

成功報酬制導入

X/1

Y/1

Z/1

Step1.
材料定義の確認、確率

通常、材料定義時ご請求

打合せ頻度

無理ない範囲ではじめ1回/週、3回目から1回/2週
支払条件：成功報酬制導入 総額：**万円（税別）
初月末半金ご請求書、完了時残金の支払い
※目標未達の場合は、残金は不要です。/失敗しません。

Step2.
解析方法の確認、確率

自動化設定

Step3.
解析予測精度アップのための材料再定義

概ね2か月程度で完了予定です。 確実な精度アップを考えています。
上長への提案のしやすさを考慮して成功報酬制を導入しました。

方向性と課題

解析システム(MARC、ABAQUS等)を導入しましたが、なかなか実用化が難しい。
また、ソフトの導入に向けて実績を先に作り、アピール材料としたい。

現在自社でゴム解析を実施しているが、期待する解析結果が得られていない。



ゴムの解析技術を構築し、設計段階で事前検証ができる体制にしたい。

進め方

Step1. 材料定義の確認、確立

Step2. 解析方法の確認、確立

簡単に定義可能な自動解析システムの構築と活用

Step3. 解析予測精度アップのための材料定義

解析の実用化から予測精度により、開発へのツールとして役立てたい。
サポート費用についても少ない金額でないため、有効活用していきたい。

Step1. 材料定義の確認、確立

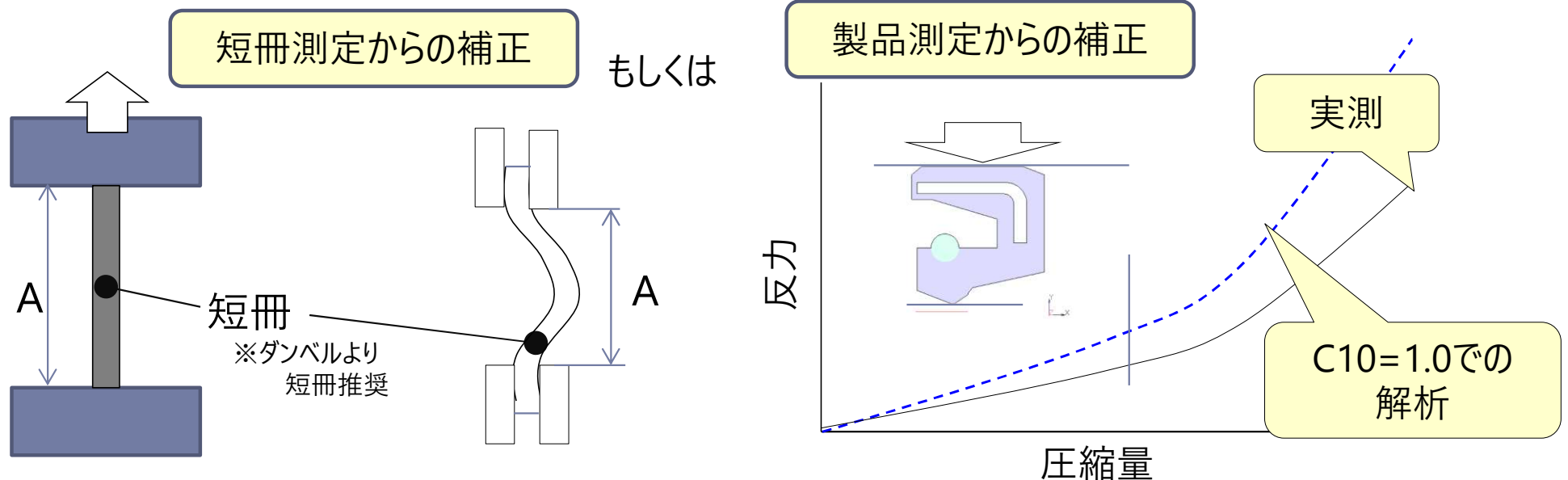
- 現在の材料（M-R式）係数の確認
- 納入先への確認方法含めてサポート（現在進行中）

真のヤング率補正

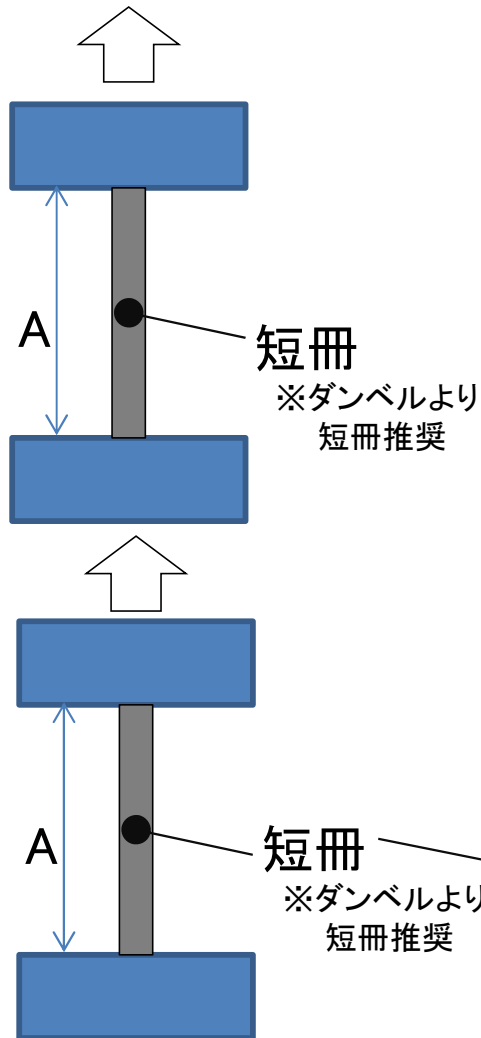
$$E = \sigma / \varepsilon \\ = (C_{10} + C_{01})$$

Mooney-Rivlin式

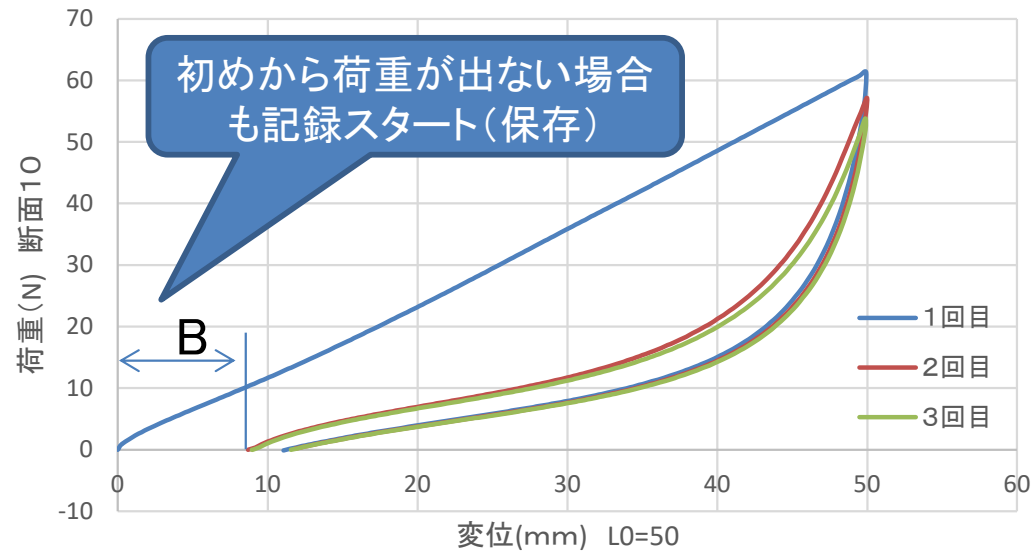
$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3)$$



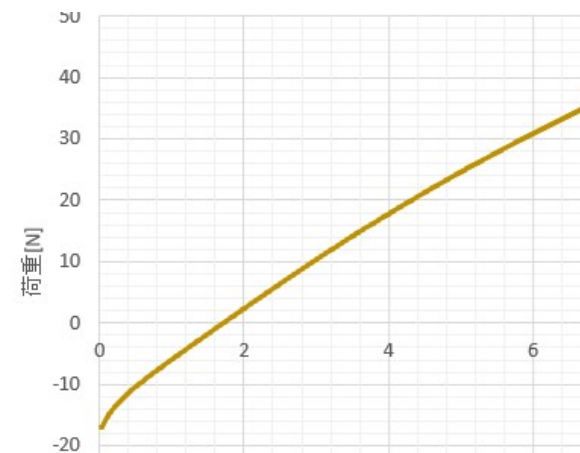
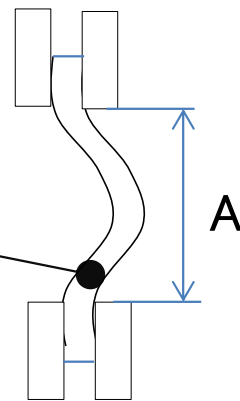
単軸試験でのゴム測定 の 注意点



1-2-3回目単軸実測(約10×1断面)



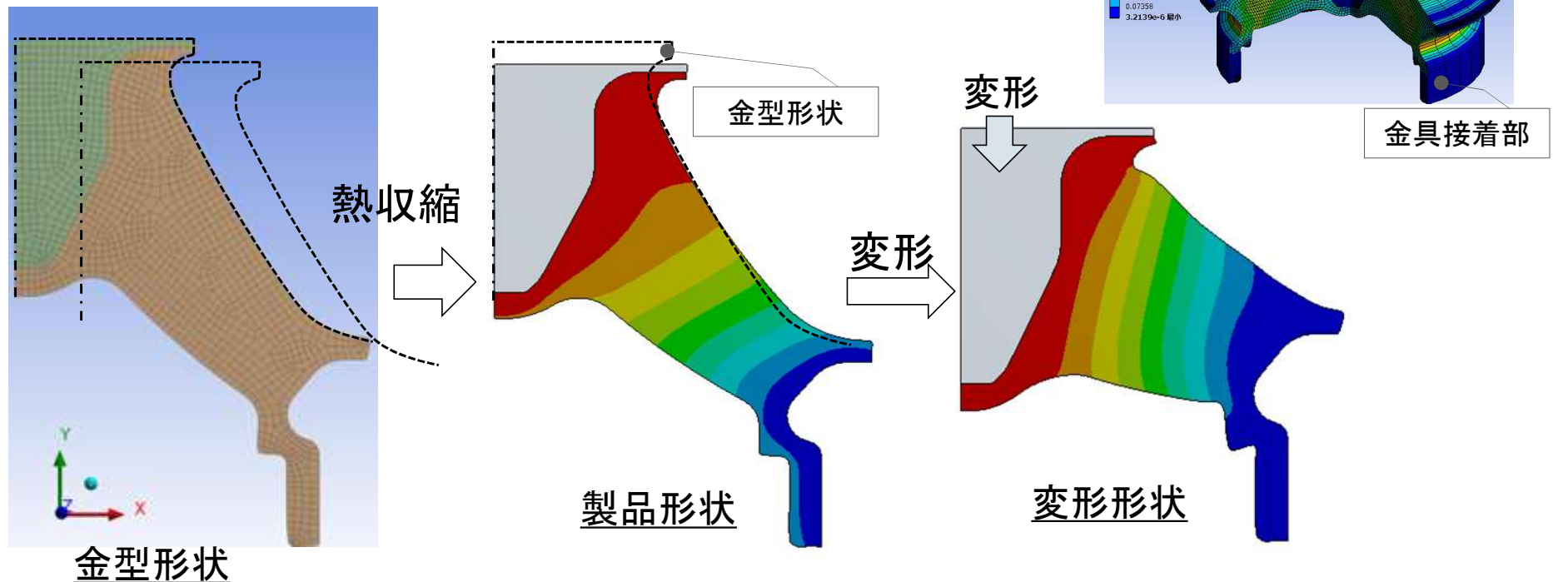
記録
・A
・幅
・厚さ
1/10mm単位



Step2. 解析方法の確認、確立

- 下記の解析モデル及び設定条件を確認し、最適な解析方法を確立します。

- メッシュ
- 解析ステップ
- 接触条件

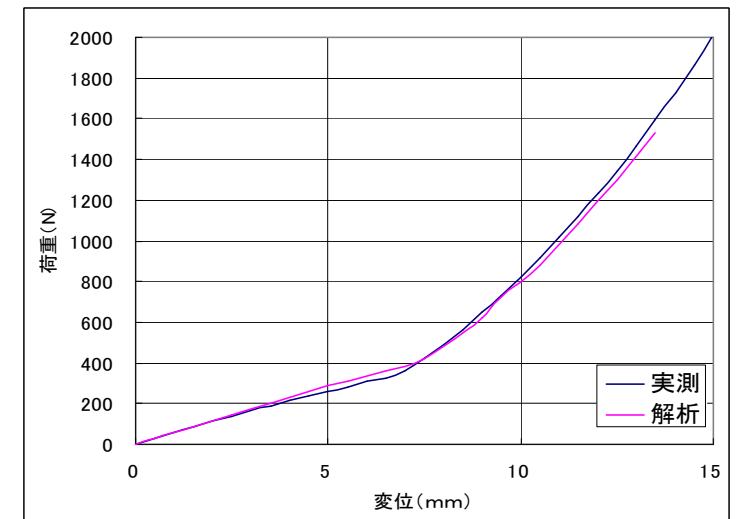
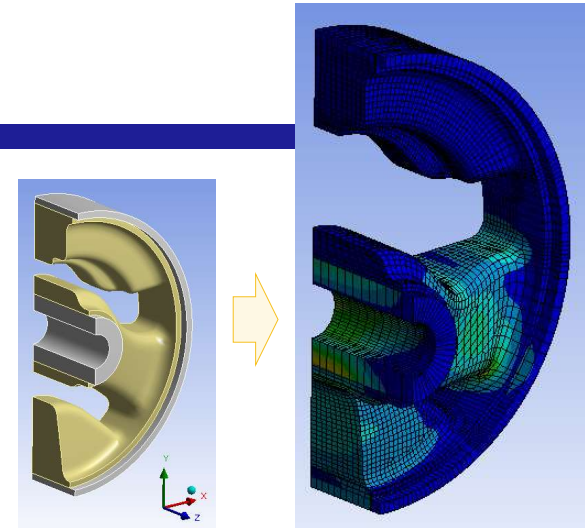
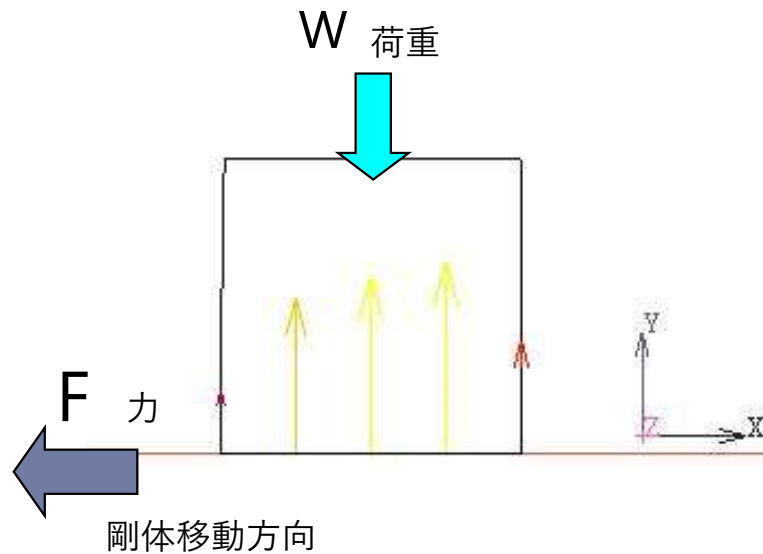


金型形状 ⇒ (熱履歴)熱収縮 ⇒ 変形解析 の手順を守ること、
解析による予測精度を格段に向上させることができます。 *

Step2. 解析方法の確認、確立

■ 摩擦定義、解析の効率的進め方

$F = \mu W$ の確認と摩擦再定義



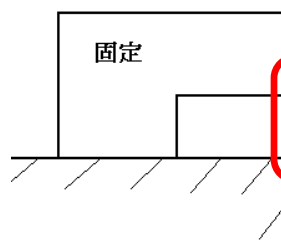
摩擦係数、材料定義、解析方法の確立

こんな物でも解析と実測が合わないものです。
なかなかサポートは合理的な説明をしてくれません。

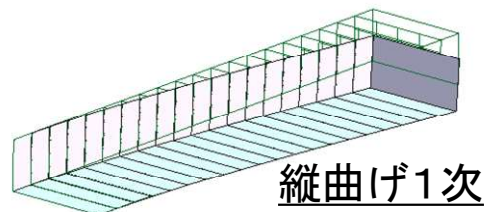
もっとも単純な梁の固有値解析

6面体要素で解析

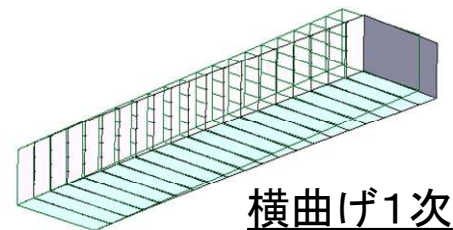
では実験値と一致しますか？



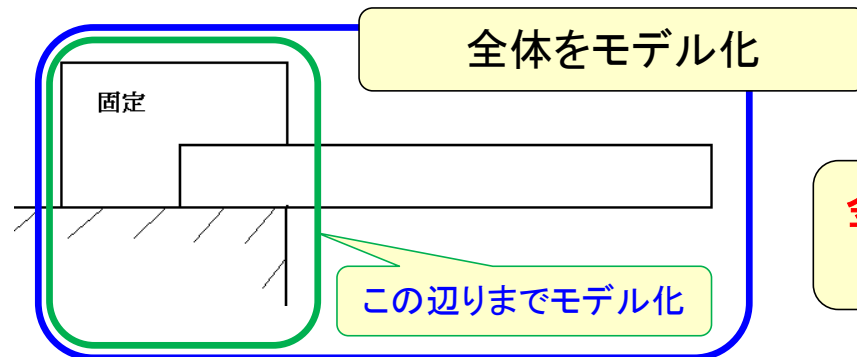
ここだけモデル化したら
合わない



縦曲げ1次



横曲げ1次



全体をモデル化

この辺りまでモデル化

金属の完全拘束は
ありえない

単純なモデルから理論値とのV&V実施、ソフトの特性など確認するとあとで転ばない。

簡単に定義可能な自動解析システムの構築と活用

解析ソフト共通で、自動化が可能です。だれでも簡単設定できます。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1															
2	入力						押し治具の円弧中心				入力				
3	黄色部のみ入力						x	y	z		黄色部のみ入力				
4							-4.8	0	0						
5							直径	9.6							
6							ディスクの形状								
7							直径A	高さh							
8							2.87E+01	1.26E+01							
9							ゴムの分割								
10							厚み	半径	211						
11							10	20	231						
12							材料定義：ひずみエネルギー密度								
13							C10	C01	C11	C20	C30				
14							1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00				
15							押し治具								
16							絶対速度	時間[s]	移動量	摩擦係数					
17							3.00E+00	1	3.00E+00	0.3					
18							解析のステップ								
19								50							
20							全時間								
21								1							

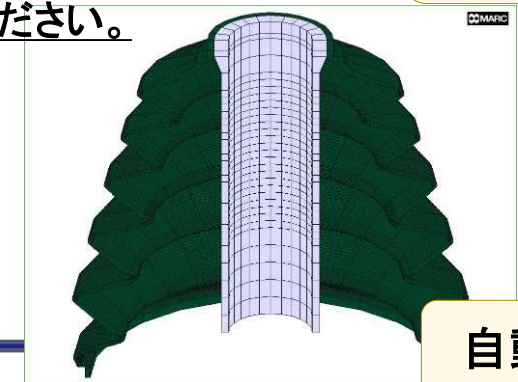
```

1 | Created by Marc Mentat 2018.0.0 GA (64bit)
2 | *prog_option compatibility:prog_version:ment2018
3 | *prog_analysis_class structural
4 | *prog_use_current_job on
5 | *set_default_length_unit millimeter
6 | *set_model_length_unit millimeter
7 |
8 |
9 | *add_curves
10 |   -4.8   0   0
11 |   -4.8  -4.8  0
12 |   -4.8   4.8  0
13 | *add_nodes
14 |   0   0   0
15 | 1.26E+01  0   0
16 | 1.26E+01 1.44E+01  0
17 | 0.00E+00 1.44E+01  0
18 | *add_elements
19 |   1   2   3   4
20 |
21 | *sub_uvwdiv u
22 | 10
23 | *sub_uvwdiv v
24 | 20
25 | *subdivide_elements
26 | 1
27 | *reset_view
28 | *fill_view
29 | *subdivide_reset
30 | *sweep_all
31 | *renumber_nodes
32 | *renumber_elements
33 | *prog_param renumber:direction_x 1
34 | *renumber_nodes_directed
35 | *new_apply *apply_type fixed_displacement
36 | *apply_dof y *apply_dof_value x
37 | 0
38 | *apply_dof y *apply_dof_value y
39 | 0

```

ソフト特有の言語へ変換

ブーツ解析の自動化
スライドショーで見てください。



自動化は簡単です。

このような手順書を作成して、1時間程度の教育を実施で誰でも技術者なら解析化。

3-3 CVJブーツの揺動変形解析

- 内圧負荷及び熱膨張時の設定について -

フローチャート及び解析条件の設定は先に説明した揺動変形に進ずる。

3-3-1 操作の流れ (フローチャート)

《I-DEAS の起動》

モデル作成及び要素分割

ユニバーサルファイルの作成

" FILE_NAME UNV" を作成
《I-DEAS の終了》

《MENTAT の起動》

ユニバーサルファイルの読み込み

(手順) FILES→IMPORT・I-DEAS

モデルの修正: 要素の再分割 (必要に応じて)

条件及び SELECT の設定

プロシジャ (自動プログラム) 実行

(手順) UTIL→PROCEDURE・EXECUTE→
Enter Procedure File Name; bj_press1 proc

内圧負荷条件の設定 ¹⁾

(手順) BoundaryCondition → Mechanical → New
→ FaceLoad → ADD: 負荷する面を選択 (pick the face)

プロシジャ (自動プログラム) 実行 2 ²⁾

(手順) UTIL→PROCEDURE・EXECUTE→
Enter Procedure File Name; bj_press2 proc

拘束条件の追加・調整 ³⁾

解析用及びバックアップファイルの作成

MARC 及び MENTAT 形式の両方のファイルで保存
(手順) FILES→MARC・WRITE→MENTAT→SAVE_AS

《MENTAT の終了》

vi エディタによるファイル調整
サブルーチンの調整

解析の実行: RUN_MARC

要素分割 (Meshing) で
説明済み

[設定方法]

- ① 2次元形状の作成
通常の揺動変形解析と同様、2次元での要素分割を行う。
その後、
・ 拘束条件
・ select (shaftとboot)
の定義を行う (揺動変形と同じ)。

- ② スキップ

- ③ 内圧の負荷 (通常の揺動変形同様、2D で圧力を加える)。
圧力の負荷される部位 (ブーツのみでも可) を与える。
BOUNDARY CONDITION
MECHANICAL
NEW
EDGE LOAD
ADD : 負荷するエッジを選択する。

- ④ (追加)
揺動変形解析同様、剛体 rigid1~3 を線分で定義する。

- ⑤ プロシジャ 1 の実行
UTIL → PROCEDURE
→PROCEDURE_NAME: /disk2/user/cvj04501.proc

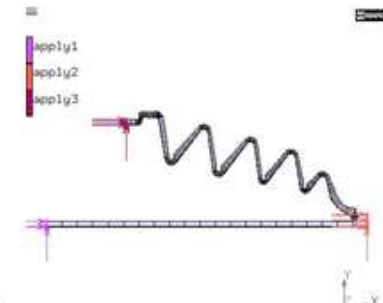
- ⑥ 面内拘束条件 (z=0) を与える。
既に設定されている条件下で
ADD → 節点を選択

ここで、プロシジャ 2 の実行
UTIL → PROCEDURE
→PROCEDURE_NAME: /disk2/user/cvj04502.proc

- ⑦ 余分な拘束の除去: 揺動変形と同じ位置のみの変位拘束とする。
シャフト上下の余分な拘束条件を、REM: 節点リスト として除去する。

- ⑧ ファイルへの書き込みと修正
cat /disk2/user/bj_press とすると以下のリストが表示される。
これらのリストを利用して解析ファイルの修正を行う。

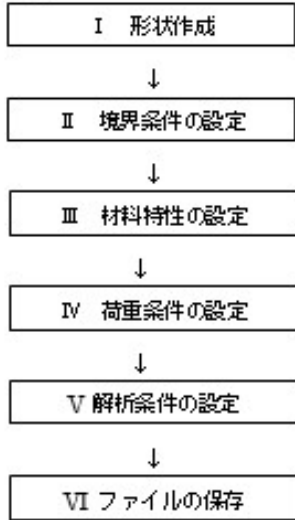
```
print,3,          $$contact area
heat             $befor element list
couple           3e-5,100,1e-4,
follow for       $for rigid
$$parameter card(over)  $ befor difine shape
                 3e-5,100,1e-4,100,
$$isotropic insert to 5th card  $post card
.1,300,          9,
$$insert next card  $$control card 4th
```



御社の製品に沿ったツール開発。

旧MENTATでの解析自習書です。現在のMENTATにも適用可能です。

<Mentat>



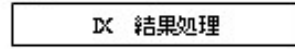
自動選程プログラムの実行でも代用可能である。

注) 材料特性、荷重条件、解析条件の3つの設定について、中CAEでは自動選程プログラムを用意しているがここでは実行方法のみを説明し、実際には実行しない。

<Viエディタ>

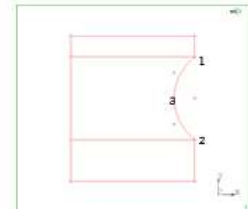


<Mentat>

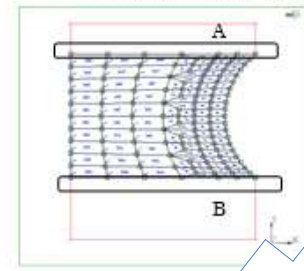


注) 番号はガイドラインの章番号に対応。

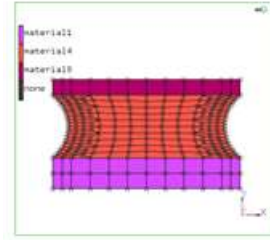
・下図の点1、2、3を通る円弧（カーブ）を作成する。
M / MG
→ CURVS TYPE
→ ARCS - POINT / POINT / POINT
→ CRVS - ADD
→ 1、2、3の順に点を選択



・下図 A、B で示す 4 節点四辺形要素の辺の部分（エッジ）を、2 節点線要素にする。
M / MG
→ CONVERT
→ MESH / MESH - EDGES TO ELEMENTS
→ 上下の辺 A、B を選択して実行



・ゴム部の要素にゴム材料の定数（all 1）を設定する。
注) ゴムの材料特性は、ユーザーサブルーチンを使用する為、ここでは特に定数を設定しない。
M / MP
→ NEW
→ MORE
→ MOONEY
→ C10 C01 C11 C20 C30 にそれぞれ1をキーイン
→ MASS DENSITY
→ 1e-10 キーイン
→ THERMAL EXP.
→ THERMAL EXP. COEF
→ 0.000175 キーイン
→ OK × 2
→ ELEMENT - ADD
→ オレンジ色部分の要素を選択して実行



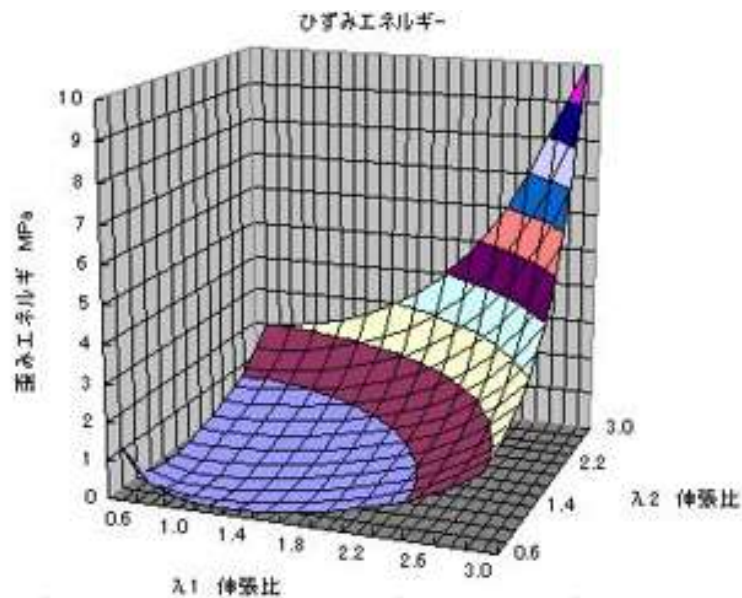
自動化と並行して、各操作が覚えられます。

Step3. 解析予測精度アップのための材料再定義

- 二軸試験、若しくはシート入手困難な場合でもMooney 3次 (Ogden) 材料定義から精度アップ確認

エネルギー定義

$$W(\lambda) = \int \sigma d\lambda$$



一般的な表現としては、

- Mooney高次式

$$W = C_{10} (I_1 - 3) + C_{01} (I_2 - 3) + C_{11} (I_1 - 3) (I_2 - 3) + C_{20} (I_1 - 3)^2 + C_{30} (I_1 - 3)^3$$

- Ogden式

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 1)$$

Step3. 解析予測精度アップのための材料再定義

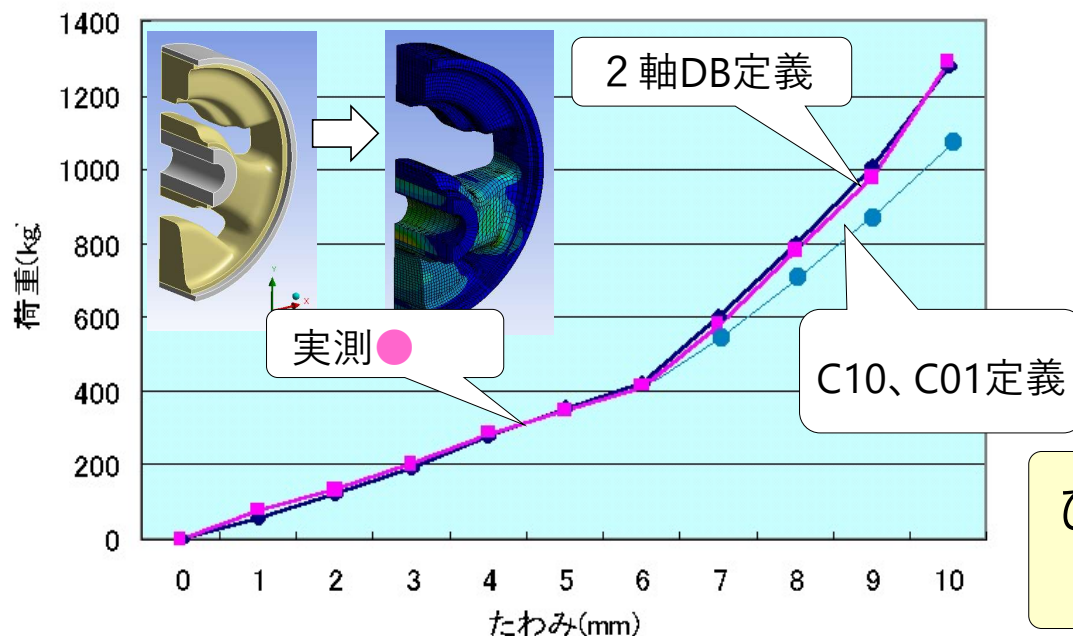
■ ひずみエネルギー密度関数で予測精度アップ

二軸試験からの高次エネルギー表現式

$$\text{Mooney式: } W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{01}(I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{30}(I_1 - 3)^3$$

$$\text{Ogden式: } W = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3)$$

ハの字型マウントの特性予測解析



単純な材料表現

Mooney=Rivlinモデル

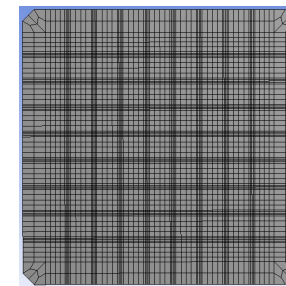
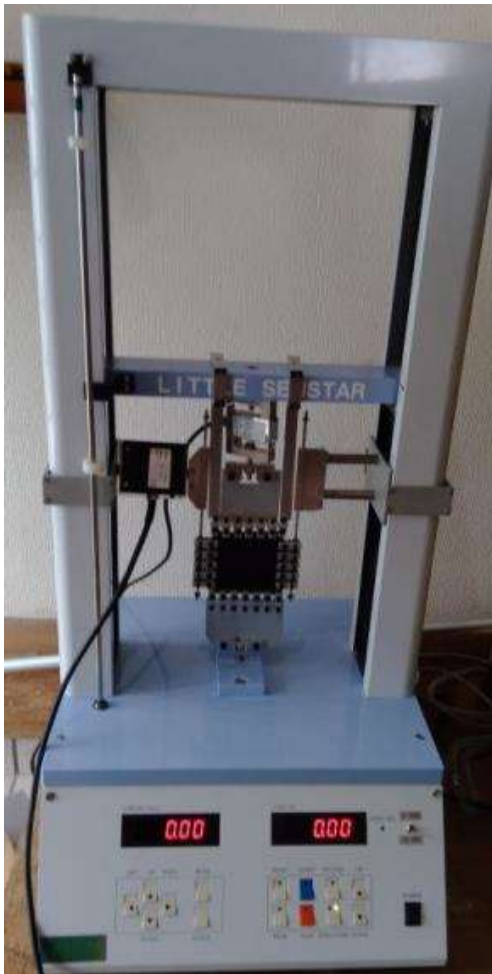
$$W = C_{10}(I_1 - 3)$$

... $C_{10} + C_{01} = E/6$ の関係

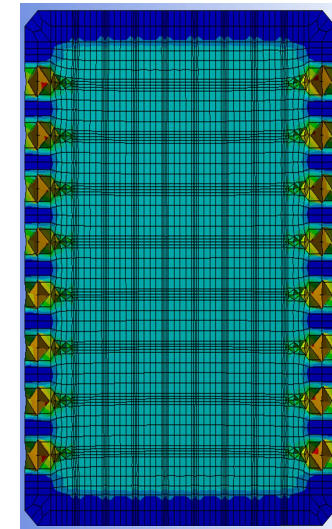
ひずみエネルギー密度関数を定義することで高圧縮時の予測精度が向上します。

Step3. 解析予測精度アップのための材料再定義

■ 二軸伸張試験機



初期形状



変形後形状

- ・二軸試験機で材料試験を実施します
- ・シートが用意できない場合でも、豊富なデータベースから最適な材料物性を定義できます

材料再定義

■ 材料測定

- 二軸引張試験から回帰
 - ▶ Mooney3次係数を算出
 - ▶ 材料数

■ 解析精度確認

- 1) 再定義とのこと全ページでの解析、精度確認
⇒結果を見ながら改善
- 2) モデル全体の再確認を行いながら、修正
目標精度：変形に対する荷重 10%以内