

[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 の紹介

東北大学情報部情報基盤課 共同利用支援係

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 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います。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ご好評をいただいております。

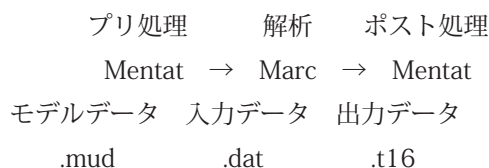
1. はじめに

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、MSC.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。



プリ処理では、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、解析では荷重履歴、解析実行を、ポスト処理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

サイバーサイエンスセンター 大規模計算システムの利用者番号

が最低限必要となります。センターの並列コンピュータ (front.cc.tohoku.ac.jp) でサービスしている Marc (Marc 2014.2) で利用できる最大メモリサイズは 128 GB です。

3. Mentat でのモデル解析例

3. 1 例題

図 1 に示すような中央に円孔を持つ平板を、上下に引張る場合の線形弾性解析を行います。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。

モデルの寸法と材料特性は表 1 のとおりです。

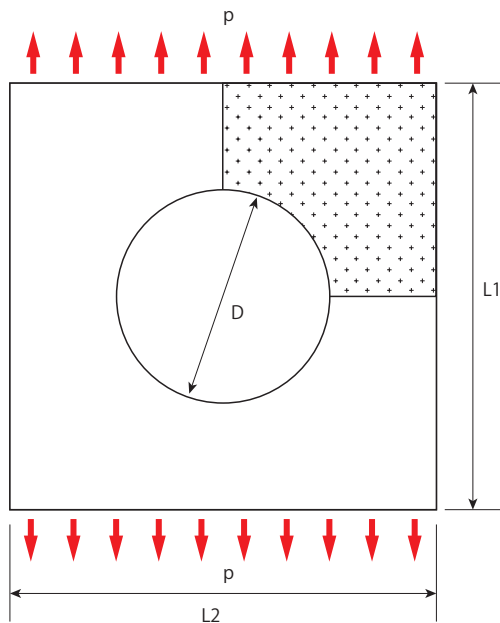


表 1 モデル条件

長さ L1 (mm)	100
長さ L2 (mm)	100
板厚 t (mm)	2.5
円孔の直径 D (mm)	50
荷重 p (N/mm ²)	1
ヤング率 E (N/mm ²)	2.0×10^5
ポアソン比 ν	0.3

図 1 穴あき正方形板

3. 2 Mentat の起動

センターの Mentat の起動には、並列コンピュータに SSH 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。センター外の PC 等にインストールした Mentat を起動するには、センターのライセンスサーバを参照するために、ポートフォワーディングの設定と並列コンピュータへの SSH 接続が必要です。

以下では PC 版の Mentat 2016.0.0 で操作方法を説明します。PC 版を起動する場合はデスクトップのアイコンをダブルクリックします。

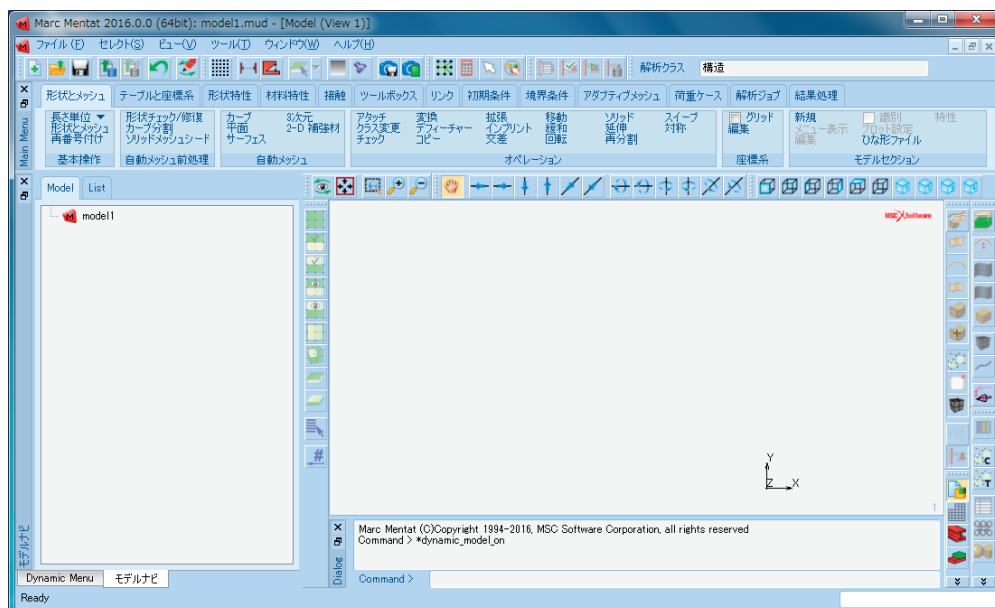
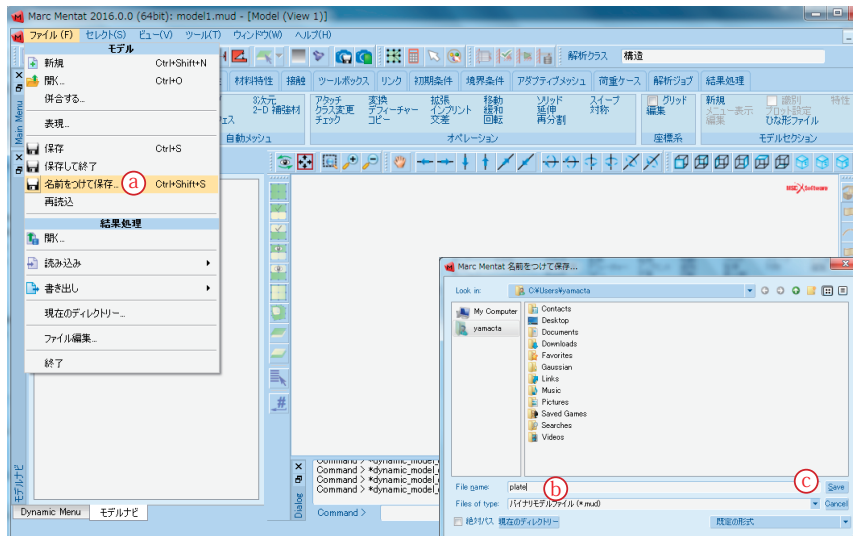


図 2 Mentat 起動画面

3. 3 モデルファイルの保存

モデルファイルに名前を付ける。

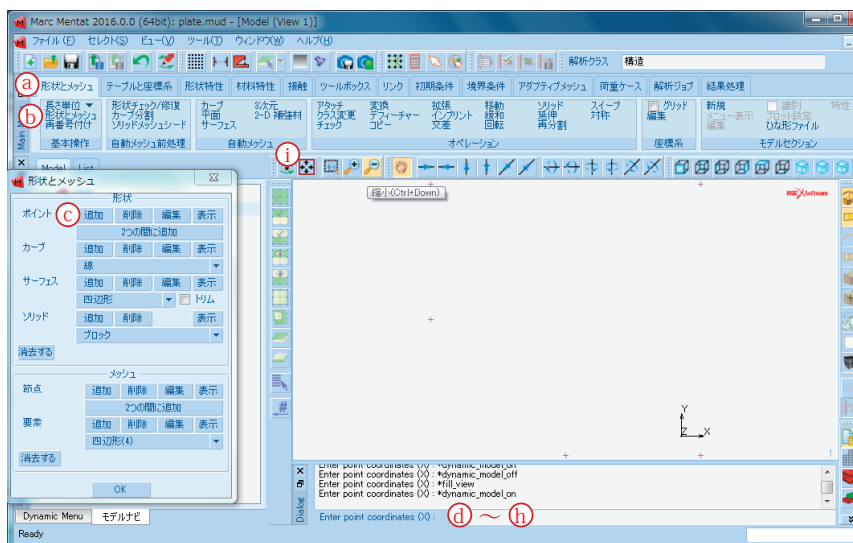
- (a) [ファイル (F)] [名前を付けて保存]
- (b) File name: plate
- (c) [Save]



3. 4 形状の作成

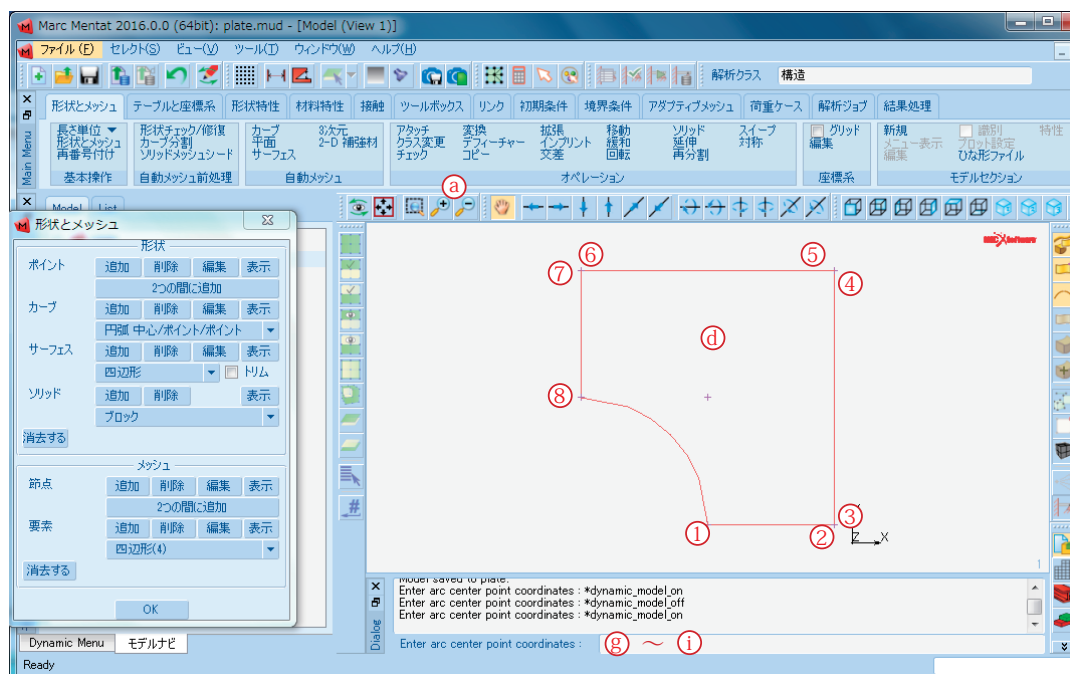
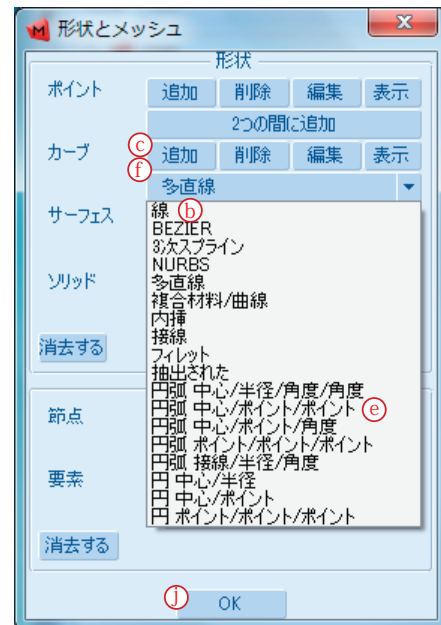
モデルのベースとなる形状を作成する。

- (a) [形状とメッシュ] タブ
- (b) 基本操作: [形状とメッシュ]
- (c) ポイント: [追加]
- (d) 25 0 0 <Enter>
- (e) 50 0 0 <Enter>
- (f) 50 50 0 <Enter>
- (g) 0 50 0 <Enter>
- (h) 0 25 0 <Enter>
- (i) アイコン [ビューに合わせる]



3. 5 形状の作成 (続き)

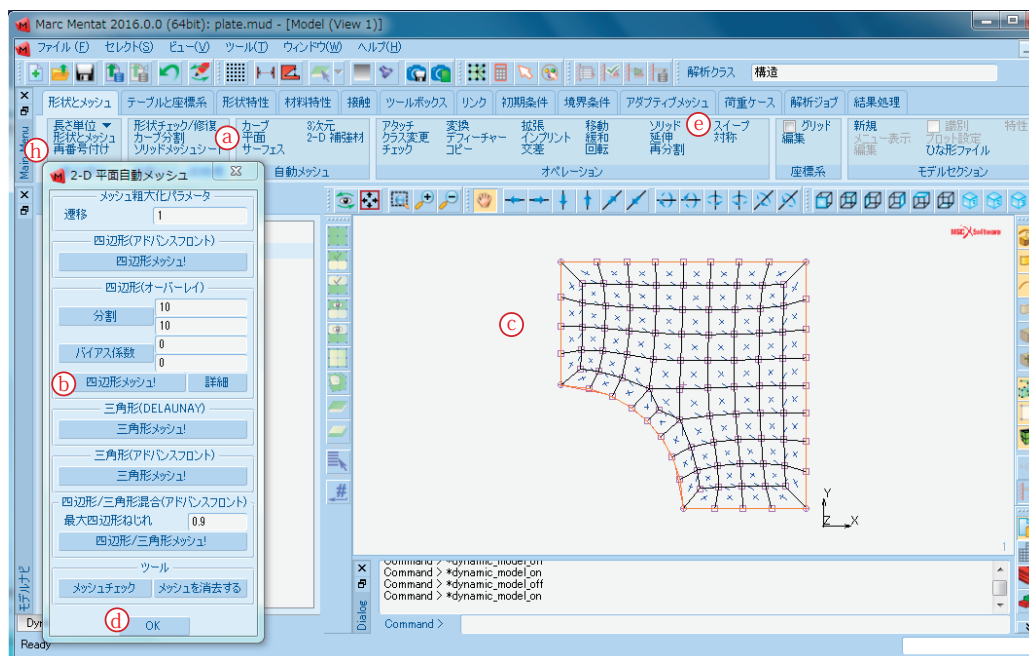
- (a) アイコン [縮小] × 3 回
- (b) カーブの種類を選択: 線
- (c) カーブ: [追加]
- (d) 作成したポイントをマウスの左クリックで順に選択
- (e) カーブの種類を選択: 円弧 中心 / ポイント / ポイント
- (f) カーブ: [追加]
- (g) 0 0 0 <Enter>
- (h) 25 0 0 <Enter>
- (i) 0 25 0 <Enter>
- (j) [OK]



3. 6 要素の作成

解析に用いる要素を作成する。

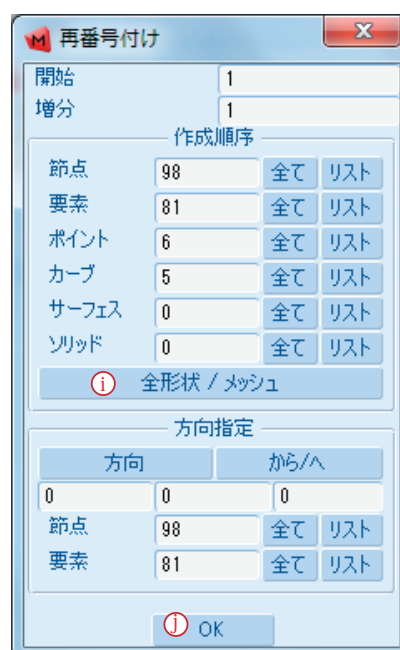
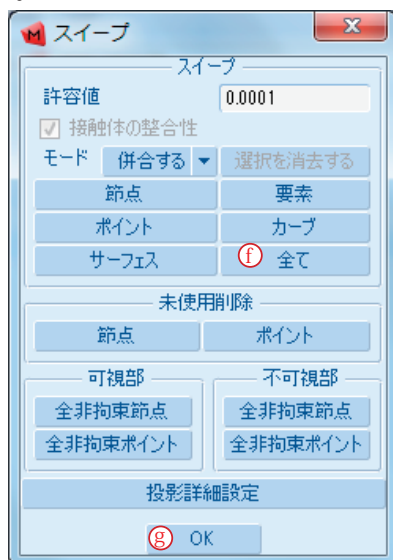
- (a) 自動操作：[平面]
- (b) 四角形（オーバーレイ）：[四角形メッシュ！]
- (c) 全てのカーブを「左クリック」のドラッグで選択して「右クリック」
- (d) [OK]



3. 7 要素の修正

重複接点を削除し、要素番号が連番になるように付け直す。

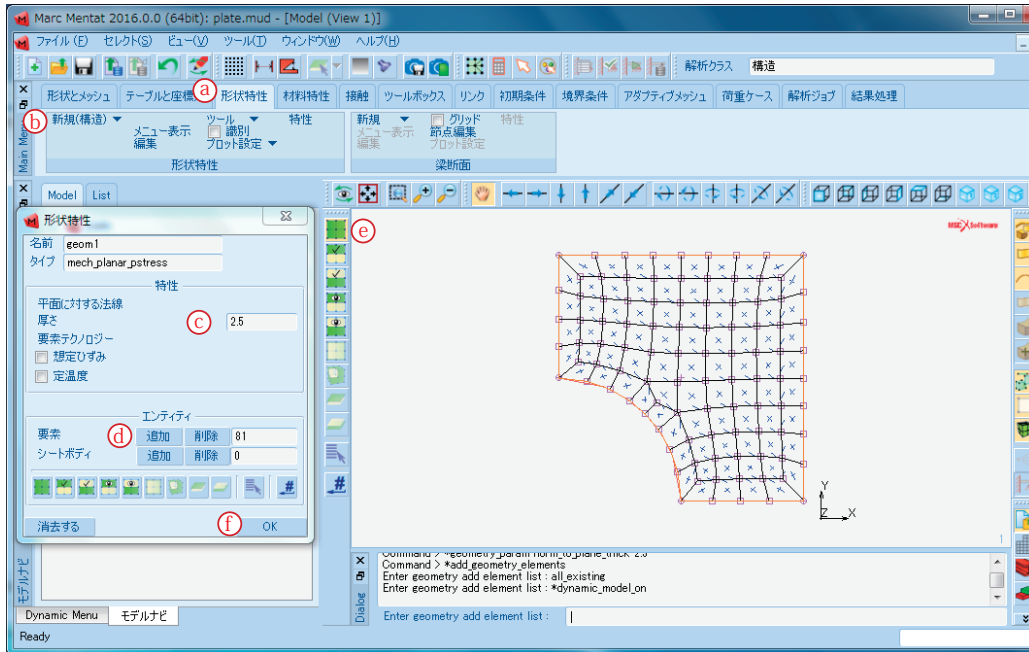
- (e) オペレーション：[スweep]
- (f) [全て]
- (g) [OK]
- (h) 基本操作：[再番号付け]
- (i) [全形状 / メッシュ]
- (j) [OK]



3. 8 形状特性の定義

形状特性として、厚さ 2.5(mm) を定義する。

- (a) [形状特性] タブ
- (b) 形状特性：[新規（構造）] [平面] [平面応力]
- (c) 厚さ：2.5 <Enter>
- (d) 要素：[追加]
- (e) アイコン [定義済み全て]
- (f) [OK]



3. 9 材料特性の定義

作成した要素に対して、材料特性を定義する。

- (a) [材料特性] タブ
- (b) 材料特性：[新規（構造）] [有限剛性領域] [標準]
- (c) ヤング率：2e5 <Enter>
- (d) ポアソン比：0.3 <Enter>
- (e) 要素：[追加]
- (f) アイコン [定義済み全て]
- (g) [OK]



対象条件となる拘束条件を定義する。

- 境界条件特性**

名前 apply3
 タイプ fixed_displacement

特性

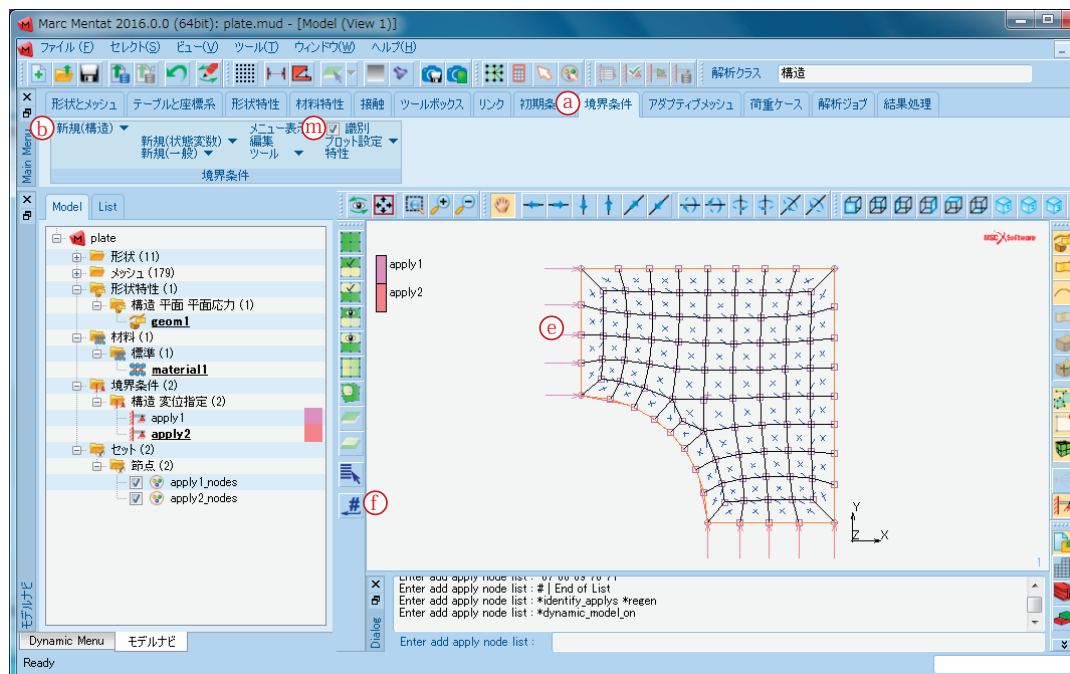
手法 入力値
 参照位置 BCが有効になった時の位置
 時間依存 テーブル

☒ 変位X (c)
☐ 変位Y
☐ 変位Z
☐ 回転X
☐ 回転Y
☐ 回転Z

エンティティ

エンティティ	追加	削除	数
モデルセクション頂点	追加	削除	0
節点 (d)	追加	削除	0
ポイント	追加	削除	0
カーブ	追加	削除	0
サーフェス	追加	削除	0
ソリッド頂点	追加	削除	0
ソリッドエッジ	追加	削除	0
ソリッドフェース	追加	削除	0
ソリッド	追加	削除	0

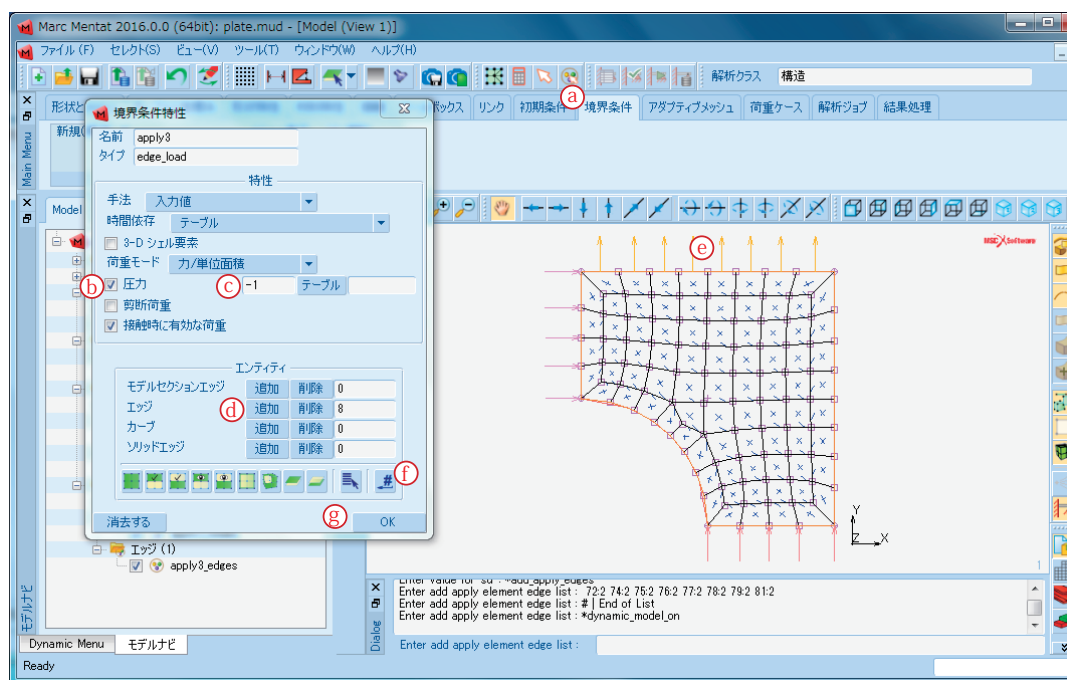
消去する (g) OK



3. 11 荷重条件の定義

上端の要素エッジに $1(\text{N/mm}^2)$ の引張り荷重を定義する。

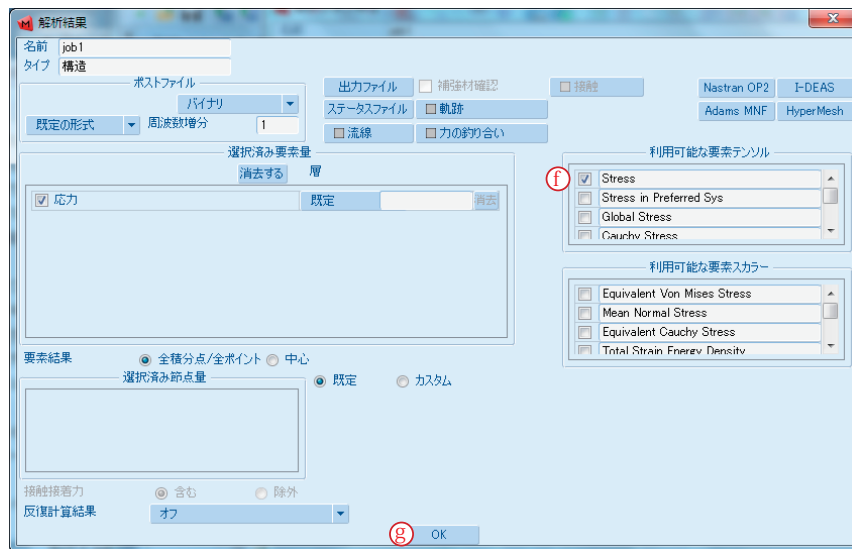
- (a) 境界条件：[新規（構造）] [エッジ荷重]
- (b) □ 圧力のチェックを ON
- (c) 圧力：-1 <Enter>
- (d) エッジ：[追加]
- (e) モデル上端の要素エッジを全て選択
- (f) アイコン [リスト終了 (#)] またはマウスの右クリック
- (g) [OK]



3. 12 解析ジョブの設定

解析の最終準備をする。

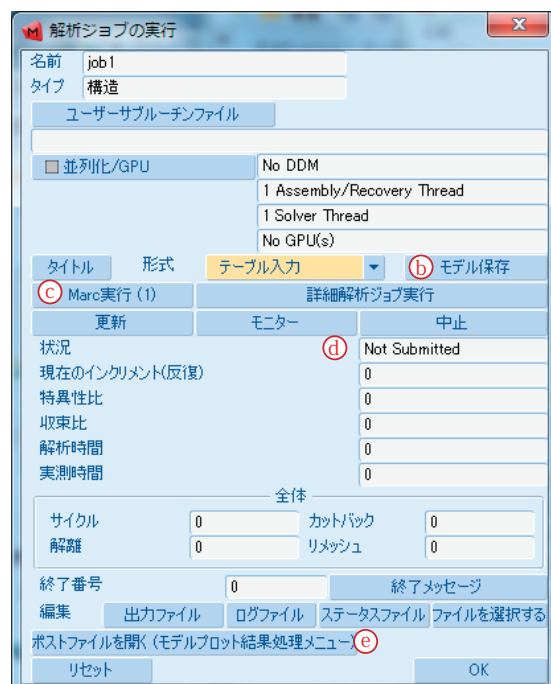
- (a) [解析ジョブ] タブ
- (b) 解析ジョブ：[新規] [構造]
- (c) ☐ 線形弾性解析のチェックを ON
- (d) 解析次元：[平面応力]
- (e) [解析結果]
- (f) 利用可能な要素テンソル：[Stress]
- (g) [OK]



3. 13 解析の実行

解析を実行する。

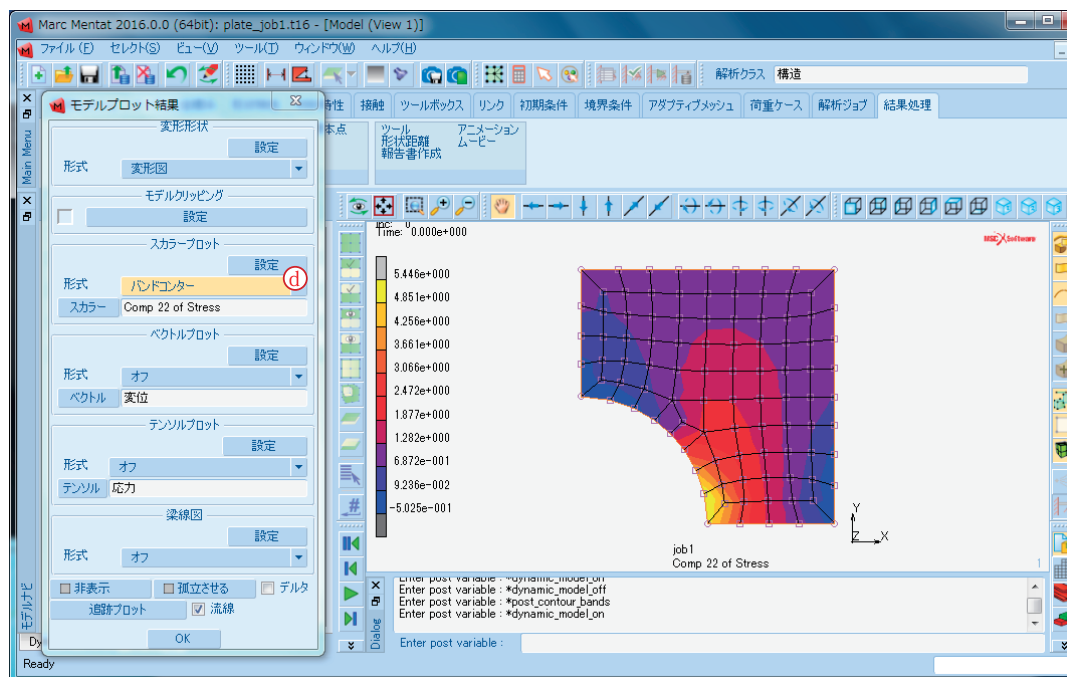
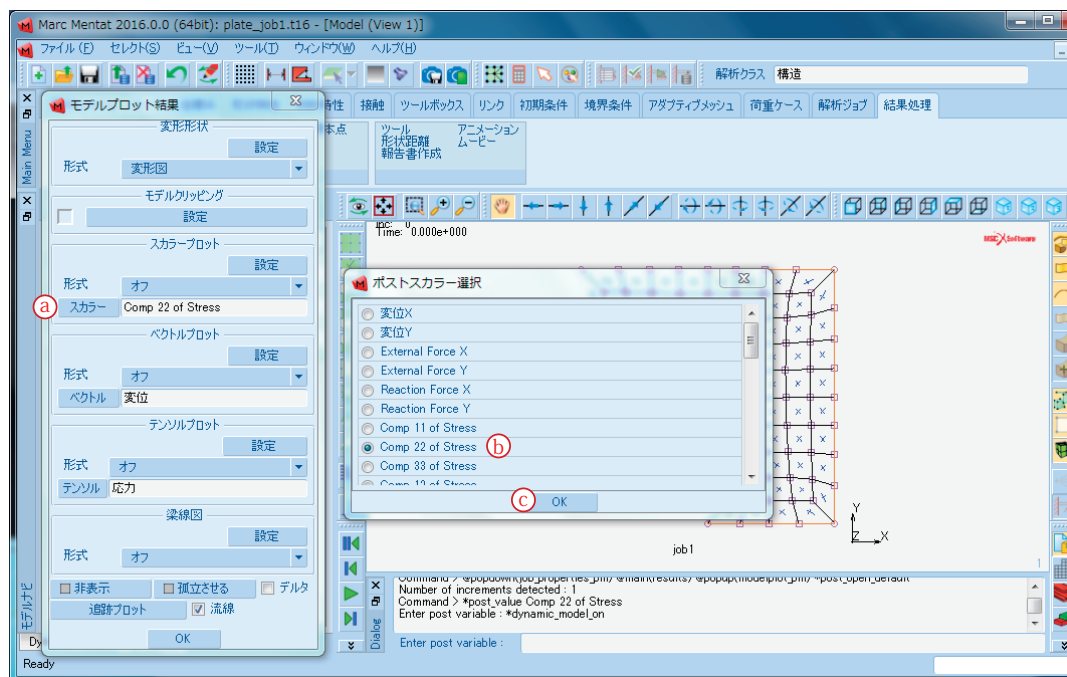
- (a) 解析ジョブ特性ウィンドウ：[実行]
- (b) [モデル保存]
- (c) [Marc 実行 (1)]
- (d) "状況" と "終了番号" を確認し、
正常に終了したら結果ファイルを開く
- (e) [ポストファイルを開く
(モデルプロット結果処理メニュー)]



3. 14 結果処理 1 (応力分布のコンター図)

引張り方向 (Y 軸方向) 応力のコンター図を表示する。

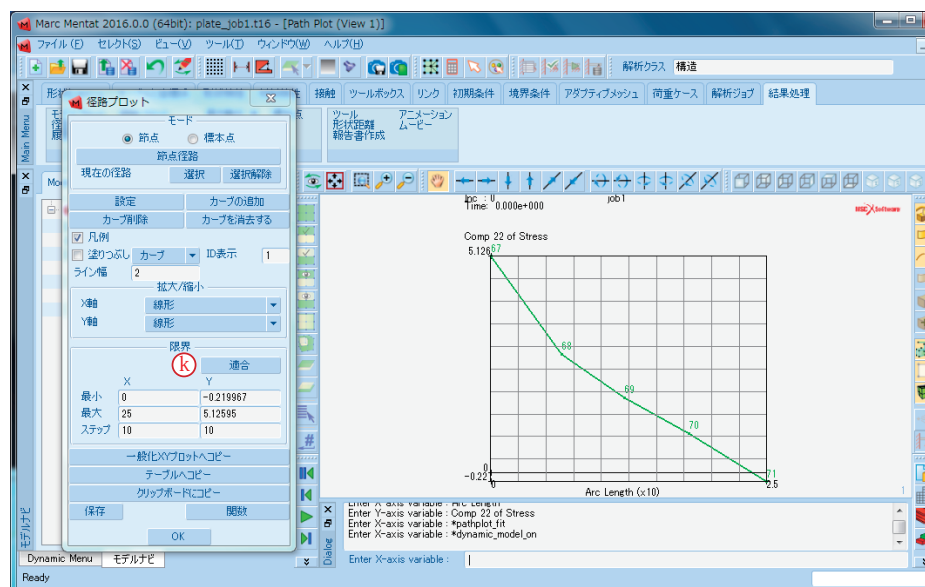
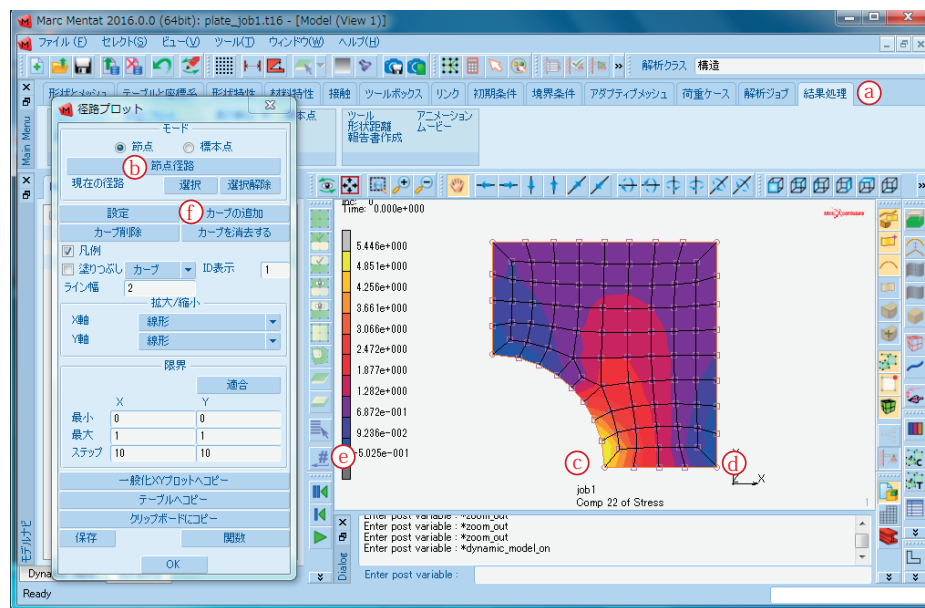
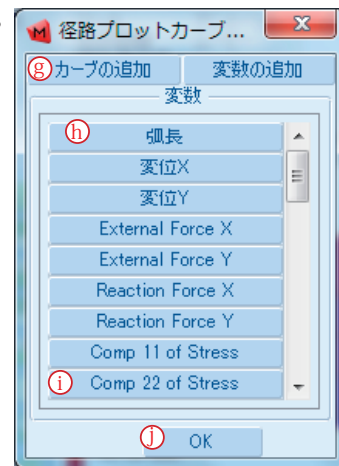
- (a) スカラープロット : [スカラー]
- (b) [Comp 22 of Stress]
- (c) [OK]
- (d) スカラスカラープロット形式 : バンドコンター



3. 15 結果処理 2 (応力分布のグラフ化)

下端の対称軸上の引張り方向（Y 軸方向）応力をグラフ表示する。

- (a) 結果処理タブ：[経路プロット]
- (b) [節点経路]
- (c) 対称軸上の左端の節点を選択
- (d) 対称軸上の右端の節点を選択
- (e) アイコン [リスト終了 (#)] またはマウスの右クリック
- (f) [カーブの追加]
- (g) [カーブの追加]
- (h) 変数：[弧長]
- (i) 変数：[Comp 22 of Stress]
- (j) [OK]
- (k) [適合]



4. 並列コンピュータでの解析実行

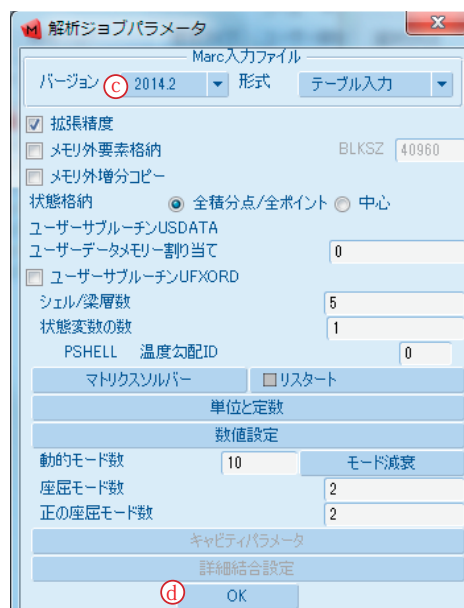
「3. 13 解析の実行」では、Mentat のメニュー上から PC 上で解析を実行する手順を解説しましたが、この章ではセンターの並列コンピュータで解析する手順を説明します。その前章の「解析ジョブの設定」までモデル作成を終えて下さい。

センターでサービスしている Marc のバージョンは 2014.2 なので、それより新しいバージョンの Mentat で使用している機能の一部は利用できないことがあります。

4.1 インプットファイルのバージョン設定

Marc 2014.2 用のインプットファイルを出力するように設定する。

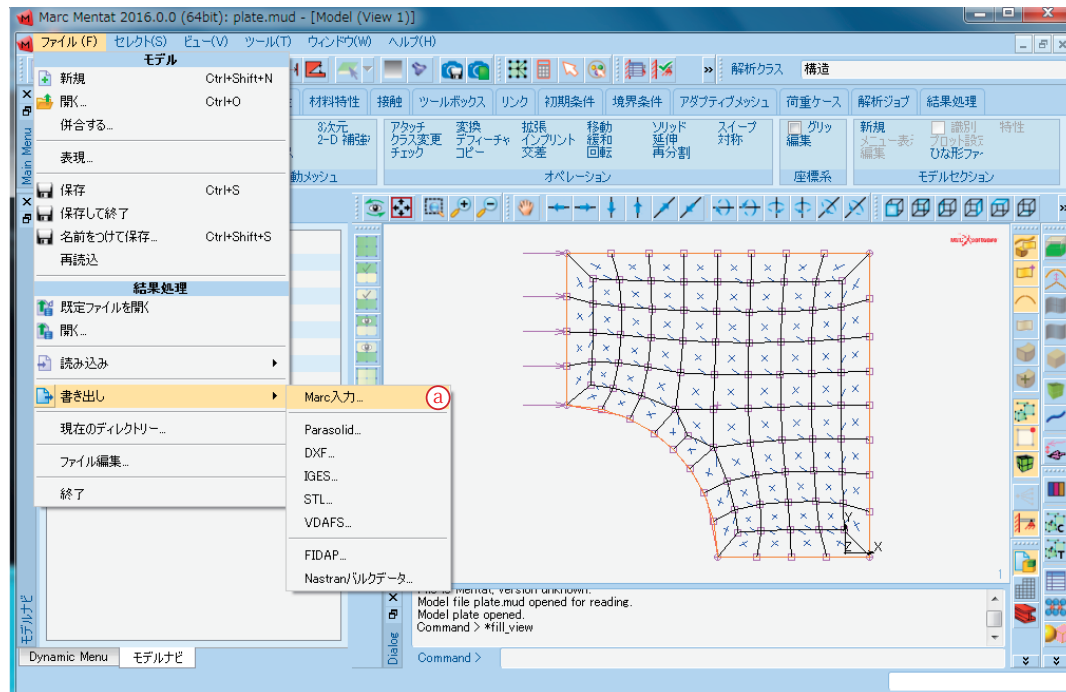
- (a) 解析ジョブタブ：解析ジョブ：[特性]
- (b) [解析ジョブパラメータ]
- (c) バージョン：[2014.2]
- (d) [OK]



4.2 インプットファイルの作成

Marc のインプットファイルを作成する。

- (a) ファイル：書き出し：[Marc 入力]
- (b) ファイル名を指定：plate_job1 <Save>



4.3 インプットファイルの転送

WinSCP などのファイル転送ソフトを使って、Marc のインプットファイル (plate_job1.dat) を並列コンピュータに転送します。このときファイルはテキスト形式で転送して下さい。

4.4 並列コンピュータでの Marc 実行

並列コンピュータにログインし、以下のコマンドでインプットファイル名を指定して Marc を実行します。拡張子の .dat は入力しません。

```
run_marc -j plate_job1 -v n <Enter>
```

リクエストは ap キュー（アプリケーション実行用、実行時間制限無し、最大 128GB メモリ）に投入されます。

バッチリクエストの状態確認、キャンセルについては、サイバーサイエンスセンターホームページ、「LX406 プログラミング利用ガイド バッチリクエスト」をご覧ください。

<http://www.ss.cc.tohoku.ac.jp/scalar/guide.html# バッチリクエスト>

4.5 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を表 2 に載せておきます。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 run_marc 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	インプットファイル名を指定 (.dat は省略)
-cpu	sec	CPU 時間の制限を秒で指定
-ver (-v)	yes (デフォルト) /no	バッチリクエスト投入前に確認をする / しない
-user (-u)	user_subroutine_file	ユーザサブルーチンファイルを指定

4.6 出力ファイルの確認

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 であれば正常終了です。tail コマンドで plate_job1.out の末尾を確認します。

```
plate_job1.out( 解析結果 )
plate_job1.log( 解析ログ )
plate_job1.t16( ポストファイル )
plate_job1.sts( ステータスレポートファイル )
plate_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。

解析結果ファイルの末尾にある 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。代表的な exit number とその内容を表 3 に示します。その他についてはマニュアル (C 編プログラム入力 付録 A プログラムメッセージ) を参照ください。

表 2 run_marc コマンドオプション

exit number	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。
67	ライセンスエラー
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

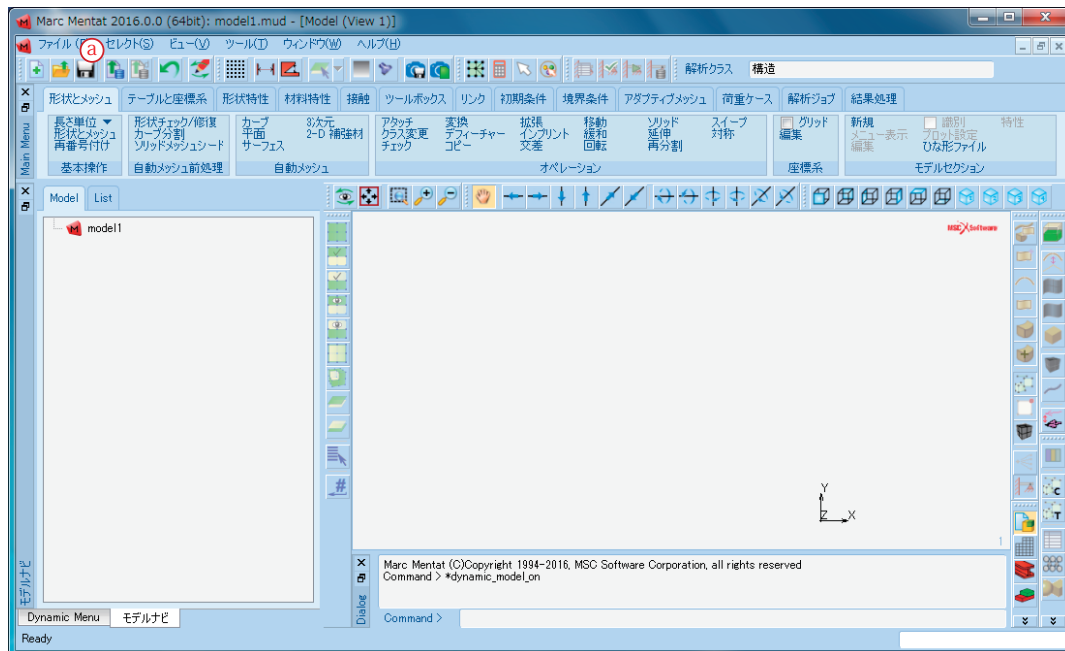
4.7 ポストファイルのダウンロード

WinSCP などのファイル転送ソフトを使って、Marc のポストファイル (plate_job1.t16) を並列コンピュータからローカルの PC に転送します。このときファイルはバイナリ形式で転送して下さい。

4.8 解析結果の表示

ポストファイルを読み込んで解析結果を表示する。

- (a) アイコン「結果ファイルを開く」
- (b) ファイルを選択 <Open>



5. 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 front.cc.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。

/usr/ap/MSC2014.2/marc2014.2/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 front.cc.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。

/usr/ap/MSC2014.2/mentat2014.2/examples/marc_ug/

6. マニュアル

MSC. 社のウェブサイトより PDF マニュアルがダウンロード出来ます。

https://simcompanion.mscsoftware.com/infocenter/index?page=content&cat=MARC_DOCUMENTATION&channel=DOCUMENTATION

7. テクニカルサポート

アカデミックユーザーは MSC 社のオンラインテクニカルサポートが利用出来ます。詳しくは MSC. 社のウェブサイトをご覧ください。

http://www.mscsoftware.co.jp/training_support/tech_support/