

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

2023. 1. 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

## 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

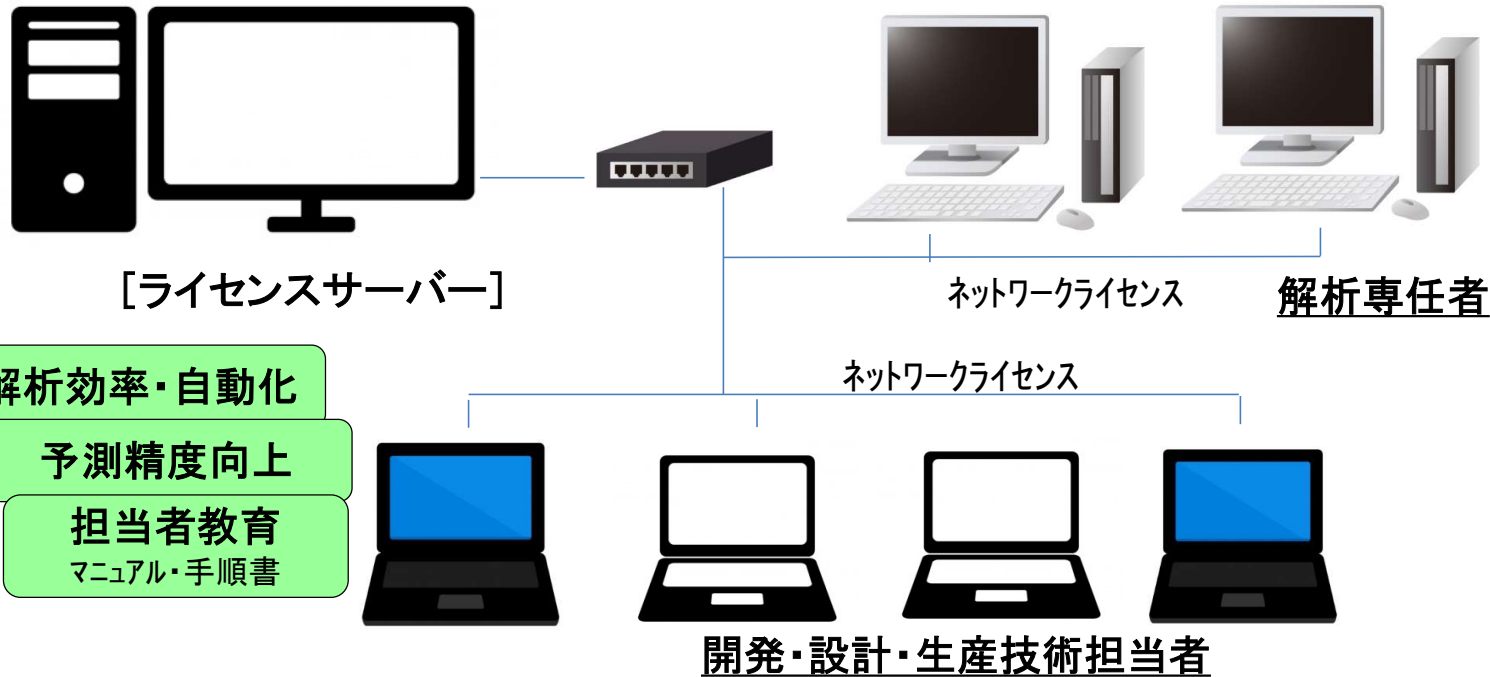
開発・設計者解析  
マニュアル&教育

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)

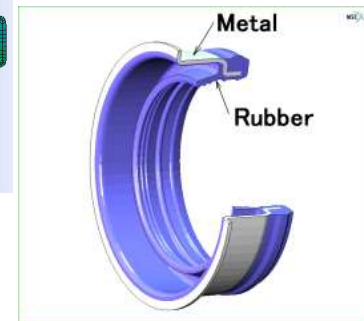
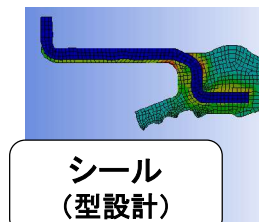
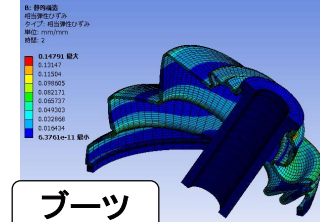
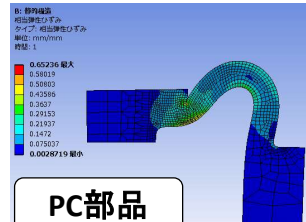
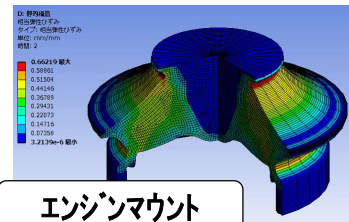
# 解析環境の整備から開発担当者による解析



解析効率・自動化

予測精度向上

担当者教育  
マニュアル・手順書



## 様々な受託解析

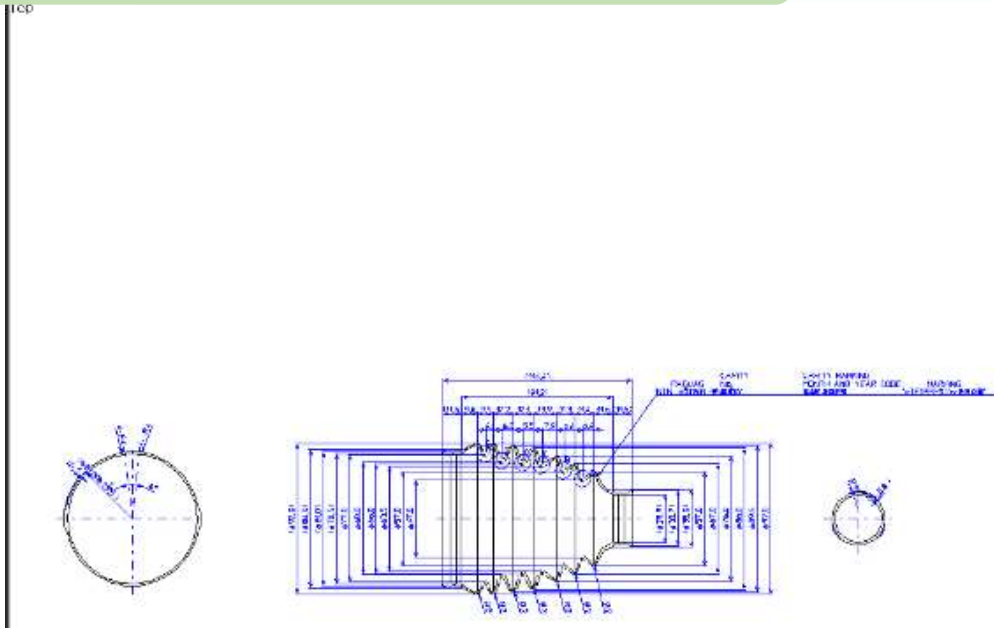
1社目  
2人体制で月数百モデル  
↓  
自動化・マニュアル・教育  
設計・開発者解析  
⇒開発的時間の捻出

2社目  
7名で1日数モデル  
↓  
材料データ一新  
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。

# CADの自動化例：等速ジョイントブーツ



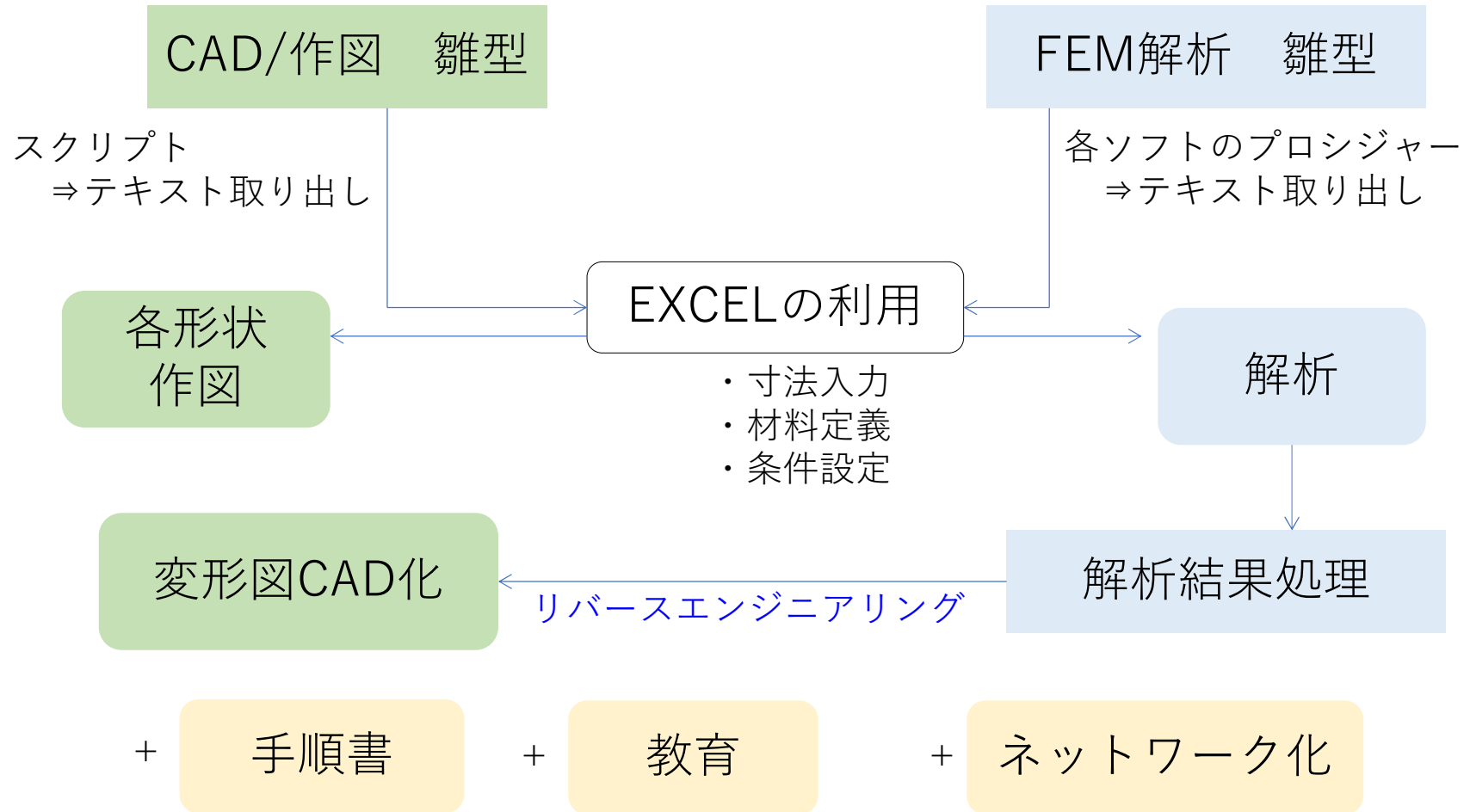
コマンド	ファイル	編集	作成	2	3
コマンド	図面グループ		寸法	2	3
コマンド	子グループ		リボン		
コマンド	基準点同じ		アセット	2	
コマンド			ファイル	2	
コマンド	全て		プロット		
コマンド	圧縮 M		図形編集	2	
コマンド	DMG		ボタ	2	
コマンド	DMF		初期設定	2	
コマンド	VRML		ジオメ	2	
コマンド			属性情報	2	
コマンド	表示使用法		終了		
コマンド	表示編集		終了		
コマンド	デフォルト		全て		
コマンド			確認		
コマンド			削除		
コマンド			取消		
コマンド			編集		
コマンド			取消		
コマンド			終了		
コマンド			下書き削除		
コマンド	旧削除		削除		
コマンド	追加				
コマンド	デフォルト		編集		
コマンド			アセット		
コマンド	関連図	リボン	SD		
コマンド			ネジ部品等		
コマンド	画面操作		画面操作		
コマンド			選択指定		
コマンド	再描画	リボン	表示指定		
コマンド	拡大	リボン	下書き線		
コマンド	縮小	中心	リボン		
コマンド			線種		
コマンド	色		計算		
コマンド	記憶1	再呼出	設定1		
コマンド	記憶2	再呼出	設定2		
コマンド	記憶3	再呼出	設定3		
コマンド	リボン	リボン	リボン		
コマンド	リボン	リボン	リボン		
コマンド	リボン	リボン	リボン		

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

# 趣旨・要旨



設計者・開発担当自身での実務推進

## 自動化の効果と作成のヒント

諸々の検討の為

10～20枚/日 作図

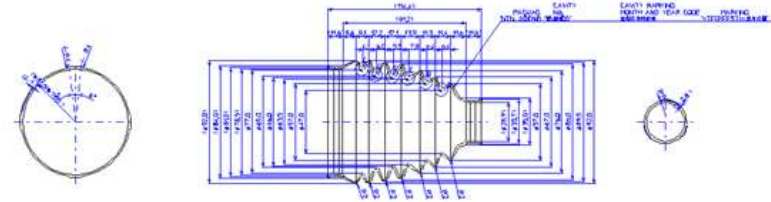
なぜ、必要かは聞き取りから不明

作図工数 30～50分/枚

CAD専任者 寸法なしなら25分

寸法入り含めて、平均30分として

20日 1月300枚 × 12か月 × 15年 (2004年から現在(2015年時点)も継続)  
時給2,000円で 計108,000千円



3形状 (5、6、7山)  
右向き、左向き

なぜか、偶然効果が 煩悩 108

ソフトの制作費用

約500千円 (授業料+懇親会費用)

ソフト6パターンの見積もり  
42,000千円



外注、無理  
自力で造れるか？

# 自力自動作図ソフト、作成のきっかけ

ストレスの軽減は出来ている

見積もりのための打ち合わせ  
(1回のみ)



当時、新しい機能  
アイソパラメトリック機能

※元図を描いて、寸法ピック  
⇒形状変更される



見積もり見て  
⇒外注、無理



バラバラになる  
形状不成立

打ち合わせ時のキーワード、(ソフト作成する予定の方の) たった一言、  
“はじめから寸法入れて描いてしまえば・・・”  
⇒ ?????????????? ⇒ 考える??????

## 2) 解析ソフト

### ABAQUS

- ・リプレイファイル
- ・マクロファイル
- ・・・に下記のように保存される

```
# -*- coding: mbcs -*-
#
# ABAQUS/CAE Version 6.6-1 replay file
# Internal Version: 2006_03_22-16.31.34 69548
# Run by TN179 on Thu Oct 19 14:14:05 2006
#
# from driverUtils import executeOnCaeGraphicsStartup
# executeOnCaeGraphicsStartup()
# "onCaeGraphicsStartup()" を site ディレクトリで実行中...
from abaqus import *
from abaqusConstants import *
session.Viewport(name='Viewport: 1', origin=(0.0, 0.0), width=193.4375,
height=153.75)
session.viewports['Viewport: 1'].makeCurrent()
session.viewports['Viewport: 1'].maximize()
from caeModules import *
from driverUtils import executeOnCaeStartup
executeOnCaeStartup()
s = mdb.models['Model-1'].ConstrainedSketch(name='__profile__',
sheetSize=200.0)
g, v, d, c = s.geometry, s.vertices, s.dimensions, s.constraints
s.setPrimaryObject(option=STANDALONE)
s.rectangle(point1=(0.0, 0.0), point2=(-35.0, 25.0))
s.EllipseByCenterPerimeter(center=(15.0101594924927, -7.5406494140625),
axisPoint1=(-15.8638210296631, 6.40243864059448), axisPoint2=(
-12.7337398529053, -9.24796676635742))
s.Line(point1=(-26.8191051483154, 12.5203237533569), point2=(-30.0, -5.0))
s.Line(point1=(-30.0, -5.0), point2=(-15.1524391174316, -12.2357711791992))
s.Line(point1=(-15.1524391174316, -12.2357711791992), point2=(0.0, 0.0))
s.Line(point1=(0.0, 0.0), point2=(-12.1126748154641, 15.0))
s.PerpendicularConstraint(entity1=g[10], entity2=g[11])
s.Line(point1=(-12.1126748154641, 15.0), point2=(-23.1199169158936,
19.7764205932617))
s.Line(point1=(-23.1199169158936, 19.7764205932617), point2=(-35.0,
15.223575592041))
s.CoincidentConstraint(entity1=v[12], entity2=g[4])
s.Line(point1=(-35.0, 15.223575592041), point2=(-42.8963394165039,
1.84959352016449))
s.Line(point1=(-42.8963394165039, 1.84959352016449), point2=(-5.33536672592163,
25.0))
```

ANSYS、ADINAも同様/サポートに確認して使用

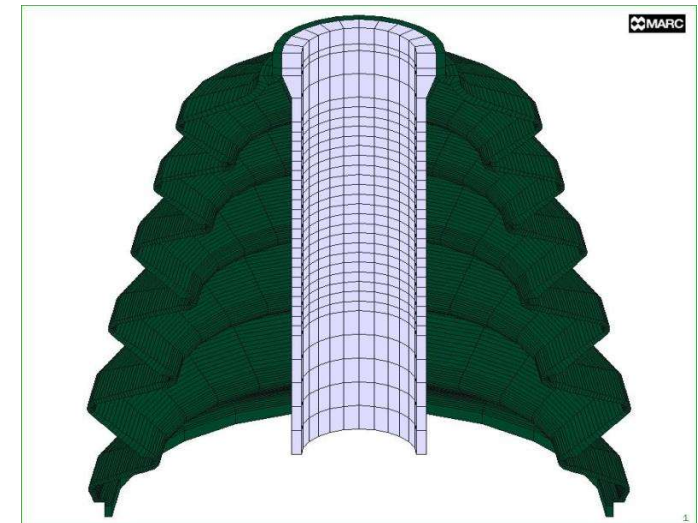
### MARCの解析設定概要

```
revolve180deg.proc
```

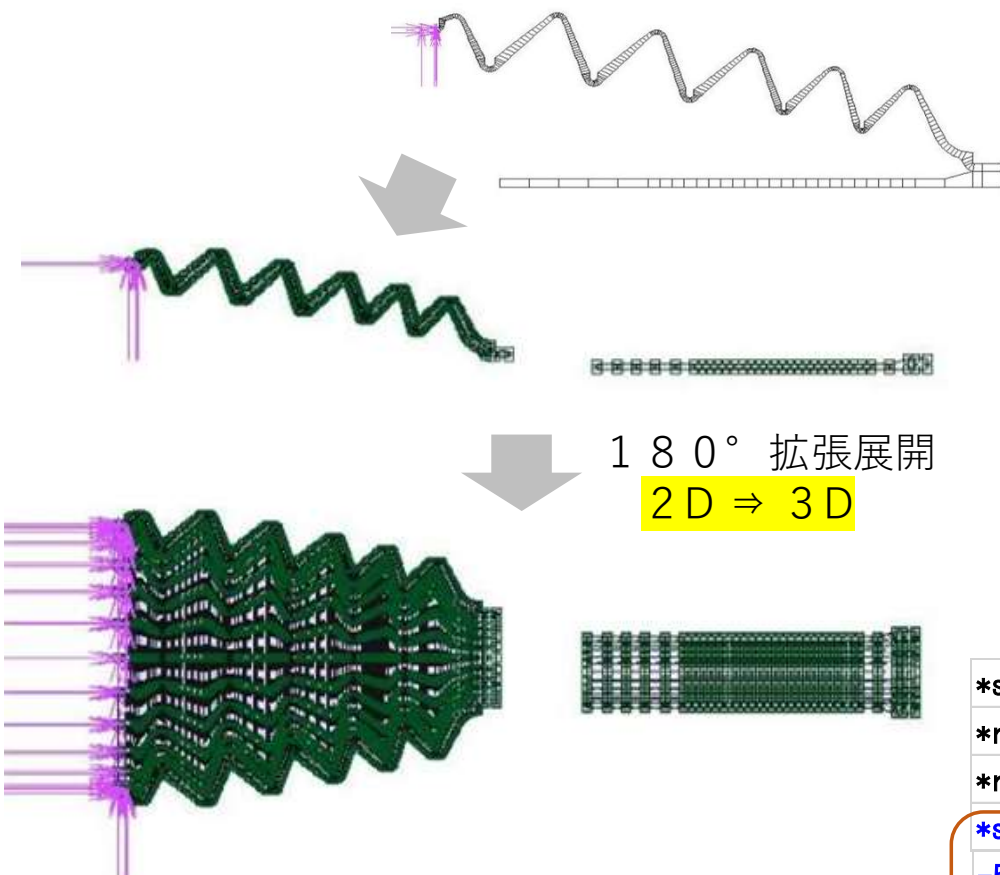
```
| Version : MENTAT2005
```

```
*reset_view
*fill_view
*set_sweep_tolerance
0.01
*sweep_all
*remove_unused_nodes
*remove_unused_points
*set_expand_rotations
-5 0 0
*set_expand_repetitions
36
*expand_elements
all_existing
*fill_view
*sweep_all
*remove_unused_nodes
*select_sets
out
*duplicate_reset
*set_duplicate_translations
400 0 0
```

### 解析モデル作成プロシジャ







180° 拡張展開  
2D ⇒ 3D

```

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

```

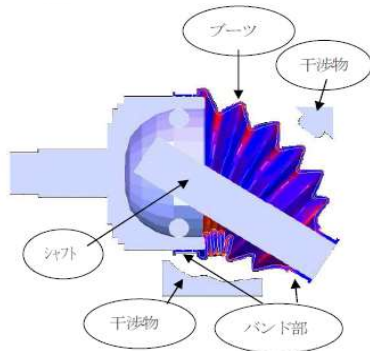
別シートで入力・計算 ⇒ 参照

180° 拡張 / 2D ⇒ 3D		
X軸回り	Y軸回り	Z軸回り
-5	0	0
° 毎拡張 (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		

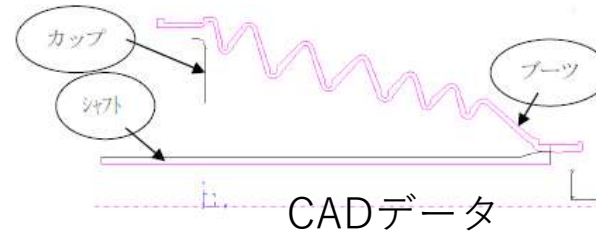
計算 = 180 / 上の角度(-5)

# 開発者解析

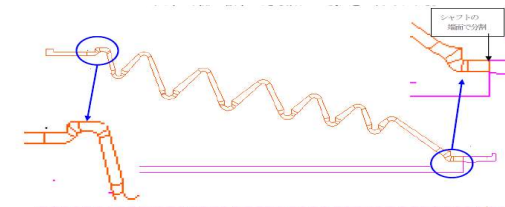
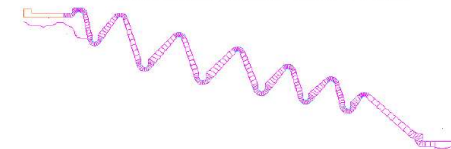
効率化、自動化支援



このような干渉チェックも簡単に開発者が実施できます。



要素分割の実施 (Meshing)  
 先に分割を行った面に、要素分割数を定義後、実際に分割を実施する。  
**Meshing Task** → **Define** にて、分割数定義 (次ページ分割数指示参照)  
 DEFINEを行う場合、**ALL**ではなく矩形で囲う方が必要以上に選択せずに済である。  
 → **Generate** → 面を選択  
 DEFINEを行う場合、**ALL**ではなく矩形で囲う方が必要以上に選択せずに済である。  
 → **Done**  
 要素分割の例は、次のようになる。 詳細は次ページとなる。

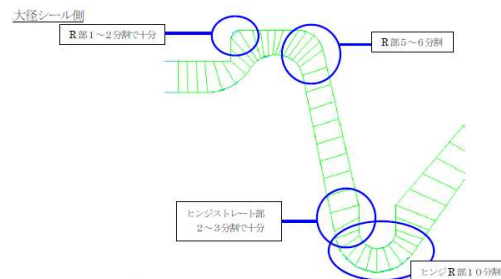
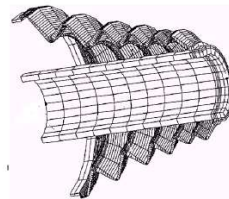


## F 面対称条件の設定

③の (A) のZ=0条件部 (カット面) に設定。  
 プログラム終了後、この条件が設定できる位置にモデルが置かれている。

```
BOUNDARY_CONDITION
-MECHANICAL
-FIXED_DISPLACEMENT
-NODE · ADD
-Enter_node_list : 1/2 断面の
NODE を全て選択する。
```

(覚書ファイル `exj30-2.mud` 保存)



# 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。**

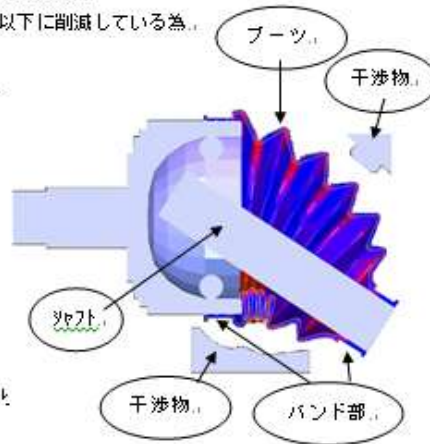
応力値を見るためには、分割数を適正にする為、2Dモデルでの分割数と周方向の分割数を、変更する必要がある。

##### 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。

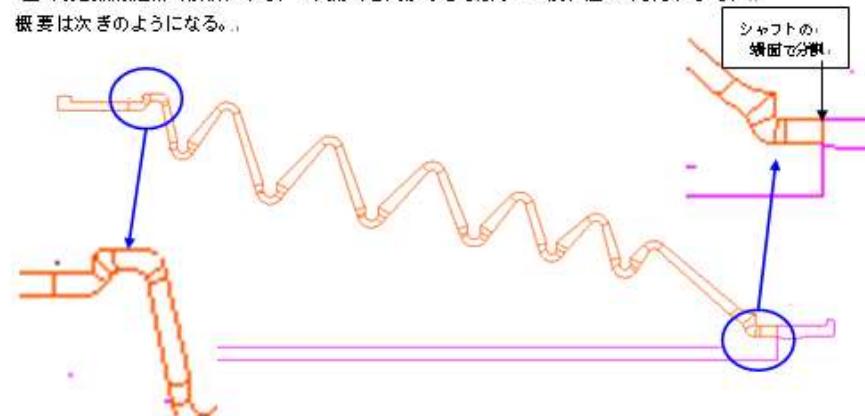


要素分割の為の面分割を行う。

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。

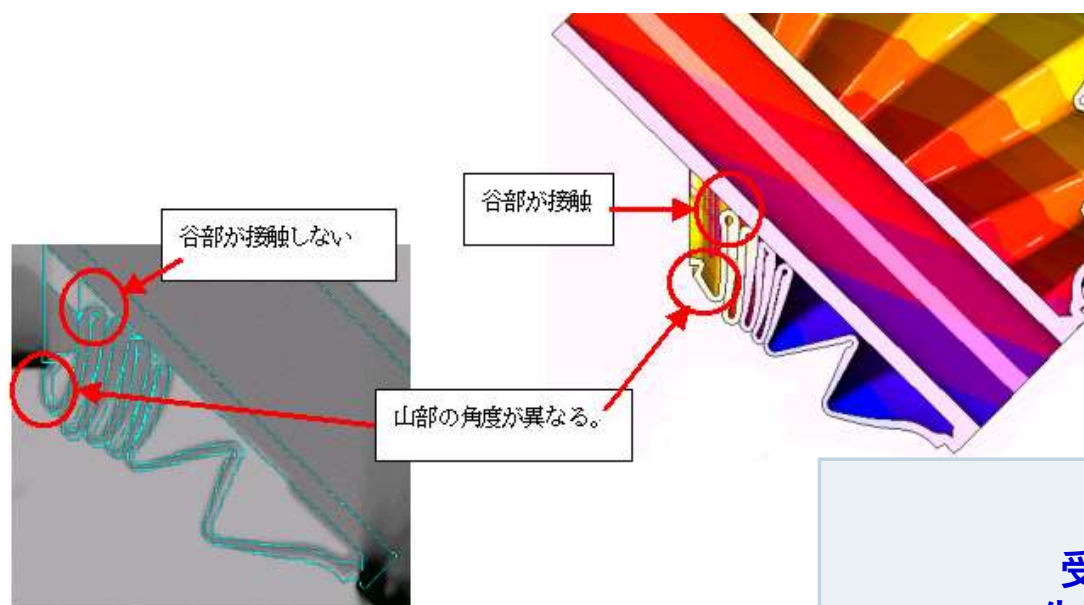
概要は次のようになる。



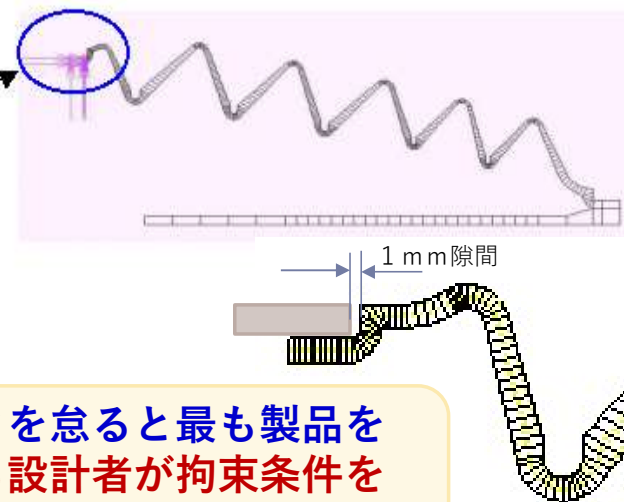
# 設計者解析の失敗事例と利点

マネージメント、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。



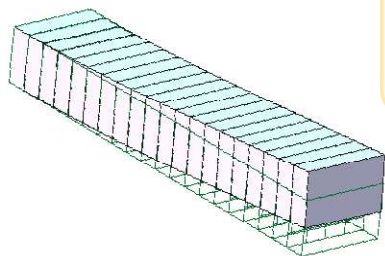
チェックを怠ると最も製品を良く知る設計者が拘束条件を間違える

### 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。

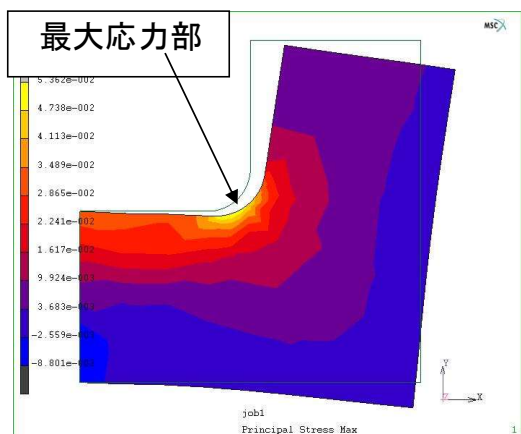
# システム選定に関する注意点とV&V、ソフトの一般的な癖について

## 1. 梁の変形、固有値解析/適切剛性



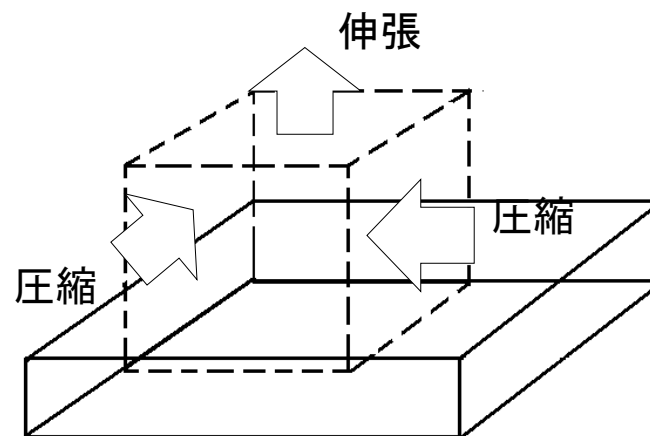
デフォルト（初期設定）で  
正解が得られない事

## 2. フィレット部の正しい応力



## 3. 与えた摩擦が効いているか

変形時に手計算できる（1要素）ひずみ



## 4. ひずみエネルギー密度関数、ネオフックで確認

**意地悪問題とV&Vは必ず必要  
(理論解が出力されるか、導入前に確認)**

## 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？

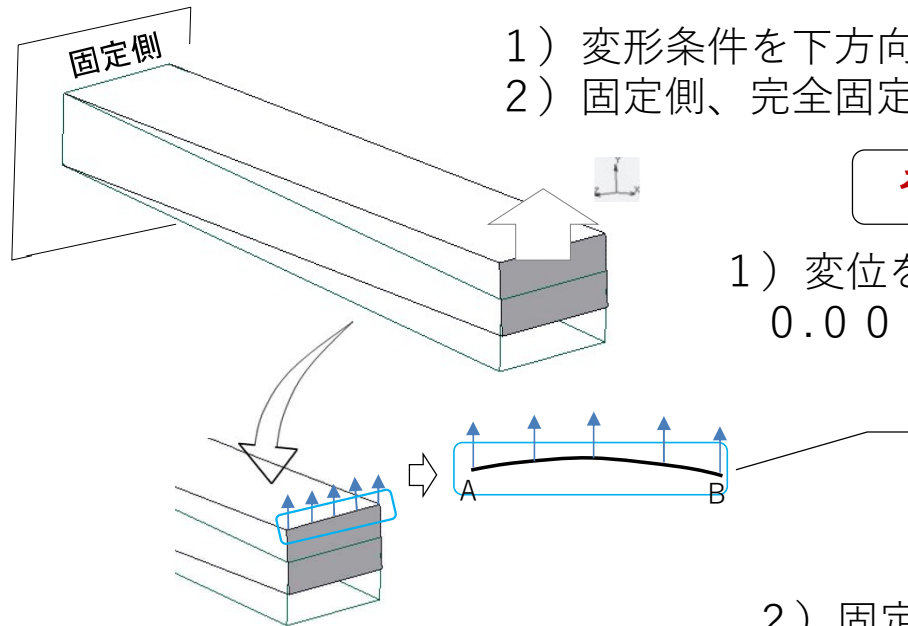
それは本当に正しい条件ですか？

- 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。**

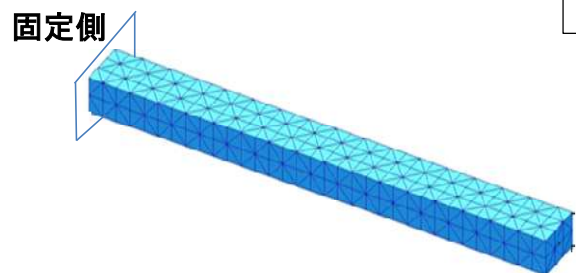
一定の変位にはならないものを  
変位拘束で解析すると大きな誤差が出ます。

- 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？

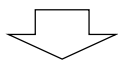
モデルやソフトの癖も存在します。



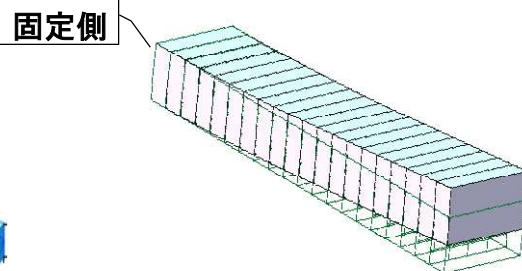
## 変位・固定条件の違い



テトラ（4面体）1次要素では  
正解が得られないことは周知のこと。



テトラ（4面体）2次要素は  
正解が得られるモデルです。



では、ヘキサ（6面体）要素で  
正解は得られますか？

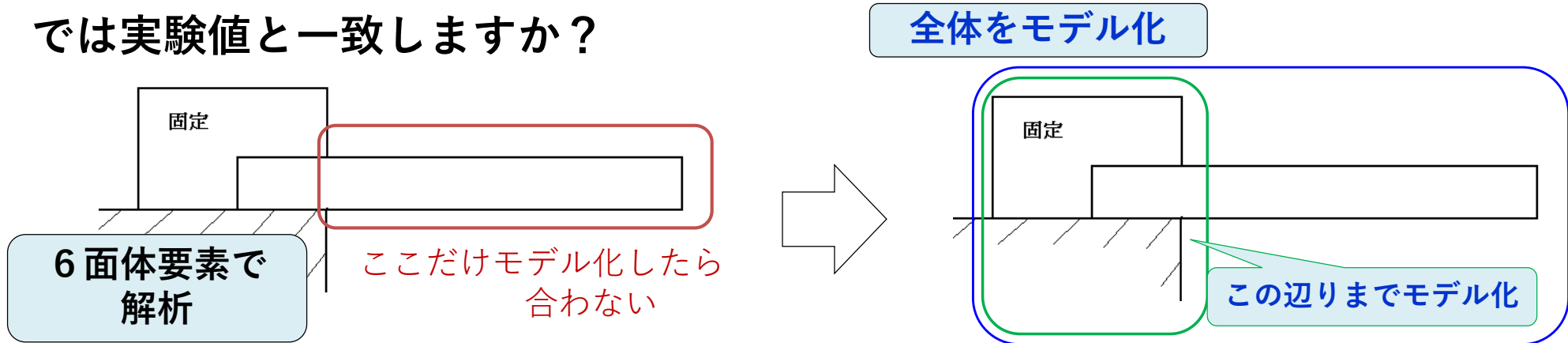
ソフトに癖があるので、

残念ながら  
デフォルトの条件では正解は得られません。

次ページ以降、参考資料を示す。

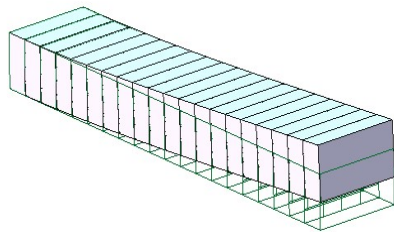
## もっとも単純な梁の変形・固有値解析

では実験値と一致しますか？

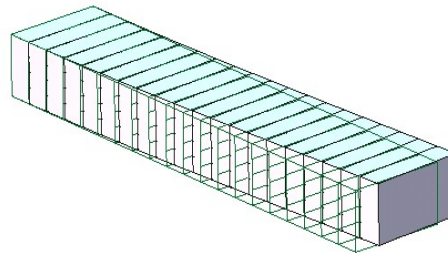


金属の完全拘束はありえない

縦曲げ1次



横曲げ1次



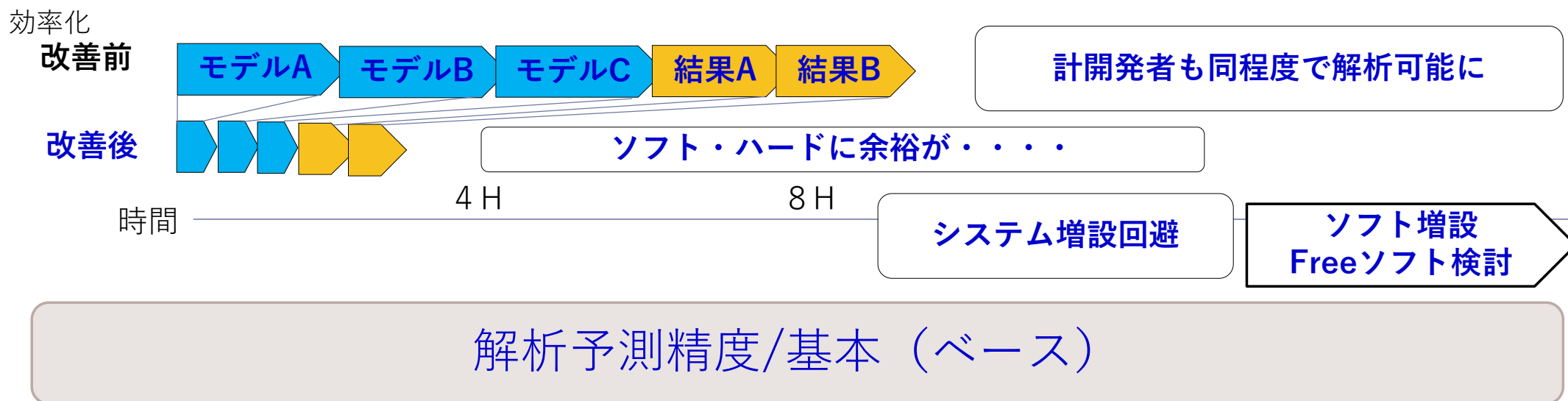
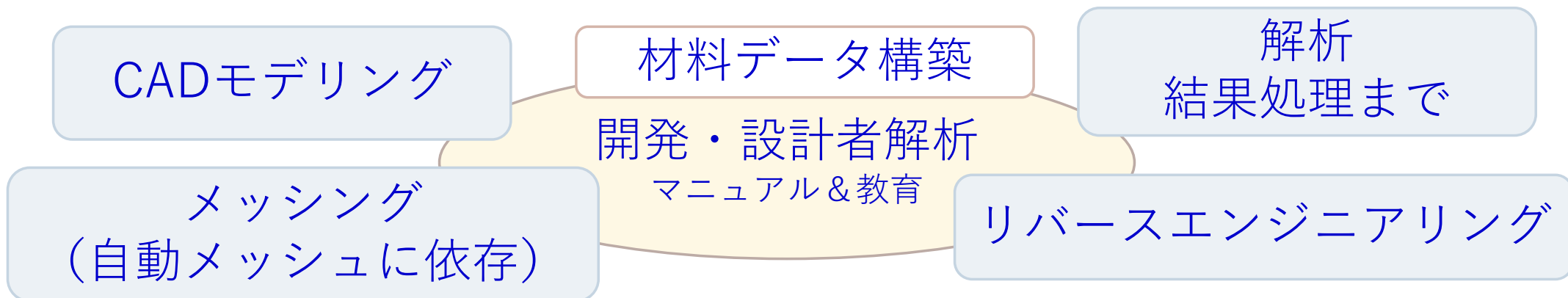
固有値解析もSI系で  
ton/m<sup>3</sup>などの回答得たことは？

正しくは

$N \cdot \text{sec}^2 / \text{mm}^4$



## コスト 効率運用のまとめ

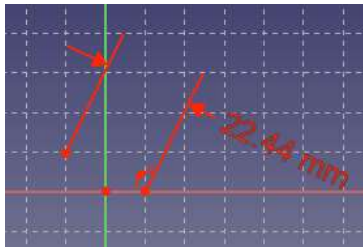


## マクロの中身

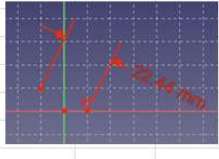
ファイル名.FCMacro というファイルが作成される。

(前ページ例)

```
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.Point(App.Vector(-10.057069,9.796331,0)))
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.Point(App.Vector(10.131569,-0.111745,0)))
App.ActiveDocument.Sketch.addConstraint(Sketcher.Constraint('PointOnObject',1,1,-1))
App.ActiveDocument.Sketch.addConstraint(Sketcher.Constraint('Distance',0,1,1,1,22.439902))
App.ActiveDocument.Sketch.setDatum(1,App.Units.Quantity('22.440000 mm'))
# Macro End: C:\Users\kaien\Desktop\FreeCAD\ブーツライ1\点と寸法(距離).FCMacro
+++++
```



### 自動描画の方法/作図コントロール

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

この数値（寸法）部分をEXCELの別セルを使って入力を反映 ⇒ テキストで書き出し ⇒ MACROとしてテキストファイル実行

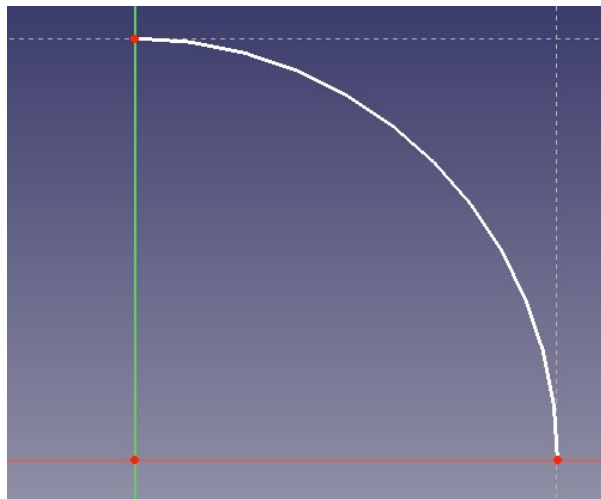
詳細後述

```
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\¥kaiken¥Desktop¥aa.FCMacro
```

半径      始点角      終点角

円弧の作成

中心座標

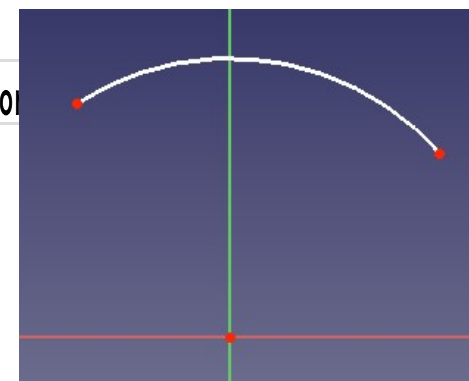


中心座標 (mm)	始点角 (deg)	終点角 (deg)
x	0	45
y	0	
z	0	半径(mm) 15

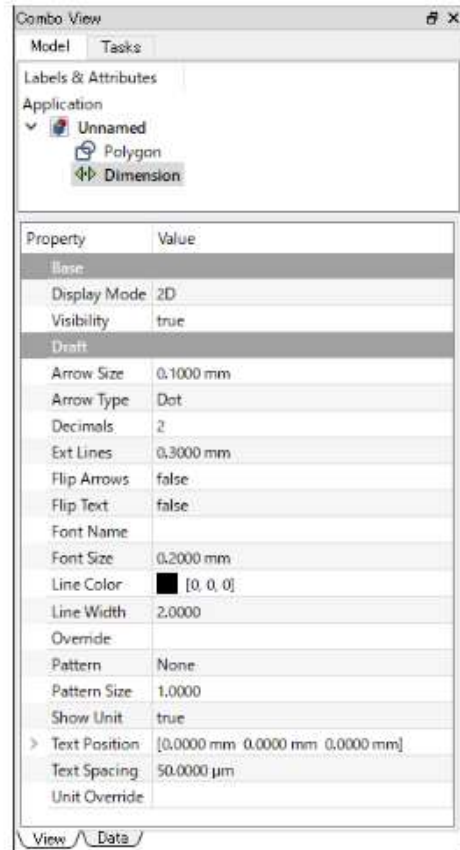
```
App.ActiveDocument.Sketch.addGeometry(Part.ArcOfCircle(Part.Circle(App.Vector(
0, 0, 0),App.Vector(
0,0,1), 15 ), 0.785, 2.093),False)
```

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

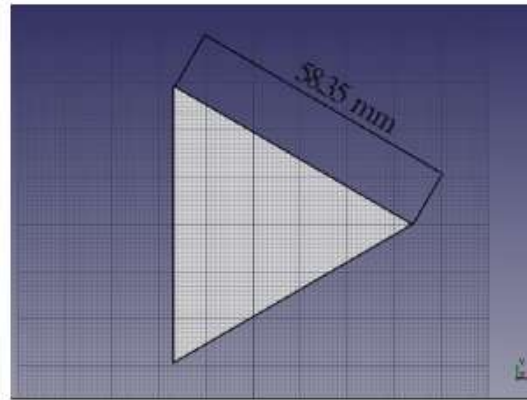
EXCELシートをいくつか経由して入力  
⇒ 反映、マクロの実行



# 寸法記入の別法 点の座標と寸法位置指定




ビュー・タブ



寸法線の表示の調整

通常に作図  
⇒ 寸法表示

寸法記入位置：指定して  
[https://www.xsim.info/articles/FreeCAD/tools/Draft\\_Dimension.html](https://www.xsim.info/articles/FreeCAD/tools/Draft_Dimension.html)

1. 寸法線の作成  を実行するとコンボビューのタスクタブに寸法線作成用のダイアログが表示されます。



各種CAD の操作方法に依存

## 効率化施策

### 1) CADの自動化

実用面で考えると、

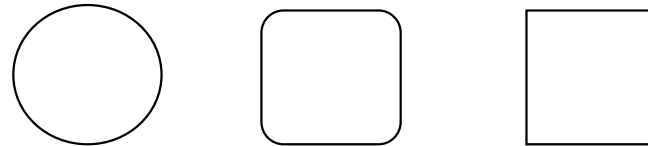
- ・製品群毎
- ・影響の大きいところから

⇒ 如何にまとめるかがカギとなる。

類似ですよ

半径 = 正方形の1辺の長さ / 2 ⇒ 円

フィレットRの大きさをゼロにすれば ⇒ 正方形



CAD言語の理解から設計検討資料とのリンクで自動化可能。

- ・費用対効果
  - ・画面を観察すること
- ⇒ スクリプトから見える

EXCELと組み合わせて作成できる  
⇒ 寸法計算も

## 結果処理、グラフ作成なども

```
| Created by Marc Mentat 2013.0.0 (64bit)
*prog_option compatibility:prog_version:ment2013
*prog_analysis_class structural
*prog_use_current_job on
|
@push(results) *post_open
  "D:\data\ogawa\FEM\ogawa-tmep\2017-0325\plate.t16"
*fill_view
*set_history_locations
  n:403
# | End of List
*history_collect 0 99999999 1
*history_add_var
Displacement Y
Reaction Force Y
*history_fit
*history_write D:\data\ogawa\FEM\ogawa-tmep\2017-0325\his.x yes
*quit yes
| Appended by Marc Mentat 2013.0.0 (64bit)
*prog_option compatibility:prog_version:ment2013
*prog_analysis_class structural
*prog_use_current_job on
|
```

ファイルを開く

節点指定

データ読み込み

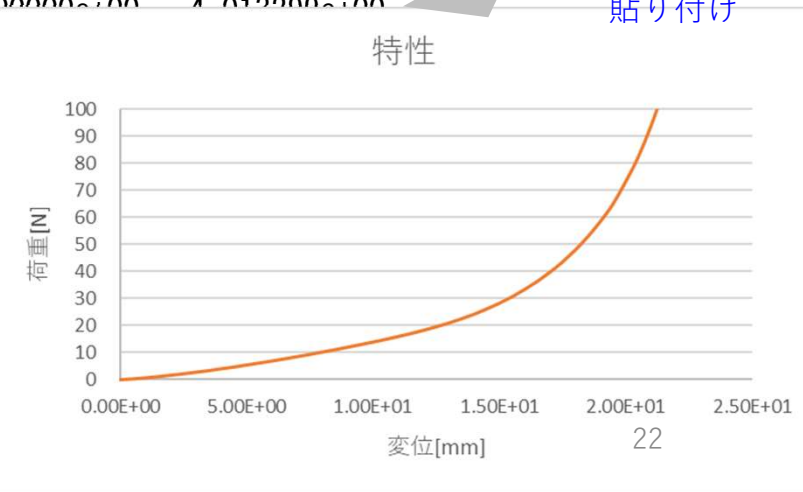


抽出データ  
HISTORY PLOT  
job1

Curve 1  
X : Time  
Y : Force Y cbody2

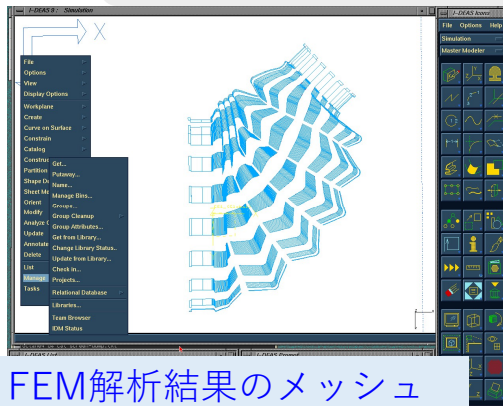
X	Y
0.000000e+00	0.000000e+00
5.000000e-01	3.125988e-01
1.000000e+00	7.131120e-01
1.500000e+00	1.163022e+00
2.000000e+00	1.677310e+00
2.500000e+00	2.187279e+00
3.000000e+00	2.780530e+00
3.500000e+00	3.342587e+00
4.000000e+00	4.012200e+00
4.5	
5.0	
5.5	
6.0	
6.5	
7.0	
7.5	
8.0	
8.5	
9.0	
9.5	
1.0	

ひな型グラフへ  
貼り付け

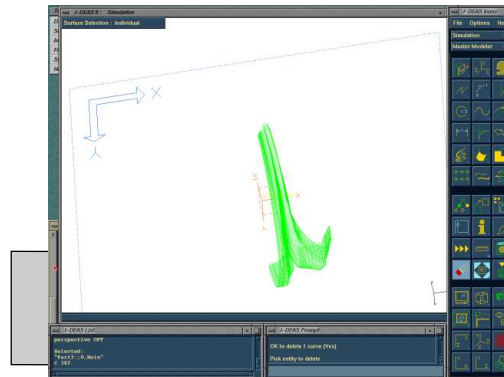


# リバースエンジニアリング：等速ジョイントブーツ

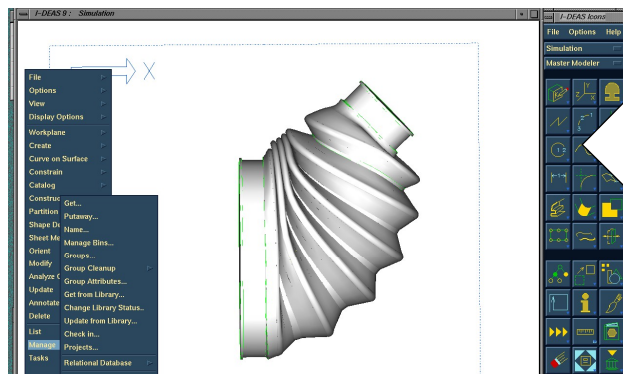
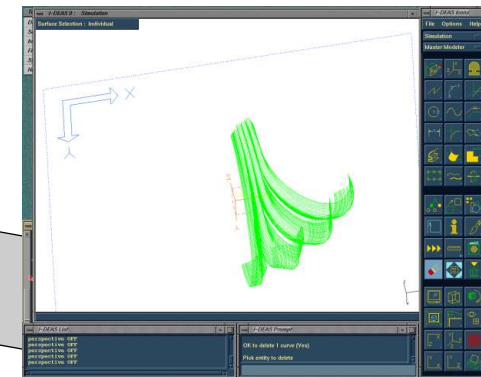
## 解析結果から3D-CAD作成の自動化



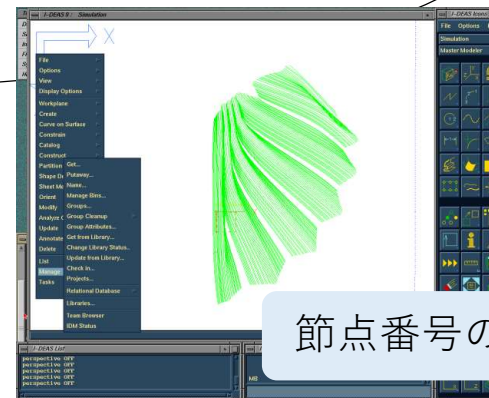
FEM解析結果のメッシュ



自動スプライン

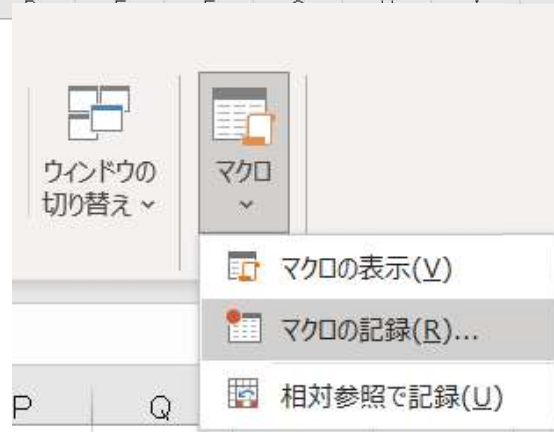
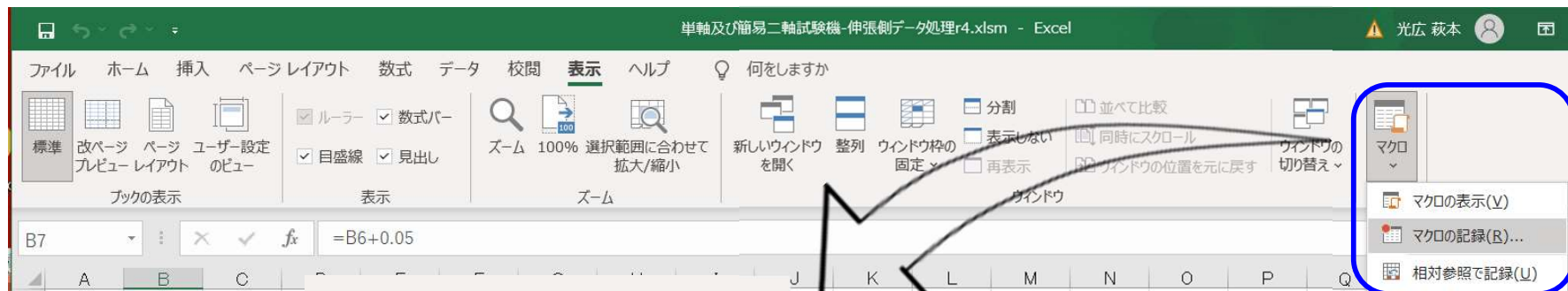


表面にサーフェスを貼り  
10MB程度のモデル



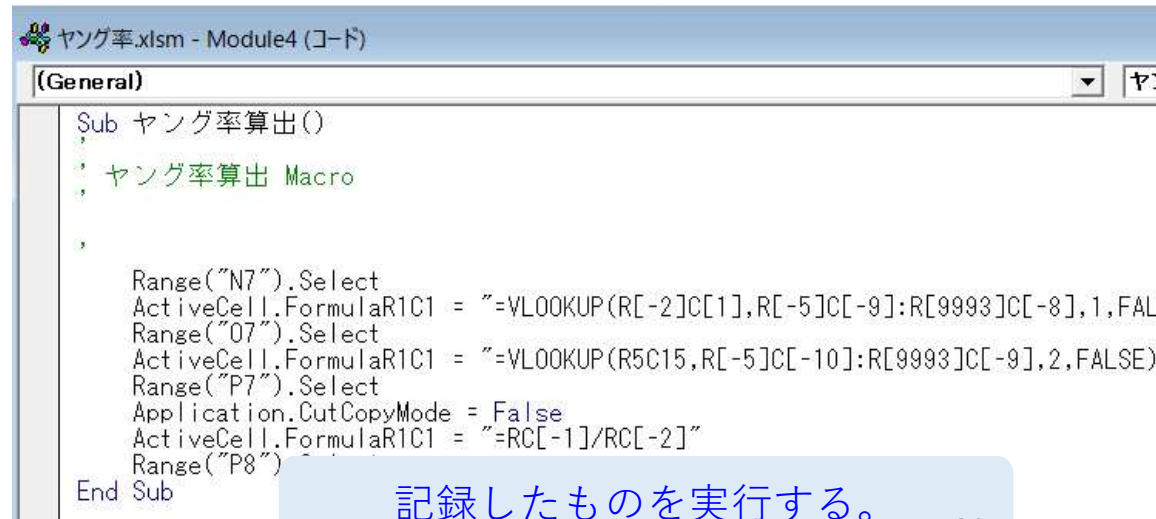
節点番号の付け方が重要

## 基本：マクロの作成方法



操作したものを記録していく

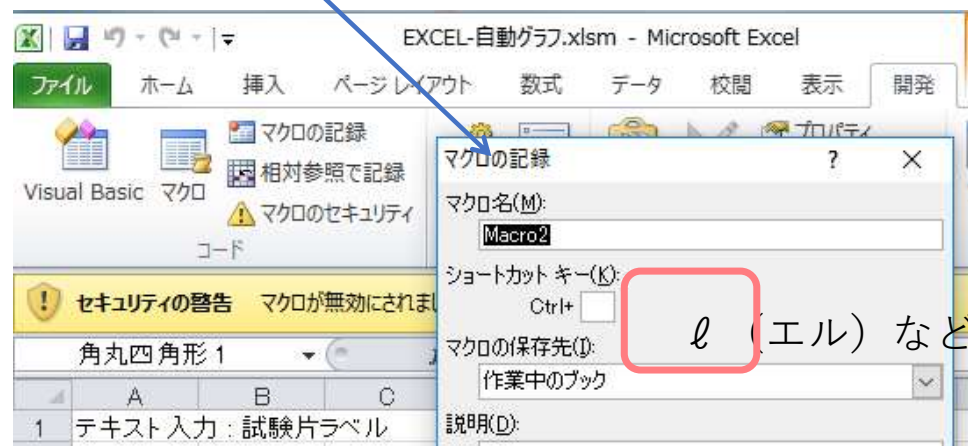
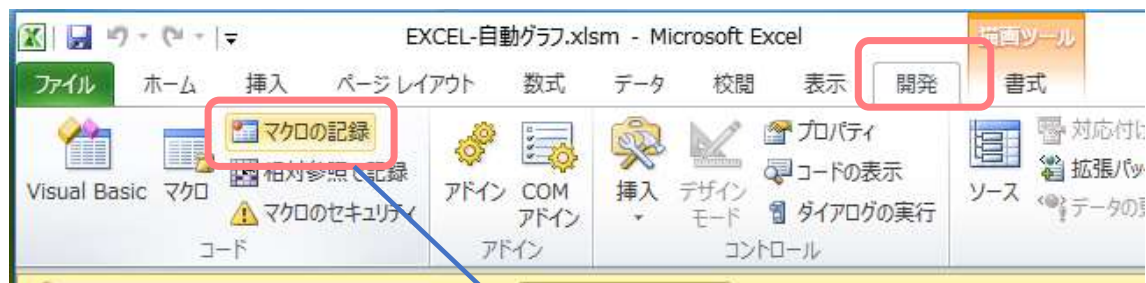
マクロの実行



記録したものを実行する。



登録)



実行) CTR+ℓ でグラフまで1つのブックにコピーしてまとめて置く

VLOOKUP  
LOOKUPなど

## マクロの操作例

### ①基データ (貼り付け)

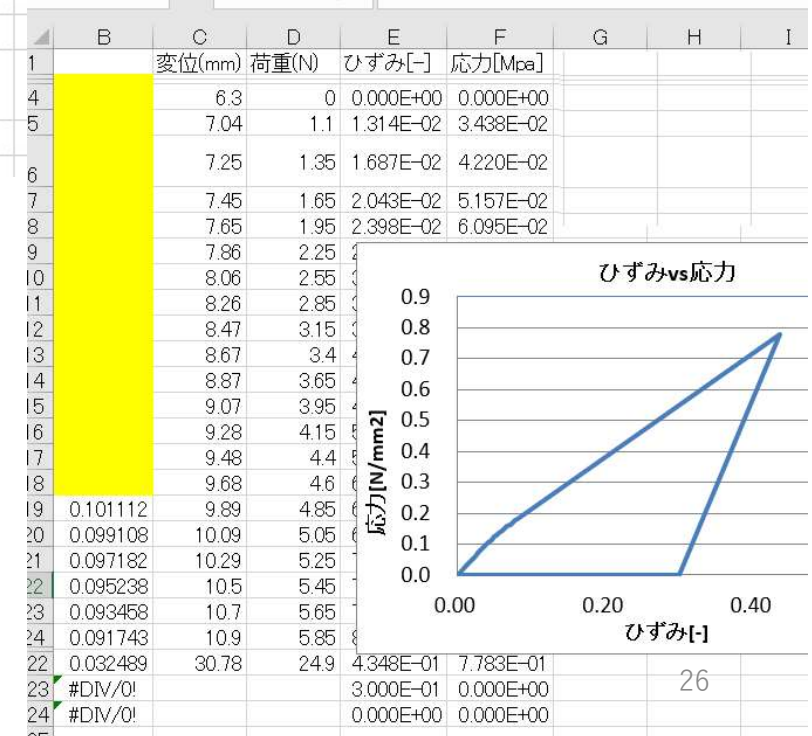
	B	C	D	E	F
1		変位(mm)	荷重(N)		
2					
3					
4		6.3	0		
5		7.04	1.1		
6		7.25	1.35		
7		7.45	1.65		
8		7.65	1.95		

### ②E、F列に式を入力、式をコピーしてデータを完成

E4  $\times$   $\checkmark$   $f_x$   $= (C4 - \$C\$4) / (\$I\$4 + \$C\$4)$

	B	C	D	E	F	G	H
1		変位(mm)	荷重(N)	ひずみ[-]	応力[Mpa]		
2							
3							
4		6.3	0	0.000E+00	0.000E+00		
5		7.04	1.1	1.314E-02	3.438E-02		
6		7.25	1.35	1.687E-02	4.220E-02		
7		7.45	1.65	2.043E-02	5.157E-02		
8		7.65	1.95	2.398E-02	6.095E-02		

### ③グラフの作成



### ④エラー行

Sub エラー行削除()

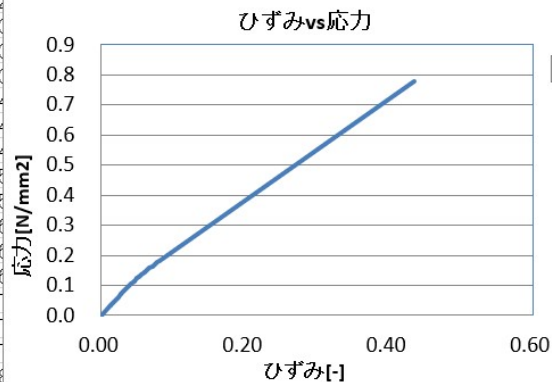
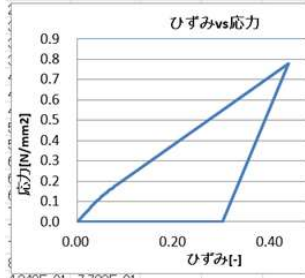
On Error Resume Next '←念のため

```
Range("A1").CurrentRegion.SpecialCells(xlCellTypeFormulas,  
xlErrors).EntireRow.ClearContents
```

End Sub

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		変位(mm)	荷重(N)	ひずみ[-]	応力[Mpa]				
1									
4		6.3	0	0.000E+00	0.000E+00				
5		7.04	1.1	1.314E-02	3.438E-02				
6		7.25	1.35	1.687E-02	4.220E-02				
7		7.45	1.65	2.043E-02	5.157E-02				
8		7.65	1.95	2.398E-02	6.095E-02				
9		7.86	2.25						
10		8.06	2.55						
11		8.26	2.85						
12		8.47	3.15						
13		8.67	3.4						
14		8.87	3.65						
15		9.07	3.95						
16		9.28	4.15						
17		9.48	4.4						
18		9.68	4.6						
19	0.101112	9.89	4.85						
20	0.099108	10.09	5.05						
21	0.097182	10.29	5.25						
22	0.095238	10.5	5.45						
23	0.093458	10.7	5.65						
24	0.091743	10.9	5.85						
22	0.032469	30.78	24.9	4.348E-01	7.783E-01				

グラフが整い不要データが消える  
マクロ実行



1) ひな型を作成して貼り付ける。  
2) これらの記録を実行する、  
これにより貼り付けから一連のデータ整理可能

ひな型作成 ⇒ ヤング率作成マクロ  
(記録の実行)

Sub ヤング率算出()

' ヤング率算出 Macro

```

Range("N7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP(R[-2]C[1],R[-5]C[-9]:R[9993]C[-8],1,TRUE)"
Range("O7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP(R5C15,R[-5]C[-10]:R[9993]C[-9],2,TRUE)"
Range("P7").Select
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=RC[-1]/RC[-2]"
Range("P8").Select
End Sub

```

マクロで"不要行削除"を実行すると

元データ貼り付けシートにデータ貼り付け (A-H行)

式に"="を入れて式完成

短冊 ※サンプルより短冊推奨

# 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

1	経過時間	変位	荷重
2	(sec)	(mm)	(N)
3	0	-0.00016	0
4	0.002	-0.00016	0.00053
5	0.004	-0.00016	0.0019
6	0.054	0.02368	0.00522
7	0.104	0.07548	0.00277
8	0.154	0.1223	-0.00614
9	0.204	0.16554	0.01487
10	0.254	0.20775	0.01835
11	0.304	0.2497	0.02104
12	0.354	0.29143	0.01538
13	0.404	0.33316	0.01302
14	0.454	0.37479	0.01438
15	0.504	0.41652	0.02025
16	0.554	0.4582	0.01952
17	0.604	0.49987	0.01885
18	0.654	0.54155	0.01725
19	0.704	0.58318	0.02513
20			
21			

1	経過時間	変位	荷重	ヤング率
2	(sec)	(mm)	(N)	[N/mm <sup>2</sup> ]
3	0	-0.00016	0	1
4	0.404	0.33316	0.01302	1
5	0.904	0.74984	0.03808	1
6	1.404	1.16652	0.35539	1
7	1.904	1.5832	1.09271	1
8	2.404	1.99982	1.79657	1
9	2.904	2.4165	2.45493	1
10	3.404	2.83318	3.06329	1
11	3.904	3.2498	3.60644	1

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3,000分以上の無駄  
/費用対効果 10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

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "★W ひな形EXCEL(最新) ひずみエネルギー密度係数導出.xls". The spreadsheet is divided into several sections:

- Table 1: Test Data** (Columns: 試験片 No.1, 変位)
- Table 2: Material Properties** (Columns: No., λ, μ)
- Table 3: Calculated Coefficients** (Columns: dw/dI1, I1-3, (I1-3)<sup>2</sup>, dw/dI2, I1-3)
- Graph 1:** Energy density (W/mm<sup>3</sup>) vs. Strain (I1-3). The y-axis ranges from 0.00 to 30.00, and the x-axis ranges from 1.00 to 1.50.
- Graph 2:** Energy density (dW/dI1 and dW/dI2) vs. Strain (I1-3). The y-axis ranges from 0.00 to 2.50, and the x-axis ranges from 0.0 to 0.5.

The spreadsheet contains the following text and formulas:

**エネルギー関数**  

$$W = C_{10}(I_1-3) + C_{01}(I_1-3) + C_{11}(I_1-3)(I_1-3) + C_{20}(I_1-3)^2 + C_{30}(I_1-3)^3$$

**I1-3, I2-3で微分**すると、次のようになる。  

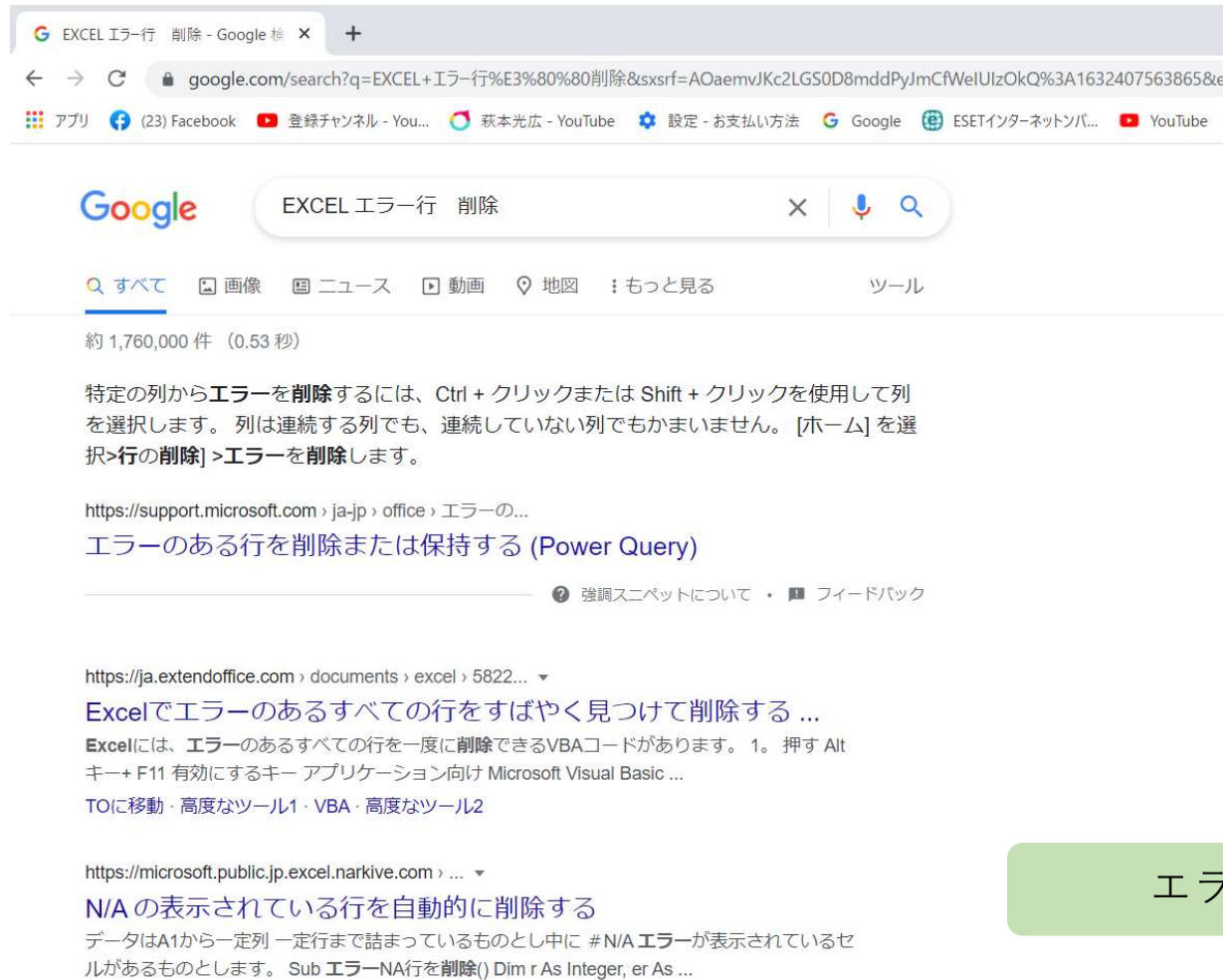
$$dW/dI_1 = C_{10} + C_{11}(I_1-3) + 2C_{20}(I_1-3) + 3C_{30}(I_1-3)^2$$

$$dW/dI_2 = C_{01} + C_{11}(I_1-3)$$

**求める係数**

dW/dI1	I1-3	(I1-3) <sup>2</sup>	求める係数	dW/dI2	I1-3	求める係数
#DIV/0!	0.0000	0.0000	C <sub>10</sub>	#DIV/0!	0.0000	C <sub>01</sub>
1.6537	0.0004	0.0000	C <sub>10</sub> + 2C <sub>20</sub>	0.0041	0.0004	C <sub>11</sub>
1.6740	0.0016	0.0000	C <sub>30</sub>	0.0062	0.0016	
1.6942	0.0035	0.0000		0.0122	0.0035	
1.7143	0.0062	0.0000		0.0163	0.0062	
1.7344	0.0095	0.0001		0.0204	0.0095	
1.7543	0.0136	0.0002		0.0244	0.0136	
1.7742	0.0183	0.0003		0.0285	0.0183	
1.7939	0.0237	0.0006		0.0325	0.0237	
1.8136	0.0298	0.0009		0.0365	0.0298	
1.8331	0.0364	0.0013		0.0406	0.0364	
1.8526	0.0437	0.0019		0.0446	0.0437	
1.8720	0.0516	0.0027		0.0485	0.0516	
1.8913	0.0600	0.0036		0.0525	0.0600	
1.9105	0.0691	0.0048		0.0564	0.0691	
1.9296	0.0786	0.0062		0.0604	0.0786	

## 2) エラー行を削除



The screenshot shows a Google search page for the query "EXCEL エラー行 削除". The search results include:

- 約 1,760,000 件 (0.53 秒)
- 特定の列から**エラー**を**削除**するには、Ctrl + クリックまたは Shift + クリックを使用して列を選択します。列は連続する列でも、連続していない列でもかまいません。[ホーム]を選択>**行の削除**] >**エラー**を**削除**します。
- <https://support.microsoft.com/ja-jp/office/エラーの...>  
**エラーのある行を削除または保持する (Power Query)**
- <https://ja.extendoffice.com/documents/excel/5822...>  
**Excelでエラーのあるすべての行をすばやく見つけて削除する ...**  
Excelには、**エラーのあるすべての行を一度に削除**できるVBAコードがあります。1. 押す Alt キー + F11 有効にするキー アプリケーション向け Microsoft Visual Basic ...  
TOに移動 · 高度なツール1 · VBA · 高度なツール2
- <https://microsoft.public.jp.excel.narkive.com/...>  
**N/A の表示されている行を自動的に削除する**  
データはA1から一定列 一定行まで詰まっているものとし中に #N/A エラーが表示されているセルがあるものとします。 Sub **エラーNA行を削除**() Dim r As Integer, er As ...

エラー行を削除 工夫

<https://microsoft.public.jp.excel.narkive.com> > ...

## N/A の表示されている行を自動的に削除する

データはA1から一定列 一定行まで詰まっているものとし中に #N/A エラーが表示されているものがあります。Sub エラーNA行を削除() Dim r As Integer, er As ...

エラー行を削除 工夫

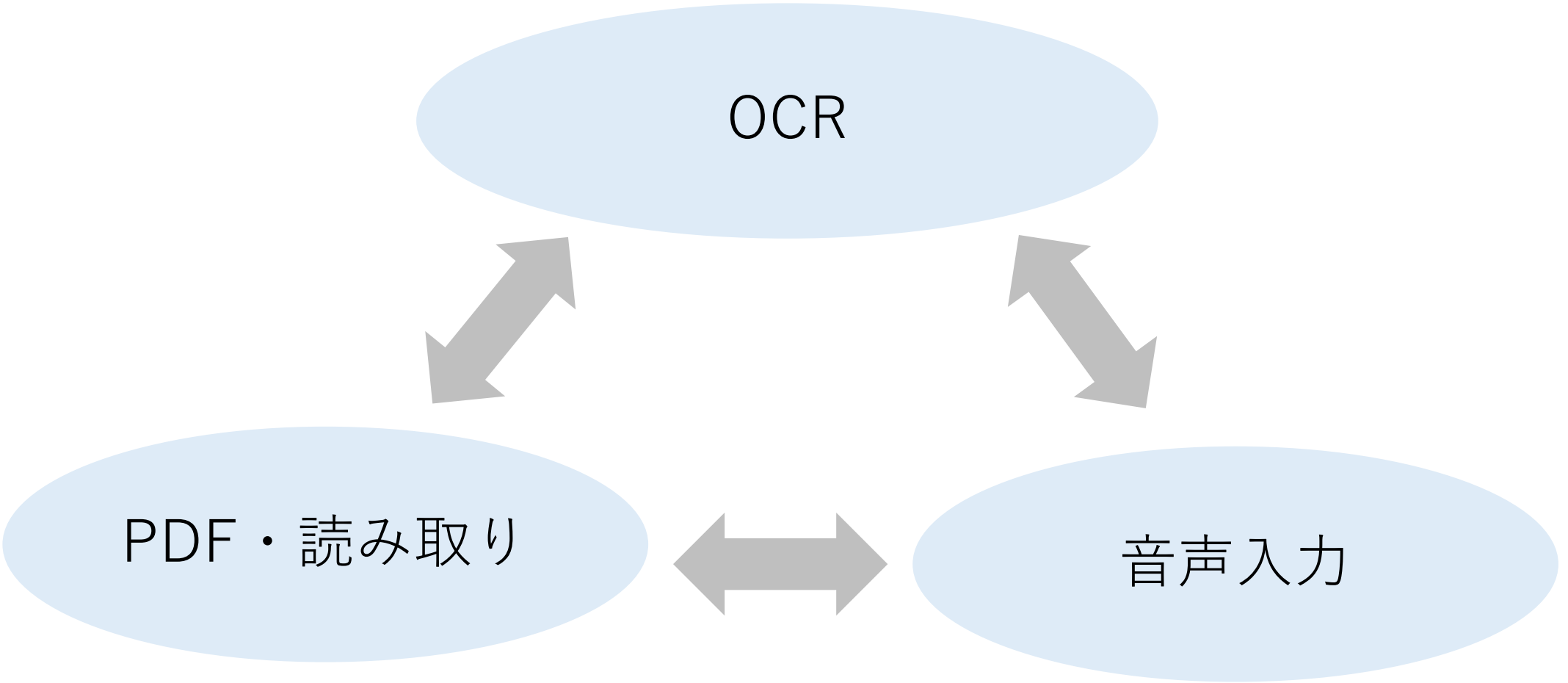
	A	E	C	D	E
1			変位(mm)	荷重(N)	係数
2			0	0	5
3			0	0.25	
4			0	0.5	
5			0.01	0.75	
6			0.02	1	
7			0.02	1.25	
8			0.03	1.5	
9			0.04	1.75	
10			0.05	2	
11			0.06	2.25	
12			0.07	2.5	
13			0.08	2.75	
14			0.09	3	
15			0.1	3.25	
16			0.11	3.5	
17			0.12	3.75	
18			0.13	4	
19			0.14	4.25	
20			0.15	4.5	
21			0.16	4.75	
22			0.17	5	
23			0.18	5.25	
24			0.19	5.5	

507			5.04	126.25	
508			5.05	126	
509			5.06	126.7	
510			5.07	127	
511			5.08	127.25	
512			0	0	
513			0	0	
514			0	0	
515			0	0	
516			0	0	
517			0	0	
518			0	0	
519			0	0	
520			0	0	
521			0	0	
522			0	0	
523			0	0	

1) 基のデータにゼロを入力する

2) 隣の列に割り算  
⇒N/A エラー行

工夫してエラー行を作成など・・・







1) 音声読み上げ

解析用  
ひずみエネルギー密度関数表現の真実



アニメーション設定で!



2) 音声認識

3) OCR など

デジタル化したものをコピー & ペーストで利用

# 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

## ゴムの解析を中心としたお手伝い

導入初期の早期実用化・技術者の育成

解析に使用する材料データの定義・無料診断

受託試験から同定  
お客様自身の測定から定義お手伝い

解析予測精度の向上

課題解決のお手伝い

解析の効率化

CAD(作図)、FEM解析の自動化

講習会の開催/もの創りコラボ様と・・・

定期講習会・オンサイト講習会・若手技術者の教育

書籍発刊による解析技術の一般化と教育資料、FEM解析の普及推進  
寺子屋ホームページにて、お困りごと相談への無料回答

# 解析のお手伝い

構造解析から振動、流体解析までソフトを問わず、解析のお困りごと お手伝いします。

解析に使用する材料データの定義方法

モデル化の方法

解析予測精度の向上  
課題解決のお手伝い

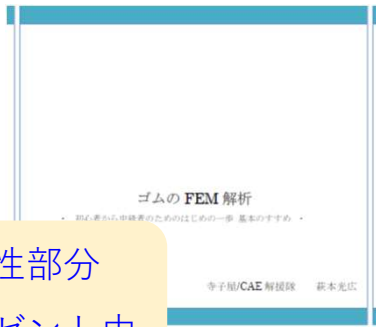
結果の見方

解析の効率化方法

ゴム全般問題解決

寺子屋は自立できるの力を身に付けて頂くため  
ノウハウ・技術力をご提供する会社です。

今回のセミナーにご興味の方  
オンサイト対応させていただきます



第1弾 超弾性部分  
メールにてプレゼント中

現在、メールでの対応はどんなことでも無償対応です。

ノウハウをまとめた書籍を出版しています。

第2弾 12月中旬 ゴムタイムス様より販売予定 (+粘弾性、熱、耐久性)

## 寺子屋/CAE解援隊

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

# 寺子屋 個人事業 ご紹介

## 事業内容

- ・ゴムの超弾性解析を中心とした、材料データ構築から解析方法の情報発信（HPにて）
- ・材料データの受託試験から解析用データの導出  
無償サンプルもご用意しておりますので、お気軽にお申し付けください。
- ・超弾性解析を中心とした、解析の立ち上げ、要員育成、解析の効率化のサポート

## 拠点

群馬県邑楽郡千代田町（館林市、太田市の隣町になります）

代表 萩本光広

経歴 自動車、土木、OA機器他のゴム製品製造業でのCAE部門の立ち上げから  
実用化まで、2社（約30年）勤務、での実績があります。

現在、4社様のサポート並びに受託試験10件以上（本年度実績）の仕事を  
させて頂いております。

CAE解援隊HPにて2008年より情報配信、現在、上記事業にて活動中。

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

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

080-2230-8785

# 私の履歴書



進学校の予定が  
推薦入学で  
オリンピックめざし  
インターハイまで

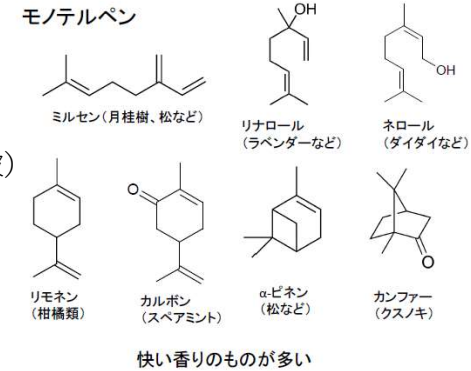
中学 ⇒ 高校

英語勉強せず  
(化学と数学で突破)

ちょっとしたこと  
推薦でなく受験

大学

物理が苦手な化学専攻  
香水の合成



就職

防振ゴムの設計/物理系

1991年～ FEM解析  
主担当・海外研修  
解析マニュアル全て英語

現在

物理系  
FEM解析での仕事

CAE System for CVJ Boot

- Oscillation Analysis: Pressure Interference
- Property Calculation
- Automatically 3D-Modeling Program

Mainly FEM Analysis

英語での講師 2000年ころ  
海外からの研修講師

化学系出身でもこの程度できます。

## 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)

1991年から同志社大学で坂口教授のもとで研究スタート、今も勉強中

ゴムの二軸伸張試験、承ります。 -ゴムの専門家として解析適用までサポートします。-

二軸伸張試験実施 ⇒ひずみエネルギー密度関数(Mooney, Ogden等回帰、係数算出。 25万円～複数割あり

$$W=C10(I1-3)+C01(I2-3)+C11(I1-3)(I2-3)+C20(I2-3)^2+C30(I2-3)^3$$

Ogden定義も可能です。

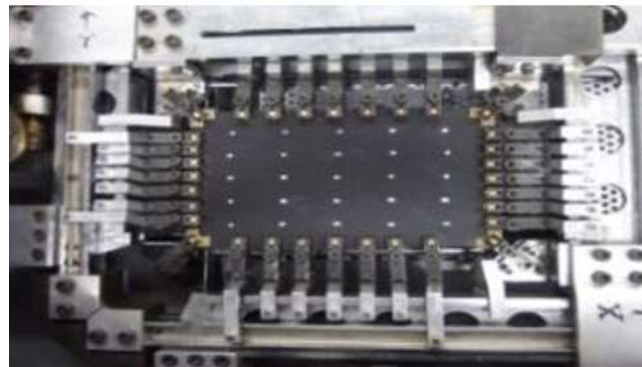


- ・エネルギー関数の真実、注意すべき点
- ・ゴムの解析への適用方法
- ・線形解析での間違いやすい点、その他サポート

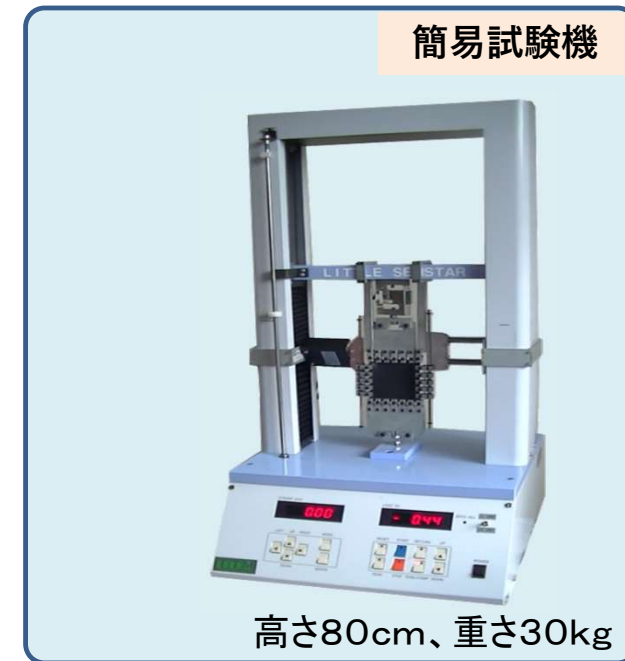
サンプル取付部

二軸試験機  
コントローラ

現地（富山）の二軸試験機



サンプル取り付け部



簡易試験機

高さ80cm、重さ30kg

簡易試験機: 埼玉中心に関東圏で使用修得可能、従来型は富山で修得可能。



## 材料定義をご自身で修得

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。

お問い合わせリンク  
<https://terakoya2018.com/question>

- 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。



〒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)

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

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

080-2230-8785

# 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自動化

解析実習  
1日でMARC習得

ひずみエネルギー密度関数  
サンプル無料プレゼント

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

問い合わせの方 第1弾(超弾性部のみ)ゴムのFEM解析 まもなく完売  
メール: [hagi@terakoya2018.com](mailto:hagi@terakoya2018.com)

初心者のための  
ゴムの有限要素法解析

萩本光広 著

コトカタムス社

## 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@terakoya2013.com](mailto:hagi@terakoya2013.com)

みゆめ

みゆめ

アンビグラム

なみみ