: XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル JAVA プロシージャー

この例では、以下について説明します。

- パラメーター・スタイル JAVA のプロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメント
- XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル JAVA プロシージャーの Java コード

このプロシージャーは入力パラメーター、inXML を取り、その値を含む行を表に挿入し、SQL ステートメントと XQuery 式の両方を使用して XML データを照会して、2 つの出力パラメーター、outXML1 と outXML2 を設定します。

表 43. XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル JAVA プロシージャーを作成するためのコード

```
CREATE PROCEDURE  xmlProc1   ( IN inNUM  INTEGER,
                               IN inXML  XML as CLOB (1K),
                               OUT out1XML XML as CLOB (1K),
                               OUT out2XML XML as CLOB (1K)
                                  )
DYNAMIC RESULT SETS 0
DETERMINISTIC
LANGUAGE JAVA
PARAMETER STYLE JAVA
MODIFIES SQL DATA
FENCED
THREADSAFE
DYNAMIC RESULT SETS 0
PROGRAM TYPE SUB
NO DBINFO
EXTERNAL NAME 'myJar:stpclass.xmlProc1'@
```

表 43. XML パラメーターを使用するパラメーター・スタイル JAVA プロシージャーを作成するためのコード (続き)

```
//*************************************************************************
//  Stored Procedure: XMLPROC1
//
//  Purpose:   Inserts XML data into XML column; queries and returns XML data
//
//  Parameters:
//
//   IN:      inNum -- the sequence of XML data to be insert in xmldata table
//            inXML -- XML data to be inserted
//   OUT:     out1XML -- XML data to be returned
//            out2XML -- XML data to be returned
//
//*************************************************************************

public void xmlProc1(int inNum,
                     DB2Xml inXML ,
                     DB2Xml[] out1XML,
                     DB2Xml[] out2XML
                    )
throws Exception
{
       Connection con = DriverManager.getConnection("jdbc:default:connection");

       // Insert data including the XML parameter value into a table
       String query = "INSERT INTO xmlDataTable (num, inXML ) VALUES ( ?, ? )" ;
       String xmlString = inXML.getDB2String() ;

       stmt = con.prepareStatement(query);
       stmt.setInt(1, inNum);
       stmt.setString (2, xmlString );
       stmt.executeUpdate();
       stmt.close();

       // Query and retrieve a single XML value from a table using SQL
       query = "SELECT xdata from xmlDataTable WHERE num = ? " ;

       stmt = con.prepareStatement(query);
       stmt.setInt(1, inNum);
       ResultSet rs = stmt.executeQuery();

       if ( rs.next() )
       {  out1Xml[0] = (DB2Xml) rs.getObject(1);  }

       rs.close() ;
       stmt.close();

       // Query and retrieve a single XML value from a table using XQuery
       query = "XQUERY for $x in db2-fn:xmlcolumn(¥"xmlDataTable.xdata¥")/doc
                                where $x/make = ¥'Mazda¥'
                                return <carInfo>{$x/make}{$x/model}</carInfo>";

       stmt = con.createStatement();

       rs = stmt.executeQuery( query );

       if ( rs.next() )
       {  out2Xml[0] = (DB2Xml) rs.getObject(1) ;  }

       rs.close();
       stmt.close();
       con.close();

       return ;
}
```

第 9 章 OLE オートメーション・ルーチンの設計

オブジェクトのリンクと埋め込み (OLE) オートメーションは、 Microsoft Corporation による OLE 2.0 アーキテクチャーの一部です。 OLE オートメーションがあれば、ユーザー・アプリケーションは、作成に使用する言語に関係なく、OLE オートメーション・オブジェクト内でそのプロパティーとメソッドを公開できます。 Lotus Notes® や Microsoft Exchange のような他のアプリケーションは、OLE オートメーションによるこれらのプロパティーとメソッドを利用して、これらのオブジェクトを統合することができます。

これらのプロパティーとメソッドを公開するアプリケーションを OLE オートメーション・サーバーまたはオブジェクトと呼び、それらにアクセスするアプリケーションを OLE オートメーション・コントローラーと呼びます。 OLE オートメーション・サーバーは、 OLE IDispatch インターフェースをインプリメントする COM コンポーネント (オブジェクト) です。 OLE オートメーション・コントローラーは、サーバーの IDispatch インターフェースを介してオートメーション・サーバーと通信する COM クライアントです。 COM は、OLE の土台をなすものです。 OLE オートメーション・ルーチンの場合、DB2 は OLE オートメーション・コントローラーとして動作します。 DB2 は、この機構を介して、OLE オートメーション・オブジェクトの方式を外部ルーチンとして呼び出すことができます。

OLE オートメーションの解説ではすべて、OLE オートメーションの用語や概念をよく知っていることを前提としています。 OLE オートメーションの概説については、「*Microsoft : The Component Object Model Specification* (1995 年 10 月)」を参照してください。 OLE オートメーションの詳細については、「*OLE Automation Programmer's Reference* (Microsoft Press、1996 年、ISBN 1-55615-851-3)」を参照してください。

OLE オートメーション・ルーチンの作成

OLE オートメーション・ルーチンは、 OLE オートメーション・オブジェクトのパブリック・メソッドとしてインプリメントされています。 OLE オートメーション・オブジェクトは、 OLE オートメーション・コントローラー (この場合は DB2) によって外部で作成可能でなければならず、遅延バインド (IDispatch ベースのバインドとも呼ばれる) をサポートしなければなりません。 OLE オートメーション・オブジェクトは、クラス ID (CLSID) および任意で OLE プログラム ID (progID) を指定して、 Windows レジストリーに登録し、オートメーション・オブジェクトを識別するようにします。 progID は、プロセス内 (.DLL) またはローカル (.EXE) OLE オートメーション・サーバー、または DCOM (分散 COM) を介してリモート・サーバーを識別できます。

OLE オートメーション・ルーチンを登録するには、次のようにします。

OLE オートメーション・オブジェクトのコーディングが終わったら、 CREATE ステートメントを使用して、そのオブジェクトのメソッドをルーチンとして作成する

必要があります。 OLE オートメーション・ルーチンの作成は、 C または C++ のルーチンの登録とよく似ていますが、以下のオプションを使用する必要があります。

- LANGUAGE OLE
- FENCED NOT THREADSAFE。OLE オートメーション・ルーチンは FENCED モードで実行する必要がありますが、 THREADSAFE で実行することはできないからです。

外部名は、OLE 自動化オブジェクトを識別する OLE progID とメソッド名を ! (感嘆符) で区切った形になります。

```
CREATE FUNCTION bcounter () RETURNS INTEGER
  EXTERNAL NAME 'bert.bcounter!increment'
  LANGUAGE OLE
  FENCED
  NOT THREADSAFE
  SCRATCHPAD
  FINAL CALL
  NOT DETERMINISTIC
  NULL CALL
  PARAMETER STYLE DB2SQL
  NO SQL
  NO EXTERNAL ACTION
  DISALLOW PARALLEL;
```

OLE メソッド・インプリメンテーションの呼び出し規則は、 C や C++ で作成されたルーチンの呼び出し規則と同一です。上記のメソッドを BASIC 言語でインプリメントすると、次のようになります (BASIC では、パラメーターはデフォルト設定で参照呼び出しとして定義されることに注意してください)。

```
Public Sub increment(output As Long, _
                     indicator As Integer, _
                     sqlstate As String, _
                     fname As String, _
                     fspecname As String, _
                     sqlmsg As String, _
                     scratchpad() As Byte, _
                     calltype As Long)
```

OLE ルーチン・オブジェクト・インスタンスおよびスクラッチパッドに関する考慮事項

OLE オートメーション UDF およびメソッド (OLE オートメーション・オブジェクトの方式) は、OLE オートメーション・オブジェクトのインスタンス上で適用されます。 DB2 は、SQL ステートメント内で UDF またはメソッドを照会するたびにオブジェクト・インスタンスを作成します。オブジェクト・インスタンスは SQL ステートメント内でそれ以後の UDF またはメソッド参照の方式呼び出しに再使用されます。つまり、方式呼び出しの後にインスタンスは解放され、それ以後の方式呼び出しのたびに新しいオブジェクトが作成されます。 CREATE ステートメントの SCRATCHPAD オプションによって、適切な振る舞いを指定できます。
LANGUAGE OLE 節の場合、SCRATCHPAD オプションには C や C++ の場合よりも多くのセマンティックがあり、1 つのオブジェクト・インスタンスが 1 つの照会を通じて使用するために作成および再利用されますが、NO SCRATCHPAD が指定されている場合には、メソッドが呼び出されるたびに新しいオブジェクト・インスタンスが作成されます。

スクラッチパッドを使用すると、メソッドは複数の関数またはメソッド呼び出しにわたって状態情報をオブジェクトのインスタンス変数内に保持できます。また、オブジェクト・インスタンスは一度だけ作成され、後の呼び出しで再利用されるので、パフォーマンスも向上します。

OLE オートメーションでサポートされている SQL データ・タイプ

DB2 は、SQL タイプと OLE オートメーション・タイプの間でタイプ変換を処理します。次の表では、サポートされるデータ・タイプと、それらがどのようにマップされるかを要約しています。

表 44. SQL と OLE オートメーション・データ・タイプのマッピング

SQL タイプ	OLE オートメーション・タイプ	OLE オートメーション・タイプの説明
SMALLINT	short	16 ビットの符号付き整数
INTEGER	long	32 ビットの符号付き整数
REAL	float	32 ビットの IEEE 浮動小数点数
FLOAT または DOUBLE	double	64 ビットの IEEE 浮動小数点数
DATE	DATE	1899 年 12 月 30 日からの日数を表す、64 ビットの浮動小数点分数
TIME	DATE	
TIMESTAMP	DATE	
CHAR(*n*)	BSTR	「*OLE Automation Programmer's Reference*」で説明されている、長さフィールド付きストリング
VARCHAR(*n*)	BSTR	
LONG VARCHAR	BSTR	
CLOB(*n*)	BSTR	
GRAPHIC(*n*)	BSTR	「*OLE Automation Programmer's Reference*」で説明されている、長さフィールド付きストリング
VARGRAPHIC(*n*)	BSTR	
LONG GRAPHIC	BSTR	
DBCLOB(*n*)	BSTR	
CHAR(*n*)	SAFEARRAY[unsigned char]	8 バイト符号なしデータ項目の 1 ディメンション Byte() 配列。(SAFEARRAY については、*OLE Automation Programmer's Reference* で解説されています。)
VARCHAR(*n*)	SAFEARRAY[unsigned char]	
LONG VARCHAR	SAFEARRAY[unsigned char]	
CHAR(*n*) FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	
VARCHAR(*n*) FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	
LONG VARCHAR FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	
BLOB(*n*)	SAFEARRAY[unsigned char]	

DB2 と OLE オートメーション・ルーチンがやりとりするデータは、参照呼び出しとして渡されます。表に載っていない、BIGINT、DECIMAL、LOCATORS などの SQL タイプ、ブール (Boolean) や CURRENCY などの OLE オートメーション・タイプは、サポートされません。 BSTR にマップされる文字と GRAPHIC データは、データベース・コード・ページから UCS-2 スキーマに変換されます。 (UCS-2 は Unicode とも呼ばれます。これは IBM コード・ページ 13488 です。) 戻されるとただちにデータは UCS-2 からデータベース・コード・ページに変換し直されま

す。これらの変換は、データベース・コード・ページに関係なく起こります。このようなコード・ページ変換表をインストールしていないと、SQLCODE -332 が出されます (SQLSTATE 57017)。

BASIC および C++ での OLE オートメーション・ルーチン

OLE オートメーション・ルーチンは、どの言語でもインプリメントできます。この項では、2 つの言語 BASIC と C++ を例として取り上げ、 OLE オートメーション・ルーチンをインプリメントする方法を示します。以下の表は、 OLE オートメーション・タイプから BASIC と C++ のデータ・タイプへのマッピングを示しています。

表 45. SQL および OLE データ・タイプから BASIC および C++ データ・タイプへのマッピング

SQL タイプ	OLE オートメーション・タイプ	BASIC タイプ	C++ タイプ
SMALLINT	short	Integer	short
INTEGER	long	Long	long
REAL	float	Single	float
FLOAT または DOUBLE	double	Double	double
DATE、TIME、TIMESTAMP	DATE	Date	DATE
CHAR(*n*)	BSTR	String	BSTR
CHAR(*n*) FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	Byte()	SAFEARRAY
VARCHAR(*n*)	BSTR	String	BSTR
VARCHAR(*n*) FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	Byte()	SAFEARRAY
LONG VARCHAR	BSTR	String	BSTR
LONG VARCHAR FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	Byte()	SAFEARRAY
BLOB(*n*)	BSTR	String	BSTR
BLOB(*n*) FOR BIT DATA	SAFEARRAY[unsigned char]	Byte()	SAFEARRAY
GRAPHIC(*n*)、VARGRAPHIC(*n*)、LONG GRAPHIC、DBCLOB(*n*)	BSTR	String	BSTR

BASIC での OLE オートメーション

BASIC で OLE オートメーション・ルーチンをインプリメントするには、OLE オートメーション・タイプにマップされた SQL データ・タイプに対応する BASIC データ・タイプを使用する必要があります。

OLE オートメーション UDF を BASIC で宣言すると、`bcounter` は次のようになります。

```
Public Sub increment(output As Long, _
                     indicator As Integer, _
                     sqlstate As String, _
                     fname As String, _
                     fspecname As String, _
                     sqlmsg As String, _
                     scratchpad() As Byte, _
                     calltype As Long)
```

C++ での OLE オートメーション

OLE オートメーション UDF を C++ で宣言すると、increment は次のようになります。

```
STDMETHODIMP Ccounter::increment (long   *output,
                                  short  *indicator,
                                  BSTR   *sqlstate,
                                  BSTR   *fname,
                                  BSTR   *fspecname,
                                  BSTR   *sqlmsg,
                                  SAFEARRAY **scratchpad,
                                  long   *calltype );
```

OLE は、OLE オートメーション・オブジェクトのプロパティーとメソッドを記述するタイプ・ライブラリーをサポートします。公開されるオブジェクト、プロパティー、およびメソッドは、オブジェクト記述言語 (ODL) で記述されます。上記の C++ メソッドを ODL で記述すると、次のようになります。

```
HRESULT increment ([out]    long  *output,
                   [out]    short *indicator,
                   [out]    BSTR  *sqlstate,
                   [in]     BSTR  *fname,
                   [in]     BSTR  *fspecname,
                   [out]    BSTR  *sqlmsg,
                   [in,out] SAFEARRAY (unsigned char) *scratchpad,
                   [in]     long *calltype);
```

ODL の記述では、パラメーターを入力 (in)、出力 (out)、入出力 (in,out) パラメーターのどれにするかを指定できます。 OLE オートメーション・ルーチンの場合、ルーチンの入力パラメーターとその入力標識は [in] パラメーターとして指定され、ルーチンの出力パラメーターとその出力標識は [out] パラメーターとして指定されます。ルーチンの末尾引数の場合、sqlstate は [out] パラメーター、fname と fspecname は [in] パラメーター、scratchpad は [in,out] パラメーター、および calltype は [in] パラメーターです。

OLE オートメーションは、ストリングを処理する BSTR データ・タイプを定義します。 BSTR は、OLECHAR: typedef OLECHAR *BSTR へのポインターとして定義されます。 BSTR の割り振りおよび解放に関しては、呼び出される側のルーチンは参照呼び出しパラメーターとして渡した BSTR を解放してから、参照呼び出しパラメーターに新しい値を割り当てる、という規則が OLE では適用されます。呼び出される側のルーチンが SAFEARRAY** として受け取る 1 ディメンションのバイト配列にも、同じ規則が適用されます。この規則は、DB2 と OLE オートメーション・ルーチンにとっては、次のような意味があります。

- [in] パラメーター: DB2 は [in] パラメーターの割り振りと解放を行います。
- [out] パラメーター: DB2 は NULL へのポインターを渡します。[out] パラメーターは、呼び出される側のルーチンによって割り振られ、DB2 によって解放されなければなりません。
- [in,out] パラメーター: DB2 は最初に [in,out] パラメーターを割り当てます。これらのパラメーターは、呼び出される側のルーチンによって解放および再割り振りすることができます。 [out] パラメーターの場合のように、最後に戻されたパラメーターは DB2 が解放します。

他のすべてのパラメーターは、ポインターとして渡されます。 DB2 は、参照されるメモリーを割り振りおよび管理します。

OLE オートメーションには、 BSTR と SAFEARRAY を扱うための一そろいのデータ操作関数が備わっています。データ操作関数については、「*OLE Automation Programmer's Reference*」で説明されています。

次の C++ ルーチンは、CLOB 入力パラメーターの最初の 5 文字を戻します。

```
// UDF DDL: CREATE FUNCTION crunch (CLOB(5k)) RETURNS CHAR(5)

STDMETHODIMP Cobj::crunch (BSTR *in,          // CLOB(5K)
                           BSTR *out,         // CHAR(5)
                           short *indicator1,  // input indicator
                           short *indicator2,  // output indicator
                           BSTR *sqlstate,    // pointer to NULL
                           BSTR *fname,       // pointer to function name
                           BSTR *fspecname,   // pointer to specific name
                           BSTR *msgtext)     // pointer to NULL
  {
     // Allocate BSTR of 5 characters
     // and copy 5 characters of input parameter

     // out is an [out] parameter of type BSTR, that is,
     // it is a pointer to NULL and the memory does not have to be freed.
     // DB2 will free the allocated BSTR.

     *out = SysAllocStringLen (*in, 5);
     return NOERROR;
  };
```

OLE オートメーション・サーバーは、*作成可能単独使用* か、*作成可能複数使用* としてインプリメントできます。作成可能単独使用の場合、 CoGetClassObject で OLE オートメーション・オブジェクトに接続している各クライアント (つまり、DB2 fenced プロセス) は、クラス・ファクトリーの独自インスタンスを使用し、必要に応じて OLE オートメーション・サーバーのコピーを新規に実行します。作成可能複数使用の場合、多数のクライアントが同じクラス・ファクトリーに接続します。つまり、クラス・ファクトリーの各インスタンスは、すでに実行されている OLE サーバー (存在する場合) によって提供されます。実行中の OLE サーバー・コピーがない場合は、自動的に 1 つが起動され、クラス・オブジェクトを提供します。単独使用と複数使用 OLE オートメーションの選択は、オートメーション・サーバーをインプリメントするときにユーザーが行います。パフォーマンスを重視する場合は単独使用サーバーをお勧めします。

第 10 章 OLE DB ユーザー定義表関数

Microsoft OLE DB は、アプリケーションが、さまざまな情報ソースに保管されているデータに同じ方法でアクセスできるようにする、OLE/COM インターフェースのセットです。 OLE DB コンポーネントの DBMS アーキテクチャーでは、 OLE DB Consumer と OLE DB Provider を定義しています。 OLE DB Consumer は、OLE DB インターフェースを使用するシステムまたはアプリケーションで、 OLE DB Provider は、OLE DB インターフェースを公開するコンポーネントです。 OLE DB Providers には以下の 2 つのクラスがあります。 1 つは *OLE DB データ提供者* で、データを所有し、そのデータを行セットのような表形式で公開します。もう 1 つは *OLE DB サービス提供者* で、それ自身のデータを所有しませんが、 OLE DB インターフェースによってデータを作成および使用して、サービスをカプセル化します。

DB2 データベース・システムは、 OLE DB データ・ソースにアクセスする表関数を定義できるようにすることにより、 OLE DB アプリケーションの作成を単純化しています。DB2 は、任意の OLE DB データまたはサービス提供者にアクセスすることができる OLE DB Consumer になります。 OLE DB インターフェースを介してデータを公開するデータ・ソース上で、 GROUP BY、JOIN、および UNION を含む操作を実行することができます。例えば、OLE DB 表関数を定義して、Microsoft Access データベースまたは Microsoft Exchange のアドレス帳から表を戻し、それからこの OLE DB 表関数からのデータと DB2 データベース中のデータとをシームレスに結合したレポートを作成することができます。

OLE DB 表関数を使用すると、 OLE DB Provider への組み込みアクセスが提供されるため、アプリケーション開発に費やす労力が軽減されます。 C、Java、および OLE オートメーション表関数では、開発者は表関数をインプリメントする必要がありますが、 OLE DB 表関数では、汎用組み込み OLE DB Consumer が、データを検索する OLE DB Provider とやり取りをします。それには、表関数を LANGUAGE OLEDB として登録し、 OLE DB Provider とそれに関連した行セットをデータ・ソースとして参照する必要があるだけです。 OLE DB 表関数を使用するために、なんらかの UDF プログラミングを行う必要はありません。

OLE DB 表関数を DB2 データベースで使用するには、 OLE DB 2.0 またはそれ以降をインストールする必要があります (これは、 Microsoft 社の `http://www.microsoft.com` から入手できます)。 OLE DB をインストールしていないまま OLE DB 表関数を呼び出そうとすると、 DB2 は SQLCODE -465、SQLSTATE 58032、理由コード 35 を発行します。システム要件と、ご使用のデータ・ソースで使用可能な OLE DB Providers については、データ・ソース資料を参照してください。 OLE DB の仕様については、Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK (Microsoft Press から入手可能) を参照してください。

OLE DB 表関数の使用に関する制約事項: OLE DB 表関数は、DB2 データベースに接続できません。

OLE DB 表 UDF の作成

OLE DB 表関数を単一の CREATE FUNCTION ステートメントで定義するには、以下のようにする必要があります。

- OLE DB Provider が戻す表を定義する。
- LANGUAGE OLEDB を指定する。
- OLE DB 行セットを識別し、 OLE DB Provider 接続ストリングを EXTERNAL NAME 節に指定する。

OLE DB データ・ソースは、そのデータを*行セット* と呼ばれる表形式で公開します。行セットとは、それぞれの行が列セットを持つ行のセットです。 RETURNS TABLE 節には、ユーザーと関係がある列だけが含まれます。 OLE DB データ・ソースでの表関数列と行セットの列とのバインドは、列名に基づいて行われます。 OLE DB Provider が大文字小文字の区別をする場合、例えば、 `"UPPERcase"` のように、列名を引用符の間に置いてください。

EXTERNAL NAME 節は、以下のいずれかの形式をとることができます。

```
    'server!rowset'
  または
    '!rowset!connectstring'
```

詳細は次のとおりです。

server CREATE SERVER ステートメントで登録されたサーバー。

rowset OLE DB Provider によって公開された行セットまたは表を識別します。コマンド・テキストから OLE DB Provider に渡される入力パラメーターがその表にある場合、この値は空になります。

connectstring
OLE DB Provider に接続するために必要な初期化特性が含まれます。接続ストリングの完全な構文とセマンティクスについては、「*Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK*」(Microsoft Press、1998) の『Data Link API of the OLE DB Core Components』を参照してください。

CREATE FUNCTION ステートメントの EXTERNAL NAME 節で*接続ストリング*を使用するか、または CREATE SERVER ステートメントで *CONNECTSTRING* オプションを指定することができます。

例えば、以下の CREATE FUNCTION および SELECT ステートメントを使用して、OLE DB 表関数を定義して Microsoft Access データベースからの表を戻すことができます。

```
CREATE FUNCTION orders ()
  RETURNS TABLE (orderid INTEGER, ...)
  LANGUAGE OLEDB
  EXTERNAL NAME '!orders!Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.3.51;
                 Data Source=c:¥msdasdk¥bin¥oledb¥nwind.mdb';

SELECT orderid, DATE(orderdate) AS orderdate,
                DATE(shippeddate) AS shippeddate
FROM TABLE(orders()) AS t
WHERE orderid = 10248;
```

EXTERNAL NAME 節に接続ストリングを入れる代わりに、サーバー名を作成および使用することができます。例えば、サーバー Nwind を定義してあるとすると、次の CREATE FUNCTION ステートメントを使用することができます。

```
CREATE FUNCTION orders ()
  RETURNS TABLE (orderid INTEGER, ...)
  LANGUAGE OLEDB
  EXTERNAL NAME 'Nwind!orders';
```

OLE DB 表関数により、任意の文字ストリング・データ・タイプの入力パラメーターを 1 つ指定することもできます。入力パラメーターを使用して、 OLE DB Provider にコマンド・テキストを直接渡します。入力パラメーターを定義する場合、EXTERNAL NAME 節に行セット名を指定しないでください。 DB2 は、実行するコマンド・テキストを OLE DB Provider に渡し、OLE DB Provider は DB2 に行セットを戻します。結果として戻される行セットの列名とデータ・タイプは、CREATE FUNCTION ステートメントの RETURNS TABLE 定義と互換性がある必要があります。行セットの列名とのバインドは、一致する列名に基づいているため、列を正しく命名していることを確かめる必要があります。

以下の例では、Microsoft SQL Server 7.0 データベースから保管情報を検索する OLE DB 表関数を登録します。 EXTERNAL NAME 節に接続ストリングを指定します。表関数に、コマンド・テキストから OLE DB Provider に渡される入力パラメーターがあるため、 EXTERNAL NAME 節では行セット名は指定されません。 SQL コマンド・テキストで照会の例が渡され、 SQL サーバー・データベースからの上位 3 つの保管についての情報が検索されます。

```
CREATE FUNCTION favorites (VARCHAR(600))
  RETURNS TABLE (store_id CHAR (4), name VARCHAR (41), sales INTEGER)
  SPECIFIC favorites
  LANGUAGE OLEDB
  EXTERNAL NAME '!!Provider=SQLOLEDB.1;Persist Security Info=False;
  User ID=sa;Initial Catalog=pubs;Data Source=WALTZ;
  Locale Identifier=1033;Use Procedure for Prepare=1;
  Auto Translate=False;Packet Size=4096;Workstation ID=WALTZ;
  OLE DB Services=CLIENTCURSOR;';

SELECT *
FROM TABLE (favorites (' select top 3 sales.stor_id as store_id,  ' ||
                       '        stores.stor_name as name,         ' ||
                       '        sum(sales. qty) as sales          ' ||
                       ' from sales, stores                       ' ||
                       ' where sales.stor_id = stores.stor_id     ' ||
                       ' group by sales.stor_id, stores.stor_name ' ||
                       ' order by sum(sales.qty) desc')) as f;
```

完全修飾行セット名

EXTERNAL NAME 節の一部の行セットは、*完全修飾名* で識別される必要があります。完全修飾名には、以下のいずれかまたはその両方が組み込まれます。

- 関連するカタログ名。以下の情報が必要です。
  - プロバイダーがカタログ名をサポートしているかどうか
  - カタログ名を完全修飾名のどこに入れるか
  - 使用するカタログ名区切り記号
- 関連するスキーマ名。以下の情報が必要です。
  - プロバイダーがスキーマ名をサポートしているかどうか

– 使用するスキーマ名区切り記号

OLE DB Provider によって提供されるカタログとスキーマ名のサポートについての情報は、 OLE DB Provider のリテラル情報の資料を参照してください。

ご使用のプロバイダーのリテラル情報で DBLITERAL_CATALOG_NAME が NULL でない場合、カタログ名と DBLITERAL_CATALOG_SEPARATOR の値を区切り記号として使用してください。完全修飾名の先頭または終わりのどちらにカタログ名を置くかを判別するには、OLE DB Provider のプロパティー・セット DBPROPSET_DATASOURCEINFO にある DBPROP_CATALOGLOCATION の値を参照してください。

ご使用のプロバイダーのリテラル情報で DBLITERAL_SCHEMA_NAME が NULL でない場合、スキーマ名と DBLITERAL_SCHEMA_SEPARATOR の値を区切り記号として使用してください。

名前に特殊文字や突き合わせキーワードが含まれている場合、 OLE DB Provider に指定された引用符文字で名前を囲んでください。引用符文字は、OLE DB Provider のリテラル情報で、 DBLITERAL_QUOTE_PREFIX および DBLITERAL_QUOTE_SUFFIX として定義されます。例えば、以下の EXTERNAL NAME では、指定された行セットには、*authors* と呼ばれる行セットのカタログ名 *pubs* とスキーマ名 *dbo* が含まれていて、その名前を囲むために引用符文字 " が使用されています。

```
EXTERNAL NAME '!"pubs"."dbo"."authors"!Provider=SQLOLEDB.1;...';
```

完全修飾名の構成の詳細については、「*Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK*」(Microsoft Press、1998) と、OLE DB Provider の資料を参照してください。

OLE DB でサポートされている SQL データ・タイプ

以下の表では、DB2 データ・タイプを OLE DB データ・タイプにマップする方法が示されています。これについては「*Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK* Microsoft Press, 1998」に記載されています。マッピング表を使用して、OLE DB 表関数に適切な RETURNS TABLE 列を定義します。例えば、データ・タイプ INTEGER の列を使用して OLE DB 表関数を定義する場合、DB2 は OLE DB Provider からのデータを DBTYPE_I4 として要求します。

OLE DB Provider ソース・データ・タイプから OLE DB データ・タイプへのマッピングについては、OLE DB Provider の資料を参照してください。 ANSI SQL、Microsoft Access、および Microsoft SQL Server プロバイダーが、それぞれのデータ・タイプを OLE DB データ・タイプにマップする方法の例については、「*Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK*, Microsoft Press, 1998」を参照してください。

表 46. DB2 データ・タイプの OLE DB へのマッピング

DB2 データ・タイプ	OLE DB データ・タイプ
SMALLINT	DBTYPE_I2
INTEGER	DBTYPE_I4
BIGINT	DBTYPE_I8
REAL	DBTYPE_R4

表 46. DB2 データ・タイプの OLE DB へのマッピング (続き)

DB2 データ・タイプ	OLE DB データ・タイプ
FLOAT/DOUBLE	DBTYPE_R8
DEC (p, s)	DBTYPE_NUMERIC (p, s)
DATE	DBTYPE_DBDATE
TIME	DBTYPE_DBTIME
TIMESTAMP	DBTYPE_DBTIMESTAMP
CHAR(N)	DBTYPE_STR
VARCHAR(N)	DBTYPE_STR
LONG VARCHAR	DBTYPE_STR
CLOB(N)	DBTYPE_STR
CHAR(N) FOR BIT DATA	DBTYPE_BYTES
VARCHAR(N) FOR BIT DATA	DBTYPE_BYTES
LONG VARCHAR FOR BIT DATA	DBTYPE_BYTES
BLOB(N)	DBTYPE_BYTES
GRAPHIC(N)	DBTYPE_WSTR
VARGRAPHIC(N)	DBTYPE_WSTR
LONG GRAPHIC	DBTYPE_WSTR
DBCLOB(N)	DBTYPE_WSTR

注: OLE DB データ・タイプの変換規則は、「*Microsoft OLE DB 2.0 Programmer's Reference and Data Access SDK*, Microsoft Press, 1998」で定義されています。以下に例を示します。

- OLE DB データ・タイプ DBTYPE_CY を検索するには、データを OLE DB データ・タイプ DBTYPE_NUMERIC(19,4) に変換することができ、これは DB2 データ・タイプ DEC(19,4) にマップされます。
- OLE DB データ・タイプ DBTYPE_I1 を検索するには、データを OLE DB データ・タイプ DBTYPE_I2 に変換することができ、これは DB2 データ・タイプ SMALLINT にマップされます。
- OLE DB データ・タイプ DBTYPE_GUID を検索するには、データを OLE DB データ・タイプ DBTYPE_BYTES に変換することができ、これは DB2 データ・タイプ CHAR(12) FOR BIT DATA にマップされます。

第 11 章 ルーチンの呼び出し

ルーチンを開発し、CREATE ステートメントの実行によってルーチンをデータベース内に作成した場合、そのルーチンを呼び出すことができます (ただし、ルーチンの定義元また呼び出し元に適切なルーチン特権が付与されている必要があります)。

ルーチンの目的と使用法は、それぞれのタイプによって異なります。ルーチンを呼び出すための前提条件は共通ですが、呼び出しのインプリメンテーションがそれぞれ異なります。

ルーチン呼び出しの前提条件

- CREATE ステートメントを使用して、データベース内にルーチンを作成しておく必要があります。
- 外部ルーチンの場合は、 CREATE ステートメントの EXTERNAL 節で指定するロケーションにライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルをインストールする必要があります。これを行わないと、エラー (SQLCODE SQL0444、SQLSTATE 42724) になります。
- ルーチンの呼び出し側には、そのルーチンに関する EXECUTE 特権が必要です。呼び出し側にルーチン実行の許可が与えられていない場合は、エラー (SQLSTATE 42501) になります。

プロシージャーの呼び出し

プロシージャーを呼び出すには、そのプロシージャーへの参照を指定した CALL ステートメントを実行します。

CALL ステートメントは、プロシージャーを呼び出し、プロシージャーにパラメーターを渡し、プロシージャーから戻されるパラメーターを受け取ることを可能にするためのステートメントです。プロシージャーから戻されるアクセス可能な結果セットの処理はすべて、プロシージャーが正常に戻された後に行えます。

プロシージャーは、 CALL ステートメントがサポートされているところであればどこからでも呼び出せます。例えば、以下から呼び出すことができます。

- クライアント・アプリケーション
- 外部ルーチン (プロシージャー、UDF、またはメソッド)
- SQL ルーチン (プロシージャー、UDF、またはメソッド)
- トリガー (BEFORE トリガー、AFTER トリガー、または INSTEAD OF トリガー)
- 動的コンパウンド・ステートメント
- コマンド行プロセッサー (CLP)

クライアント・アプリケーションまたは外部ルーチンからプロシージャーを呼び出す場合、そのクライアント・アプリケーションまたは外部ルーチンは、プロシージャーの言語以外の言語で作成してもかまいません。例えば、C++ で作成したクライアント・アプリケーションから、 CALL ステートメントを使用して、 Java で作成したプロシージャーを呼び出すことができます。したがって、プログラマーにとっ

ては、自分の好みの言語でプログラミングを行い、さまざまな言語で作成したコードの断片を統合する、という柔軟な作業が可能になります。

さらに、プロシージャーが置かれているものとは異なるオペレーティング・システム上で、プロシージャーを呼び出すクライアント・アプリケーションを実行してもかまいません。例えば、Windows オペレーティング・システム上で実行しているクライアント・アプリケーションから、CALL ステートメントを使用して、Linux データベース・サーバー上にあるプロシージャーを呼び出すことができます。

プロシージャーの呼び出し側によっては、追加の考慮事項があります。

関数の呼び出し

関数は、SQL ステートメント内での参照によって呼び出します。

組み込み関数、ソース派生集約関数、スカラー・ユーザー定義関数への参照は、SQL ステートメント内で式を使用できる場所であれば、どこにでも記述できます。例えば、照会の選択リスト内や INSERT ステートメントの VALUES 節内などの場所があります。表関数は FROM 節内でしか参照できません。例えば、照会やデータ変更ステートメントの FROM 節内です。

メソッドの呼び出し

メソッドは、構造化タイプに対して振る舞いを指定するという点を除けば、スカラー関数と似ています。メソッドの呼び出しは、メソッドのパラメーターの 1 つがメソッドの操作対象の構造化タイプでなければならないという点を除けば、スカラー・ユーザー定義関数呼び出しと同じです。

ルーチン呼び出しの関連タスク

特定のタイプのルーチンを呼び出すには、以下の項を参照してください。

- 390 ページの『アプリケーションまたは外部ルーチンからのプロシージャーの呼び出し』
- 391 ページの『トリガーまたは SQL ルーチンからのプロシージャーの呼び出し』
- 詳しくは、「*コール・レベル・インターフェース ガイドおよびリファレンス 第 1 巻*」の 『CLI アプリケーションからのストアード・プロシージャーの呼び出し』を参照してください。
- 394 ページの『コマンド行プロセッサー (CLP) からのプロシージャーの呼び出し』
- 402 ページの『スカラー関数またはメソッドの呼び出し』
- 403 ページの『ユーザー定義の表関数の呼び出し』

SQL の入ったルーチンの許可およびバインド

ルーチン・レベルの許可について論じるときには、まずルーチンに関連したいくつかのロール、それぞれのロールの判別、各ロールに関連した特権について説明することが大切です。

パッケージ所有者

ルーチンのインプリメンテーションにかかわっているパッケージの所有者です。パッケージの所有者とは、パッケージをデータベースにバインドするために BIND コマンドを実行したユーザーです (ただし、プリコンパイル/バインドの OWNER オプションを使用してパッケージの所有権をオーバーライドし、別のユーザーにその所有権を設定した場合は別です)。 BIND コマンドを実行すると、パッケージに関する EXECUTE WITH GRANT 特権がパッケージ所有者に付与されます。ルーチンのライブラリーまたは実行可能ファイルは、複数のパッケージで構成されることがあるので、そのような場合は、複数のパッケージ所有者が関連付けられます。

ルーチン定義者

ルーチンを登録するために CREATE ステートメントを発行した ID です。基本的には DBA がルーチン定義者になりますが、ルーチンのパッケージ所有者がルーチン定義者になることもあります。ルーチンを呼び出すと、パッケージのロード時に、そのルーチンを実行する許可が、そのルーチンに関連した 1 つ以上のパッケージを実行する定義者の許可 (ルーチンの呼び出し側の許可ではない) に照らしてチェックされます。ルーチンを正常に呼び出すには、ルーチン定義者に以下の特権のいずれかが必要です。

- ルーチンの 1 つ以上のパッケージに関する EXECUTE 特権とルーチンに関する EXECUTE 特権
- SYSADM または DBADM 権限

ルーチン定義者とルーチンのパッケージ所有者が同じユーザーの場合、ルーチン定義者はパッケージに関するその必要な EXECUTE 特権を持つことになります。定義者がパッケージ所有者でない場合は、パッケージ所有者か、SYSADM または DBADM 権限を持つユーザーが、パッケージに関する EXECUTE 特権を定義者に明示的に付与する必要があります。

ルーチンを登録する CREATE ステートメントを実行すると、ルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権が定義者に暗黙的に GRANT されます。

ルーチン定義者のロールは、ルーチンに関連付けられているパッケージを実行する特権と、 PUBLIC またはルーチンを呼び出す必要のある特定のユーザーに対して、ルーチンに関する EXECUTE 特権を付与する特権を 1 つの許可 ID にカプセル化することです。

注: SQL ルーチンの場合、ルーチン定義者は暗黙的にパッケージ所有者にもなります。したがって定義者は、ルーチンの CREATE ステートメントの実行時に、ルーチンとルーチン・パッケージの両方に関する EXECUTE WITH GRANT OPTION を持つことになります。

ルーチンの呼び出し側

ルーチンを呼び出す ID です。どのユーザーをルーチンの呼び出し側とするかを決定するには、どのようにルーチンが呼び出されるかを考慮することが必要です。ルーチンは、コマンド・ウィンドウか、組み込み SQL アプリケーション内から呼び出せます。メソッドと UDF の場合は、ルーチン参照を別の SQL ステートメントに組み込みます。プロシージャーは、CALL ステートメントによって呼び出します。アプリケーション内の動的 SQL の場合、呼び出し側は、すぐ上のレベルのルーチンのランタイム許可 ID か、そ

のルーチン呼び出しが入ったアプリケーションのランタイム許可 ID です (ただし、この ID は、そのルーチンまたはアプリケーションをバインドしたときに使用した DYNAMICRULES オプションに依存する場合もあります)。静的 SQL の場合、呼び出し側は、ルーチンの参照を含むパッケージの OWNER プリコンパイル/BIND オプションの値です。正常にルーチンを呼び出すには、これらのユーザーにルーチンに関する EXECUTE 特権が必要です。 GRANT ステートメントを明示的に実行することによってこの特権をだれかに GRANT できるのは、ルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権を持つユーザー (この特権が明示的に取り消されていないルーチン定義者も含まれる) と、 SYSADM 権限または DBADM 権限を持つユーザーです。

例えば、動的 SQL を含むアプリケーションに関連したパッケージを DYNAMICRULES BIND でバインドした場合は、そのパッケージを呼び出した人物ではなく、そのアプリケーションの実行時許可 ID がパッケージ所有者になります。また、パッケージ所有者は、実際のバインド・プログラムになるか、プリコンパイル/バインドの OWNER オプションの値になります。その場合、ルーチンの呼び出し側は、アプリケーションを実行しているユーザーの ID ではなく、そのオプション値をとります。

注:

1. ルーチン内の静的 SQL の場合、パッケージ所有者の特権は、ルーチン本体内の SQL ステートメントの実行に関して十分なものでなければなりません。ルーチンに対するネストされた参照がある場合、これらの SQL ステートメントで表へのアクセス権または EXECUTE 特権が必要になることもあります。
2. ルーチン内の動的 SQL の場合、特権を検査されるユーザー ID は、ルーチン本体の BIND の DYNAMICRULES オプションによって規制されます。
3. ルーチン・パッケージ所有者は、ルーチンの定義者に対してパッケージでの実行許可を与える必要があります。許可を与えるのは、ルーチンの登録の前でも後でもかまいませんが、いずれにしてもルーチンの呼び出し前でなければなりません。そうでない場合は、エラー (SQLSTATE 42051) が戻されます。

以下の図とテキストに、ルーチンに関する EXECUTE 特権の管理に関係するステップを示します。

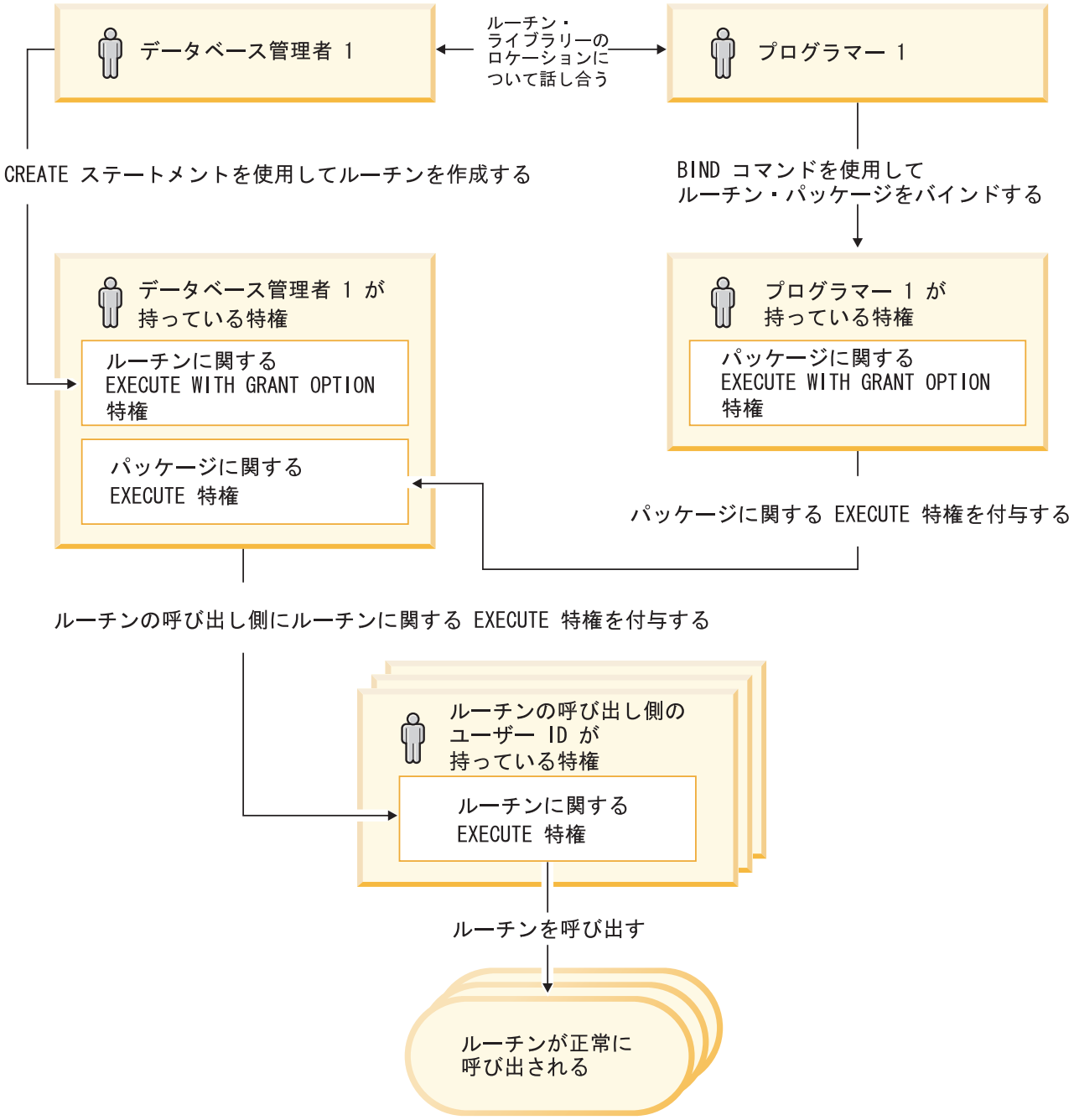


図 3. ルーチンに関する EXECUTE 特権の管理

1. 定義者は、該当する CREATE ステートメントを実行してルーチンを登録します。このステートメントでは、所定のレベルの SQL アクセス権の指定のもとにルーチンを DB2 に登録し、ルーチンのシグニチャーを確立し、ルーチンの実行可能プログラムの位置を指定します。定義者がパッケージ所有者も兼ねていない場合は、パッケージ所有者およびルーチン・プログラムの作成者と連絡を取り合って、ルーチン・ライブラリーが存在する場所を明確にする必要があります。そうしないと、CREATE ステートメントの EXTERNAL 節でその場所を正確に指定できないからです。 CREATE ステートメントを正常に実行すると、定義者は

そのルーチンに関する EXECUTE WITH GRANT 特権を持つことになりますが、ルーチンのパッケージに関する EXECUTE 特権を持つことにはなりません。

2. 定義者は、ルーチンの使用を許可される予定のすべてのユーザーに対してルーチンに関する EXECUTE 特権を付与する必要があります。 (そのルーチンのパッケージがルーチンを再帰的に呼び出す場合、次のステップの前に必ずこのステップを実行する必要があります。)
3. パッケージ所有者は、ルーチン・プログラムをプリコンパイルおよびバインドするか、または他でそれを代行させます。プリコンパイルとバインドが正常に完了すると、パッケージの所有者にはそれぞれのパッケージに関する EXECUTE WITH GRANT OPTION 特権が暗黙的に GRANT されます。このリストのステップ 1 の後にこのステップが続いているのは、ルーチン内で SQL を繰り返す場合に備えるためでしかありません。どのような場合でもそのような繰り返しが存在しない場合は、ルーチンの CREATE ステートメントを実行する前にプリコンパイル/バインドを実行してかまいません。
4. 各パッケージ所有者は、それぞれのルーチン・パッケージに関する EXECUTE 特権をルーチンの定義者に対して明示的に付与する必要があります。このステップは、前のステップの少し後で実行しなければなりません。パッケージ所有者がルーチンの定義者も兼ねている場合は、このステップを省略できます。
5. ルーチンの静的使用: ルーチンを参照するパッケージのバインド所有者は、ルーチンに対する EXECUTE 特権をすでに与えられていなければなりません。したがって、この時点で前のステップはすでに完了していなければなりません。ルーチンの実行時に DB2 は、すべてのパッケージに対する必要な EXECUTE 特権を定義者がもっているかどうかを検査します。したがってこの時点で、該当する各パッケージを対象としたステップ 3 は完了していなければなりません。
6. ルーチンの動的使用: DYNAMICRULES オプションによって制御される呼び出し元アプリケーションの許可 ID には、ルーチンに対する EXECUTE 特権がなければならず (ステップ 4)、ルーチンの定義者にはパッケージに対する EXECUTE 特権がなければなりません (ステップ 3)。

ルーチン名およびパス

ストアード・プロシージャーまたは UDF の修飾名は schema-name.routine-name です。ストアード・プロシージャーまたは UDF を参照するどの場所でもこの修飾名を使用できます。以下に例を示します。

```
SANDRA.BOAT_COMPARE    SMITH.FOO    SYSIBM.SUBSTR    SYSFUN.FLOOR
```

schema-name. を省略することもできますが、省略すると、DB2 は参照されているストアード・プロシージャーまたは UDF の識別を試みます。以下に例を示します。

```
BOAT_COMPARE    FOO    SUBSTR    FLOOR
```

メソッドの修飾名は schema-name.type..method-name です。

SQL パス の概念は、schema-name を使用しない場合に*非修飾* 参照を DB2 が解決するための中心となるものです。 SQL パスとは、スキーマ名の順序付けられたリストです。これには、ストアード・プロシージャー、UDF、およびタイプへの非修飾参照を解決するためのスキーマが用意されています。パスの複数のスキーマ内の

ストアード・プロシージャー、タイプ、または UDF と参照が一致する場合は、パス内のスキーマの順序を使用してこの一致が解決されます。 SQL パスは、静的 SQL の場合はプリコンパイルおよびバインド・コマンド上の FUNCPATH オプションによって設定されます。 SQL パスは、動的 SQL の SET PATH ステートメントによって設定されます。 SQL パスのデフォルト値は、次のようになります。

```
"SYSIBM","SYSFUN","SYSPROC", "ID"
```

これは静的 SQL と動的 SQL の両方の場合に当てはまります。この場合の *ID* は、現行ステートメントの許可 ID を表します。

ルーチン名は*多重定義* することができます。つまり、1 つのスキーマ内で複数のルーチンに同じ名前を付けられるということです。同一名の付いた複数の関数またはメソッドは、それぞれのデータ・タイプが異なってさえいれば、同一数のパラメーターを持つことができます。これはストアード・プロシージャーには当てはまりません。すなわち、複数のストアード・プロシージャーに同一名が付いていれば、それぞれ異なる数のパラメーターをもっていなければならないということです。ルーチン・タイプがそれぞれ異なるインスタンスは互いに多重定義しあうことはありません。ただし、関数を多重定義できるメソッドは例外です。メソッドで関数を多重定義するには、 WITH FUNCTION ACCESS 節を使用してそのメソッドを登録する必要があります。

関数、ストアード・プロシージャー、およびメソッドは、互いの多重定義なしで同一の*シグニチャー* をもつことができ、同一のスキーマ内に存在することができます。ルーチンのコンテキストに関するかぎり、シグニチャーとは、すべてのパラメーターの定義済みでしかも定義順に並んだデータ・タイプに連結された修飾ルーチン名のことです。

メソッドは、関連した構造化タイプのインスタンスに対して呼び出されます。サブタイプが作成されるときにそれが継承する属性の中には、スーパータイプ用に定義されたメソッドがあります。したがって、スーパータイプのメソッドを、そのサブタイプのインスタンスに対して実行することもできます。サブタイプを定義するときには、スーパータイプのメソッドを*オーバーライドする* ことができます。メソッドをオーバーライドするということは、そのメソッドを特定のサブタイプ用に特別に再インプリメントすることを意味します。これにより、メソッドの動的ディスパッチング (ポリモアフィズムとも言います) が容易になります。動的ディスパッチングでは、構造化タイプ・インスタンスのタイプに従って最も特定されたメソッドがアプリケーションによって実行されます (例えば、構造化タイプ階層にあるもの)。

どのルーチン・タイプにも独自の選択アルゴリズムがありますが、そこでは、多重定義 (メソッドの場合とオーバーライド) と SQL パスへの対策が講じられていて、ルーチンの各参照ごとに最も一致するものが選択されます。

ネストされたルーチンの呼び出し

ルーチンのコンテキストに関するかぎりでは、ネスティング とはルーチンが他のルーチンを呼び出す状況のことを言います。つまり、あるルーチンによって発行された SQL は別のルーチンを参照することができ、さらに後のルーチンはまた別のルーチンを参照する SQL を発行できる、というわけです。参照先の一連のルーチンの中に、以前に参照されたルーチンが含まれている場合、これを*再帰的*なネスティングの状況といいます。

ネスティングおよび再帰は、次のような制約事項のもとに DB2 ルーチン内で使用することができます。

64 レベルのネスト

ルーチンの呼び出しは、64 段階の深さのレベルまでネストすることができます。ルーチン A がルーチン B を呼び出し、ルーチン B がルーチン C を呼び出すシナリオを考察してみます。この例では、ルーチン C の実行はネスト・レベル 3 で行われます。さらに 61 段階のネスト・レベルを指定することができます。

その他の制限

ルーチンは、自分より高い SQL データ・アクセス・レベルでカタログされたターゲット・ルーチンを呼び出すことはできません。例えば、CONTAINS SQL 節で作成された UDF は CONTAINS SQL 節または NO SQL 節のいずれかで作成されたストアード・プロシージャーを呼び出すことはできます。しかしこのルーチンは、 READS SQL DATA 節または MODIFIES SQL DATA 節を使用して作成されたストアード・プロシージャーを呼び出すことはできません (SQLCODE -577、SQLSTATE 38002)。その理由は、呼び出し側の SQL レベルでは、行おうとしている操作の読み取りも変更も許可されないからです (これは、呼び出されるルーチンへと継承されます)。

ルーチンのネスティングでは、読み取りおよび書き込みの操作でルーチン同士に競合が生じないようにするために表へのアクセスが制限されるというまた別の制限事項もあります。

64 ビット・データベース・サーバーでの 32 ビット・ルーチンの呼び出し

64 ビット DB2 インスタンスでは、32 ビット外部ルーチン・ライブラリーを参照する C および COBOL ルーチンを呼び出すことができます。ただしこれらのルーチンは、スレッド・セーフではなく fenced として実行するように指定する必要があります。これは、新規ルーチンの作成時にルーチンの CREATE ステートメントに FENCED 節および NOT THREADSAFE 節の両方を組み込むことで実行できます。64 ビット・インスタンスですでに作成済みのルーチンの場合、ALTER FUNCTION または ALTER PROCEDURE ステートメントは、ルーチン定義を変更するために使用できます。そのような 32 ビット・ルーチンを 64 ビット環境で初めて呼び出したときは、パフォーマンスが低下します。その後の 32 ビット・ストアード・プロシージャーの呼び出しでは、64 ビット・ルーチンと同等のパフォーマンスが示されます。 32 ビット・ルーチンを 64 ビットの DB2 インスタンスで使用することはお勧めしません。

64 ビット・データベース・サーバー上で 64 ビットの DB2 インスタンス内の Java プロシージャーを正常に呼び出すには、64 ビット Java 仮想マシン (JVM) が必要です。 32 ビットの JVM は、64 ビットの DB2 インスタンスでのルーチンの実行用にはサポートされていません。 Java クラスはプラットフォームに依存しないので、32 ビットのソフトウェア開発キットでコンパイルされた Java クラスは、64 ビットの JVM で正常に実行できます。これを実行しても、ルーチンのパフォーマンスには影響はありません。

既存の 32 ビット・ルーチンを 64 ビット・サーバー上で呼び出すには、次のようにします。

1. 次のようにして、ルーチンのクラスまたはライブラリーをデータベースのルーチン・ディレクトリーにコピーします。
   - UNIX: sqllib/function
   - Windows: sqllib¥function
2. ストアード・プロシージャーを CREATE PROCEDURE ステートメントで登録します。
3. CALL ステートメントでストアード・プロシージャーを呼び出す。

ルーチンのコード・ページに関する考慮事項

文字データは、ルーチンの作成時に使用された PARAMETER CCSID オプションによって示されるコード・ページで外部ルーチンに渡されます。同様に、ルーチンから出力される文字ストリングも、 PARAMETER CCSID オプションによって示されるコード・ページを使用しているものとデータベースでは見なされます。

例えば、コード・ページ C を使用しているクライアント・プログラムが、コード・ページ S のセクションにアクセスし、そのセクションがコード・ページ R のルーチンを呼び出すとすると、以下のようになります。

1. SQL ステートメントを呼び出すと、入力文字データは、クライアント・アプリケーションのコード・ページ (C) からセクションのコード・ページ (S) に変換されます。 FOR BIT DATA として使用されるデータの BLOB の変換は行われません。
2. ルーチンのコード・ページがセクションのコード・ページと異なっている場合は、ルーチンが呼び出される前に、入力文字データ (BLOB と FOR BIT DATA を除く) がルーチンのコード・ページ (R) に変換されます。

   サーバー・ルーチンのプリコンパイル、コンパイル、バインドを実行するときには、ルーチンの呼び出し時に使用するコード・ページ (R) を使用することを強くお勧めします。ただしこれは、すべてのケースで可能であるとは限りません。例えば、Windows 環境では Unicode データベースを作成することができます。しかし Windows 環境に Unicode コード・ページがなければ、ルーチンを作成するアプリケーションを Windows のコード・ページでプリコンパイル、コンパイル、およびバインドする必要があります。プリコンパイラーが理解できない特殊な区切り文字がアプリケーションにない場合は、ルーチンは正常に作動します。
3. ルーチンが終了すると、データベース・マネージャーはすべての出力文字データを、必要に応じて、ルーチン・コード・ページ (R) からセクション・コード・ページ (S) へ変換します。実行中にルーチンでエラーが生じた場合のルーチンか

らの SQLSTATE と診断メッセージも、ルーチン・コード・ページからセクション・コード・ページに変換されます。 BLOB または FOR BIT DATA の文字ストリングでは変換は行われません。

4. ステートメントが終了すると、出力文字データはセクション・コード・ページ (S) から元のクライアント・アプリケーションのコード・ページ (C) に変換されます。 FOR BIT DATA として使用された BLOB またはデータの変換は行われません。

CREATE FUNCTION、CREATE PROCEDURE、および CREATE TYPE ステートメントで DBINFO オプションを使用すれば、ルーチンのコード・ページがルーチンに渡されます。この解説を参考にして、コード・ページを重視するルーチンを多種多様なコード・ページで機能するように作成することができます。

プロシージャーの参照

修飾名 (スキーマおよびストアード・プロシージャー名) と、その後に続く括弧で囲まれた引数リストでストアード・プロシージャーを参照している CALL ステートメントによってストアード・プロシージャーは呼び出されます。また、スキーマ名を使用しないでストアード・プロシージャーを呼び出すこともできます。その場合、同数のパラメーターをもった別のスキーマ内の選択可能なストアード・プロシージャーを選ぶことになります。

ストアード・プロシージャーに渡されるどのパラメーターも、ホスト変数、パラメーター・マーカー、式、または NULL で構成することができます。以下に、ストアード・プロシージャーのパラメーターに関する制約事項を示します。

- OUT および INOUT パラメーターはホスト変数でなければなりません。
- SQL データ・タイプが Java クラス・タイプにマップされていない限り、NULL を Java ストアード・プロシージャーに渡すことはできません。
- PARAMETER STYLE GENERAL ストアード・プロシージャーに NULL を渡すことはできません。

引数の位置は重要で、それをセマンティクスするストアード・プロシージャーの定義に正確に従っていなければなりません。引数の位置と、ストアード・プロシージャーの定義の両方がストアード・プロシージャー本体に従っていなければなりません。 DB2 は、引数がストアード・プロシージャーの定義とうまく一致するように、引数を入れ替えたりはしません。また、DB2 はストアード・プロシージャーのそれぞれのパラメーターのセマンティクスを理解していません。

プロシージャーの選択

ストアード・プロシージャーが呼び出されると、データベース・マネージャーは同一名の付いたストアード・プロシージャーのうちのどれを呼び出せばよいかを決める必要があります。ストアード・プロシージャーの解決は、次のようなステップを経て行われます。

1. 以下がすべて真になるようなすべてのストアード・プロシージャーをカタログ (SYSCAT.ROUTINES) から探し出します。
   - スキーマ名を指定した呼び出し (すなわち修飾参照) の場合、スキーマ名とストアード・プロシージャー名は呼び出し名に一致する。

- スキーマ名を指定していない呼び出し (すなわち非修飾参照) の場合、ストアード・プロシージャー名は、呼び出し名に一致し、 SQL パス内のスキーマのうちのいずれかに一致するスキーマ名をもっている。
- 定義済みパラメーターの数は呼び出しに一致する。
- 呼び出し側は、ストアード・プロシージャーでの EXECUTE 特権をもっている。

2. SQL パス内の先頭にあるスキーマをもつストアード・プロシージャーを選択している。

最初のステップの完了後も候補のストアード・プロシージャーがない場合、エラーが戻されます (SQLSTATE 42884)。

プロシージャーの呼び出し

プロシージャー (ストアード・プロシージャーともいう) を作成するために必要なアクティビティーが完了したなら、CALL ステートメントを使用して、プロシージャーを呼び出せます。 CALL ステートメントは、プロシージャーを呼び出し、プロシージャーにパラメーターを渡し、プロシージャーから戻されるパラメーターを受け取ることを可能にするための SQL ステートメントです。プロシージャーから戻されるアクセス可能な結果セットの処理はすべて、プロシージャーが正常に戻された後に行えます。プロシージャーは、 CALL ステートメントがサポートされているところであればどこからでも呼び出せます。例えば、以下から呼び出すことができます。

- 組み込み SQL クライアント・アプリケーション
- 外部ルーチン (プロシージャー、UDF、またはメソッド)
- SQL ルーチン (プロシージャー、UDF、またはメソッド)
- SQL トリガー (BEFORE トリガー、AFTER トリガー、または INSTEAD OF トリガー)
- SQL 動的コンパウンド・ステートメント
- コマンド行プロセッサー (CLP) から

クライアント・アプリケーションまたは外部ルーチンからプロシージャーを呼び出す場合、そのクライアント・アプリケーションまたは外部ルーチンは、プロシージャーの言語以外の言語で作成してもかまいません。例えば、C++ で作成したクライアント・アプリケーションから、 CALL ステートメントを使用して、 Java で作成したプロシージャーを呼び出すことができます。したがって、プログラマーにとっては、自分の好みの言語でプログラミングを行い、さまざまな言語で作成したコードの断片を統合する、という柔軟な作業が可能になります。

さらに、プロシージャーが置かれているものとは異なるプラットフォーム上で、プロシージャーを呼び出すクライアント・アプリケーションを実行してもかまいません。例えば、Windows プラットフォーム上で実行しているクライアント・アプリケーションから、 CALL ステートメントを使用して、 Linux データベース・サーバー上にあるプロシージャーを呼び出すことができます。

特定のインターフェースからプロシージャーを呼び出す方法については、以下を参照してください。

- 391 ページの『トリガーまたは SQL ルーチンからのプロシージャーの呼び出し』
- 『アプリケーションまたは外部ルーチンからのプロシージャーの呼び出し』
- 「*コール・レベル・インターフェース　ガイドおよびリファレンス 第 1 巻*」内の 『CLI アプリケーションからのストアード・プロシージャーの呼び出し』
- 394 ページの『コマンド行プロセッサー (CLP) からのプロシージャーの呼び出し』

アプリケーションまたは外部ルーチンからのプロシージャーの呼び出し

クライアント・アプリケーションまたは外部ルーチンと関連したアプリケーションからのロジックをカプセル化したプロシージャー (ストアード・プロシージャーともいう) の呼び出しは、アプリケーション内の単純なセットアップ作業と、 CALL ステートメントの使用によって簡単に行えます。

CREATE PROCEDURE ステートメントを実行して、データベース内にプロシージャーを作成しておく必要があります。

外部プロシージャーの場合は、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節で指定するロケーションに、ライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを配置する必要があります。

プロシージャーの呼び出し側には、CALL ステートメントの実行に必要な特権が必要です。この場合のプロシージャーの呼び出し側は、アプリケーションを実行するユーザー ID ですが、そのアプリケーションで DYNAMICRULES BIND オプションを使用する場合は、特別な規則が適用されます。

アプリケーションからプロシージャーを呼び出す場合は、そのアプリケーションに特定のエレメントを組み込む必要があります。アプリケーションの作成時に、以下の作業を行ってください。

1. オプションのデータ構造および CALL ステートメントで必要なホスト変数またはパラメーター・マーカーのストレージを宣言し、割り振り、初期化します。そのためには、次のようにします。
   - プロシージャーの各パラメーターで使用するホスト変数またはパラメーター・マーカーを割り当てます。
   - IN または INOUT パラメーターに対応するホスト変数またはパラメーター・マーカーを初期化します。
2. データベース接続を確立します。そのためには、組み込み SQL 言語 CONNECT TO ステートメントを実行するか、暗黙的なデータベース接続をコーディングします。
3. プロシージャーの呼び出しをコーディングします。プロシージャー呼び出しのコーディングは、データベース接続のコーディングの後に行います。そのためには、SQL 言語 CALL ステートメントを実行します。プロシージャーが予期する IN、INOUT、OUT の各パラメーターに、ホスト変数、定数、パラメーター・マーカーのいずれかを確実に指定してください。

4. OUT パラメーターと INOUT パラメーターと結果セットを処理するコードを追加します。このコードは、CALL ステートメントの実行の後に記述する必要があります。
5. データベースの COMMIT または ROLLBACK をコーディングします。 CALL ステートメントの実行と、プロシージャーによって戻される出力パラメーター値またはデータの評価の後に、アプリケーションからトランザクションのコミットまたはロールバックを実行することもできます。そのためには、COMMIT ステートメントまたは ROLLBACK ステートメントを組み込みます。プロシージャーに COMMIT ステートメントまたは ROLLBACK ステートメントを組み込むこともできますが、トランザクションの管理は、クライアント・アプリケーション内で行うことをお勧めします。

   注: データベースへのタイプ 2 接続を確立したアプリケーションから呼び出すプロシージャーでは、 COMMIT ステートメントまたは ROLLBACK ステートメントを発行できません。
6. データベースへの接続を切断します。
7. アプリケーションの準備、コンパイル、リンク、バインドを実行します。アプリケーションが外部ルーチン用の場合は、 CREATE ステートメントを発行してルーチンを作成し、オペレーティング・システムの適切な関数パスに外部コード・ライブラリーを配置して、データベース・マネージャーがそのライブラリーを見つけられるようにします。
8. アプリケーションを実行するか、外部ルーチンを呼び出します。アプリケーションに組み込んだ CALL ステートメントが呼び出されます。

注: SQL ステートメントとルーチン・ロジックは、ステップ 2 から 5 までの任意の時点でコーディングできます。

トリガーまたは SQL ルーチンからのプロシージャーの呼び出し

プロシージャーの呼び出しは、 SQL ルーチン、トリガー、動的コンパウンド・ステートメントのどれから行う場合も基本的に同じです。この呼び出しのインプリメントには、どの場合も同じステップを使用します。このトピックでは、トリガーのシナリオを使いながら、そのステップを説明します。ルーチンまたは動的コンパウンド・ステートメントからのプロシージャーの呼び出しに固有の前提条件やステップについても取り上げます。

前提条件

- CREATE PROCEDURE ステートメントを実行して、データベース内にプロシージャーを作成しておく必要があります。
- 外部プロシージャーの場合は、 CREATE PROCEDURE ステートメントの EXTERNAL 節で指定するロケーションに、ライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを配置する必要があります。
- CALL ステートメントを含むトリガーの作成者には、 CALL ステートメントの実行特権が必要です。実行時にトリガーが活動化される時点で、トリガーの作成者の許可に関して、 CALL ステートメントの実行特権があるかどうかのチェックが行われます。 CALL ステートメントを含む動的コンパウンド・ステートメントを実行するユーザーには、そのプロシージャーの CALL ステートメントの実行特権が必要です。

- トリガーを呼び出すユーザーには、そのトリガー・イベントに関連したデータ変更ステートメントの実行特権が必要です。同様に、SQL ルーチンまたは動的コンパウンド・ステートメントを正常に呼び出すには、そのルーチンに関する EXECUTE 特権が必要です。

SQL トリガー、SQL ルーチン、動的コンパウンド・ステートメントのいずれかからプロシージャーを呼び出すときには、以下の制約事項が適用されます。

- パーティション・データベース環境では、トリガーまたは SQL UDF からプロシージャーを呼び出せません。
- 対称マルチプロセッサー (SMP) マシンでは、トリガーからのプロシージャー呼び出しが 1 つのプロセッサーで実行されます。
- トリガーから呼び出すプロシージャーには、 COMMIT ステートメント、または作業単位のロールバックを試行する ROLLBACK ステートメントを組み込めません。 ROLLBACK TO SAVEPOINT ステートメントはプロシージャー内で使用できますが、指定のセーブポイントがプロシージャー内に存在している必要があります。
- トリガーから CALL ステートメントをロールバックしても、ファイル・システムへの書き込みなど、プロシージャーの結果として生じた外部アクションはロールバックできません。
- プロシージャーによってフェデレーテッド表を変更してはなりません。つまり、ニックネームの検索 UPDATE、ニックネームの検索 DELETE、ニックネームの検索 INSERT をプロシージャーに含めてはなりません。
- プロシージャーに指定した結果セットにはアクセスできません。

アクセス・レベル MODIFIES SQL DATA で作成したプロシージャーを参照する CALL ステートメントを含んだ BEFORE トリガーは作成できません。そのようなトリガーの CREATE TRIGGER ステートメントを実行すると、エラー (SQLSTATE 42987) になります。ルーチンの SQL アクセス・レベルの詳細については、以下を参照してください。

- 46 ページの『ルーチンの SQL アクセス・レベル』
- 41 ページの『ルーチン内で実行できる SQL ステートメント』

この手順のセクションでは、 CALL ステートメントを含んだトリガーを作成する方法と呼び出す方法を説明します。プロシージャーをトリガーから呼び出すのに必要な SQL は、プロシージャーを SQL ルーチンや動的コンパウンド・ステートメントから呼び出すのに必要な SQL と同じです。

1. 必要なトリガー属性を指定した基本 CREATE TRIGGER ステートメントを作成します。 CREATE TRIGGER ステートメントを参照してください。
2. トリガーのトリガー・アクションの部分で、プロシージャーが指定する IN、INOUT、OUT の各パラメーター用の SQL 変数を宣言できます。 DECLARE ステートメントを参照してください。これらの変数の初期化や設定の方法については、割り当てステートメントを参照してください。プロシージャーのパラメーターとして、トリガーの遷移変数を使用することもできます。
3. トリガーのトリガー・アクションの部分に、プロシージャーの CALL ステートメントを追加します。プロシージャーの IN、INOUT、OUT の各パラメーター用の値または式を指定します。

4. SQL プロシージャーの場合、オプションで GET DIAGNOSTICS ステートメントを使用して、プロシージャーの戻り状況を収集することもできます。そのためには、戻り状況を保持するための整数タイプの変数を使用する必要があります。GET DIAGNOSTICS ステートメントは、 CALL ステートメントの直後にそのまま記述します。このステートメントは、ローカル・トリガー戻り状況変数に RETURN_STATUS を割り当てます。
5. CREATE TRIGGER ステートメントの作成が完了したなら、そのステートメントを静的に (アプリケーション内から) または動的に (CLP またはコントロール・センターから) 実行することによって、データベース内にトリガーを作成します。
6. トリガーを呼び出します。そのためには、トリガー・イベントに対応した適切なデータ変更ステートメントを実行します。
7. 表に関するデータ変更ステートメントを実行すると、その表に対して定義されている適切なトリガーが起動します。トリガー・アクションが実行されると、その中に含まれている SQL ステートメント (CALL ステートメントも含む) が実行されます。

ランタイム・エラー

トリガーが読み取り/書き込みを行う表に対してプロシージャーも読み取り/書き込みを行おうとすると、読み取り/書き込みの競合が検出された場合にエラーが発生します。トリガーが変更する表 (トリガーの対象として定義した表を含む) のセットは、プロシージャーによって変更される表とは区別しなければなりません。

例: トリガーからの SQL プロシージャーの呼び出し

この例では、CALL ステートメントを組み込んでトリガー内のプロシージャーを呼び出す方法と、 GET DIAGNOSTICS ステートメントを使用してプロシージャー呼び出しの戻り状況を収集する方法を示します。以下の SQL によって、必要な表、SQL PL 言語プロシージャー、 AFTER トリガーが作成されます。

```
CREATE TABLE T1 (c1 INT, c2 CHAR(2))@
CREATE TABLE T2 (c1 INT, c2 CHAR(2))@

CREATE PROCEDURE proc(IN val INT, IN name CHAR(2))
LANGUAGE SQL
DYNAMIC RESULTSETS 0
MODIFIES SQL DATA
BEGIN
  DECLARE rc INT DEFAULT 0;
  INSERT INTO TABLE T2 VALUES (val, name);
  GET DIAGNOSTICS rc = ROW_COUNT;
  IF ( rc > 0 ) THEN
      RETURN 0;
  ELSE
      RETURN -200;
  END IF;
END@

CREATE TRIGGER trig1 AFTER UPDATE ON t1
REFERENCING NEW AS n
FOR EACH ROW
WHEN (n.c1 > 100);
BEGIN ATOMIC
   DECLARE rs INTEGER DEFAULT 0;
```

```
   CALL proc(n.c1, n.c2);
   GET DIAGNOSTICS rs = RETURN_STATUS;
   VALUES(CASE WHEN rc < 0 THEN RAISE_ERROR('70001', 'PROC CALL failed'));
END@
```

以下の SQL ステートメントを実行すると、トリガーが起動し、プロシージャーが呼び出されます。

```
UPDATE T1 SET c1 = c1+1 WHERE c2 = 'CA'@
```

コマンド行プロセッサー (CLP) からのプロシージャーの呼び出し

DB2 コマンド行プロセッサー・インターフェースから、 CALL ステートメントを使用してストアード・プロシージャーを呼び出せます。呼び出すストアード・プロシージャーは、 DB2 システム・カタログ表で定義されていなければなりません。

ストアード・プロシージャーを呼び出すには、まずデータベースに接続します。

```
db2 connect to sample user userid using password
```

ここで、*userid* と *password* は、 sample データベースが置かれているインスタンスのユーザー ID とパスワードを表します。

CALL ステートメントを使用するには、ストアード・プロシージャー名、IN または INOUT パラメーター値、および各 OUT パラメーター値のプレースホルダーとしての '?' を入力します。

ストアード・プロシージャーのパラメーターは、プログラム・ソース・ファイル内のストアード・プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントで指定します。

SQL プロシージャーの例

例 1。

whiles.db2 ファイルにある、 DEPT_MEDIAN プロシージャー・シグニチャーの CREATE PROCEDURE ステートメントは、次のとおりです。

```
CREATE PROCEDURE DEPT_MEDIAN
(IN deptNumber SMALLINT, OUT medianSalary DOUBLE)
```

このプロシージャーを呼び出すには、CALL ステートメントを使用し、そこでプロシージャー名と適切なパラメーター引数を指定する必要があります。この場合は IN パラメーターの値と、OUT パラメーターの値の疑問符「?」を指定します。プロシージャーの SELECT ステートメントは、STAFF 表の DEPT 列の値 deptNumber を使用するため、意味のある出力を得るには IN パラメーターが DEPT 列からの有効な値でなければなりません。例えば、値 ″51″ の場合は、次のようにします。

```
db2 call dept_median (51, ?)
```

注: UNIX プラットフォームでは、括弧はコマンド・シェルに対して特別な意味を持つので、括弧の前に ″″ 文字を入れるか、次のように引用符で囲む必要があります。

```
db2 "call dept_median (51, ?)"
```

コマンド行プロセッサーの対話モードを使用している場合は、引用符を使用しません。
上記のコマンドを実行すると、次の結果を受け取ります。

```
Value of output parameters
--------------------------
Parameter Name  : MEDIANSALARY
Parameter Value : +1.76545000000000E+004

Return Status = 0
```

例 2。

この例は、配列パラメーターを使用したプロシージャーの呼び出し方法を示しています。タイプ phonenumbers は、以下のように定義されます。

```
CREATE TYPE phonenumbers AS VARCHAR(12) ARRAY[1000]
```

以下に定義されているプロシージャー find_customers には、タイプ phonenumbers の IN および OUT パラメーターがあります。このプロシージャーは、指定の area_code で始める numbers_in 内の番号を検索して、それを numbers_out に報告します。

```
CREATE PROCEDURE find_customers(
IN numbers_in phonenumbers,
IN area_code CHAR(3),
OUT numbers_out phonenumbers)
BEGIN
DECLARE i, j, max INTEGER;

SET i = 1;
SET j = 1;
SET numbers_out = NULL;
SET max = CARDINALITY(numbers_in);

WHILE i <= max DO
IF substr(numbers_in[i], 1, 3) = area_code THEN
SET numbers_out[j] = numbers_in[i];
SET j = j + 1;
END IF;
  SET i = i + 1;
END WHILE;
END
```

このプロシージャーを呼び出すには、以下の CALL ステートメントを使用できます。

```
db2 CALL find_customers(ARRAY['416-305-3745',
                              '905-414-4565',
                              '416-305-3746'],
                              '416',
                               ?)
```

CALL ステートメントに示されているように、プロシージャーに配列データ・タイプの入力パラメーターがある場合、リテラル値のリストが含まれる配列コンストラクターを使用して入力引数を指定できます。

このコマンドを実行すると、次のような結果を受け取ります。

```
Value of output parameters
  --------------------------
  Parameter Name  : OUT_PHONENUMBERS
```

```
Parameter Value : ['416-305-3745',
                   '416-305-3746']

Return Status = 0
```

C ストアード・プロシージャーの例

コマンド行プロセッサーから、サポートされているホスト言語で作成したストアード・プロシージャーを呼び出すこともできます。 DB2 では、 UNIX の samples/c ディレクトリーと、 Windows の samples¥c ディレクトリーに、ストアード・プロシージャーを作成するためのファイルを用意しています。 spserver 共用ライブラリーには、ソース・ファイル spserver.sqc から作成できる、いくつかのストアード・プロシージャーが入っています。ストアード・プロシージャーをカタログに登録するには、 spcreate.db2 ファイルを使用します。

spcreate.db2 ファイル内の MAIN_EXAMPLE プロシージャーの CREATE PROCEDURE ステートメントは次のように始まります。

```
CREATE PROCEDURE MAIN_EXAMPLE (IN job CHAR(8),
                               OUT salary DOUBLE,
                               OUT errorcode INTEGER)
```

このストアード・プロシージャーを呼び出すには、 IN パラメーター job に CHAR 値を、また各 OUT パラメーターに疑問符「?」を入力する必要があります。プロシージャーの SELECT ステートメントは、 EMPLOYEE 表の JOB 列の値 job を使用するため、意味のある出力を得るには、IN パラメーターが JOB 列からの有効な値でなければなりません。 C サンプル・プログラム spclient は、ストアード・プロシージャーを呼び出して、JOB 値に 'DESIGNER' を使用します。 次のように指定して、同じ内容を実行できます。

```
db2 "call MAIN_EXAMPLE ('DESIGNER', ?, ?)"
```

上記のコマンドを実行すると、次の結果を受け取ります。

```
Value of output parameters
--------------------------
Parameter Name  : SALARY
Parameter Value : +2.37312500000000E+004

Parameter Name  : ERRORCODE
Parameter Value : 0

Return Status = 0
```

ERRORCODE がゼロであることは、成功を意味します。

spclient プログラムと比較すると、spclient のほうが、結果が 10 進数のフォーマットに設定されていて見やすいことが分かります。

```
CALL stored procedure named MAIN_EXAMPLE
Stored procedure returned successfully
Average salary for job DESIGNER =  23731.25
```

CLI アプリケーションからのストアード・プロシージャーの呼び出し

CLI アプリケーションは、CALL プロシージャー SQL ステートメントを実行することにより、ストアード・プロシージャーを呼び出します。このトピックでは、CLI アプリケーションからストアード・プロシージャーを呼び出す方法を説明します。

ストアード・プロシージャーを呼び出す前に、CLI アプリケーションを初期設定しておくようにします。

呼び出されるストアード・プロシージャーがカタログされていない場合、 CLI スキーマ関数のいずれも呼び出さないことを確認してください。カタログされていないストアード・プロシージャーからの CLI スキーマ関数の呼び出しはサポートされていません。

CLI スキーマ関数は、以下のとおりです。 SQLColumns()、SQLColumnPrivileges()、SQLForeignKeys()、SQLPrimaryKeys()、SQLProcedureColumns()、SQLProcedures()、SQLSpecialColumns()、SQLStatistics()、SQLTables()、および SQLTablePrivileges()。

ストアード・プロシージャーを呼び出すには、以下のようにします。

1. ストアード・プロシージャーの IN、INOUT、および OUT パラメーターにそれぞれ対応するアプリケーション・ホスト変数を宣言します。アプリケーションの変数データのタイプと長さが、ストアード・プロシージャーのシグニチャーのデータ・タイプと引数の長さに一致することを確認します。 DB2 CLI は、すべての SQL タイプをパラメーター・マーカーとして使用して、ストアード・プロシージャーを呼び出すことをサポートしています。
2. IN、INOUT、および OUT パラメーターのアプリケーション変数を初期設定します。
3. CALL SQL ステートメントを発行します。以下に例を示します。

   ```
   SQLCHAR *stmt = (SQLCHAR *)"CALL OUT_LANGUAGE (?)";
   ```

   パフォーマンスを最高にするために、アプリケーションでは、 CALL プロシージャー・ストリングの中でストアード・プロシージャー引数のパラメーター・マーカーを使用してから、ホスト変数をこれらのパラメーター・マーカーにバインドする必要があります。ただし、インバウンド・ストアード・プロシージャー引数を、パラメーター・マーカーではなく、ストリング・リテラルとして指定しなければならない場合、CALL プロシージャー・ステートメントに、 ODBC 呼び出しエスケープ節の区切り文字 { } を含めます。以下に例を示します。

   ```
   SQLCHAR *stmt = (SQLCHAR *)"{CALL IN_PARAM (123, 'Hello World!')}";
   ```

   CALL プロシージャー・ステートメントでストリング・リテラルおよび ODBC エスケープ節が使用される場合、 IN モード・ストアード・プロシージャー引数として、ストリング・リテラルだけを指定できます。 INOUT および OUT モード・ストアード・プロシージャー引数は、引き続きパラメーター・マーカーを使用して指定する必要があります。
4. オプション: SQLPrepare() を呼び出して CALL ステートメントを準備します。
5. SQLBindParameter() を呼び出して、CALL プロシージャー・ステートメントの各パラメーターをバインドします。

   注: 各パラメーターが (SQL_PARAM_INPUT、SQL_PARAM_OUTPUT、または SQL_PARAM_INPUT_OUTPUT に対して) 正しくバインドされたことを確認します。正しくバインドされていないと、CALL プロシージャー・ステートメントが実行されるときに、予期しない結果が生じる可能性があります。たとえば、入力

パラメーターが、SQL_PARAM_OUTPUT の *InputOutputType* を使用して、不正確にバインドされる場合に、このことが生じます。

6. SQLExecDirect() を使用して CALL プロシージャー・ステートメントを実行するか、ステップ 4 で CALL プロシージャー・ステートメントを準備済みの場合には、 SQLExecute() を使用して実行します。

   注: ストアード・プロシージャーを呼び出したアプリケーションかスレッドが、そのストアード・プロシージャーの完了前に終了する場合、ストアード・プロシージャーの実行も終了します。ストアード・プロシージャーが早めに終了してしまう場合にも、データベースは一貫した状態と望ましい状態を保つようなロジックを、そのストアード・プロシージャーに含めることは大切です。

7. 関数が戻されるときに SQLExecDirect() または SQLExecute() の戻りコードを調べ、 CALL プロシージャー・ステートメントまたはストアード・プロシージャーのいずれかの実行時に、何らかのエラーが発生していないかを判別します。戻りコードが SQL_SUCCESS_WITH_INFO か SQL_ERROR である場合、 CLI 診断関数 SQLGetDiagRec() および SQLGetDiagField() を使用して、エラーが発生した理由を判別します。

   ストアード・プロシージャーを正常に実行した場合、OUT パラメーターとしてバインドされた変数には、そのストアード・プロシージャーが CLI アプリケーションに戻したデータが含まれる可能性があります。該当する場合には、ストアード・プロシージャーは、スクロール不可カーソルを使用して、 1 つ以上の結果セットを戻す場合もあります。 CLI アプリケーションでは、SELECT ステートメントの実行によって生成された結果セットを処理するときに、ストアード・プロシージャーの結果セットを処理する必要があります。

   注: CLI アプリケーションが、ストアード・プロシージャーによって戻された結果セットに示された、パラメーターの番号またはタイプが分からない場合、その結果セットに対して、SQLNumResultCols()、 SQLDescribeCol()、および SQLColAttribute() 関数を (この順序で) 呼び出して、この情報を判別することができます。

CALL ステートメントを実行したら、該当する場合には、ストアード・プロシージャーから結果セットを検索できます。

注:

値が ISO 形式で戻されない場合、DB2 CLI アプリケーションに戻されるプロシージャー結果セットの中で、DATETYPE データ・タイプ値の数値の月日の部分が逆になります。たとえば、ローカル形式が代わりに使用される場合に、これが発生する可能性があります。 DATETYPE データ・タイプ値の情報がクライアント・アプリケーションによって確実に正しく解釈されるようにするには、ロケールに依存しない DATETIME 形式 (たとえば ISO) を使用するデータベースにプロシージャーをバインドする必要があります。以下に例を示します。

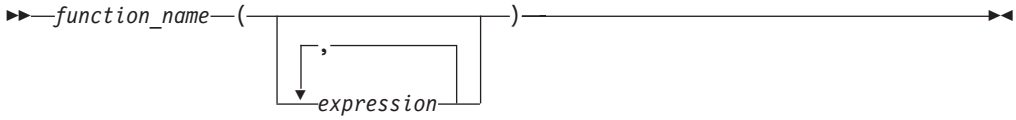
•
```
db2set DB2_SQLROUTINE_PREPOPTS="DATETIME ISO"
```

注:

データベースの作成またはマイグレーション時に、DB2 CLI パッケージは、自動的にデータベースにバインドされます。

関数の参照

各関数の参照には、UDF または組み込み関数のいずれの場合も次の構文が含まれています。



前記の構文図の function_name は、非修飾または修飾のどちらの関数名でもかまいません。引数の数は、0 個から 90 個まで可能であり、式として指定します。式を構成できるいくつかのコンポーネントの例を以下に示します。

- 修飾または非修飾の列名
- 定数
- ホスト変数
- 特殊レジスター
- パラメーター・マーカー

引数の位置は重要で、それをセマンティクスする関数の定義に正確に従っていなければなりません。引数の位置と、関数の定義の両方が関数本体に従っていなければなりません。 DB2 は、引数が関数の定義とうまく一致するように、引数を入れ替えたりはしません。また、DB2 はそれぞれの関数パラメーターのセマンティクスを認識しません。

UDF 引数式で列名を使用するには、その列の入った表参照が適切な有効範囲を持っている必要があります。結合で参照される表関数が、別の表や表関数にある列に関連した引数を使用している場合、 FROM 節内の参照をもった表参照の前にその表または表関数がなければなりません。

関数内でパラメーター・マーカーを使用するには、単に次のようにコーディングするだけでは済みません。

```
BLOOP(?)
```

引数がどのデータ・タイプになるかは、関数選択のロジックには分からないので、参照を解決できないからです。 CAST 指定を使用すれば、パラメーター・マーカーにタイプを指定することができます。例えば次のように INTEGER と指定すると、関数選択ロジックは処理を進めることができます。

```
BLOOP(CAST(? AS INTEGER))
```

以下に、関数呼び出しの正しい例を示します。

```
AVG(FLOAT_COLUMN)
BLOOP(COLUMN1)
BLOOP(FLOAT_COLUMN + CAST(? AS INTEGER))
BLOOP(:hostvar :indicvar)
BRIAN.PARSE(CHAR_COLUMN CONCAT USER, 1, 0, 0, 1)
CTR()
```

```
FLOOR(FLOAT_COLUMN)
PABLO.BLOOP(A+B)
PABLO.BLOOP(:hostvar)
"search_schema"(CURRENT FUNCTION PATH, 'GENE')
SUBSTR(COLUMN2,8,3)
SYSFUN.FLOOR(AVG(EMP.SALARY))
SYSFUN.AVG(SYSFUN.FLOOR(EMP.SALARY))
SYSIBM.SUBSTR(COLUMN2,11,LENGTH(COLUMN3))
SQRT(SELECT SUM(length*length)
     FROM triangles
     WHERE id= 'J522'
     AND legtype <> 'HYP')
```

上記の関数のいずれかが表関数である場合、それらの関数を参照する構文は、前述の関数とはわずかに異なっています。例えば PABLO.BLOOP が表関数であれば、次のようにしてこの関数を正しく参照します。

```
TABLE(PABLO.BLOOP(A+B)) AS Q
```

関数選択

修飾および非修飾のどちらの関数参照の場合でも、関数選択のアルゴリズムは、以下を保有する組み込みおよびユーザー定義の両方の該当する 関数を探索します。

- 所定の名前
- 関数参照の引数と同じ数の定義済みパラメーター
- 対応する引数のタイプに一致する、またはその引数からプロモートできる各パラメーター

該当する関数とは、修飾参照の場合は名前の付いたスキーマ内の関数、非修飾参照の場合は SQL パスのスキーマ内の関数のことです。アルゴリズムでは正確に一致するものが検索されますが、一致するものが見つからなかった場合は、これらの関数のうちで最適なものが検索されます。非修飾参照の場合のみ、異なるスキーマでまったく同じものが 2 つ検出されると、判別要素として SQL パスが使用されます。

例外: RID という名前の関数への非修飾参照があり、副選択の FROM 節内の表参照と一致する 1 つの引数によってその関数が呼び出される場合、スキーマは SYSIBM となり、組み込み RID 関数が呼び出されます。

関数参照をネストすることができます。それは、同一の関数の参照でもかまいません。このことは通常、UDF の他に、組み込み関数についても言えますが、列関数がかかわる場合にはいくつかの制限があります。

以下に例を示します。

```
CREATE FUNCTION BLOOP (INTEGER) RETURNS INTEGER ...
CREATE FUNCTION BLOOP (DOUBLE) RETURNS INTEGER ...
```

ここで次の DML ステートメントについて考えます。

```
SELECT BLOOP( BLOOP(COLUMN1)) FROM T
```

COLUMN1 が DECIMAL または DOUBLE 列である場合は、内部の BLOOP 参照は、上で定義されている 2 番目の BLOOP に変換されます。この BLOOP は INTEGER を戻すので、外部の BLOOP は最初の BLOOP に変換されます。

また、COLUMN1 が SMALLINT または INTEGER 列である場合は、内部の BLOOP 参照は、上で定義されている最初の BLOOP に変換されます。この BLOOP は INTEGER を戻すので、外部の BLOOP も最初の BLOOP に変換されます。この場合、同じ関数に対してネストされた参照を見ていることになります。

SQL 演算子名のうちいずれか 1 つを使用して関数を定義すると、*インフィックス表記* を使用して実際に UDF を呼び出すことができる。例えば、BOAT という特殊タイプを持つ値に対して "+" 演算子に何らかの意味を持たせることができるとします。その場合、次の UDF を定義できます。

```
CREATE FUNCTION "+" (BOAT, BOAT) RETURNS ...
```

さらに、次の有効な SQL ステートメントを作成できます。

```
SELECT BOAT_COL1 + BOAT_COL2
FROM BIG_BOATS
WHERE BOAT_OWNER = 'Nelson Mattos'
```

一方で、同様に有効な以下のステートメントも作成できます。

```
SELECT "+"(BOAT_COL1, BOAT_COL2)
FROM BIG_BOATS
WHERE BOAT_OWNER = 'Nelson Mattos'
```

このようにして、>、=、 LIKE、IN などの組み込み条件演算子を多重定義することは許可されていません。

関数選択について詳しく知りたければ、関連リンク先に一覧で示されている『関数』のトピックの『関数参照』の項を参照してください。

UDF またはメソッドのパラメーターとしての特殊タイプ

パラメーターまたは結果として特殊タイプを使用して UDF およびメソッドを定義することができます。 DB2 は、特殊タイプのソース・データ・タイプのフォーマットの値を UDF またはメソッドに渡します。

ホスト変数から発生し、しかも特殊タイプと定義された対応したパラメーターを持つ UDF に対する引数として使用される特殊タイプの値は、**ユーザーによって特殊タイプに明示的にキャストされなければなりません**。特殊タイプ用のホスト言語タイプはありません。 DB2 の強いタイプ定義機能ではそれが義務付けられています。そうしないと、結果があいまいになるからです。BLOB を介して定義される BOAT 特殊タイプについてと、および次のように定義された BOAT_COST UDF について考えてみます。

```
CREATE FUNCTION BOAT_COST (BOAT)
  RETURNS INTEGER
  ...
```

以下の C 言語アプリケーションの一部では、 :ship というホスト変数により、BOAT_COST 関数に渡されるべき値 BLOB が保留されます。

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
  SQL TYPE IS BLOB(150K) ship;
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

以下のステートメントはどちらも、タイプ BOAT に :ship ホスト変数をキャストするので、BOAT_COST 関数に正しく変換されます。

```
... SELECT BOAT_COST (BOAT(:ship)) FROM ...
... SELECT BOAT_COST (CAST(:ship AS BOAT)) FROM ...
```

データベース中に複数の BOAT 特殊タイプがあるか、あるいは、別のスキーマに BOAT UDF がある場合は、SQL パスに注意しなければなりません。そうしないと、結果があいまいになることがあります。

UDF パラメーターとしての LOB 値

UDF は、 BLOB、CLOB、または DBCLOB などの LOB タイプのパラメーターまたは結果を使用して定義できます。 DB2 は、LOB 値のソースが *LOB* ロケーターのホスト変数である場合にも、そのような関数を呼び出す前にストレージ中のすべての LOB 値をマテリアライズします。例えば、以下のような C 言語アプリケーションの一部を例に考えてみます。

```
EXEC SQL BEGIN DECLARE SECTION;
  SQL TYPE IS CLOB(150K) clob150K ;        /* LOB host var */
  SQL TYPE IS CLOB_LOCATOR clob_locator1;  /* LOB locator host var */
  char                   string[40];       /* string host var */
EXEC SQL END DECLARE SECTION;
```

対応するパラメーターが CLOB(500K) として定義される関数の引数として有効なのは、 :clob150K または :clob_locator1 のいずれかのホスト変数です。例えば、UDF を次のように登録するとします。

```
CREATE FUNCTION FINDSTRING (CLOB(500K, VARCHAR(200)))
  ...
```

以下の FINDSTRING の呼び出しは、プログラムではどちらも有効です。

```
... SELECT FINDSTRING (:clob150K, :string) FROM ...
... SELECT FINDSTRING (:clob_locator1, :string) FROM ...
```

LOB タイプのいずれかをとる、UDF のパラメーターや結果は、AS LOCATOR 修飾子によって作成できます。この場合、呼び出し前に LOB 値全体がマテリアライズされることはありません。代わりに、LOB LOCATOR が UDF に渡されると、UDF は SQL を使用して、 LOB 値の実際のバイトを操作することができます。

この機能は、LOB に基づく特殊タイプを持つ UDF のパラメーターや結果にも使用できます。この関数の引数には、定義されたタイプの LOB 値を取ることができます。引数が LOCATOR タイプの 1 つとして定義されたホスト変数である必要はありません。 UDF のパラメーターおよび結果の定義で AS LOCATOR を使用する場合、普通はホスト変数ロケーターを引数として使用します。

スカラー関数またはメソッドの呼び出し

組み込みスカラー関数、ユーザー定義スカラー関数、メソッドについては、呼び出しの方法がよく似ています。スカラー関数とメソッドは、 SQL ステートメント内で式がサポートされている場所でのみ呼び出すことができます。

前提条件

- 組み込み関数の場合は、CURRENT PATH 特殊レジスターに SYSIBM が入っている必要があります。 SYSIBM はデフォルトで CURRENT PATH に入っています。

- ユーザー定義スカラー関数の場合は、 CREATE FUNCTION か CREATE METHOD のいずれかのステートメントを使用して、データベース内に関数を作成しておく必要があります。
- 外部ユーザー定義スカラー関数の場合は、 CREATE FUNCTION か CREATE METHOD のいずれかのステートメントの EXTERNAL 節で指定するロケーションに、関数に関連したライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを配置する必要があります。
- ユーザー定義関数またはメソッドを呼び出すユーザーには、その関数またはメソッドに関する EXECUTE 特権が必要です。その関数またはメソッドをすべてのユーザーが使用する場合は、その関数またはメソッドに関する EXECUTE 特権を PUBLIC に付与します。特権の詳細については、各 CREATE ステートメントのリファレンスを参照してください。

スカラー UDF またはメソッドを呼び出すには、次のようにします。

SQL ステートメントに含まれる式の中にスカラー・ユーザー定義関数またはメソッドへの参照を組み込みます (その式の中で関数またはメソッドが 1 つ以上の入力値を処理します)。式が有効な場所であれば、どこからでも関数やメソッドを呼び出せます。例えば、照会の選択リストや VALUES 節の中で、スカラー UDF やメソッドの参照を記述できます。

例えば、EMPLOYEE 表の各社員行の基本給とボーナスを合算する TOTAL_SAL というユーザー定義スカラー関数を作成したとします。

```
CREATE FUNCTION TOTAL_SAL
  (SALARY DECIMAL(9,2), BONUS DECIMAL(9,2))
  RETURNS DECIMAL(9,2)
  LANGUAGE SQL
  CONTAINS SQL
  NO EXTERNAL ACTION
  DETERMINISTIC
  RETURN SALARY+BONUS
```

以下は、TOTAL_SAL を活用した SELECT ステートメントです。

```
SELECT LASTNAME, TOTAL_SAL(SALARY, BONUS) AS TOTAL
  FROM EMPLOYEE
```

ユーザー定義の表関数の呼び出し

ユーザー定義の表関数を作成してデータベースに登録し終わったら、 SELECT ステートメントの FROM 節を使用して呼び出すことができます。

前提条件

- CREATE FUNCTION を実行して、データベース内に表関数を作成しておく必要があります。
- 外部ユーザー定義表関数の場合は、 CREATE FUNCTION の EXTERNAL 節で指定するロケーションに、関数に関連したライブラリー・ファイルまたはクラス・ファイルを配置する必要があります。
- ユーザー定義表関数を呼び出すユーザーには、その関数に関する EXECUTE 特権が必要です。特権の詳細については、 CREATE FUNCTION のリファレンスを参照してください。

制約事項

ユーザー定義の表関数の呼び出しに関する制約事項の詳細は、関連リンクの CREATE FUNCTION の項を参照してください。

ユーザー定義表関数を呼び出すには、 SQL ステートメントの FROM 節でその関数を参照します (SQL ステートメントは、その場所で一連の入力値を処理します)。表関数の参照の前に TABLE 節を指定する必要があり、参照は大括弧で囲む必要があります。

例えば以下の CREATE FUNCTION ステートメントは、指定した部門番号の社員名を戻す表関数を定義しています。

```
CREATE FUNCTION DEPTEMPLOYEES (DEPTNO VARCHAR(3))
  RETURNS TABLE (EMPNO CHAR(6),
                 LASTNAME VARCHAR(15),
                 FIRSTNAME VARCHAR(12))
  LANGUAGE SQL
  READS SQL DATA
  NO EXTERNAL ACTION
  DETERMINISTIC
  RETURN
    SELECT EMPNO, LASTNAME, FIRSTNME FROM EMPLOYEE
      WHERE EMPLOYEE.WORKDEPT = DEPTEMPLOYEES.DEPTNO
```

以下は、DEPTEMPLOYEES を活用した SELECT ステートメントです。

```
SELECT EMPNO, LASTNAME, FIRSTNAME FROM TABLE(DEPTEMPLOYEES('A00')) AS D
```

付録 A. DB2 技術情報の概説

DB2 技術情報は、以下のツールと方法を介して利用できます。

- DB2 インフォメーション・センター
  - トピック (タスク、概念、およびリファレンス・トピック)
  - DB2 ツールのヘルプ
  - サンプル・プログラム
  - チュートリアル
- DB2 資料
  - PDF ファイル (ダウンロード可能)
  - PDF ファイル (DB2 PDF DVD に含まれる)
  - 印刷資料
- コマンド行ヘルプ
  - コマンド・ヘルプ
  - メッセージ・ヘルプ

注: DB2 インフォメーション・センターのトピックは、PDF やハードコピー資料よりも頻繁に更新されます。最新の情報を入手するには、資料の更新が発行されたときにそれをインストールするか、ibm.com® にある DB2 インフォメーション・センターを参照してください。

技術資料、ホワイト・ペーパー、IBM Redbooks® 資料などのその他の DB2 技術情報には、オンライン (ibm.com) でアクセスできます。 DB2 Information Management ソフトウェア・ライブラリー・サイト (http://www.ibm.com/software/data/sw-library/) にアクセスしてください。

資料についてのフィードバック

DB2 の資料についてのお客様からの貴重なご意見をお待ちしています。DB2 の資料を改善するための提案については、db2docs@ca.ibm.com まで E メールを送信してください。DB2 の資料チームは、お客様からのフィードバックすべてに目を通しますが、直接お客様に返答することはありません。お客様が関心をお持ちの内容について、可能な限り具体的な例を提供してください。特定のトピックまたはヘルプ・ファイルについてのフィードバックを提供する場合は、そのトピック・タイトルおよび URL を含めてください。

DB2 お客様サポートに連絡する場合には、この E メール・アドレスを使用しないでください。資料を参照しても、DB2 の技術的な問題が解決しない場合は、お近くの IBM サービス・センターにお問い合わせください。

DB2 テクニカル・ライブラリー (ハードコピーまたは PDF 形式)

以下の表は、DB2 ライブラリーについて説明しています。DB2 ライブラリーに関する詳細な説明については、www.ibm.com/shop/publications/order にある IBM Publications Center にアクセスしてください。英語の DB2 バージョン 9.5 のマニュアル (PDF 形式) とその翻訳版は、 www.ibm.com/support/docview.wss?rs=71&uid=swg2700947 からダウンロードできます。

この表には印刷資料が入手可能かどうかが示されていますが、国または地域によっては入手できない場合があります。

資料番号は、資料が更新される度に大きくなります。資料を参照する際は、以下にリストされている最新版であることを確認してください。

注: DB2 インフォメーション・センターは、PDF やハードコピー資料よりも頻繁に更新されます。

表 47. DB2 の技術情報

資料名	資料番号	印刷資料が入手可能かどうか
管理 API リファレンス	SC88-4431-01	入手可能
管理ルーチンおよびビュー	SC88-4435-01	入手不可
コール・レベル・インターフェース ガイドおよびリファレンス 第 1 巻	SC88-4433-01	入手可能
コール・レベル・インターフェース ガイドおよびリファレンス 第 2 巻	SC88-4434-01	入手可能
コマンド・リファレンス	SC88-4432-01	入手可能
データ移動ユーティリティー ガイドおよびリファレンス	SC88-4421-01	入手可能
データ・リカバリーと高可用性 ガイドおよびリファレンス	SC88-4423-01	入手可能
データ・サーバー、データベース、およびデータベース・オブジェクトのガイド	SC88-4259-01	入手可能
データベース・セキュリティー・ガイド	SC88-4418-01	入手可能
ADO.NET および OLE DB アプリケーションの開発	SC88-4425-01	入手可能
組み込み SQL アプリケーションの開発	SC88-4426-01	入手可能
Java アプリケーションの開発	SC88-4427-01	入手可能
Perl および PHP アプリケーションの開発	SC88-4428-01	入手不可
SQL および外部ルーチンの開発	SC88-4429-01	入手可能
データベース・アプリケーション開発の基礎	GC88-4430-01	入手可能

表 47. DB2 の技術情報 (続き)

資料名	資料番号	印刷資料が入手可能かどうか
DB2 インストールおよび管理概説 (Linux および Windows 版)	GC88-4439-01	入手可能
国際化対応ガイド	SC88-4420-01	入手可能
メッセージ・リファレンス 第 1 巻	GI88-4109-00	入手不可
メッセージ・リファレンス 第 2 巻	GI88-4110-00	入手不可
マイグレーション・ガイド	GC88-4438-01	入手可能
Net Search Extender 管理およびユーザーズ・ガイド	SC88-4630-01	入手可能
パーティションおよびクラスタリングのガイド	SC88-4419-01	入手可能
Query Patroller 管理およびユーザーズ・ガイド	SC88-4611-00	入手可能
IBM データ・サーバー・クライアント機能 概説およびインストール	GC88-4441-01	入手不可
DB2 サーバー機能 概説およびインストール	GC88-4440-01	入手可能
Spatial Extender and Geodetic Data Management Feature ユーザーズ・ガイドおよびリファレンス	SC88-4629-01	入手可能
SQL リファレンス 第 1 巻	SC88-4436-01	入手可能
SQL リファレンス 第 2 巻	SC88-4437-01	入手可能
システム・モニター ガイドおよびリファレンス	SC88-4422-01	入手可能
問題判別ガイド	GI88-4108-01	入手不可
データベース・パフォーマンスのチューニング	SC88-4417-01	入手可能
Visual Explain チュートリアル	SC88-4449-00	入手不可
新機能	SC88-4445-01	入手可能
Workload Manager ガイドおよびリファレンス	SC88-4446-01	入手可能
pureXML ガイド	SC88-4447-01	入手可能
XQuery リファレンス	SC88-4448-01	入手不可

表 48. DB2 Connect 固有の技術情報

資料名	資料番号	印刷資料が入手可能かどうか
DB2 Connect Personal Edition 概説およびインストール	GC88-4443-01	入手可能

表 48. *DB2 Connect 固有の技術情報 (続き)*

資料名	資料番号	印刷資料が入手可能かどうか
DB2 Connect サーバー機能 概説およびインストール	GC88-4444-01	入手可能
DB2 Connect ユーザーズ・ガイド	SC88-4442-01	入手可能

表 49. *Information Integration の技術情報*

資料名	資料番号	印刷資料が入手可能かどうか
Information Integration: フェデレーテッド・システム 管理ガイド	SC88-4166-01	入手可能
Information Integration: レプリケーションおよびイベント・パブリッシングのための ASNCLP プログラム・リファレンス	SC88-4167-02	入手可能
Information Integration: フェデレーテッド・データ・ソース構成ガイド	SC88-4185-01	入手不可
Information Integration: SQL レプリケーション ガイドおよびリファレンス	SC88-4168-01	入手可能
Information Integration: レプリケーションとイベント・パブリッシング 概説	GC88-4187-01	入手可能

DB2 の印刷資料の注文方法

DB2 の印刷資料が必要な場合、オンラインで購入することができますが、すべての国および地域で購入できるわけではありません。 DB2 の印刷資料については、IBM 営業担当員にお問い合わせください。 *DB2 PDF ドキュメンテーション* DVD の一部のソフトコピー・ブックは、印刷資料では入手できないことに留意してください。例えば、「*DB2 メッセージ・リファレンス*」はどちらの巻も印刷資料としては入手できません。

DB2 PDF ドキュメンテーション DVD で利用できる DB2 の印刷資料の大半は、IBM に有償で注文することができます。国または地域によっては、資料を IBM Publications Center からオンラインで注文することもできます。お客様の国または地域でオンライン注文が利用できない場合、DB2 の印刷資料については、IBM 営業担当員にお問い合わせください。 DB2 PDF ドキュメンテーション DVD に収録されている資料の中には、印刷資料として提供されていないものもあります。

注: 最新で完全な DB2 資料は、DB2 インフォメーション・センター (http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2luw/v9r5) で参照することができます。

DB2 の印刷資料は以下の方法で注文することができます。

- 日本 IBM 発行のマニュアルはインターネット経由でご購入いただけます。詳しくは http://www.ibm.com/shop/publications/order の「ご注文について」をご覧ください。資料の注文情報にアクセスするには、お客様の国、地域、または言語を選択してください。その後、各ロケーションにおける注文についての指示に従ってください。
- DB2 の印刷資料を IBM 営業担当員に注文するには、以下のようにします。
  1. 以下の Web サイトのいずれかから、営業担当員の連絡先情報を見つけてください。
     - IBM Directory of world wide contacts (www.ibm.com/planetwide)
     - IBM Publications Web サイト (http://www.ibm.com/shop/publications/order) 国、地域、または言語を選択し、お客様の所在地に該当する Publications ホーム・ページにアクセスしてください。このページから、「このサイトについて」のリンクにアクセスしてください。
  2. 電話をご利用の場合は、DB2 資料の注文であることをご指定ください。
  3. 担当者に、注文する資料のタイトルと資料番号をお伝えください。タイトルと資料番号は、406 ページの『DB2 テクニカル・ライブラリー (ハードコピーまたは PDF 形式)』でご確認いただけます。

コマンド行プロセッサーから SQL 状態ヘルプを表示する

DB2 は、SQL ステートメントの結果の原因になったと考えられる条件の SQLSTATE 値を戻します。 SQLSTATE ヘルプは、SQL 状態および SQL 状態クラス・コードの意味を説明します。

SQL 状態ヘルプを呼び出すには、コマンド行プロセッサーを開いて以下のように入力します。

```
? sqlstate or ? class code
```

ここで、*sqlstate* は有効な 5 桁の SQL 状態を、*class code* は SQL 状態の最初の 2 桁を表します。

例えば、`? 08003` を指定すると SQL 状態 08003 のヘルプが表示され、 `? 08` を指定するとクラス・コード 08 のヘルプが表示されます。

異なるバージョンの DB2 インフォメーション・センターへのアクセス

DB2 バージョン 9.5 のトピックを扱っている DB2 インフォメーション・センターの URL は、http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2luw/v9r5/です。

DB2 バージョン 9 のトピックを扱っている DB2 インフォメーション・センターの URL は http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2luw/v9/です。

DB2 バージョン 8 のトピックについては、バージョン 8 のインフォメーション・センターの URL http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2luw/v8/にアクセスしてください。

DB2 インフォメーション・センターでの希望する言語でのトピックの表示

DB2 インフォメーション・センターでは、ブラウザーの設定で指定した言語でのトピックの表示が試みられます。トピックがその指定言語に翻訳されていない場合は、 DB2 インフォメーション・センターでは英語でトピックが表示されます。

- Internet Explorer Web ブラウザーで、指定どおりの言語でトピックを表示するには、以下のようにします。
  1. Internet Explorer の「**ツール**」 -> 「**インターネット オプション**」 -> 「**言語...**」ボタンをクリックします。「言語の優先順位」ウィンドウがオープンします。
  2. 該当する言語が、言語リストの先頭の項目に指定されていることを確認します。
     - リストに新しい言語を追加するには、「**追加...**」ボタンをクリックします。

       注: 言語を追加しても、特定の言語でトピックを表示するのに必要なフォントがコンピューターに備えられているとはかぎりません。
     - リストの先頭に新しい言語を移動するには、その言語を選択してから、その言語が言語リストに先頭に行くまで「**上に移動**」ボタンをクリックします。
  3. ブラウザー・キャッシュを消去してから、ページを最新表示します。希望する言語で DB2 インフォメーション・センターが表示されます。
- Firefox または Mozilla Web ブラウザーの場合に、希望する言語でトピックを表示するには、以下のようにします。
  1. 「**ツール**」 -> 「**オプション**」 -> 「**詳細**」 ダイアログの「**言語**」セクションにあるボタンを選択します。「設定」ウィンドウに「言語」パネルが表示されます。
  2. 該当する言語が、言語リストの先頭の項目に指定されていることを確認します。
     - リストに新しい言語を追加するには、「**追加...**」ボタンをクリックしてから、「言語を追加」ウィンドウで言語を選択します。
     - リストの先頭に新しい言語を移動するには、その言語を選択してから、その言語が言語リストに先頭に行くまで「**上に移動**」ボタンをクリックします。
  3. ブラウザー・キャッシュを消去してから、ページを最新表示します。希望する言語で DB2 インフォメーション・センターが表示されます。

ブラウザーとオペレーティング・システムの組み合わせによっては、オペレーティング・システムの地域の設定も希望のロケールと言語に変更しなければならない場合があります。

コンピューターまたはイントラネット・サーバーにインストールされた DB2 インフォメーション・センターの更新

DB2 インフォメーション・センターをローカルにインストールしている場合は、IBM から資料の更新を入手してインストールすることができます。

ローカルにインストールされた DB2 インフォメーション・センターを更新するには、以下のことを行う必要があります。

1. コンピューター上の DB2 インフォメーション・センターを停止し、インフォメーション・センターをスタンドアロン・モードで再始動します。インフォメーション・センターをスタンドアロン・モードで実行すると、ネットワーク上の他のユーザーがそのインフォメーション・センターにアクセスできなくなります。これで、更新を適用できるようになります。非管理者および非 root の DB2 インフォメーション・センターは常にスタンドアロン・モードで実行されます。を参照してください。
2. 「更新」機能を使用することにより、どんな更新が利用できるかを確認します。インストールする更新がある場合は、「更新」機能を使用してそれを入手およびインストールできます。

   注: ご使用の環境において、インターネットに接続されていないマシンに DB2 インフォメーション・センターの更新をインストールする必要がある場合は、インターネットに接続されていて DB2 インフォメーション・センターがインストールされているマシンを使用して、更新サイトをローカル・ファイル・システムにミラーリングする必要があります。ネットワーク上の多数のユーザーが資料の更新をインストールする場合にも、更新サイトをローカルにミラーリングして、更新サイト用のプロキシーを作成することにより、個々のユーザーが更新を実行するのに要する時間を短縮できます。
   更新パッケージが入手可能な場合、「更新」機能を使用してパッケージを入手します。ただし、「更新」機能は、スタンドアロン・モードでのみ使用できます。
3. スタンドアロンのインフォメーション・センターを停止し、コンピューター上の DB2 インフォメーション・センターを再開します。

注: Windows Vista の場合、下記のコマンドは管理者として実行する必要があります。完全な管理者特権でコマンド・プロンプトまたはグラフィカル・ツールを起動するには、ショートカットを右クリックしてから、 **「管理者として実行」**を選択します。

コンピューターまたはイントラネット・サーバーにインストール済みの DB2 インフォメーション・センターを更新するには、以下のようにします。

1. DB2 インフォメーション・センターを停止します。
   - Windows では、**「スタート」** → **「コントロール パネル」** → **「管理ツール」** → **「サービス」**をクリックします。次に、**「DB2 インフォメーション・センター」**サービスを右クリックして**「停止」**を選択します。
   - Linux では、以下のコマンドを入力します。

     ```
     /etc/init.d/db2icdv95 stop
     ```
2. インフォメーション・センターをスタンドアロン・モードで開始します。
   - Windows の場合:
     a. コマンド・ウィンドウを開きます。
     b. インフォメーション・センターがインストールされているパスにナビゲートします。デフォルトでは、DB2 インフォメーション・センターは <Program Files>¥IBM¥DB2 Information Center¥Version 9.5 ディレクトリーにインストールされています (<Program Files> は「Program Files」ディレクトリーのロケーション)。

c. インストール・ディレクトリーから doc¥bin ディレクトリーにナビゲートします。

d. 次のように help_start.bat ファイルを実行します。

```
help_start.bat
```

- Linux の場合:

a. インフォメーション・センターがインストールされているパスにナビゲートします。デフォルトでは、DB2 インフォメーション・センターは /opt/ibm/db2ic/V9.5 ディレクトリーにインストールされています。

b. インストール・ディレクトリーから doc/bin ディレクトリーにナビゲートします。

c. 次のように help_start スクリプトを実行します。

```
help_start
```

システムのデフォルト Web ブラウザーが起動し、スタンドアロンのインフォメーション・センターが表示されます。

3. 「**更新**」ボタン () をクリックします。インフォメーション・センターの右側のパネルで、「**更新の検索 (Find Updates)**」をクリックします。 既存の文書に対する更新のリストが表示されます。
4. インストール・プロセスを開始するには、インストールする更新をチェックして選択し、「**更新のインストール**」をクリックします。
5. インストール・プロセスが完了したら、「**完了**」をクリックします。
6. 次のようにして、スタンドアロンのインフォメーション・センターを停止します。
   - Windows の場合は、インストール・ディレクトリーの doc¥bin ディレクトリーにナビゲートしてから、次のように help_end.bat ファイルを実行します。

     ```
     help_end.bat
     ```

     注: help_end バッチ・ファイルには、help_start バッチ・ファイルを使用して開始したプロセスを安全に終了するのに必要なコマンドが含まれています。help_start.bat は、Ctrl-C や他の方法を使用して終了しないでください。
   - Linux の場合は、インストール・ディレクトリーの doc/bin ディレクトリーにナビゲートしてから、次のように help_end スクリプトを実行します。

     ```
     help_end
     ```

     注: help_end スクリプトには、help_start スクリプトを使用して開始したプロセスを安全に終了するのに必要なコマンドが含まれています。他の方法を使用して、help_start スクリプトを終了しないでください。
7. DB2 インフォメーション・センターを再開します。
   - Windows では、「**スタート**」 → 「**コントロール パネル**」 → 「**管理ツール**」 → 「**サービス**」をクリックします。次に、「**DB2 インフォメーション・センター**」サービスを右クリックして「**開始**」を選択します。
   - Linux では、以下のコマンドを入力します。

     ```
     /etc/init.d/db2icdv95 start
     ```

更新された DB2 インフォメーション・センターに、更新された新しいトピックが表示されます。

DB2 チュートリアル

DB2 チュートリアルは、DB2 製品のさまざまな機能について学習するのを支援します。この演習をとおして段階的に学習することができます。

はじめに

インフォメーション・センター (http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/db2help/) から、このチュートリアルの XHTML 版を表示できます。

演習の中で、サンプル・データまたはサンプル・コードを使用する場合があります。個々のタスクの前提条件については、チュートリアルを参照してください。

DB2 チュートリアル

チュートリアルを表示するには、タイトルをクリックします。

「*pureXML ガイド* 」の『**pureXML™**』
: XML データを保管し、ネイティブ XML データ・ストアに対して基本的な操作を実行できるように、DB2 データベースをセットアップします。

「*Visual Explain チュートリアル*」の『**Visual Explain**』
: Visual Explain を使用して、パフォーマンスを向上させるために SQL ステートメントを分析し、最適化し、調整します。

DB2 トラブルシューティング情報

DB2 製品を使用する際に役立つ、トラブルシューティングおよび問題判別に関する広範囲な情報を利用できます。

DB2 ドキュメンテーション
: トラブルシューティング情報は、DB2 問題判別ガイド、または DB2 インフォメーション・センターの「サポートおよびトラブルシューティング」セクションにあります。ここには、DB2 診断ツールおよびユーティリティーを使用して、問題を切り分けて識別する方法、最も頻繁に起こる幾つかの問題に対するソリューションについての情報、および DB2 製品を使用する際に発生する可能性のある問題の解決方法についての他のアドバイスがあります。

DB2 Technical Support の Web サイト
: 現在問題が発生していて、考えられる原因とソリューションを検索したい場合は、DB2 Technical Support の Web サイトを参照してください。
Technical Support サイトには、最新の DB2 資料、TechNotes、プログラム診断依頼書 (APAR またはバグ修正)、フィックスパック、およびその他のリソースへのリンクが用意されています。この知識ベースを活用して、問題に対する有効なソリューションを探し出すことができます。

  DB2 Technical Support の Web サイト (http://www.ibm.com/software/data/db2/udb/support.html) にアクセスしてください。

ご利用条件

これらの資料は、以下の条件に同意していただける場合に限りご使用いただけます。

個人使用: これらの資料は、すべての著作権表示その他の所有権表示をしていただくことを条件に、非商業的な個人による使用目的に限り複製することができます。ただし、IBM の明示的な承諾をえずに、これらの資料またはその一部について、二次的著作物を作成したり、配布 (頒布、送信を含む) または表示 (上映を含む) することはできません。

商業的使用: これらの資料は、すべての著作権表示その他の所有権表示をしていただくことを条件に、お客様の企業内に限り、複製、配布、および表示することができます。 ただし、IBM の明示的な承諾をえずにこれらの資料の二次的著作物を作成したり、お客様の企業外で資料またはその一部を複製、配布、または表示することはできません。

ここで明示的に許可されているもの以外に、資料や資料内に含まれる情報、データ、ソフトウェア、またはその他の知的所有権に対するいかなる許可、ライセンス、または権利を明示的にも黙示的にも付与するものではありません。

資料の使用が IBM の利益を損なうと判断された場合や、上記の条件が適切に守られていないと判断された場合、IBM はいつでも自らの判断により、ここで与えた許可を撤回できるものとさせていただきます。

お客様がこの情報をダウンロード、輸出、または再輸出する際には、米国のすべての輸出入関連法規を含む、すべての関連法規を遵守するものとします。

IBM は、これらの資料の内容についていかなる保証もしません。これらの資料は、特定物として現存するままの状態で提供され、商品性の保証、特定目的適合性の保証および法律上の瑕疵担保責任を含むすべての明示もしくは黙示の保証責任なしで提供されます。

付録 B. 特記事項

本書は米国 IBM が提供する製品およびサービスについて作成したものです。

本書に記載の製品、サービス、または機能が日本においては提供されていない場合があります。日本で利用可能な製品、サービス、および機能については、日本 IBM の営業担当員にお尋ねください。本書で IBM 製品、プログラム、またはサービスに言及していても、その IBM 製品、プログラム、またはサービスのみが使用可能であることを意味するものではありません。これらに代えて、IBM の知的所有権を侵害することのない、機能的に同等の製品、プログラム、またはサービスを使用することができます。ただし、IBM 以外の製品とプログラムの操作またはサービスの評価および検証は、お客様の責任で行っていただきます。

IBM は、本書に記載されている内容に関して特許権 (特許出願中のものを含む) を保有している場合があります。本書の提供は、お客様にこれらの特許権について実施権を許諾することを意味するものではありません。実施権についてのお問い合わせは、書面にて下記宛先にお送りください。

〒106-8711
東京都港区六本木 3-2-12
日本アイ・ビー・エム株式会社
法務・知的財産
知的財産権ライセンス渉外

以下の保証は、国または地域の法律に沿わない場合は、適用されません。 IBM およびその直接または間接の子会社は、本書を特定物として現存するままの状態で提供し、商品性の保証、特定目的適合性の保証および法律上の瑕疵担保責任を含むすべての明示もしくは黙示の保証責任を負わないものとします。国または地域によっては、法律の強行規定により、保証責任の制限が禁じられる場合、強行規定の制限を受けるものとします。

この情報には、技術的に不適切な記述や誤植を含む場合があります。本書は定期的に見直され、必要な変更は本書の次版に組み込まれます。 IBM は予告なしに、随時、この文書に記載されている製品またはプログラムに対して、改良または変更を行うことがあります。

本書は、IBM 以外の Web サイトおよびリソースへのリンクまたは参照を含む場合があります。 IBM は、本書より参照もしくはアクセスできる、または本書からリンクされた IBM 以外の Web サイトもしくは第三者のリソースに対して一切の責任を負いません。 IBM 以外の Web サイトにリンクが張られていることにより IBM が当該 Web サイトを推奨するものではなく、またその内容、使用もしくはサイトの所有者について IBM が責任を負うことを意味するものではありません。 また、IBM は、お客様が IBM Web サイトから第三者の存在を知ることになった場合にも (もしくは、IBM Web サイトから第三者へのリンクを使用した場合にも)、お客様と第三者との間のいかなる取引に対しても一切責任を負いません。 従って、お客様は、IBM が上記の外部サイトまたはリソースの利用について責任を負うものではなく、また、外部サイトまたはリソースからアクセス可能なコンテンツ、サービス、

製品、またはその他の資料一切に対して IBM が責任を負うものではないことを承諾し、同意するものとします。 第三者により提供されるソフトウェアには、そのソフトウェアと共に提供される固有の使用条件が適用されます。

IBM は、お客様が提供するいかなる情報も、お客様に対してなんら義務も負うことのない、自ら適切と信ずる方法で、使用もしくは配布することができるものとします。

本プログラムのライセンス保持者で、(i) 独自に作成したプログラムとその他のプログラム (本プログラムを含む) との間での情報交換、および (ii) 交換された情報の相互利用を可能にすることを目的として、本プログラムに関する情報を必要とする方は、下記に連絡してください。

IBM Canada Limited
Office of the Lab Director
8200 Warden Avenue
Markham, Ontario
L6G 1C7
CANADA

本プログラムに関する上記の情報は、適切な使用条件の下で使用することができますが、有償の場合もあります。

本書で説明されているライセンス・プログラムまたはその他のライセンス資料は、IBM 所定のプログラム契約の契約条項、IBM プログラムのご使用条件、またはそれと同等の条項に基づいて、IBM より提供されます。

この文書に含まれるいかなるパフォーマンス・データも、管理環境下で決定されたものです。そのため、他の操作環境で得られた結果は、異なる可能性があります。一部の測定が、開発レベルのシステムで行われた可能性がありますが、その測定値が、一般に利用可能なシステムのものと同じである保証はありません。さらに、一部の測定値が、推定値である可能性があります。実際の結果は、異なる可能性があります。お客様は、お客様の特定の環境に適したデータを確かめる必要があります。

IBM 以外の製品に関する情報は、その製品の供給者、出版物、もしくはその他の公に利用可能なソースから入手したものです。 IBM は、それらの製品のテストは行っておりません。したがって、他社製品に関する実行性、互換性、またはその他の要求については確証できません。 IBM 以外の製品の性能に関する質問は、それらの製品の供給者にお願いします。

IBM の将来の方向または意向に関する記述については、予告なしに変更または撤回される場合があり、単に目標を示しているものです。

本書には、日常の業務処理で用いられるデータや報告書の例が含まれています。より具体性を与えるために、それらの例には、個人、企業、ブランド、あるいは製品などの名前が含まれている場合があります。これらの名称はすべて架空のものであり、名称や住所が類似する企業が実在しているとしても、それは偶然にすぎません。

著作権使用許諾:

本書には、様々なオペレーティング・プラットフォームでのプログラミング手法を例示するサンプル・アプリケーション・プログラムがソース言語で掲載されています。お客様は、サンプル・プログラムが書かれているオペレーティング・プラットフォームのアプリケーション・プログラミング・インターフェースに準拠したアプリケーション・プログラムの開発、使用、販売、配布を目的として、いかなる形式においても、IBM に対価を支払うことなくこれを複製し、改変し、配布することができます。このサンプル・プログラムは、あらゆる条件下における完全なテストを経ていません。従って IBM は、これらのサンプル・プログラムについて信頼性、利便性もしくは機能性があることをほのめかしたり、保証することはできません。

それぞれの複製物、サンプル・プログラムのいかなる部分、またはすべての派生した創作物には、次のように、著作権表示を入れていただく必要があります。

© (*お客様の会社名*) (*西暦年*). このコードの一部は、IBM Corp. のサンプル・プログラムから取られています。 © Copyright IBM Corp. _*年を入れる*_. All rights reserved.

商標

以下は、International Business Machines Corporation の米国およびその他の国における商標です。

pureXML	OS/390
VisualAge	DB2 Universal Database
z/OS	Redbooks
System i	IBM
DB2	AIX
Lotus Notes	Rational
ibm.com	WebSphere

以下は、それぞれ各社の商標または登録商標です。

- Linux は、Linus Torvalds の米国およびその他の国における商標です。
- UNIX は The Open Group の米国およびその他の国における登録商標です。
- Java およびすべての Java 関連の商標およびロゴは、Sun Microsystems, Inc. の米国およびその他の国における商標です。
- Intel は、Intel Corporation または子会社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。
- Microsoft および Windows は、Microsoft Corporation の米国およびその他の国における商標です。

他の会社名、製品名およびサービス名等はそれぞれ各社の商標です。

索引

日本語, 数字, 英字, 特殊文字の順に配列されています。なお, 濁音と半濁音は清音と同等に扱われています。

[ア行]

[カ行]

[サ行]

[タ行]

[ハ行]

[マ行]

[ヤ行]

[ラ行]

[数字]

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

R

S

T

U

V

W

X

［特殊文字］

Printed in Japan

SC88-4429-01

日本アイ・ビー・エム株式会社
〒106-8711　東京都港区六本木3-2-12

Spine information:

DB2 Version 9.5 for Linux, UNIX, and Windows

SQL および外部ルーチンの開発