

[大規模科学計算システム]

## 非線形構造解析プログラム MSC.Marc / Marc Mentat の紹介\*

情報部情報基盤課 共同利用支援係 共同研究支援係

### 概要

当センターでは、1993年から非線形構造解析汎用プログラム MSC.Marc プロセッサである MSC.Marc Mentat をそれぞれサービスしてきました。両ソフトウェアは、当センターの並列コンピュータでサービスしているアプリケーションソフトウェアの中でも人気が高いソフトの一つとして、現在ご好評をいただいております。

ここでは、当センターでの Marc/Mentat 利用手順を紹介いたします。

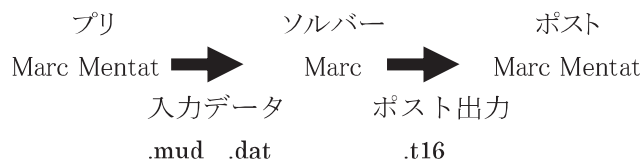
### 1 はじめに

MSC.Marcは有限要素法による非線形構造解析汎用プログラムです。世界中で広く利用され最も評価を受けているプログラムの一つで、その扱える解析は以下の通り非常に広範囲にわたっています。

**線形／大変形／弾塑性／剛塑性／破壊／熱伝導／動的非線形／境界非線形／流体と固体の連成／電気電動と熱伝導の連成／熱と応力の連成**

MSC.Marc Mentat は、汎用構造解析プログラムMarcの会話型プリ／ポストプロセッサとして、有限要素モデルの作成および解析結果の表示が行えます。

Marc と Mentat の組合せによる解析の概略は、以下のようになります。



プリでは、メッシュ作成、初期条件、境界条件、接触条件の設定、材料特性、形状特性の定義を、ソルバーでは荷重履歴、解析実行を、ポストでは解析結果の表示を行います。

### 2 Marc, Mentat の実行環境

Marc, Mentat の実行には、まず

(1) 東北大学情報サイバーサイエンスセンター 大規模計算システム利用者番号

(2) X Window System の表示できる環境

が最低限必要となります。Marc/Mentat は、並列コンピュータ(gen.isc.tohoku.ac.jp)でサービスをしております。また、本センターの Marc での使用最大メモリサイズは、**128GB** です。

表1:サービスホスト

バージョン	ホスト名
MSC.Marc2008r1	gen.isc.tohoku.ac.jp
MSC.Marc Mentat2008r1	

### 3 Mentat でのモデル解析例

#### 3.1 例題

穴あき正方形板(図 1)を引っ張る場合の線形弾性解析を行います。

\*SENAC Vol. 33, No. 2 (2000年4月) 掲載記事・改訂版

一辺が 500mm の正方形板の中央に、半径 125mm の穴があいた厚さ 2.5mm の板を 6250kgf の力で引っ張りその応力分布を求めてみます。対象条件を考慮して 1/4 モデルを使用し、2 次元要素でモデル化します。

板の材料特性は以下のとおりです。

ヤング率 = 21000 kgf/mm<sup>2</sup>

ポアソン比 = 0.3

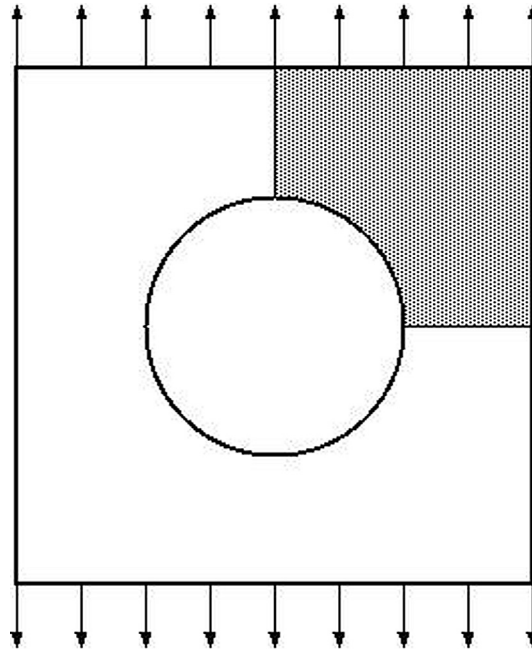


図1:穴あき正方形板

### 3.2 Mentat の起動

Mentat の起動には、並列コンピュータに接続する際に X forwarding の設定を行う必要があります。無事起動できれば、図 2 の Mentat ウィンドウが表示されます。

```
yourhost$ ssh -X -Y 利用者番号@gen.isc.tohoku.ac.jp  
:  
[gen ~]$ mentat
```

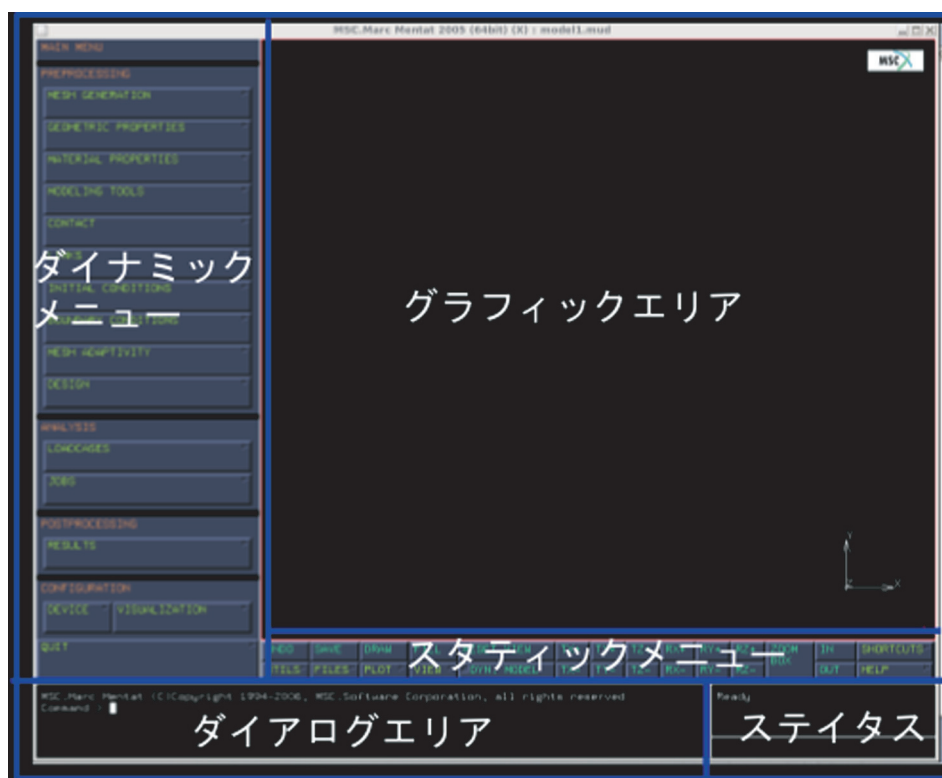


図2:起動画面

### 3.3 メインメニュー

メインメニューは、上から順に解析の手順と一致しています。



図3:メインメニュー

### 3.4 メッシュの作成

まず外周(線分と円弧)を定義し、AUTO MESH 機能を用い自動で要素分割してみます。  
説明文中の記号は以下のとおりです。

- [ ]は、そのボタンをマウス左クリックする。
- <R>は、キーボードの Enter または Return キーを押す。
- <ML><MR>は、それぞれマウスの左、右ボタンをクリックする。
- 数値は、ダイアログエリアにキーボードで入力する。

メインメニュー[MESH GENERATION]

[ADD](PTS)

外周を描くために5点定義します。

125 0 0 <R> (→PTS1)

250 0 0 <R> (→PTS2)

250 250 0 <R> (→PTS3)

0 250 0 <R> (→PTS4)

0 125 0 <R> (→PTS5)

スタティックメニュー[FILL]

画面全体に収まるサイズにします。

[CURVE TYPE] → [POLY LINE]

ポイントを折れ線で結びます。

→ [RETURN]

[ADD](CRVS)

(PTS1)を <ML>

(PTS2)を <ML>

(PTS3)を <ML>

(PTS4)を <ML>

(PTS5)を <ML>

<MR>

これで設定ポイントは終わりです。

[CRVE TYPE] → [CENTER/POINT/POINT]

円弧の部分を作成します。

→ [RETURN]

[ADD](CRVS)

0 0 0 <R>

円弧の中心点

125 0 0 <R>

円弧の始点

0 125 0 <R>

円弧の終点

[AUTOMESH] → [2D PLANAR MESHING]

定義した領域に自動メッシュをかけます。

→ [QUADMESH!](OVERLAY) → ALL:[EXIST.]



図4:AUTOMESH をかけた結果

### 3.5 形状特性の設定

平面要素として厚さを与えます。

メインメニュー[GEOMETRIC PROPERTIES]

[NEW] → [NAME]

固有の名前を与えます。

thickness <R>

[PLANAR]

平面要素

→ [PLANE STRESS]

平面応力

→ [THICKNESS]

2.5 <R> → [OK]

厚さ

[ADD](ELEMENT) → ALL:[EXIST.]

全ての要素に適用します。

[ID GEOMETRIES]

設定を確認します。

### 3.6 材料特性の設定

ヤング率、ポアソン比を与えます。

メインメニュー[MATERIAL PROPERTIES]

[NEW] → [NAME]

固有の名前を与えます。

steel <R>

[ISOTROPIC] → [YOUNG'S MODULES]

21000 <R>

ヤング率

0.3 <R> → [OK]

ポアソン比

[ADD](ELEMENT) → ALL:[EXIST.]

全ての要素に適用します。

[ID MATERIALS]

設定を確認します。

### 3.7 境界条件の設定

作成したメッシュに、対称条件と荷重条件を与えます。

メインメニュー[BOUNDARY CONDITIONS]

→ [MECHANICAL]

#### 対称条件1

[NEW] → [NAME] 固有の名前を与えます。

fix\_x <R>

[FIXED DISPLACEMENT] → [ON](X DISPLACE)

→ [OK]

[ADD](NODES)

→ <ML> ドラッグで ND4,ND6,ND7,ND8,ND5 ノードが緑色に変わります。  
を囲んで指定

→ <MR> これで設定ポイントは終わりです。

#### 対称条件2

[NEW] → [NAME] 固有の名前を与えます。

fix\_y <R>

[FIXED DISPLACEMENT] → [ON](Y DISPLACE)

→ [OK]

[ADD](NODES)

→ <ML> ドラッグで ND1,ND9,ND10,ND11,ND2 ノードが緑色に変わります。  
を囲んで指定。

→ <MR>

#### 荷重条件

[NEW] → [NAME] 固有の名前を与えます。

ed\_load <R>

[EDGE LOAD] → [PRESSURE]

-1 <R> → [OK]

[ADD](EDGES)

→ <ML> ドラッグで ND4,ND12,ND13,ND14, 辺が緑色に変わります。  
ND15,ND16,ND18,ND3 を囲んで指定。

→ <MR>

→ [RETURN]

[ID BONDARY CONDS] 設定を確認します。

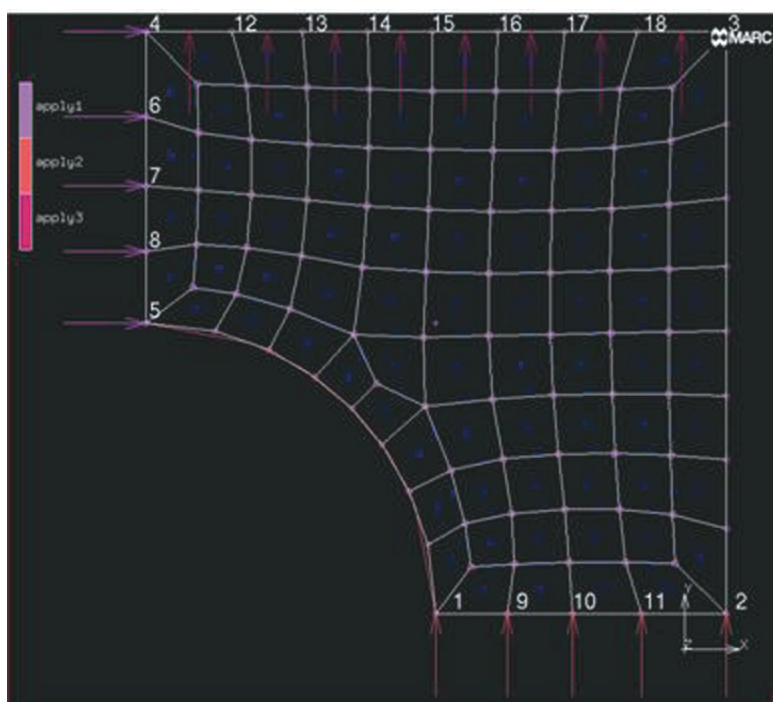


図5:境界条件の設定

### 3.8 解析実行

Mentat から Marc での解析を実行します。

メインメニュー[JOBS]

- |  |                    |
|--|--------------------|
| → [MECHANICAL]                           | 応力解析               |
| → [PLANE STRESS](ANALYSIS DIMENSION)     | 平面応力               |
| → [JOB RESULTS]                          | ポストファイルに出力する情報を設定。 |
| → [Equivalent Von Mises Stress](SCALARS) | ミーゼス応力を指定。         |
| → [OK]                                   |                    |
| → [OK]                                   |                    |

[RUN]

- [SUBMIT1](RUN JOB)

バッチリクエストとして解析を実行します。

(バッチリクエストは am (Marc 専用、CPU 時間無制限、最大メモリ 16GB)というキューに投入されます) バッチリクエストの状態確認は、並列コンピュータにログインし qstat コマンドで確認してください。キャンセルは qdel コマンドで行ってください。詳しくは、「ホームページ」→「新並列コンピュータ」→「並列コンピュータの利用ガイド」をご覧ください。[MONITOR]を押し、解析レポート覧 EXIT NUMBER が 3004 なら、正常終了です。その他の番号については、マニュアル(C 編 プログラム入力 付録 A) を参照ください。



図 6 :RUN JOB メニュー

### 3.9 解析結果の表示

解析した結果を(応力分布)を表示させます。

メインメニュー[RESULTS]

[OPEN DEFAULT]

[NEXT INC]

[DEF & ORIG]

[SETTING] → [AUTOMATIC] → [RETURN]

[SCALAR] → [Equivalent Von Mises Stress] → [OK]

[CONTOUR BANDS]

変形図と原形図の両方を表示します。

変形量をオートにします。

ミーゼス相当応力を指定します。

コンターバンド処理をします。

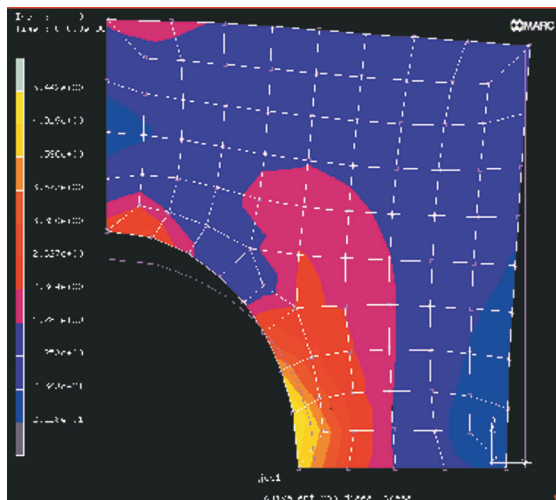


図7:応力解析結果



## 4 Mentat の終了

メインメニューの一番下の[QUIT]を選択します。後は、[SAVE&EXIT]か[EXIT]で Mentat は終了します。



## 5 run\_marc コマンド

「3.8 解析実行」では、Mentat のメニュー上からの解析実行手順を解説しましたが、コマンドによる解析も可能です。ここでは、その前章の「形状特性の設定」までモデル作成が終わっているものとし、以降のコマンドによる解析手順を解説します。

### 5.1 入力データファイル作成

メインメニュー[JOB]

- [MECHANICAL] 応力解析
- [PLANE STRESS](ANALYSIS DIMENSION) 平面応力
- [JOB RESULTS] ポストファイルに出力する情報を設定。
- [Equivalent Von Mises Stress](SCALARS) ミーゼス相当応力を指定。
- [OK]
- [OK]

(ここまでは、「3.8 解析実行」と同じです。)[RUN]

- [WRITE INPUT] 入力データファイルを出力します。
- [OK] 確認を求められるので、OK とします。

ここで作成した入力データファイル(model1\_job1.dat)が、run\_marc コマンドへの入力ファイルとなります。

### 5.2 解析実行

入力ファイルを作成しましたら、コマンドライン上で run\_marc コマンドを実行します。ここでは、入力データ model1\_job1.dat ファイルを解析する例を示します。

model1\_job1.dat を解析するコマンド例

(run\_marc コマンドに入力ファイルを指定する際は拡張子.dat を省きます。)

```
[gen ~]$ run_marc -jid model1_job1 -v n
(バッチリクエストは am (Marc 専用、CPU 時間無制限、最大メモリ 16GB) というキュー
に投入されます)
MSC. Marc 2008
-----
Program name      : marc
Job ID           : model1_job1
User subroutine name :
Restart file job ID :
Substructure file ID :
Post file job ID  :
Defaults file ID  :
View Factor file ID :
Save generated module: no
Number of tasks   : 1
Number of threads : 1
Host file name    :
Message passing type : 0
Run job in queue  : am (ジョブクラス)
Run directory     : /$homedir
Scratch directory : /$homedir
Auto Restart      : 0
Contact Decoupling : 0
Queue priority    :
Queue CPU limit   :
Queue start time  :

qsub -q am -o /dev/null -e model1_job1.batch_err_log -J model1_job1
Job 12345 is submitted to queue am.

[gen ~]$
```

### 5.3 run\_marc のコマンドオプション

run\_marc コマンドには、様々なオプションが用意されております。ここでは、よく利用しそうなものだけを載せておきます。その他については、マニュアル(C 編 プログラム入力 付録 B 表 B-2)を参照ください。

表2:コマンドオプション

キーワード	オプション	説明
-jid(-j) (必須)	job_name	入力ファイル名 model1_job1.dat を指定
-cpu	sec	cpu 時間の制限
-ver(-v)	yes(デフォルト) no	バッチリクエスト投入前に確認する バッチリクエストをただちに投入する
-user(-u)	user_name	ユーザサブルーチン user_name.f を指定
-q	am2	16GB 以上のメモリを使用する(最大 128GB)

バッチリクエストの状態確認、キャンセルについては、「ホームページ」→「新並列コンピュータ」→「並列コンピュータの利用ガイド」をご覧ください。

### 5.4 出力ファイル

解析が終了すると、主に以下のようなファイルが作成されます。解析結果(.out ファイル)末尾の exit number が 3004 なら正常終了です。

- model1\_job1.out(解析結果)
- model1\_job1.log(解析ログ)
- model1\_job1.t16(ポストファイル)
- model1\_job1.sts(ステータスレポートファイル)
- model1\_job1.batch\_err\_log(エラーログ)

解析時の指定によって、この他にもファイルが作成されます。それらのファイルの概要は、マニュアル(C 編プログラム入力 付録 B 表 B-1)を参照ください。

#### 終了番号(exit number)

解析結果ファイル(model1\_job1.out)の末尾にある marc exit number により、正常に終了したかエラー終了か、エラー終了の場合はその原因がわかります。

#### 終了番号の確認

tail コマンドで model1\_job1.out の末尾を表示

```
[gen ~]$ tail model1_job1.out
*****
MSC.Marc Exit number 3004
check marc exit passed
[gen ~]$
```

表3:終了番号

終了番号	説明
3004	正常終了
13	入力データにデータエラーが検出された
2004	剛体変位が発生している。または、全体剛性マトリクスが非正定マトリクスになっている
3002	指定したリサイクル数で収束しない

### 5.5 解析結果の表示

ポスト処理手順は、「3.9 解析結果の表示」と同じです。事前にポストファイルを読み込む必要があります。

- メインメニュー[RESULTS]
- [OPEN] → [model1\_job1.t16] → [OK] 目的のポストファイルを読み込みます。
- [FILL] 画面全体に収まるサイズにします。
- [NEXT INC]
- [DEF & ORIG] 変形図と原形図の両方を表示します。
- [SETTINGS] → [AUTOMATIC] → [RETURN] 変形量をアートにします。
- [SCALAR] → [Equivalent Von Mises Stress] → [OK] ミーゼス相当応力を指定します。
- [CONTOUR BANDS] コンターバンド処理をします。

## 5.6 解析結果画像の出力

解析結果の画像は、Postscript、TIFF、JPEG 形式などのファイルに出力できます。  
 スタティックメニュー[UTILS]

→ [1~4](CREATE SNAPSHOT FOR VIEW:)          各種画像形式のファイル

## 6 サンプルプログラム

### •Marc

マニュアル E 編に掲載されている例題が、並列コンピュータ gen.isc.tohoku.ac.jp の以下のディレクトリにあります。コピーしてご利用ください。

gen.isc.tohoku.ac.jp: /usr/ap/MSC/marc2008r1/demo

### •Mentat

マニュアルユーザガイドに掲載されている例題のプロシジャファイルが、並列コンピュータ gen.isc.tohoku.ac.jp の以下のディレクトリにあります。コピーしてご利用ください。

gen.isc.tohoku.ac.jp: /usr/ap/MSC/mentat2008r1/examples/marc\_ug/

## 7 マニュアル

PDF 形式のマニュアルを gen 上で提供しています。並列コンピュータ gen.isc.tohoku.ac.jp にログインし、acoread コマンドでご覧ください。各マニュアルは、以下のディレクトリにあります。

和文(2003 版)	/usr/ap/MSC/mentat2008r1/doc/japanese/
vola.pdf	:A 編 理論およびユーザ情報
volb.pdf	:B 編 要素ライブラリ
volc.pdf	:C 編 プログラム入力
vold.pdf	:D 編 ユーザサブルーチンおよび特別ルーチン
vole.pdf	:E 編 例題集
new_features.pdf	:新機能ガイド
marc_ug.pdf	:ユーザガイド
mt_help_ref.pdf	:Mentat2003 ヘルプリファレンス
xsec_adden.pdf	:ドキュメント補足資料

English version	/usr/ap/MSC/mentat2008r1/doc/
vola.pdf	:Volume A Theory and User Information
volb.pdf	:Volume B Element Library
volc.pdf	:Volume C Program Input
vold.pdf	:Volume D User Subroutines and Special Routines
vole.pdf	:Volume E Demonstration Problems
marc_ug.pdf	:User's Guide
release_guide.pdf	:release Guide