

非線形構造プログラム MSC.MARC の紹介

システム運用係

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 と、そのプリ/ポストプロセッサである 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。

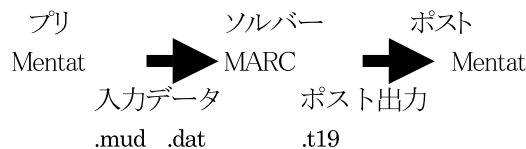
1 はじめに

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、ソルバーでは荷重履歴、解析実行、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) 大規模科学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、**8GB** です。

表1:サービスホスト

| バージョン | ホスト名 |
|---------------------|----------------------|
| MSC.Marc2005 | gen.isc.tohoku.ac.jp |
| MSC.Marc Mentat2005 | |

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。

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/mm²

ポアソン比 = 0.3

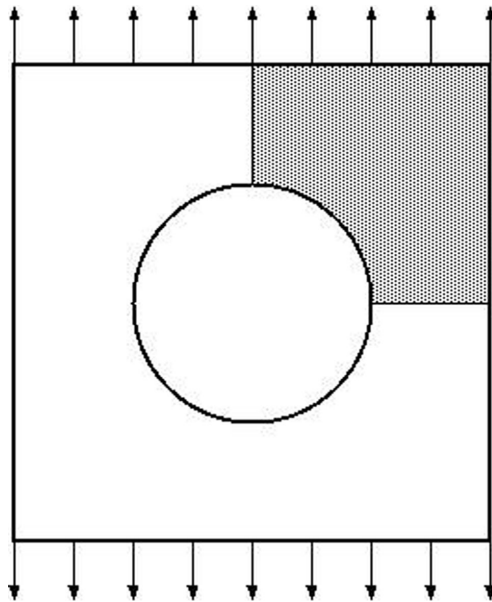


図1:穴あき正方形板

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
```

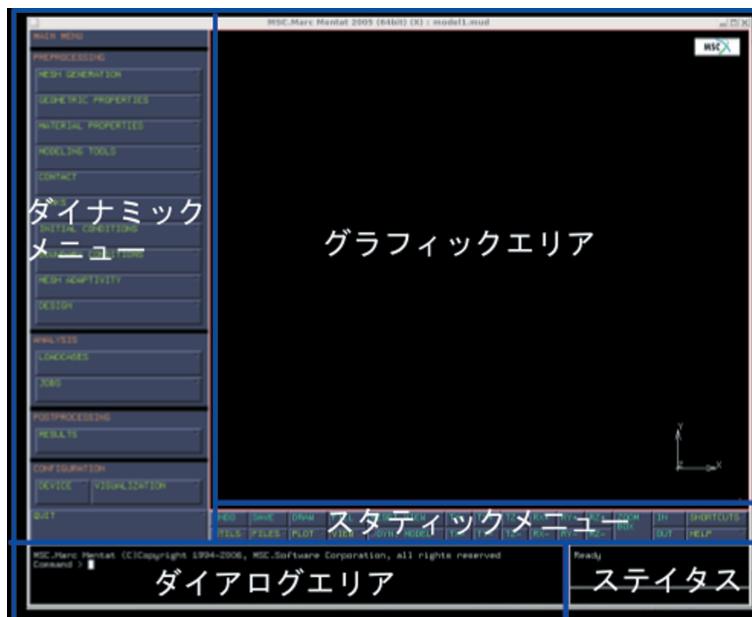


図2:起動画面

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。

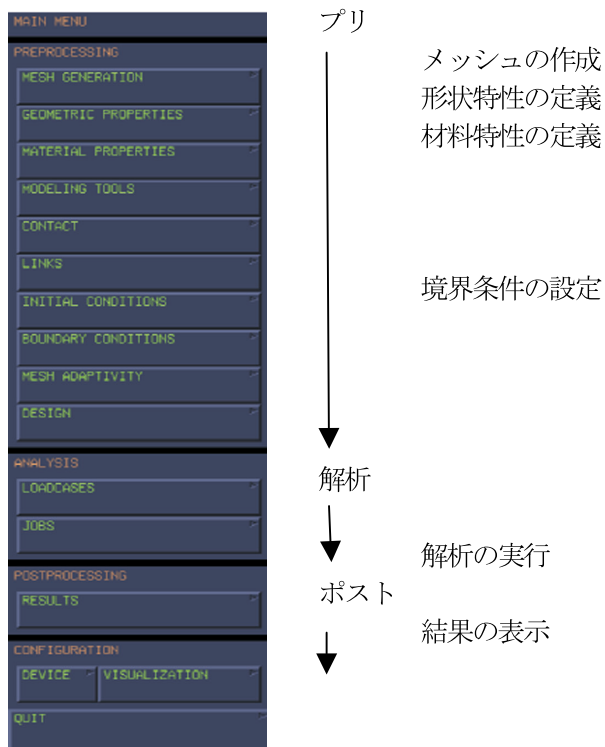


図3:メインメニュー

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.]

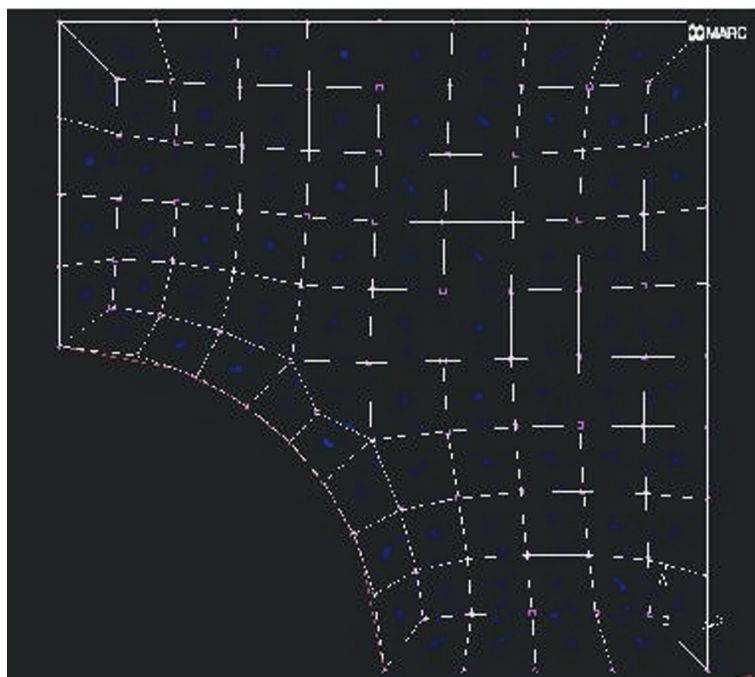


図4:AUTOMESH をかけた結果

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。

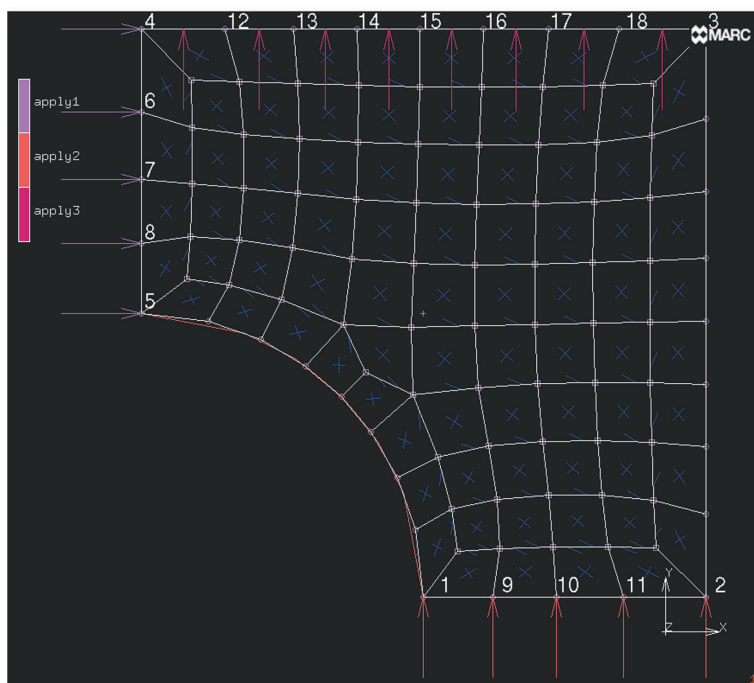


図5:境界条件の設定

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]

→ [PLANE STRESS](ANALYSIS DIMENSION)

→ [JOB RESULTS]

→ [von_mises](SCALARS) → [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 8GB) 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」→「並列コンピュータ」→「プログラムの実行」→「バッチ処理」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。

応力解析

平面応力

ポストファイルに出力する情報を設定。

ミーゼス応力を指定。



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。

ミーゼス応力を指定します。

バンドコンター処理をします。

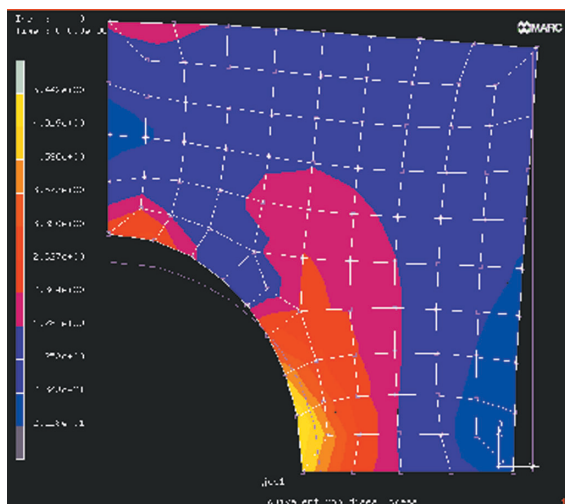
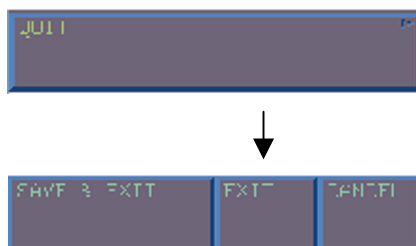


図7:応力解析結果

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。

→ [von_mises](SCALARS) → [OK]

ミーゼス応力を指定。

→ [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 8GB) というキューに
投入されます)
MSC. Marc 2005
-----
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 | カファイル名 model1_job1.dat を指定 |
| -cpu | sec c | pu 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 |

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」→「並列コンピュータ」→「プログラムの実行」→「バッチ処理」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.t19(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.t19] → [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] ミーゼス応力を指定します。

[CONTOUR BANDS] バンドコンター処理をします。

5.6 解析結果画像の出力

解析結果の画像は、Postscript ファイルへ出力できます。

スタティックメニュー[UTILS]

→ [COLOR FILE] カラーPostscript ファイル

→ [GRAY FILE] モノクロ Postscript 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/marc2005/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/mentat2005/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/mentat2005/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/mentat2005/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 |