設計者向けCAEと HPCのコラボレーション

栗崎　彰
Akira KURISAKI
CAE FOR ALL

ボクはダレか?

連載記事「仕事にちゃんと役立つ材料力学」

仕事にちゃんと役立つ材料力学(1)
単位系の統一をキチンとしないから解析をミスる
フリーソフトや資料を駆使して、単位系換算のミスを効率よくトリプルチェックしていく。これだけでも、構造解析のミスはかなり減る！
「メカ設計」フォーラム　2008/1/11

仕事にちゃんと役立つ材料力学(2)
911テロで考える、材料力学が役立つ理由
材料定数は環境によってドラマチックに変化し、製品生命を脅かす場合すらある。材料力学を学べば、その根拠も理解できるようになる
「メカ設計」フォーラム　2008/2/14

仕事にちゃんと役立つ材料力学(3)
アナタの想像力をフルに働かせて応力計算
腰掛けた椅子だって、実は変形している。変形したということは、応力が発生している。目に見えない現象は、頭でしっかりイメージを作る
「メカ設計」フォーラム　2008/3/13

仕事にちゃんと役立つ材料力学(4)
設計で欠かせない「ミーゼス応力」を押さえよう
ミーゼス応力は設計にとって非常に大切な応力だ。材料の持つ固有の値と比較することでその材料を使った部品の強度を判定できる
「メカ設計」フォーラム　2008/4/11

仕事にちゃんと役立つ材料力学(5)
有限要素法は解析要素がバネだと考える
バネの伸びは加えられた力に比例する。伸びた分が「ひずみ」である。部品がバネであると考えればひずみと応力の関係も理解しやすい
「メカ設計」フォーラム　2008/5/14

仕事にちゃんと役立つ材料力学(6)
材料もあきらめの白旗を揚げる「降伏点」
降伏点とは「材料が降参する」点だ。降伏応力は設計しようとしている部品の強度を判定するうえで重要な基準の1つとなる
「メカ設計」フォーラム　2008/6/30

仕事にちゃんと役立つ材料力学(7)
硬さを表すヤング率は“材料のバネ定数”
バネにも、軟らかいバネと硬いバネがあるように、材料にも、軟らかい材料と硬い材料がある。その程度を表すのがヤング率だ
「メカ設計」フォーラム　2008/7/31

仕事にちゃんと役立つ材料力学(8)
部品の健全性を決定付ける3つの定数
ヤング率とポアソン比は応力を予測するために、降伏応力は予測した応力で部品が壊れるか壊れないか判定するために必要なものだ
「メカ設計」フォーラム　2008/9/30

仕事にちゃんと役立つ材料力学(9)
材料力学をより理解するための10のコツ
最終回では、実務で使える材料力学をちゃんと身に付けるために、強く心掛けていきたいこと、改めて確認したいことなどをまとめてみた
「メカ設計」フォーラム　2008/11/19

連載記事「設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法」

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(1)
材力とFEMをシッカリ理解して、シッカリ解析！
小難しい有限要素法を数式を使わずに解説する。まずは有限要素法の歴史を振り返り、解析の基本的な考え方を確認
「メカ設計」フォーラム　2009/1/28

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(2)
有限要素は、シャンパンの栓(せん)なのだ
メッシュ分割とは、有限要素を作ること。でも有限要素って何なの？ コルク栓に例えて分かりやすく解説してみた
「メカ設計」フォーラム　2009/4/16

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(3)
ここからすべては始まる。三大有限要素はこれだ！
「バー要素」「シェル要素」「ソリッド要素」のそれぞれが持つ長所や欠点を詳しく楽しく解説する
「メカ設計」フォーラム　2009/6/12

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(4)
ピンポン球を使って6自由度について説明してみた
ピンポン球が1個、箱の中にあって、天井からひもでぶら下がっている。実はこのピンポン球が有限要素の“何か”
「メカ設計」フォーラム　2009/9/2

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(5)
ソリッド四面体1次要素は、デンジャラス!?
ソリッド四面体要素を使うときの、大事な約束がある。それを守らないと、危ない結果が待っている!?
「メカ設計」フォーラム　2009/11/17

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(6)
超重要！ メッシュサイズと8つの質問
解析精度を高めるため設計者自身でコントロールできる唯一のパラメータは、メッシュサイズだ
「メカ設計」フォーラム　2010/1/22

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(7)
3人中2人が間違える!? 片持ちばりの計算をしよう
今回は、これまでの解説内容を実践してみる。3人中2人が間違えるという片持ちばりの変形量計算にチャレンジ
「メカ設計」フォーラム　2010/3/10

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(8)
フリーソフトだけで構造解析をやってみる(上)
フリーで使える解析ツールを筆者が徹底検証して紹介！ 簡単な形状の部品なら、実務レベルの解析が十分できる
「メカ設計」フォーラム　2010/5/19

設計者CAEを始める前にシッカリ学ぶ有限要素法(9)
フリーソフトだけで構造解析をやってみる(下)
いよいよ前回作ったモデルをLISAで解析する。「CAEと材料力学が出合う」感動を実感しよう
「メカ設計」フォーラム　2010/7/23

人気記事ランキング　2010/7/30 Update!

1位　フリーソフトだけで構造解析をやってみる(下)
「メカ設計」フォーラム
2010/7/23

2位　【問題1】まずは自力で解こう。目標は25分間！
「メカ設計」フォーラム
2010/7/7

3位　間違いだらけの公差計算～複数部品は要注意～
「メカ設計」フォーラム
2010/6/30

4位　幾何公差の基準「データム」を理解しよう
「メカ設計」フォーラム
2009/5/14

5位　【問題0】モデリングとスケッチのポイント
「メカ設計」フォーラム
2010/6/25

6位　フリーソフトだけで構造解析をやってみる(上)
「メカ設計」フォーラム
2010/5/19

7位　あと10年で3Dプリンタはもっと小さくなる
「メカ設計」フォーラム
2010/7/5

8位　3次元モデルを余すところなく生かす時代
「メカ設計」フォーラム
2010/7/13

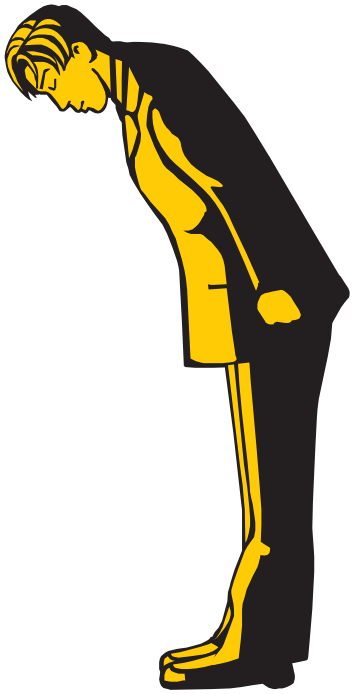
9位　【解説1-1】まずベース形状を作成しよう
「メカ設計」フォーラム
2010/7/14

10位　トランスミッションのシフトってどうなっているの？
「メカ設計」フォーラム
2009/2/6

おススメ　板金部品化検討で工数削減＆コストダウン
「メカ設計」フォーラム
2008/7/25

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。
- 何度か講演をさせていただいていますので、重複する内容があると思います。私の主義主張ということで、ご容赦願います。



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。

↓

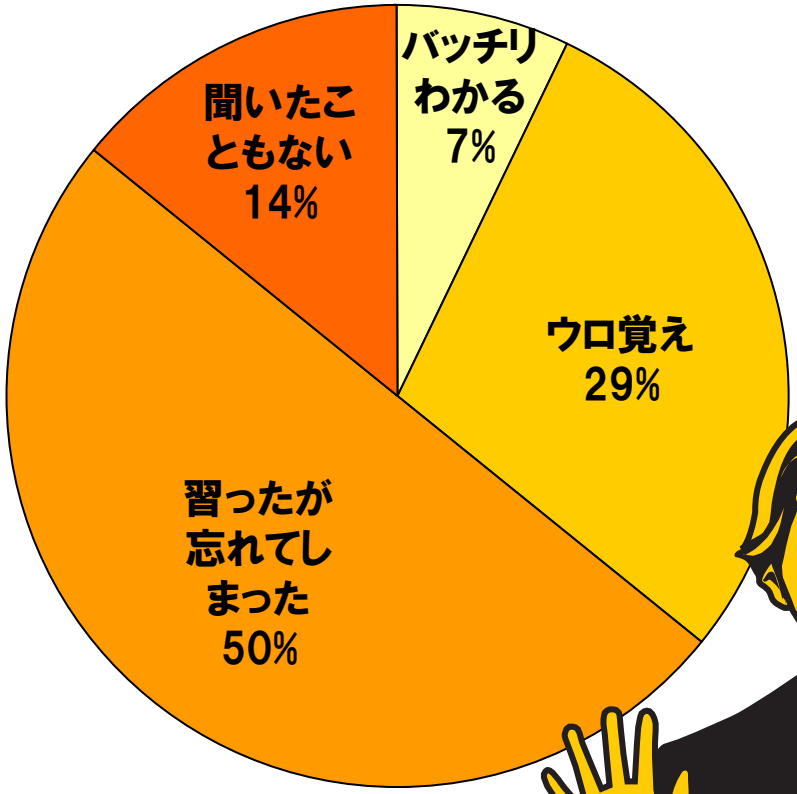
設計者自身がCAEを行なうことが、劇的に増加している。

↓

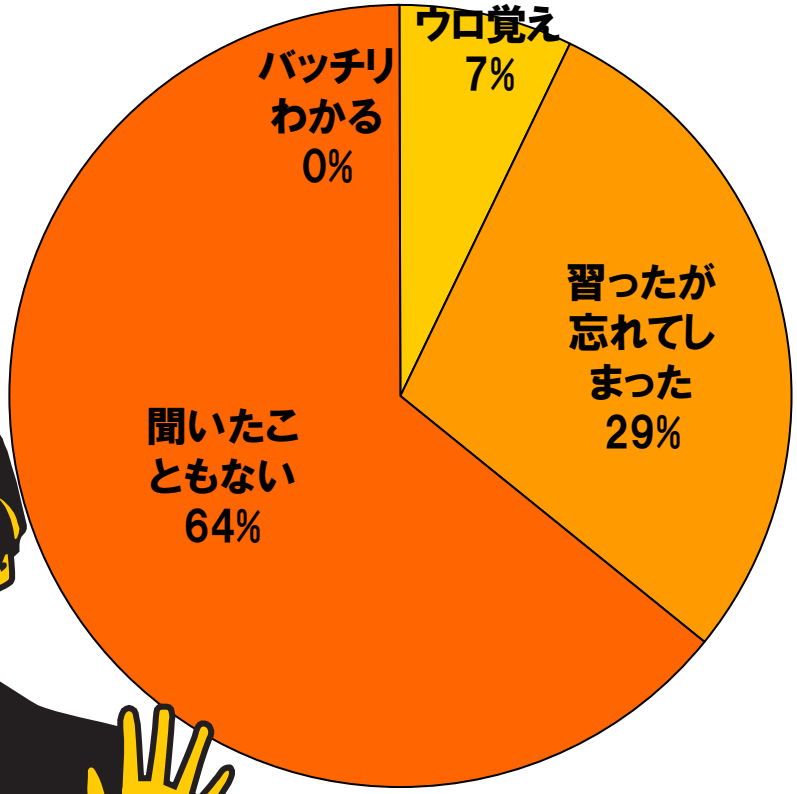
問題発生

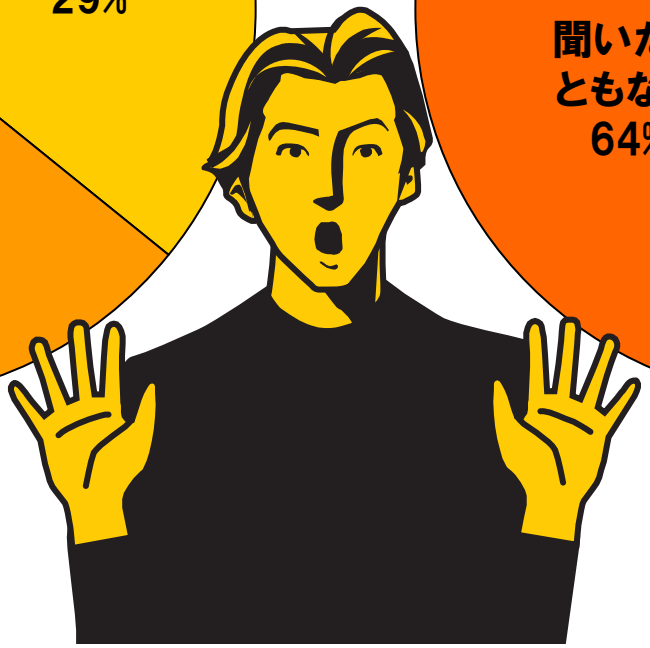
設計者の構造解析に関する知識

材料力学に関する知識



有限要素法に関する知識





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。

これまで設計者ＣＡＥをサポートしてきて

状況は、確実に、悪化しています。

悪化していること

- 設計者の忙しさは指数関数的に増加。
  - ▶３次元CADの導入によって、設計に時間がかかっている。
  - ▶設計プロセスが導入したツールにマッチしておらず、誰も見ることのない、資料を作り続けてる。
  - ▶情報の伝達に相当な時間を使っている。
  - ▶本当に、『創造的』な仕事をしているのか。
- リーダーが不在。
  - ▶リーダーとしての存在の芽がつぶれてしまっている。
  - ▶リーダーは専任者じゃないとできないと思っている。
  - ▶会社として、リーダーを盛り立てることをしていない。

上から下まで危機的状況!?

- 人間系
  - ▶材料力学さえ知らない設計者。
  - ▶解析結果を評価できない管理者。
  - ▶ツールだけ購入して、後は放ったらかしの経営層。
- 環境系
  - ▶ソフトの操作教育だけ。
  - ▶リーダーが不在。
  - ▶解析が手段でなく目的になっている。
    - 精度追求のしすぎ

解析専任者の言い分

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

ぎゃっぷ、ギャップ、GAP

現象は・・・		解析は・・・
オス・メスのツメがあるから	→	アセンブリ解析
ツメが接触するから	→	接触解析
オーバーラップ量が決まっているから	→	強制変位
変形量が大きいから	→	大変形解析 非線形解析

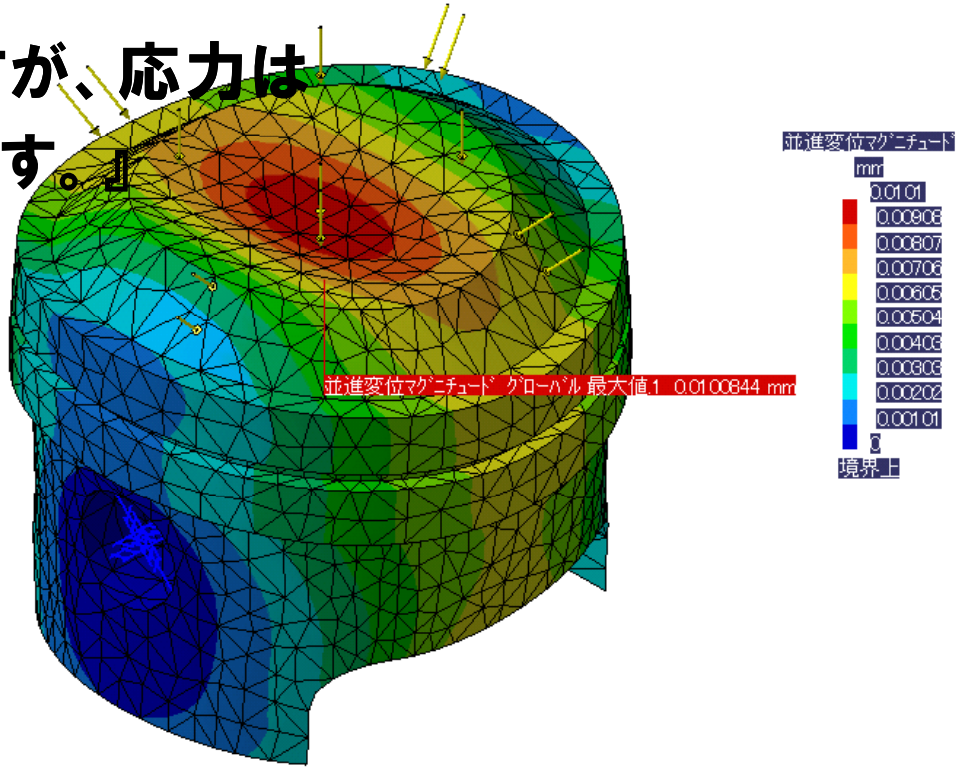
解析専任者サイドの問題点

- 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。

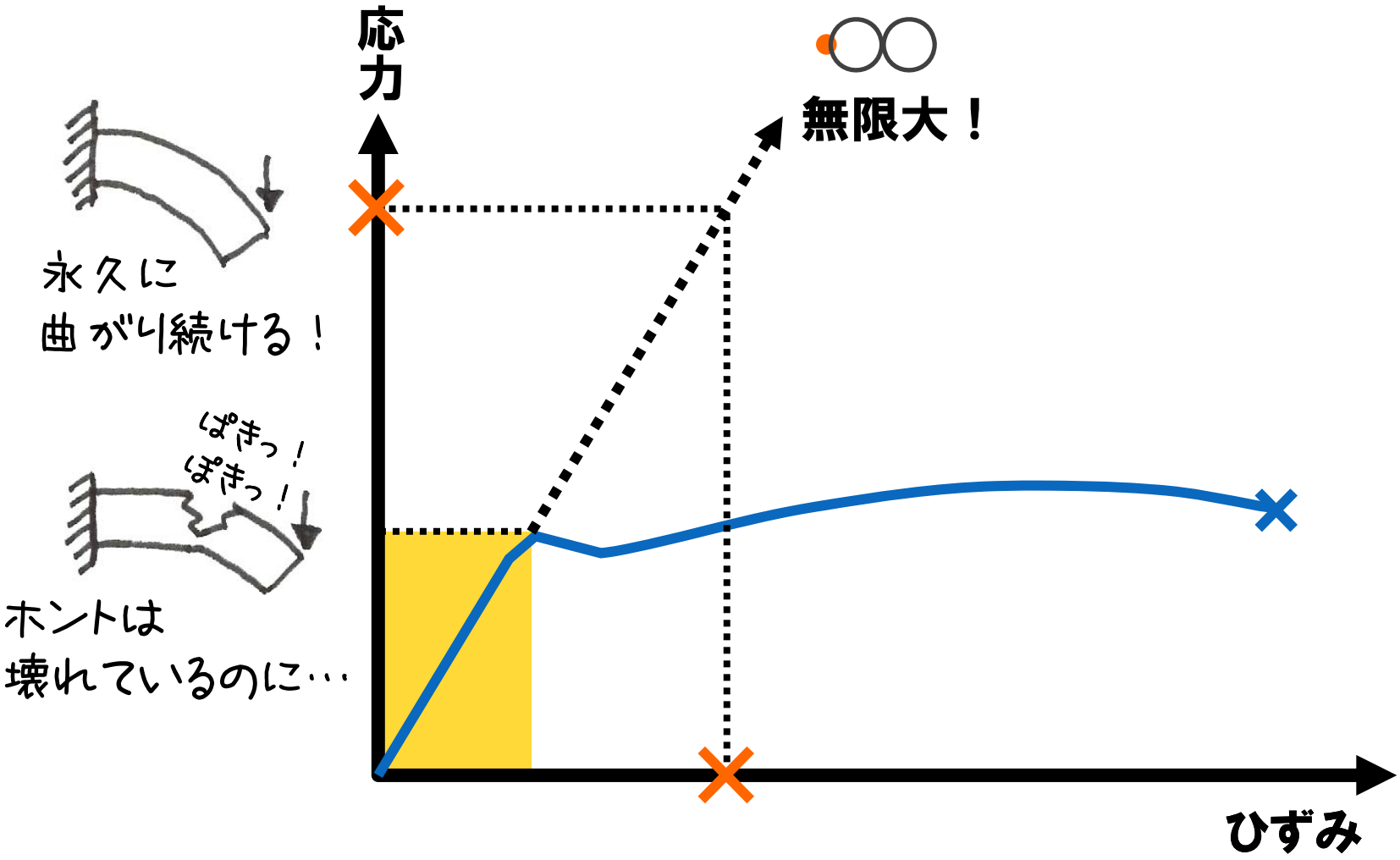
ある設計者の解析結果報告

『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



設計者が解析専任者の関係

溝

果たして、この溝は埋まるのか？

設計者

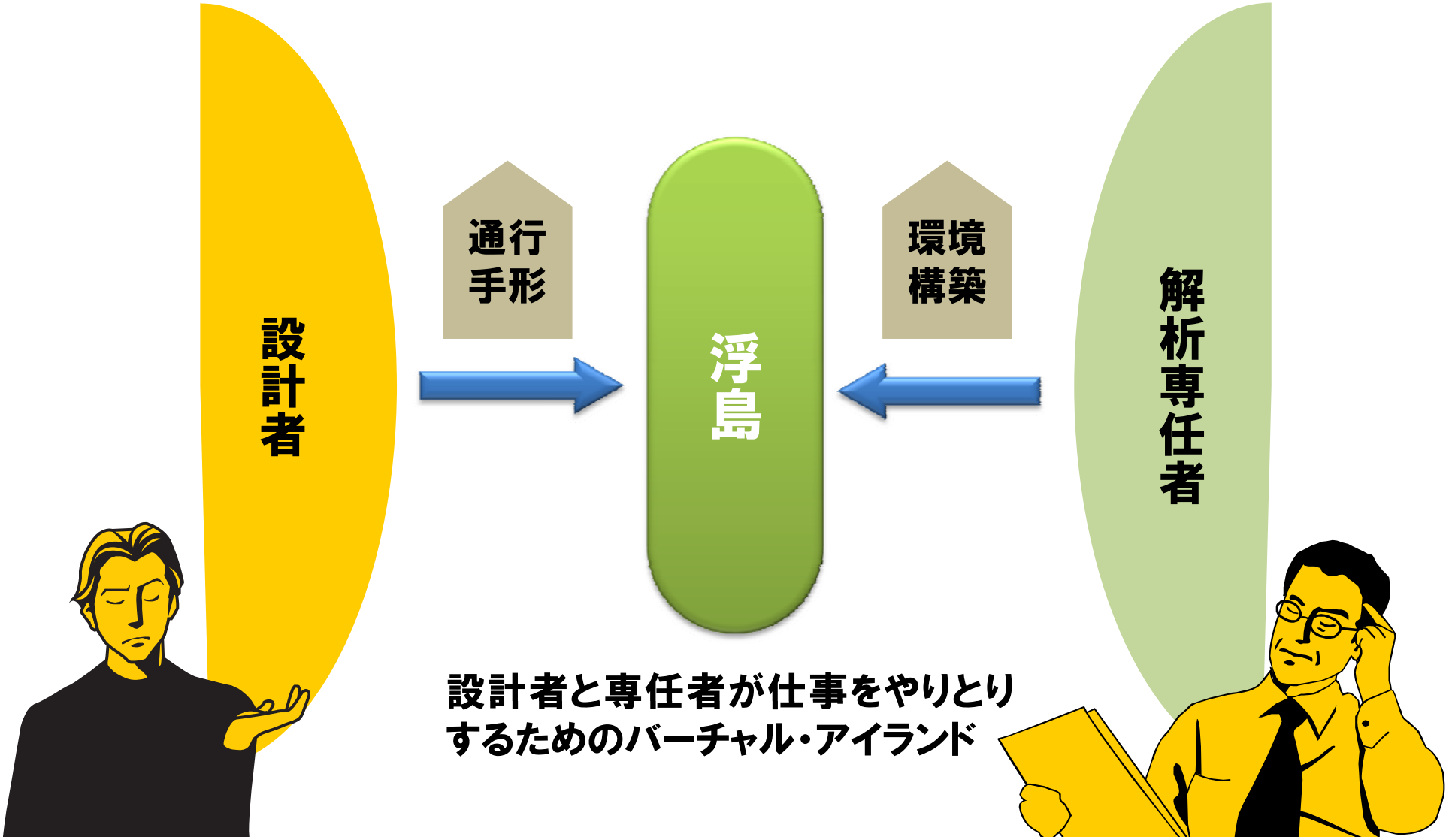
- 専門性がちがう。
- 目的がちがう。
- 職種がちがう。
- 組織がちがう。
- 時間軸がちがう。

などなど…

解析専任者

埋まらない。では、どうするか？

バーチャル・アイランド「浮島」



設計者と専任者が仕事をやりとり
するためのバーチャル・アイランド

CAE FOR ALL

設計者が解析を使うためにすべきこと

設計者が解析を行なうためにすべきこと

- 設計者CAEの適用範囲を明確にする。
- 設計者としての素養を身につける。
  - ▶材料力学
  - ▶有限要素法
- 単品部品への落とし込みとその解析。

エンジニアリング力を鍛える

$$応力 = \frac{荷重}{断面積}$$

- この式から何がわかるか？
  - 応力は荷重に正比例し、断面積に反比例するという定性的傾向が把握できる。
  - したがって、応力を下げるためには、荷重を下げるか、断面積を増やせばよいという改善策を立てることができる。
  - 材料定数が入っていないために、材料を変えても応力値には変化がないということも把握できる。
- 解が得られても、その改善の方向がわからなければ設計者として失格。

つまらない座学をどう面白くするか？

チャートがメインの数式のないテキスト	ムービーの多いテキスト	対話型の講義形式
記入式のテキスト	**座学に対する工夫**	ハーフタイムショー
お客様のモデル	講師のスキル	理解度チェックテスト

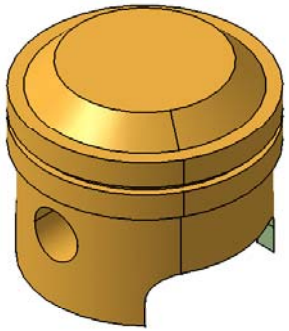
解析工房

- 学問に王道なし！
  - ▶材料力学、有限要素法の習得に、王道はない。
- 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！
- そして、解析工房の開発へ…
  - ▶予備校のカリスマ講師のような教え方
  - ▶内職を許さない怒濤の講義方式
  - ▶達成感を得られる講義内容

実践的な解析工房のデザイン

CAE FOR ALL

御社の製品

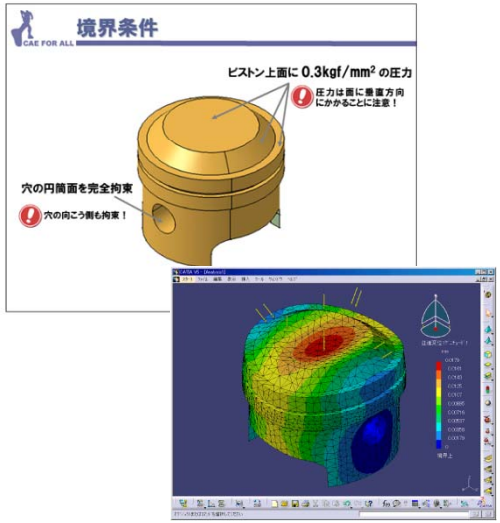


御社のCAEツール

御社の事情

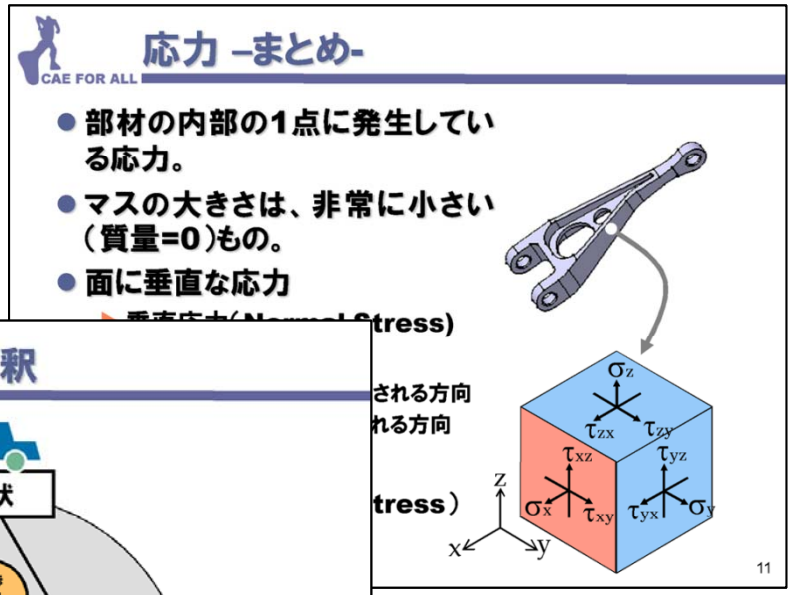
- スケジュール
- 期間
- 場所
- 内容
- 受講者
- etc…

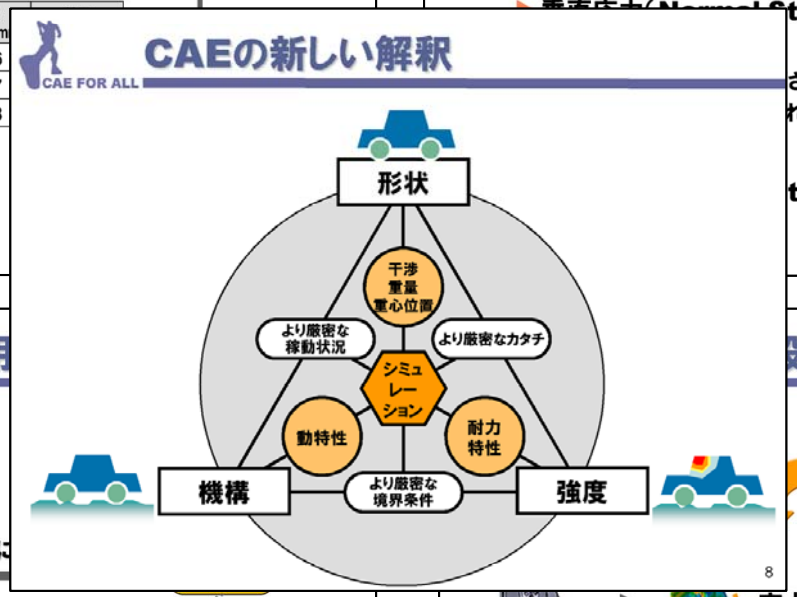
カスタマイズド解析工房

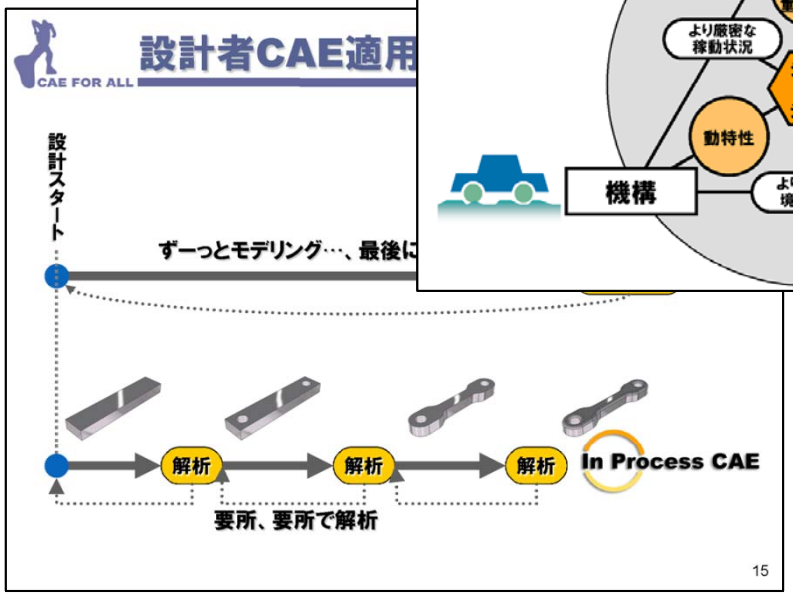


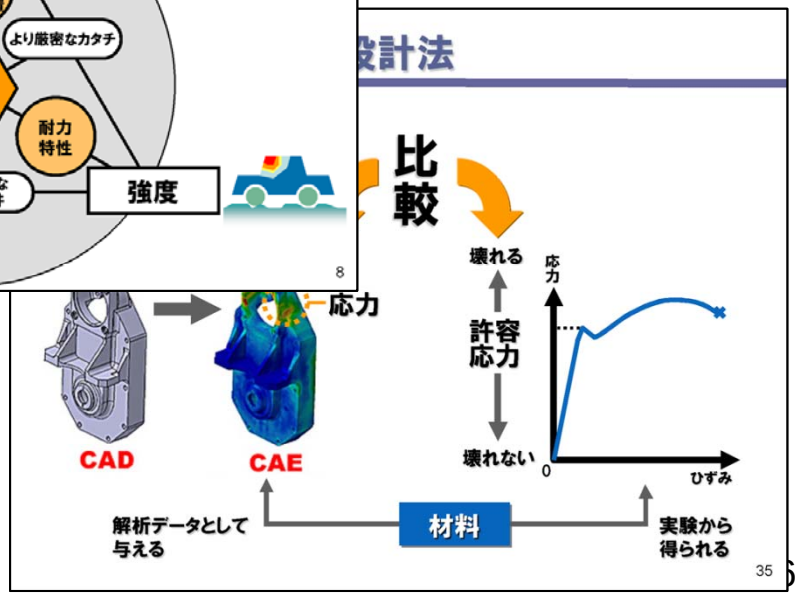
材料力学テキスト

原案から改良へ
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
強度アップ
設計方向性
変位（×10⁻²m
現行 2.26
強度アップ 1.67
材料削減 2.18

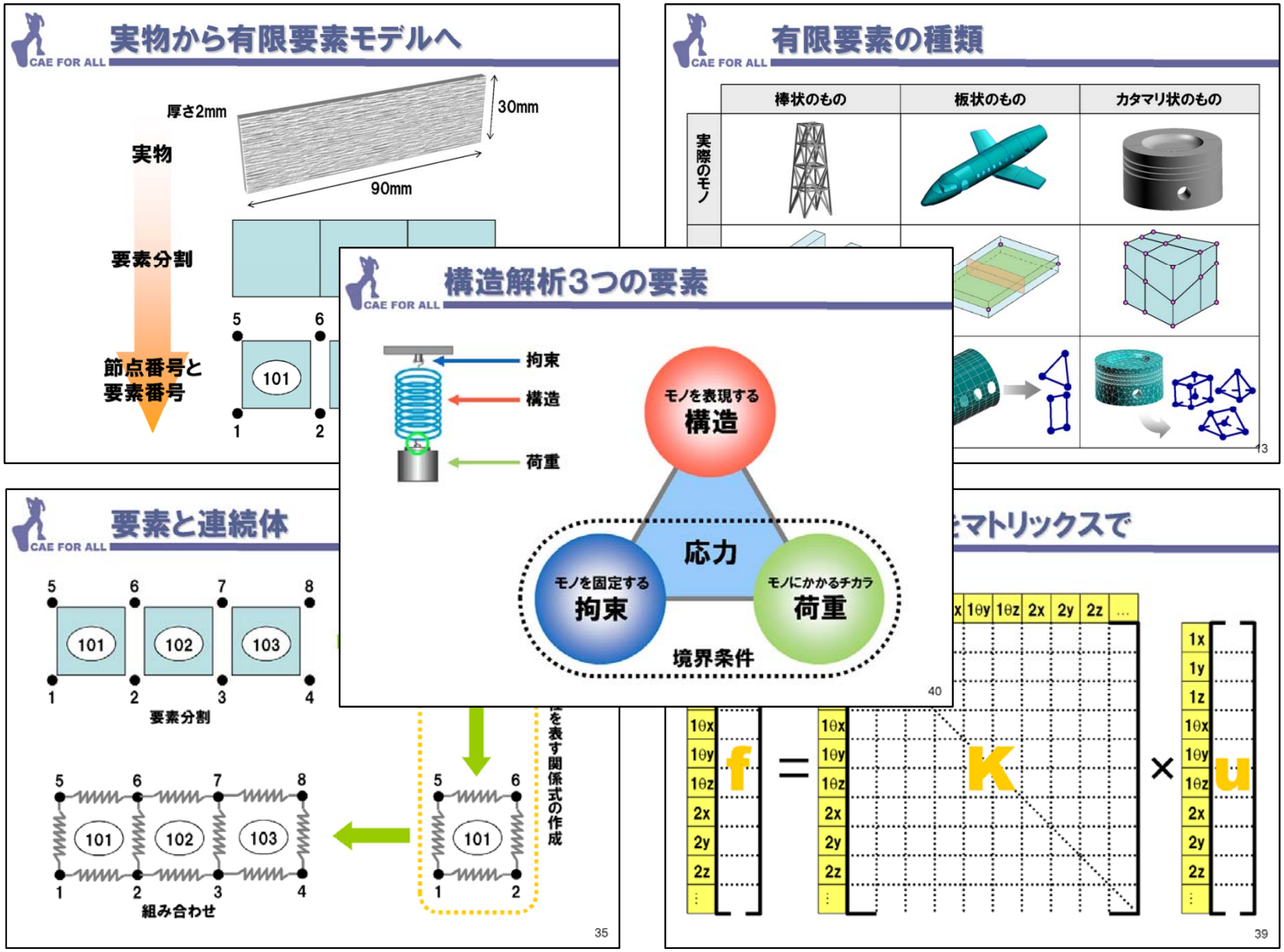

応力 –まとめ-
● 部材の内部の1点に発生している応力。
● マスの大きさは、非常に小さい（質量=0）もの。
● 面に垂直な応力
11


CAEの新しい解釈
形状
干渉
重量
重心位置
より厳密な稼動状況
より厳密なカタチ
シミュレーション
動特性
耐力特性
機構
より厳密な境界条件
強度
8

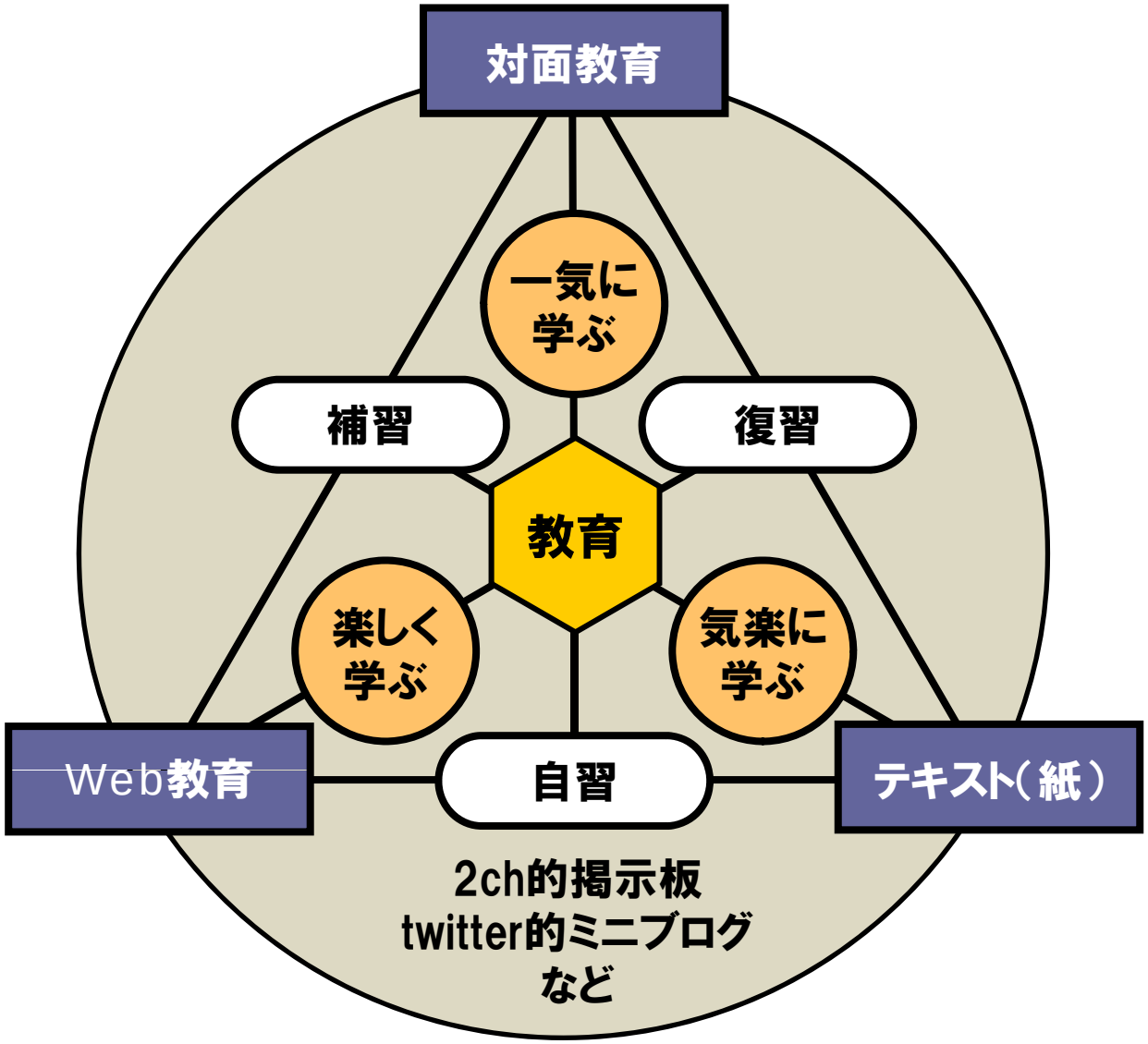

設計者CAE適用
設計スタート
ずーっとモデリング…、最後に
解析
解析
解析
In Process CAE
要所、要所で解析
15


設計法
比較
応力
CAD
CAE
壊れる
許容応力
壊れない
応力
ひずみ
0
解析データとして与える
材料
実験から得られる
35

有限要素法テキスト


実物から有限要素モデルへ
厚さ2mm
30mm
90mm
実物
要素分割
節点番号と
要素番号
101
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
拘束
構造
荷重
モノを表現する
構造
応力
モノを固定する
拘束
モノにかかるチカラ
荷重
境界条件
要素と連続体
101
102
103
要素分割
組み合わせ
を表す関係式の作成
マトリックスで
f
K
u

教育もシステム化する


対面教育
一気に学ぶ
補習
復習
教育
楽しく学ぶ
気楽に学ぶ
Web教育
自習
テキスト（紙）
2ch的掲示板
twitter的ミニブログ
など

解析DR突っ込みどころ

変形量は どれくらい？	その材料の 降伏応力は いくつ？	解析は何回 やったの？
何の応力？ ミーゼス応力？ 主応力？	**解析DR 突っ込み どころ**	どんな 境界条件 なの？
要素の 種類と 次数は？	解析の種類 は何？ 線形静解析？	応力の 最大値は？ 特異点 じゃないの？

CAE FOR ALL

解析専任者が設計者のためにできること

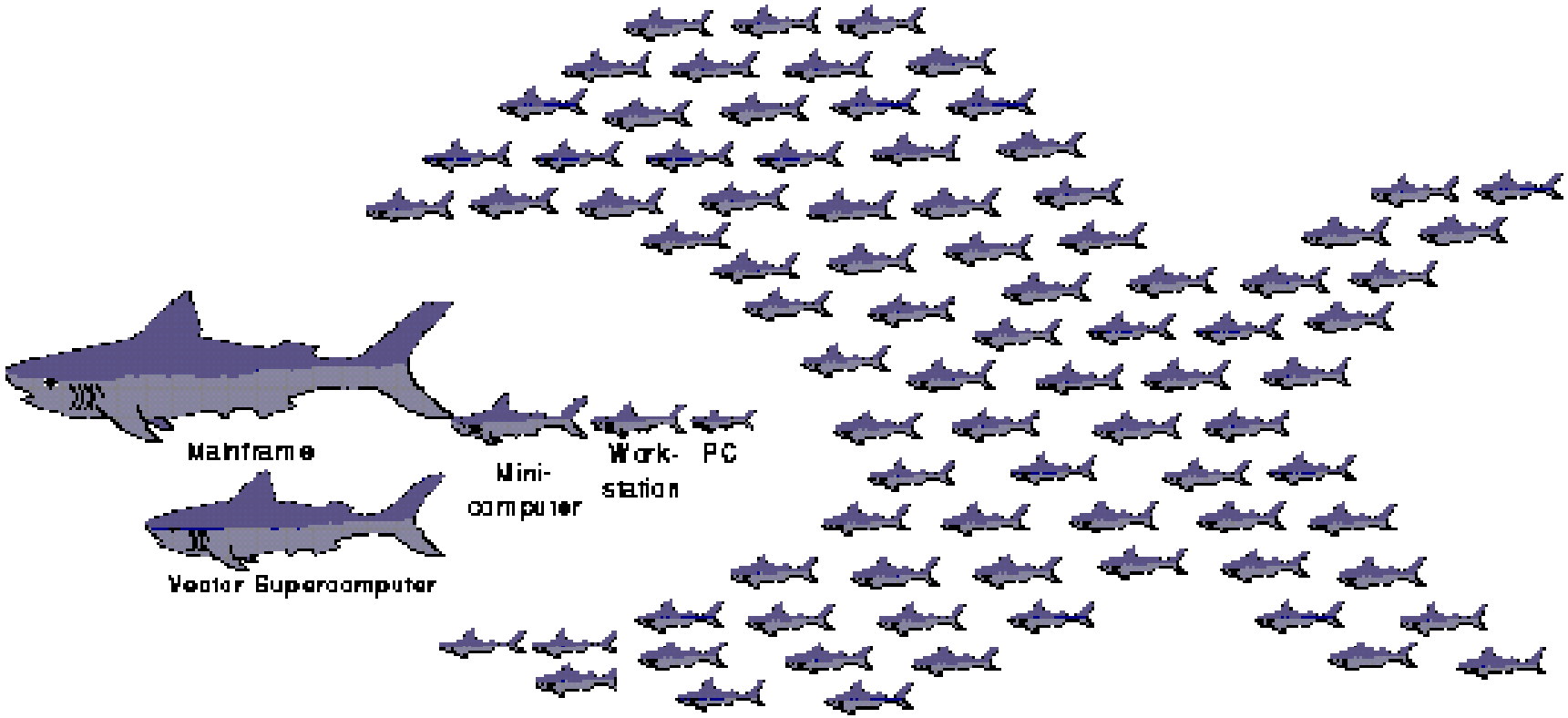
解析専任者が設計者のためにできること

- 設計者ではできない解析のサポート。
  - ▶材料非線形
  - ▶大変形
  - ▶接触
- 設計者に対する座学教育。
- 材料定数のとりまとめとデータベース化。
- 解析イタレーションの自動化。
- 設計者への『仮想実験室』の構築と提供。

HPCと設計者の関わり

- 設計者がHPCの面倒を見るのは事実上無理。
  - ▶アプリケーションの並列化、負荷分散などコンピューター・サイエンスの知識が必要となり、設計者にそれを期待するのは無理がある。
- 解析専任者がHPCの管理をすることになる。
  - ▶設計者ができない「難しい解析」を行なうことを目的とせず、設計者が正しい解析を行なう環境を構築する。
- 解析専任者の理解と協力がなければ、設計者は永遠にHPCの恩恵を得ることはできない。

HPC = PCクラスター


Mainframe
Mini-
computer
Work-
station
PC
Vector Supercomputer

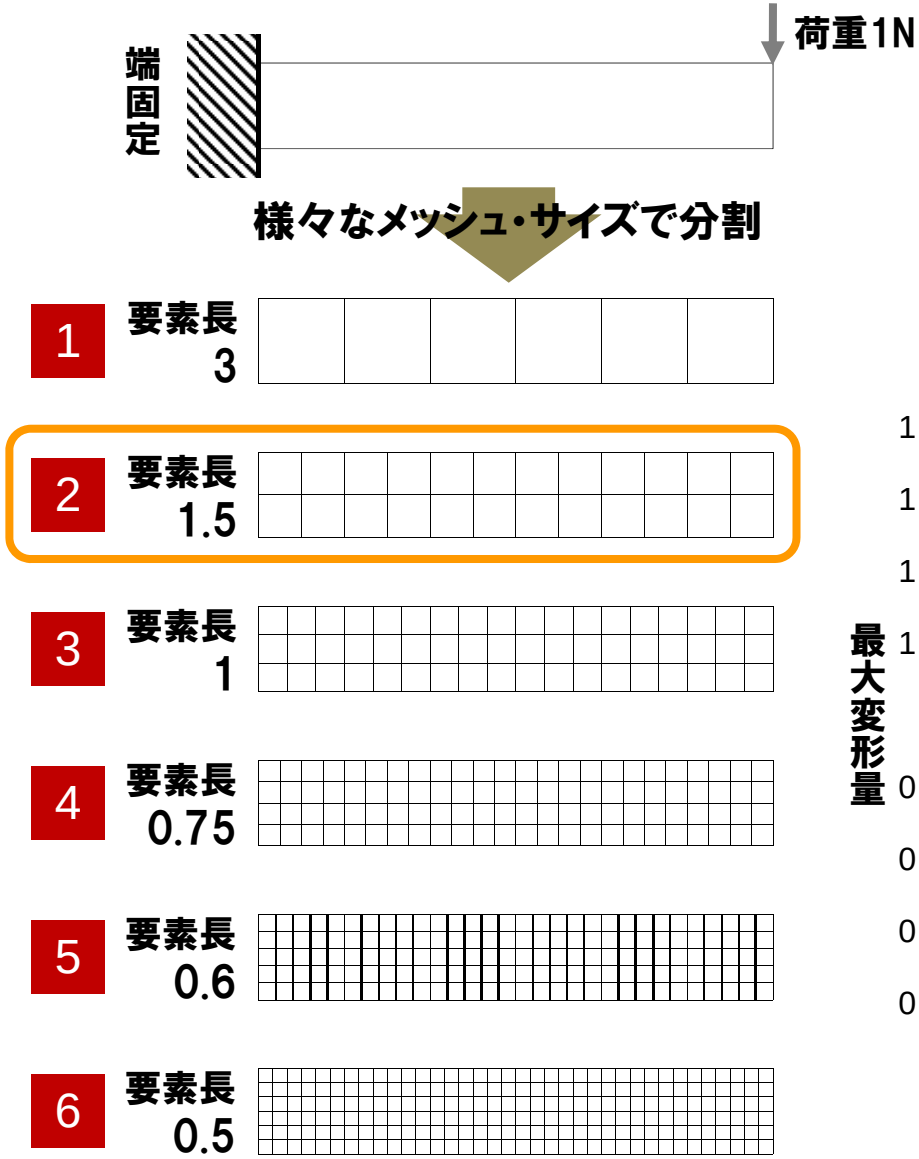
レベル4以上

レベル5	解析品質の安定化
レベル4	自社製品への解析の適用方法
レベル3	解析特有のテクニック
レベル2	ツールのコマンドの意味と操作方法
レベル1	材料力学や有限要素法の座学

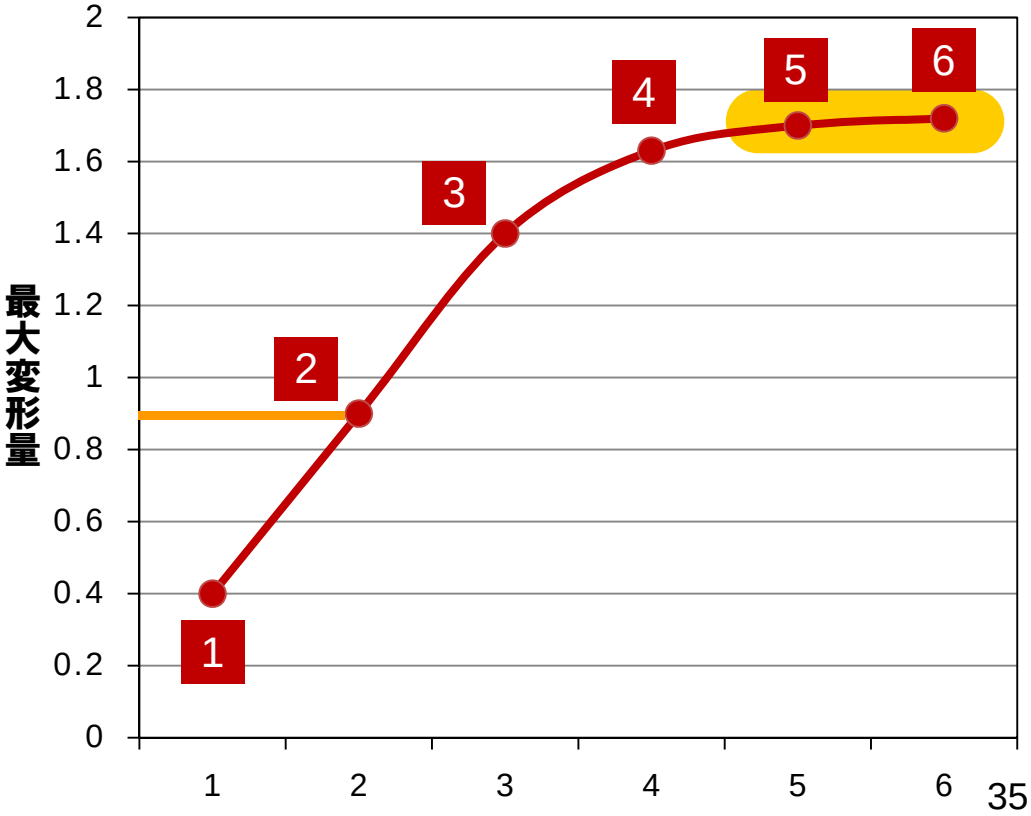
なぜか、いきなり、ここからやろうとするのか…。

こんなに大切な段階をすっとばしていいの？

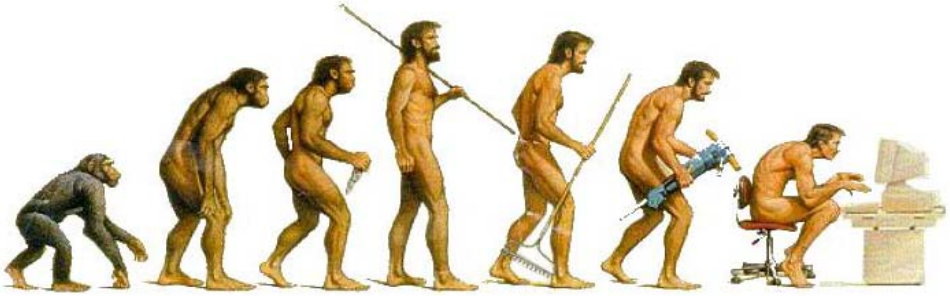
解析品質：メッシュ・サイズ



解析1回コッキリでは、それが正しいかどうかわからない！



ありがとうございました。



CADは進化した。人はどうですか？

CAD LAB