

@IT MONOist ゼミナール

設計者と解析者をつなぐ **3D活用術**

開催日 2009/6/29 (月) 定員 30名  
会場 秋葉原UDXカンファレンス 主催 @IT MONOist編集部

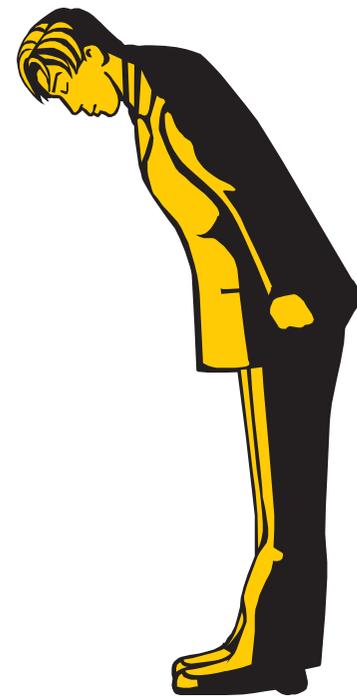
設計者が  
CAEを  
成功させる **10**の方法

 栗崎 彰  
Akira KURISAKI  
CAE FOR ALL



## 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CAE活用のヒントが提供できればと思っております。
- 50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。

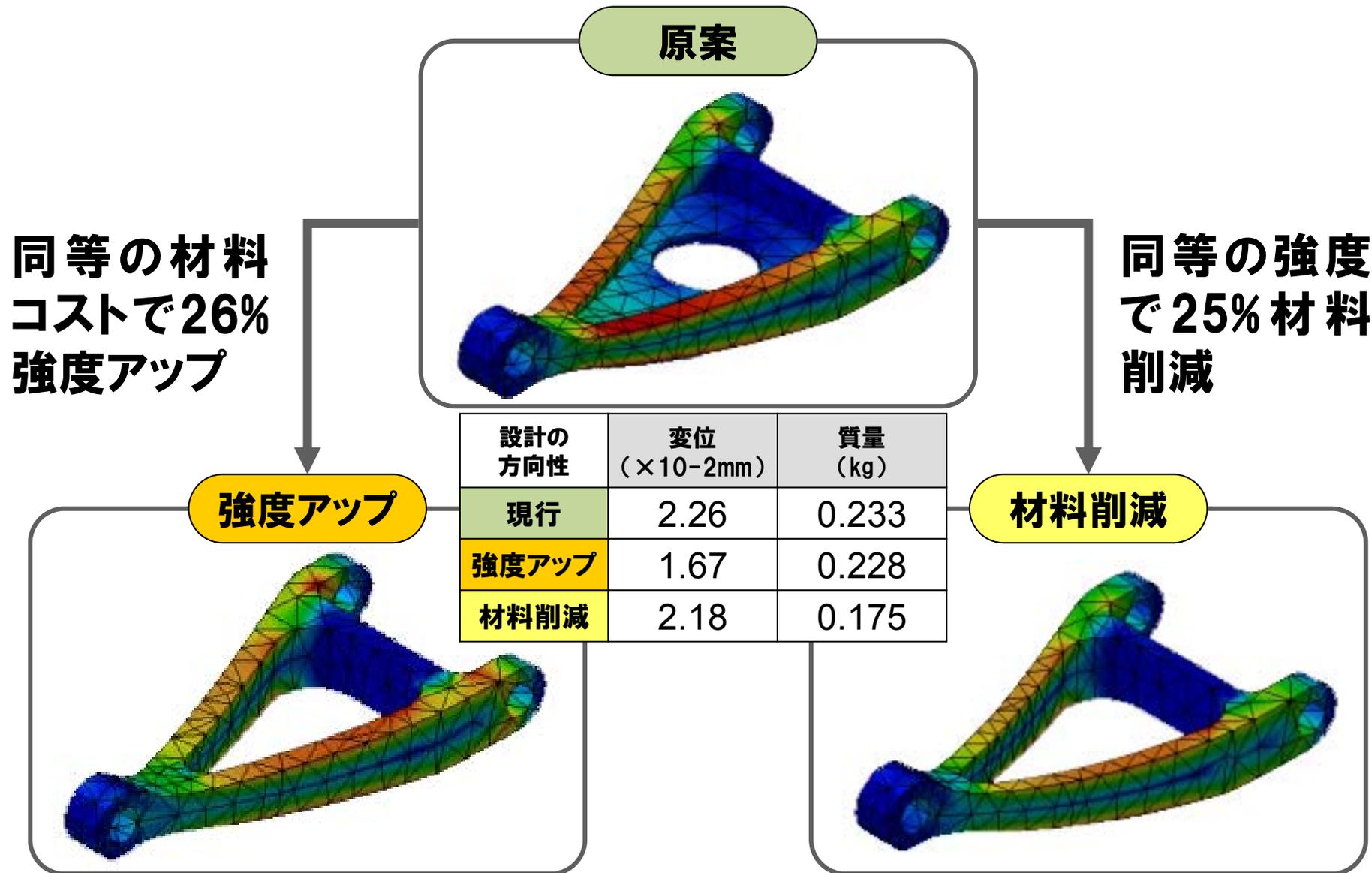


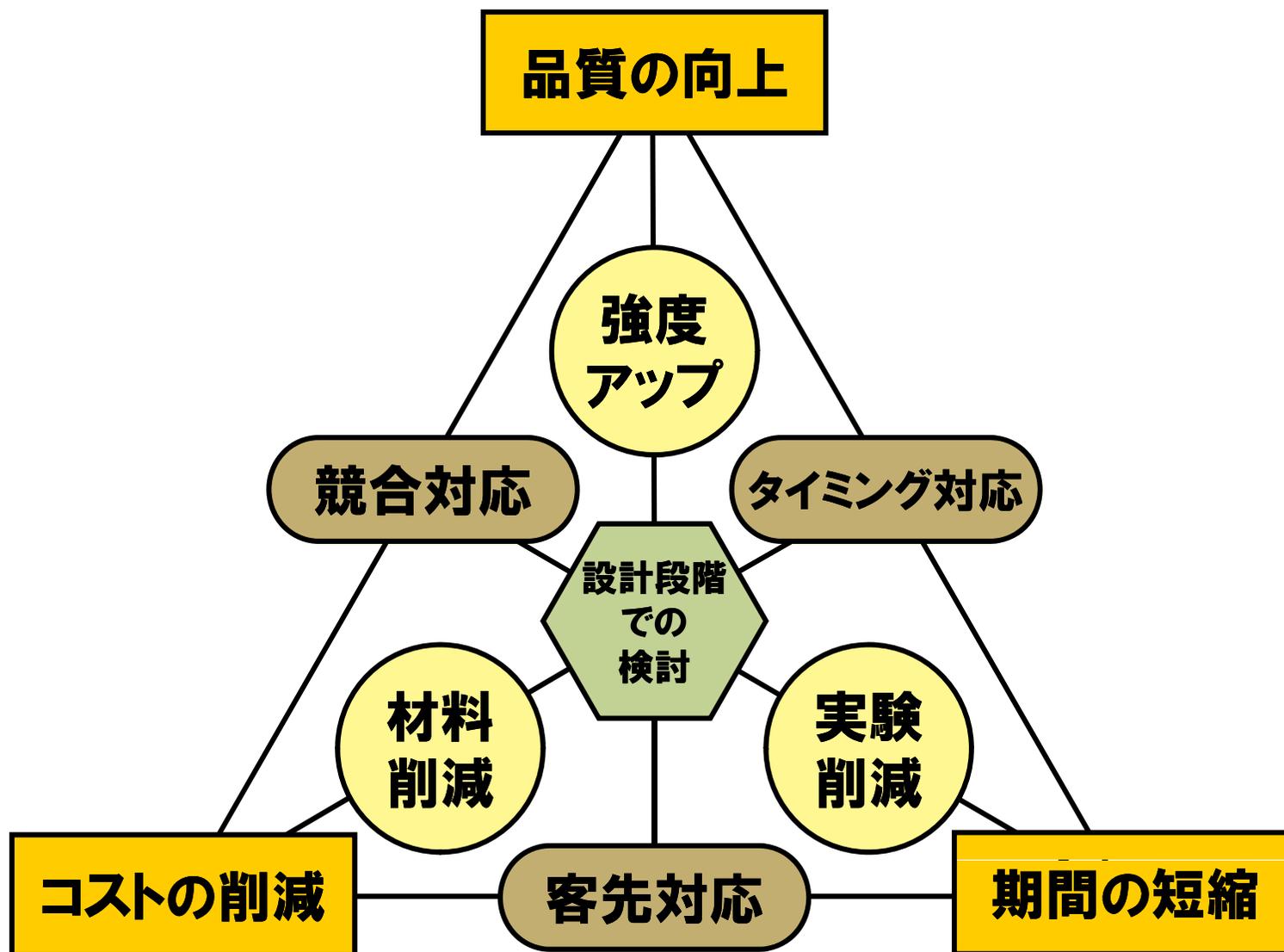


# 言うまでもないCAEの効用

(まずは、タテマエとして...)

# 原案から改良へ







# 設計者CAEの現状

(そして、ホンネ...)

# 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**



# 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。

設計者の解析は、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してしまう。

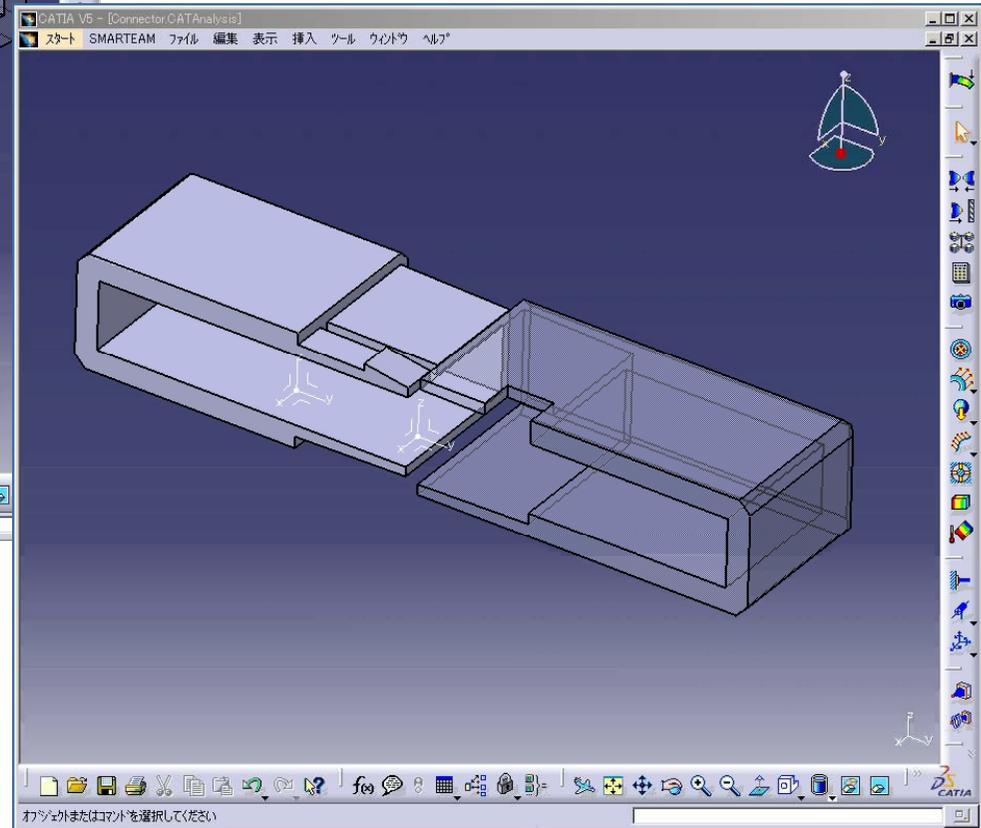
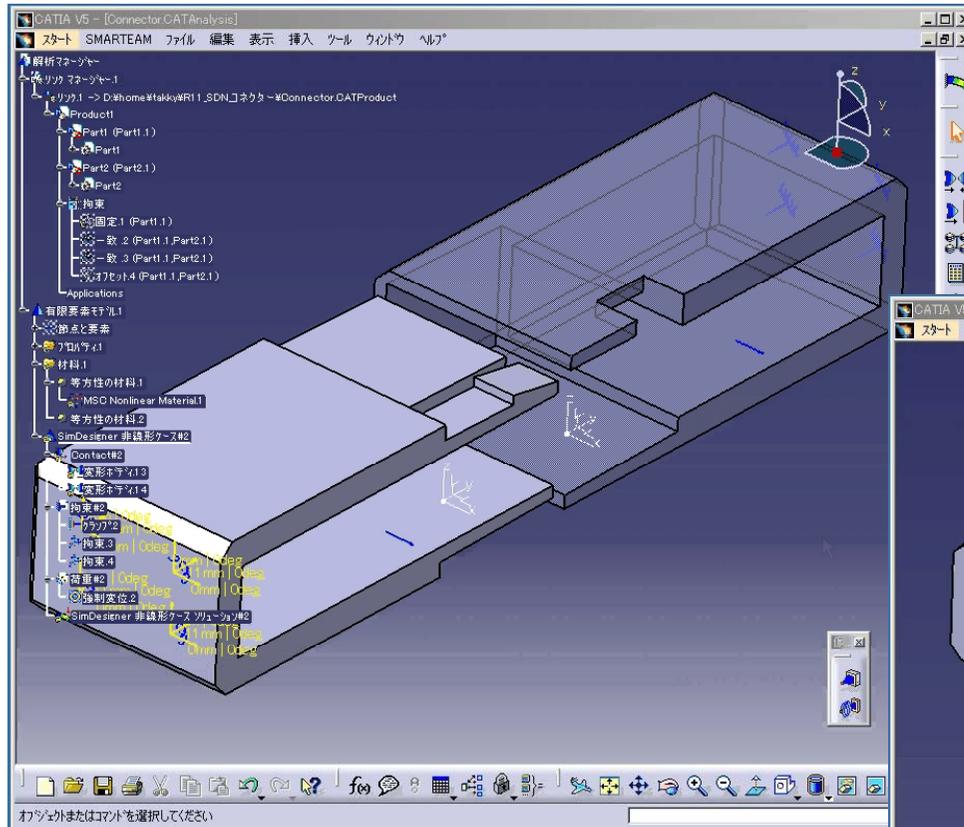
解析の結果について、責任を持つことができない。



**問題発生**



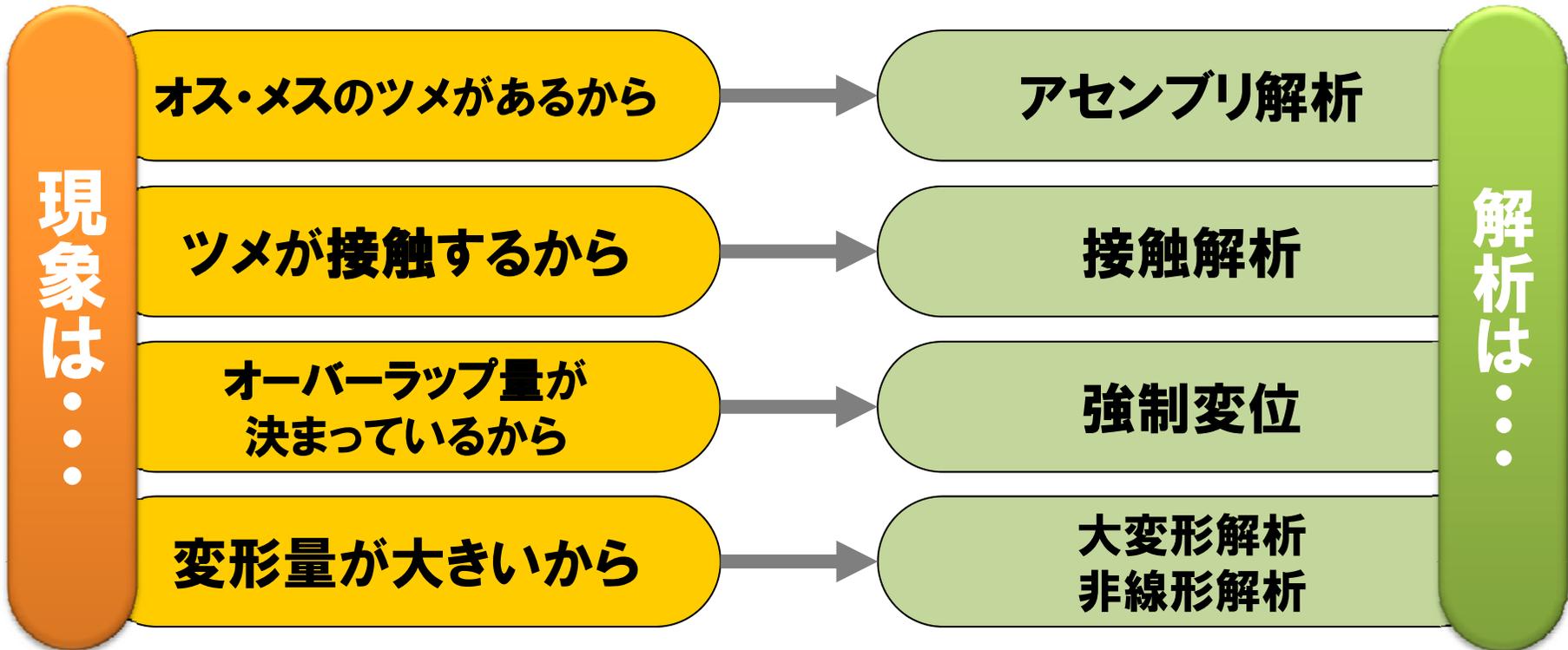
# 例えば、「スナップ・フィット」





CAE FOR ALL

# ぎゃつぶ、ギャツブ、GAP



パチンって  
はまるだけな  
んだけどなあ  
...



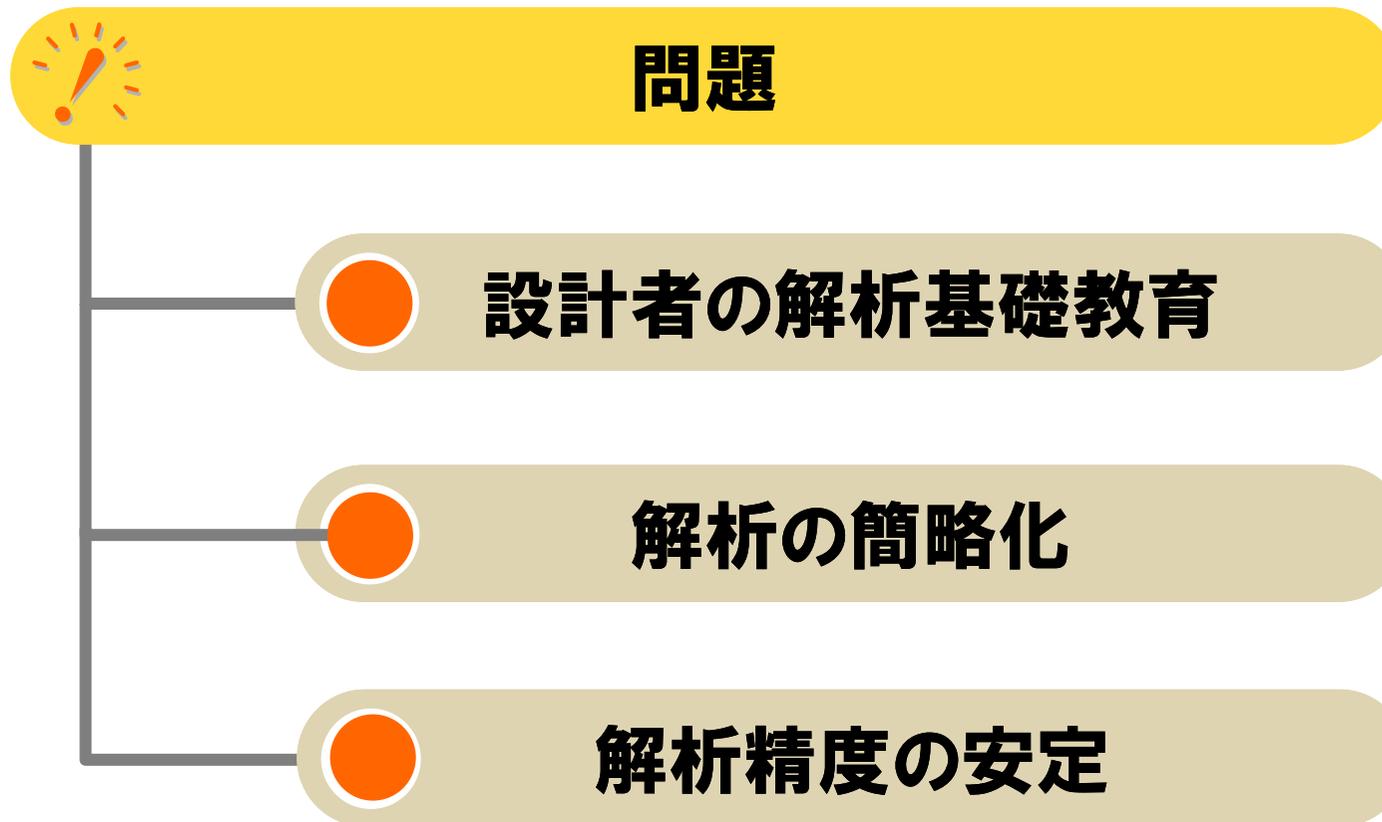
これはなかなか  
難しい解析  
になるなあ...

# 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。



問題をどう解決していくのか？



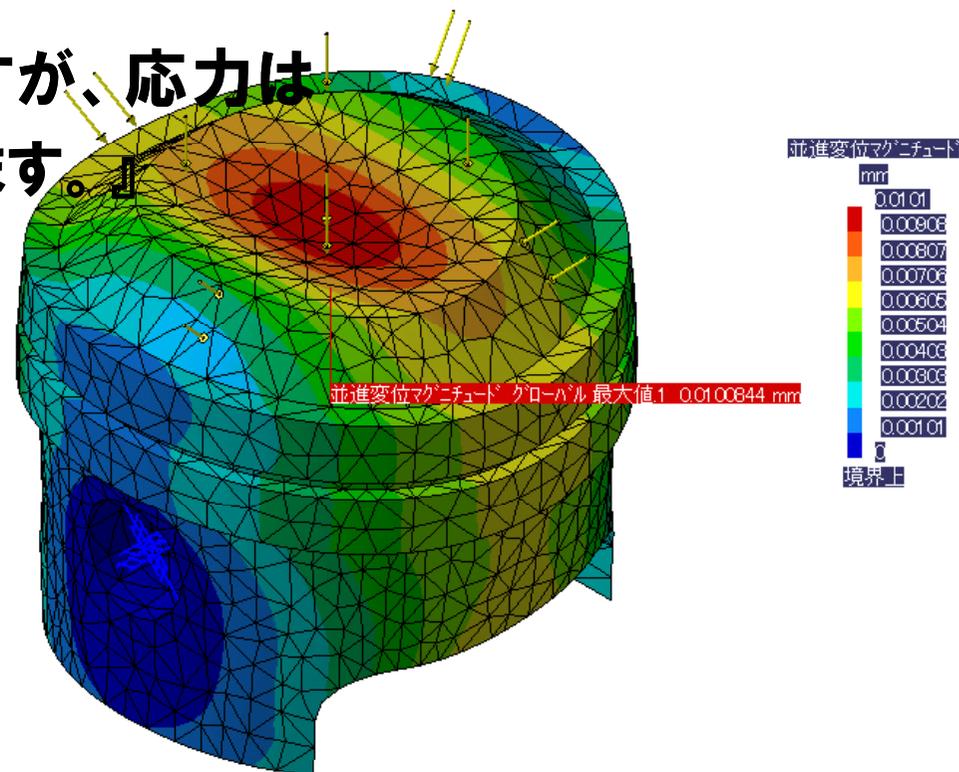


# 設計者の解析基礎教育について

# ある設計者の解析結果報告

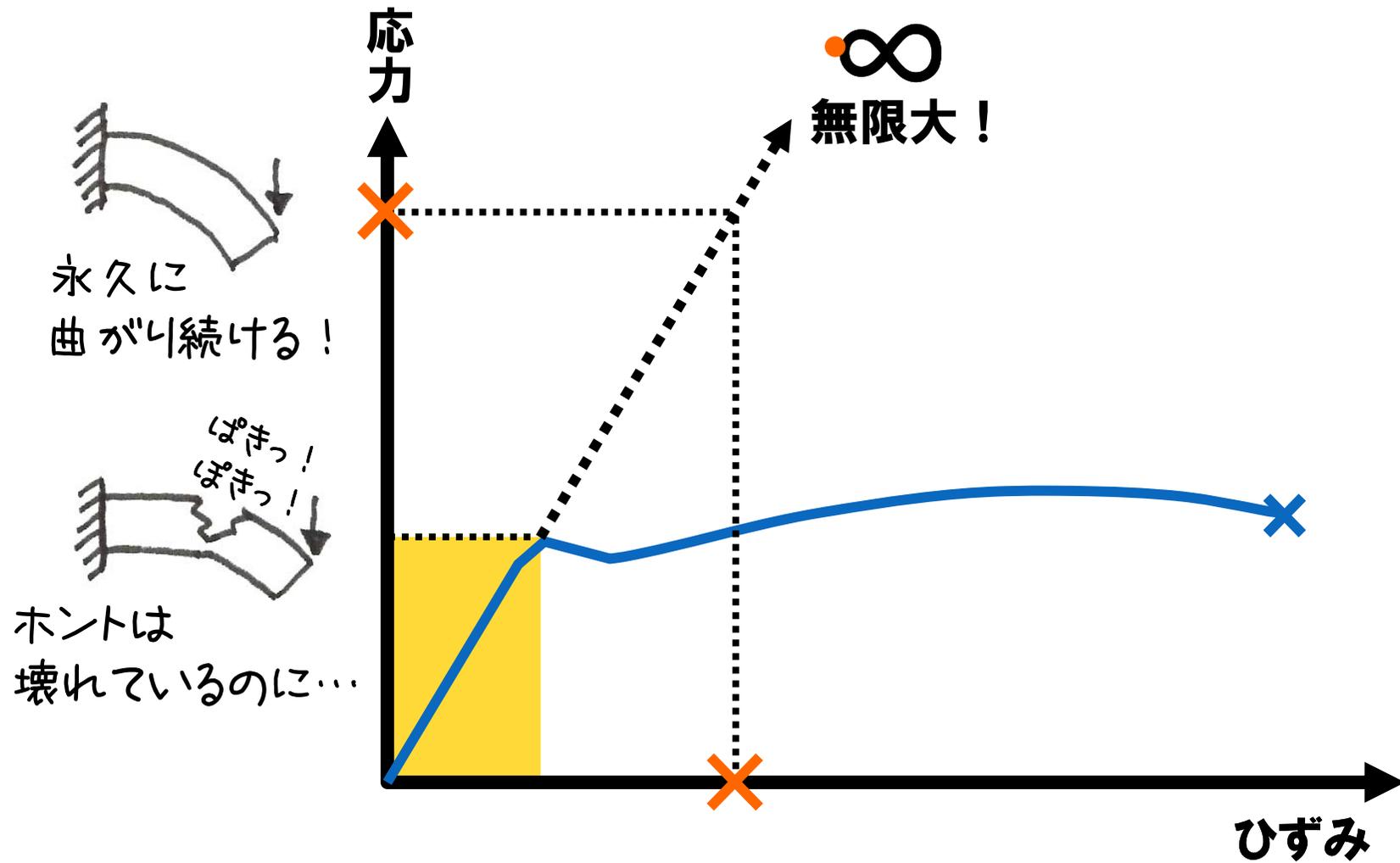
『ピストンの解析結果ですが、直径を120  
ミリにした場合、頂点部が25ミリ、変形  
しますね。』

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



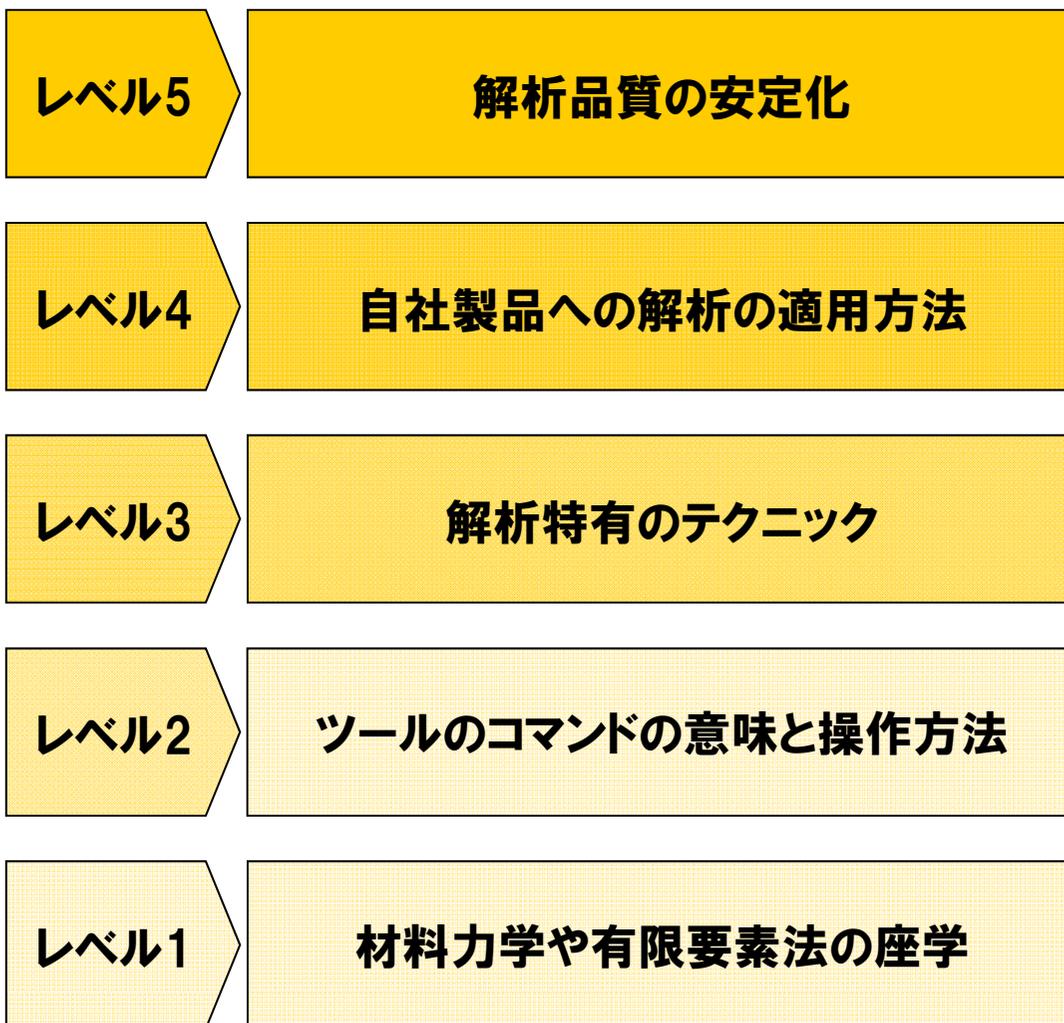


# 線形静解析の功罪





# 設計者CAEの展開にはフェイズレベルがある！



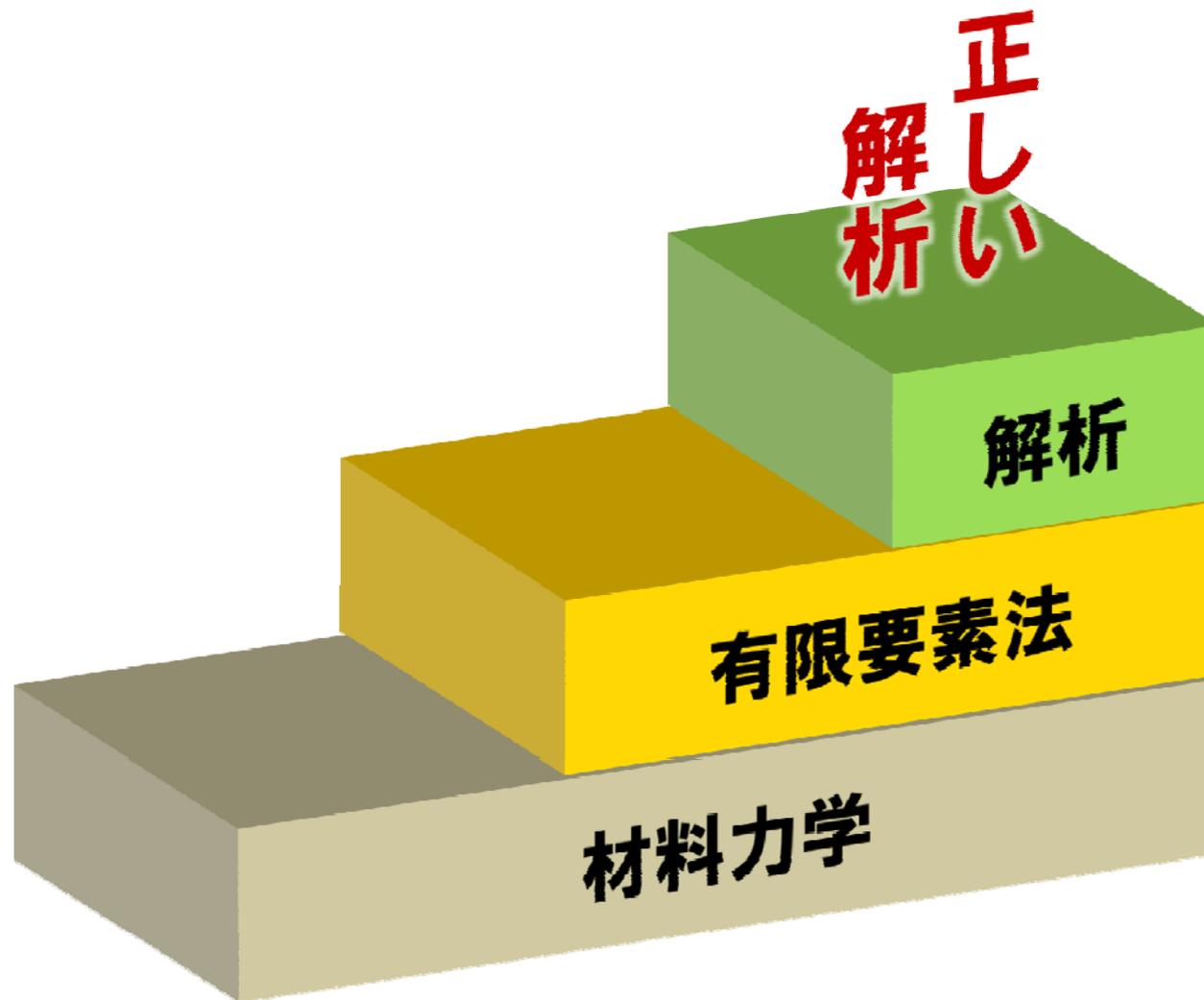
なぜか、いきなり、ここからやろうとするのか....。

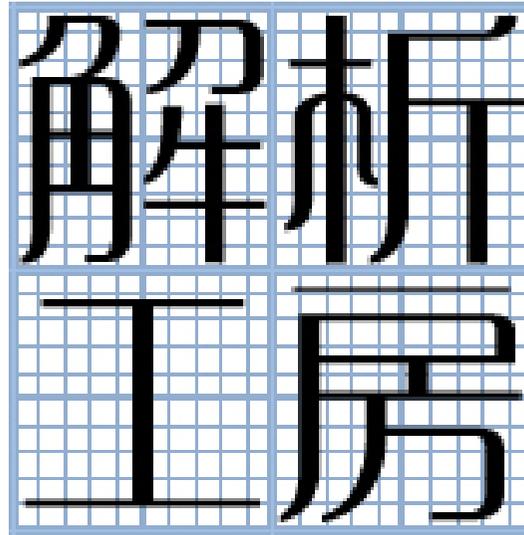
こんなに大切な段階をすっ飛ばしていいの？





# 正しい解析のためには、それなりのステップが必要

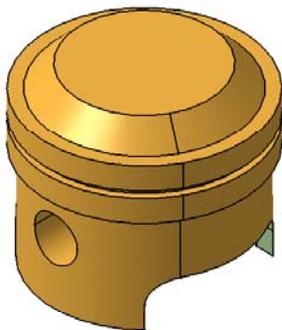




- **学問に王道なし** -There is no royal road to knowledge.-
  - ▶ 材料力学、有限要素法の習得には、王道はない。
  - ▶ 解析マクロや解析テンプレートはあくまで操作の自動化
- **だったら、どう学ぶか？**
  - ▶ できるだけ、カンタンに！
  - ▶ できるだけ、わかりやすく！
  - ▶ できるだけ、楽しく！

# 実践的な解析工房のデザイン

## 御社の製品



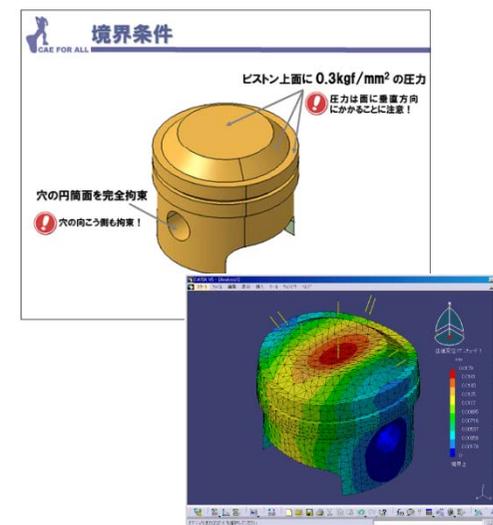
## 御社のCAEツール



## 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





CAE FOR ALL

# 材料力学テキスト

### 原案から改良へ

CAE FOR ALL

原案

同等の材料コストで 26%強度アップ

同等の強度で 25%材料削減

設計方向性	変位 ( $\times 10^{-2}m$ )
現行	2.26
強度アップ	1.67
材料削減	2.18

強度アップ

### 応力 -まとめ-

CAE FOR ALL

- 部材の内部の1点に発生している応力。
- マスの大きさは、非常に小さい (質量=0)もの。
- 面に垂直な応力

主応力 (Principal Stress)

σ<sub>x</sub>, σ<sub>y</sub>, σ<sub>z</sub>, τ<sub>xy</sub>, τ<sub>yx</sub>, τ<sub>xz</sub>, τ<sub>zx</sub>, τ<sub>yz</sub>, τ<sub>zy</sub>

される方向  
れる方向

(stress)

11

### 設計者CAE適用

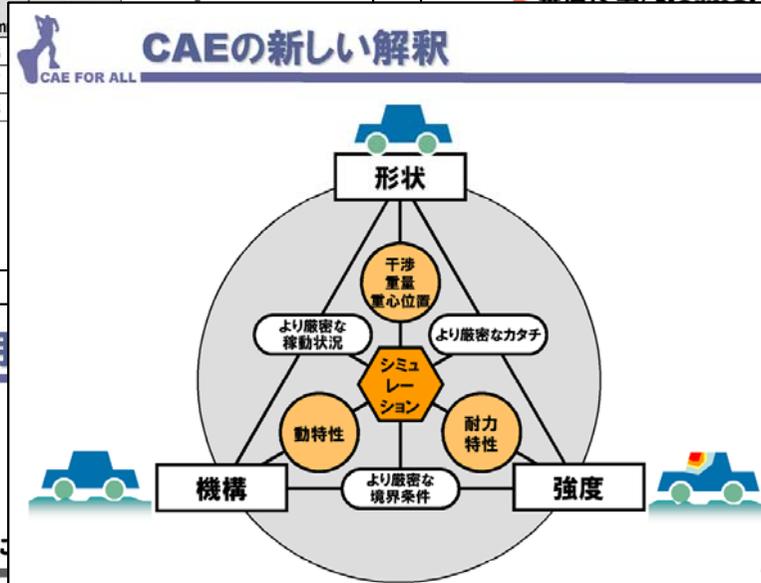
CAE FOR ALL

設計スタート

ずーっとモデリング...、最後に

解析 → 解析 → 解析 → In Process CAE

要所、要所で解析



### 設計法

比較

壊れる

許容応力

壊れない

応力

ひずみ

材料

解析データとして与える

実験から得られる



# 有限要素法テキスト

### 実物から有限要素モデルへ

厚さ2mm 90mm 30mm

実物

要素分割

節点番号と要素番号

### 有限要素の種類

	棒状のもの	板状のもの	カタマリ状のもの
実際のモノ			

### 構造解析3つの要素

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

40

### 要素と連続体

要素分割

組み合わせ

要素番号

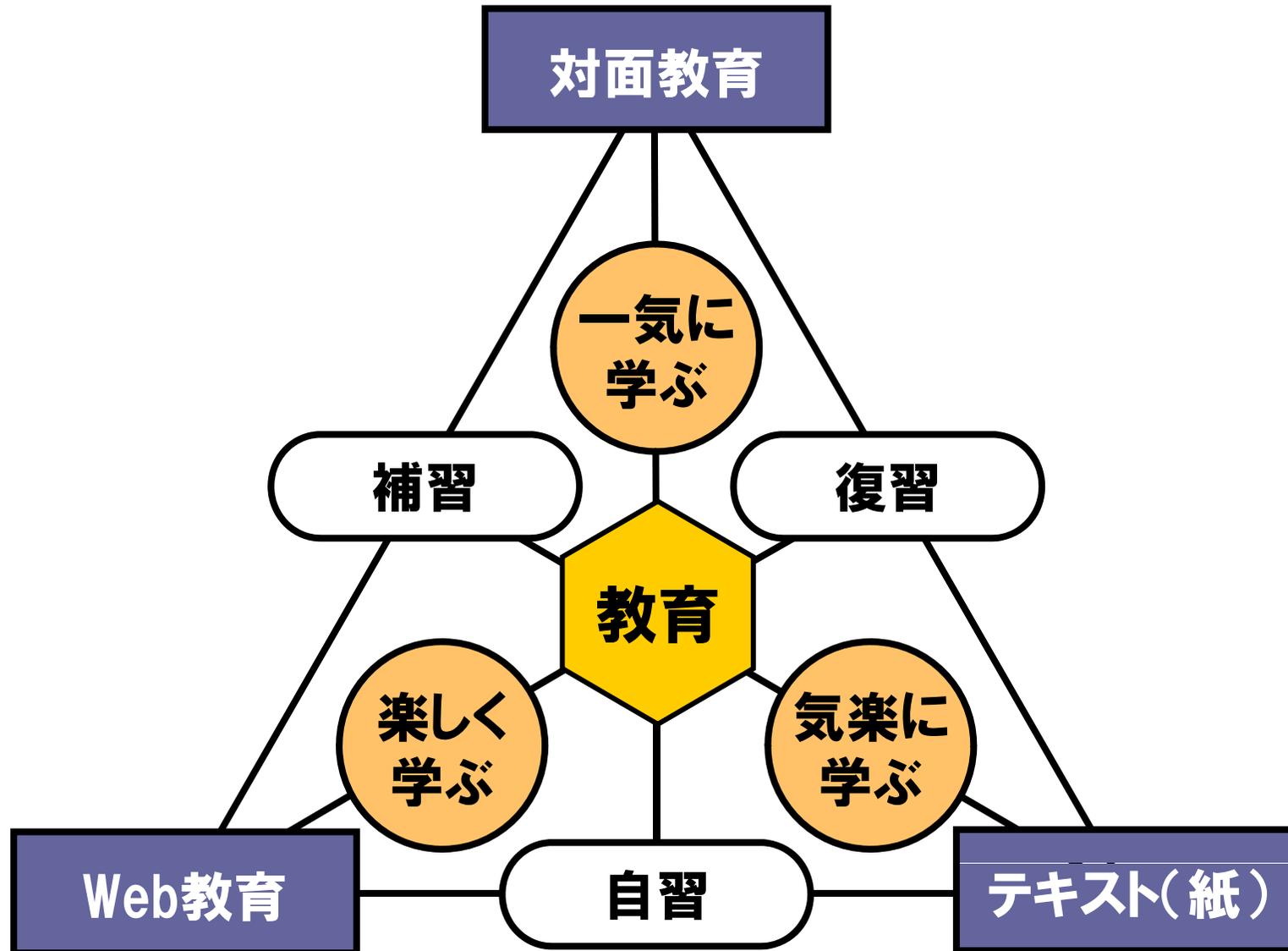
節点番号

を表現する関係式を作成

### マトリクスで

$$\begin{bmatrix} 10x \\ 10y \\ 10z \\ 2x \\ 2y \\ 2z \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10x & & & & & & \\ & 10y & & & & & \\ & & 10z & & & & \\ & & & 2x & & & \\ & & & & 2y & & \\ & & & & & 2z & \\ & & & & & & \ddots \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1x \\ 1y \\ 1z \\ 10x \\ 10y \\ 10z \\ 2x \\ 2y \\ 2z \\ \vdots \end{bmatrix}$$

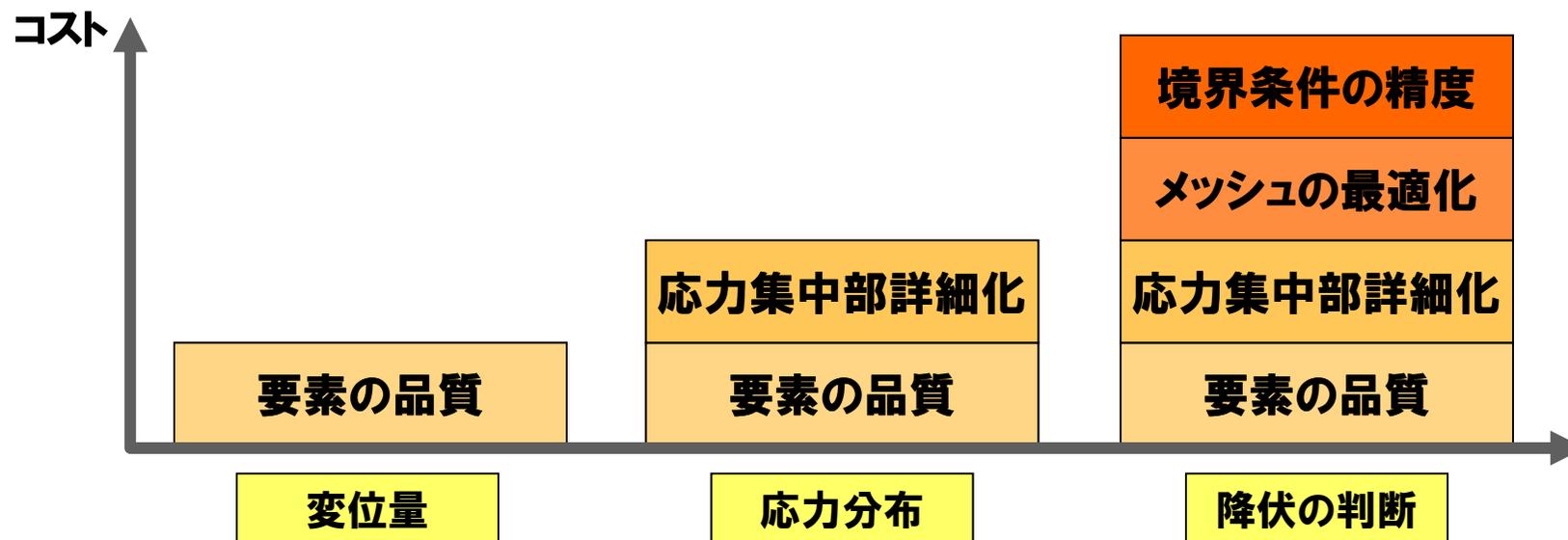
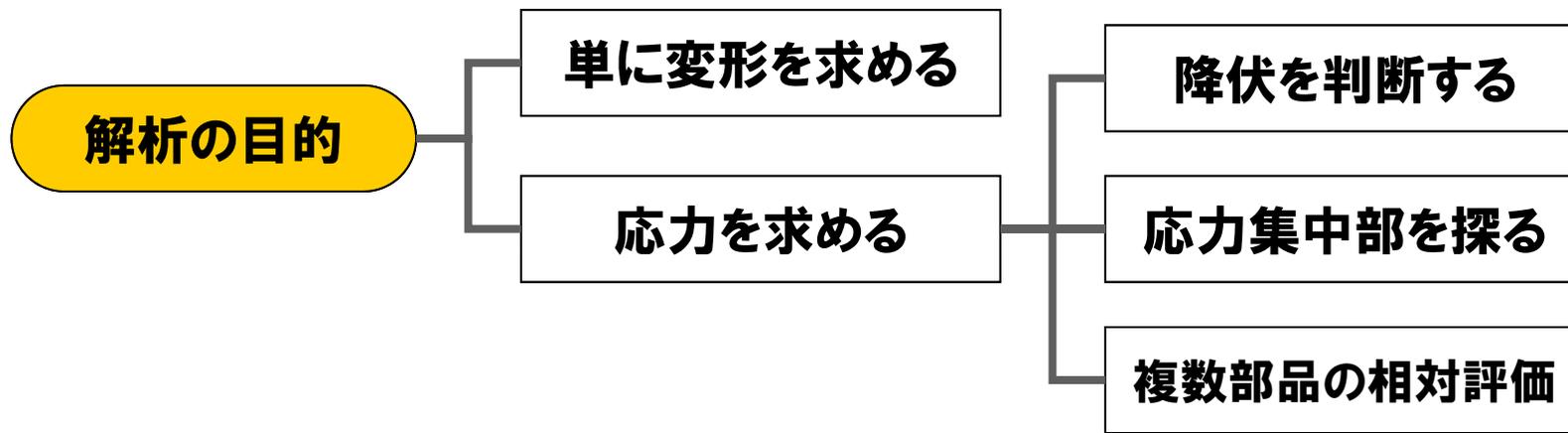
# 教育もシステム化する



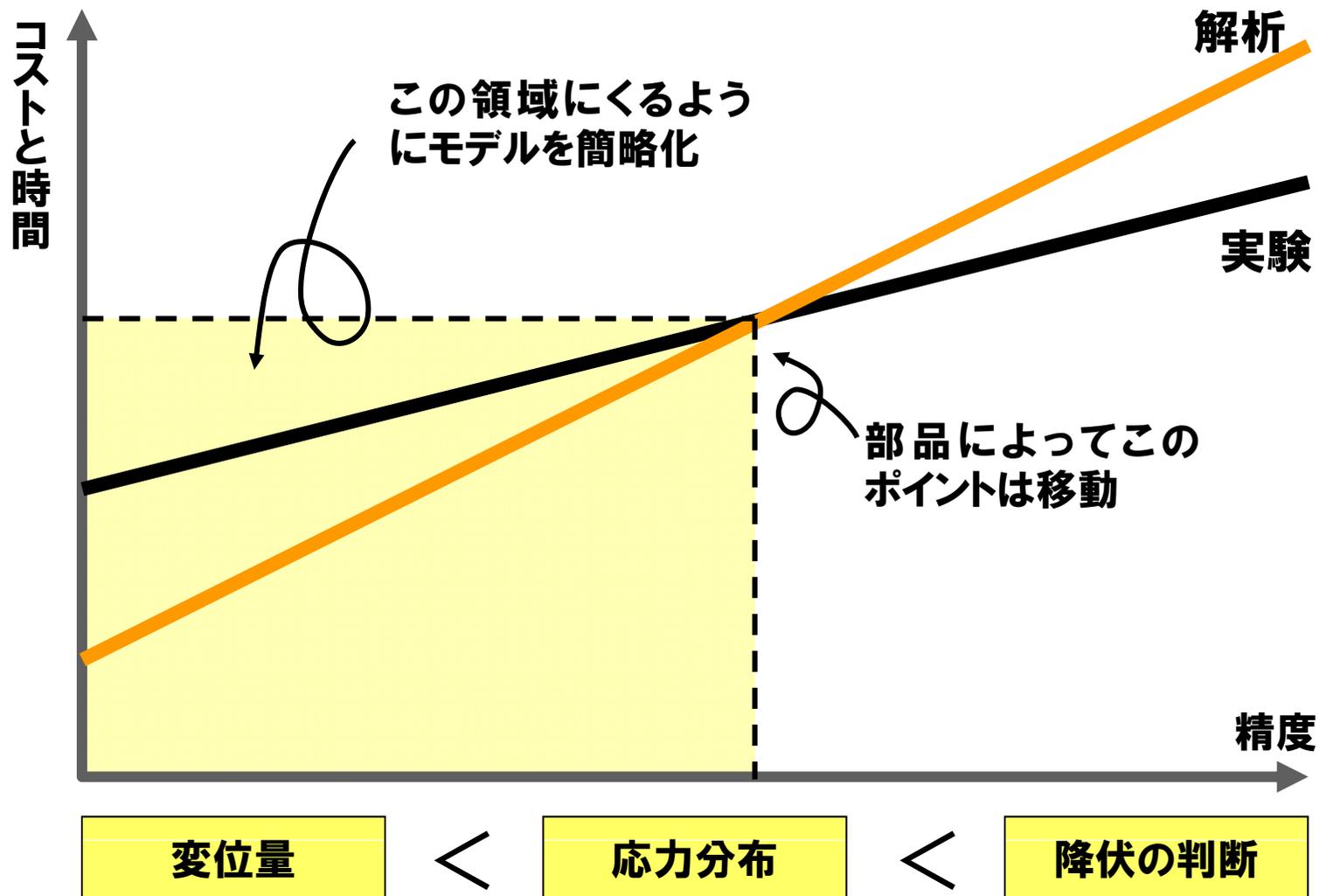


# 解析の簡略化について

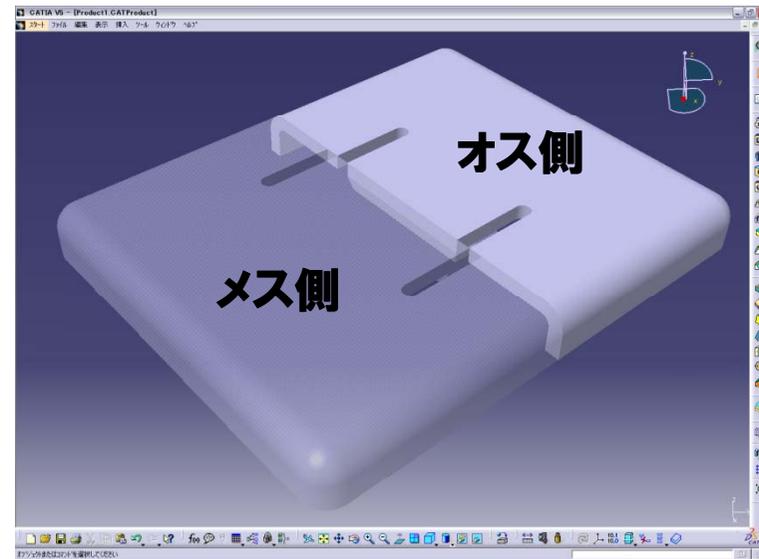
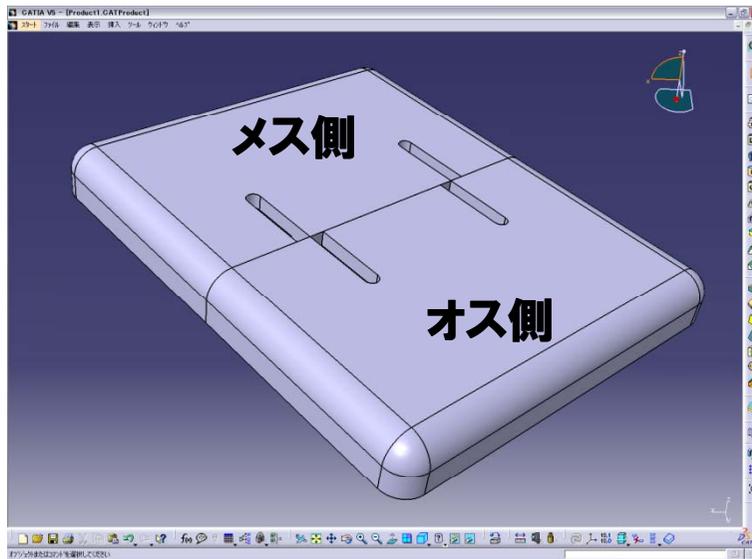
# 解析の目的とコスト



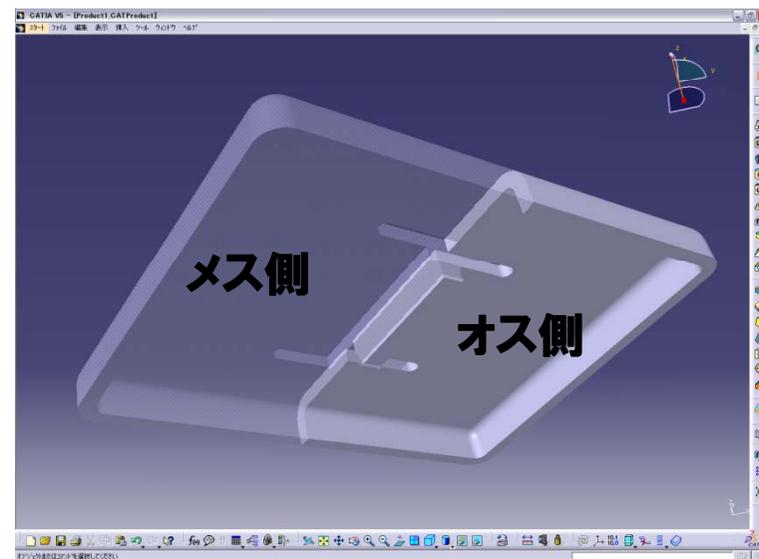
# コストと効果



# 設計者のスナップ・フィット解析



- オス側とメス側のオーバーラップ量は0.5mm。
- よって、組み立てる際、オス側とメス側の両方が変形し、2部品の変形量が0.5mmの状態となって組み立てられる。

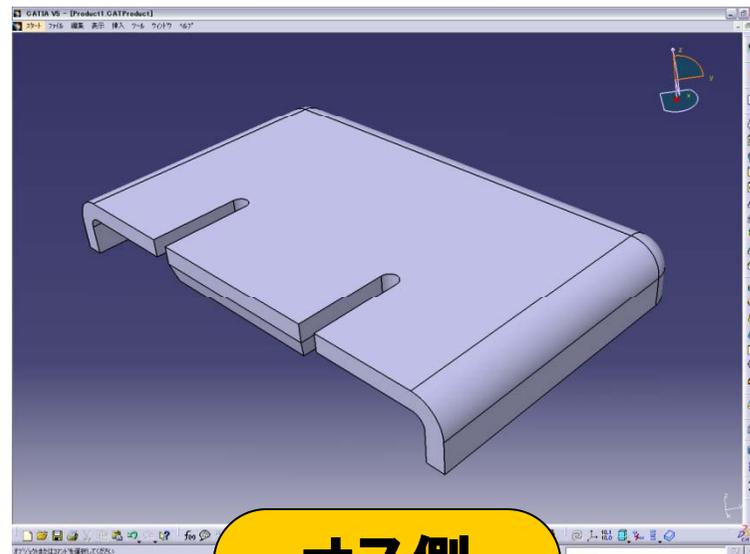




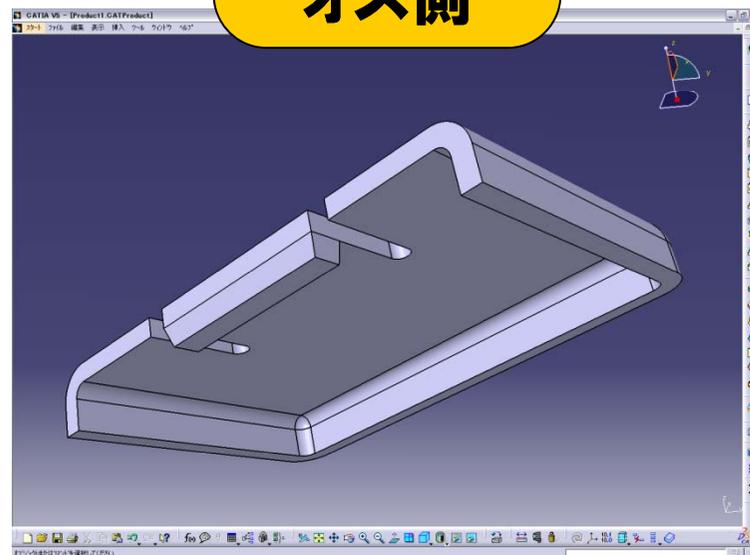
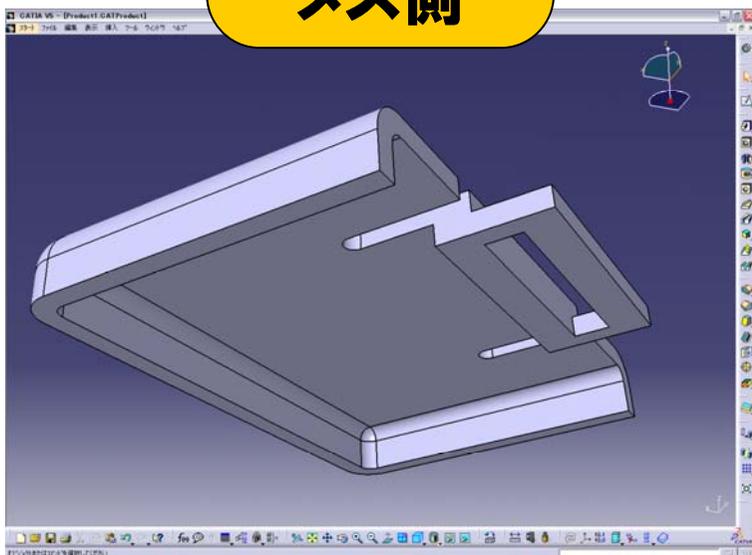
# スナップ・フィットの部品



メス側



オス側



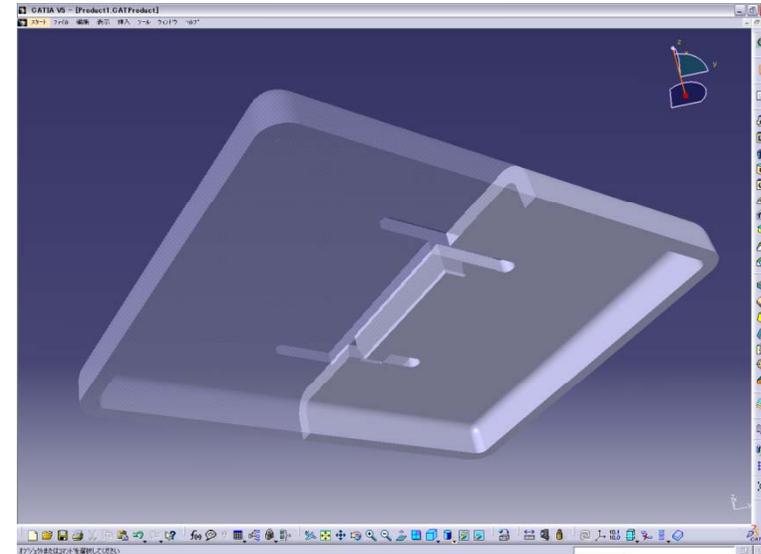
# 解析の目的と判断条件は...

## ● 解析の目的

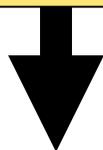
- ▶ 組み立ての時に、メス側とオス側が壊れないか、解析を使って調査する。

## ● 判断条件

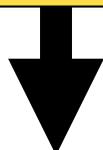
- ▶ 最大応力が、材料の降伏応力に対して安全率2.0以上であること。



**2部品のバネ定数を求めるためにCAE実施**

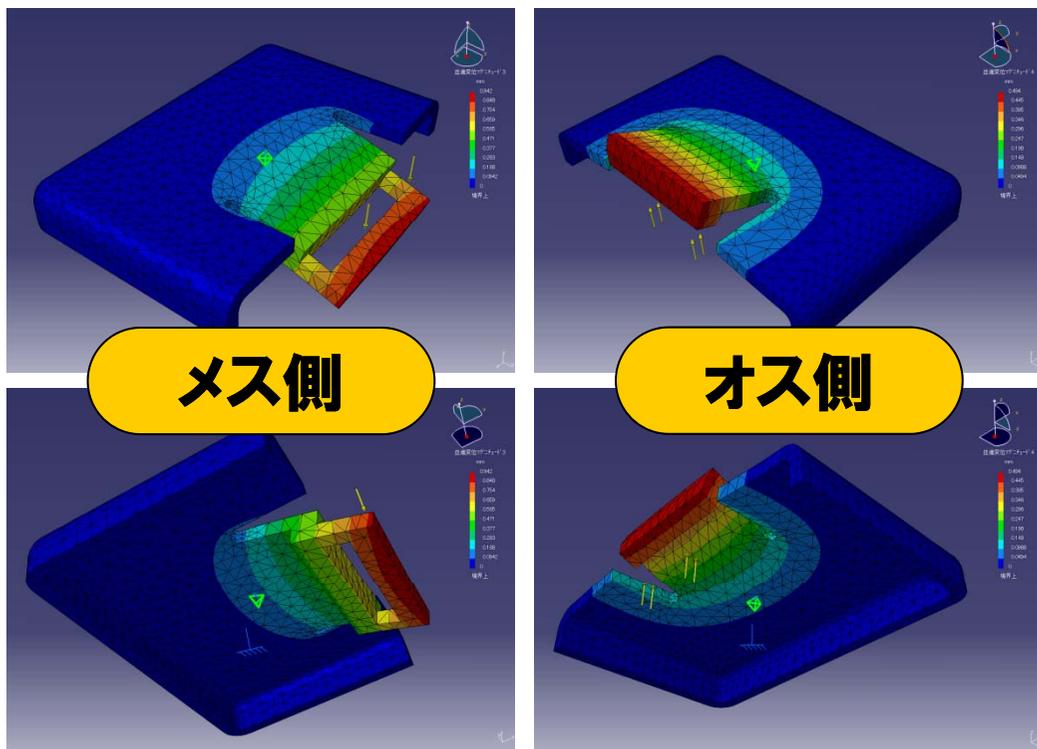


**2部品の合計が0.5mmとなる荷重を求める。**



**再度、強度解析を行い、応力値を求める。**

# 2部品のバネ定数を求めるためにCAE実施

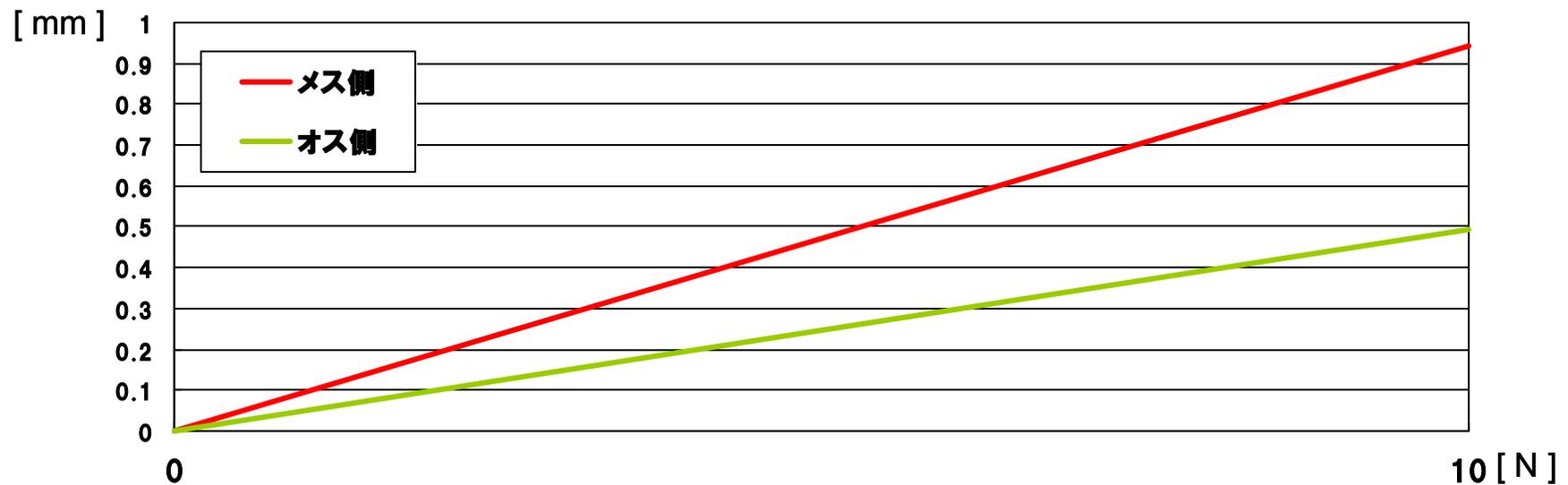


単位荷重を与えて、変形量を求める。

	荷重	変形量
メス側	10N	0.942mm
オス側	10N	0.494mm

# バネ定数を求める

	荷重	変形量	バネ常数
メス側	10N	0.942mm	0.0942 mm/N
オス側	10N	0.494mm	0.0494 mm/N



## 2部品の合計が0.5mmとなる荷重を求める

$$\begin{cases} y=0.0942x & (1) \\ 0.5-y=0.0494x & (2) \end{cases}$$

**この2式の連立方程式を考える。**

※荷重は作用反作用の関係で同じ数値になる(と仮定)。

**(1) 式を (2) 式に代入して**

$$0.5-0.0942x=0.0494x$$

$$0.5=0.0494x+0.0942x$$

$$0.1436x=0.5$$

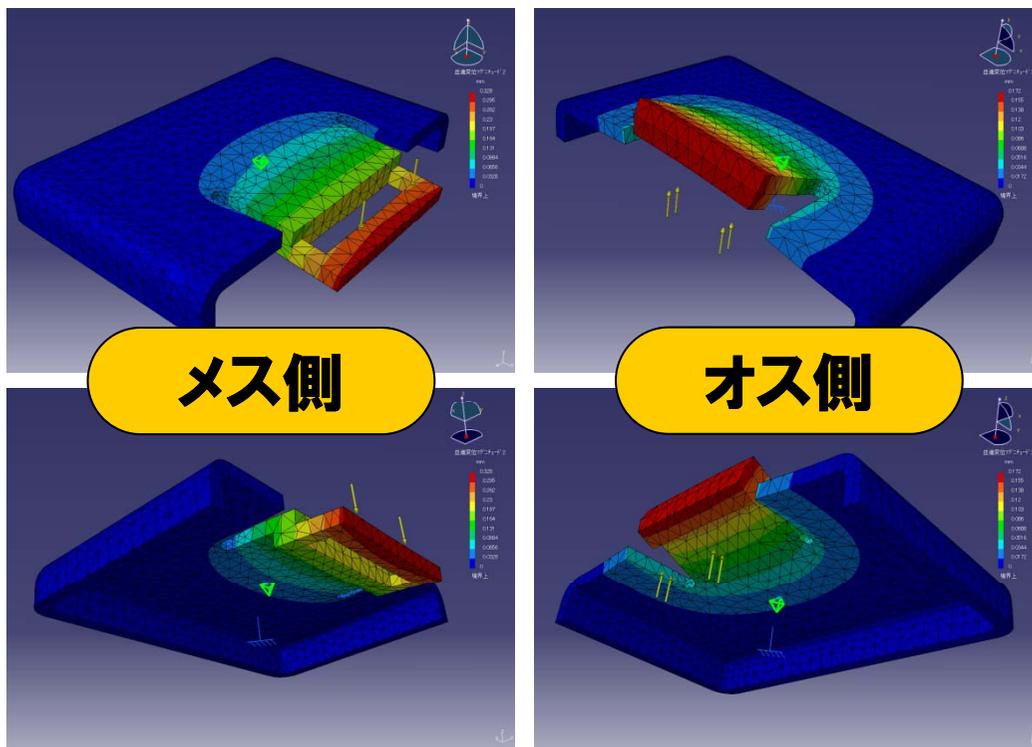
$$x=3.482$$

めんどろ  
くさがらないで....  
中学校の  
数学だよ？



**よって、かける荷重は、3.482Nとなる。**

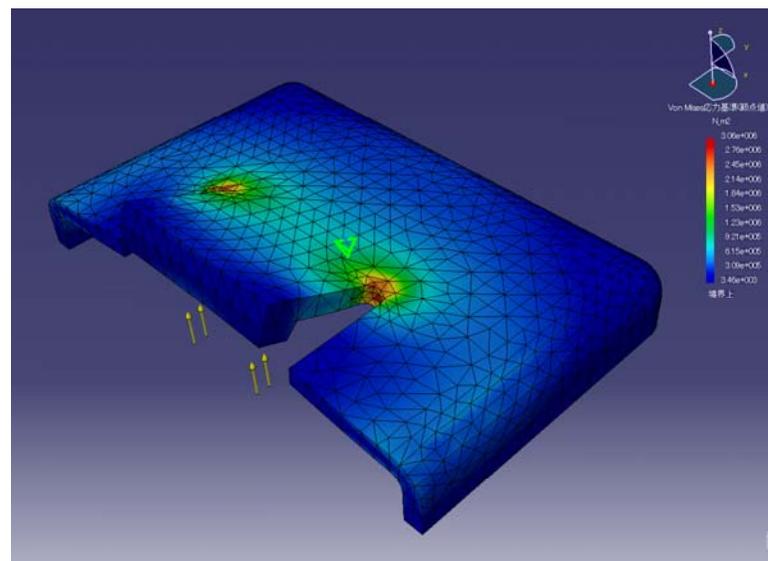
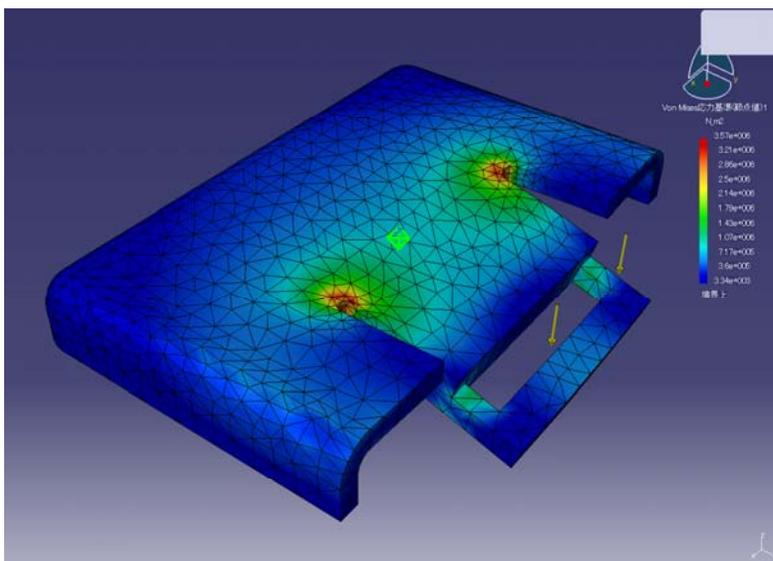
# 再度、強度解析を行い、応力値を求める。



3.482Nを与えて、変形量を求める。変形の合計は0.5mmとなる。

	荷重	変形量
メス側	3.482N	0.328mm
オス側	3.482N	0.172mm

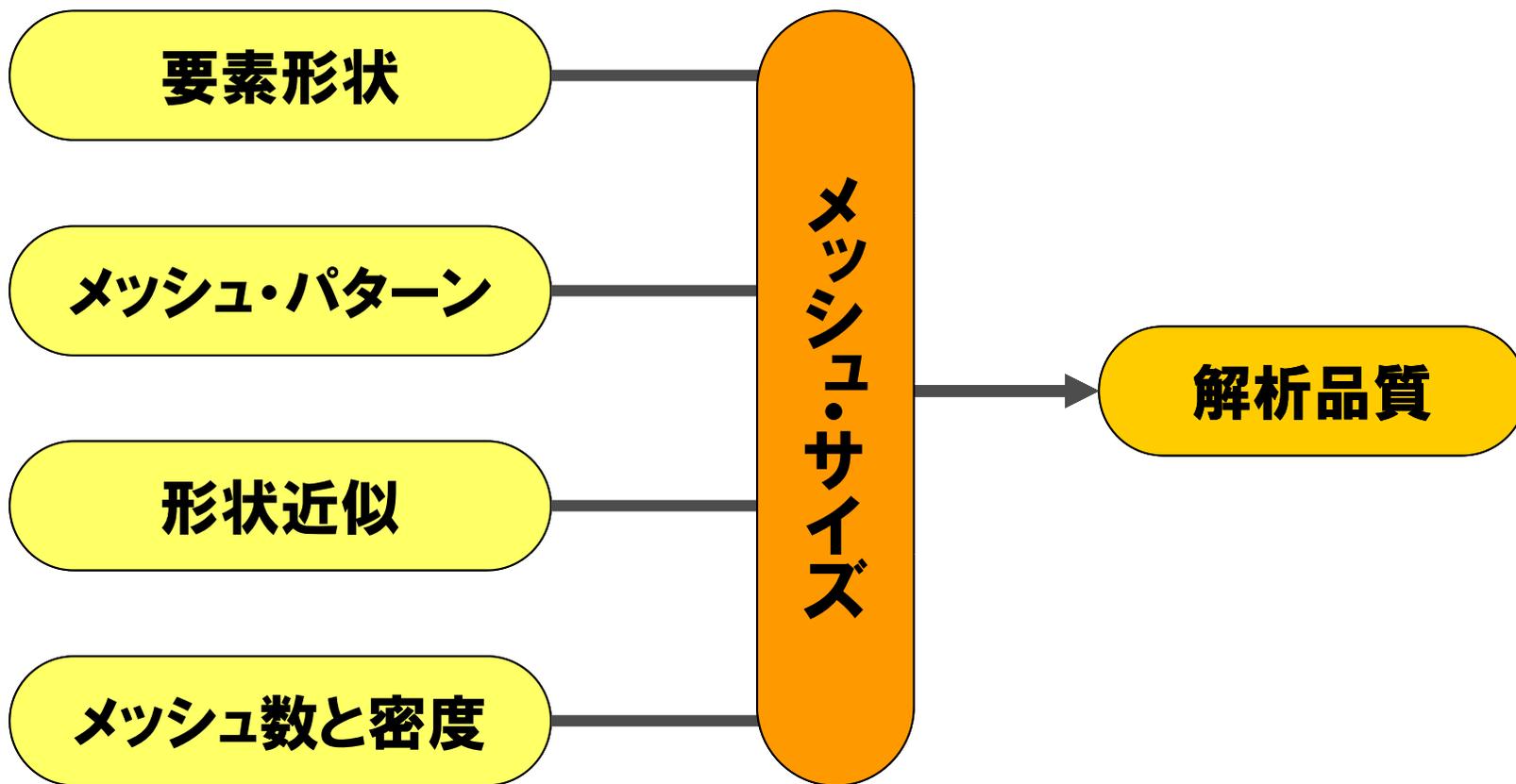
	メス側	オス側
発生する応力	35.7MPa	30.6MPa
曲げ応力	74MPa	
安全率	$74/35.7=2.07$	$74/30.6=2.42$
判定	安全率2.0以上で問題なし	





# 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。

# 有限要素法

- 『要素』は解析の精度を決める最も重要な要因です。



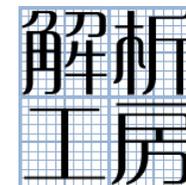
まとめ



## 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

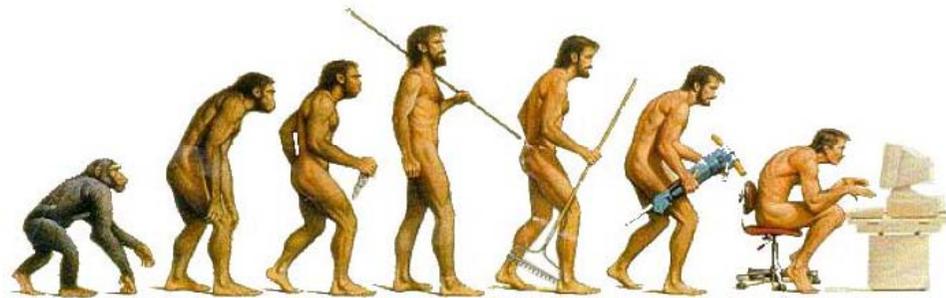




# 設計者がCAEを成功させる10の方法

1. **材料力学を学ぶこと。**
2. **有限要素法の原理を学ぶこと。**
3. **単位統一と換算に細心の注意を払うこと。**
4. **材料定数はひとつではないことを理解すること。**
5. **使用するアプリのアイコンの意味を理解すること。**
6. **原理モデルで解析の原理を確認すること。**
7. **解析対象物の周囲の環境を盛り込むこと。**
8. **できるだけ単品部品で解析すること。**
9. **数学や力学を総動員して解析を単純かすること。**
10. **ポスト図を盲信しないこと。**

ありがとうございました。



CADは進化した。人はどうですか？

