

1 千万円以上の  
システム導入費用ゼロも可能。

Youtubeでも紹介

管理者必見 CAE・FEM解析の効率的活用術  
-CAD作図自動化・解析自動化を絡めた開発者、設計者解析と運用コスト削減法-

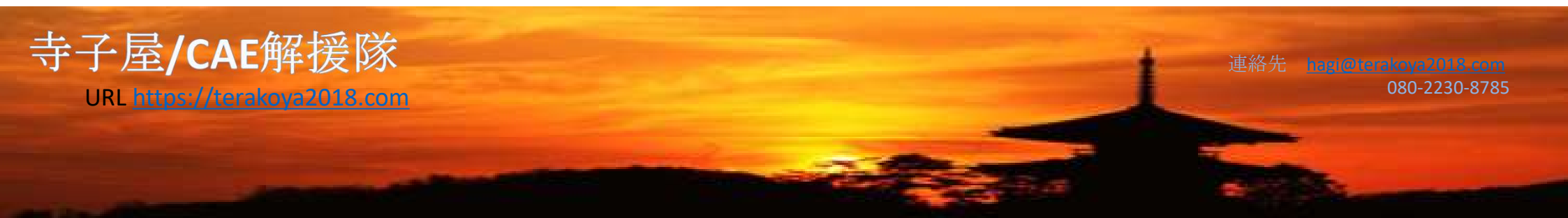
プリポストの稼働率 3 分の 1 以下  
時にはソフト・ハード導入なし

2023. 12. 10. 寺子屋 萩本

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)  
080-2230-8785



## システム 概要

# 解析環境の整備から開発担当者による解析



予測精度向上がベースになります。

実測と合わなければ誰も使いません。

解析効率・自動化

効率化・自動化を推進して

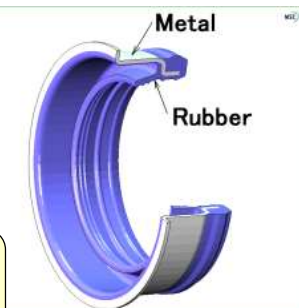
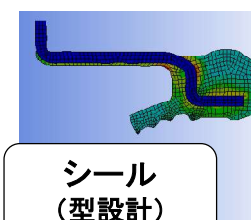
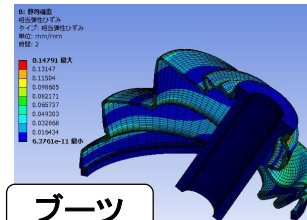
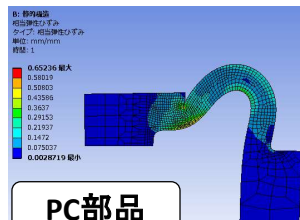
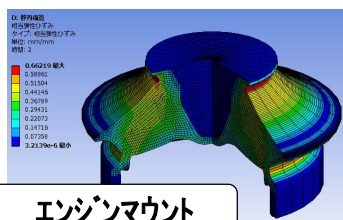
1モデル30分以下の手間で解析可能なベース創り。

担当者教育

マニュアル・手順書

トラブル対応と基本を30分程度の教育に抑える。

実習含めて2時間程度、詳しい理論は修得してからでも大丈夫。



解析予測精度向上と自動化により

まずは専任者が修得して展開します。解析予測精度アップと自動化技術をご指導します。誰でもできます、簡単...

## 要約・ポイント –費用削減での運用–

### ステップ

#### 1) 公共機関を利用した解析の修得

MARC・ANSYS他、公共機関(工業試験場)で解析修得

修得に各ソフトの**無料貸出し期間を利用**

- ・ 単軸測定⇒データベースからのデータ定義
  - ・ 解析修得しながら自動化の推進
- 次ページのメニューで、まず1日で解析修得

#### 2) 材料データの構築

受託試験、富山(8ページ)でのデータ構築サポート

基本修得後

イノベーションセンター(リモート)、工業試験場利用、現地・遠隔サポート可能です。

#### 3) 解析技術の修得-バージョンアップ

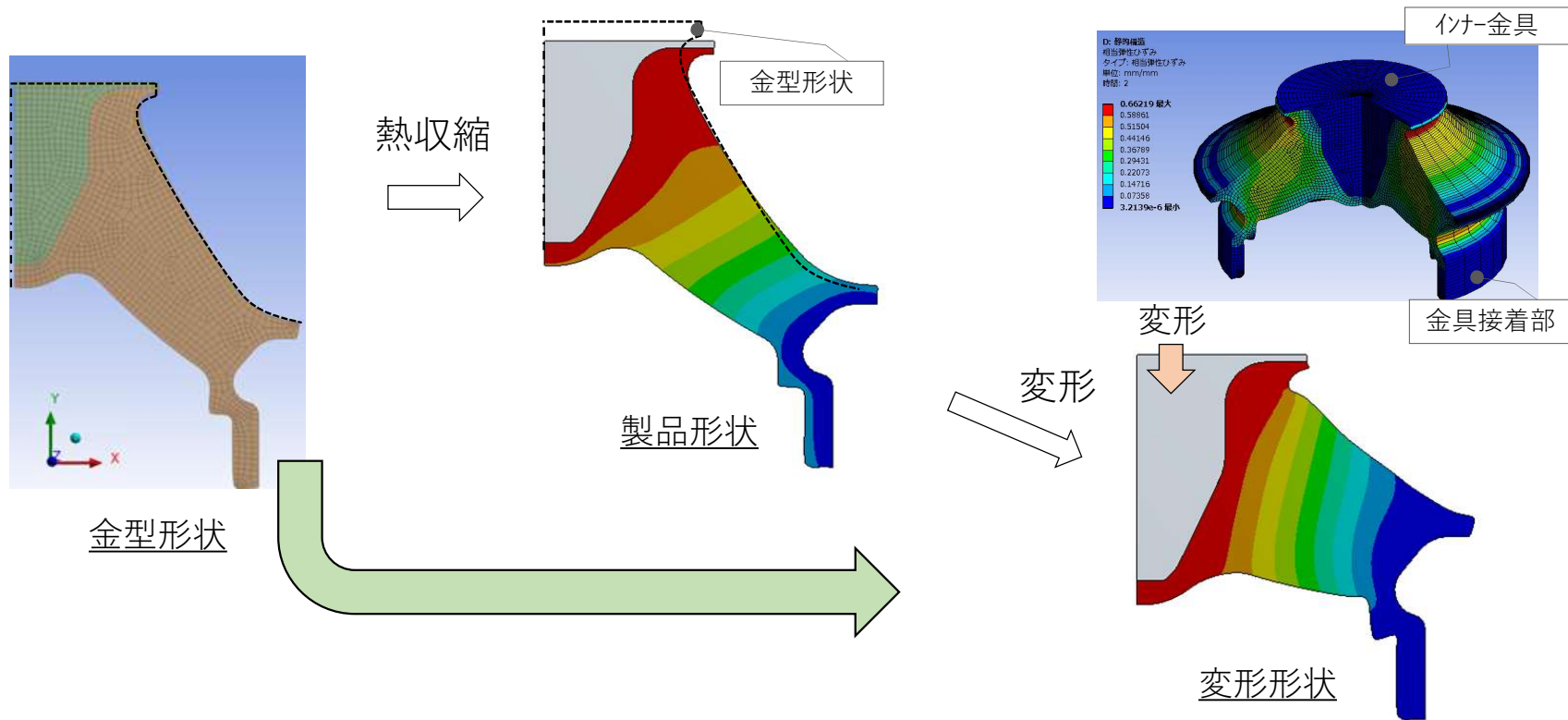
#### 4) 自動化・効率化の推進

ソフト導入による費用1千万円以上  
保守費用導入費の10~30%~削減可能

マニュアルを充実させながら、設計・開発者解析を推進する。  
費用は、最大限・十分に削減可能です。

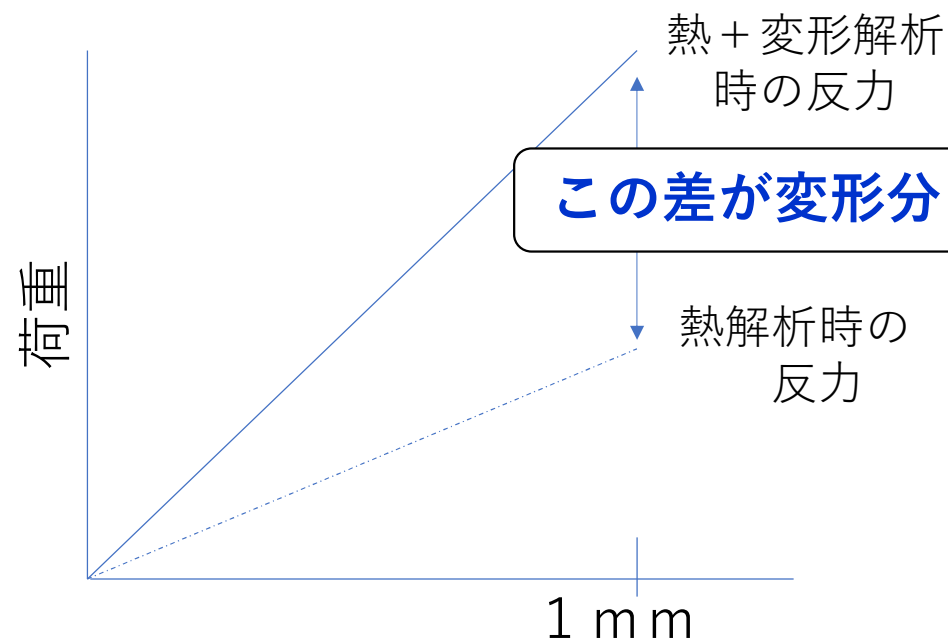
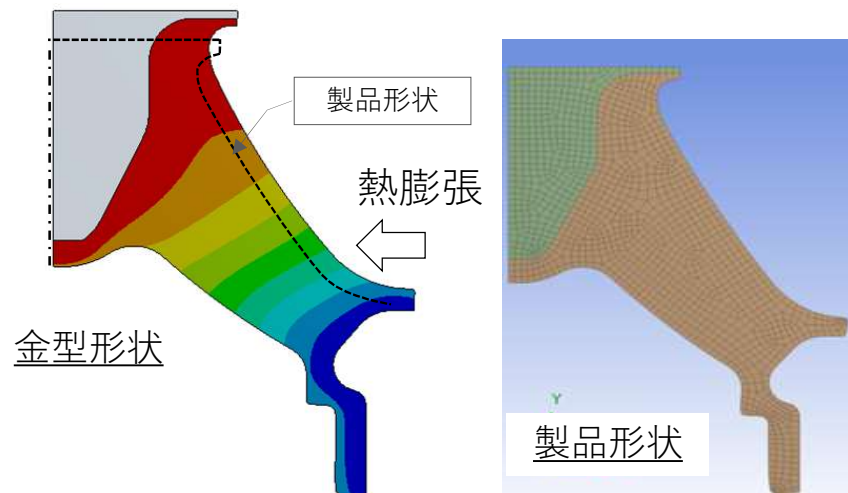
線形解析ソフトでも・・・

熱 + 変形解析 = 非線形解析



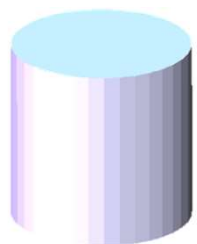
1段階で解析できるものは 線形ソフトで解析可能

## 金具接着タイプは基本として熱膨張 ⇒ひずみキャンセル

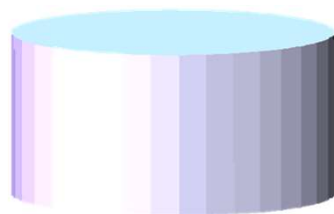


## ゴム単体製品はそのまま解析

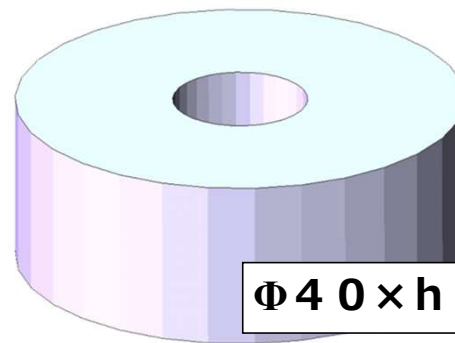
他の条件が入っても、この差ができるよう条件付け



$\Phi 10 \times h 10 \text{ mm}^3$



$\Phi 29 \times h 12.7 \text{ mm}^3$



$\Phi 40 \times h 15 \text{ mm}^3$

# MARC解析を公共機関で修得しませんか

だれでもできる解析・CADの自動化/効率化  
これとの組み合わせで1日で修得可能です。

20名程度、  
1時間程度の実習で修得しています。

問合せはこちらから  
<https://terakoya2018.com/question>

## 寺子屋/CAE解援隊

連絡先 [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)



# 1 日でFEM/MARC-ゴム製品の解析を修得 –タイムスケジュール

**週末を利用して、神戸・秋田でMARCを1日で修得しませんか。講習後は、バックアップ万全です。**

開発・設計業務にゴムのCAEを効果的に活用するため基礎理論とFEM解析技術を展開

理論、実習面

## 1. 解析の基礎 理論及び実習

- 1) メッシュの作成からモデル化：平面ひずみ、平面応力、軸対称要素の説明と解析
- 2) メッシングの基本実践と理論：ご要望により調整、解析モデル持ち込み可  
メッシュ作成の基本から解析まで簡単なモデル、若しくはお持ち込みモデルでの解析
- 3) 解析結果の見方：ひずみ、応力、荷重たわみ特性、面圧、その他  
ゴムの基本として応力評価してはいけない/理論説明含めて

## 2. 解析応用 2D～3次元への展開

- 1) モデリング手法/拡張
- 2) 解析条件設定
- 3) 結果の見方と結果を簡単に出力する仕組み
- 2) 解析の自動化～CAD自動化への展開
- 3) 熱膨張及び収縮解析

ここまでAM/実習中心・理論は補助

## 3. 解析の便利機能

- 1) スムージング解析（回転体など）
- 2) ズーミング解析：局所の詳細解析への展開
- 3) 線形解析でも陥りやすいポイント、改善方法

※理論：ゴムのFE解析[書籍]プレゼント、詳細の説明あり。また、オペレーションのみではなく、  
順次、**解析の基礎及び注意すべきポイント、ゴムの解析用材料データの構築について説明。**

**導入検討・即開発適用、25万円+税ですぐに2次元（平面、軸対称）から3次元展開まで使えるようになります。**

材料定義をご自身で修得

お問い合わせリンク

<https://terakoya2018.com/question>

# 公共試験場を利用して ゴムの解析用ひずみエネルギーを構築しませんか。

- 候補日をいただければ調整します。1社4名様くらいまで -

1. 富山県でご希望の日程で、6時間程度で修得できます。

操作は簡単で、ひな型を使って回帰も簡単です。

※ひな型販売もしています。

2. 公共試験場ですので、安価に、(修得すれば)いつでも

ご利用いただけます。

アフターフォローも万全です、問い合わせに回答します。

現在、現役の試験機ですが何分、昭和生まれですので..  
使えるうちに覚えましょう。



ホーム > 概要 > 組織・研究職員 > 生活工学研究所

概要・沿革 組織・研究職員 交通案内

## 生活工学研究所

「衣」、「住」、「遊」といった人間生活に係る産業製品の開発や生産を支援するための研究指導を行っています。特に、感覚、生理あるいは動作等人間特性の計測評価をとおして人間適合型の生活関連製品の開発、生産を促進するための研究に重点を置いています。



〒939-1503 富山県南砺市岩武新35-1 TEL:0763-22-2141 FAX:0763-22-4604

[富山県産業技術研究開発センター \(pref.toyama.jp\)](http://pref.toyama.jp)

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)

080-2230-8785

## 効率化の概要

材料データ・解析予測精度を基本として、自動化の推進、教育・マニュアル化により効率化が可能。

CADモデリング

材料データ構築

解析  
結果処理まで

開発・設計者解析  
マニュアル&教育

メッシング  
(自動メッシュに依存)

リバースエンジニアリング

解析予測精度/基本（ベース）

## システム 概要

# 解析環境の整備から開発担当者による解析

効率化・自動化のきっかけ

様々な受託解析

1社目

2人体制で月数百モデル

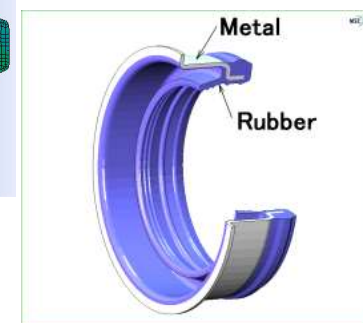
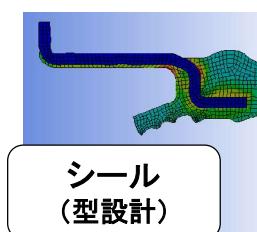
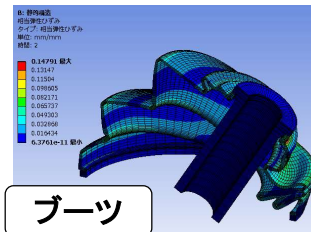
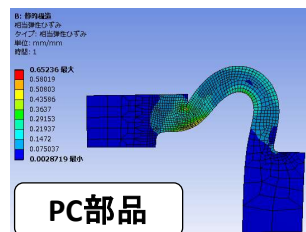
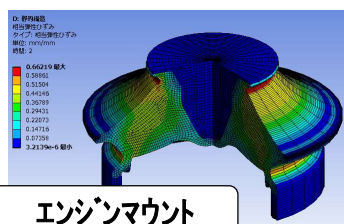
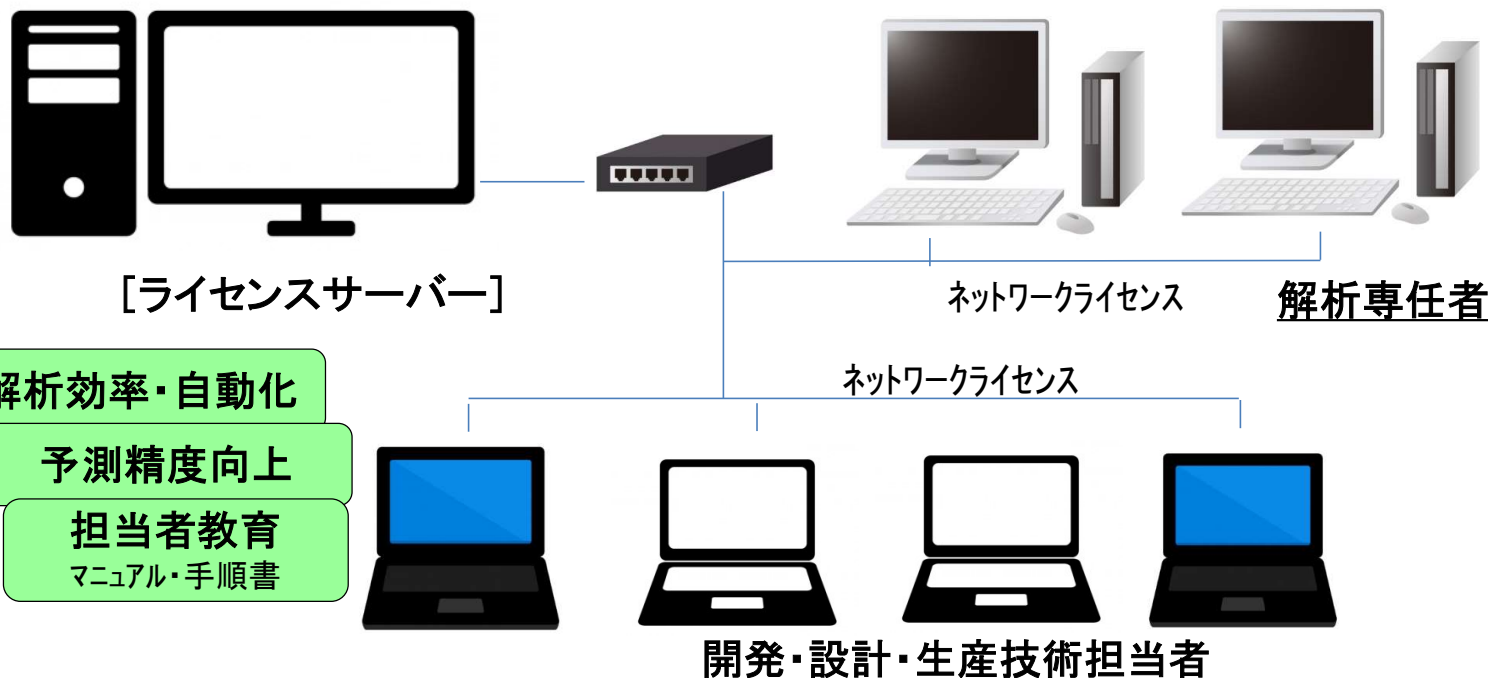
↓  
自動化・マニュアル・教育  
設計・開発者解析  
⇒開発的時間の捻出

2社目

7名で1日数モデル

↓  
材料データ新  
予測精度確保

↓  
自動化の推進

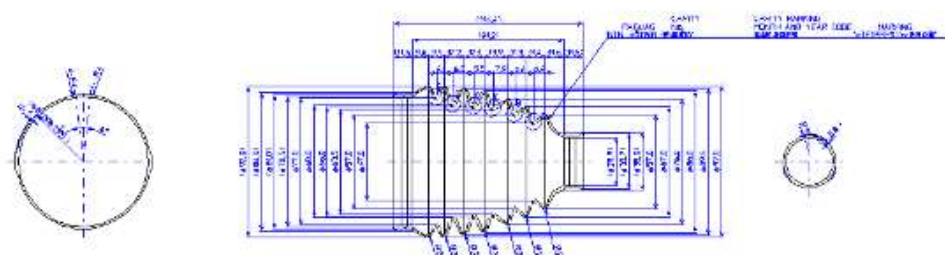


解析予測精度向上と自動化により

**開発・設計担当者が30分程度で解析可能な環境**を整えられます。

# だれでもできる解析・CADの自動化/効率化

## CADの自動化例：等速ジョイントブーツ



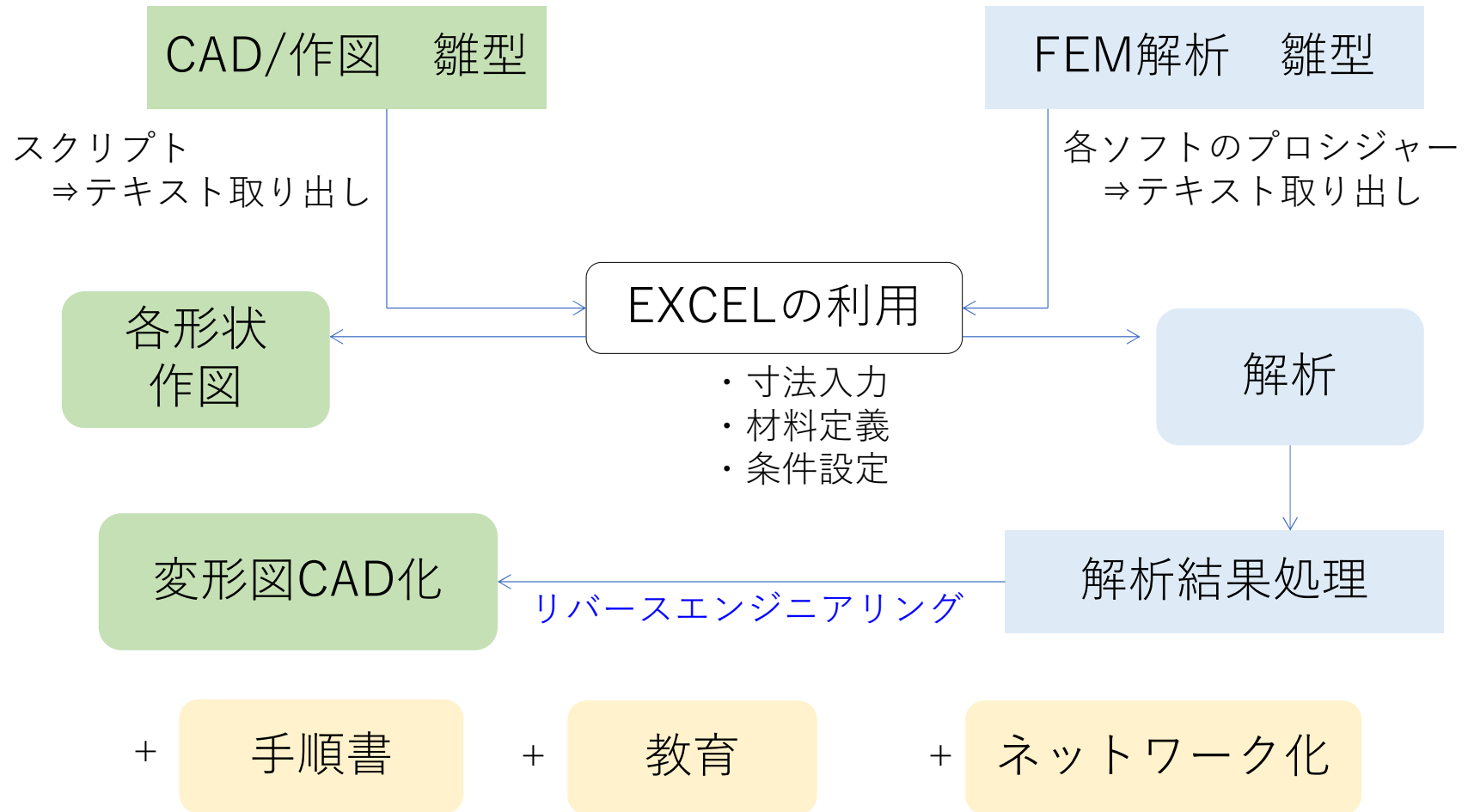
2分で寸法入り作図可能

初心者でもミスなく同じ工数

1 形状45分（作図） → 2分（95%工数削減）  
慣れると1分以内

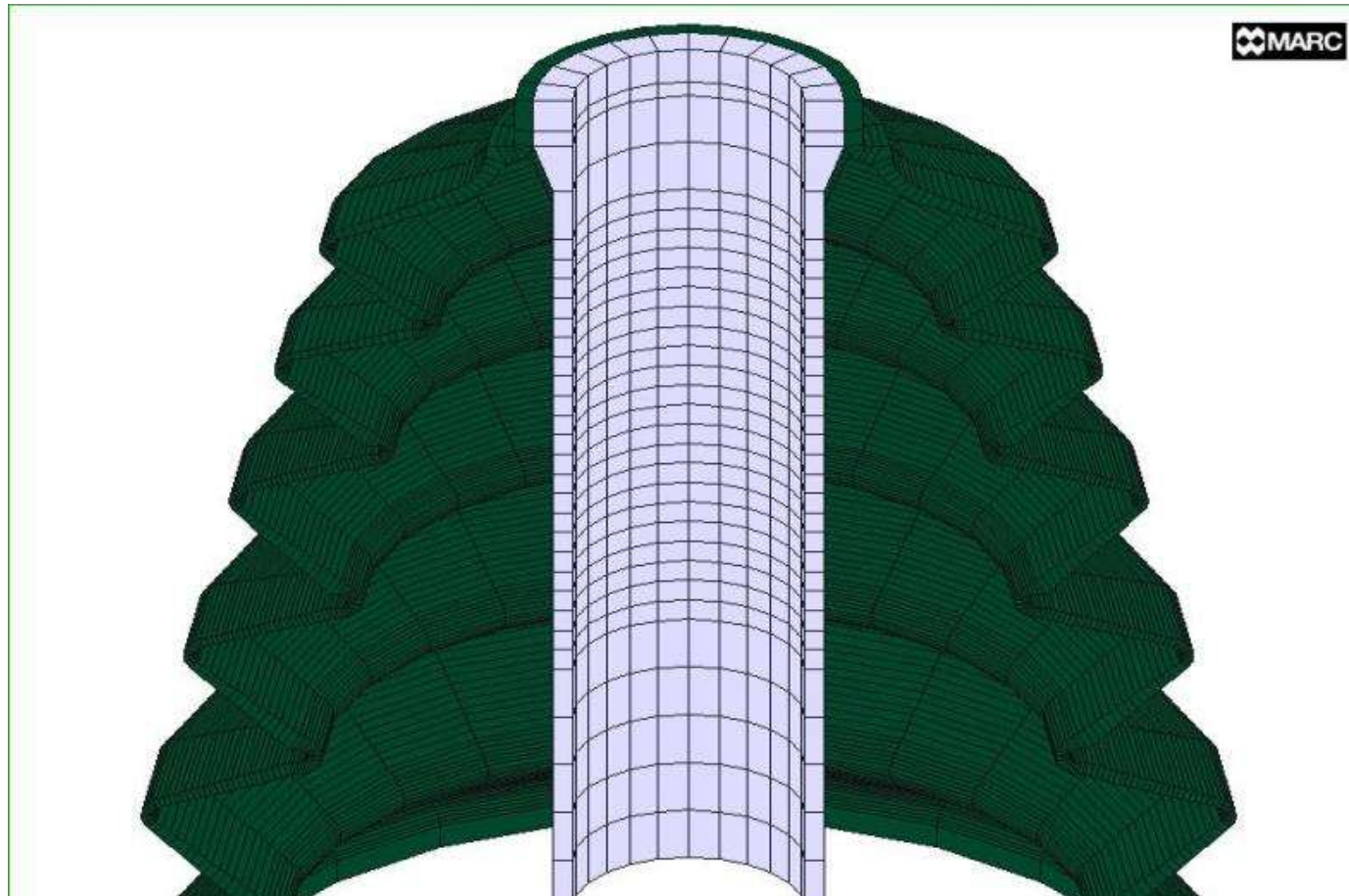
| 画面   |        |    |         |
|------|--------|----|---------|
| コマンド | ファイル 1 | 表示 | 作図 2 1  |
| コマンド | 図面     | 表示 | 寸法 2 3  |
| コマンド | 子      | 表示 | リボン     |
| コマンド | 基準点    | 表示 | テキスト 2  |
| コマンド | ファイル   | 表示 | ファイル 2  |
| コマンド | すべて    | 表示 | プロット    |
| コマンド | 印刷     | 表示 | 図形編集 2  |
| コマンド | DMG    | 表示 | パース 2   |
| コマンド | DMG    | 表示 | 初期設定 2  |
| コマンド | VRML   | 表示 | ジョイント 2 |
| コマンド | 表示     | 表示 | 属性情報 2  |
| コマンド | 表示     | 表示 | 移動      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 終了      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 確認      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 消去      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 編集      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 移動      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 終了      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 下書き削除   |
| コマンド | 表示     | 表示 | 削除      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 編集      |
| コマンド | 表示     | 表示 | パース     |
| コマンド | 表示     | 表示 | SD      |
| コマンド | 表示     | 表示 | 部品品等    |
| コマンド | 表示     | 表示 | 画面操作    |
| コマンド | 表示     | 表示 | 選択指定    |
| コマンド | 表示     | 表示 | 表示指定    |
| コマンド | 表示     | 表示 | 下書き線    |
| コマンド | 表示     | 表示 | リボン     |
| コマンド | 表示     | 表示 | 計算      |
| コマンド | 表示     | 表示 | ビューポート  |
| コマンド | 表示     | 表示 | グリッド    |
| コマンド | 表示     | 表示 | 特殊化/数   |
| コマンド | 表示     | 表示 | グリッド    |

## 趣旨・要旨

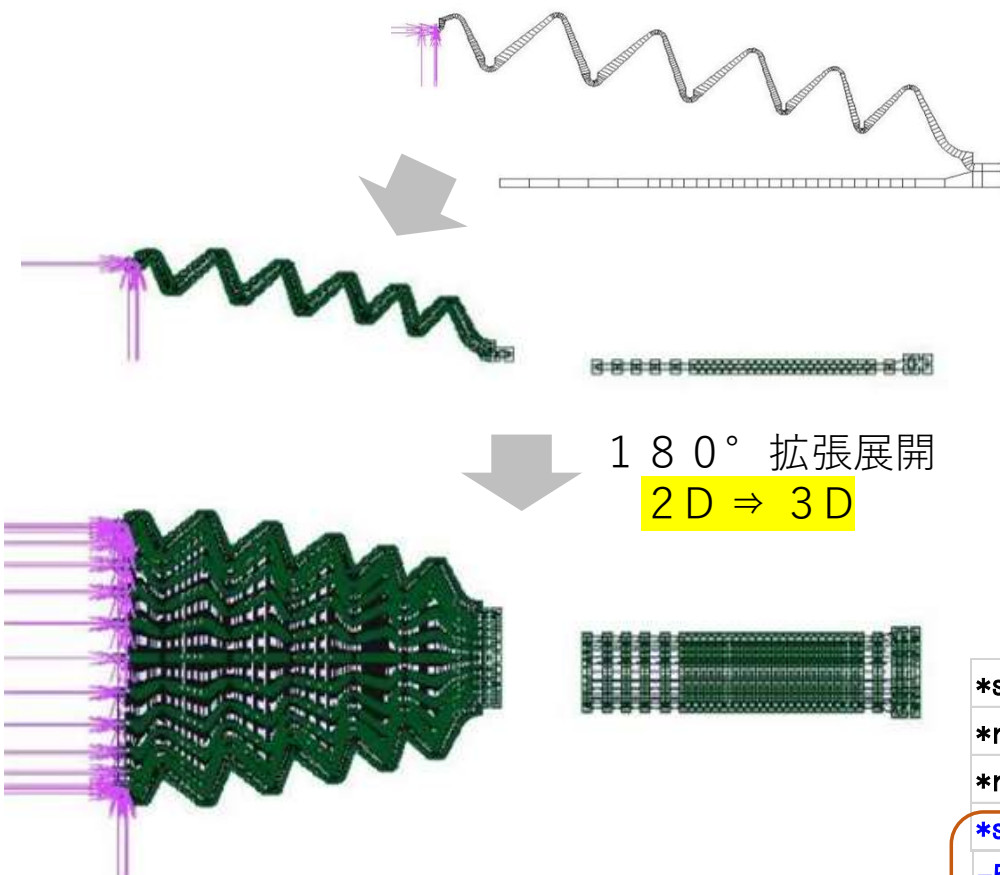


設計者・開発担当自身での実務推進

## 解析の自動化例：等速ジョイントブーツ



断面メッシュと簡単な名前付けで  
設計担当が結果処理まで 30分で1モデルの解析可能



|    | A | B                       | C | D |
|----|---|-------------------------|---|---|
| 1  |   |                         |   |   |
| 2  |   | revolve180deg.proc      |   |   |
| 3  |   |                         |   |   |
| 4  |   | Version : MENTAT2005    |   |   |
| 5  |   | *reset_view             |   |   |
| 6  |   | *fill_view              |   |   |
| 7  |   | *set_sweep_tolerance    |   |   |
| 8  |   | 0.01                    |   |   |
| 9  |   | *sweep_all              |   |   |
| 10 |   | *remove_unused_nodes    |   |   |
| 11 |   | *remove_unused_points   |   |   |
| 12 |   | *set_expand_rotations   |   |   |
| 13 |   | -5 0 0                  |   |   |
| 14 |   | *set_expand_repetitions |   |   |
| 15 |   | 36                      |   |   |
| 16 |   | *expand_elements        |   |   |
| 17 |   | all_existing            |   |   |
| 18 |   | *fill_view              |   |   |
| 19 |   | *sweep_all              |   |   |
|    |   | Sheet1                  |   |   |

|                         |
|-------------------------|
| *sweep_all              |
| *remove_unused_nodes    |
| *remove_unused_points   |
| *set_expand_rotations   |
| -5      0      0        |
| *set_expand_repetitions |
| 36                      |
| *expand_elements        |
| all_existing            |

別シートで入力・計算⇒参照

|                   |      |      |                        |  |
|-------------------|------|------|------------------------|--|
| 180° 拡張 / 2D ⇒ 3D |      |      |                        |  |
| X軸回り              | Y軸回り | Z軸回り | 毎拡張                    |  |
| -5                | 0    | 0°   | (マイナス) モデルを作る側/断面が見える側 |  |
| 拡張繰り返し数 ← 計算値     |      |      |                        |  |
| 36                |      |      |                        |  |

計算=180/上の角度(-5)

# 手順書を使用して教育、開発者自身で解析

## CVJブーツ30分解析プログラム

### I 目的と解析概要

#### 1 目的と適用範囲

##### 目的

ブーツの解析において、変形状態、各部の応力及び変形時の干渉物チェックなど、これまで自動化と共に手順書として設計ツールを開発した。  
今回、簡易的に蛇腹部の折り曲げを見るため、30分解析ツールを開発し、その手順をここに記す。

##### 適用範囲

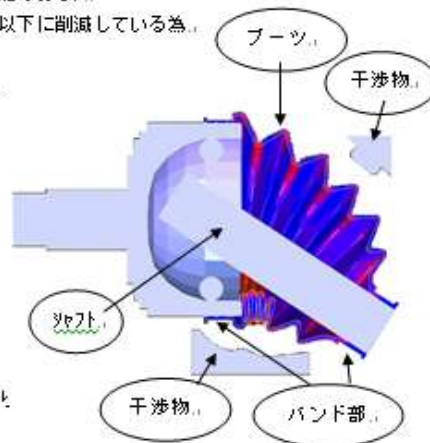
本プログラムは、若干誤差を含んだ蛇腹間の折りたたまみ状況を確認する為のものとする。

変形状態は、通常の解析と同様にそれほどの誤差が無く表現可能である。  
よって、変形状態とその後の干渉チェックは可能である。  
しかし、解析時間短縮のためメッシュを1/2以下に削減している為、  
**各部の応力は適正な値を出力していない。**

応力値を見るためには、分割数を適正にする為、  
2Dモデルでの分割数と周方向の分割数を、  
変更する必要がある。

##### 注意

各解析における注意事項は、通常の解析、  
手順書に順ずるが、  
・ モデリングから要素分割  
・ 結果の見方  
これらは異なる。  
尚、材料定数等については最新版が必要であり、  
また、拘束条件（バンド部）は実際に即した、  
状況で設定する必要がある、過去の失敗を繰り返さないよう心掛けること。



### II 解析

#### 1 モデル化・ME10にて作成

原則については、CVJ解析マニュアル（AKO策205）に準ずる。

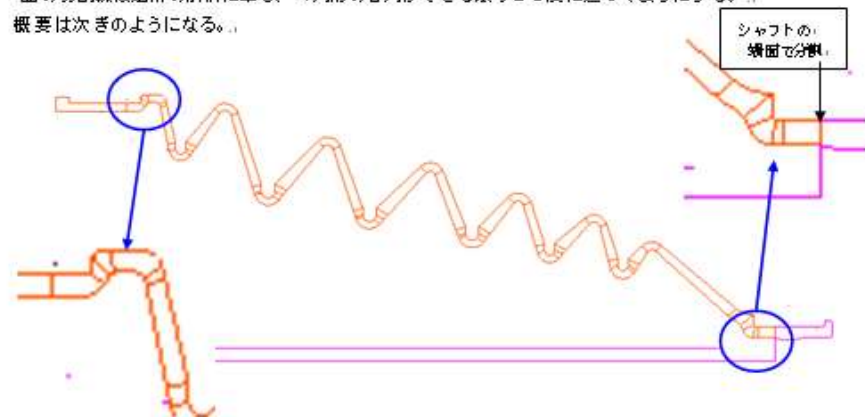
ブーツ、シャフト、カップもモデル化する。特にバンド部は現状では拘束条件による解析の為、必要な拘束節点を考えてモデル化すること。

※ 過去トラ資料（文書番号：REF03730、配布済み）参照として、拘束条件による変形の差を生じさせないこと。資料は大径部について示したが、当然小径側についても十分考慮が必要である。



要素分割の為の面分割を行う。

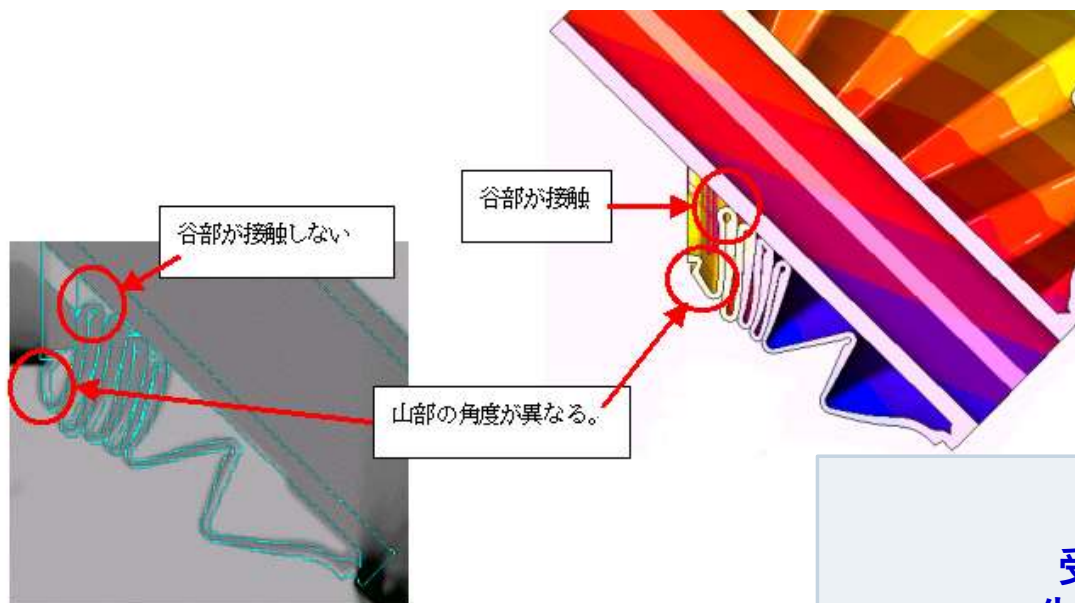
Sketch in placeにより面を選択後、順次分割線を作成する。  
面の分割線は通常の解析に準じ、4角形の各角ができる限り90度に近づくようにする。  
概要は次のようになる。



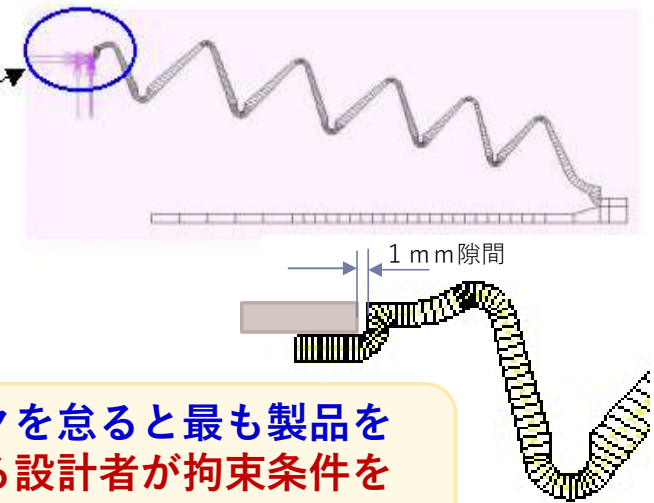
# 設計者解析の失敗事例と利点

マネジメント、教育の重要性について  
自動化 ⇒ 設計者解析を進めると

## CVJブーツの変形解析



バンド端部までの拘束条件を再検討することが必要である。



チェックを怠ると最も製品を良く知る設計者が拘束条件を間違える

### 利点

受託でなく設計者解析では、報告書不要。  
失敗形状は、考えなかったことにもできる。

## 変位・固定条件の違い

梁の変形解析、最も簡単な解析です。

- 1) 変形条件を下方方向に変位条件で与えていませんか？
- 2) 固定側、完全固定( $X=Y=Z=0$ )としていませんか？

それは本当に正しい条件ですか？

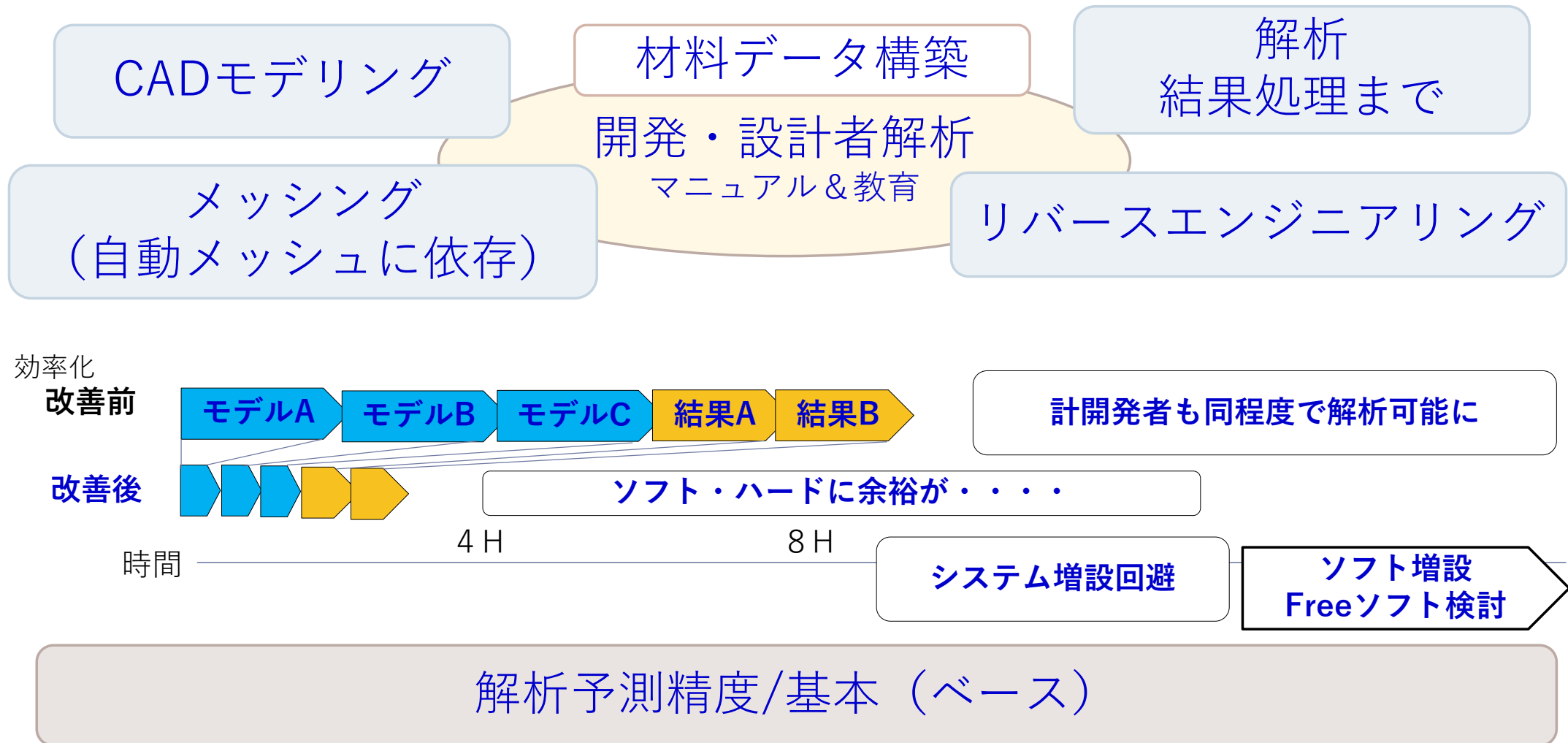
- 1) 変位を $Y=0.1\text{ mm}$ とした場合、**本当に直線状に並ぶと思いますか？**  
 $0.001\text{ mm}$ の変位の差でも、**反力は大きく異なるので**  
**そのように変形させることは至難の業です。**

一定の変位にはならないものを  
変位拘束で解析すると大きな誤差が出ます。

- 2) 固定条件：金属を完全固定する治具が存在すると考えますか？

モデルやソフトの癖も存在します。

## コスト 効率運用のまとめ



```
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.ArcOfCircle(Part.Circle(App.Vector(0.000000,0.000000,0),App.Vector(0,0,1),10.022131,0.000000,1.570796),False)  
# Macro End: C:¥User¥¥kaien¥Desktop¥aa.FCMacro
```

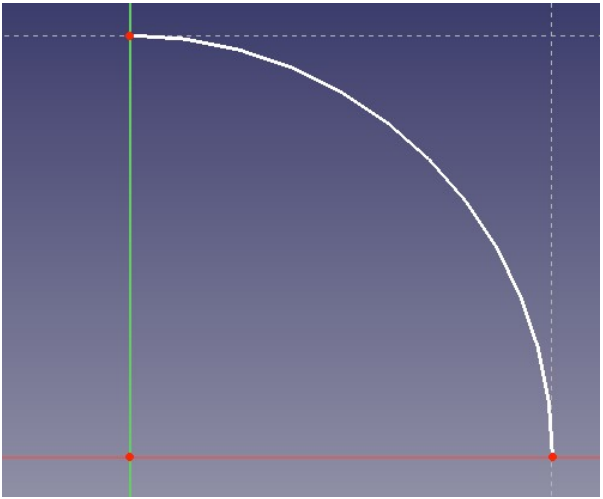
円弧の作成

中心座標

半径

始点角

終点角

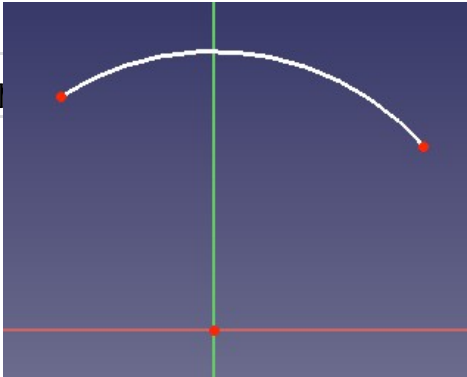


| 中心座標<br>(mm) | 始点角<br>(deg) | 終点角<br>(deg) |
|--------------|--------------|--------------|
| x            | 0            | 45           |
| y            | 0            | 120          |
| z            | 0            | 半径(mm)       |
|              |              | 15           |

```
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.ArcOfCircle(Part.Circle(App.Vector(  
0,0,1),15,0,0.785,2.093),False)
```

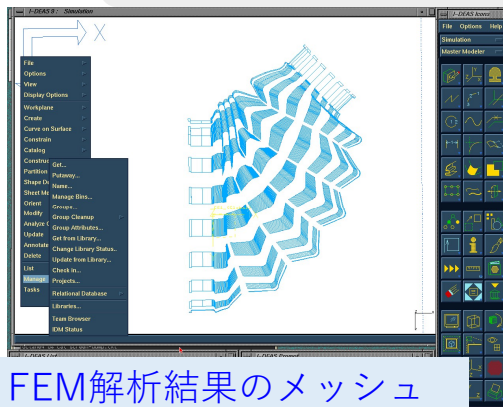
```
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.ArcOfCircle(Part.Circle(App.Vector
```

EXCELシートをいくつか経由して入力  
⇒ 反映、マクロの実行

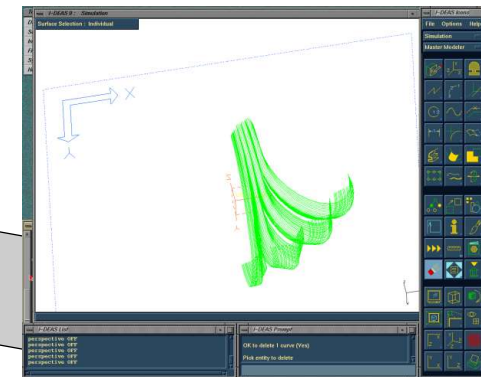
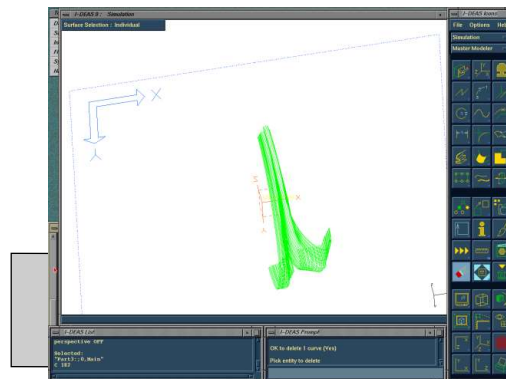


# リバースエンジニアリング：等速ジョイントブーツ

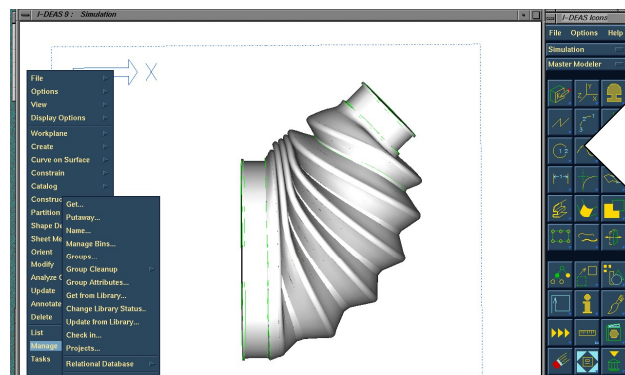
## 解析結果から 3D-CAD作成の自動化



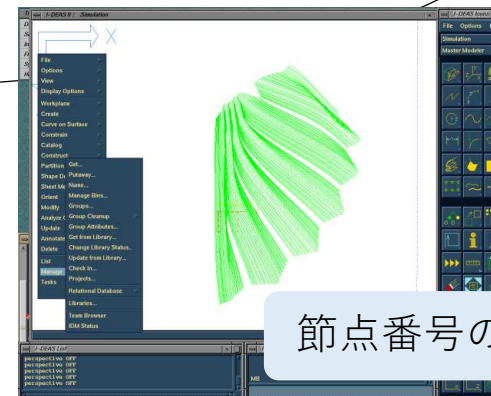
FEM解析結果のメッシュ



自動スプライン

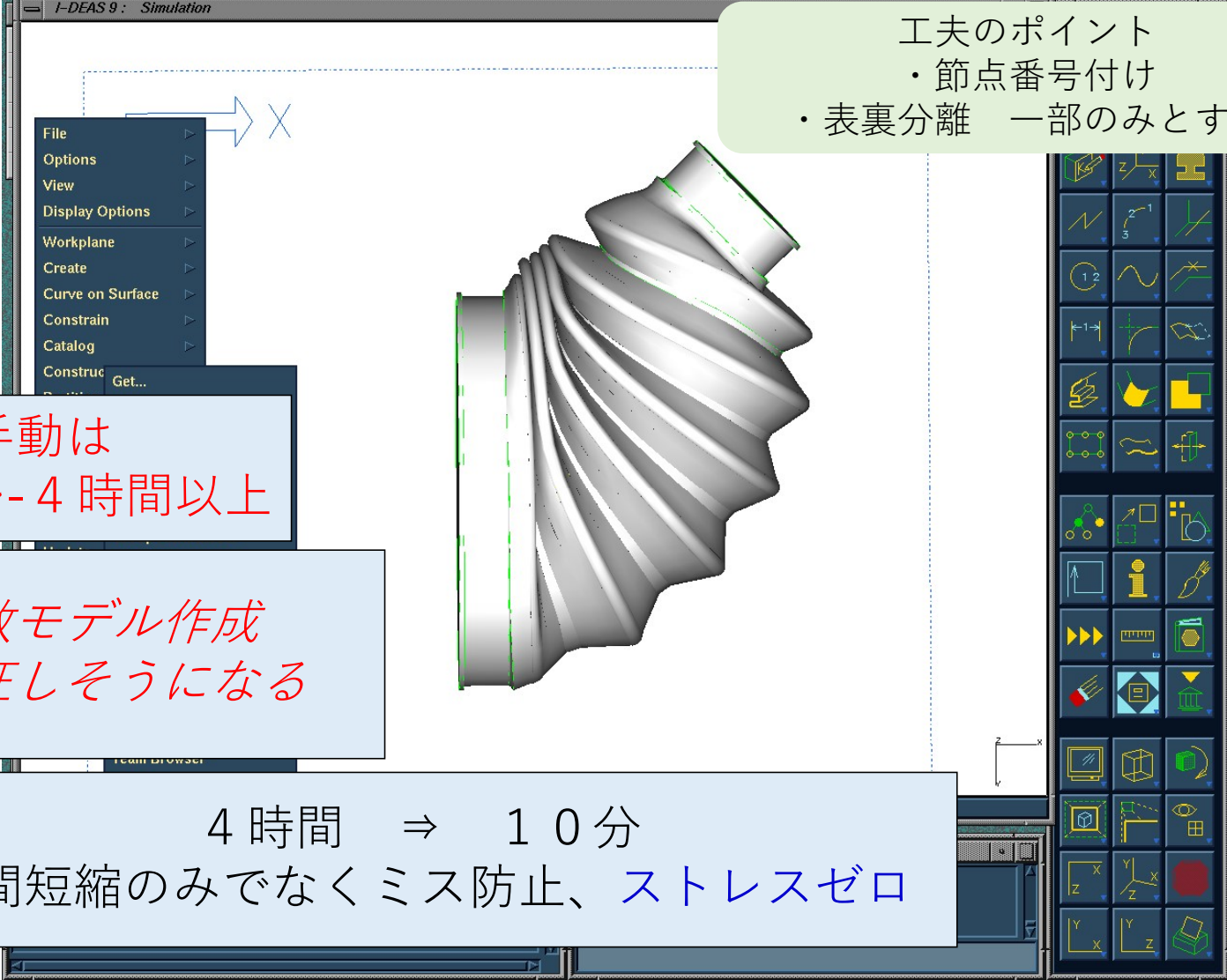


表面にサーフェスを貼り  
10MB程度のモデル



節点番号の付け方が重要

## 結果処理→3D-CADの自動化



工夫のポイント

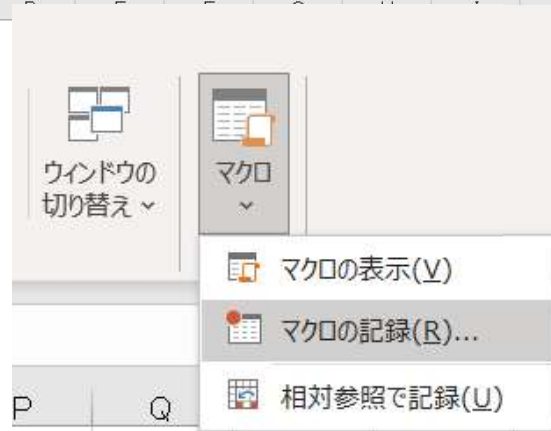
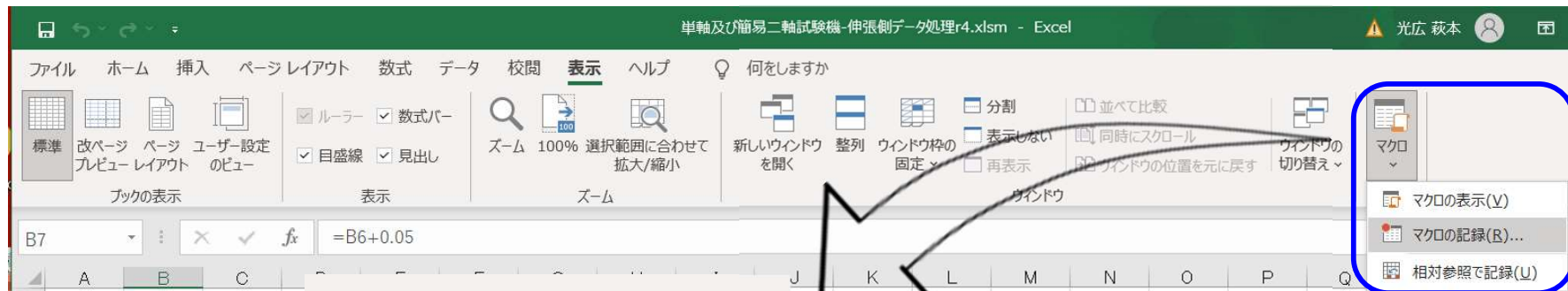
- ・ 節点番号付け
- ・ 表裏分離 一部のみとする

手動は  
1モデル-4時間以上

数モデル作成  
発狂しそうになる

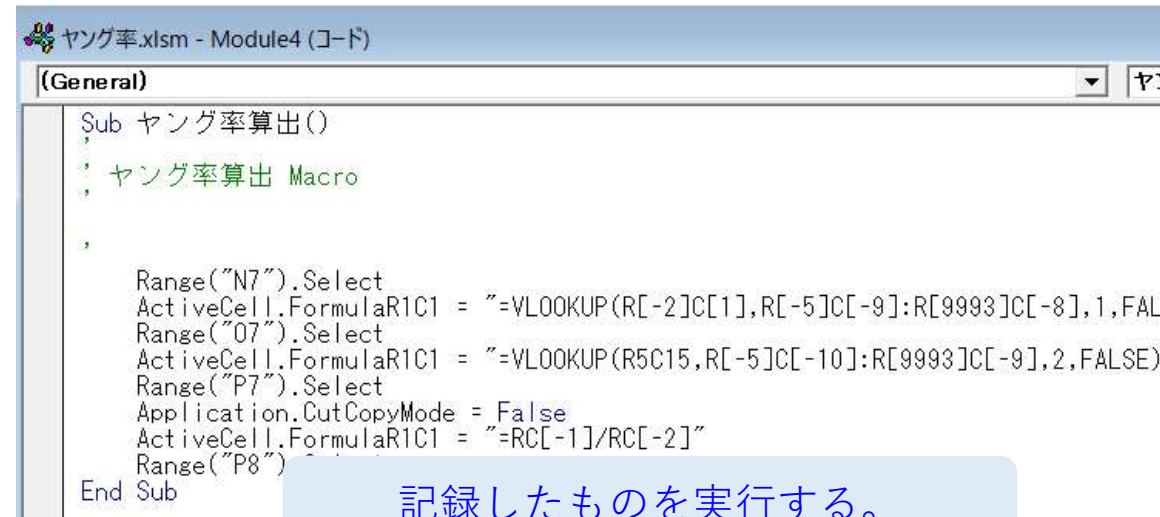
4時間 ⇒ 10分  
時間短縮のみでなくミス防止、**ストレスゼロ**

## 基本：マクロの作成方法



操作したものを記録していく

マクロの実行



記録したものを実行する。

# 人間の習慣

単純な作業、1分で出来ると思うと自動化しないことも・・・  
(自分の失敗)

E:\¥D Dir¥053寺子屋DB2019¥★寺子屋始動¥088 \* \* ゴム¥191216-17¥12.16資料

実際に操作

CTR+m 並べ替え  
⇒D行 2以上を削除  
(調査中)

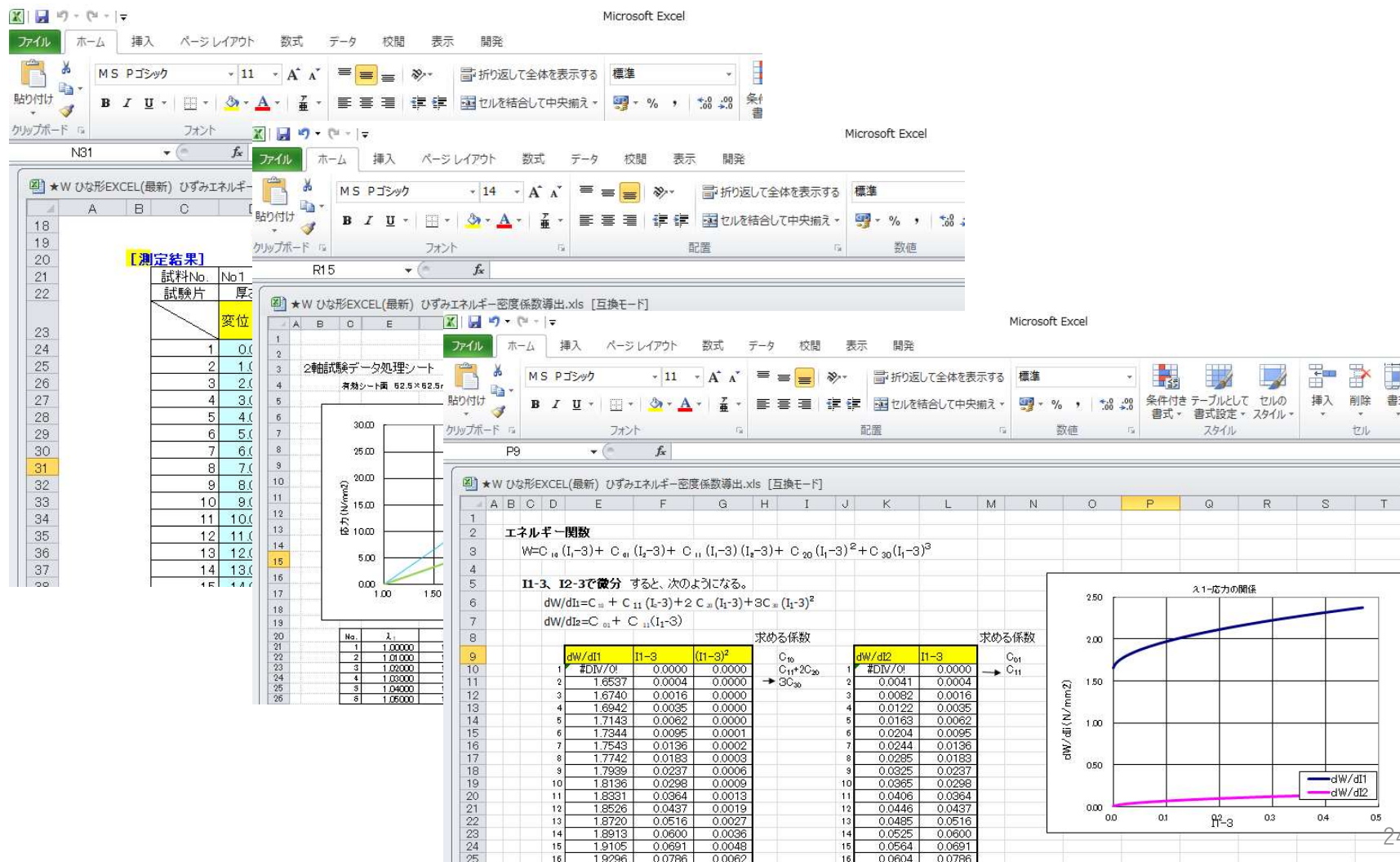
CTR+l  
CとD行にひずみと応力計算

実際に操作 5 分程度で出来るので、何十年も手動で実施  
千件以上の処理 ⇒ 1 件 3 分として 3, 0 0 0 分以上の無駄  
/費用対効果 1 0 分で作れるのに・・・

## 雛型

E:¥D Dir¥053寺子屋DB2019¥★寺子屋始動¥088\* \* ゴム¥191216-17¥12.16資料

★W ひな形EXCEL(最新) ひずみエネルギー密度係数導出.xls



PC共通  
ショートカット  
F4キー：挿入など

|                      |                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------|
| [Alt]                | ウインドウのメニューを表示する（ウインドウの下の表示方法が変わる）                       |
| [Alt]+[←]            | 一つ前のフォルダに戻る                                             |
| [Alt]+[→]            | 一つ先のフォルダに進む                                             |
| [Alt]+[Enter]or左クリック | 選択したオブジェクトのプロパティを開く                                     |
| [Alt]+[Esc]or[Tab]   | タスクバーに表示されている起動中のアプリ、開いているフォルダをを入れ替える（Tabの方が何となくわかりやすい） |
| [shift]+[Alt]+[Tab]  | 上とは逆方向にアプリ、フォルダを入れ替える                                   |
| [Alt]+[Space]        | 現在のウインドウのコントロールメニューを表示する                                |
| [Alt]+[Space]+N      | ウインドウを最小化                                               |
| [Ctrl]+A             | フォルダ内にある全てのファイルを選択。（よく使います）                             |
| [Ctrl]+C             | オブジェクトのコピー                                              |
| [Ctrl]+D             | オブジェクトの削除                                               |
| [Ctrl]+[Enter]       | 選択したフォルダを別ウインドウで開く                                      |
| [Ctrl]+[Esc]         | スタートメニューの表示                                             |
| [Ctrl]+[F4]          | アプリケーションの中のウインドウを閉じる                                    |
| [Ctrl]+V             | オブジェクトの貼り付け                                             |
| [Ctrl]+[windows]+F   | コンピューターを検索                                              |
| [Ctrl]+X             | オブジェクトの切り取り                                             |
| [F1]                 | 表示されているアプリケーションなどのヘルプを表示する                              |
| [F2]                 | 選択したオブジェクトの名前を変更                                        |
| [F3]                 | 検索を起動する（ファイルやフォルダ）                                      |
| [F4]                 | フォルダのプルダウンメニューを表示                                       |

おまけ・アンビグラム





# 自動化の効果

## 自動化は工数削減だけではない

### ①工数削減

90%以上の工数削減可能

ブーツのCAD：自力作成 費用は授業料＋親睦会費 （約50万円）

6パターンの見積もり 42,000千円（今の価格不明）

### ②ミス防止、ストレス軽減

忙しくなると凡ミスも増える

初心者でも同じ品質の作図、解析が可能

### ③考える時間の捻出

単純作業時間を削減、より深く考える時間の創出

手順書、教育のシステム化から  
スキルアップ、裾野知識を広げ開発に役立つ

人間の行動心理・・・失敗は繰り返しやすい  
効率化から時間の捻出

## 代表の個人的な 実 績

### 二軸伸張試験からFEM解析予測精度の向上

1991年から同志社大学坂口一彦教授のもと  
ひずみエネルギー密度関数研究をスタート(社会人4年目)

・ゴム材料定義 ノウハウ含めて2000年MSCソフトウェアで発表  
最優秀事例発表賞を受賞 社内でも評価上がる

・解析条件の定義方法及び材料定義確立から、2005年会社を移り  
ゴム製品製造の会社、2社で解析予測精度の向上  
自動化による解析工数の80%カットを行い2016年起業

#### [主な事業内容]

線形から非線形解析全般

・解析初心者のご指導

・セミナー開催、育成サポート

・CAD自動化、効率化のお手伝い

・ゴムの二軸伸張試験からのエネルギー関数定義、動的、熱、疲労寿命まで

全てノウハウからご提供します。社内技術構築にもお役立てください。

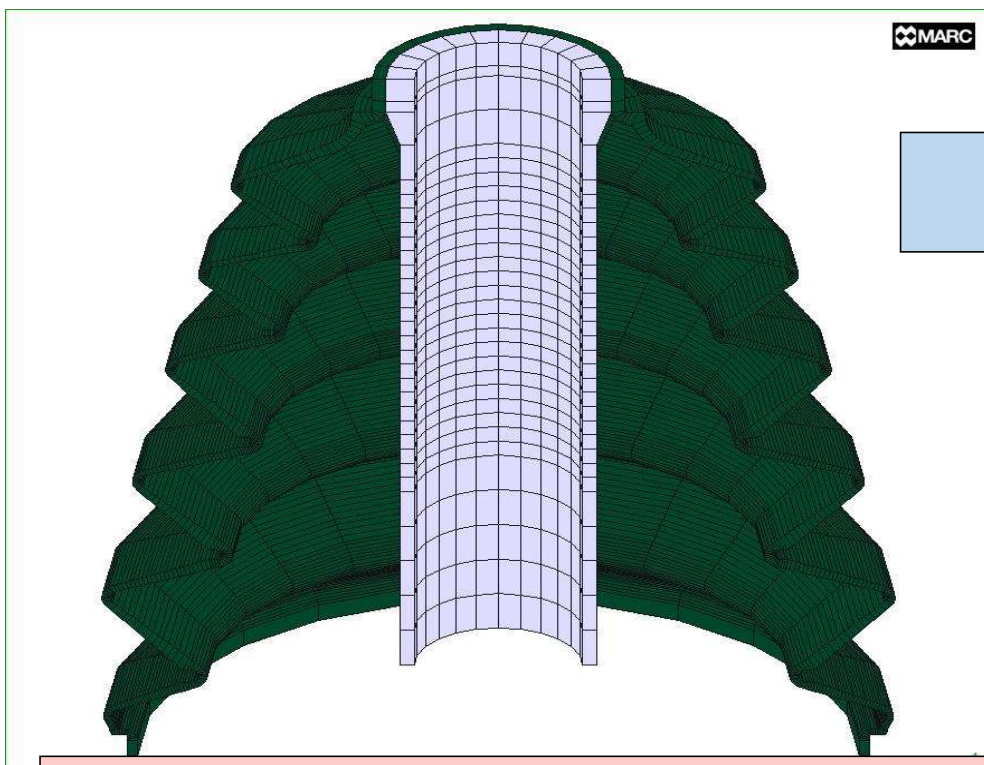
寺子屋/CAE解援隊

連絡先 [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)

# だれでもできる解析・CADの自動化/効率化

## 概要

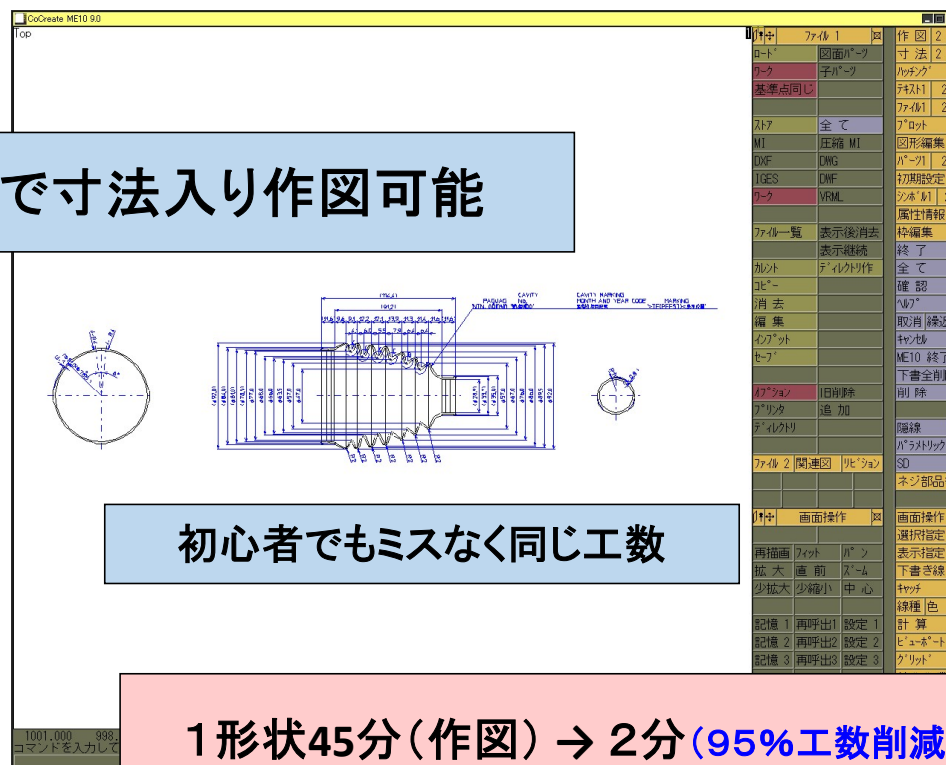
### 解析の自動化例：等速ジョイントブーツ



断面メッシュと簡単な名前付けで  
設計担当が**結果処理まで30分**で解析可能

### CADの自動化例：等速ジョイントブーツ

2分で寸法入り作図可能



初心者でもミスなく同じ工数

1形状45分(作図) → 2分(95%工数削減)  
慣れると1分以内

モデル化の方法

結果の見方

ゴムのFEM解析を中心としたお手伝い

解析用材料定義から予測精度の向上

セミナー開催・お役立ち情報の発信

ゴムの疲労寿命・  
耐久性予測

CAD、FEM解析の効率化・自動化

ご不明な点があれば何なりとお問合せください。

メールでの対応はどこまでも無料です。

寺子屋 検索：ゴムのFEM解析 寺子屋

<https://terakoya2018.com/>

MAIL : hagi@terakoya2018.com



第2弾ゴムタイムス社様から発売中  
アマゾンからも購入可  
第1弾(超弾性部のみ) 販売完了

# セミナーのご案内

無料セミナーはご招待いただき開催も検討

ホームページに無料・有料セミナー順次更新

ゴムの解析基礎・応用

防振ゴム設計・解析基礎  
応用

シール設計・解析基礎  
応用

ゴムの粘弾性から耐久性

解析・CAD他自動化  
(議事録、EXCEL作業も)

解析実習  
1日でMARC習得

ひずみエネルギー密度関数  
富山での1日実習

第2弾ゴムタイムス社様から発売中  
アマゾンからも購入可  
第1弾(超弾性部のみ)プレゼント

初心者のための  
ゴムの有限要素法解析

萩本光広 著

ゴムタイムス社

寺子屋

<https://terakoya2018.com/>

TEL : 080-2230-8785

MAIL : hagi@terakoya2018.com