

有限要素法に基づく汎用構造解析プログラムMARC K5.2とその前後処理プログラムMentatIIの紹介

山成, 實
熊本大学大学院自然科学研究科

<https://doi.org/10.15017/1470270>

出版情報：九州大学大型計算機センター広報. 28 (2), pp.72-99, 1995-06. 九州大学大型計算機センター
バージョン：
権利関係：



有限要素法に基づく汎用構造解析プログラム MARC K5.2 と その前後処理プログラム Mentat II の紹介

山 成 實 *

目 次

1. はじめに	73
2. 新バージョンの情報	73
2.1 MARC K5.2 の新機能	74
2.2 Mentat II の新機能	74
3. システムの構成	74
4. Mentat II の概要	75
4.1 プリプロセッサとしての機能	75
4.2 ポストプロセッサとしての機能	75
4.3 Mentat II の画面	76
4.4 Mentat II のコマンド	77
4.4.1 入力データの型	77
4.4.2 コマンドの省略形入力と連続入力	77
4.4.3 コマンドの割り込み入力	77
4.5 マウスボタンの機能	79
4.6 マウスによる要素および節点の選択法	80
4.7 Mentat II のマニュアル	80
5. MARC の概要	80
5.1 MARC プログラムの解析能力	80
5.2 材料ライブラリ	81
5.3 要素ライブラリ	82
5.4 MARC プログラムのマニュアル	82
5.5 入力データの構成	82
5.6 MARC プログラムの利用形態	84
6. Mentat II の実行	85
6.1 メッシュデータの作成	86
6.2 メッシュデータの保存と読み込み	86
6.3 ポスト処理	87
7. MARC の実行	88
7.1 カタログド・プロシジャの使用法	88
7.1.1 MARC プログラムのみの解析	88
7.1.2 ユーザーサブルーチンを使用しての解析	89
7.2 提供されている例題	89
7.3 MARC の出力メッセージと終了コード	89
7.4 ポストファイルの生成	97

*熊本大学大学院自然科学研究科

8. データの変換とファイル転送	97
8.1 入力データの大文字変換	97
8.2 ポストファイルのファイル変換	98
8.3 ファイル転送	98
9. 表示画面のカラープリンター出力	99
10. おわりに	99

1. はじめに

九州大学大型計算機センターでは、1991年12月2日付けでMARCおよびMentatの両プログラムの運用が開始された。それらは構造解析の分野を初めとする「場」を扱う分野の研究者からの支持を受けて、公開以来今日まで高い利用率を維持してきている。この度、MARCシステムが上位更新されたので、ここでは前回の解説[1]を基に、これまでに受けた質問などを踏まえて内容を補足しながら、本システムを新たに紹介する。

MARCシステムは図1.1に示すように、個々のプログラムが補完し合う形で全システムを構成している。その内のMARCプログラムおよびMentatプログラムは、このシステムの基幹部にあたり、誰もが利用するプログラムである。一方、他のプログラムは導入される計算機システムに応じて取捨選択して利用する部分である。ここで解説するのは、これらのうちのMARCプログラムおよびMentatプログラムである。

MARCプログラムは、有限要素法に基づく汎用構造解析プログラムとして、広く世界的に使用され、最も評価を受けているプログラムの一つである。MARCプログラムのもつ機能は構造解析を初め、熱伝導解析、音響解析、静電場解析などがあり、豊富なライブラリ群から必要なものを選択して自由度の高い解析処理ができる。特に、非線形解析が精度良く行えるところがこのプログラムの特長である。

MentatプログラムはMARCプログラムのための会話型プリ・ポストプロセッサであり、グラフィック・ディスプレイによるインタラクティブな入力データの作成・編集および解析結果の表示ができ、解析の準備から得られた結果の図化までの時間短縮に貢献する。

MARCプログラムおよびMentatプログラムは、それぞれ大型計算機およびワークステーションにインストールされており、両機間でのデータの転送を行いながら処理が進められる。

2. 新バージョンの情報

MARCシステムが九州大学大型計算機センターに導入されて以来、初めてのバージョンアップがなされる[2]。MARCプログラムおよびMentatプログラムは同時期に更新され、それぞれのバージョンが、MARCについてはK4からK5.2へ、Mentatについては5.4.2から新たなシリーズII v.1.2へと移行する。後者は名称もMentat IIと改められたことから推察できるが、以前のものから大幅な改善・変更がなされている。

以下にそれぞれのプログラムの新情報を紹介する。

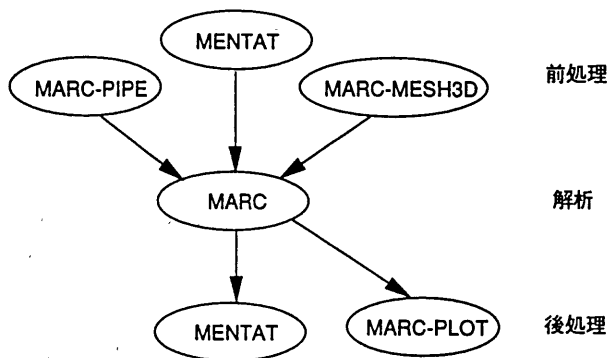


図1.1 MARCシステムの構成

2.1 MARC K5.2 の新機能

新しいバージョンでは K4 に比べてベクトル計算機に対応させたサブルーチンを多く有するようになった。これで処理速度が改善されたかどうかは、現在のところは不明である。というのも計算精度の面で倍精度演算がデフォルトとなったためであり、結果取得の時間がどのように変化するかを評価する手段が筆者には分からない。これらは何れにしても処理機能向上が図られ、利用者にとっては歓迎することである。

以下に MARC プログラムの解析機能の新情報を記す。

- ・接触問題における計算効率の向上が図られた。
- ・電磁場解析において、完全な連成のマックスウェルの方程式を扱えるようになった。
- ・地盤解析において、流体-地盤連成解析機能が追加された。
- ・オグデンモデルの追加によりエラストマーの大ひずみの非圧縮の挙動の解析が可能となった。
- ・パウダー材料が扱えるようになった。
- ・ダメージモデルが用意された。

2.2 Mentat II の新機能

Mentat II は X-window 上で稼働する。このプログラムの最大の進化はプログラム名が変わることで象徴されるように、コマンド体系が階層構造から随時入力可能なユニバーサルな体系へと変わり、操作性が大幅に改善されたことである。前のバージョンではコマンドレベルの移動を意識しなければならなかったのに対して、新しい Mentat では使用者をその煩わしさから解放した。新機能を列記すると以下ようになる。

- ・あるコマンドのプロンプトが表示されている途中でも、他のコマンドを割り込み入力しても受け付けられる。
- ・キーワード入力においてミススペルした場合、注意を促す。
- ・マウスを用いた領域指定において、矩形の他に多角形、ラッソ（投げ縄）が追加された。

旧来の Mentat ユーザーへの情報

数値および文字入力のためのプロンプトマークが逆になった。理由は不明である。

3. システムの構成

MARC プログラムおよび Mentat プログラムは図 3.1 に示されるように、ベクトル計算機および 1 台のワークステーションにそれぞれインストールされている。両機間では高速データ転送が可能であり、それぞれの計算機による処理結果を磁気テープなどの外部記憶媒体などを介さずにお互いにやりとりできることで、両プログラムの有機的利用形態が実現されている。利用者はサーバー medics に接続される X 端末から Mentat II を使用し、MSP 上で MARC プログラムを実行させることになる。

ワークステーションのグラフィック・ディスプレイ表示結果はネットワーク上のカラープリンターにハードコピー出力できる [3]。

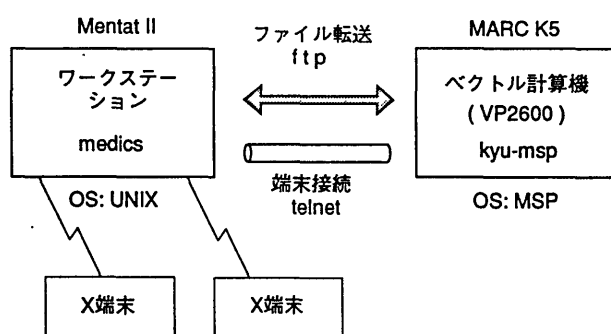


図 3.1 使用する計算機の構成

4. Mentat II の概要

ここでは MARC プログラムのプリ・ポストプロセッサである Mentat プログラムの機能について述べる。

有限要素解析には解析対象を多数の要素に分割して解くため、入力データは時として膨大な量になる。大量のデータを従来のようにエディタでカード・イメージ・データを作成していたのでは要素まわりの節点番号、節点座標、境界条件などの誤入力が生じ易く、解析後の入力データのエラーが報告されても何処をどのように訂正すべきかが分かるにはかなりの時間がかかり、使用者の熟練も要求される。

プリプロセスおよびポストプロセスは文字どおり MARC プログラムによる解析の入力データ作成のための前処理および解析結果の後処理を行うものである。ワークステーションのグラフィック・ディスプレイで解析対象の全貌あるいは細部を視覚的に確認しながら作業が進められる。データ修正も容易に行えることは複雑な形状の対象を解析する場合に大いに助かる。Mentat プログラムはワークステーションにインストールされており、ワークステーションの利用の知識が少々必要である。

4.1 プリプロセッサとしての機能

解析用入力データの作成にあたり、Mentat プログラムは便利な会話型入力支援システムである。MARC プログラムへの入力データに必要とされるメッシュデータ（要素分割に関わる幾何学的情報）、材料特性データ、境界条件データおよび外力データなどの殆どのデータが作成できる。しかも、グラフィック・ディスプレイを見ながら編集作業が行え、誤入力データの修正が可能である。

Mentat II は MARC プログラムの線形解析用入力データとしてカード・イメージのファイルを生成する。MARC プログラムで非線形解析を行うには Mentat II で生成されたデータにエディタで解析条件を追加すればよい。

Mentat II で生成されたファイルは再び読み込むことができるので、データの編集を区切りながら行える。また、複数の類似の入力データを作成する場合に、最初に生成したファイルを別名のファイルにコピーしてデータ変更を行うと効率の良いデータ作成ができる。

4.2 ポストプロセッサとしての機能

MARC プログラムによる解析結果をポストファイルに出力しておくと、Mentat II でグラフィック・ディスプレイに図 4.1 に示すような図を描くことができる。ポストファイルは後述の MARC プログラムを実行させるジョブコントロールカード中に指示データを書込むことで生成される。

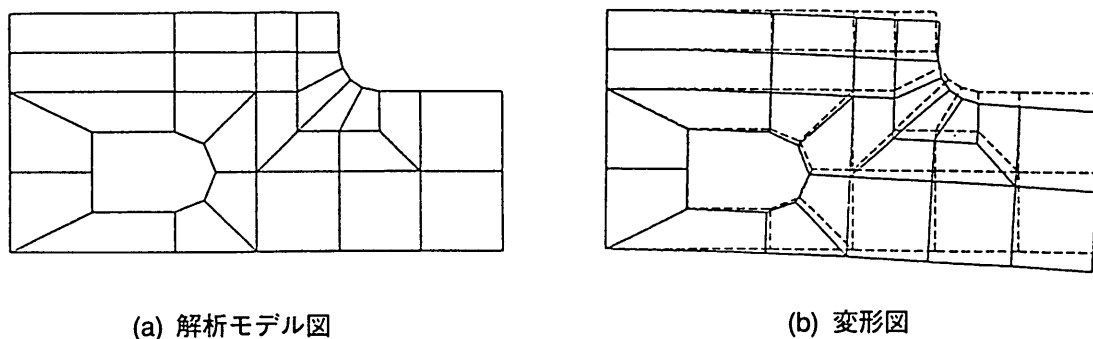
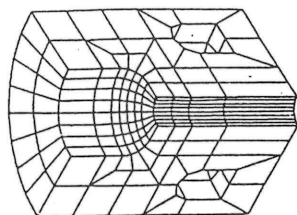
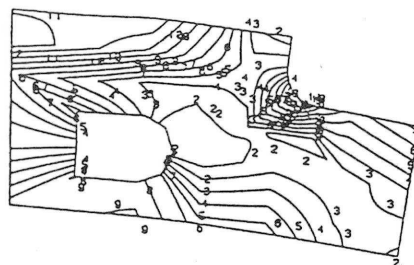


図 4.1 Mentat II による出力例（続く）

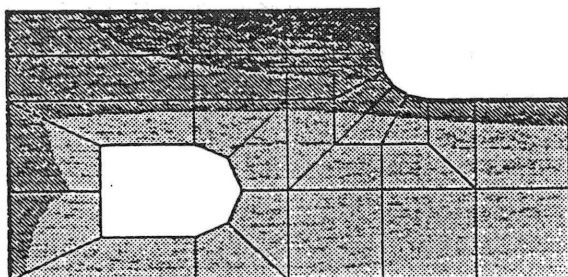


(c) 隠線処理図

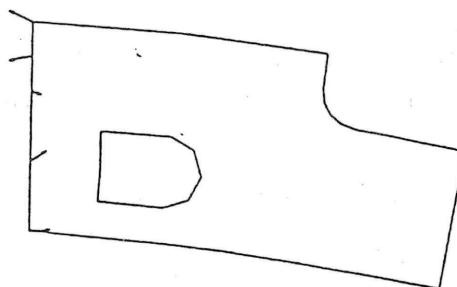
1) 0.626E-04
2) 0.102E-05
3) 0.141E-05
4) 0.181E-05
5) 0.220E-05
6) 0.259E-05
7) 0.299E-05
8) 0.338E-05
9) 0.377E-05
10) 0.417E-05
11) 0.456E-05
12) 0.495E-05



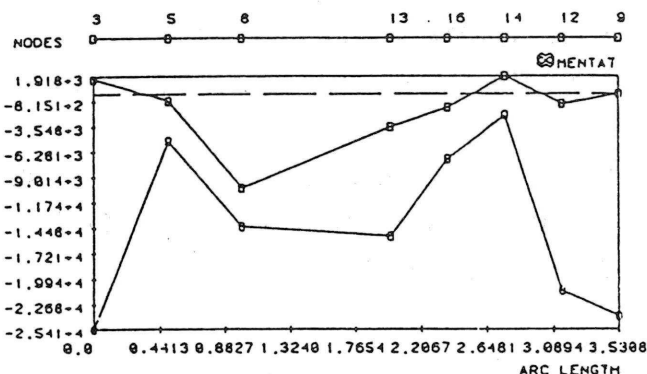
(d) 等高線図



(e) 等高帯図



(f) ベクトル表示



(g) グラフ

図 4.1 Mentat II による出力例 (続き)

4.3 Mentat II の画面

Mentat II を起動させると、旧システム利用者から見ればその様相が以前のものと大幅に異なっていることに気付く筈である。画面構成は図 4.2 のようなゾーニングがなされている。

グラフィックエリアは解析モデルの表示領域であり、構成要素の状態、境界条件、外力条件および解析結果の状態図を図示する。

ダイナミックメニューはマウスで一つのコマンドを選ぶと、その下にあるサブメニューが表示され、その都度必要なコマンド群によって置き換えられる。

一方、スタティックメニューでは、定められたコマンド群が常時表示され、何時でもマウスで選択できるよう用意されている。表示図の移動、拡大縮小、データの読み書きなどがその代表である。

ダイアログエリアは、利用者が入力したコマンドやデータが文字表示され、数値などのキーボードからの

データ入力に用いられる。

ステータスは Mentat II の状態を表す領域である。コマンド受け付け可の状態であれば Ready, 作図等の処理中であれば Working というふうに表示される。

余談であるが、大規模データを扱う場合、計算時間が長くなるのでこの情報を見て Mentat II の様子を知ること、システムがハングアップしたのではという疑いが解ける。

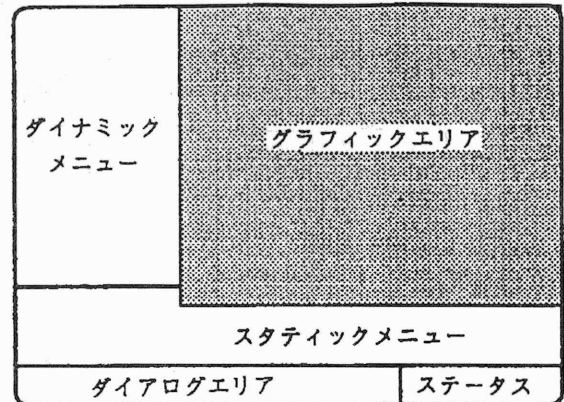


図 4.2 Mentat II の画面構成

4.4 Mentat II のコマンド

使用者はコマンドをキーボードから入力するかマウスでグラフィック・ディスプレイに一覧できるメニューから選択することで会話的に処理を進める。Mentat プログラムのコマンドは構造的には階層構造を成しているが、機能毎に整理し直され、必要とされるコマンドを随時入力することができるようになった。この点において Mentat II は旧システムとは別のプログラムと思わせられるほど飛躍的に改善されている。

4.4.1 入力データの型

Mentat プログラムではマウスによるコマンドの選択だけでは利用できず、解析モデルの寸法、材料特性値あるいは種類などはキーボードから入力しなければならない。入力データの型は数値と英字からなり、以下のように入力データを数値で要求しているのか英字で要求しているのかが、プロンプトで分かるようになっている。

- > 英字データの要求 (コマンド、ファイル名など)
- : 数値データの要求
- :> 英字あるいは数値データの要求 (例: 1 to 100 and 201)
- ? yes または no の要求

4.4.2 コマンドの省略形入力と連続入力

全てのコマンドはキーボードから入力できるが、コマンドを 1 文字も違えずに全文字列を入力するのは骨が折れる。Mentat プログラムではコマンドの初めの 3 文字程度を入力すれば認識される。またコマンドを入力するたびに enter キーを入力せずに、複数のコマンドとデータを 1 個以上の空白で区切りながら 1 行中に連続して入力することができる。

- 例 Command> *SELECT USE ELEMENTS 1 TO 5 RETURN (詳細入力)
- Command> *SEL U EL 1 TO 5 RET (省略形入力)

4.4.3 コマンドの割り込み入力

Mentat II のメニュー構成は一見して、階層構造をなしているが、コマンド入力行為に関してはそうではない。すなわち、ある入力プロンプトが表示されて、それに対するデータが要求されている状態でも、利用者は別のコマンドをマウス入力してもキーボード入力しても受入れられる。いわゆるユニバーサルコマンド入力が Mentat II で実現されている。キーボード入力ではコマンドの頭に '*' を付加することで良い。

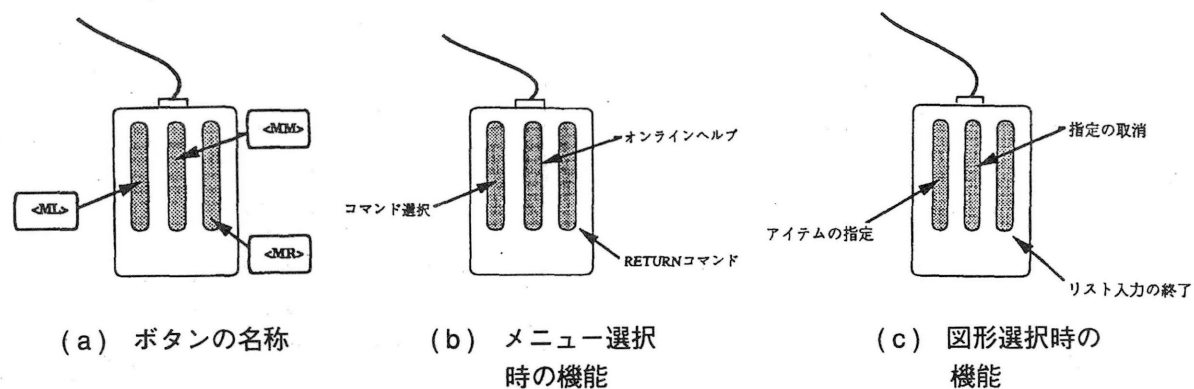


図 4.3 マウスボタンの役割

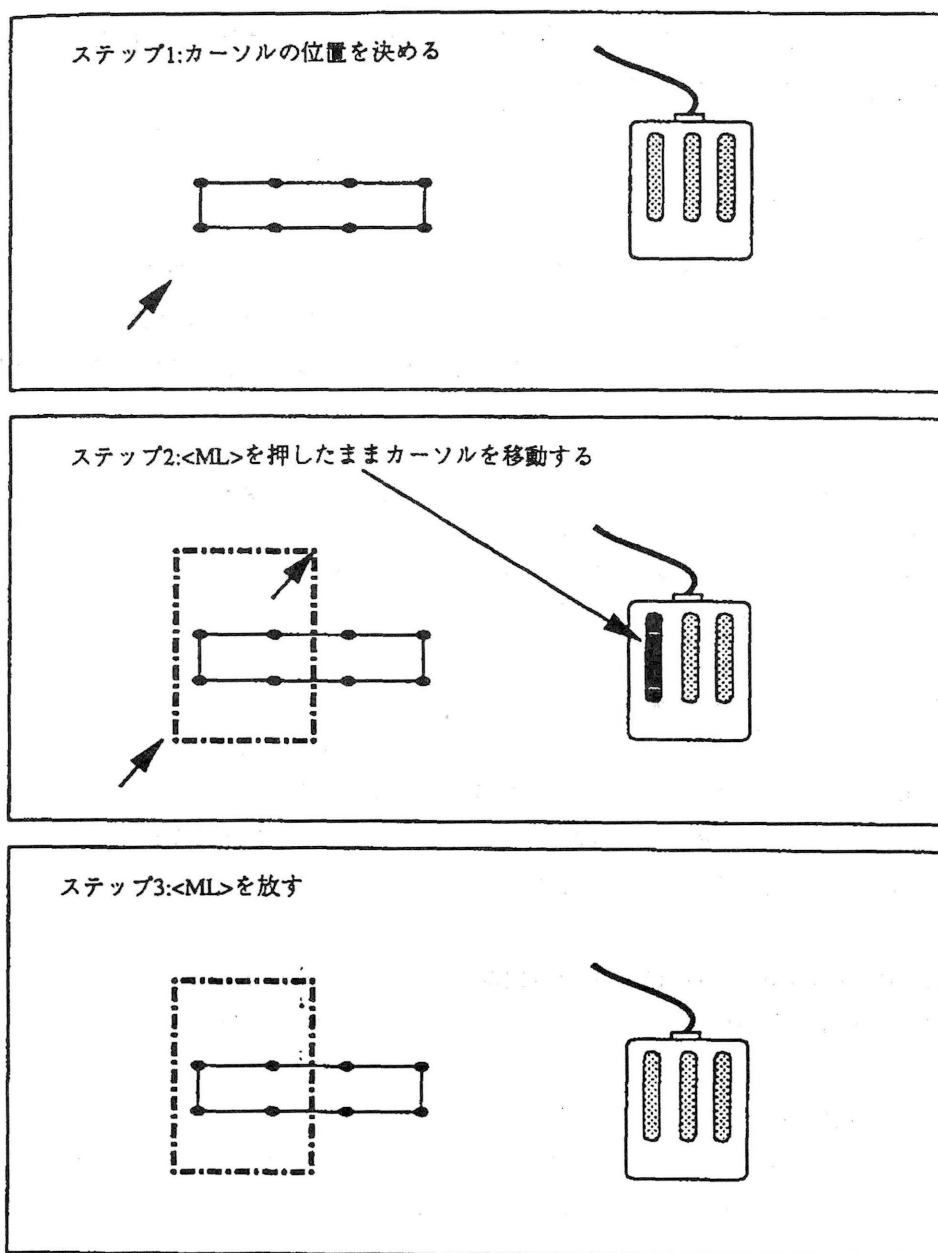


図 4.4 図形のボックス選択

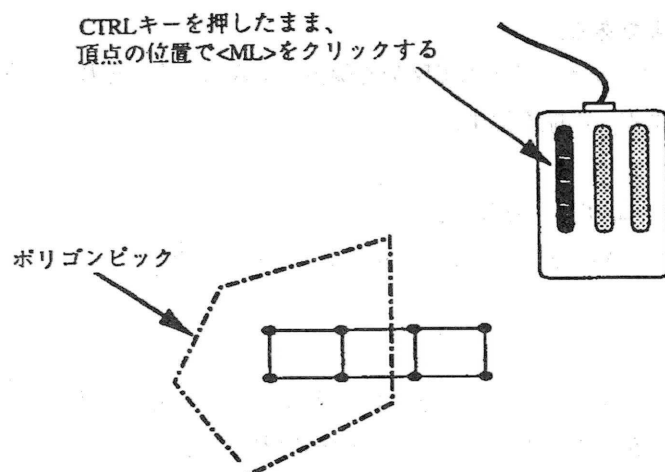


図 4.5 図形の多角形選択

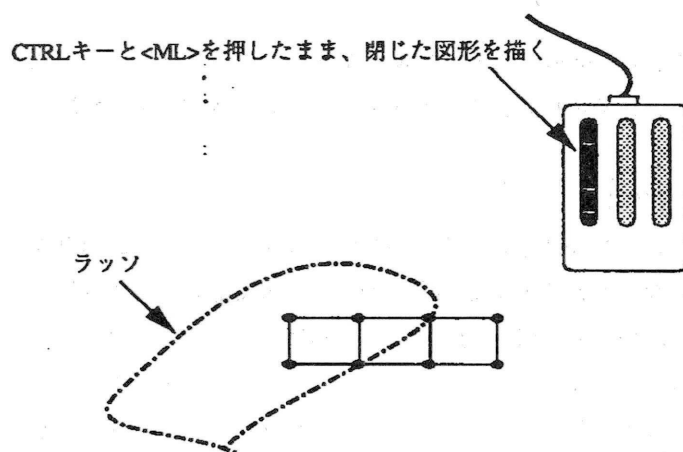


図 4.6 図形のラッソ選択

4.5 マウスボタンの機能

マウスにある3つのボタンの働きについて述べておく。Mentat IIではマウス操作でできるだけ多くの処理を遂行できるように、工夫がなされている。メニューのレイアウトもそうであるが、マウスの3つのボタンにそれぞれの役割をもたせて快適な操作性を実現しようとするものである。

マウスの左ボタン、中ボタンおよび右ボタンをそれぞれ<ML>、<MM>および<MR>と表現することにする(図4.3 (a))。マウスボタンの働きはメニュー選択時とグラフィックエリアでの図形選択時でそれぞれ異なる。

図4.3(b)はメニュー選択時のマウスボタンの各ボタンの働きを表している。メニュー選択において<ML>を使うのであるが、あるコマンド実行を取りやめてしまう場合は<MR>を一度クリックすると良い。この効果は、正確にはコマンド中断の意味もあるが、コマンドの階層を一つ戻すことを意味している。すなわち、スタティックメニューのRETURNコマンドを選択したことと同等である。

<MM>はオンラインヘルプのためのボタンである。メニューに記述されているコマンドは表示領域の制限のせいもあると思われるが、省略された表現が多くあり、Mentat IIに使い慣れるまでにコマンドの意味が分からないことがよくある。そのような時にマウスポインタをコマンドに乗せて<MM>を押すと、その説

明が画面に現れるので重宝である。

一方、図4.3 (c) はグラフィックエリア内で図形を編集する際に、それぞれのマウスボタンに割り当てられた機能を表す。次項で選択の手順を記す。

4.6 マウスによる要素および節点の選択法

グラフィックエリア内で要素や節点をマウスで範囲指定しそれを確定する方法として3種の方法が用意されている。

- ・ 一对の対角点を指定し、そのボックス内に完全に含まれるアイテムを指定する方法 (図4.4)
- ・ Ctrl キーを押しながら多角形の頂点を指定し、その多角形内に完全に含まれるアイテムを指定する方法 (図4.5)
- ・ Ctrl キーを押しながら〈ML〉を押し続け描いた一筆書きの図を描き、その中に完全に含まれるアイテムを指定する方法 (図4.6)

上の何れかの方法でアイテムを指定すると対象となるものは、実は仮の指定状態であり、確定するには〈MR〉を押す必要がある。逆にその仮指定を取り消したければ〈MM〉を押せばよい。

4.7 Mentat II のマニュアル

Mentat プログラムのマニュアル [5] は英文・和文の2種類がある。Mentat II ユーザーズ・ガイドは初めて Mentat II を使う人を対象とした入門編であり、例題を使って分かり易く説明してある。それ以外には出版物は無いが、オンライン・ヘルプ (印刷物ではないのでマニュアルとして扱うのは不適当かもしれない) があり、Mentat II 使用時にマウスポインタをコマンドに乗せてマウスの中ボタンを押すことで、即座に画面にコマンドの説明が表示される。使い慣れてくるとオンライン・ヘルプの方が重宝である。

5. MARC の概要

ここでは MARC プログラムの概説を行い、入力データの構造およびプログラムの利用法について述べる。詳しい利用法については MARC マニュアルの例題を参照するとよい。

MARC プログラムは1972年に最初のバージョンが発表されて以来、数度の改訂がなされてきており、現在 K5.2 バージョンが当センターに導入されている。公開以来、その解析機能の豊富さと解析精度の良さで、MARC は多くのセンター利用者の支持を得ている。K5.2 バージョンまでに、構造解析、熱応力解析、クリープ解析にとどまらず、音響解析、静電場解析、静磁場解析など機能が順次追加され、汎用性の高いものに発展した。

5.1 MARC プログラムの解析能力

MARC プログラムには数多くの解析ライブラリが用意されており、大別すると以下ようになる。

- ・ 静的解析
 - 線形解析、弾塑性解析、クリープ解析、粘弾性解析、座屈解析
 - 大変形解析、大ひずみ解析、J 積分、クラック解析、剛塑性解析 など
- ・ 動的解析

- 固有値解析, 応答解析, 応答スペクトル解析, 調和振動解析 など
- ・ 熱伝導解析
 - 定常解析, 非定常解析
- ・ 連成解析
 - 応力-熱連成解析, 流体-固体連成解析, 電気-熱連成解析 など
- ・ 潤滑解析
- ・ 静電場解析
- ・ 静磁場解析
- ・ 音響解析
- ・ 地盤解析

5.2 材料ライブラリ

豊富なライブラリが準備されており, 使用者は問題に応じて適宜選択して用いる. 材料ライブラリを大別すると以下ようになる.

- ・ 線形弾性材料
- ・ 複合材料
- ・ 非線形歪弾性材料
- ・ エラストマ
- ・ 時間に依存しない非弾性材料
- ・ 時間に依存する非弾性材料
- ・ 時間-温度-変態
- ・ 低張力材料 (コンクリートなど)
- ・ ダメージモデル

これらの材料ライブラリはパラメータを代えることにより構成則を設定することができる.

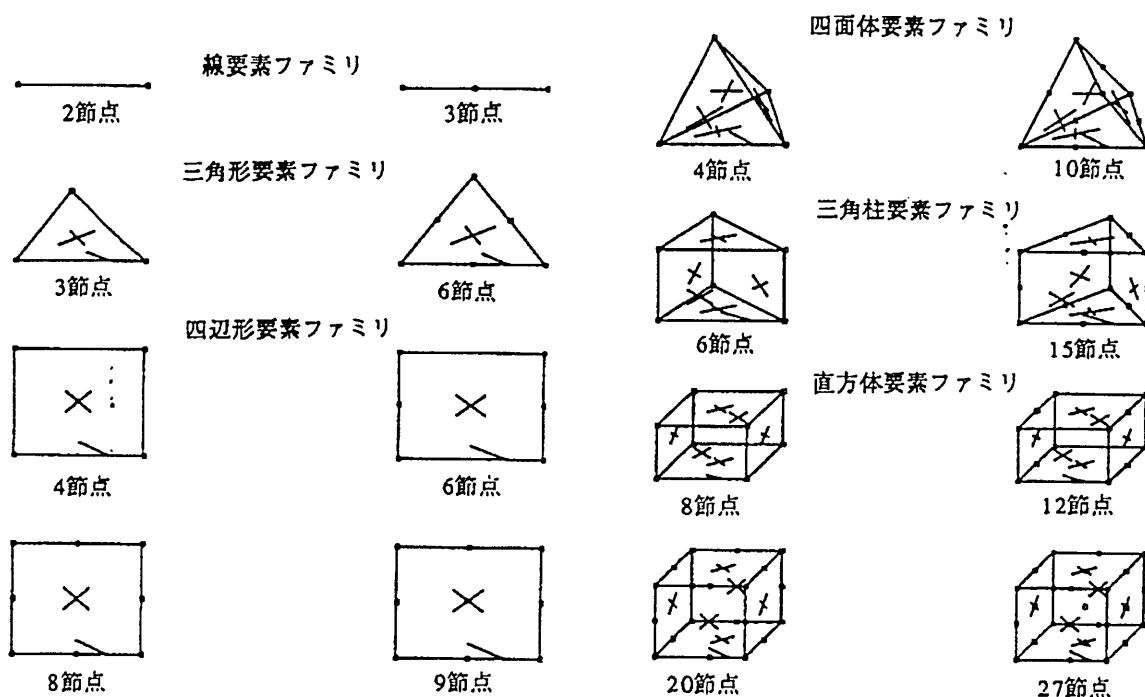


図 5.1 要素ファミリー

5.3 要素ライブラリ

MARC プログラムには以下のような要素ライブラリが用意されており、通常の解析で困ることは少ない。

3次元トラス要素，梁要素，平面応力・ひずみ要素，軸対称シェル，
軸対称ソリッド，膜要素，平板要素，シェル要素，3次元ソリッド，
接触・摩擦要素，シアーパネル など

要素は解析対象の構成する基礎である。用意されている要素は図 5.1 に示す 6 種のファミリを成す。

5.4 MARC プログラムのマニュアル

マニュアル [6] は英文・和文の両方が利用可能である。かなり丁寧な説明と豊富な例題が載せてあるので、辞書のように必要な所だけ参照する使い方をすれば大抵の問題を解決できると思われる。

MARC プログラムのマニュアルの構成は以下のようになっている。

- V o l . A User Information Manual (プログラム機能)
 - プログラムの機能説明
 - 採用している理論の概要
 - 使用上の注意
 - 出力の見方
- V o l . B Element Library (要素ライブラリ)
 - 要素の定義と説明
 - 要素の使用法
 - 要素の使用上の注意
- V o l . C Input Data (入力データ)
 - データ入力の説明
 - 終了コードの説明
- V o l . D User Subroutines and Special Subroutines (ユーザーサブルーチン)
 - ユーザーサブルーチンの作成方法
- V o l . E Demonstration Problems (例題集)
 - 線形問題
 - 弾塑性問題，大変形問題
 - 熱伝導問題，動的問題
 - 接触・潤滑などの特殊な問題
- V o l . F Background Information 英文のみ
 - 理論の詳細

5.5 入力データの構成

MARC の入力データの型はカード・イメージ・データ (レコード長=80) でなければならない。1 行中のデータは固定フォーマットと自由フォーマットの両形式をとることができる。前者はデータの入力フィールド内に右寄せ (整数: I5, 実数: F10) で入力しなければならず、後者はデータをコンマで区切って入力する方法である。Mentat プログラムが生成する入力データは固定フォーマットで記述される。

入力データの構成は次のようになる。

- パラメータ・カード
パラメータ・カードの終了を示す END カード
- モデル・デフィニション・カード
モデル・デフィニション・カードの終了を示す END OPTION カード
- 最初の増分ステップ用ヒストリ・デフィニション・カード
増分データの終了を示す CONTINUE カード
- 以下第2, 第3, . . . の増分ステップ用のデータ

パラメータ・カードは解析する問題のタイプや実行領域を定義し、モデル・デフィニション・カードは解析する問題の詳細を定義し、さらに、ヒストリ・デフィニション・カードは荷重履歴を定義する。

MARCに入力するカード・デッキ^{*18}の構成を図5.1に示す。

図5.2のように入力データは3つの部分からなり、基本的な入力データは以下のようになる。

- | | |
|-----------------------------|--|
| ① PARAMETER CARDS | |
| TITLE | 問題のタイトル・カード, 注釈としても使用 |
| SIZING | データのインコアサイズ, 総要素数, 総節点数など |
| END | PARAMETER CARDS の終了を示す |
| ② MODEL DEFINITION CARDS | |
| CONNECTIVITY | 要素のタイプと要素の周辺の節点番号 |
| COORDINATES | 節点座標 |
| PROPERTY | 要素の材料特性 (ヤング係数, ポアソン比など) |
| GEOMETRY | 要素の厚さなど |
| FIXED DISP | 拘束自由度と節点番号 |
| POINT LOAD | 外力 (初期導入) |
| CONTROL | インクリメントの上限 (既定値3), リサイクル数, 収束判定パラメータ |
| END OPTION | MODEL DEFINITION CARDS の終了を示す |
| ③ LOAD INCREMENTATION CARDS | |
| POINT LOAD | 外力 (増分) |
| AUTO INCREMENT | 自動増分の制御データ |
| CONTINUE | 次のインクリメントの計算を指示する (LOAD INCREMENTATION CARDS の終了を示す) |

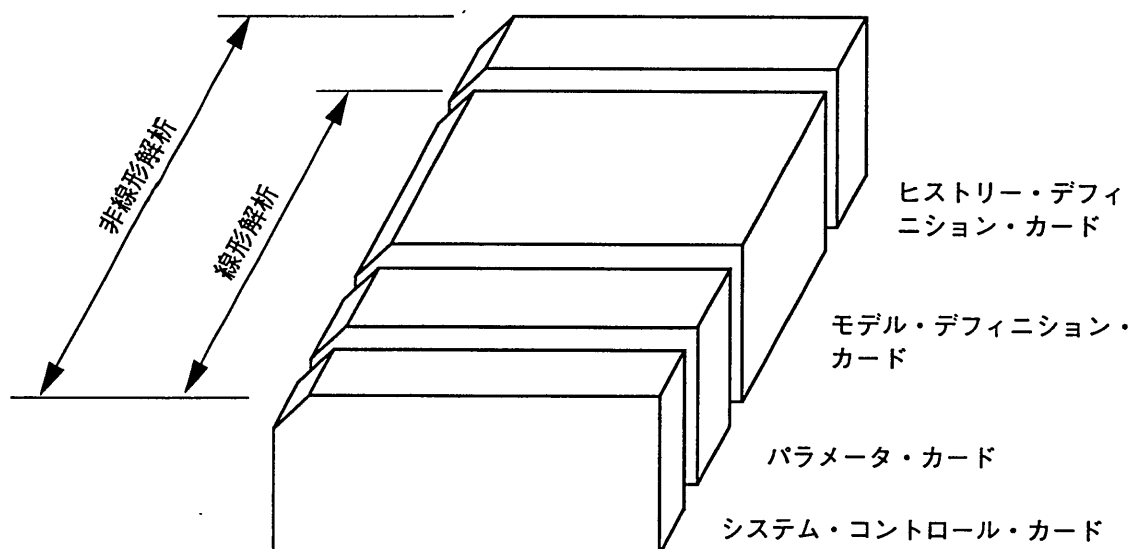


図5.2 入力データ・カード・デッキ

5.6 MARC プログラムの利用形態

MARC プログラムはバッチジョブで実行する。用意されているカタログド・プロシジャには通常の解析用としての MARC5GO および利用者がユーザー・サブルーチンを利用して解く MARC5CLG が用意されている。

これらの実行には多くの補助ファイルを用い、特定の F O R T R A N ユニット番号が、特定の目的のために使用される。表 5.1 はユニット番号のリストである。

カタログド・プロシジャの使用方法については 7 章で詳しく述べる。

表 5.1 ファイル・ユニット番号

F O R T R A N		用 途	フォーマット
ユニット番号			
1		メッシュ作成の入出力	カード・イメージ
2		VEC STO	ノンフォーマット
3		EL STO	ノンフォーマット
4		プロット出力	ノンフォーマット
5		入力データ・ファイル	カード・イメージ
6		出力ファイル	カード・イメージ
7		ダミー／ログファイル	カード・イメージ
8		リスタート出力ファイル	ノンフォーマット
9		リスタート入力ファイル	ノンフォーマット
10		ダミー	
11	}	ファイルを使用したマトリクス処理	ノンフォーマット
12			
13			
14			
15		ファイルを使用したマトリクス処理 (Lanczos 法)	ノンフォーマット
16		ポスト出力ファイル	
17		ポスト入力ファイル	ノンフォーマット
18		バンド幅最適化出力	カード・イメージ
19		ポスト出力ファイル	カード・イメージ
20		ポスト入力ファイル	カード・イメージ
21		ダミー	
22		流体／固体連成 (Lanczos 法)	ノンフォーマット
23		Lanczos 法	ノンフォーマット
24		温度入力	カード・イメージ
25		温度入力	ノンフォーマット
31		サブストラクチャ	ノンフォーマット

解析データが大きく計算時間がジョブクラスの C P U タイムの制限値を超えることがあれば、リスタート機能を用いて計算を区切りながら実行させることもできる。それには表 5.1 中のユニット番号 8, 9 および 19, 20 に特定のデータセットを割当てれば良い。

*1 カードデッキ、それは大昔から計算機を利用してきた人々には理解できる用語であるが、今日初めから端末を用いて計算機を使用している新しい人々には耳慣れないコトバであろう。端末という計算機との直接会話ができる便利な入出力装置が無かった時代には、計算機利用者はパンチカードと呼ばれる上質の厚紙に穿孔機で英数字などの文字に対応した幾つもの穴を空けて、読取り装置で読んで頂くために、コツコツと丁寧に作り上げたものである。すなわちカードデッキとはパンチカードを計算機に読んで頂くために順序よくカードを並べ集めたものである。正規の MARC マニュアルにもこのカードデッキで入力データの構成が説明されている。これを記述した人はきっと尊敬すべき古人であろう。

6. Mentat II の実行

Mentat II は SUN ワークステーション (medics) にインストールされており、X-window 上で実行する。Mentat II の起動法と終了法は以下のとおりである。

X 端末でログイン名とパスワードを入力し、セッションが開設されたら、

`mentat [Ret]`

を入力する。しばらくすると、MARC 社のロゴ (図 6.1) が画面一杯に表示された後に Mentat II の初期画面 (図 6.2) が現れる。これが Mentat II の起動である。

また、スタティックメニューの QUIT を選び、確認のための YES ボタンを左ボタン (<ML>) で選ぶことで Mentat II は終了する。

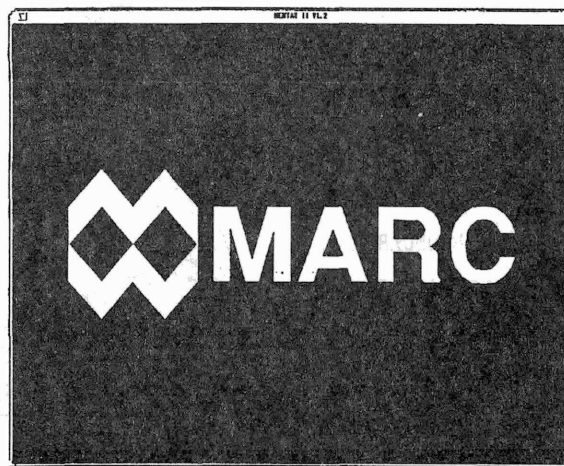


図 6.1 Mentat II 起動画面

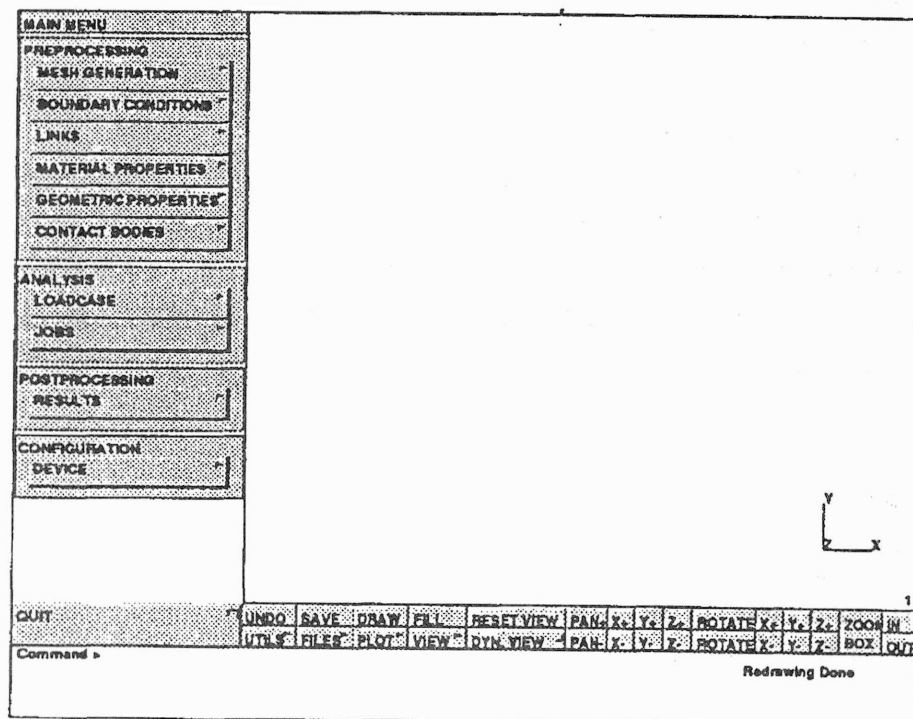


図 6.2 Mentat II の初期画面

以下に簡単な問題の Mentat II による MARC プログラムの入力データの作成と保存ならびにポスト処理の例を示す。

6.1 メッシュデータの作成

図6.3は、上面中央点で垂直下向きに外力与えられた厚みが一定のZ字形をした金属物体の解析メッシュをMentat IIで作成したものである。同図に見られる矢印は境界条件を表し、モデルの底面では中央点で水平移動を拘束し、底面全体にわたって鉛直方向移動を拘束していることを示している。輪郭内の要素分割は、平行部部分およびそれ以外の領域をそれぞれ等分割および自動分割で行った。全要素は等方性材料とした。

これらの作業は Mentat II の初期メニューの PREPROCESSING 内の MESH GENERATION, BOUNDARY CONDITIONS, MATERIAL PROPERTIES および ANALYSIS 内の LOADCASE で簡単に行える。

この例は2次元のメッシュ作成であるが、3次元の物体を扱う場合も以上の操作に変わることはなく、ただ、視点を変えながら作業を行うだけである。画面の右下にあるのがZ軸の正側から見た座標軸である。視点の変更はスタティック・メニューの VIEW を選ぶとよい。

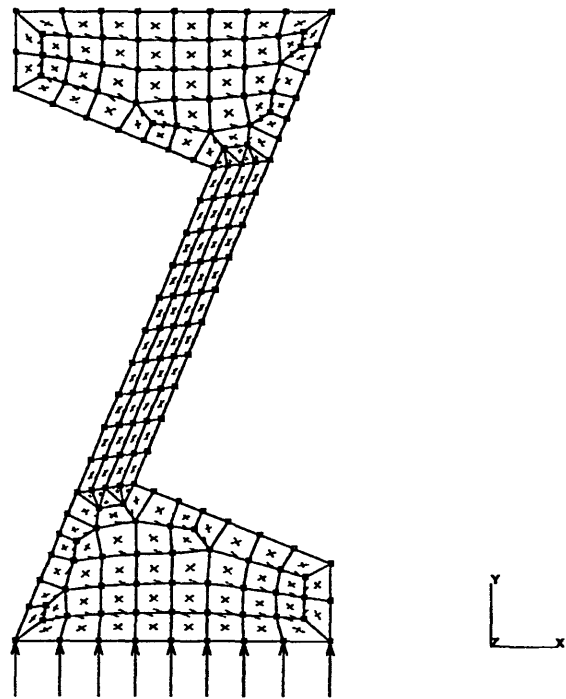


図6.3 解析モデルの要素分割と境界条件の表示

6.2 メッシュデータの保存と読み込み

解析データの作成が完了あるいは作成途中で区切りの良いところで、データを外部記憶装置（ディスク）に保存する。Mentat II では多種類のフォーマットでデータの読書きができる。その内で大切なものはMentat フォーマットとMARC フォーマットである。他にNASTRAN フォーマットなどの有限要素解析プログラムやIDEAS などのCAD プログラムにも対応した入出力も用意されているが、それらを用いる場合そのプログラムのバージョンの整合性を調べる必要がありそうである。

Mentat フォーマットで保存

FILES <ML>

SAVE AS <ML>*2

Enter new name : z-shape

File will be created. OK to create? yes

Model saved to z-shape.mud.

Command>

*2 読み込みの場合は OPEN <ML> を入力する。

MARC フォーマットで保存

```
FILES <ML>
WRITE <ML>*3
MARC <ML>
FORMATTED <ML>
Enter new name : z-shape.dat
File will be created. OK to create? yes
Model saved to z-shape.dat.
Command>
```

解析データを大型計算機に転送する場合、上のようにMARC フォーマット (FORMATTED) でデータを保存しなければならない。

6.3 ポスト処理

ポスト処理は MARC プログラムが出力するポスト・データ (5.6 節参照) を メイン・メニュー POSTPROCESSING 下の POSTDATA で行う。ここでは、ポスト処理の一例を示す。

ポスト・データは大型計算機からワークステーションのディスクに転送されたファイルであり、データは ASCII である。ただし、転送されたポスト・データが Mentat II でそのまま読込まれないことがある。その不具合を直す方法は [7] で述べられているが、8.2 節で簡単に記述する。

メイン・メニューから以下のコマンドとファイル名を入力をする。

```
RESULTS <ML>
OPEN <ML>
Enter post file : z-shape.t19
Post file z-shape.t19 opened.
Command>
```

上のコマンドを入力しただけでは、解析データの要素と節点の情報しか読込まれないので、

```
NEXT <ML>
```

を入力し、解析結果を読込む。非線形解析ではポストデータには各インクリメント毎に結果が書込まれるので、NEXT あるいは SKIP コマンドで目的のインクリメントまでデータ読込んで作図する。インクリメントとは増分の段階を意味しインクリメント 0 から始まる。

図 6.4 は例題の解析結果を作図したものの一例である。同図は変形前の輪郭と変形後の形状を描き、von Mises の相当応力分布を 12 階調で表示したものである。

作図手順は以下のようである。

```
PLOT QUANTITY <ML>      図示する物理量を指定する
DOWN <ML>
SELECT POST VARIABLE <ML>
VON MISES STRESS <ML>
<MR>
```

*3 読込みの場合は READ <ML> を入力する。

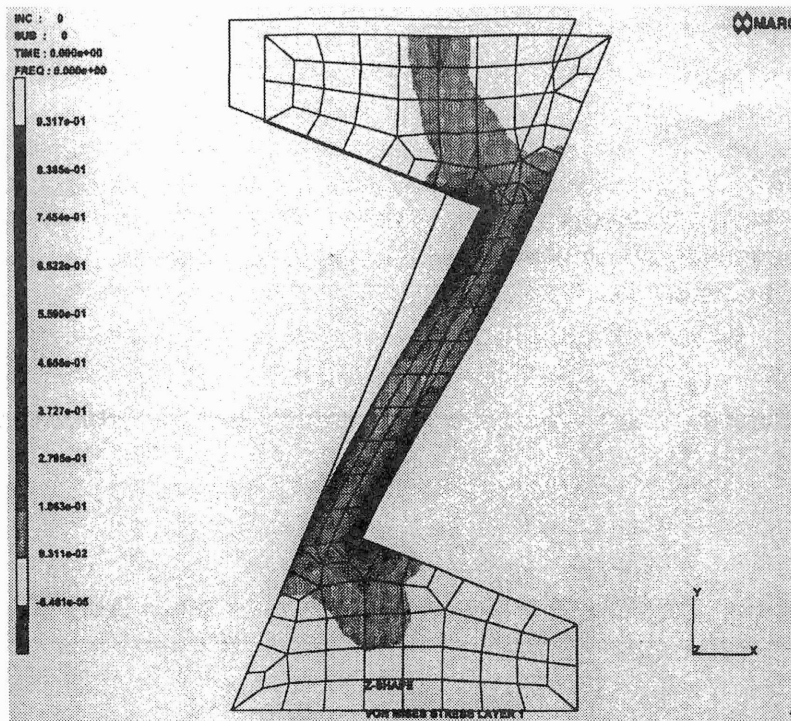


図 6.4 解析結果

DEFORMED SHAPE

変形図作画を指定する

SETTINGS <ML>

ON <ML>

<MR>

PLOT STYLE

作図形式を指定する

CONTOUR BANDS <ML>

FILL <ML>

モデル全体が画面内に納まるように作図する

DEFORMED SHAPE

変形前と変形後を重ねて作図する

DEF & ORG <ML>

7. MARCの実行

7.1 カタログド・プロシジャの使用法

MARC プログラムは会話型リモートバッチで実行する。カタログド・プロシジャは以下のとおりであり、いずれも処理クラスは V である。

7.1.1 MARC プログラムのみの解析

プロシジャ名	記号パラメータ
MARC5G0	STEP=LARGE

SIZING パラメータが 2000000 を超える場合は STEP=LARGE を指定する。

使用例

```
//A79999AA JOB CLASS=V,MSGCLASS=A,MSGLEVEL=(2,1),TIME=10
// EXEC MARC5G0,STEP=LARGE
//***** REPLACED BY THE FOLLOWING LINES *****
```

```
//***** USING VIRTUAL DISK FILES *****
//MARC. FT03F001 DD UNIT=SSU, SUBSYS= (VPCS, 'SPACE=10M'), DISP= (, DELETE)
//MARC. FT11F001 DD UNIT=SSU, SUBSYS= (VPCS, 'SPACE=10M'), DISP= (, DELETE)
//MARC. FT12F001 DD UNIT=SSU, SUBSYS= (VPCS, 'SPACE=10M'), DISP= (, DELETE)
//MARC. FT13F001 DD UNIT=SSU, SUBSYS= (VPCS, 'SPACE=5M'), DISP= (, DELETE)
//***<< POST DATA >>*****
//MARC. FT19F001 DD DSN=A79999A. DEMO. POST19. DATA, DISP=SHR
//***<< INPUT DATA >>*****
//MARC. SYSIN DD DSN=A79999A. DEMO. DATA, DISP=SHR
//
```

MARC プログラムは、全処理の中で外部記憶装置へのアクセスが多いことが知られている。この例では、特に I/O の多い一時保存データセットを S S U に割り当てた [4]。S S U を使用することで、処理経過時間を大幅に短縮することができる。

7.1.2 ユーザーサブルーチンを使用しての解析

プロシジャ名	記号パラメータ
MARC5CLG	STEP=LARGE

使用例

```
//A79999AA JOB CLASS=V, MSGCLASS=A, MSGLEVEL= (2,1), TIME=10
// EXEC MARC5CLG
//***<< USER'S SUBROUTINE >>*****
//FORT. SYSIN DD DSN=A79999A. USER. FORT, DISP=SHR
//***<< INPUT DATA >>*****
//MARC. SYSIN DD DSN=A79999A. DEMO. DATA, DISP=SHR
//
```

7.2 提供されている例題

MARC プログラムのための例題が以下の方法で入手できる。例題は MARC プログラムのマニュアル Vol. E に記述してある例題の入力データである。解きたい問題に関連した情報がそこで入手できるので、活用すると良い。

```
COPY 'LIB. MARCK52. DEMO' MARCK52. DEMO
```

7.3 MARC の出力メッセージと終了コード

計算が終わると MARC プログラムの計算結果を MSO コマンド等で検索してみる。計算結果の末尾には MARC プログラムの終了番号 (MARC EXIT NUMBER) が出力されるので、計算処理が正常であるか異常であるかが分かるようになっている。MARC プログラムは入力データのチェック、計算機で使用するワークスペース等の見積、解析中の処理状況を出力するが、エラーが生じた段階で計算は直ちに中断され終了番号を最後に出力する。

正常終了時では特殊な場合を除いて 3001 か 3004 の数値が出力される。なお、終了番号の詳細は MARC マニュアル C の巻末にまとめてある。よく遭遇するコードを以下に記す。

終了番号	説明
2	パラメータ・カードの記述誤り
13	モデル・デフィニション・オプションの記述誤り
26	要素タイプが指定されていない
2004	剛性マトリックスが特異または非正定となった
3001	コントロール・オプションで指定した最大ステップ数に達した（正常終了）
3002	収束計算において収束解が得られなかった
3004	以降の入力データがない（増分解析時では正常終了）
4001	I/O エラー（指定したファイルの入出力ができない）
4210	リスタート解析において、リスタート・テープが与えられていない

以下に示すのは MARC プログラムの実行結果とメッセージの例である。

(1) タイトル・カバー

```

+               M               M
+               W               W
+             MMMM             MMMM
+             WWWW             WWWW
+           MMMMMMMM           MMMMMMMM
+           WWWWWWW           WWWWWWW
+         MMMMMMMMMMMM         MMMMMMMMMMMM
+         WWWWWWWWWW           WWWWWWWWWW
+       MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
+       WWWWWWWWWWWWWWWW WWWWWWWWWWWWWWW
+     MMMMMM MMMMMMMMMMMMM MMMMMMMMM
+     WWWW      WWWWWWW      WWWW
+     MMM      MMMMM      MMM
+     WW      WWW      WW
+     M      M      M
+     W      W      W
+     MM      MM      MM
+     WW      WWW      WW
+     MMM      MMMMM      MMM
+     WWWW      WWWW      WWWW
+     MMMMM      MMMMMMMMM      MMMMM
+     WWWW      WWWWWWW      WWWW
+     MMMMMMMM MMMMMMMMMMMMM MMMMMMMMM
+     WWWW      WWWWWWWWWW WWWWWW
+     MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
+     WWWWWWWWWWWWWWWW WWWWWWWWWWWW
+     MMMMMMMMMMMMM      MMMMMMMMMMMMM
+     WWWW      WWWW      WWWW
+     MMM      MMM      MMM
+     WWWW      WWWW      WWWW
+     M      M
+     W      W

```

MARC-FACOM K5-2-L

MARC ANALYSIS RESEARCH CORPORATION

NORTH AMERICAN

CORPORATE HEADQUARTERS
MARC ANALYSIS RESEARCH CORPORATION
260 SHERIDAN AVENUE, SUITE 309
PALO ALTO, CA 94306-2089

EUROPE

EUROPEAN HEADQUARTERS
MARC-EUROPE
BREDEWATER 26
2715 CA ZOETERMEER, THE NETHERLANDS

PACIFIC RIM

FAR EAST HEADQUARTERS
NIPPON MARC CO., LTD.
P.O. BOX 5056
SHINJUKU DAIICHI SEIMEI BLDG.

TELEPHONE : 415-329-6800
FAX : 415-323-5892

WEST COAST OFFICE
MARC ANALYSIS RESEARCH CORPORATION
4350 LAJOLLA VILLAGE DR., SUITE 300
SAN DIEGO, CA 92122-1244
TELEPHONE : 619-546-4922
FAX : 619-587-8710

EAST COAST OFFICE
MARC ANALYSIS RESEARCH CORPORATION
150 NORTH MAIN ST. SUITE ONE C
MANCHESTER, CT 06040-2025
TELEPHONE : 203-647-4841
FAX : 203-647-4870

TELEPHONE : 31-79-510411
FAX : 31-79-517560

GERMAN OFFICE
MARC SOFTWARE DEUTSCHLAND GMBH
ISMANNINGER STRASSE 9
W-8011 ASCHHEIM, GERMANY
TELEPHONE : 49-89-9045033
FAX : 49-89-9030676

ITALIAN OFFICE
ESPRI-MARC
PIAZZA ROSSETTI 5/16A
16129 GENOVA, ITALY
TELEPHONE : 39-10-585949
FAX : 39-10-585949
M A R C - F A C O M

2-7-1 NISHI-SHINJUKU
SHINJUKU-KU, TOKYO 163, JAPAN
TELEPHONE : 81-3-3345-0181
FAX : 81-3-3345-1529

OSAKA OFFICE
NIPPON MARC CO., LTD.
DAI 2 KIMI BLDG., 4F
2-11 TOYOTSU-CHO
SUITA-CITY, OSAKA 564, JAPAN
TELEPHONE : 81-6-385-1101
FAX : 81-6-385-4343

(2) 入力データのエコープリント

```

P A G E   1
I N P U T   D A T A
-----
      5   10   15   20   25   30   35   40   45   50   55   60   65   70   75   80
-----
TITLE      Z-SHAPE
SIZING      1000000  136  165  990
ALL POINTS
ELEMENTS    75
CARD 5      SETNAME    3
END
SOLVER
      0   0   1
OPTIMIZE    2
CARD 10      5
CONNECTIVITY
      1  75   3   4  13  12
      2  75   4   5  14  13
CARD 15      3  75   5   6  15  14
      4  75   6   7  16  15
      5  75   7   8  17  16
      :
      :
END OPTION
-----
      5   10   15   20   25   30   35   40   45   50   55   60   65   70   75   80
-----

```

(3) 解析規模の概要

PROGRAM SIZING AND OPTIONS REQUESTED AS FOLLOWS

```

ELEMENT TYPE REQUESTED***** 75
NUMBER OF ELEMENTS IN MESH***** 136
NUMBER OF NODES IN MESH***** 165
MAX NUMBER OF ELEMENTS IN ANY DIST LOAD LIST*** 0
MAXIMUM NUMBER OF BOUNDARY CONDITIONS***** 1000
LOAD CORRECTION FLAGGED OR SET*****
NUMBER OF LISTS OF DISTRIBUTED LOADS***** 3
STRESSES STORED AT ALL INTEGRATION POINTS*****
TAPE NO. FOR INPUT OF COORDINATES + CONNECTIVITY 5
NO. OF DIFFERENT MATERIALS 1 MAX. NO OF SLOPES 5
MAXIMUM ELEMENTS VARIABLES PER POINT ON POST TP 33
NUMBER OF POINTS ON SHELL SECTION ***** 11
NEW STYLE INPUT FORMAT WILL BE USED*****
MAXIMUM NUMBER OF SET NAMES IS***** 10

```

```

NUMBER OF PROCESSORS USED ***** 1
VECTOR LENGTH USED ***** 1

END OF PARAMETERS AND SIZING
*****
*****

KEY TO STRESS, STRAIN AND DISPLACEMENT OUTPUT

ELEMENT TYPE 75

4-NODE SHELL ELEMENT

GENERALIZED STRAINS IN LOCAL COORDINATES
1=LOCAL X MEMBRANE
2=LOCAL Y MEMBRANE
3=LOCAL XY SHEAR
4=LOCAL YZ TRANSVERSE SHEAR
5=LOCAL ZX TRANSVERSE SHEAR
STRESSES CORRESPOND TO STRAINS IN EACH FIBER

TRANSVERSE SHEAR STRAIN DISTRIBUTION IS CONSTANT
THROUGH THE THICKNESS

DISPLACEMENTS IN GLOBAL DIRECTIONS
1=U GLOBAL X DIRECTION
2=V GLOBAL Y DIRECTION
3=W GLOBAL Z DIRECTION
4=THETA X ROTATION ABOUT GLOBAL X AXIS
5=THETA Y ROTATION ABOUT GLOBAL Y AXIS
6=THETA Z ROTATION ABOUT GLOBAL Z AXIS

WORKSPACE NEEDED FOR INPUT AND STIFFNESS ASSEMBLY 73019

INTERNAL CORE ALLOCATION PARAMETERS
DEGREES OF FREEDOM PER NODE (NDEG) 6
COORDS PER NODE (NCRD) 3
STRAINS PER INTEGRATION POINT (NGENS) 11
MAX. NODES PER ELEMENT (NNODMX) 4
MAX. STRESS COMPONENTS PER INT. POINT (NSTRMX) 55
MAX. INVARIANTS PER INT. POINTS (NEQST) 11

FLAG FOR ELEMENT STORAGE (IELSTO) 1
ELEMS OUT OF CORE, WORDS PER ELEM (NELSTO) 9932
ELEMS PER BUFFER (MXELS) 1

OUT-OF-CORE SPACE NEEDED FOR ELEMENT STORAGE = 1671168 BASED ON RECORD SIZE
OF 4096

VECTORS IN CORE, TOTAL SPACE REQUIRED 12993

WORDS PER TRACK ON DISK SET TO 4096

INTERNAL ELEMENT VARIABLES

INTERNAL ELEMENT NUMBER 1 LIBRARY CODE TYPE 75
NUMBER OF NODES= 4
STRESSES STORED PER INTEGRATION POINT = 55
DIRECT CONTINUUM COMPONENTS STORED = 2
SHEAR CONTINUUM COMPONENTS STORED = 3
SHELL/BEAM FLAG = 1
CURVILINEAR COORD. FLAG = 0
INT. POINTS FOR ELEM. STIFFNESS 4
NUMBER OF LOCAL INERTIA DIRECTIONS 6
INT. POINT FOR PRINT IF ALL POINTS NOT FLAGGED 5
INT. POINTS FOR DIST. SURFACE LOADS (PRESSURE) 4
LIBRARY CODE TYPE = 75
NO LOCAL ROTATION FLAG = 1
GENERALIZED DISPL. FLAG = 0
LARGE DISP. ROW COUNTS 6 6 11 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

RESIDUAL LOAD CORRECTION IS INVOKED

SOLVER

DIRECT SOLVER IS INVOKED

SOLUTION OF NON-POSITIVE DEFINITE EQUATION SYSTEMS WILL BE FORCED

OPTIMIZE 2

CUTHILL-MCKEE ALGORITHM

CONNECTIVITY

MESHR1, IPRNT

ELEM NO.	TYPE	NODES			
1	75	3	4	13	12
2	75	4	5	14	13
3	75	5	6	15	14
⋮					
150	75	158	157	51	158
151	75	123	158	51	123
152	75	52	51	157	52

COORDINATES

NCRD1, MESHR1, IPRNT

NODE	COORDINATES		
3	-16.441	-37.419	0.00000E+00
4	-13.320	-36.831	0.00000E+00
5	-9.1185	-36.529	0.00000E+00
⋮			
204	-10.412	-16.988	0.00000E+00
206	-6.7810	-20.274	0.00000E+00
207	-8.5620	-20.549	0.00000E+00
208	-10.343	-20.823	0.00000E+00

DEFINE NODE SET Y-DSP_NODES

FROM NODE 84 TO NODE 92 BY 1

DEFINE NODE SET X-DSP_NODES

A LIST OF NODES GIVEN BELOW
88

DEFINE NODE SET LOAD_NODES

A LIST OF NODES GIVEN BELOW
142

ISOTROPIC

ISOTROPIC MATERIAL MATERIAL ID = 1

VON MISES YIELD CRITERIA

ISOTROPIC HARDENING RULE

E	NU	RHO	ALPHA	YIELD	YIELD2
0.210E+05	0.300E+00	0.100E+01	0.000E+00	0.245E+02	0.245E+02

A LIST OF ELEMENTS GIVEN BELOW

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16	17	18
122	123	124	125	126	127	128	129	130
⋮								
131	132	133	134	135	136	137	138	139
143	144	145	146	147	148	149	150	151
152								

GEOMETRY

```

-----
      EGEOM1      EGEOM2      EGEOM3      EGEOM4      EGEOM5      EGEOM6
      0.100E+01    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00    0.000E+00
A LIST OF ELEMENTS GIVEN BELOW
      1          2          3          4          5          6          7          8          9
      10         11         12         13         14         15         16         17         18
      :
      :
      :
      131        132        133        134        135        136        137        138        139
      143        144        145        146        147        148        149        150        151
      152
  
```

FIXED DISP

```

-----
FIXED DISPLACEMENT = 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
A LIST OF DEGREES OF FREEDOM GIVEN BELOW
      2
FROM NODE      84 TO NODE      92 BY      1
FIXED DISPLACEMENT = 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
A LIST OF DEGREES OF FREEDOM GIVEN BELOW
      1
A LIST OF NODES GIVEN BELOW
      88
FIXED BOUNDARY CONDITION SUMMARY.
TOTAL FIXED DEGREES OF FREEDOM READ SO FAR = 10
  
```

B. C. NUMBER	NODE	DEGREE OF FREEDOM	MAGNITUDE	B. C. NUMBER	NODE	DEGREE OF FREEDOM	MAGNITUDE
1	84	2	0.000E+00	2	85	2	0.000E+00
3	86	2	0.000E+00	4	87	2	0.000E+00
5	88	2	0.000E+00	6	89	2	0.000E+00
7	90	2	0.000E+00	8	91	2	0.000E+00
9	92	2	0.000E+00	10	88	1	0.000E+00

POINT LOAD

```

-----
READ FROM UNIT      5
0.000E+00-0.100E+01 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
A LIST OF NODES GIVEN BELOW
      142
  
```

POST

```

-----
*** NOTE - FORMAT OF POST CODE CARDS HAS CHANGED.
          IN K4, ENTER CODE IN FIRST FIELD AND LAYER NUMBER IN SECOND FIELD
  
```

ELEM VARS, POST TAPE, PREV TAPE, TYPE , CONN FL , POST TAPE, PREV TAPE, REPOST , FREQUENCY,
K2POST

```

      0          16          17          1          1          19          20          0          1          0
ELEMENT VARIABLES APPEAR ON POST-PROCESSOR TAPE 16 IN FOLLOWING ORDER
POST VARIABLE .1 IS POST CODE 17 AT LAYER 1 = VON MISES STRESS LAYER 1
POST VARIABLE 2 IS POST CODE 17 AT LAYER 7 = VON MISES STRESS LAYER 7
  
```

```

***MAXIMUM RECORD LENGTH ON FORMATTED POST FILE= 80 APPROXIMATE NO. OF RECORDS PER
INCREMENT ON FILE= 713
  
```

END OPTION

MAXIMUM CONNECTIVITY IS 7 AT NODE 207

```

WORKSPACE NEEDED FOR OPTIMIZING = 69183
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 4732 AT TRY 0 (FORWARD NUMBERING)
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 3941 AT TRY 0 (BACKWARD NUMBERING)
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 1711 AT TRY 1 (FORWARD NUMBERING)
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 1559 AT TRY 1 (BACKWARD NUMBERING)
      :
      :
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 1780 AT TRY 5 (FORWARD NUMBERING)
MAXIMUM SKY-LINE INCLUDING FILL-IN IS 1544 AT TRY 5 (BACKWARD NUMBERING)
  
```

CORRESPONDENCE TABLE FOR NODES

USER, INTERNAL, USER, INTERNAL, ETC

3...	158	4...	162	5...	161	6...	160	7...	156	8...	148	9...	138
10...	125												
11...	113	12...	155	13...	153	14...	154	15...	152	16...	151	17...	147
18...	137												
		:											
203...	107	204...	109	206...	105	207...	106	208...	108				

(4) マトリックス組立の準備と必要とされるスペースの見積

MAXIMUM CONNECTIVITY IS 8 AT NODE 51

MAXIMUM HALF-BANDWIDTH IS 18 BETWEEN NODES 156 AND 174

NUMBER OF PROFILE ENTRIES INCLUDING FILL-IN IS 1544

NUMBER OF PROFILE ENTRIES EXCLUDING FILL-IN IS 717

TOTAL WORKSPACE NEEDED WITH IN-CORE MATRIX STORAGE = 188147

LOAD INCREMENTS ASSOCIATED WITH EACH DEGREE OF FREEDOM
SUMMED OVER THE WHOLE MODEL

DISTRIBUTED LOADS

0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

POINT LOADS

0.000E+00-1.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

(5) マトリックスの組立

START OF ASSEMBLY

TIME = 2.12

(6) 求解開始

START OF MATRIX SOLUTION

TIME = 3.22

SINGULAR EQUATION SYSTEM AT USER NODE 86 INTERNAL NODE 165

SOLUTION OF EQUATIONS WILL BE FORCED

SINGULAR EQUATION SYSTEM AT USER NODE 86 INTERNAL NODE 165

SOLUTION OF EQUATIONS WILL BE FORCED

SINGULARITY RATIO 8.2690E-14

(7) 求解終了

END OF MATRIX SOLUTION

TIME = 3.31

MARC-FACOM K5-2, 95/03/10, OUTPUT FOR INCREMENT 0. Z-SHAPE

(8) 要素の応力・ひずみの出力

ELEMENT WITH HIGHEST STRESS RELATIVE TO YIELD IS 136 WHERE EQUIVALENTSTRESS IS 0.522E-01 OF YIELD

TRESCA	MISES	MEAN	P R I N C I P A L V A L U E S			P H Y S I C A L C O M P O N E N T S					
INTENSITY	INTENSITY	NORMAL	MINIMUM	INTERMEDIATE	MAXIMUM	1	2	3	4	5	6

ELEMENT 1 POINT 1 INTEGRATION PT. COORDINATE= -0.157E+02 -0.368E+02 0.000E+00

SECTION THICKNESS = 0.100E+01

AVERAGE MEMBRANE

STRESS 6.975E-03 6.579E-03 1.737E-03-8.812E-04 0.000E+00 6.094E-03-2.294E-04 5.442E-03-2.030E-03-8.048E-20 1.724E-19

STRETCH 4.318E-07 3.039E-07 0.000E+00-1.290E-07 0.000E+00 3.028E-07-8.866E-08 2.624E-07-2.514E-07-9.964E-24 2.135E-23

```

LAYER 1
STRESS 6.975E-03 6.579E-03 1.737E-03-8.812E-04 0.000E+00 6.094E-03-2.294E-04 5.442E-03-2.030E-03-8.048E-20 1.724E-19
LAYER 11
STRESS 6.975E-03 6.579E-03 1.737E-03-8.812E-04 0.000E+00 6.094E-03-2.294E-04 5.442E-03-2.030E-03-8.048E-20 1.724E-19

ELEMENT 1 POINT 2 INTEGRATION PT. COORDINATE= -0.140E+02 -0.363E+02 0.000E+00
SECTION THICKNESS = 0.100E+01
AVERAGE MEMBRANE
STRESS 6.081E-03 5.536E-03 1.138E-03-1.333E-03 0.000E+00 4.748E-03-5.562E-04 3.971E-03-2.030E-03 2.106E-19 1.393E-19
STRETCH 3.765E-07 2.454E-07 0.000E+00-1.313E-07 0.000E+00 2.451E-07-8.322E-08 1.970E-07-2.514E-07 2.607E-23 1.724E-23
LAYER 1
STRESS 6.081E-03 5.536E-03 1.138E-03-1.333E-03 0.000E+00 4.748E-03-5.562E-04 3.971E-03-2.030E-03 2.106E-19 1.393E-19
LAYER 11
STRESS 6.081E-03 5.536E-03 1.138E-03-1.333E-03 0.000E+00 4.748E-03-5.562E-04 3.971E-03-2.030E-03 2.106E-19 1.393E-19

ELEMENT 1 POINT 3 INTEGRATION PT. COORDINATE= -0.156E+02 -0.355E+02 0.000E+00
SECTION THICKNESS = 0.100E+01
AVERAGE MEMBRANE
STRESS 8.312E-03 7.446E-03 1.269E-03-2.252E-03 0.000E+00 6.060E-03-1.723E-03 5.531E-03-2.030E-03-1.103E-19 2.303E-19
STRETCH 5.146E-07 3.231E-07 0.000E+00-1.938E-07 0.000E+00 3.208E-07-1.610E-07 2.880E-07-2.514E-07-1.366E-23 2.852E-23
LAYER 1
STRESS 8.312E-03 7.446E-03 1.269E-03-2.252E-03 0.000E+00 6.060E-03-1.723E-03 5.531E-03-2.030E-03-1.103E-19 2.303E-19
LAYER 11
STRESS 8.312E-03 7.446E-03 1.269E-03-2.252E-03 0.000E+00 6.060E-03-1.723E-03 5.531E-03-2.030E-03-1.103E-19 2.303E-19

ELEMENT 1 POINT 4 INTEGRATION PT. COORDINATE= -0.141E+02 -0.345E+02 0.000E+00
SECTION THICKNESS = 0.100E+01
AVERAGE MEMBRANE
STRESS 6.778E-03 5.979E-03 7.568E-04-2.254E-03 0.000E+00 4.524E-03-1.578E-03 3.849E-03-2.030E-03 2.111E-19 9.382E-20
STRETCH 4.196E-07 2.538E-07 0.000E+00-1.720E-07 0.000E+00 2.476E-07-1.301E-07 2.058E-07-2.514E-07 2.613E-23 1.162E-23
LAYER 1
STRESS 6.778E-03 5.979E-03 7.568E-04-2.254E-03 0.000E+00 4.524E-03-1.578E-03 3.849E-03-2.030E-03 2.111E-19 9.382E-20
LAYER 11
STRESS 6.778E-03 5.979E-03 7.568E-04-2.254E-03 0.000E+00 4.524E-03-1.578E-03 3.849E-03-2.030E-03 2.111E-19 9.382E-20
:
:
:

```

(9) 節点の変位, 外力および反力

```

INTENSITY
N O D A L P O I N T D A T A
I N C R E M E N T A L D I S P L A C E M E N T S
3 -1.78217E-05 2.99102E-07 6.37630E-19 -4.39261E-20 8.75242E-21 -1.70170E-07
4 -1.77891E-05 -9.79629E-07 5.84964E-19 -4.31151E-20 8.63700E-21 -4.13750E-07
5 -1.51643E-05 -5.52965E-06 5.36953E-19 -4.20188E-20 8.16991E-21 -5.31199E-07
:
206 4.13585E-05 -1.00943E-04 -2.03895E-19 -5.04498E-20 4.41144E-21 -4.71377E-05
207 3.54195E-05 -2.89723E-05 -1.82326E-19 -4.55295E-20 4.69436E-21 -3.45351E-05
208 3.59010E-05 2.85760E-05 -1.60867E-19 -4.12728E-20 5.18575E-21 -3.30243E-05

T O T A L D I S P L A C E M E N T S
3 -1.78217E-05 2.99102E-07 6.37630E-19 -4.39261E-20 8.75242E-21 -1.70170E-07
4 -1.77891E-05 -9.79629E-07 5.84964E-19 -4.31151E-20 8.63700E-21 -4.13750E-07
5 -1.51643E-05 -5.52965E-06 5.36953E-19 -4.20188E-20 8.16991E-21 -5.31199E-07
:
:

```

```

206 4.13585E-05 -1.00943E-04 -2.03895E-19 -5.04498E-20 4.41144E-21 -4.71377E-05
207 3.54195E-05 -2.89723E-05 -1.82326E-19 -4.55295E-20 4.69436E-21 -3.45351E-05
208 3.59010E-05 2.85760E-05 -1.60867E-19 -4.12728E-20 5.18575E-21 -3.30243E-05

```

TOTAL EQUIVALENT NODAL FORCES (DISTRIBUTED PLUS POINT LOADS)

```

3 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
4 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
:
207 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
208 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

```

REACTION FORCES AT FIXED BOUNDARY CONDITIONS, RESIDUAL LOAD CORRECTION ELSEWHERE

```

3 6.80337E-17 2.12504E-16 -8.80079E-30 -5.43433E-19 1.19050E-19 3.46140E-18
4 3.03577E-16 8.76035E-17 2.94703E-31 -1.87775E-18 1.89740E-18 7.33192E-18
5 1.62197E-16 1.38778E-17 -4.26401E-31 5.38854E-19 2.22810E-18 7.20274E-18
:
207 -1.80411E-15 3.38618E-15 4.43869E-30 5.34814E-18 8.21118E-20 -4.77049E-17
208 6.02816E-16 -8.74301E-16 3.38001E-30 2.08105E-17 -4.50388E-18 -4.70002E-17

```

SUMMARY OF EXTERNALLY APPLIED LOADS

```

0.00000E+00 -0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00

```

SUMMARY OF REACTION/RESIDUAL FORCES

```

0.24753E-15 0.10000E+01 0.29355E-32 0.20647E-27 -0.98183E-28 -0.29412E-12

```

```

E N D O F I N C R E M E N T 0

```

```

FORMATTED POST DATA AT INCREMENT 0. 0 ON TAPE 19
TIME = 5.39

```

```

*** END OF INPUT DECK - JOB ENDS

```

(10) 終了コード

```

MARC EXIT NUMBER 3004

```

7.4 ポストファイルの生成

Mentat プログラムによる解析結果のポスト処理を行うには、MARC プログラムの計算でポストファイルの出力をしなければならない。5.6節で述べたファイルユニット番号19にポストファイルが格納されるので、JCL中に直接データセット名を書込んでおくとよい。ポストデータの指定は、MARC マニュアルC に述べてある POST カードで行う。

8. データの変換とファイル転送

8.1 入力データの大文字変換

MSP 上の Fortran においては E 形式の指数部を表す 'E' は大文字表現しか受け付けられない。Mentat II は 'e' を出力するので MARC に渡す前にこれを大文字に置換えておかなければならない。それには WS 上で dd コマンドを用いると良い。

```
dd if=INPUT.FILE of=OUTPUT.FILE conv=ucase
```

ここに、INPUT.FILE：入力ファイル

OUTPUT.FILE：出力ファイル

ucase の代わりに lcase を指定すると大文字を小文字に置換する。

8.2 ポストファイルのファイル変換

6.3 節で述べたように、大型計算からワークステーション (medics) にポスト・データをファイル転送して Mentat II で読込もうとしても受け付けられないことがある。そのような場面に遭遇したら、以下のシェルスクリプトを用意して実行させてみると良い。

```
#
cat >in <<EOF
log
full
formatted
$1.t19
formatted
$1_new.t19
no
2500
EOF
pldump<in
mv $1_new.t19 $1.t19
rm in
```

以下の 14 行を、例えば pld という名のファイルに格納して、実行権を与えて元のポスト・データを変換する。

```
pld z-shape [Ret]      (z-shape.t19 の 't19' を省くこと)
```

8.3 ファイル転送

MARC プログラムと Mentat プログラムはそれぞれベクトル計算機とワークステーションにインストールされているため、一方の処理が終わると、その結果を他方の処理に引き継ぐために両機間でファイルを転送する必要がある。転送はワークステーションから ftp コマンドを入力し行う。その例を以下に示す。

```
medics% : ftp kyu-msp
Password :
ftp>put*                                (ワークステーションのファイルを大型機に送り込む)
local file FILEONSUN
remote file USERID.FILE.ATTRIBUTE    (大型機のデータセット名をフルネームで入力)
ftp>bye
```

*注意 大型機のデータセットをワークステーションのファイルに転送する場合は put コマンドの代わりに get コマンドを用いる。大型機のデータセットは事前に可変長レコード型 (VB) で生成しておかなければならない。

また、MARC プログラムの入力データは固定長形式 (レコード長=80) でなければならない。ワークステーションから大型機に転送して得られるデータセットの型は可変長形式 (レコード長=255) であるため、VB 形式を FB 形式に変更をしなければならない。PFDE 画面上の C および T0 の対のコマンドで複写すれば、それが実現できる。

9. 表示画面のカラープリンター出力

ワークステーション (medics) の隣に設置してあるカラープリンターで Mentat で作画した画面のハードコピーを取ることができる。操作の詳しい説明は文献 [3] に譲る。

10. おわりに

前回紹介した MARC および Mentat の使用解説書も九州大学大型計算機センターのシステム更新等で陳腐化した。実際、利用者から寄せられる質問も処理内容に関したもののよりも、むしろ処理手続き (ジョブ制御文の記述, ハードコピーの取得法など) に関するものが多くを占めるようになった。ここで述べた解説は文献 [1] の内容と大差はないが、現時点におけるシステム構成に対応した MARC および Mentat II 使用へのスムーズな水先案内人となるように本解説を書き改めた。

参考文献

- [1] 山成 實, MARC / Mentat 利用の手引き, 九州大学大型計算機センター広報, Vol. 25, No. 1, pp.1-31, 1992
- [2] MARC K5, Mentat II テスト公開のお知らせ, 九州大学大型計算機センターニュース, No.511, pp. 4-6, 1994.11
- [3] フルカラー PostScript プリンタのサービス開始について, 九州大学大型計算機センターニュース, No.511, pp. 3-4, 1994.11
- [4] 山成 實, S S U の MARC 利用による性能評価, 九州大学大型計算機センター広報, Vol. 26, No.4, pp.485-487, 1993
- [5] 日本マーク, MENTAT II Users Guide 1.2, 1994
- [6] 日本マーク, MARC (Vol. A User Information, Vol. B Element Library, Vol. C Program Input, Vol. D User Subroutines), Vol. E Demonstration Problems (Part 1 - 4) K-5, 1994
- [7] MARC K5, Mentat II についての注意点, 九州大学大型計算機センターニュース, No.514, pp.7-9, 1995.1