

3 - 3 MENTAT 自習手引書

このガイドラインは、初心者には解析の基本操作になれて頂く為に、構造解析に必要な設定方法を簡単な例題を使って説明したものです。

(尚、ページ番号等は全体の調整をしていないものを挿入しているが、単独の手引書としても使用するため調整しない。)

解析は先ず、Mentat を使って内筒と外筒をゴムで加硫接着したブッシュ形状のモデルを作成し、解析条件をインプットしていきます。

次に、Vi エディタにて解析ファイルを修正します。

その後、MARC の解析を実行します。

最後に、再度 Mentat を使って結果処理を行います。

<Mentat>

形状作成



境界条件の設定



材料特性の設定



荷重条件の設定



V 解析条件の設定



VI ファイルの保存



自動運転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、ΦCAE では自
動運転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> ↓

MARC ファイルの修正



解析の実行

<Mentat> ↓

結果処理

注) 番号はガイドラインの章番号に対応。

解析フロー

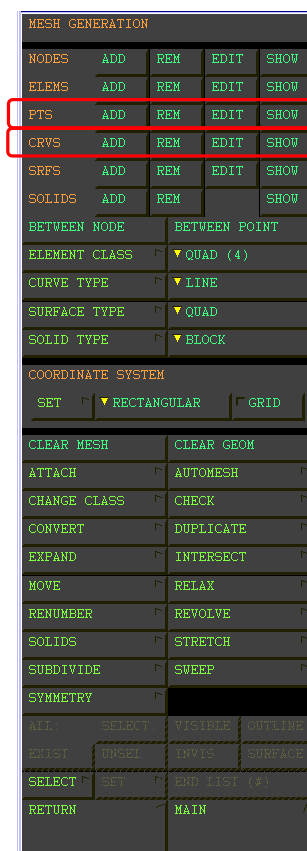
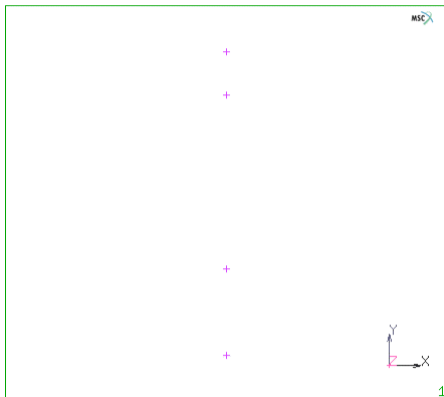
次ページ以降、説明に沿ってその通りの操作で、解析—結果処理まで一連の操作を行う事ができる。

形状作成：Mentat 起動後

- x、y、z 座標値を入力して、点（ポイント）を4つ作成する。

MAIN MANU / MESH GENERATOR (以後、M / MG と表現する。)

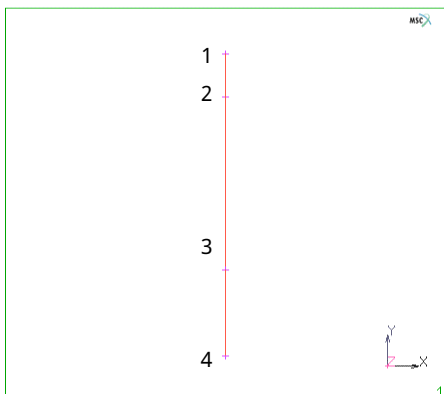
- PTS — ADD
- 0 45 0 キーイン
- 0 40 0 キーイン
- 0 20 0 キーイン
- 0 10 0 キーイン
- FILL



- 作成した4つの点をそれぞれ1本の線（カーブ）で繋ぐ。

M / MG

- CRVS — ADD
- 1と2、2と3、3と4の順に点を選択



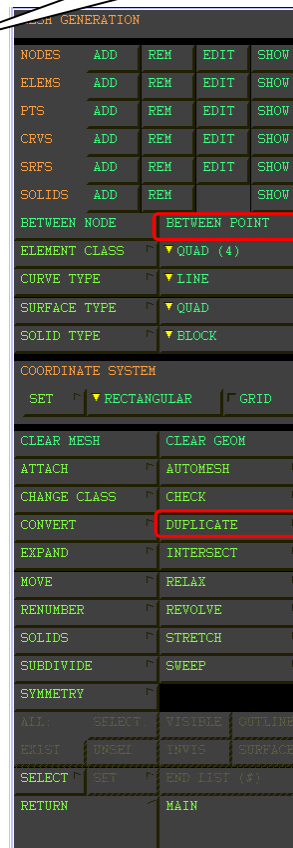
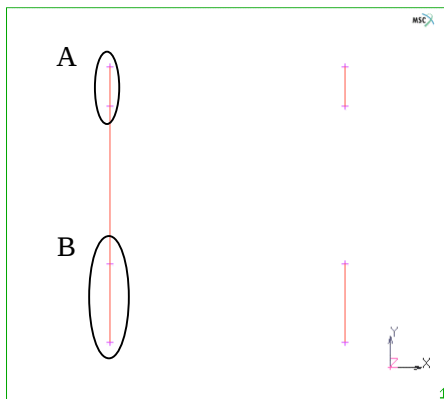
点や線、又は要素等の
選択は、マウスの左ボタンで行う。

- ・図中の A と B の線を x 方向 30 mm 先に 1 つコピーする。

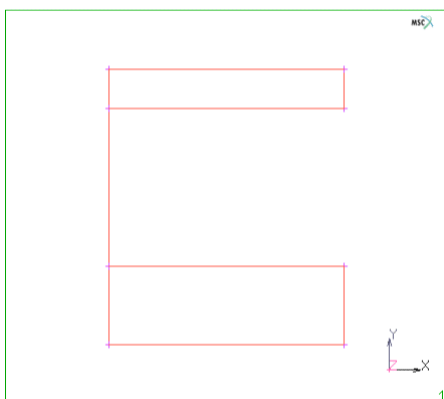
M / M G

- DUPLICATE
- TRANSLATIONS
- 30 0 0 キーイン
- REPETITIONS
- 1 キーイン
- CURVES
- A と B を選択して実行
- FILL

実行は、マウスの右ボタンで行う。



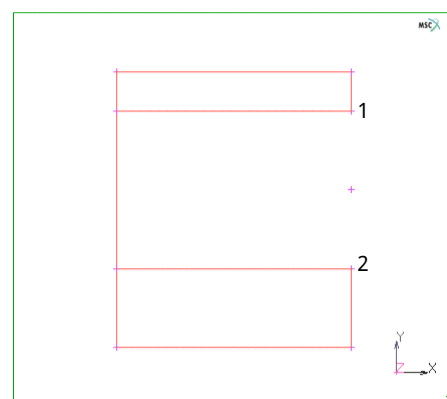
- ・前と同様の操作 (CRVS — ADD) で、
下図の様に 4 本の線を結ぶと、外筒と内筒の
外形が見えてくる。



- ・右図の点 1 と 2 の間に新たに点を作成する。

M / M G

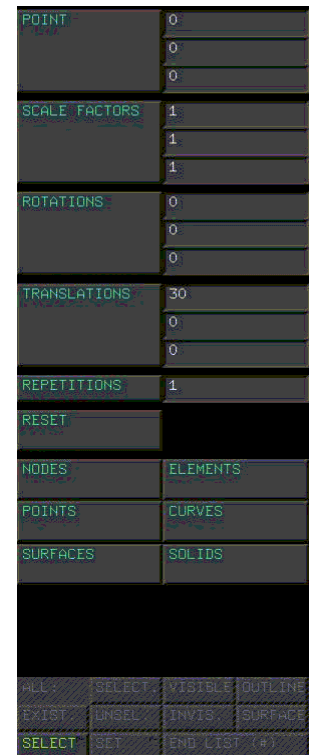
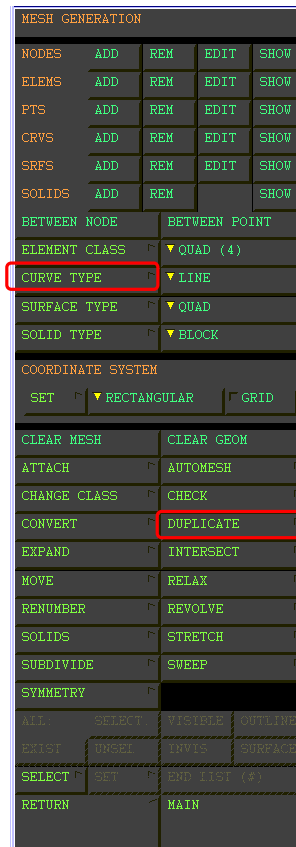
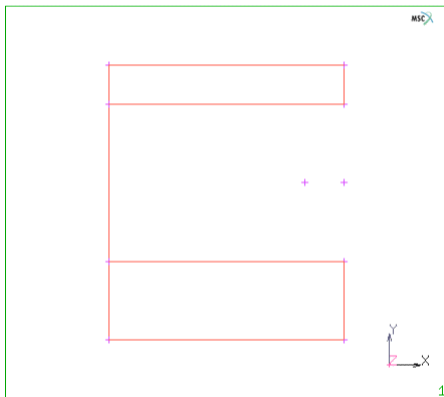
- BETWEEN POINT
- 1 と 2 を選択



- ・先程作成した点を x 方向 - 5 mm 先に、1 つコピーする。

M / MG

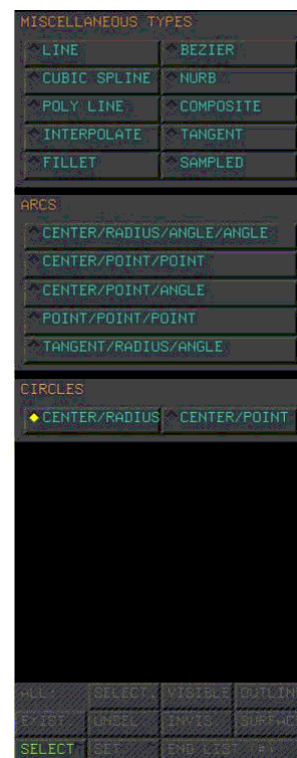
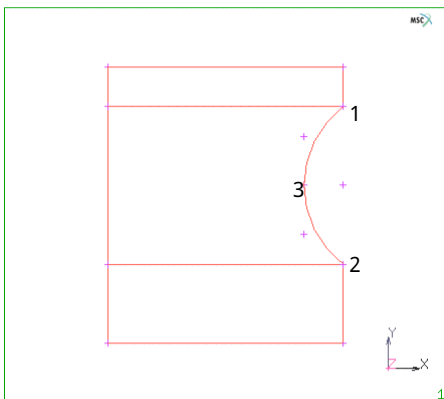
- DUPLICATE
 - TRANSLATIONS
 - - 5 0 0 キーイン
 - REPETITIONS
 - 1 キーイン
 - POINTS
 - 上で作成した点を選択



- ・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



- ・下図の A と B の線を、それぞれ 10 分割する。

M / M G

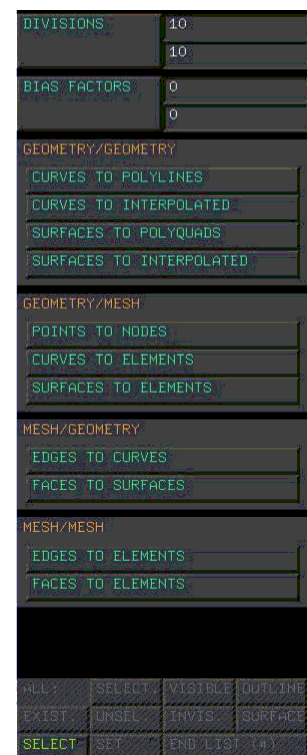
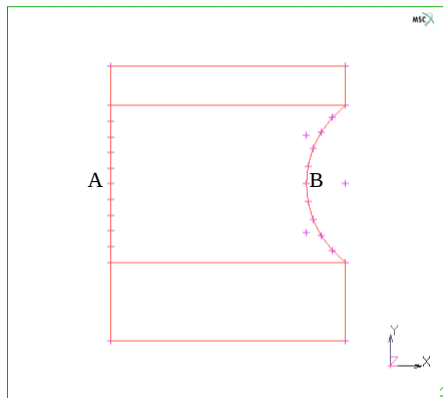
→ CONVERT

→ DIVISIONS

→ 10 10 キーイン

→ GEOMETRY/GEOMETRY — CURVES TO POLYLINES

→ A と B の線を選択して実行

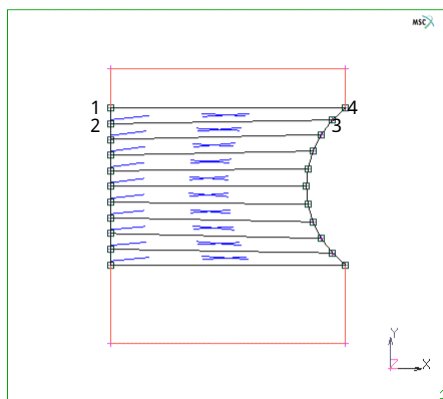


- ・ゴム部に 4 節点四辺形要素 (エレメント) を、計 10 個作成する。

M / M G

→ ELEM — ADD

→ 反時計回りに 4 つの節点を順次選択



例) 点 1 → 2 → 3 → 4 の順に

- ・先程作成した10個の要素を、それぞれ縦に5分割する。

M / MG

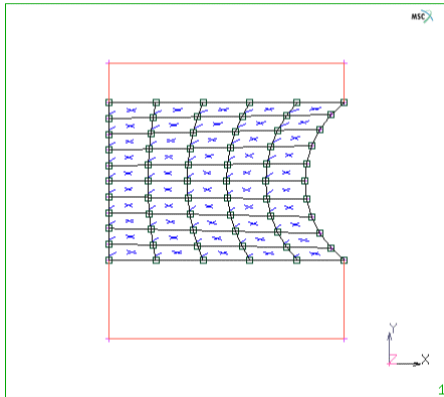
→ SUBDIVIDE

→ DIVISIONS

→ 1 5 1 キーイン

→ ELEMENTS

→ ALL:EXIST

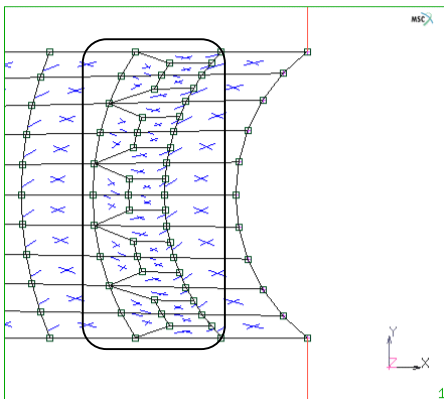


- ・円弧側の1個内側の要素を、それぞれ3分割する。

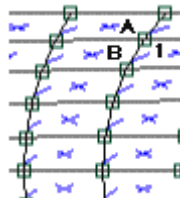
M / MG

→ REFINE

→ 1点を選び2要素を選択して実行(順次作成)



例) 点1 → 要素A → 要素Bの順に選択



注) REFINE が出来ない時は、SWEEPを行う。

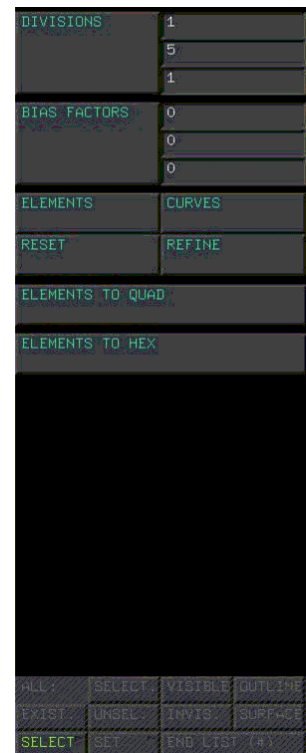
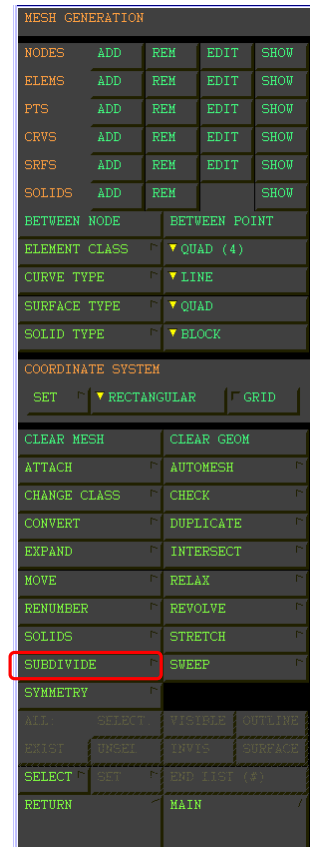
M / MG

→ SWEEP

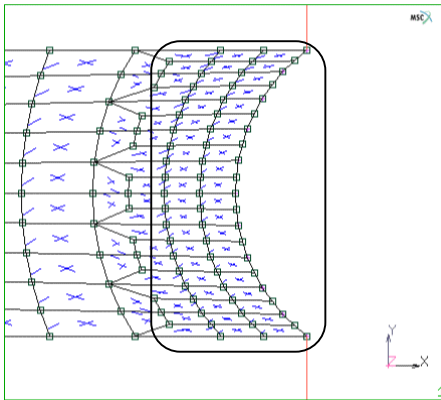
→ REMOVE UNUSED — NODES

→ REMOVE UNUSED — POINTS

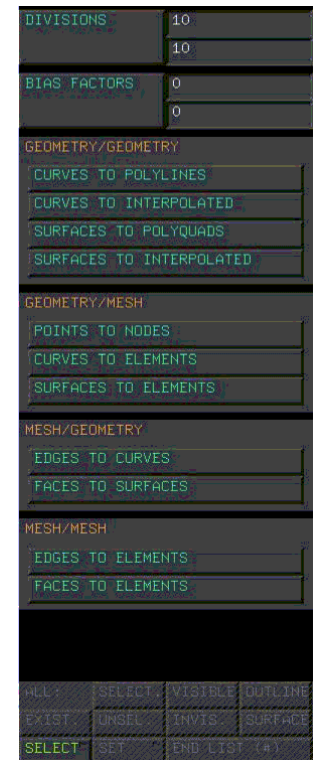
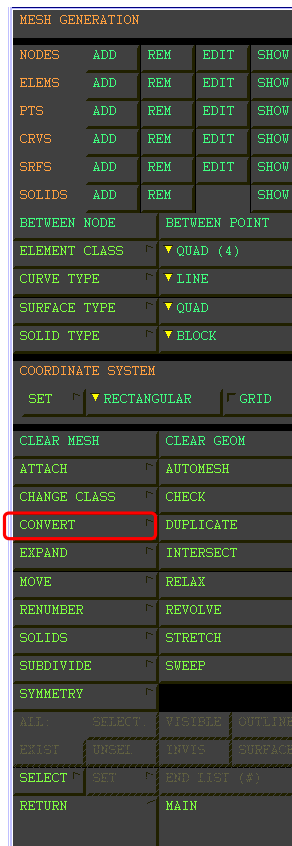
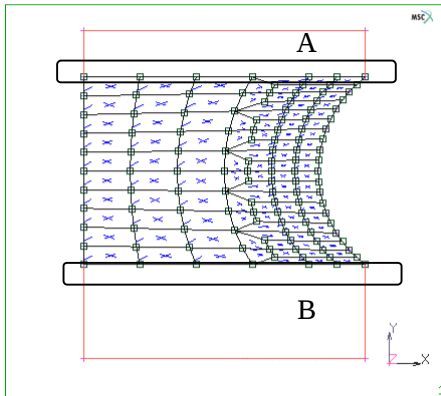
→ ALL



- ・前と同様の操作 (SUBDIVIDE) で、円弧側の要素を縦、横に2分割する。
→ 分割数 2 2 1 を入れ、囲いの部分を選択して実行



- ・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 / M G
→ CONVERT
→ MESH / MESH — EDGES TO ELEMENTS
→ 上下の辺 A、B を選択して実行



- ・先程作成した A 部の 2 節点線要素を y 方向に 5 mm 拡張して、4 節点 4 辺形要素にする。
B 部は、y 方向に—5 mm を 2 回拡張する。

M / M G

→ EXPAND

→ TRANSLATIONS

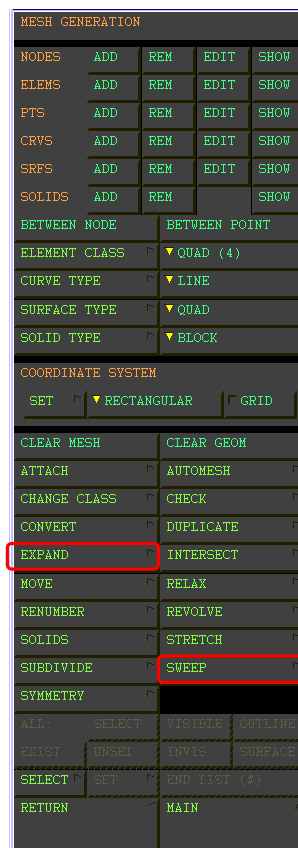
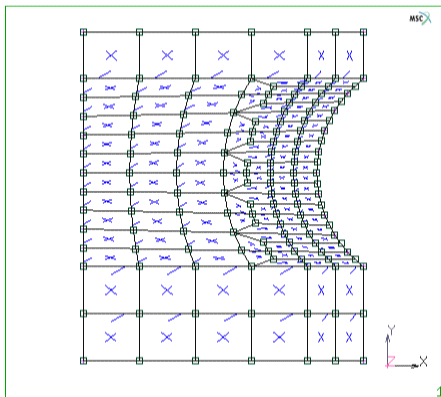
→ A 部は 0 5 0 キーイン (or B 部は 0 - 5 0)

→ REPETITIONS

→ A 部は 1 キーイン (or B 部は 2)

→ ELEMENTS

→ A 部の要素を選択 (or B 部)



- ・モデル作成段階で重複している点や要素、又は不要な点や要素を削除する。

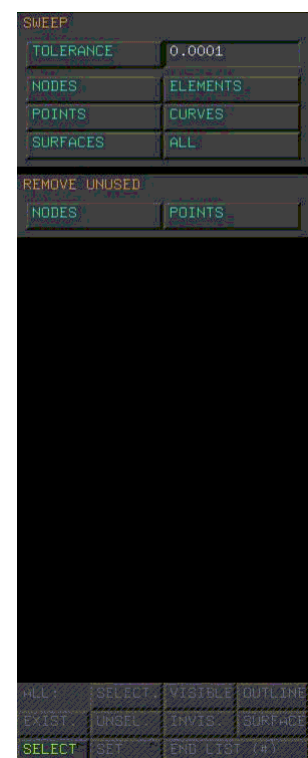
M / M G

→ SWEEP

→ REMOVE UNUSED — NODES

→ REMOVE UNUSED — POINTS

→ ALL



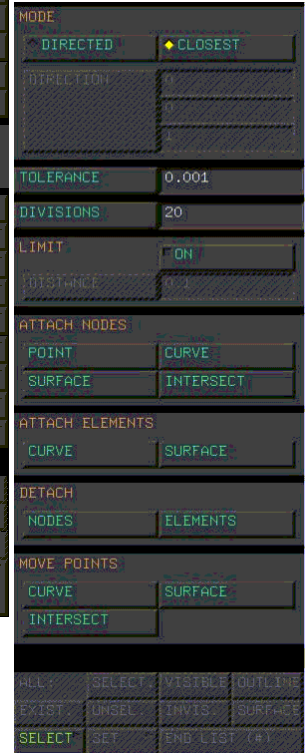
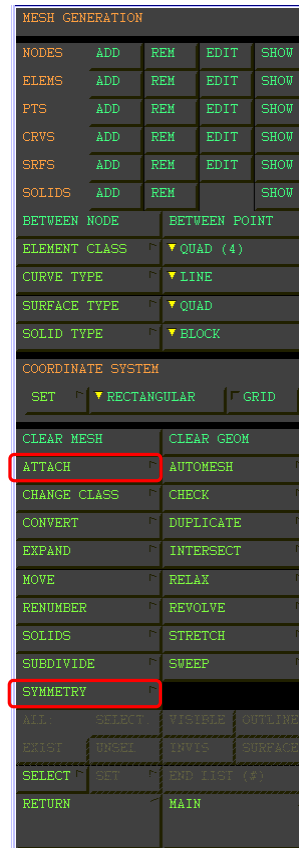
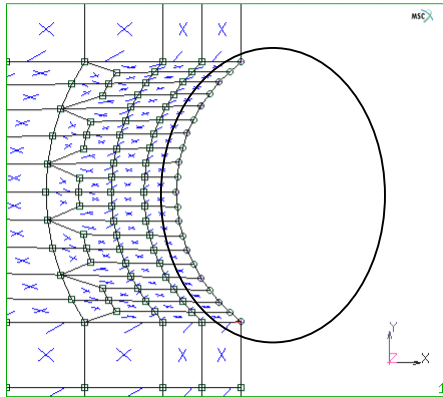
- ・円弧部分の要素は分割した為、キレイなRを描いていないので、節点（ノード）を円弧の線に重ねる。

M / M G

→ ATTACH

→ ATTACH NODE — CURVE

→ 線を選択後、節点を選択して実行



- ・全要素をY軸に対して、鏡面对称にコピーする。
変形の大きい円弧部分の要素が細かいモデルが完成する。

M / M G

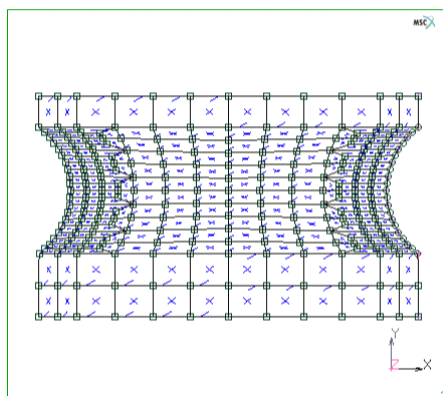
→ SYMMETRY

→ ELEMENTS

→ ALL:EXIST

→ FILL

注) Point は対称面上の一点を示す



- ・ y 方向に小さい順に要素、節点の番号の付け直しを行う。

M / MG

→ RENUMBER

→ NODES DIRECTED

→ 0 1 0 キーイン

→ ELEMENT DIRECTED

→ 0 1 0 キーイン

MESH GENERATION				
NODES	ADD	REM	EDIT	SHOW
ELEMS	ADD	REM	EDIT	SHOW
PTS	ADD	REM	EDIT	SHOW
CRVS	ADD	REM	EDIT	SHOW
SRFS	ADD	REM	EDIT	SHOW
SOLIDS	ADD	REM		SHOW
BETWEEN NODE		BETWEEN POINT		
ELEMENT CLASS	▼ QUAD (4)			
CURVE TYPE	▼ LINE			
SURFACE TYPE	▼ QUAD			
SOLID TYPE	▼ BLOCK			
COORDINATE SYSTEM				
SET	▼ RECTANGULAR		GRID	
CLEAR MESH	CLEAR GEOM			
ATTACH	AUTOMESH			
CHANGE CLASS	CHECK			
CONVERT	DUPLICATE			
EXPAND	INTERSECT			
MOVE	RELAX			
RENUMBER	REVOLVE			
SOLIDS	STRETCH			
SUBDIVIDE	SWEEP			
SYMMETRY				
ALL	SELECT	VISIBLE	OUTLINE	
EXIST	UNSEL	INVIS	SURFACE	
SELECT	SET	END LIST (#)		
RETURN	MAIN			

START	1
INCREMENT	1
NODES	5374
NODES DIRECTED	
ELEMENTS	3968
ELEMS DIRECTED	
POINTS	0
CURVES	0
SURFACES	0
SOLIDS	0
ALL	
ALL:	SELECT VISIBLE OUTLINE
EXIST:	UNSEL INVIS SURFACE
SELECT	SET END LIST (#)

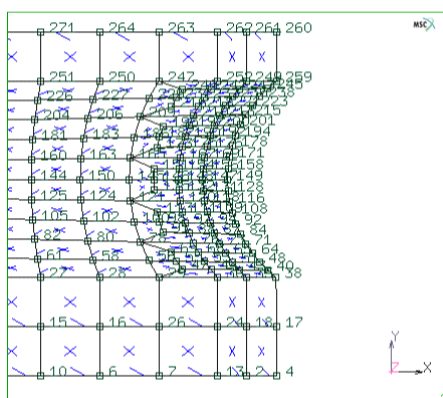
- ・ 節点の番号を表示させてみる。

PLOT (下のバー)

→ LABEL

→ NODES

→ REGEN



DRAW		LABEL	
■ NODES	■ NODES		
■ ELEMENTS	■ ELEMENTS		
■ ... EDGES	■ ... EDGES		
■ ... FACES	■ ... FACES		
■ POINTS	■ POINTS		
■ CURVES	■ CURVES		
■ SURFACES	■ SURFACES		
■ SOLIDS	■ SOLIDS		
■ ... VERTICES	■ ... VERTICES		
■ ... EDGES	■ ... EDGES		
■ ... FACES	■ ... FACES		
■ BOUND CONDS	■ BOUND CONDS		
■ INIT CONDS	■ INIT CONDS		
■ LINKS	■ LINKS		
■ ORIENTS	■ ORIENTS		
■ LOADCASES	■ LOADCASES		
ELEMENTS		SURFACES	
■ SOLID	■ SOLID		
▼ 100 % SIZE	ALINES		
MORE			
RESET	DRAW	REDRAW	REGEN
ALL:	SELECT	VISIBLE	OUTLINE
EXIST:	UNSEL	INVIS	SURFACE
SELECT	SET	END LIST (#)	

- ・要素の裏表のチェックを行う。

M / M G

→ CHECK

→ CHECK ELEMENTS — UPSIDE DOWN

注) 裏返っている要素は緑色となる。この要素では計算が実行できないので、これを反転させる。

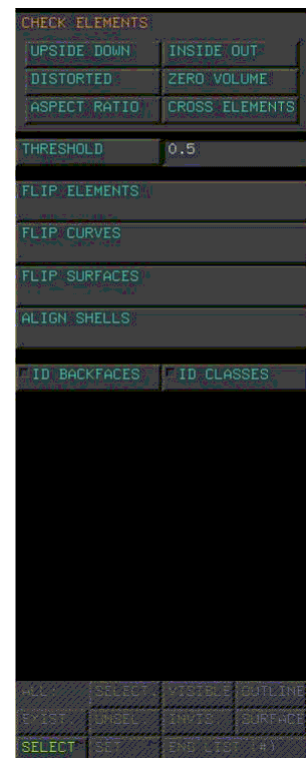
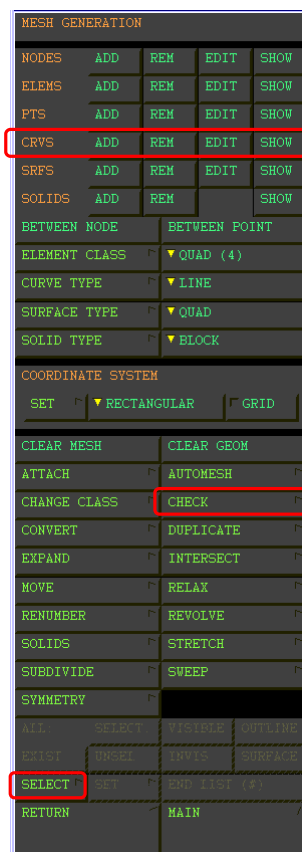
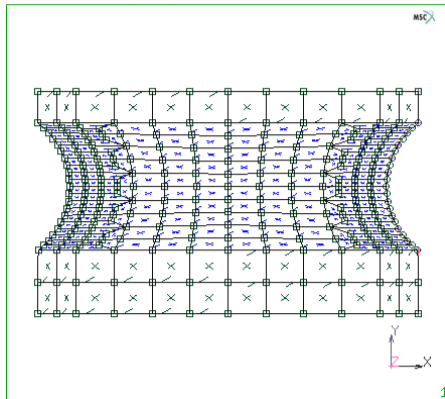
外筒・内筒の要素がこれに外筒する。

→ FLIP ELEMENTS

→ 緑色の要素を選択して実行

→ CHECK ELEMENTS — UPSIDE DOWN

→ 検出リストが0になっているのを確認。



- ・内筒、外筒ゴムの要素に、それぞれ名前を付けてグループ化する。

M / M G

→ SELECT

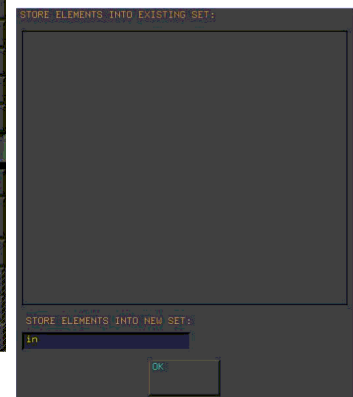
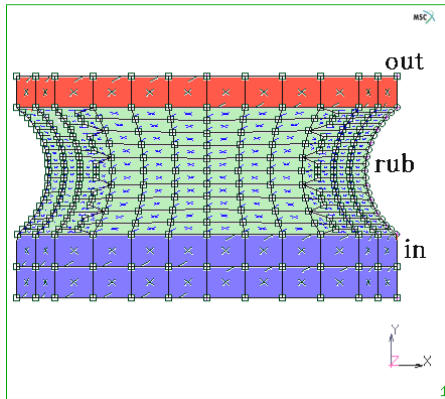
→ ELEMENTS — STORE

→ STORE ELEMENTS INTO NEW SET

→ 名前を入力 (in、out、rub)

→ OK

→ 名前を付けたい要素 (各色部分) を選択して実行



- ・前と同様の操作 (SWEEP) で、重複している要素・又は不要なジオメトリーを削除する。

境界条件の設定

- 一番下（内筒側）の要素边上の節点を、x、y 方向共に拘束する。

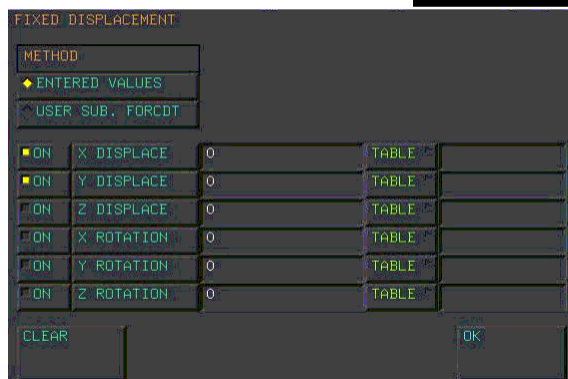
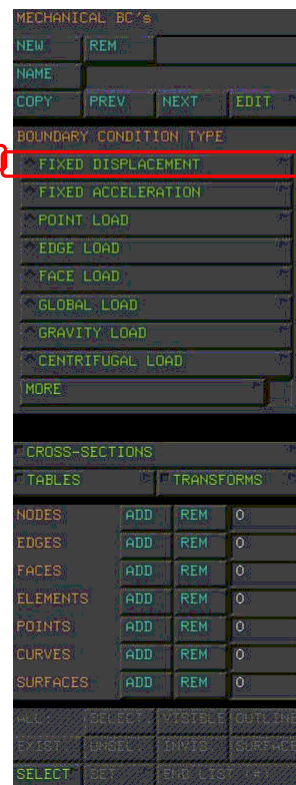
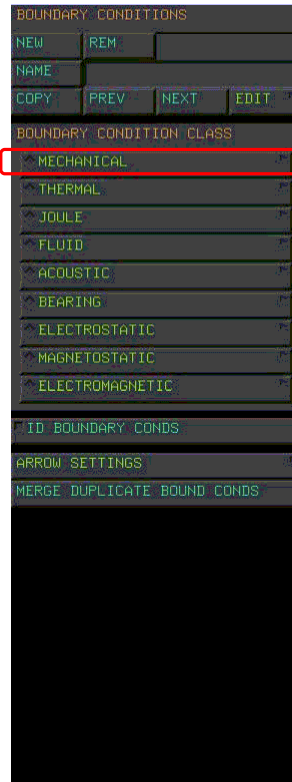
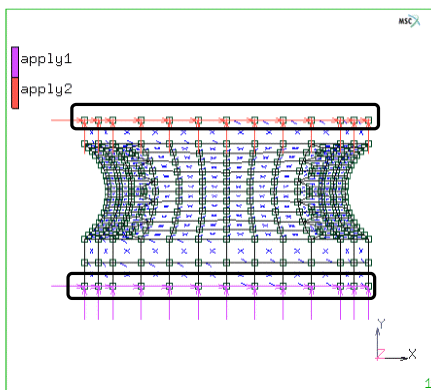
MAIN MANU / BOUNDARY CONDITIONS (以後、M / BC と表現する。)

- MECHANICAL
- FIXED DISPLACEMENT
- ON-x DISPLACE、ON-yDISPLACE
- OK
- NODES — ADD
- 内筒側の節点（紫色部の節点）を選択して実行

- 一番上（外筒側）の要素边上の節点を、x、y、z 方向共に拘束する。

M / BC

- MECHANICAL
- NEW
- FIXED DISPLACEMENT
- ON-x DISPLACE、ON-yDISPLACE、ON-zDISPLACE
- OK
- NODES — ADD
- 外筒側の節点（オレンジ色部の節点）を選択して実行



材料特性の設定

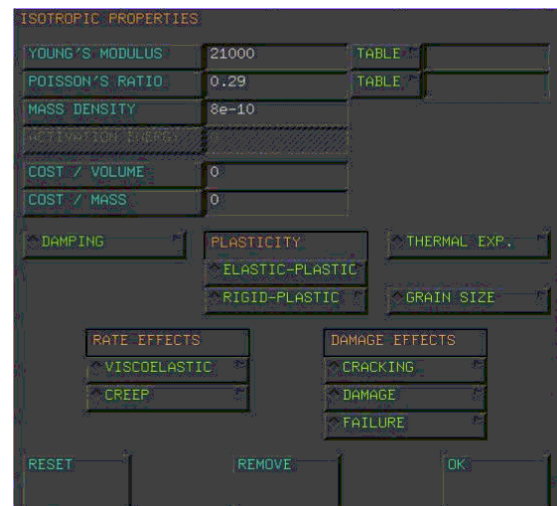
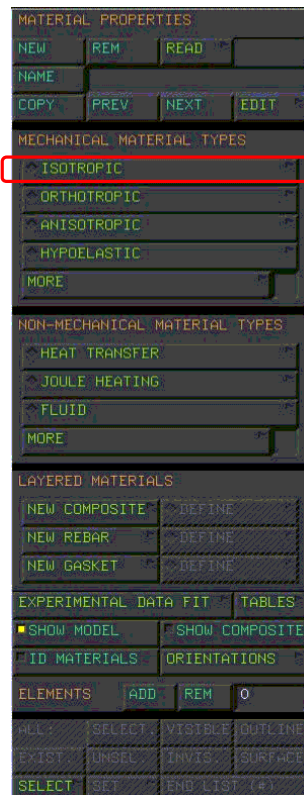
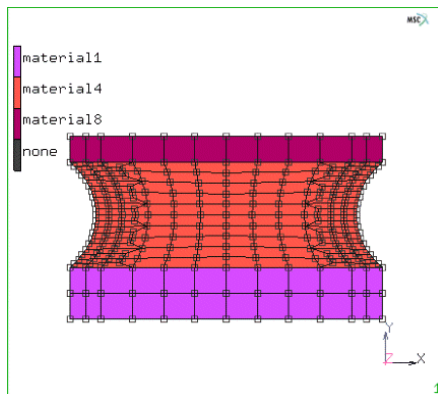
- ・ 外筒の要素に、金属の材料特性を設定する。

MAIN MANU / MATERIAL PROPERTIES (以後、M / M P と表現する。)

- ISOTROPIC
 - YOUNG'S MODULUS
 - 21000 キーインヤング率[kgf/mm²]
 - POISSON'S RETIO
 - 0.29 キーイン.....ポアソン比
 - MASS DENSITY
 - 8e-10 キーイン.....質量密度[kg・sec²/mm⁴]
 - OK
 - ELEMENT — ADD
 - 赤色部分の要素を選択して実行

- ・ 内筒の要素も外筒と同様の材料特性を設定する。

- 紫色部分の要素を選択して実行



- ・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.

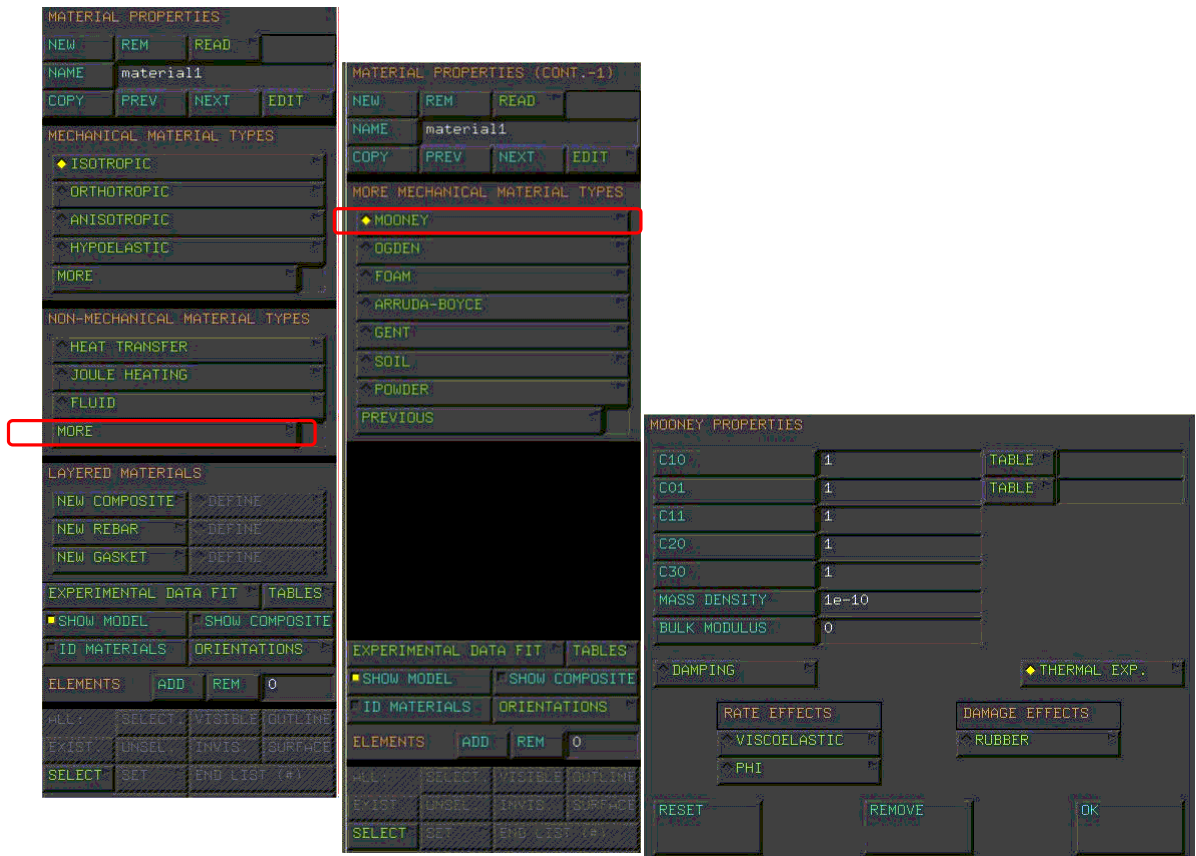
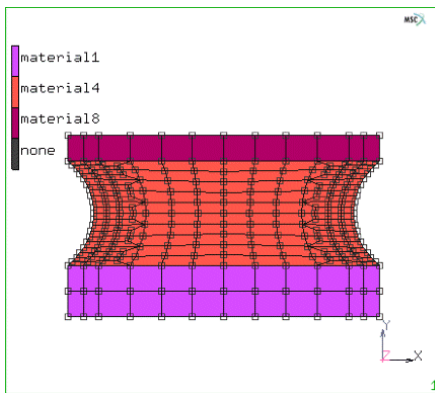
→ THERMAL EXP. COEF

→ 0.000175 キーイン

→ OK × 2

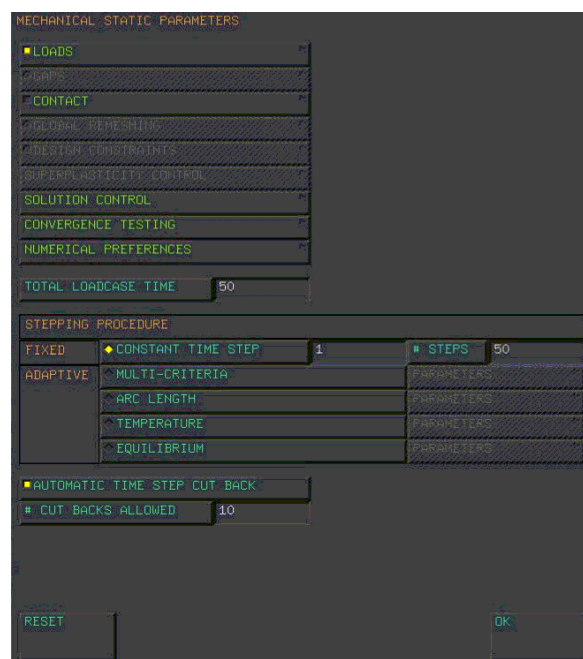
→ ELEMENT — ADD

→ オレンジ色部分の要素を選択して実行



荷重条件の設定

MAIN MANU / LOADCASE
→ MECHANICAL
→ STATIC
→ TATAL LOADCASE TIME
→ 50 キーイン
→ OK

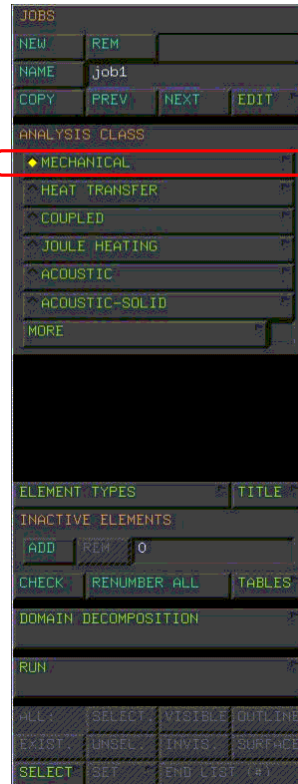


V 解析条件の設定

- ・先に設定した2つの境界荷重を1つの荷重条件 (lcase1) として登録している。これを選択する。
MAIN MANU / JOBS (以後、M / J と表現する。)

→ MECHANICAL

→ AVAILABLE / lcase1 を SELECTED に登録



- ・ゴムを使用した解析である為、変形が大きいので大変形オプションを設定する。

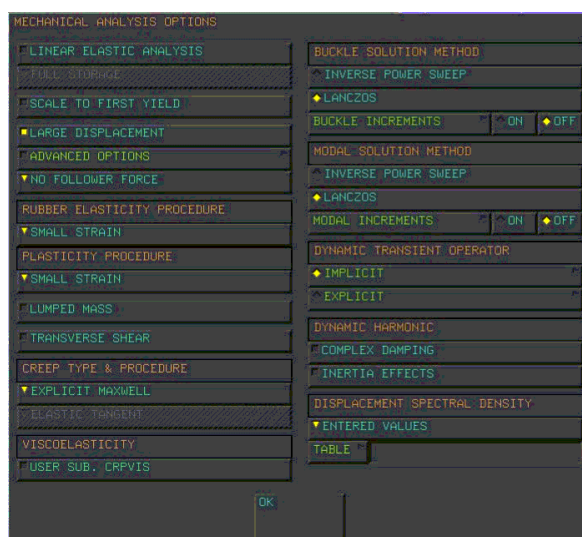
M / J

→ MECHANICAL

→ ANALYSIS OPTIONS

→ LARGE DISPLACEMENT のトグルをON

→ OK



- ・結果処理をする時に、表示させたい結果（計算させる結果）を選択する。

M / J

→ MECHANICAL

→ JOB RESULTS

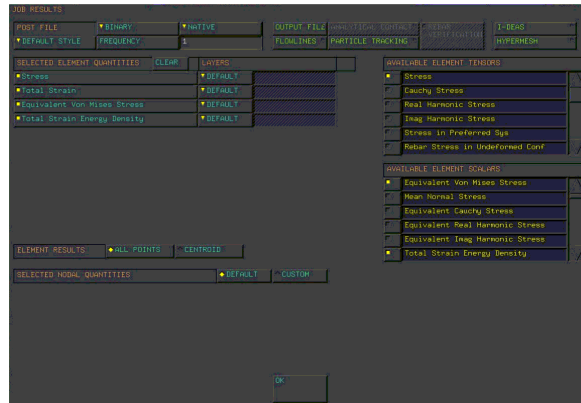
→ AVAILABLE ELEMENT TENSORS

→ Stress と Total Strain を選択

→ AVAILABLE ELEMENT SCALARS

→ Equivalent Von Mises Stress と Total Strain Energy Density を選択

→ OK × 2



- ・要素タイプを設定する。

M / J

→ ELEMENT TYPE

→ MECHANICAL

→ AXISYMMETRIC SOLID

→ 20 (TWIST、QUAD の 4)

→ 外筒と内筒の要素を選択して実行

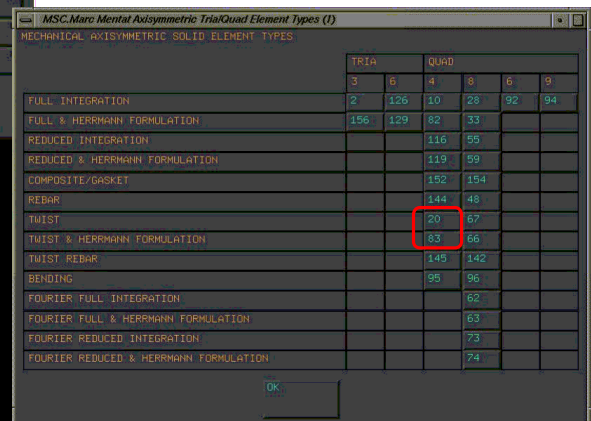
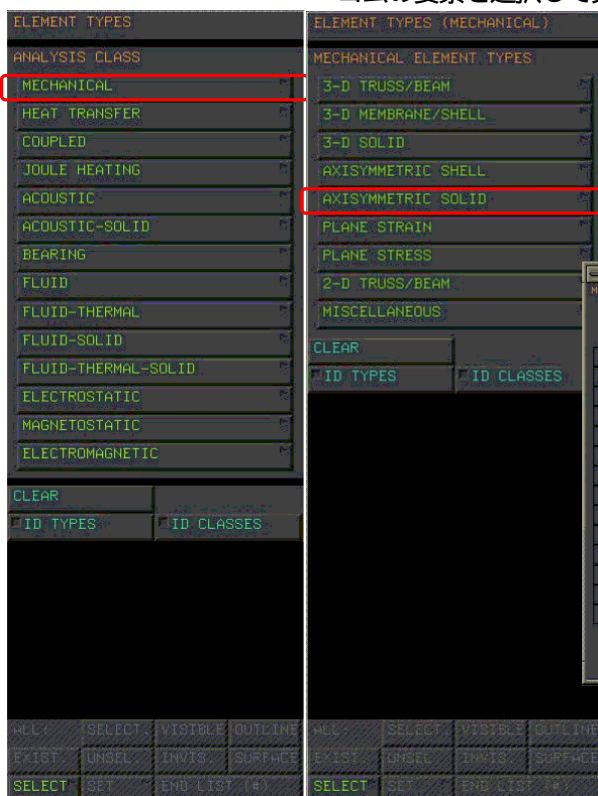
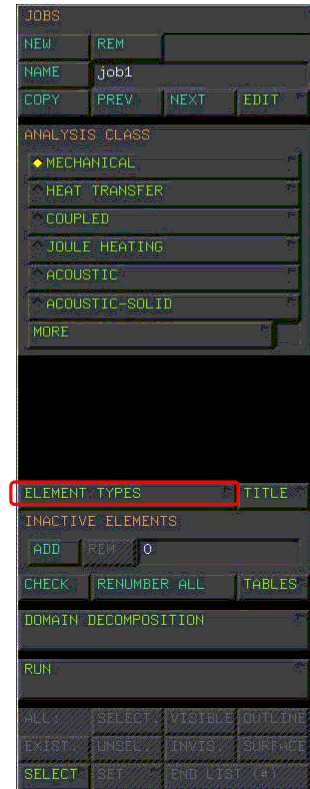
→ OK

→ AXISYMMETRIC SOLID

→ 83 (TWIST & HERRMANFORMULATION、QUAD の 4)

→ OK

→ ゴムの要素を選択して実行



自動運転プログラムの実行

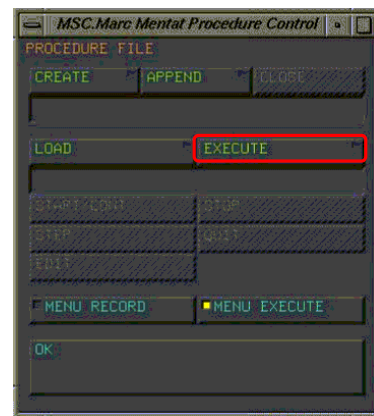
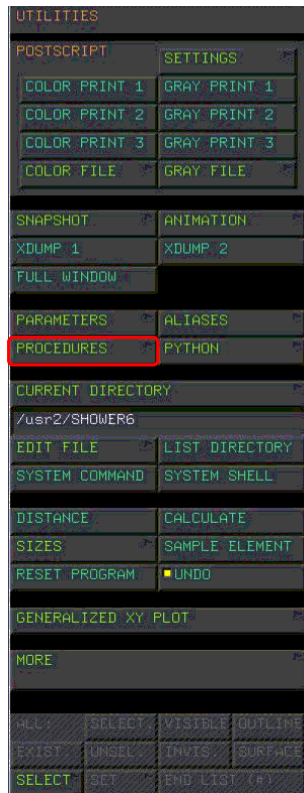
上記の ~V までの操作を自動で行うプログラムである。

ここでは操作方法を示すが、実行は不要である。

自動運転プログラムのファイルは、解析の種類や要素タイプによって異なる。ここでは、金具とゴムの接着タイプでの軸対象要素を使用した場合を示す。

UTILS

- PROCEDURES
- EXECUTE
- SELECTION — / disk2 / user / bs_shell.proc
- OK × 2



ファイルの保存

- ・ 先ず Mentat の設定を保存する (Mentat ファイル)

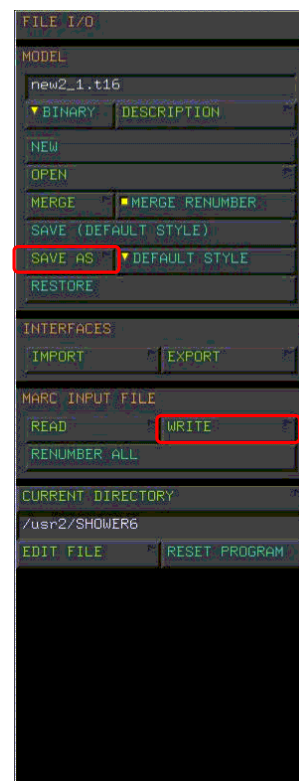
FILES

- MODEL — SAVE AS
- SELECTION にディレクトリを指定して任意に名前を入力 (拡張子 mud)

- ・ 次に MARC で読み込んで解析の行えるファイルに書き出す (MARC ファイル)

FILES

- MARC INPUT — WRITE
- SELECTION にディレクトリを指定して任意に名前を入力 (拡張子 dat)



以下にMARCファイルについて説明する。

- ・弧張法
print,3,
- ・熱荷重の考慮
thermal
- ・金属材料特性
isotroipoic
☐
材料特性追番、
ヤング率、ポアソン比、質量密度、線熱膨張係数、降伏応力、
- ・ゴム材料特性
mooney
☐
材料特性追番、
1、1、質量密度、線熱膨張係数、1、1、1、
- ・初期温度設定
initial☐state (change☐state)
1,4,1,
初期温度、 (change state の時、変化温度)
温度を与える要素のリスト
1☐to☐4
- ・タイイング
☐
タイイング記号、
タイイング節点、
リテイン節点、
- ・拘束条件
fixed☐disp (disp☐change)
☐ (disp change の時、☐ × 2)
x 方向の変位条件、y 方向の変位条件、z 方向の変位条件、
1、2、3、 (x、y、z に対応)
条件を与える節点リスト

・後処理用コード

post

□、1 6、1 7、0、0、1 9、2 0、0、1、0、0、

1 7、———フォン・ミーゼスの相当応力

4 8、———ひずみエネルギー

3 0 1、———全ひずみテンソル

3 1 1、———応力テンソル

- 1、———最大主応力

- 2、———中間主応力

- 3、———最小主応力

- 4、———最大主ひずみ

- 5、———中間主ひずみ

- 6、———最小主ひずみ

・荷重条件の繰り返し数

auto□load

繰り返し回数

注) 荷重条件は、continue ~continue の間の各種条件を示す。

・時間刻み

time□step

1、——— 1 秒

解析の実行

・ゴム材料のデータベースであるサブルーチンファイルを作成する。

[コピーコマンド] cp□/ disk2 / user / m_nr_axal.f□./ 任意ファイル名.f

注) □はスペースを示す。

・サブルーチンファイル中の G_s 値を 0.1 に設定する。

例えば、今回 NR 系ゴム材で硬度が 60 度ならば、G_s 値は約 0.1kg/mm² (C A E 相談)

C ***** NR MATERIAL *****

C input G_s(kg/mm²)

GS = .08 → GS = .1

C calcurate A1,A2,A3,B1,B2,

・解析の実行

[実行コマンド] mac2001□-jid□MARC ファイル名□-uid□サブルーチンファイル名□-b□n□-v□n

注) MARC ファイル名、サブルーチンファイル名を入力する時、拡張子 (.以降) は不要。

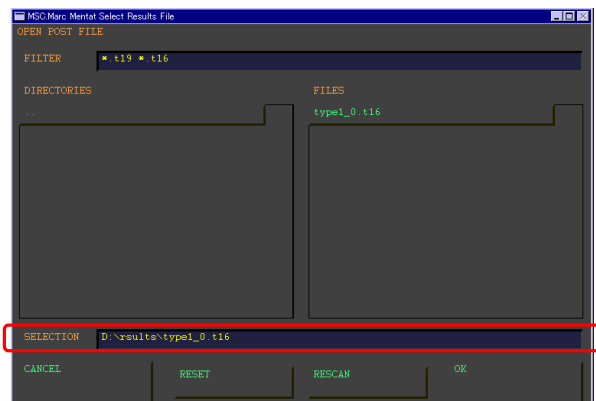
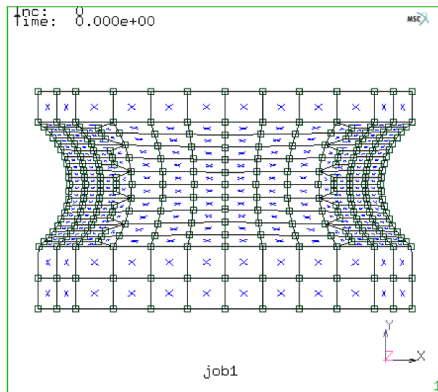
結果処理

- ・結果のファイルを開く。

MAIN MANU / RESULTS (以後、M / R と表現する。)

→ OPEN

→ SELECTION にファイル名を入力 (拡張子 t16)



- ・見易くする為、節点を非表示にする。

PLOT

→ DRAW / NODE (トグルを消す)

→ REGEN

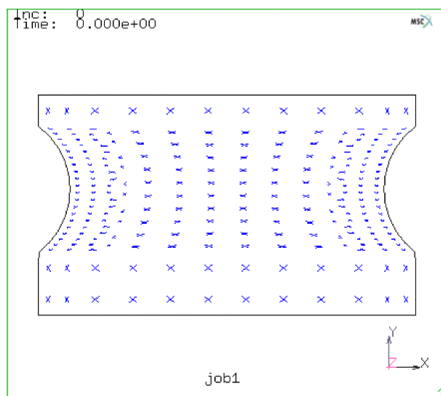
- 要素の外径線だけの表示にする。

PLOT

→ MORE

→ EDGES / OUTLINE

→ REGEN



- 変形図だけの表示にし、最大主ひずみを結果表示させる。

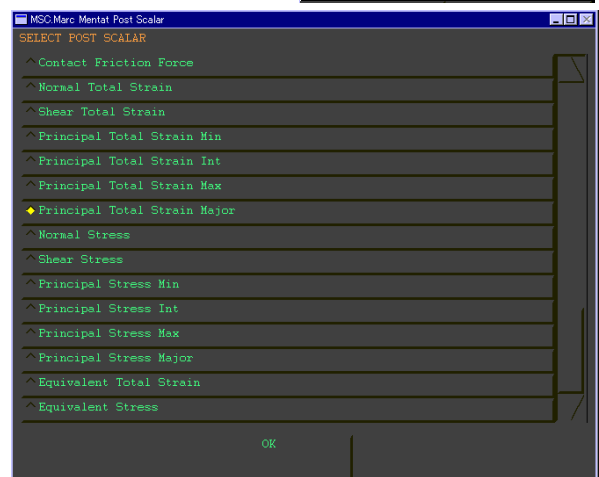
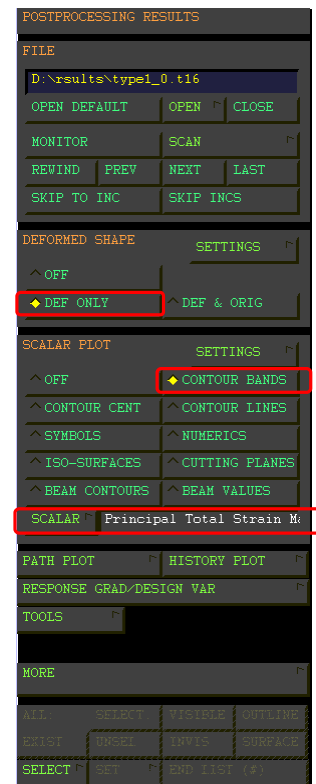
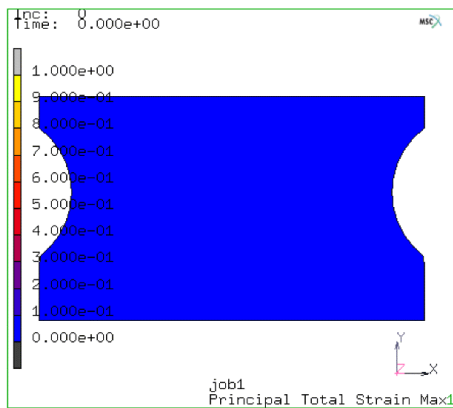
M / R

→ DEFORMED SHAPE — DEF ONLY

→ SCALAR PLOT — CONTOUR BANDS

→ SCALAR

→ Principal Total Strain Max のトグルを ON



- 金具部分の結果は必要ないので結果から外す為、
先ず、外筒 (out) と内筒 (in) のグループ要素を選択する。

M / R

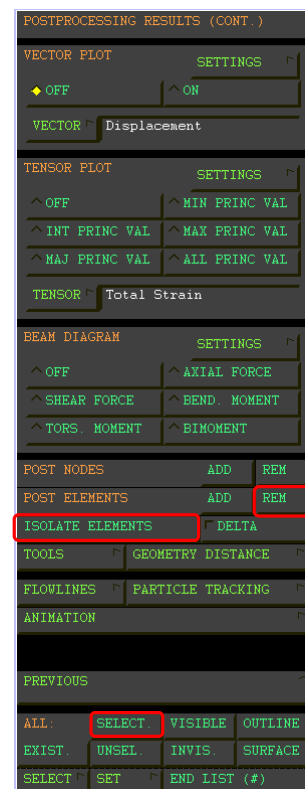
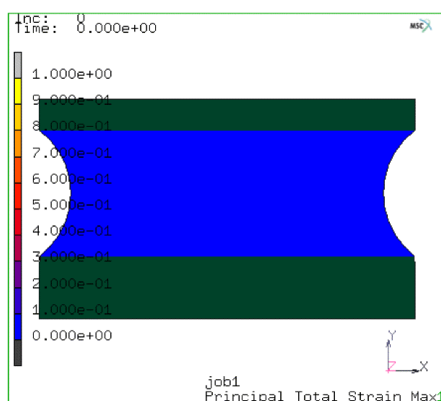
- SELECT
- SELECT SET
- out と in を選択



- 選択したグループ要素の結果を表示から外す。

M / R

- MORE
- ISOLATE ELEMENTS
- ALL:SELECT
- POST ELEMENTS — REM
- ALL:SELECT

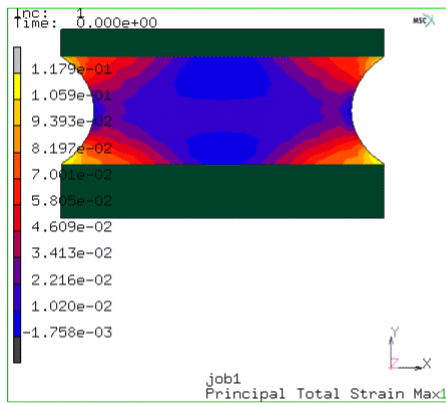


- ・解析結果の自動送りを行う。

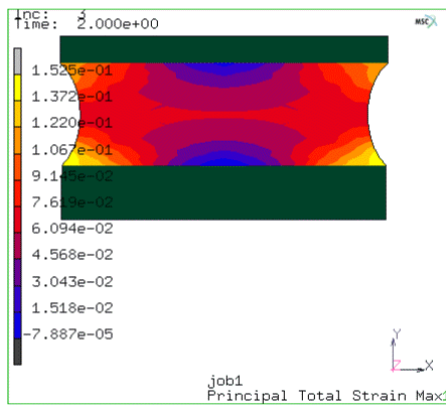
M / R

→ MONITOR

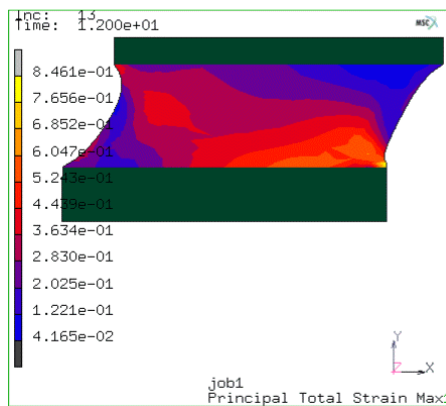
<ゴムの熱収縮後>



<絞り過程後>



<軸方向変形後>



- ・タイピングした節点を使用して、荷重—たわみ曲線を描く。

M / R

→ HISTORYPLOT

→ SET NODES

→ 節点13番(タイピングした節点)を選択して実行

→ COLLECT DATA

→ 0 20 1 キーイン

→ NODES/VARIABLE

→ ADD VARIABLE

→ DisplaceX

→ Reaction Force X

→ FIT

