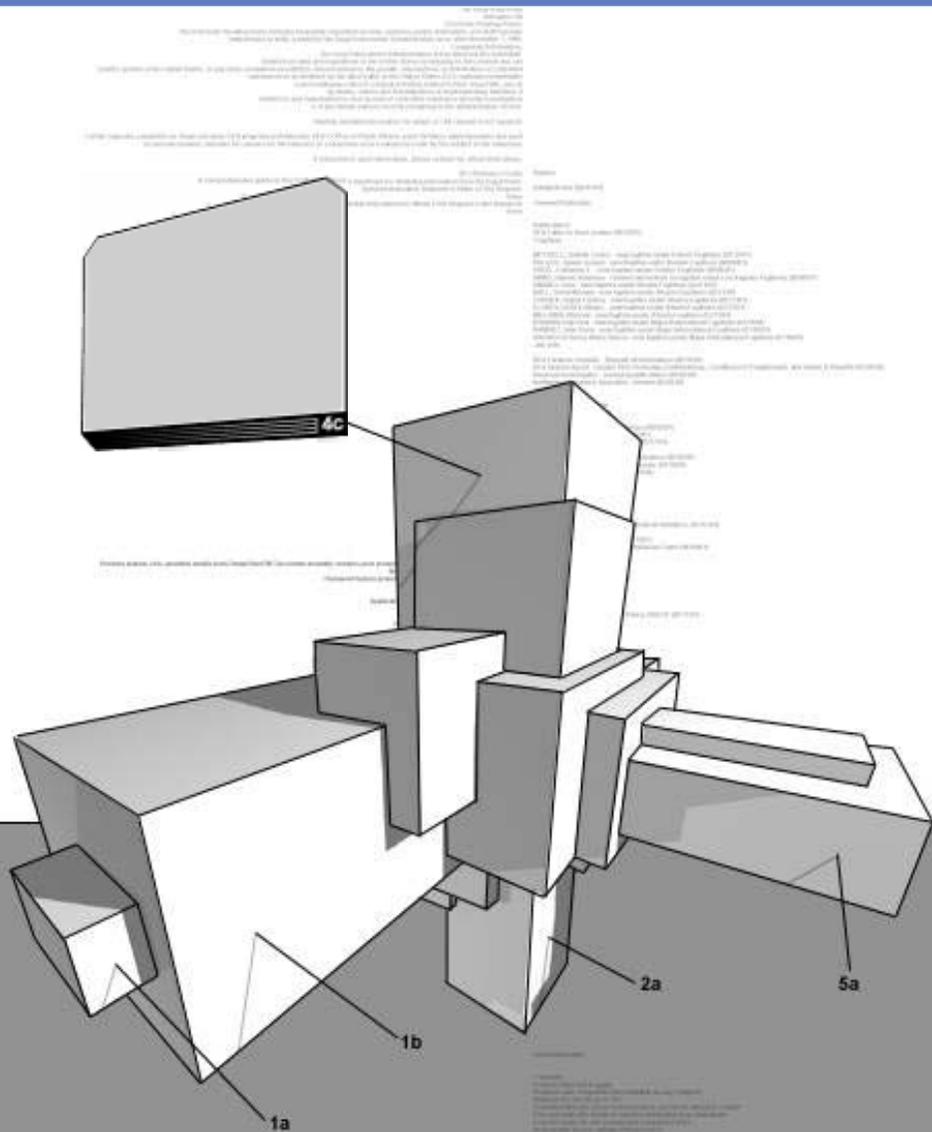




2006 CATIA SOLUTION FORUM IN NAGOYA
FROM IBM AND DASSAULT SYSTEMES

経営者と設計者のための 『正しい』解析講座

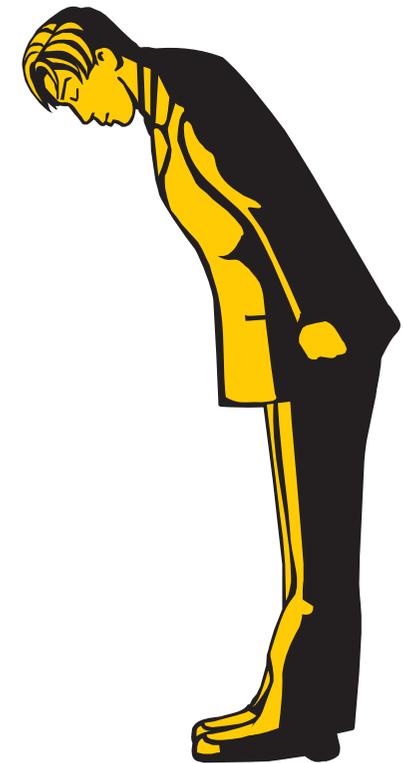


HIT 伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

栗崎 彰

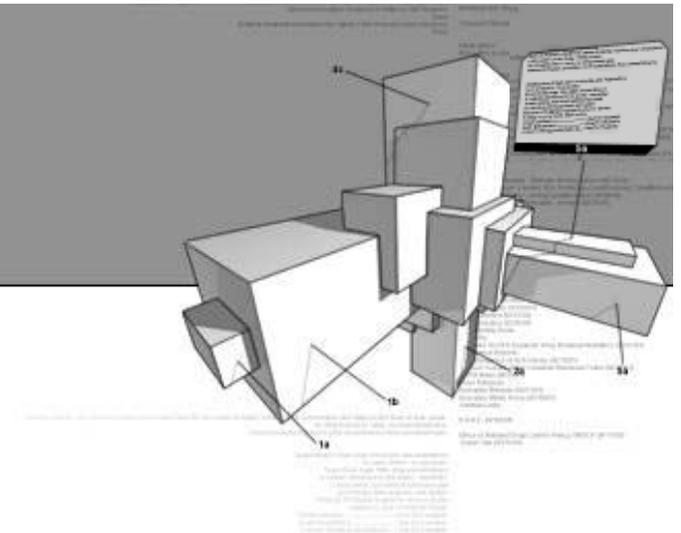
はじめに

- 本日の講演の内容は、すべての製品や設計プロセス、解析業務に当てはまるものではありません。皆さんの会社に当てはまるものでもありません。しかし...
- ほんのわずかでも、皆さまの設計プロセスにおけるCATIA V5活用のヒントが提供できればと思っております。
- セミナー時間が短いので会社のご案内などは省略させていただきます。ご了承ください。
- 45分間、一生懸命がんばりますので、よろしくお願い申し上げます。



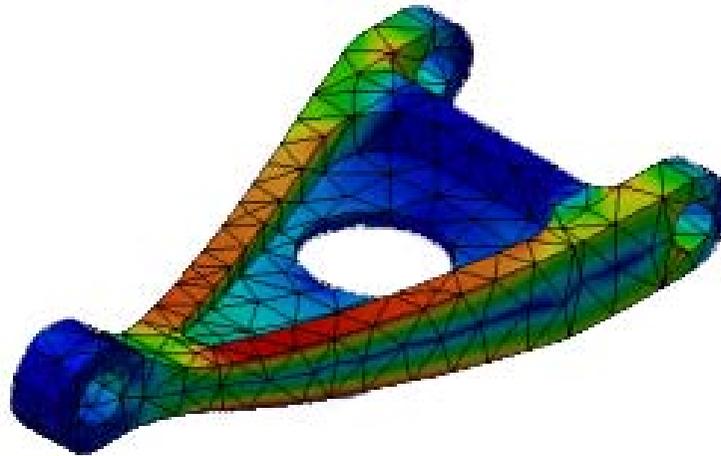


言うまでもないCAEの効用



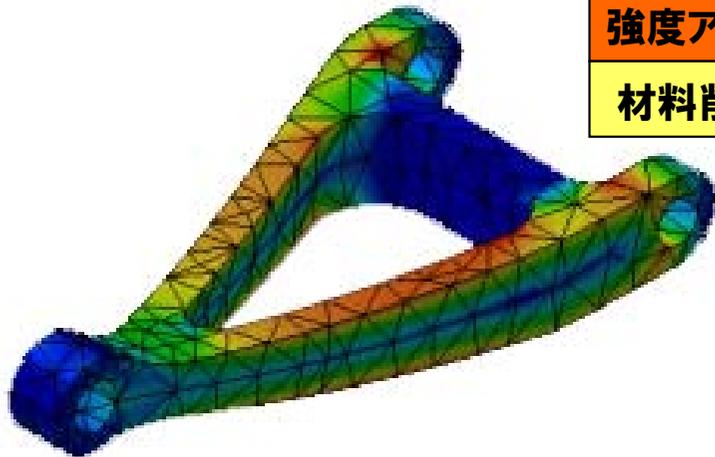
原案から改良へ

原案



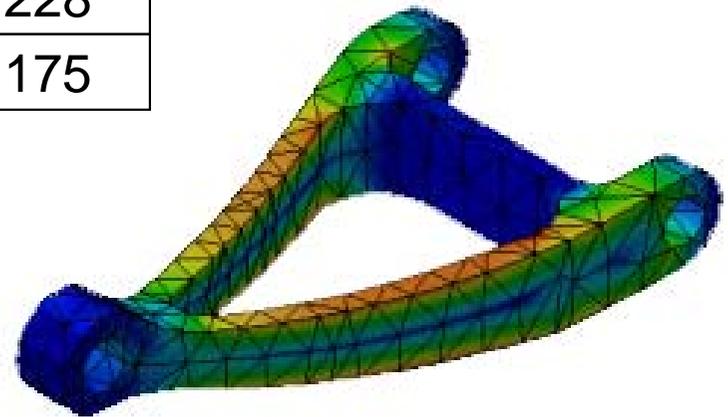
同等の材料
コストで26%
強度アップ

強度アップ



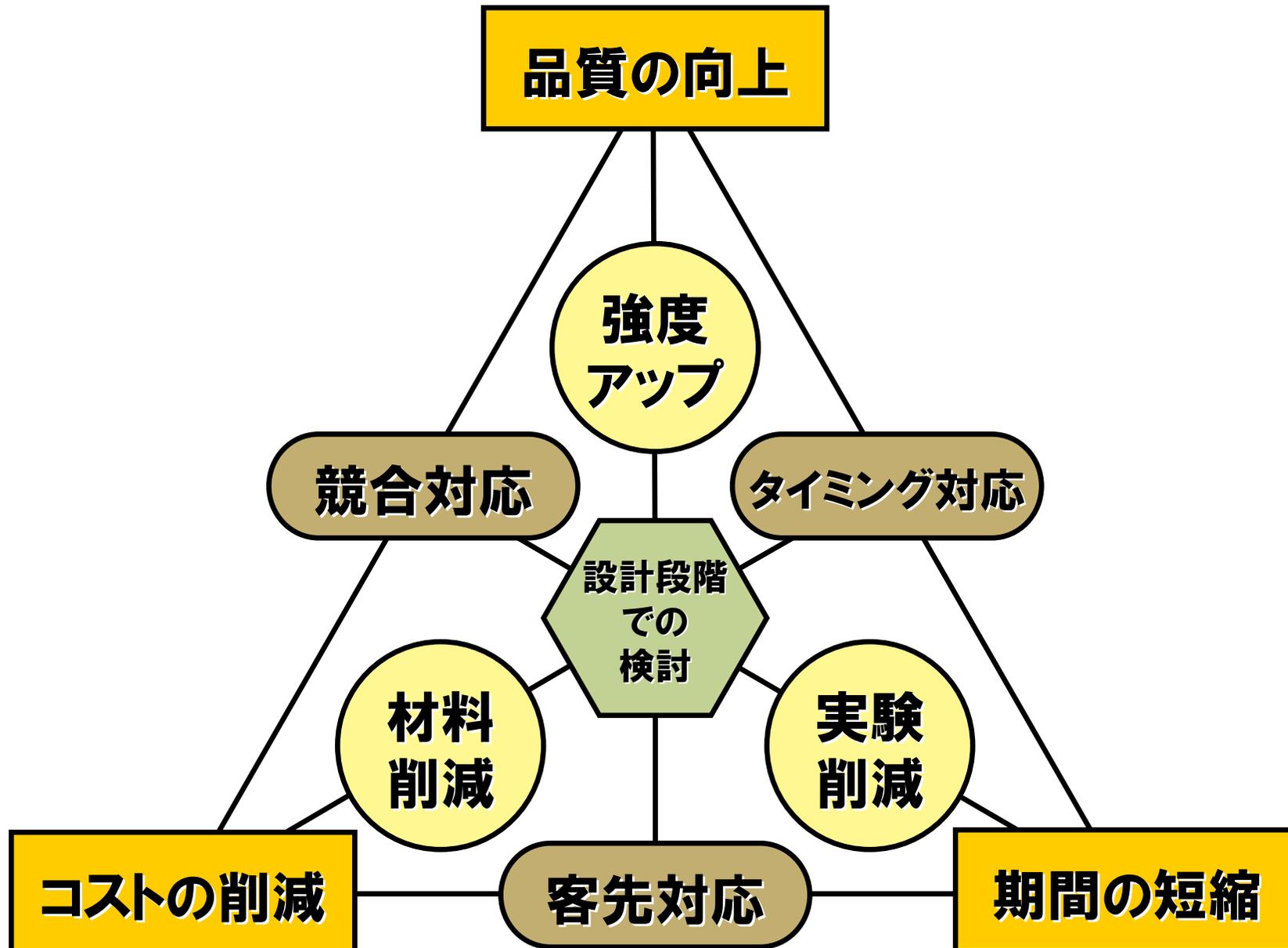
同等の強度
で25%材料
削減

材料削減



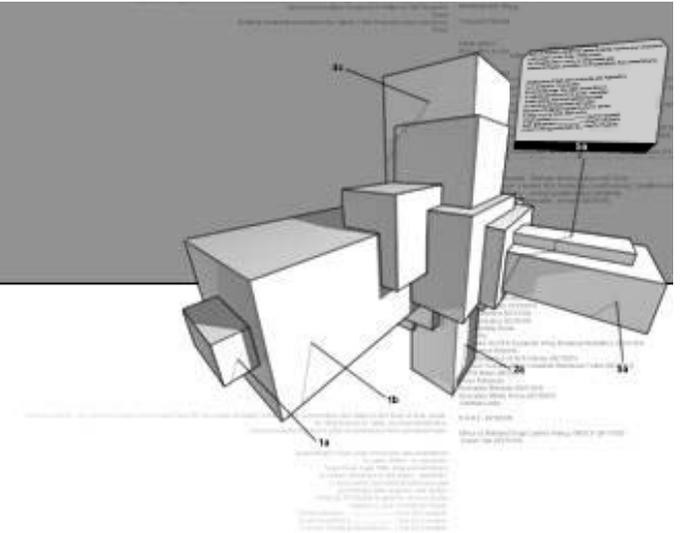
設計の方向性	変位 ($\times 10^{-2} \text{mm}$)	質量 (kg)
現行	2.26	0.233
強度アップ	1.67	0.228
材料削減	2.18	0.175

製品戦略になりつつあるCAE





設計者CAEの現状



設計者解析は増加

解析専任者(または部門)に
解析を依頼すると時間がかかる。

操作がカンタンな解析ツールが出回ってきた。
CADにも組み込まれている。

設計者自身がCAEを行なうことが、劇的に増加している。



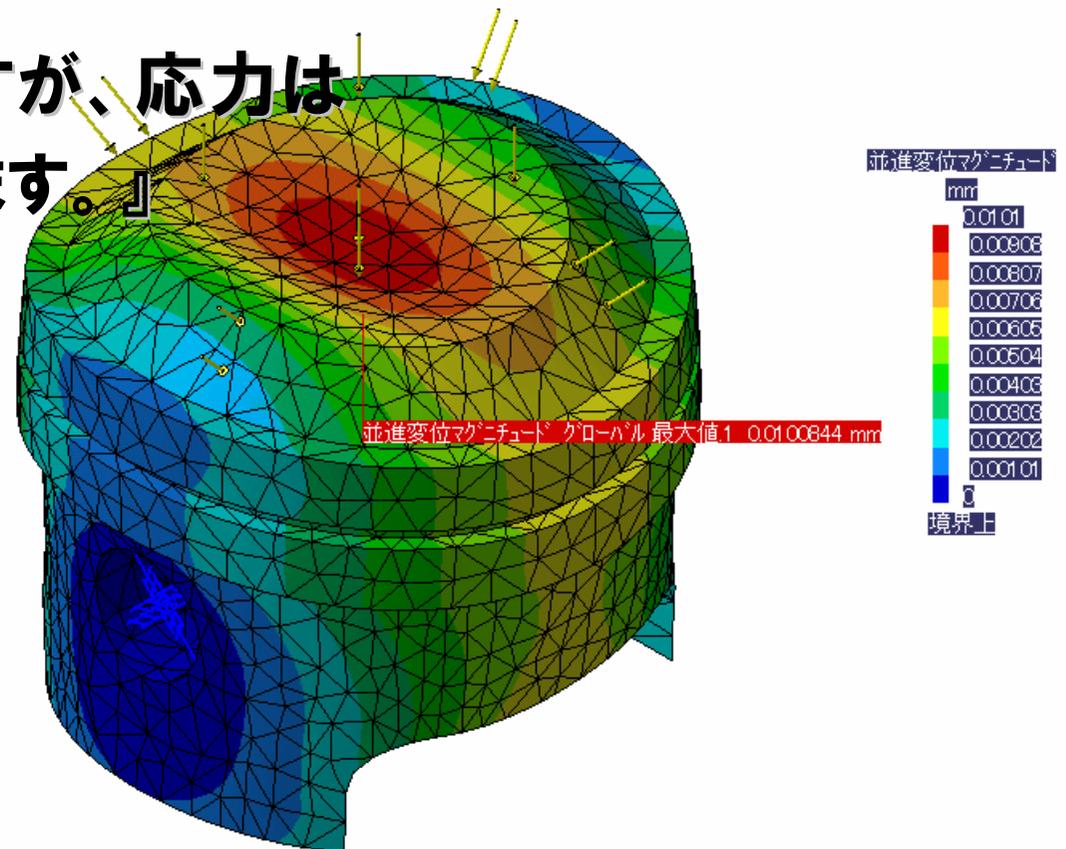
問題発生



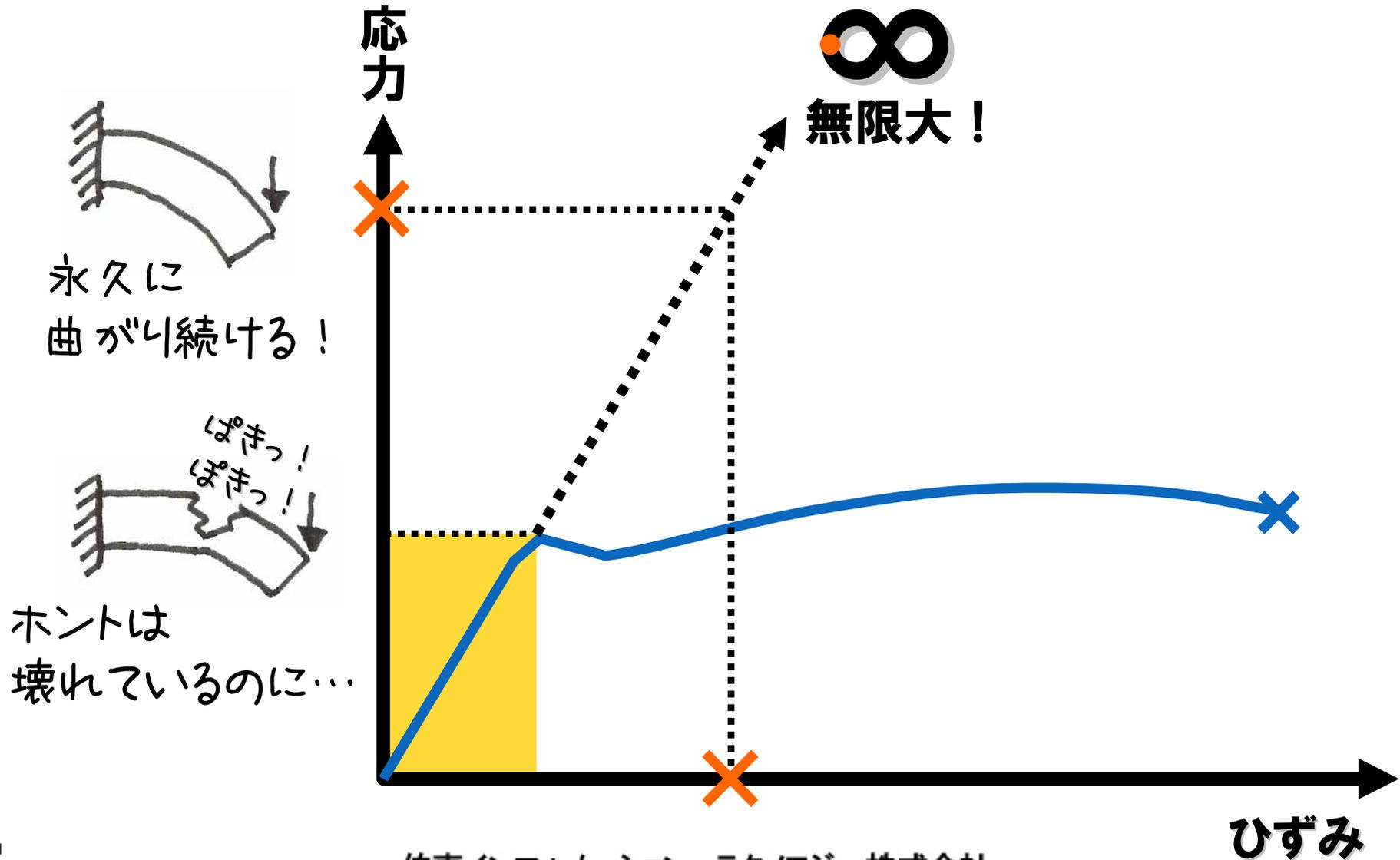
ある設計者の解析結果報告

『ピストンの解析結果ですが、直径を120ミリにした場合、頂点部が25ミリ、変形しますね。』

『それと、材質はアルミなんですが、応力は 3.40×10^9 MPaでてます。』



線形静解析の功罪

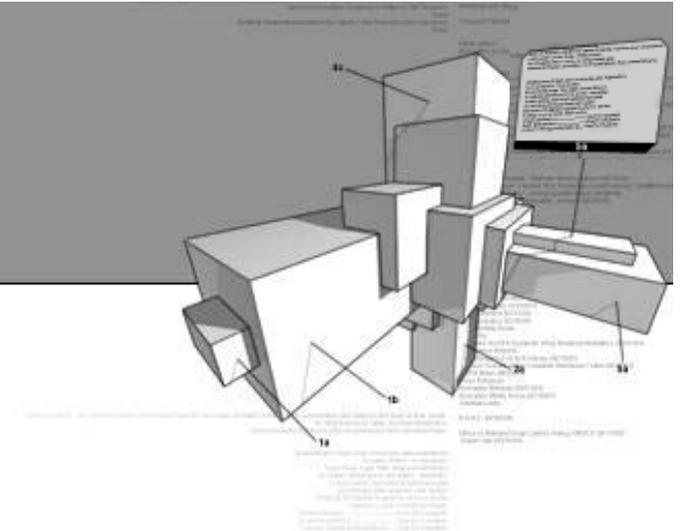


設計者サイドの問題点

- **解析結果を判断できない。**
 - ▶ 判断するための根本的な知識が欠如している。
 - ▶ 知識を系統立って習得する場がない。
- **判断するための十分なデータが整備されていない。**
 - ▶ 入力データとしてのヤング率などの材料定数
 - ▶ 解析結果を判断するための許容応力
 - ▶ 解析結果を設計に戻すための安全率
- **解析に興味はあるものの、精度確保の難しさに辟易している。**
 - ▶ 何度か使ってはみるが、やるたびに答えが変わったりツジツマが合わなくなる。
 - ▶ 設計者は解析専任者とちがい、解析を探求する時間がない。



解析専任者の言い分と特質



設計者CAEに懐疑的な解析専任者

解析のことを何も知らない設計者が勝手に解析をする。

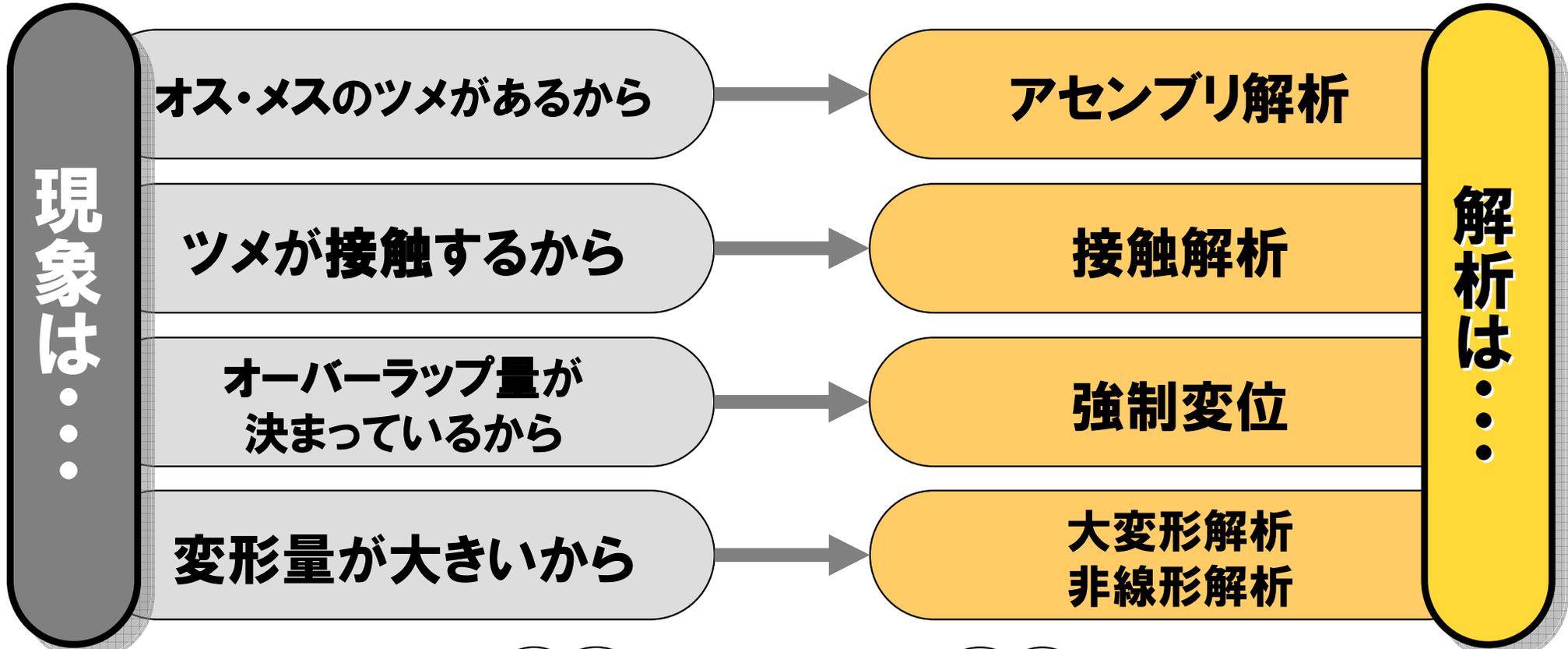
都合の良い思い込みのルールを
解析結果に織りこんで一般化。

解析の結果について、責任を持つことができない。

 **問題発生**



ぎゃつぷ、ギャツプ、GAP



パチンって
はまるだけな
んだけどなあ...



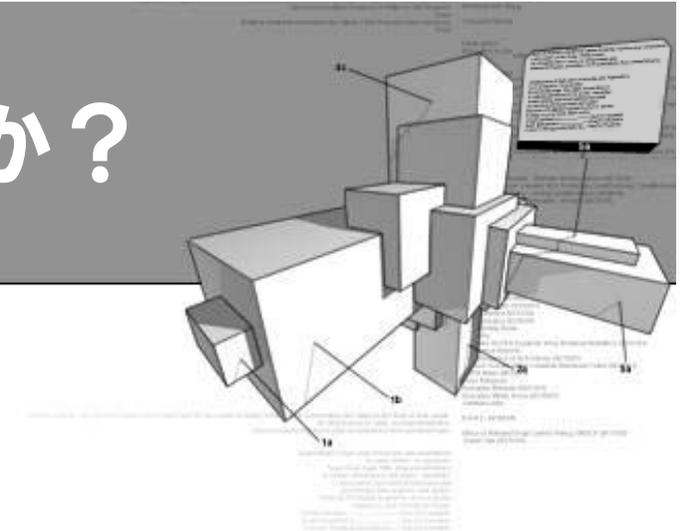
これはなかなか
難しい解析
になるなあ...

解析専任者サイドの問題点

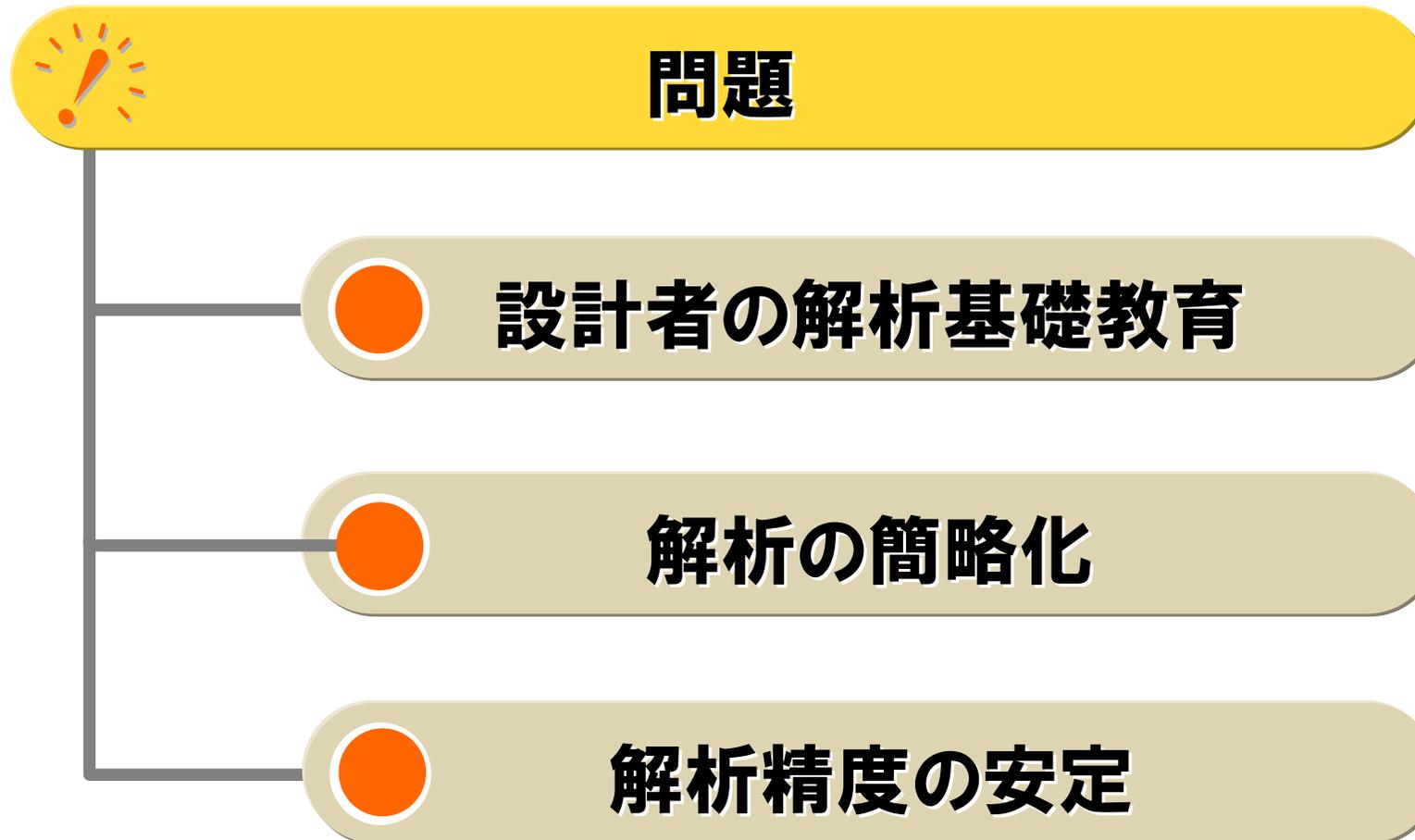
- **あまりにも専門家的で、設計に役に立つ情報が提供できない。**
 - ▶ 解析技術・技法に凝ってしまう。
 - ▶ 解析はあくまで手段であるが、目的になってしまう。
- **解析専任者特有の「こだわり」がありすぎる。**
 - ▶ 精度面からの6面体要素に対するこだわり。
 - ▶ 板の中立面抽出に対するこだわり。
 - ▶ NASTRANとの解の同期性に対するこだわり。
- **設計者へのCAEの展開について消極的。**
 - ▶ 設計者の解析に対するレベルが信じられない。
 - ▶ これまで地道に築いてきた解析に対する信頼性が崩れることへの不安。



これらの問題をどう解決していくのか？

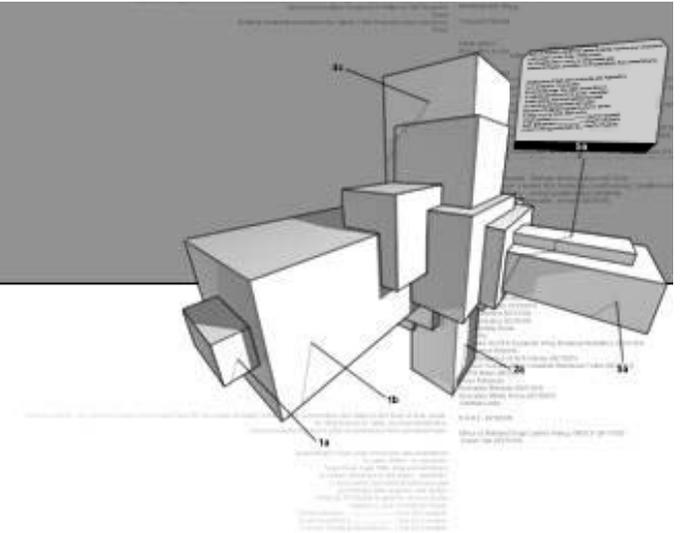


問題点のまとめ





設計者の解析基礎教育について



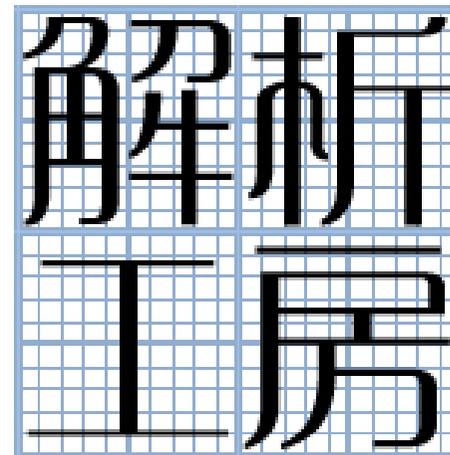
『解析工房』のすすめ

■ 学問に王道なし -There is no royal road to knowledge.-

- ▶ 材料力学、有限要素法の習得には、王道はない。
- ▶ 解析マクロや解析テンプレートはあくまで操作の自動化

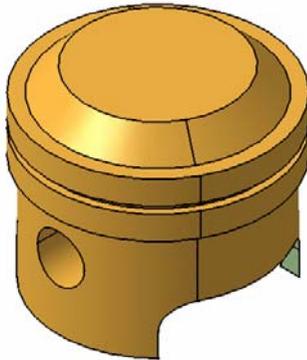
■ だったら、どう学ぶか？

- ▶ できるだけ、カンタンに！
- ▶ できるだけ、わかりやすく！
- ▶ できるだけ、楽しく！



実践的な解析工房のデザイン

御社の製品



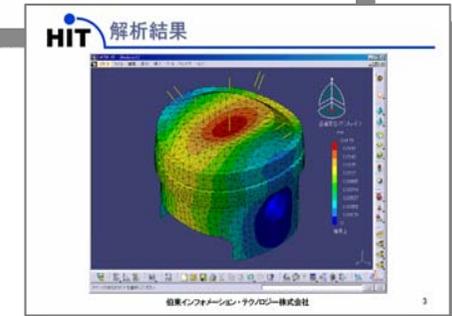
御社のCAEツール



御社の事情

- スケジュール
- 期間
- 場所
- 内容
- 受講者
- etc...

カスタマイズ
解析工房



HIT特性 材料力学テキスト

HIT 許容応力度設計法

比較

壊れる 応力

CAD CAE

解析データとして与える

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

HIT 主応力(Principal Stress)

解析で計算される応力は事前に決められた座標系が基準

座標系が回転すれば応力の値は変わる。

ところが...

発生している応力は、存在している。

応力を知る必要がある。この最悪の応力座標軸を回転して得られる最大最小の応力

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

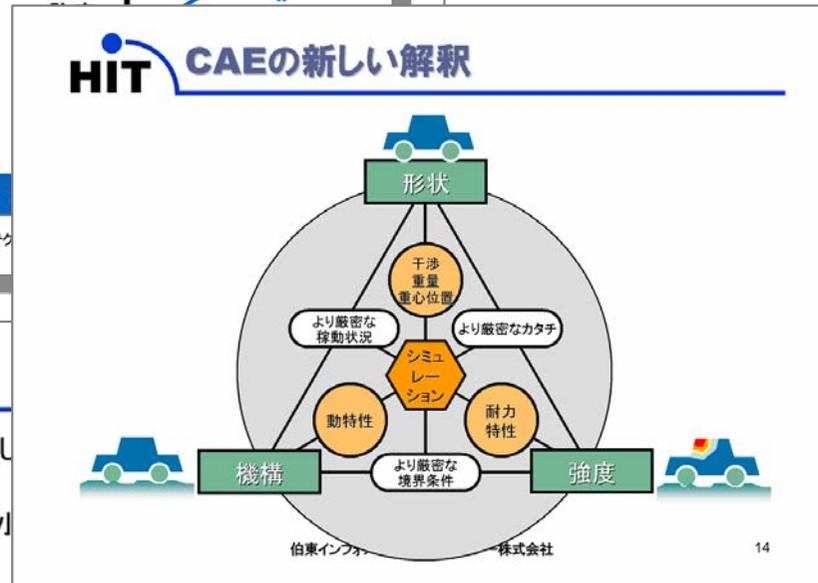
34

HIT 応力 -まとめ-

- 部材の内部の1点に発生する応力。
- マスの大きさは、非常に小 (質量=0)もの。
- 面に垂直な応力
 - ▶ 垂直応力 (Normal Stress)
 - ▶ 方向
 - プラス: 部材が引き伸ばされる方向
 - マイナス: 部材が圧縮される方向
- 面に平行な応力
 - ▶ せん断応力 (Shear Stress)

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

31



変形の様子は基本的には伸び、縮み、ゆがみで表現できる。

縮み

伸び

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

37

HIT特性 有限要素法テキスト

HIT 実物から有限要素モデルへ

厚さ2mm
実物 90mm 30mm

要素分割

節点番号と要素番号

1 2 3 4 5 6

101

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

HIT 要素の種類と次数

	棒(線)	三角形	四角形	六面体	五面体	四面体
	Bar	Tria	Quad	Hexa	Penta	Tetra
1次						

中間節点

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

73

HIT 要素と連続体

5 6 7 8
1 2 3 4

101 102 103

要素分割

5 6 7 8
1 2 3 4

101 102 103

組み合わせ

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

HIT 構造解析3つの要素

拘束

構造

荷重

モノを表現する 構造

モノを固定する 拘束

モノにかかるチカラ 荷重

境界条件

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

82

マトリックスで

$$\begin{bmatrix} 10y \\ 10z \\ 2x \\ 2y \\ 2z \\ \vdots \end{bmatrix} \mathbf{f} = \begin{bmatrix} 10x \\ 10y \\ 10z \\ 2x \\ 2y \\ 2z \\ \vdots \end{bmatrix} \mathbf{K} \times \begin{bmatrix} 1x \\ 1y \\ 1z \\ 10x \\ 10y \\ 10z \\ 2x \\ 2y \\ 2z \\ \vdots \end{bmatrix} \mathbf{u}$$

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

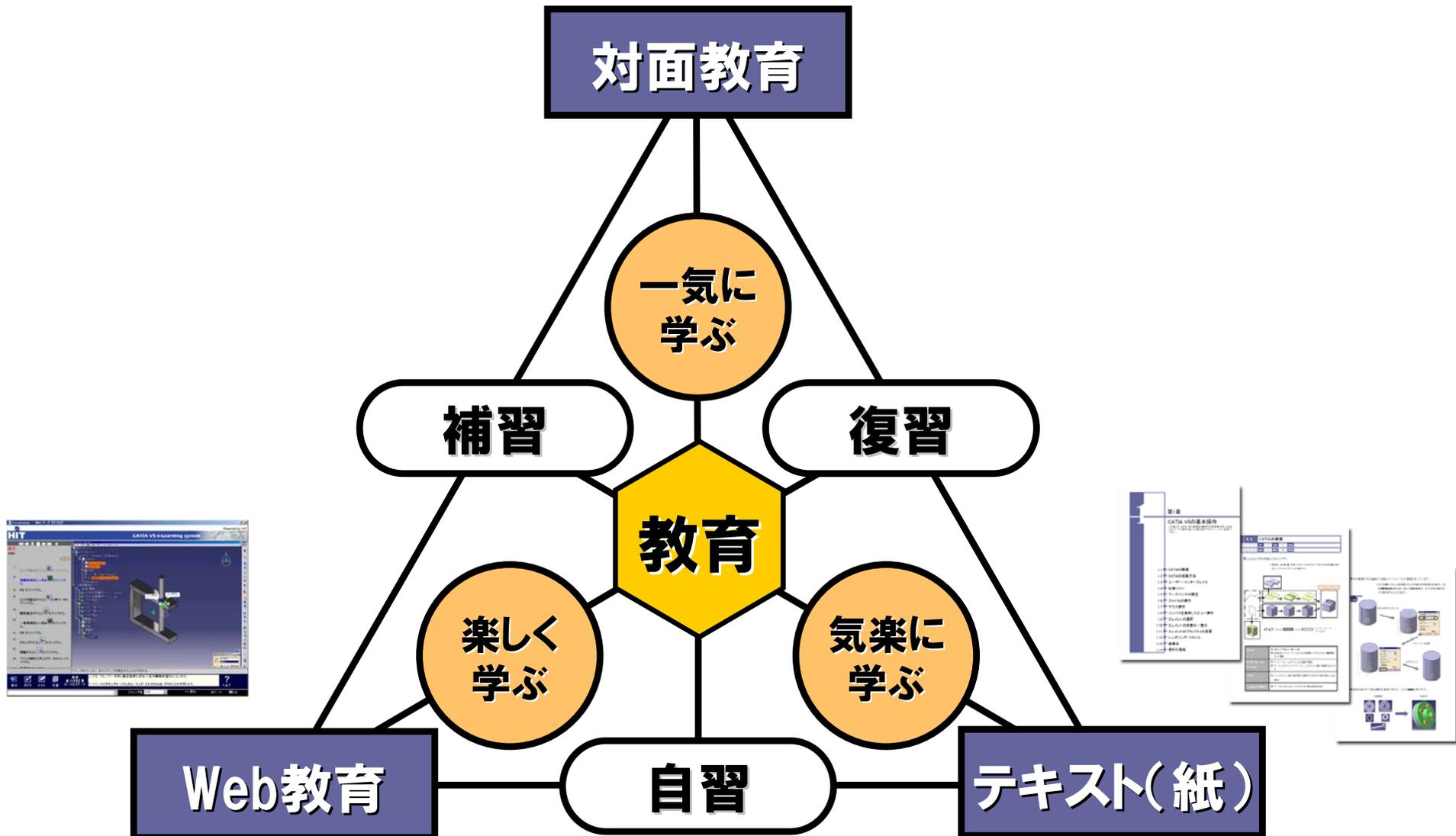
81

を
表
す
関
係
式
の
作
成

伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

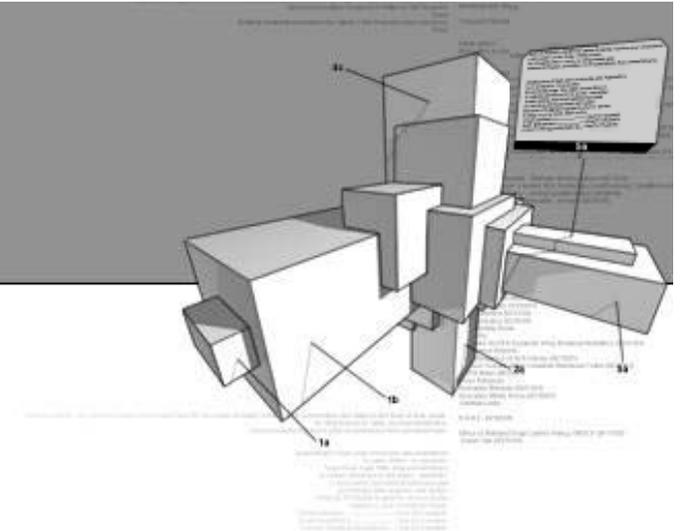
77

教育も3次元で

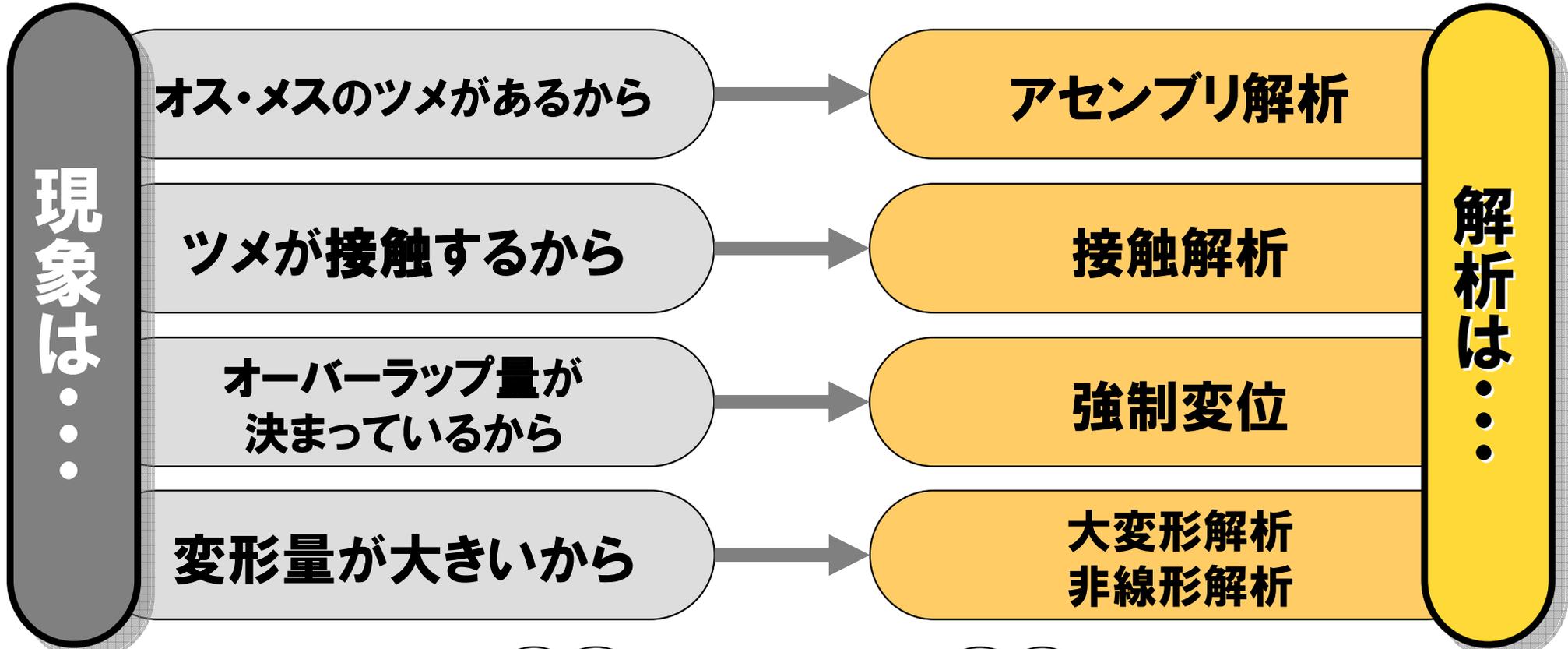




解析の簡略化について



ぎゃつぷ、ギャツプ、GAP



パチンって
はまるだけな
んだけどなあ...

これはなかなか
難しい解析
になるなあ...



参考：板バネの強度計算ツール

Microsoft Excel - 03_05.xls

3-5. 板ばねの耐久限度 (2) : 片持ち支持台形状ばね

ばねの荷重とたわみの関係进行計算し
その耐久限度を表示する。

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z}$$

◆たわみと荷重の関係は“beam07”参照のこと。

耐久限度の設定をしてください
N = 1,000,000

材料の選択
材料: 22 . C5210R-1/2H
ばね用リン青鋼
 $\sigma_B = 48$ kgf/mm²
 $E = 1.12E+04$

W: ばねに繰返し加わる荷重
b: ばねの幅
t: ばねの板厚
I: 断面二次モーメント
Z: 断面係数
M: モーメント
E: 縦弾性係数
 σ : 曲げ応力
 δ : ばね右端の最大たわみ

ばねの寸法:
b = 100 mm
b1 = 3.0 mm
t = 0.25 mm
l = 100 mm
切欠係数 = 1.0

係数:
 $\alpha = 1.254$
 $\beta = 0.3$
M = 2.44 kgf·mm
k = 0.3 kgf/mm
f0 = 732 cpm

たわみと荷重:
 $\delta_1 = 0.700$ mm
 $\delta_2 = 0.100$ mm
 $\sigma_{max} = 23.4$ kgf/mm²
 $\sigma_{min} = 3.3$ kgf/mm²
W max = 0.244 kgf
W min = 0.035 kgf
 $\delta_{max} = 0.700$ mm
 $\delta_{min} = 0.100$ mm

耐久限度 (Goodman) 図表:
縦軸: σ_{max}/σ_B
横軸: σ_{min}/σ_B

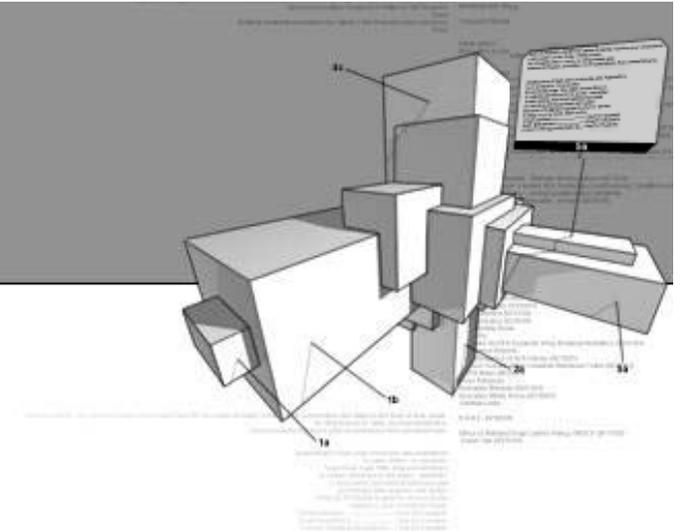
$$\delta = \alpha \cdot \frac{W \cdot l}{3 \cdot E \cdot I} = \alpha \cdot \frac{2 \cdot \sigma \cdot l^2}{3 \cdot E \cdot t}$$

$$\alpha = \frac{3}{(1-\beta)^3} \left[\frac{1}{2} - 2 \cdot \beta + \beta^2 \left(\frac{3}{2} - \ln \beta \right) \right]$$

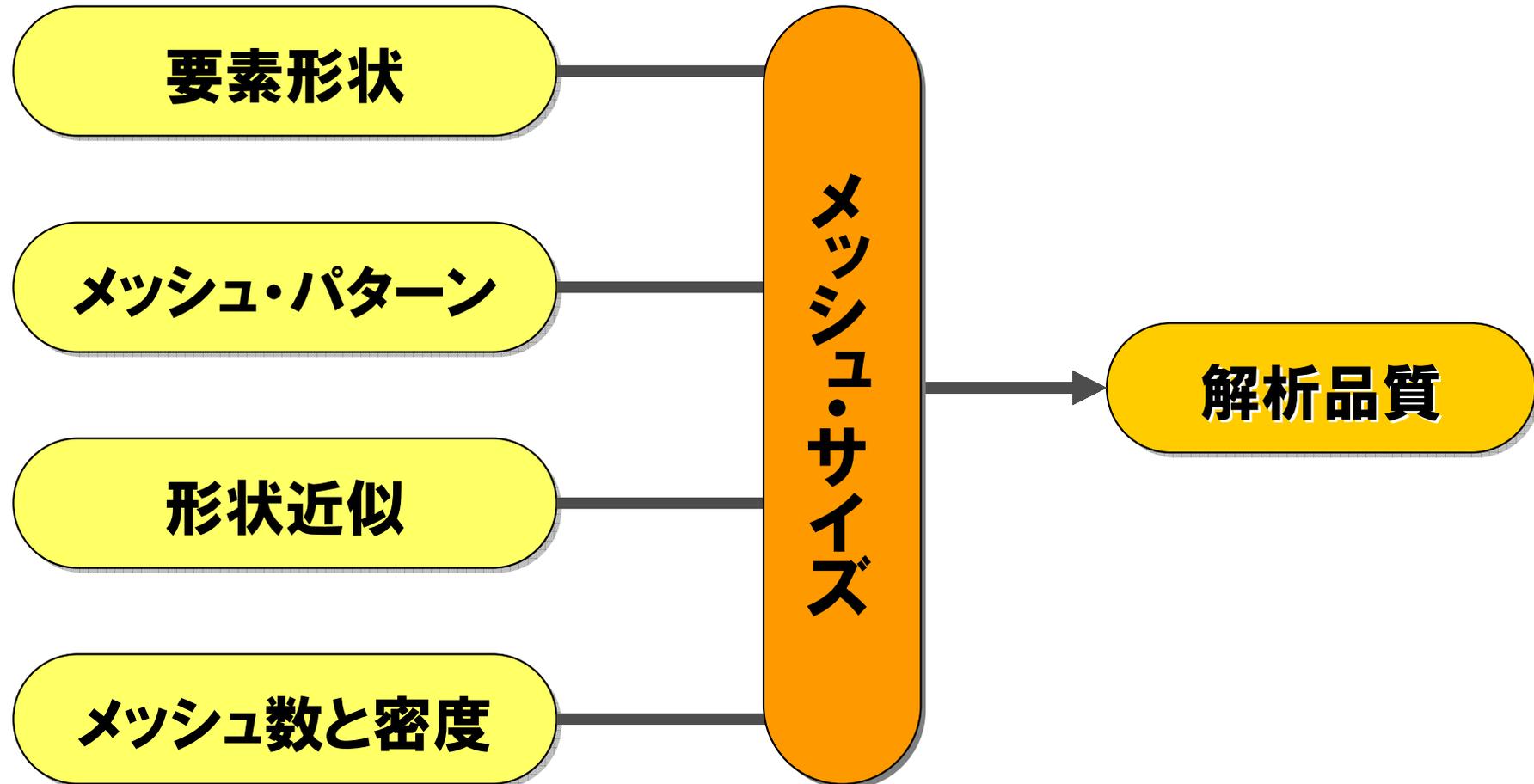
$$\beta = \frac{b1}{b} \quad \begin{matrix} \beta = 1: \text{長方形} \\ \beta = 0: \text{三角形} (3/2) \end{matrix}$$



解析精度の安定について



解析品質を左右する4つの要因



解析の品質はメッシュ・サイズによって決定されます。

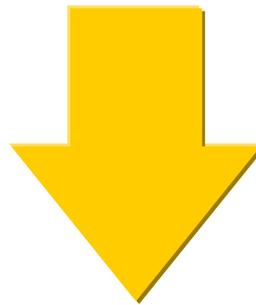
つまり...

過去、片持ち梁での理論解と解析解との比較が行われ、

“6面体要素は答えが合う”

“4面体要素は答えが合わない”

などと言われてきました。これは、大きな間違いです。
たまたま、そのメッシュサイズで答えが合った、合わ
なかったに過ぎません。



それでは最適なメッシュサイズを
どのように決定すればいいのでしょうか？

そこで...



の登場です。

OK法のこれまでとこれから

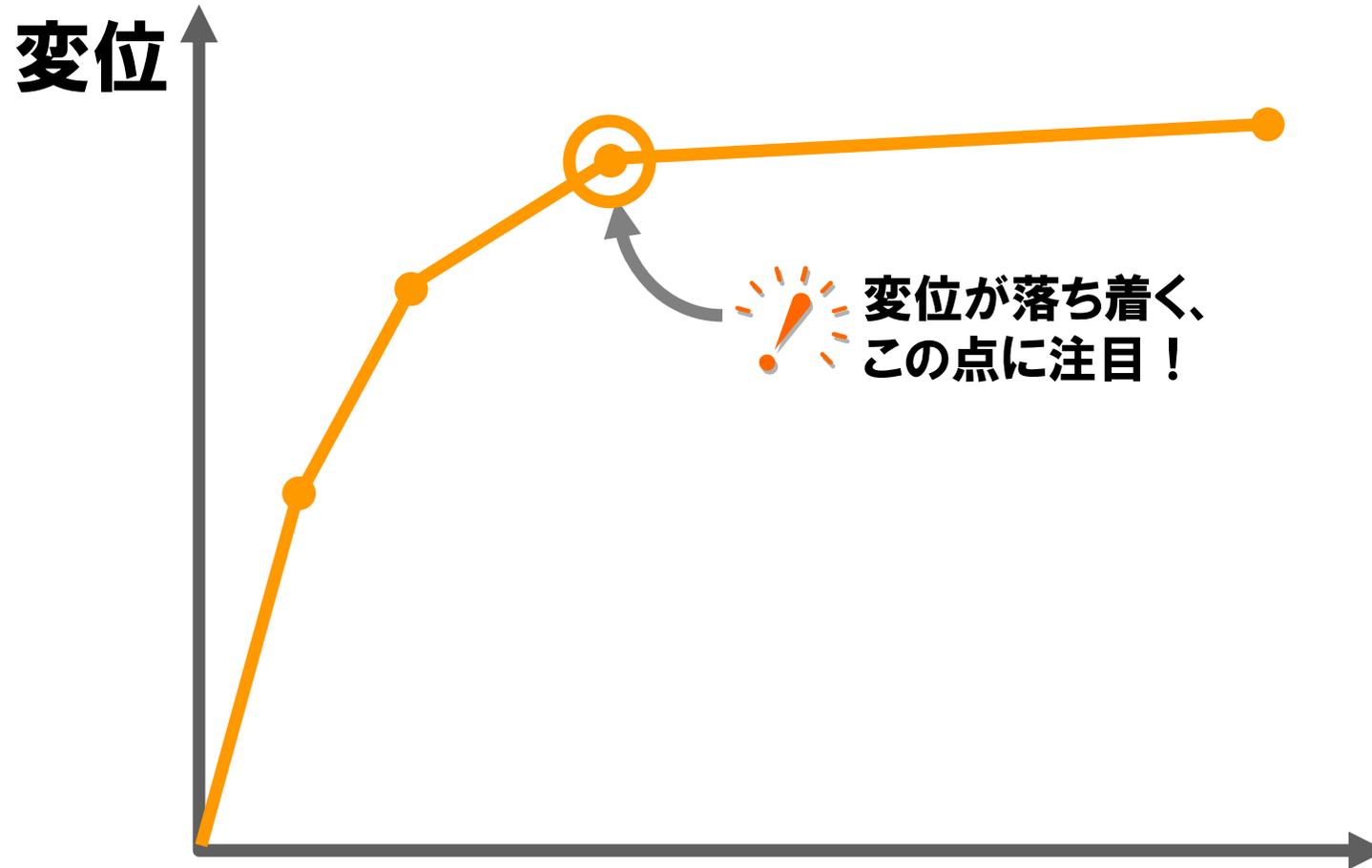
■共同研究

- ▶ この方法は、大橋英一郎氏(日本アイ・ビー・エム ソフトウェア事業 PLM事業部 エンジニアリング・コンピテンシー・センター)と栗崎彰の長年の解析業務と、その成果を持ち寄った共同研究から生まれた成果です。
- ▶ 解析アプリケーションに依存しません。
- ▶ 現在、様々なモデルで検証を重ねていて、とても良い結果が得られています。
- ▶ 趣旨に賛同いただき実際の業務に適用して、設計者CAEを広めている実績もあります。
- ▶ OK法のすべてを紹介する本の出版を企画しています。
 - 印税は全額、地震、津波などの災害に対する義援金として寄付します。

OK法をちょっとだけ紹介

- **メッシュはなるべく均一に。つまりアダプティブ・メッシュなどの細工はしない。**
 - ▶ 節点数は多くなるが、現在のマシン・パワーに任せる。エレガントさより、パワー重視。
- **複数回の解析の実行を覚悟する。つまり一発で最適なメッシュ・サイズなど得られない。**
 - ▶ これも、現在のマシン・パワーに任せる。ムーアの法則の正確かつ順調な推移に期待。
- **グローバルなメッシュ・サイズのみを変更し、解析を行ない、得られた変位でグラフを描く手間を惜しまない。**
 - ▶ 縦軸は変位、横軸は“メッシュ・サイズではなく”あくまで節点数でグラフを描く。

OK法をちょっとだけ紹介



横軸 = メッシュ・サイズではなく節点数

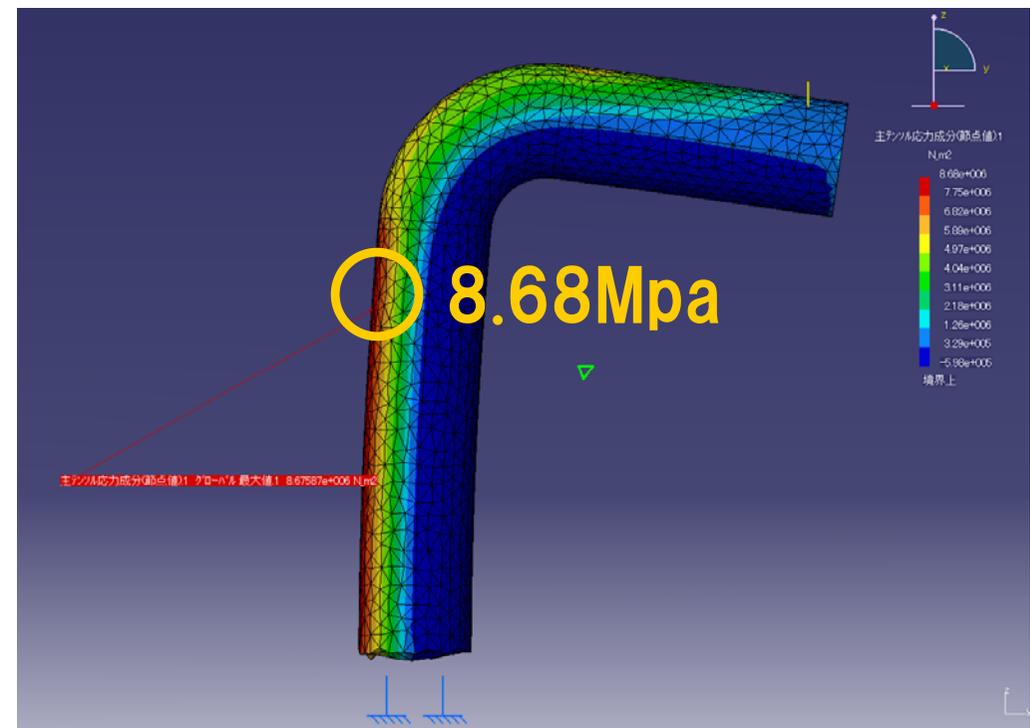
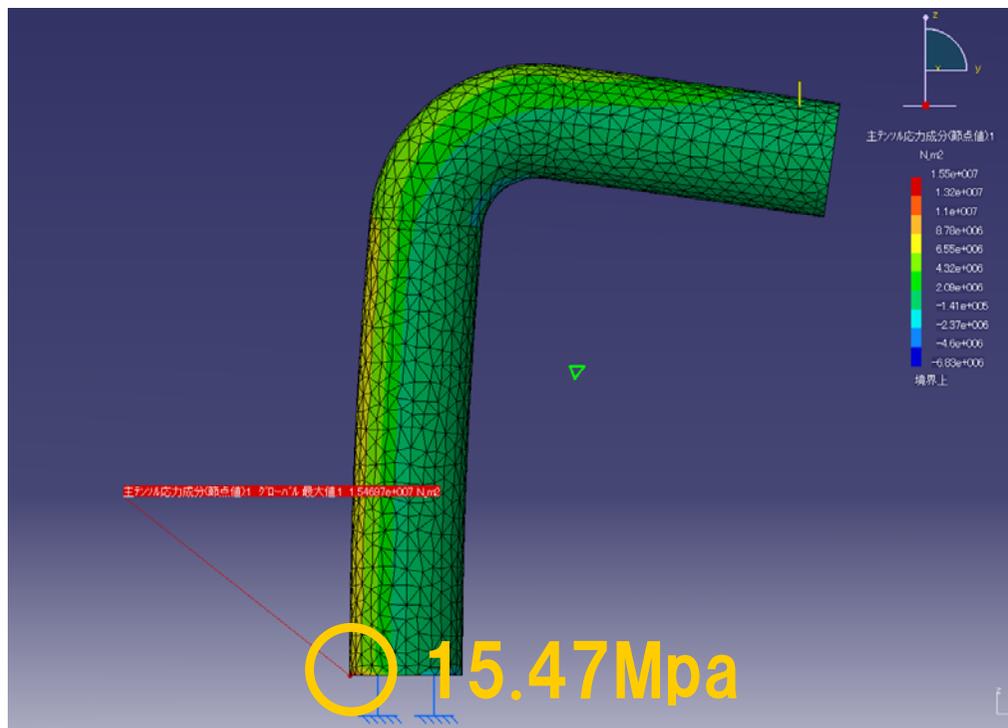
特異点にご注意！

■ 特異点とは...

▶ 拘束部や載荷部の応力は正確ではない。

■ それなのに、結果表示は特異点を含めてしまう。

▶ ソフトが選んだ「最大応力」で設計していいの？



その他のOK法(現在、進行中)

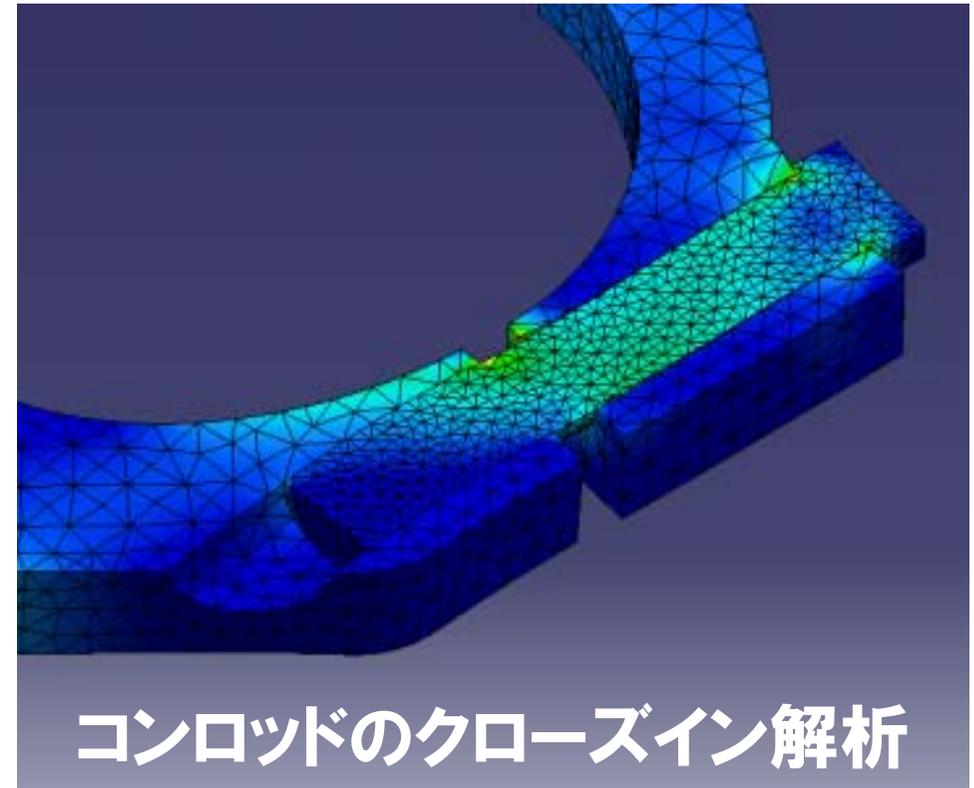
■線形解析結果の妥当性

- ▶ 簡易CAEツールとの比較
- ▶ NASTRANとの比較
- ▶ 実験との比較

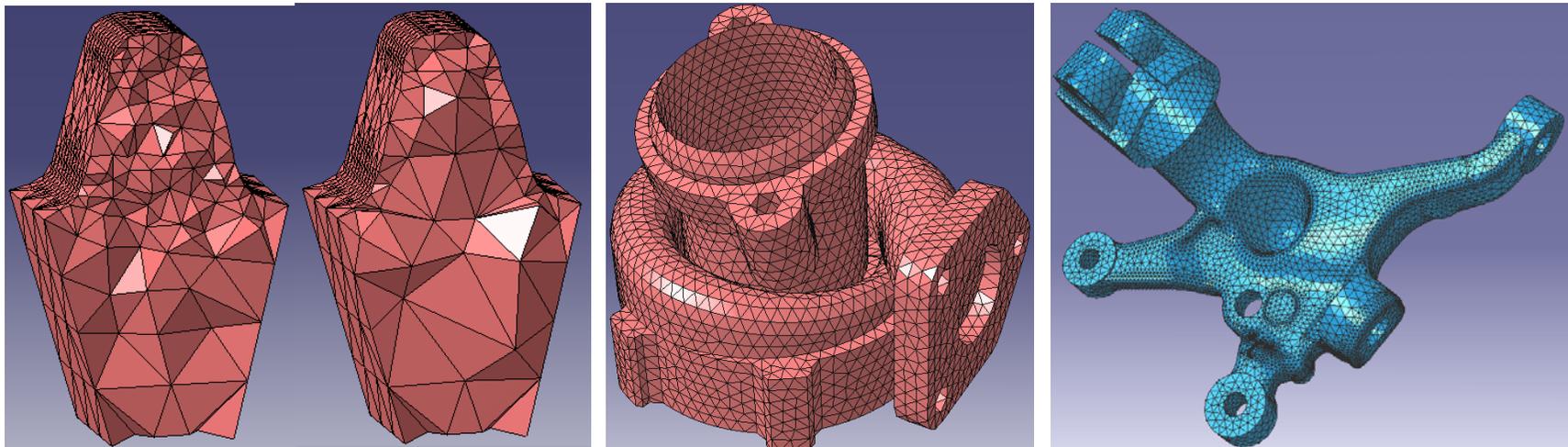
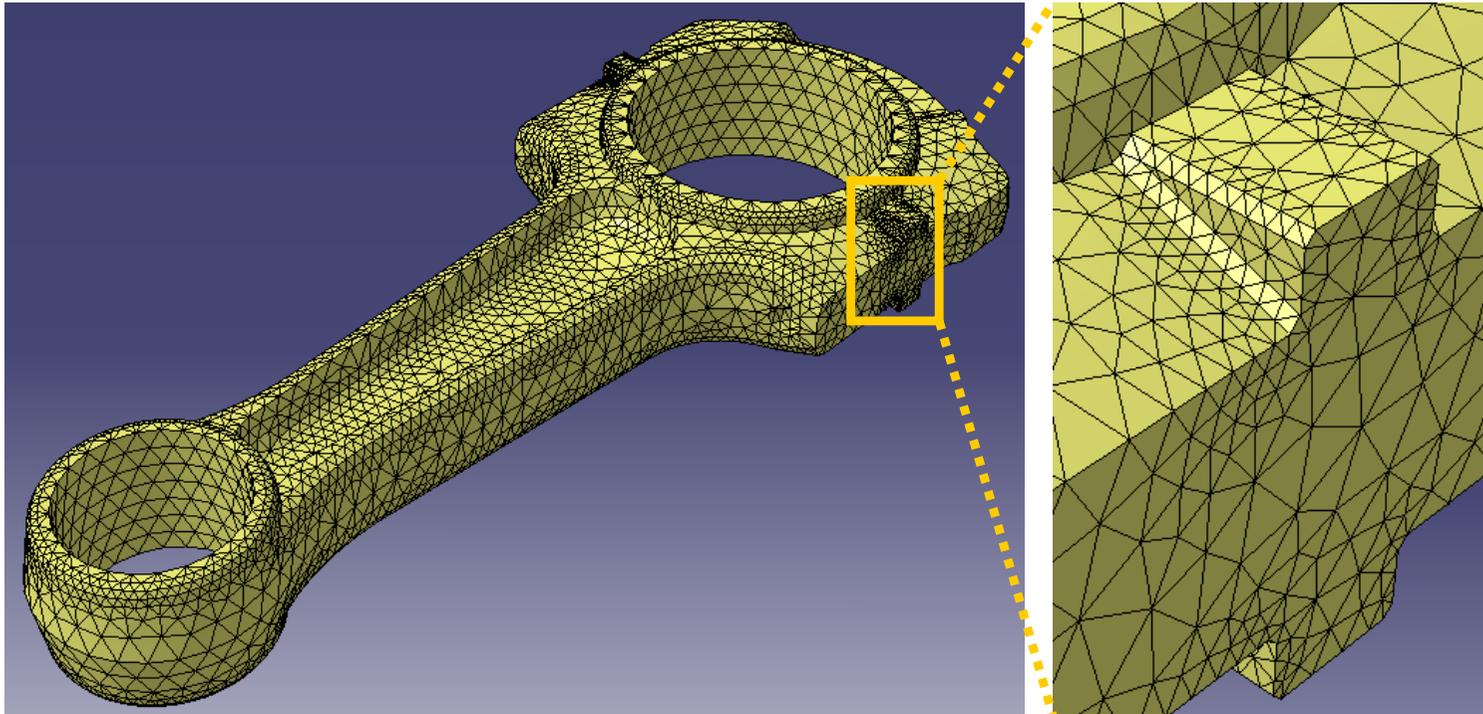
■アセンブリー解析

- ▶ 部品ごとのメッシュの細かさ
- ▶ アセンブリー結合

■固有値解析結果の妥当性



OK法には、均一なメッシュが必要です



2006年6月28日発表

特報! CATIA V5 CAE製品の一部、値下げ!

FMD (有限要素分割オプション・モジュール)

		ビコオ	アフター
シェアラブル	PLC	4,028,000.-	2,014,000.-
	ALC	563,900.-	282,000.-
アドオン	PLC	2,685,000.-	1,343,000.-
	ALC	375,900.-	188,000.-

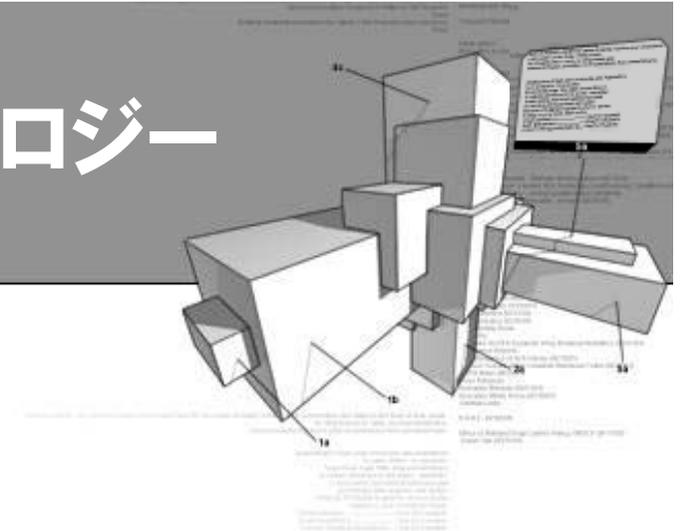
OK法をどうぞよろしく願いたします。



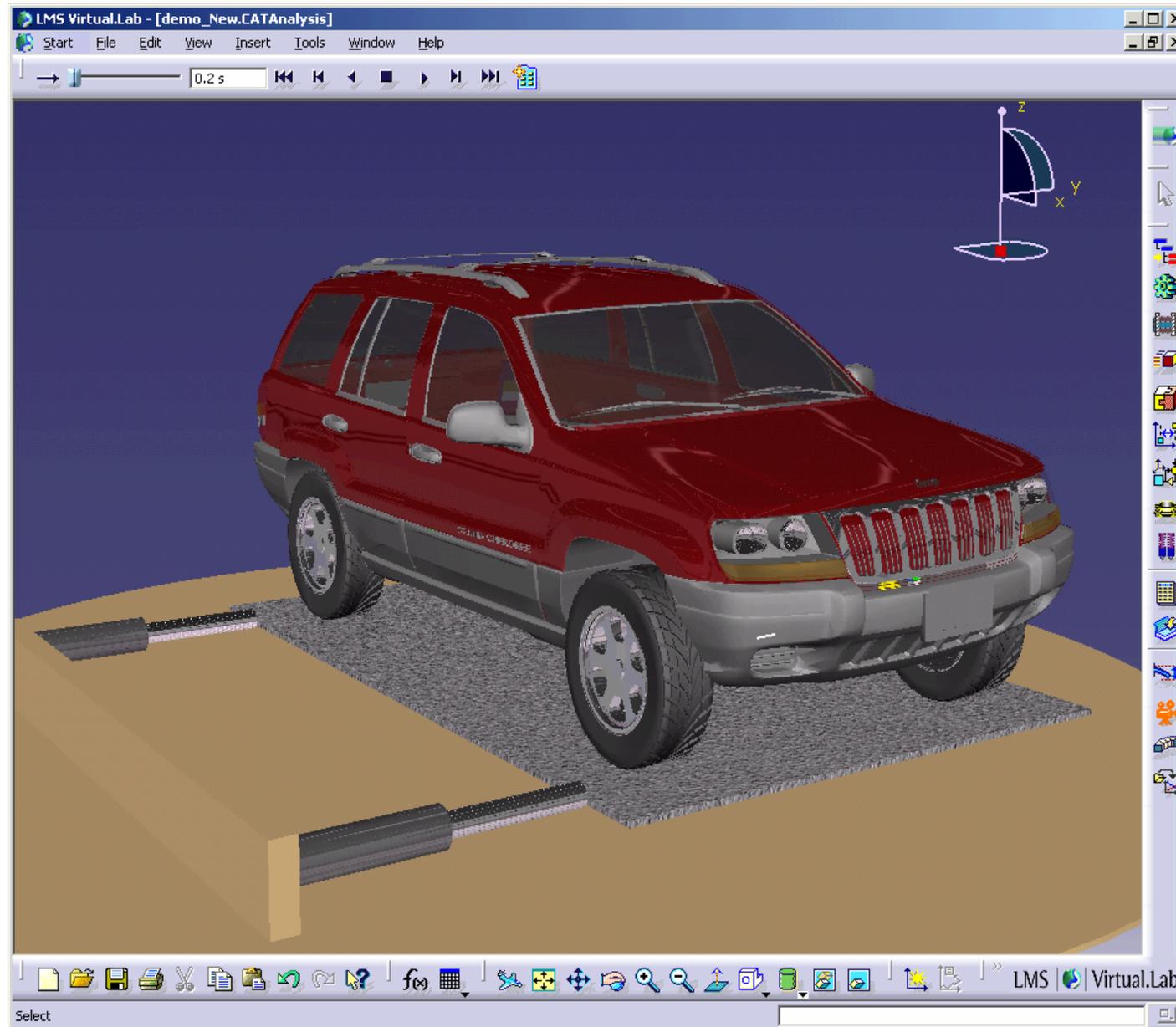
www.ok-method.net



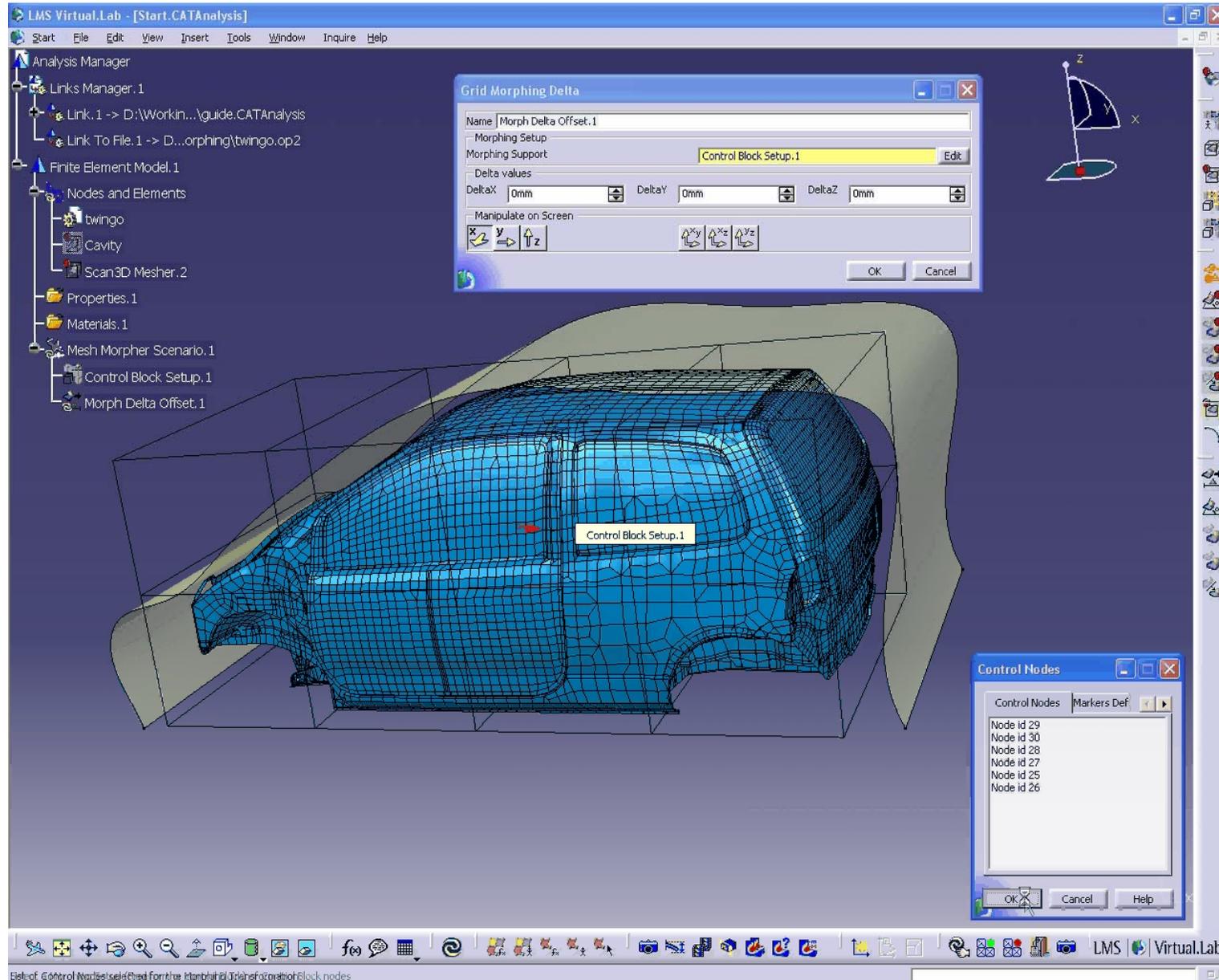
CATIA V5に統合されたCAEテクノロジー



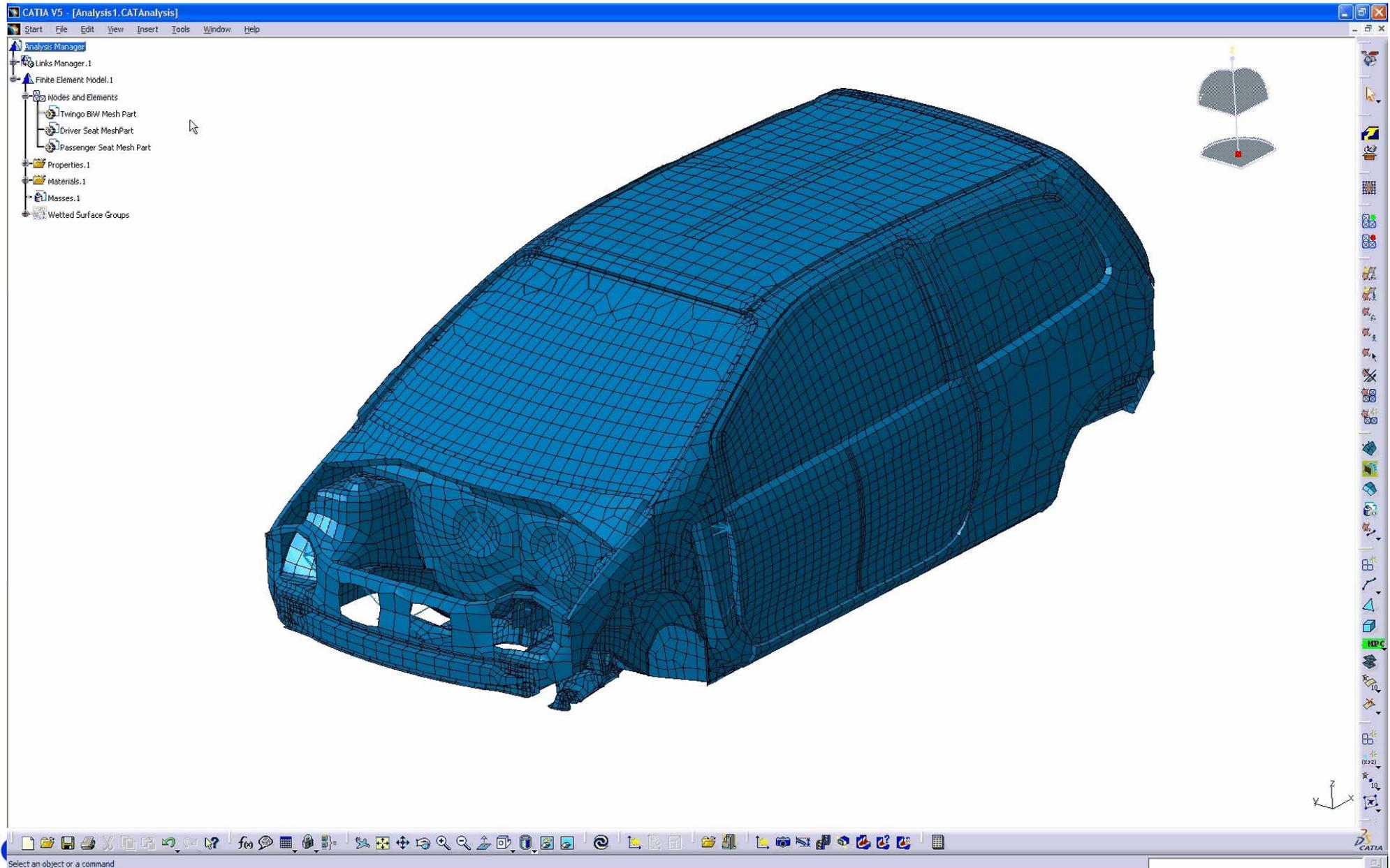
機構解析



メッシュのモーフィング

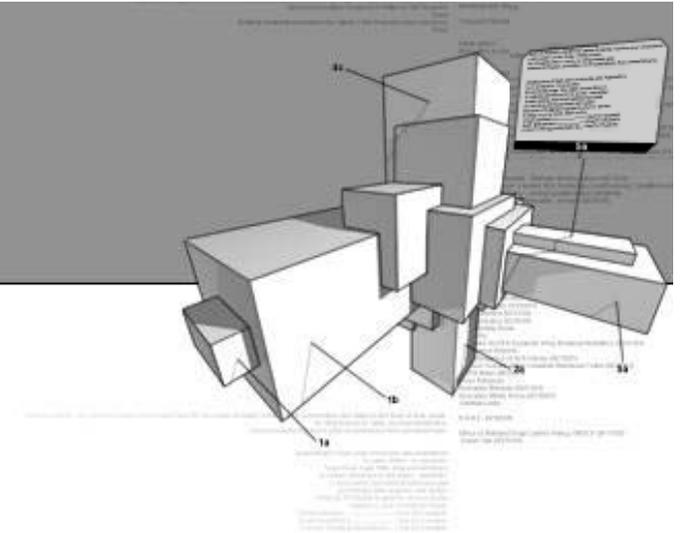


「空間」のメッシュ分割





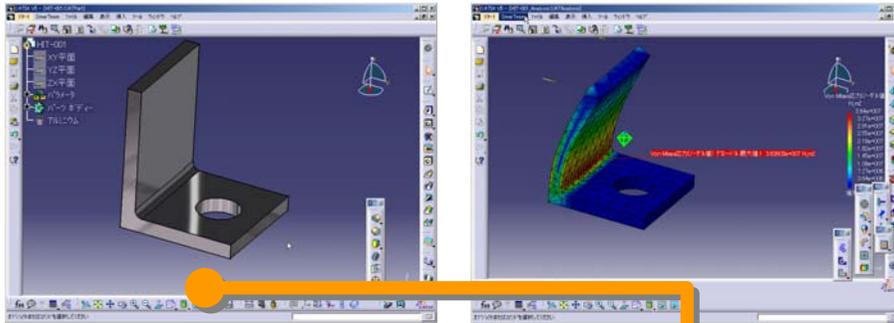
トピックス



設計解析フェイズとファイル

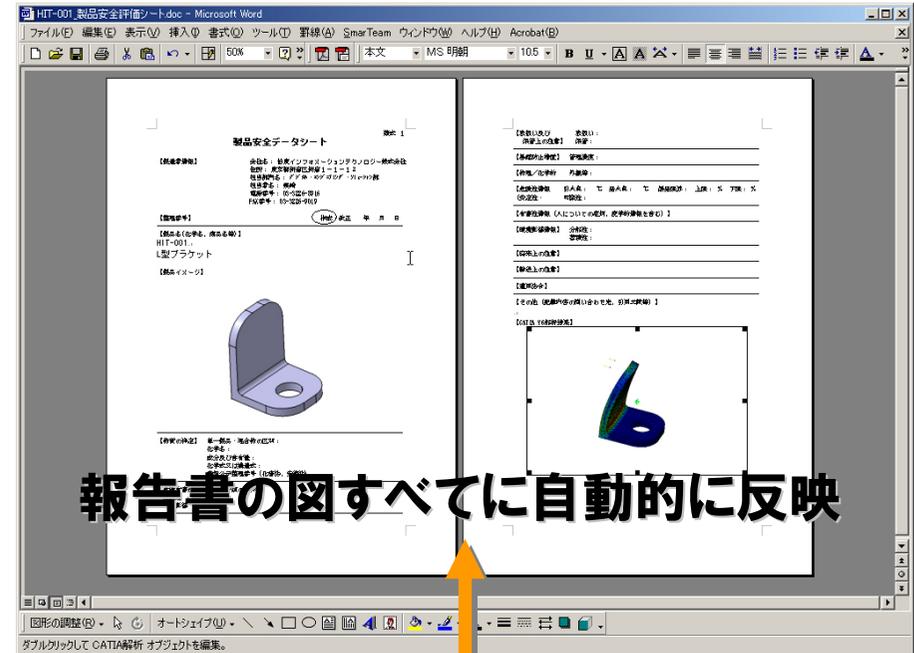
	初期モデル	一次設計変更	二次設計変更
CADモデル ファイル			
解析モデル ファイル	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">定義</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">結果</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">定義</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">結果</div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">定義</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; background-color: #e0f0ff;">結果</div> </div>
技術文書 ファイル			

報告書とCATIAのリンク

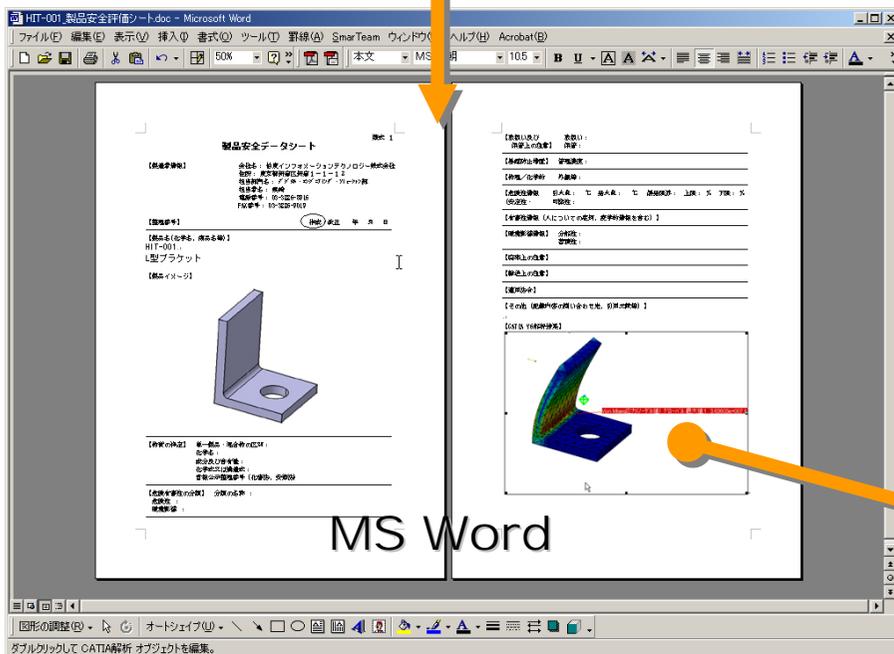


モデリング

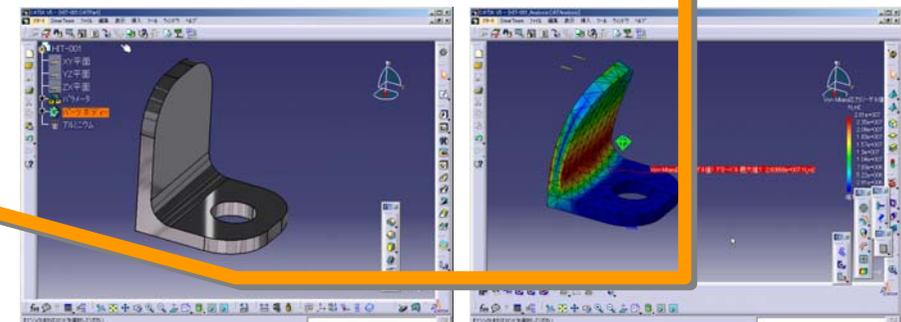
解析



報告書の図すべてに自動的に反映



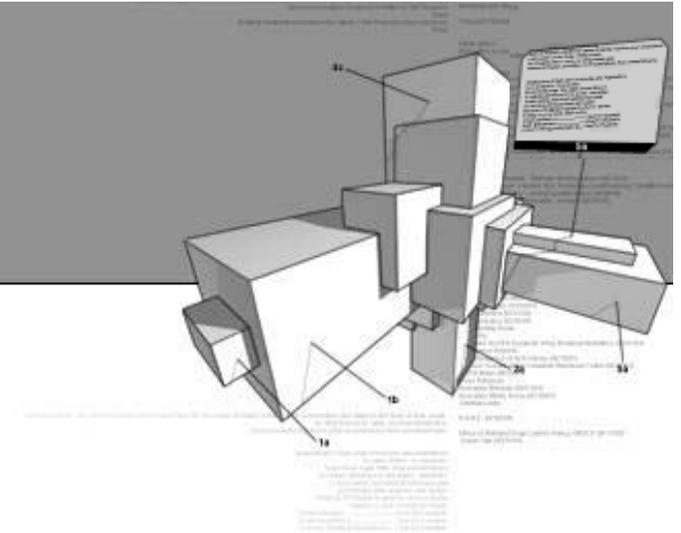
MS Word



モデルと解析の修正



まとめ

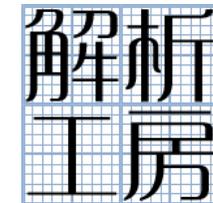


問題から提案へ(まとめにかえて)

問題から提案へ



設計者の解析基礎教育



解析の簡略化

CAE+算数
による簡略化



解析精度の安定



ありがとうございました。



伯東インフォメーション・テクノロジー株式会社

2次元から3次元へ。 3次元からプロセス改革へ。