

\*\*\*\*\*

\* 「複合 3 次元構造解析K」の紹介 \* [著者] 黒田 英夫

\*\*\*\*\*

## &lt;プログラム開発環境&gt;

OS : Windows 11 . . . .NET Framework 4.8が必要

言語 : Visual Basic 2022 (Visual Studio 2022 Community)

## &lt;プログラムと本書の著作権&gt;

フリーソフトで、著作権を開放します

\*\*\*\*\*

部材 3 次元構造と立体 3 次元構造を複合した 3 次元構造解析ソフトを提供します。部材 3 次元構造とは、部材要素（ラーメン、トラス等）から成る 3 次元構造で算生会「部材 3 次元体解析K」ソフトによってデータ作成します。他方、立体 3 次元構造とは、ソリッドの立体要素から成る 3 次元構造で算生会「3 次元構造解析K」ソフトによりデータ作成します。本ソフトは、有限要素法により複合構造の 3 次元弾性問題を解くものです。

本ソフトの F E M 方程式計算では、ソルバーとしてスカイライン法とバンドマトリックス法の 2 種類を組み込んでいます。バンドマトリックス法ソルバーでは大規模構造のメモリー不足に対応できます。

[備考] 本書の解析事例の計算時間は、下記仕様のパソコンによります。

CPU : 3GHz (64bit、4コア) RAM : 16GB

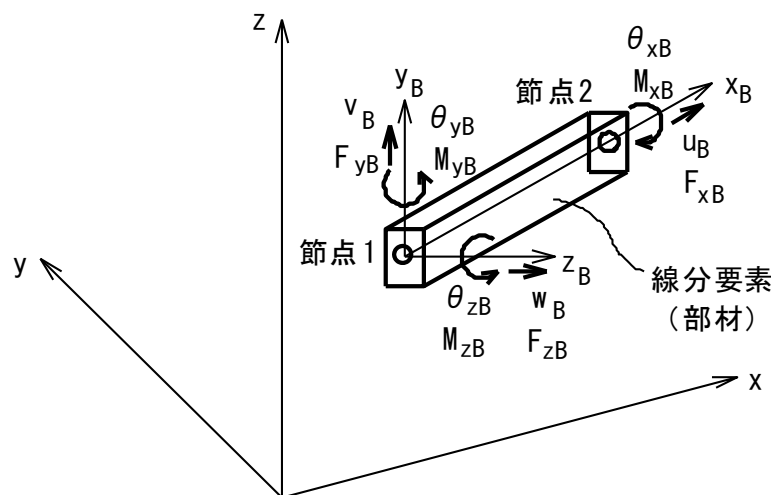
<目次>	ページ
第1章 複合構造の有限要素法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	5
第3章 構造データの作り方 -----	8
第4章 「解析データ」処理プログラム -----	9
第5章 「計算」プログラム -----	37
第6章 「後処理」プログラム -----	48
第7章 計算事例 -----	60
[参考文献] -----	63

## 第1章 複合構造の有限要素法

複合構造は部材 3 次元構造と立体 3 次元構造を合わせた構造で、両構造の有限要素法を同時に使用します。各構造の有限要素法は「部材 3 次元体解析K」ソフトと「3 次元構造解析K」ソフトの説明書を参照してください。ここでは複合構造の計算方法について概説します。

### 1.1 使用要素と計算方法

部材 3 次元構造では、図1-1の線分要素（2 節点）を使用します。ただし、同図は両端が固定接続されるラーメン要素で、その他に両端が回転接続されるトラス要素、および一端が固定接続で多端が回転接続の混合要素もあります。



$x$ 、 $y$ 、 $z$  : 全体座標系

各方向変位と力を  $u$ 、 $v$ 、 $w$  と  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  とする。

各方向の回転変位を  $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ 、とモーメントを

$M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$  とする（右回りが正）。

$x_B$ 、 $y_B$ 、 $z_B$  : 部材座標系

部材軸方向を  $x_B$  とする。

各方向変位、力等は上記変数に添え字  $B$  を付して表わす。

線分要素の物性

$E$  : ヤング率、 $\nu$  : ポアソン比

$\gamma$  : 比重（重力）、 $A$  : 断面積、 $L$  : 長さ

$I_{yB}$  :  $y_B$  軸回りの断面2次モーメント

$I_{zB}$  :  $z_B$  軸回りの断面2次モーメント

$K$  : サンプナン振り定数

図1-1 3次元ラーメン用の線分要素

他方、ソリッドの立体3次元構造では図1-2の六面体2次要素（20節点）を使用します。

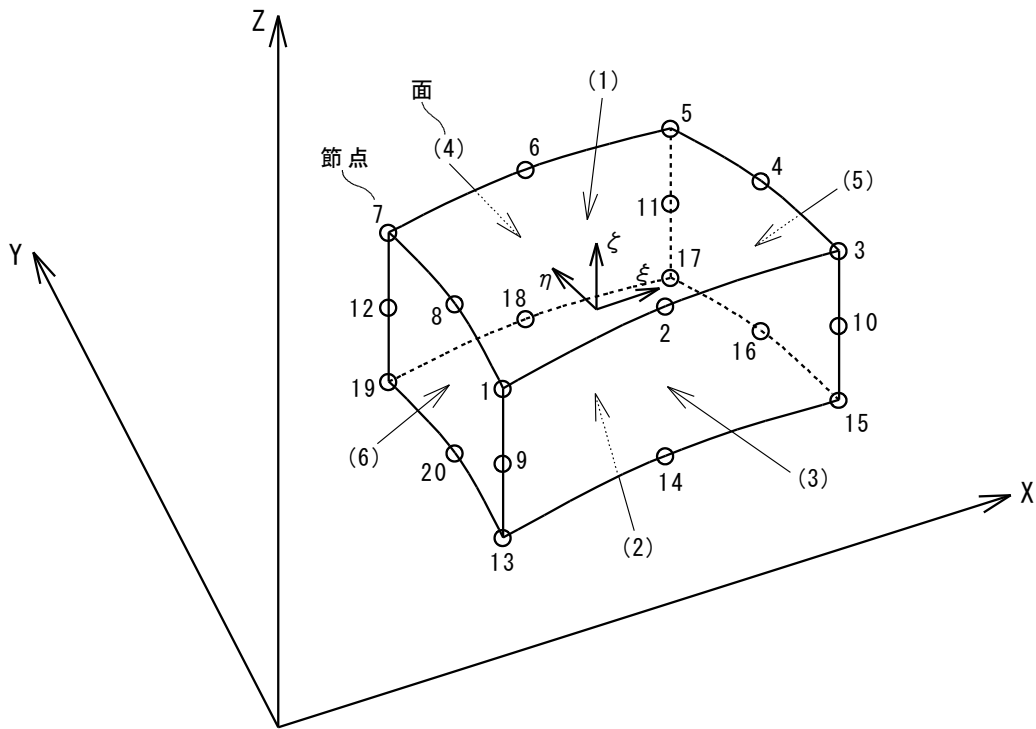


図1-2 立体構造用の六面体2次要素

部材3次元構造では、節点の部材変位は次式のように6成分で表わされます。ただし、 $i=1, 2$ は両端を表わし、部材変位は全体座標系に変換します。

$$\{U_{eBi}\} = \begin{bmatrix} u_{Bi} \\ v_{Bi} \\ w_{Bi} \\ \theta_{xBi} \\ \theta_{yBi} \\ \theta_{zBi} \end{bmatrix} \quad i=1, 2 \quad (1-1)$$

他方、立体要素の3次元構造では、1つの節点変位は次式のように3成分で表わされます。

$$\{\delta\} = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_z \end{bmatrix} \quad (1-2)$$

このように、部材要素と立体要素で1節点当りの成分数が異なるので、節点個別に変位の成分数を設定する変えなければなりません。その際、部材要素か立体要素の共通節点で

は多い方の成分数になります。後は、部材要素と立体要素の剛性マトリックスを各節点に加算していくことにより全体マトリックスを作成します。この全体マトリックスは対角部要素以外が0の対称バンドマトリックス形となり、バンドマトリックス法やスカイライン法の一般ソルバーで解くことができます。

## 1.2 部材構造と立体構造の複合の仕方

図1-3に複合の仕方の説明図を示します。同図でa)部材構造の節点P1～P5に対して、b)立体構造の節点Q1～Q5を重ね合わせます。その結果、c)の複合構造が得られます。すなわち、部材構造の節点と立体構造の節点がいくつか共通になるよう合成すれば、複合構造になります。これは一例であり、合成の仕方は自由です。また、部材構造の要素を削除して立体構造で置換しても構いません。

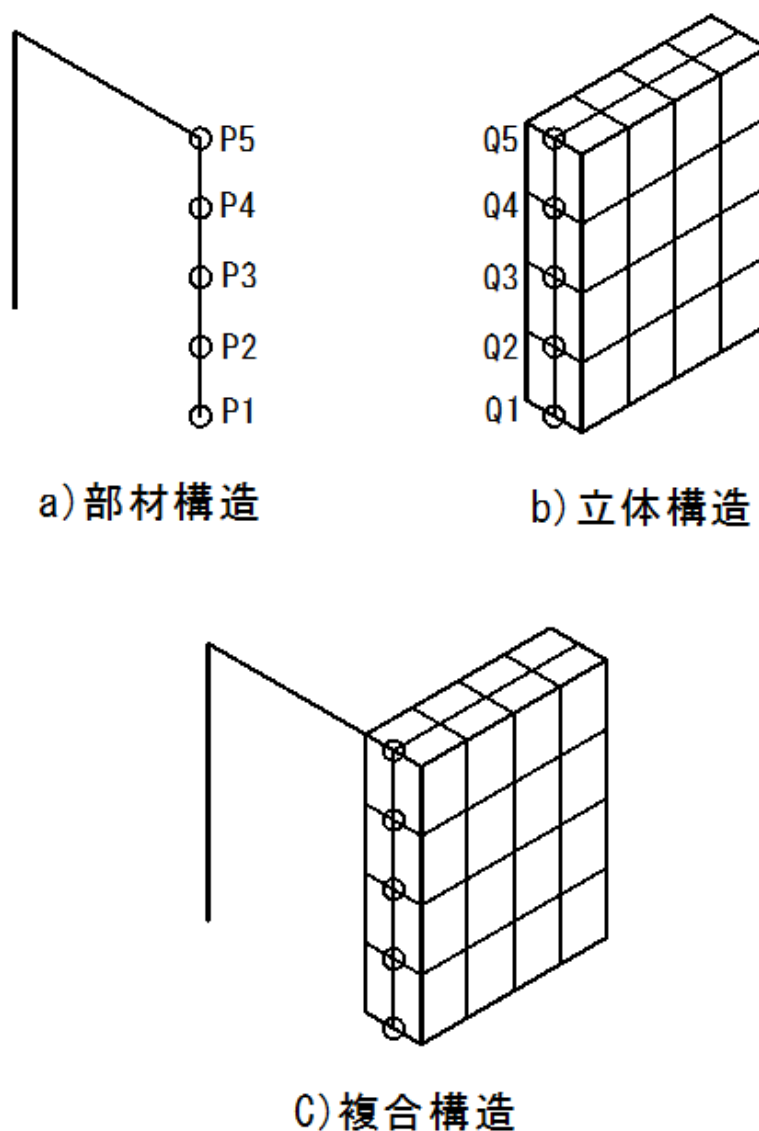


図1-3 部材構造と立体構造の複合の仕方

## 第2章 プログラムの機能・構成

### [VBプロジェクト名] C o m p F E M 3 D

本ソフトでは複合3次元構造の弾性強度解析を行ないます。また、大変形問題にも対応できます。なお、初期歪みは取り扱いません。

本ソフトの立ち上げ画面は図2-1のメニュー画面です。同図のように、基本メニューは「解析データ」、「計算」、「後処理」、「終了」の4つです。「解析データ」メニューでは、別途「部材3次元体解析」ソフトと「3次元構造解析」ソフトにより作成した解析データファイルを合成して使用します。「計算」メニューでは解析計算を実行し、「後処理」メニューでは計算結果の図を作画します。そして、ソフトを終了させる際は、「終了」をクリックします。なお、「計算」メニューには体積計算の補助機能もあります。

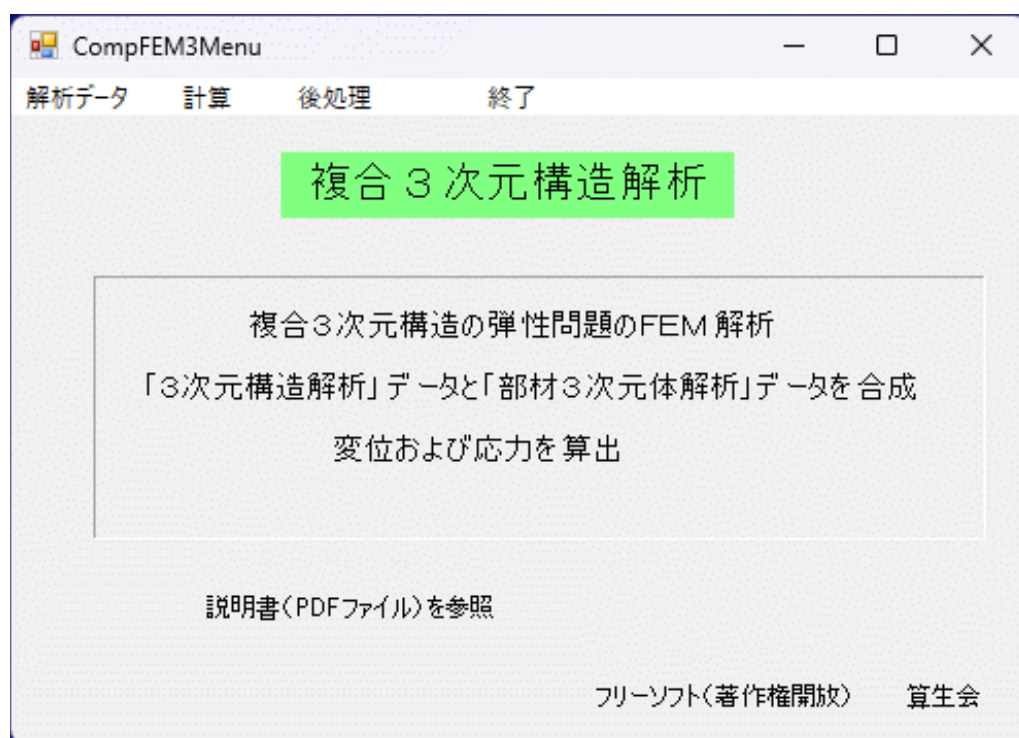


図2-1 「C o m p F E M 3 D」ソフトのメニュー画面

次に、図2-2にプログラム構成を示します。同図のように、全体を「メニュー」のCompFEM3Menuモジュール\*で制御し、その下に「解析データ」、「計算」、「後処理」の3つのプログラム群に分かれています。

注) \*モジュール名や各フォーム名は、ファイル名と名前を一致させてあります。

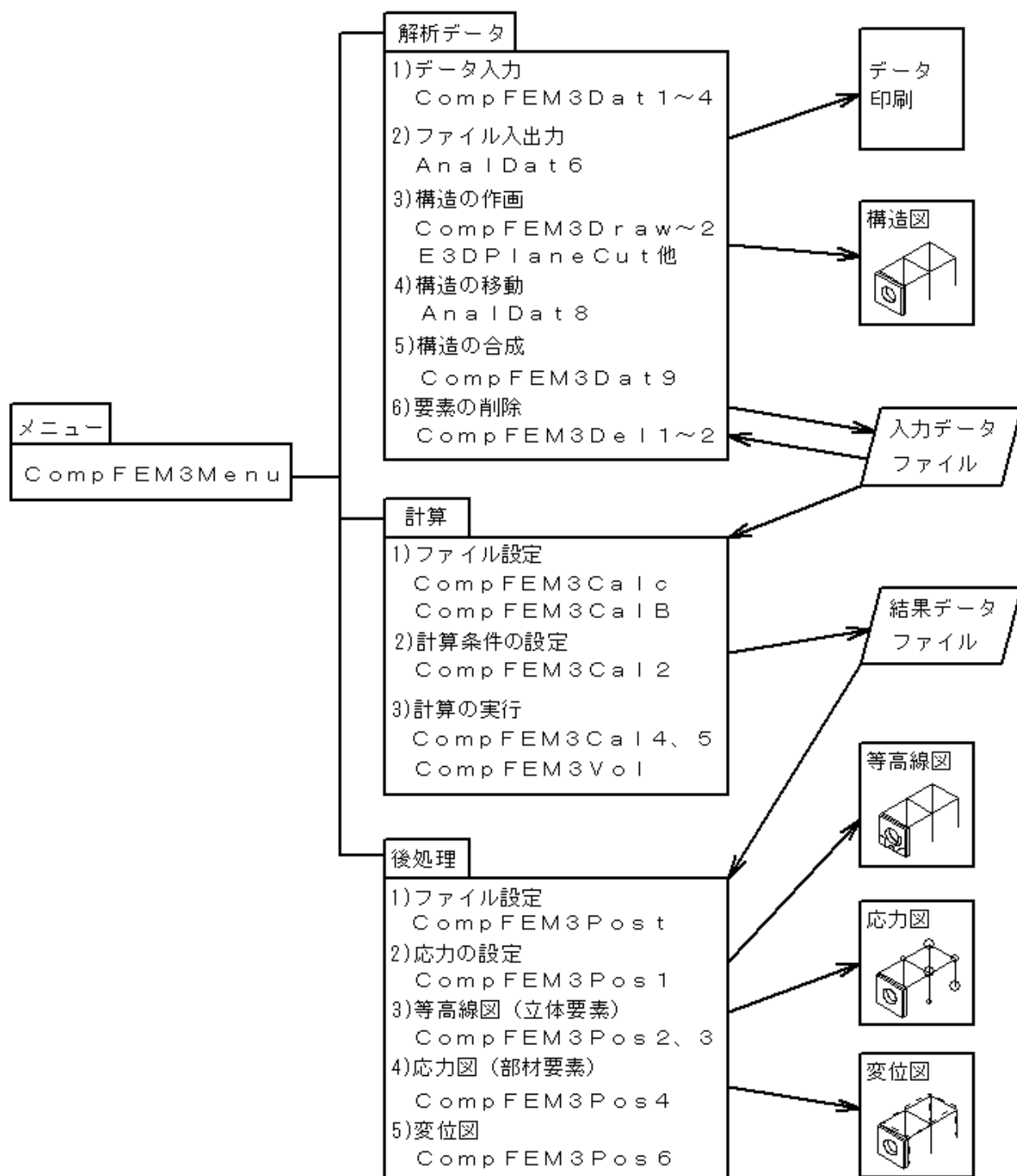


図2-2 「Comp FEM3D」ソフトのプログラム構成

データファイルは、「入力データファイル」、「結果データファイル」の2種類を使用しています。また、本図には示していませんが、いくつかのプログラム部分で一時記憶ファイル（ファイル拡張子「.tmp」）も使用しています。これらデータファイルはいずれもテキスト形式であり、エディターや表計算ソフトで閲覧・印刷することができます。

表2-1に本ソフトのファイルリストを示しま。同表で、〔解析データ〕のCompFEM3Dat1～4は、各種データを画面入力するためのものです。特に、CompFEM3Dat2では1つのフォームモジュールで、複数種類のデータをグリッド切替えにより入力できるようにしています。

表2-1 「C o m p F E M 3 D」ソフトのファイルリスト

〔全般〕

ファイル名	内 容
CompFEM3Com.vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
CompFEM3Menu.vb	メニューの提示・選択

〔解析データ〕

ファイル名	内 容
CompFEM3Dat1.vb	データ仕様の入力
CompFEM3Dat2.vb	各データの入力
CompFEM3Dat3.vb	固定境界の一括設定
CompFEM3Dat4.vb	表面分布荷重の一括設定
AnalDat6.vb	データファイルの入出力
AnalDat8.vb	構造の移動
CompFEM3Dat9.vb	構造の合成
CompFEM3Draw.vb	構造の作画
CompFEM3Draw1.vb	構造図でデータ入力項目の選択
FEM3DDraw2.vb	構造図でデータの入力
E3DP l a n e C u t . v b	3次元構造の面切断の設定（各3次元図に共通）
MouseShift.vb	マウス回転操作の説明（各3次元図に共通）
CompFEM3Del1.vb	要素の削除数の入力と削除の実行
CompFEM3Del2.vb	要素削除の要素指定

〔計算〕

ファイル名	内 容
CompFEM3Calc.vb	計算に使用するファイルの設定
CompFEM3Cal2.vb	計算条件の設定
CompFEM3Cal4.vb	解析計算の実行(バンドマトリックス法)
CompFEM3Cal5.vb	解析計算の実行(スカイライン法)
CompFEM3CalB.vb	解析計算のバッチ処理
CompFEM3Vol.vb	体積計算のファイル設定と実行

〔後処理〕

ファイル名	内 容
CompFEM3Post.vb	後処理に使用するファイルの設定
CompFEM3Pos1.vb	等高線図・応力図の変数の指定
CompFEM3Pos2.vb	等高線図の仕様設定
CompFEM3Pos3.vb	等高線図の作画実行(立体要素)
CompFEM3Pos4.vb	応力図の作画実行(部材要素)
CompFEM3Pos6.vb	変位図の作画実行

### 第3章 構造データの作り方

以降では、図3-1に示すテスト用構造モデルを例に取り、構造データの作り方を説明します。

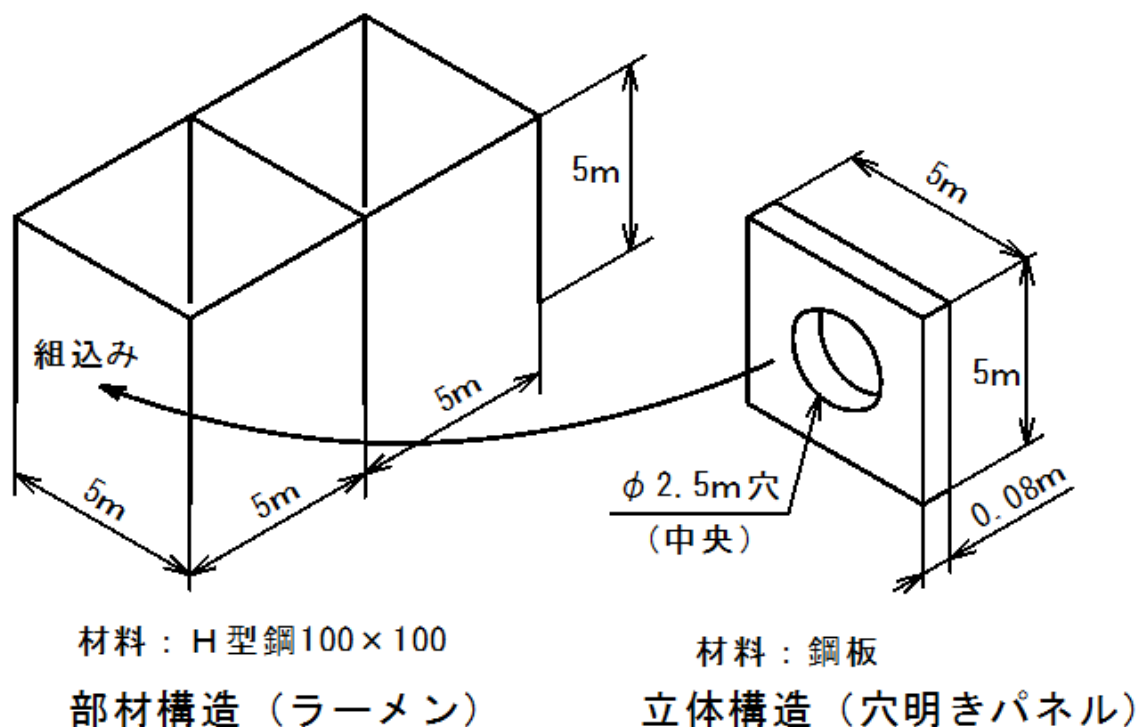


図3-1 テスト用構造モデル

- 1) 図3-1で、左側の部材構造（ラーメン）に右側の立体構造（穴明きパネル）を組み込むものとします。
- 2) 部材構造（ラーメン）は「部材3次元体解析」ソフトにより、立体構造（穴明きパネル）は「3次元構造解析」ソフトにより、あらかじめデータ作成しておきます。  
◇両者の合成の仕方については、1.2節「部材構造と立体構造の複合の仕方」に従ってください。
- 3) 本ソフトの「構造の合成」メニューにより両者の構造を合成します。  
◇片方の構造をベース構造とし、他方を追加構造としますが、いずれをベース構造にしても構いません。ただし、境界条件や荷重条件はベース構造のみが有効となり、追加構造部分については後で条件を設定する必要があります。  
◇「構造の合成」では、次の3種類の構造データを任意に使用可能です。
  - ①「複合3次元構造解析」用・・・先に構造の合成を実施済みのもの
  - ②「部材3次元体解析」用
  - ③「3次元構造解析」用
- 4) 荷重条件の回転遠心力は組み込めません。  
◇「部材3次元体解析」または「3次元構造解析」で組み込み済みの回転遠心力条件は自動削除されます。



## 第4章 「解析データ」処理プログラム

### 4.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「解析データ」のサブメニュー選択画面を図4-1に示します。同図に示すように、12個のサブメニューがあります。まずは「構造の合成」により本ソフト用のデータファイルを作成します。そして、既存ファイルを修正して新たなファイルを作成する場合は「ファイル読み込み」を行ない、「データ入力・修正」や「構造の作画」を利用します。

また、「オプション」では、3つの項目についてチェックの有無により採否を選択できます。「バックアップファイル作成」は、データ読み込み時にバックアップファイル（.bak）を自動作成するものです。

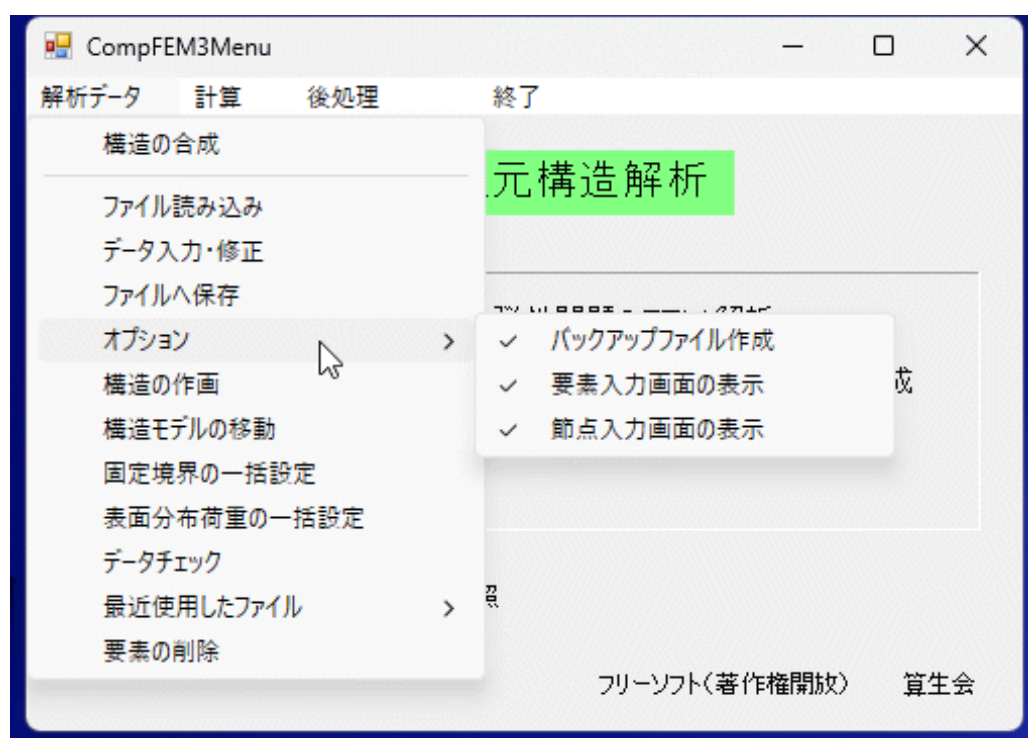


図4-1 「解析データ」サブメニュー画面

### 4.2 構造の合成

1) サブメニューの「構造の合成」を選択すると、図4-2の合成ファイル設定画面となります。

- ①同画面で、ベースファイルと追加ファイルを設定します。「ベースファイル名」ボタン、または「追加ファイル名」ボタンをクリックすると、コモンダイアログでファイルを開く画面となり、それぞれの構造データファイルを選定して読み込みます。

◇境界条件・荷重条件はベースファイルのみ有効です。

- ②合成方法として、「調整済み」、「結合点1個所指定（平行移動）」のいずれかを選択します。

◇「調整済み」とは、結合する境界について、ベース構造と追加構造とで座標値を含めて同じに設定済みということです（節点番号は別）。

◇「結合点1個所指定（回転なし）」とは、追加構造を平行移動して指定の

節点どうして結合するということです。節点の指定は結合方法の下部に表示される結合点で行ないます（図4-3参照）。

- 2) 図4-2の画面で「作画」ボタンをクリックすると、図4-3のように2つの構造図が作画された画面となります。本作画により、合成する構造が間違っていないか確かめることができます。

◇結合点を指定した場合は、図4-3のように指定節点が赤丸で表示されます。

- 3) 本画面の「設定」ボタンをクリックすると、合成計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、合成されたモデルのデータファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

◇構造が合成されたデータでは、ベース構造の要素番号や節点番号は保持されますが、追加構造の要素番号や節点番号は自動変更されます。

また、図4-4に構造が合成されたモデルの構造図の画面例を示します。

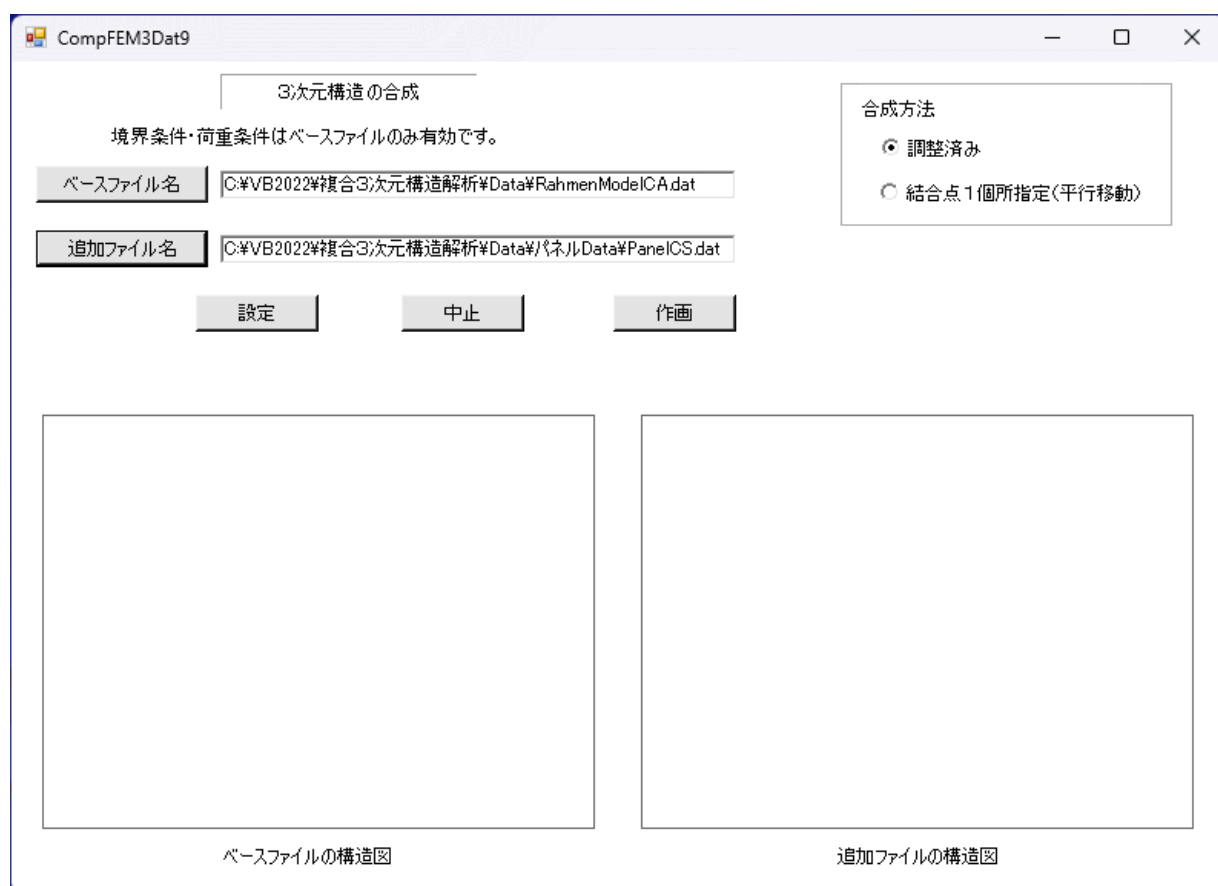


図4-2 合成ファイル設定画面（作画前）

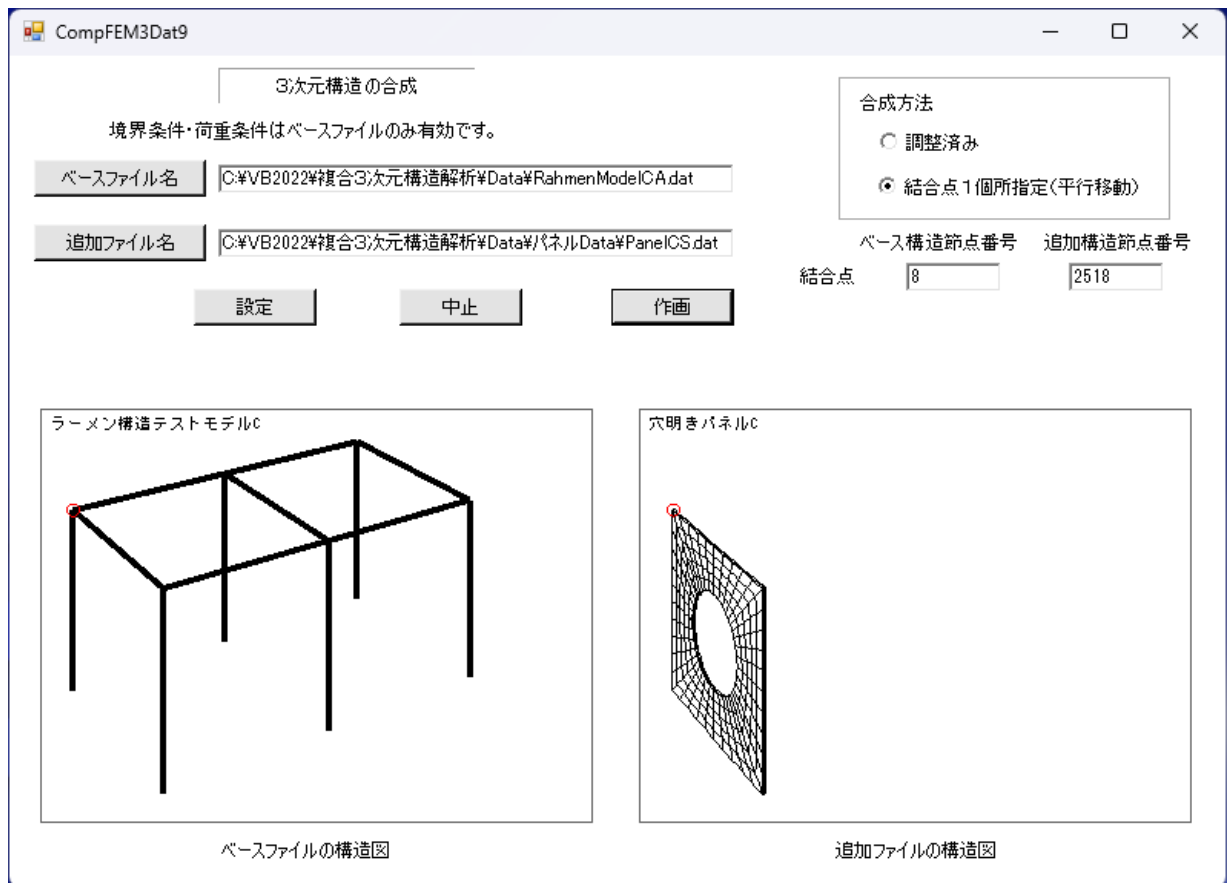


図4-3 合成ファイル設定画面（作画有り）

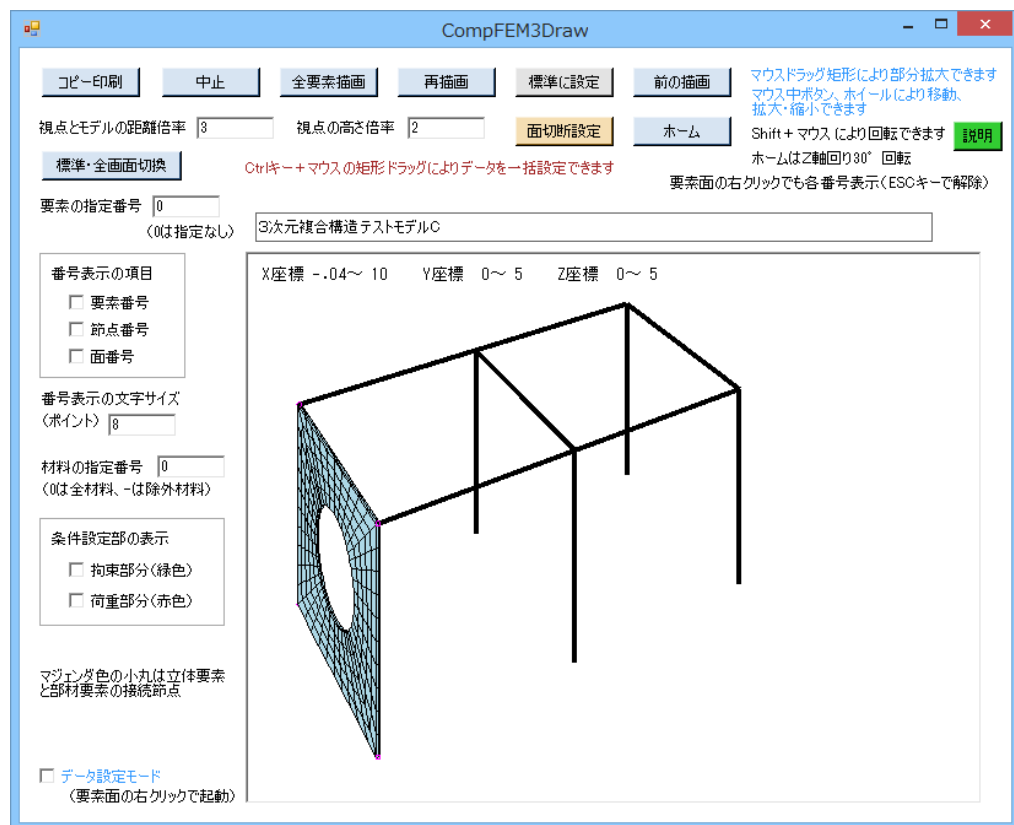


図4-4 合成されたモデルの構造図の画面例

### 4.3 ファイル読み込み

サブメニューの「ファイル読み込み」を選択すると、コモンダイアログでファイルを開く画面となり、入力データファイルを選定して読み込みます。なお、入力データファイルのデフォルトの拡張子は、「.dat」です。

#### 4.4 データ入力・修正

サブメニューの「データ入力・修正」を選択すると、図4-5のデータ仕様入力画面となります。なお、境界条件等のデータ入力・修正は、構造図の画面でも実施できます。

図4-5では図3-1のテスト用構造モデルを取り上げており、以降も同じです。本画面の入力について、以下に補足説明します。

- ①タイトルは、任意の題名を入力できます。
- ②節点数～材料データ数、および拘束節点数～バネ支持個数は、各構造モデルに応じた数を入力します。

◇拘束する境界については、節点毎に拘束設定できます。それ故、拘束する節点の個数を拘束節点数として入力できます。しかし、要素の1つの面で全節点を同一拘束する場合は、面の各節点を個別に拘束しなくても、面全体でまとめて設定できます。その際は、拘束する面の個数を拘束面数として入力します。

◇同一節点について複数の拘束がデータ設定されている場合の解析計算は、すべての拘束が採用され、同一軸方向では最大拘束値（強制変位込み）となります。

◇構造が自由に動かないように、すべての座標軸方向について拘束する必要があります。

- ③自重の有無について、「なし」か「有り」を選択します。
- ④本画面の「設定」ボタンをクリックすると、各データの入力画面に移ります。
- ⑤各データ入力が終了すると、本画面に戻るので、そこで「すべて確定」ボタンをクリックすると入力データが確定します。

CompFEM3Dat1

データを入力してください。

タイトル

節点数

要素数

材料データ数

荷重節点数

拘束節点数

座標位置荷重数

拘束面数

表面分布荷重数

パネ支持個数

自重の有無

☐ なし

☒ 有り

図4-5 データ仕様入力画面

#### 4.5 要素データ入力画面（オプションで省略可能）

図4-6に要素データ入力画面を示します。必要がなければ変更しなくて構いません。

①種類番号は、合成前の構造であらかじめ決められたものです。

②材料番号は、材料データ数に応じた番号を入力します。

③節点順1から順に各要素の全節点番号（部材要素では2個、立体要素では20個）を入力し、部材要素の場合は最後にφyBに部材断面y<sub>B</sub>軸（画面では断面Y軸と注記）方向の角度を入力します。

◇立体要素の場合、頂点節点を最初に、かつ図1-2の節点番号の順に入力します。

④「コピー」、「貼り付け」ボタンにより、通常のクリップボード利用ができます。これは以降の画面でも同様です。

◇「取り消し」ボタンを押すと直前の貼り付けを取り消せます。

◇表計算ソフトからコピーすることも可能です。

⑤すべての要素データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の節点データ入力画面に移ります。

要素番号	種類番号	材料番号	節点順 1	節点順 2	節点順 3	節点順 4
1	2	1	1	2	0	0
2	2	1	3	4	0	0
3	2	1	5	6	0	0
4	2	1	2	4	0	0
5	2	1	4	6	0	0
6	2	1	7	8	0	0
7	2	1	9	10	0	0
8	2	1	11	12	0	0
9	2	1	8	10	0	0
10	2	1	10	12	0	0
11	2	1	2	8	0	0
12	2	1	4	10	0	0
13	2	1	6	12	0	0
14	0	2	1608	1710	1794	1738

図4-6 要素データ入力画面

#### 4.6 節点データ入力画面（オプションで省略可能）

図4-7に節点データ入力画面を示します。必要がなければ変更しなくて構いません。

①各節点の座標を入力します。

②「一括定数掛算」ボタンをクリックして定数値を入力し、全座標に一括掛算することができます。

◇本機能により、座標値の単位を変更したり、構造を拡大・縮小したりできます。

③すべての節点データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の材料

データ画面に移ります。

節点番号	X座標	Y座標	Z座標
1	0	0	0
2	0	0	5
3	5	0	0
4	5	0	5
5	10	0	0
6	10	0	5
7	0	5	0
8	0	5	5
9	5	5	0
10	5	5	5
11	10	5	0
12	10	5	5
13	-0.4	0	0
14	-0.2	0	0
15	.02	0	0

図4-7 節点データ入力画面

#### 4.7 材料データ入力画面

図4-8に材料データ入力画面を示します。

- ①部材要素の場合、材料の $E$ （ヤング率）、 $\nu$ （ポアソン比）、 $\gamma$ （比重量）、 $A$ （断面積）、 $I_{yB}$ （ $y_B$ 軸回りの断面2次モーメント）、 $I_{zB}$ （ $z_B$ 軸回りの断面2次モーメント）、 $K$ （サンブナン振り定数）、 $Z_{y1}$ （ $y_B$ 軸右側の曲げ断面係数）、 $Z_{y2}$ （ $y_B$ 軸左側の曲げ断面係数）、 $Z_{z1}$ （ $z_B$ 軸右側の曲げ断面係数）、 $Z_{z2}$ （ $z_B$ 軸左側の曲げ断面係数）、 $C_{sy}$ （ $y_B$ 軸方向の剪断係数）、 $C_{sz}$ （ $z_B$ 軸方向の剪断係数）、 $Z_p$ （振り断面係数）を入力します。

◇トラスの場合、 $\nu$ 、 $I_{yB}$ 、 $I_{zB}$ 、 $K$ 、 $Z_{y1}$ 、 $Z_{y2}$ 、 $Z_{z1}$ 、 $Z_{z2}$ 、 $Z_p$ を入力しなくてもよいです。

◇比重量は、自重有りの場合に有効となります。自重なしの場合に比重量を入力しても無視され、後で0に変換されます。

- ②立体要素の場合は、材料の $E$ （ヤング率）、 $\nu$ （ポアソン比）、 $\gamma$ （比重量）を入力します。

◇比重量の扱いは部材要素の場合と同様です。

- ③すべての材料データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

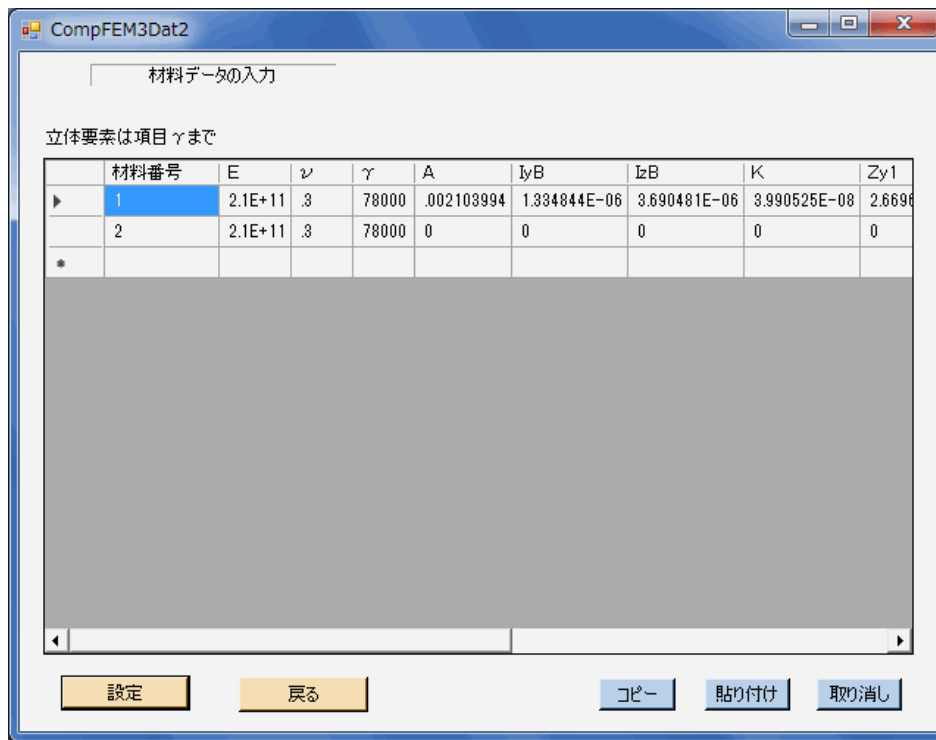


図4-8 材料データ入力画面

#### 4.8 拘束節点データ入力画面

本入力、拘束節点数が1以上の場合にのみ実施します。図4-9に拘束節点データ入力画面を示します。

- ①拘束節点数の分だけ拘束番号が表示されているので、それぞれ節点番号と各座標軸方向の拘束区分、拘束量を入力します。
  - ◇部材要素の場合、ラーメンまたは固定接続（混合構造）では、各軸回り回転角（ $\theta_x$ など、単位はラジアン）もあります。
  - ◇拘束区分（X拘束など）は、固定（強制変位を含む）する場合に1を入力し、さらに拘束量（ $\delta X$ など）を設定します。通常は拘束量は0にして節点を固定しますが、拘束量（ $\delta X$ など）に0以外の数値を入力するとその量だけの強制変位となります。
  - ◇拘束区分（X拘束など）が自由の0である場合は、拘束量（ $\delta X$ など）は無視されます。
- ②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの拘束番号のデータを他の拘束番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、節点番号はコピーされません。
- ④すべての拘束節点データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。



CompFEM3Dat2

拘束節点データの入力 節点番号に-1を入力すると、その行を削除・前詰めします。

[拘束区分] 0:自由 1:固定(強制変位も可)

	拘束番号	節点番号	X拘束	$\delta X$	Y拘束	$\delta Y$	Z拘束	$\delta Z$	$\theta X$ 拘束
▶	1	1	1	0	1	0	1	0	1
	2	3	1	0	1	0	1	0	1
	3	5	1	0	1	0	1	0	1
	4	7	1	0	1	0	1	0	1
	5	9	1	0	1	0	1	0	1
	6	11	1	0	1	0	1	0	1
*									

設定 戻る 一括コピー コピー 貼り付け 取り消し

図4-9 拘束節点データ入力画面

#### 4.9 拘束面データ入力画面（立体要素のみ）

本入力は、拘束面数が1以上の場合にのみ実施します。図4-10に拘束面データ入力画面を示します。

- ①拘束面数の分だけ拘束番号が表示されているので、それぞれ要素番号、面番号と各座標軸方向の拘束区分、拘束量を入力します。  
◇面番号は1～6で、要素の節点番号順との関係は図1-2に示す通りです。この面番号は、構造の作画画面で表示して確認できます。
- ②要素番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの拘束番号のデータを他の拘束番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、要素番号はコピーされません。
- ④すべての拘束面データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

#### 4.10 節点荷重データ入力画面

本入力は、節点荷重がある場合（荷重節点数が1以上）にのみ実施します。図4-11に節点荷重データ入力画面を示します。

- ①荷重節点数の分だけ荷重番号が表示されているので、それぞれ節点番号と各軸方向の荷重（含モーメント）を入力します。ただし、部材要素でトラスの場合、および立体要素の場合は、モーメントはありません。
- ②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの荷重番号のデータを他の荷重番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」



ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、節点番号はコピーされません。

- ④すべての節点荷重データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

拘束番号	要素番号	面番号	X拘束	δX	Y拘束	δY	Z拘束	δZ
1	18	5	1	0	1	0	1	0
2	23	5	1	0	1	0	1	0
3	28	5	1	0	1	0	1	0
4	33	5	1	0	1	0	1	0
5	38	5	1	0	1	0	1	0
6	43	5	1	0	1	0	1	0
7	48	5	1	0	1	0	1	0
8	53	5	1	0	1	0	1	0
9	58	5	1	0	1	0	1	0
10	63	5	1	0	1	0	1	0
11	218	5	1	0	1	0	1	0
12	223	5	1	0	1	0	1	0
13	228	5	1	0	1	0	1	0
14	233	5	1	0	1	0	1	0
15	238	5	1	0	1	0	1	0

図4-10 拘束面データ入力画面

荷重番号	節点番号	FX	FY	FZ	Mx	My	Mz
1	2	1000	0	0	0	0	0
2	6	0	1000	0	0	0	0
3	8	1000	1000	0	0	0	0
*							

図4-11 節点荷重データ入力画面

#### 4.11 座標位置荷重データ入力画面（立体要素のみ）

本入力は、座標位置荷重がある場合（座標位置荷重数が1以上）にのみ実施します。

図4-12に座標位置荷重データ入力画面を示します。

- ①座標位置荷重数の分だけ荷重番号が表示されているので、それぞれX、Y、Z座標と各軸方向の荷重を入力します。

注）X、Y、Z座標は3次元構造の外表面上の座標です。構造内部の座標を入力しても計算は可能ですが、実際の構造には適合しないと考えられます。

- ②最初の座標（X座標）に「-999」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの荷重番号のデータを他の荷重番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、座標値はコピーされません。
- ④すべての座標位置荷重データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

荷重番号	X座標	Y座標	Z座標	FX	FY	FZ
▶ 1	-.04	1	1	1000	1000	0
*						

図4-12 座標位置荷重データ入力画面

#### 4.12 表面分布荷重データ入力画面

本入力は、表面分布荷重がある場合（表面分布荷重数が1以上）にのみ実施します。

図4-13に表面分布荷重データ入力画面を示します。

- ①表面分布荷重数の分だけ荷重番号が表示されているので、それぞれ要素番号、面番号と垂直分布荷重1、垂直分布荷重2、接線分布荷重を入力します。ただし、部材要素の場合、面番号は不使用となります。また、立体要素の場合、垂直分布荷重2と接線分布荷重は不使用となります。

◇部材要素の場合、垂直分布荷重1は部材y<sub>B</sub>軸方向、垂直分布荷重2は z<sub>B</sub>軸方向の垂直分布荷重です。また、分布荷重はいずれも単位長さ当りの力を入力します。

◇立体要素の場合、面番号は1～6で、要素の節点番号順との関係は図1-2に示す通りです。そして、垂直分布荷重1だけが有効となります。また、分布荷重は面に垂直方向の単位面積当りの荷重（圧力に相当）で、外から面に向かう方向を正とします。

- ②要素番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの荷重番号のデータを他の荷重番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、要素番号はコピーされません。
- ④すべての表面分布荷重データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして、次の画面に移ります。

荷重番号	要素番号	面番号	垂直分布荷重1	垂直分布荷重2	接線分布荷重
1	67	1	1000	0	0
2	72	1	1000	0	0

図4-13 表面分布荷重データ入力画面

#### 4.13 バネ支持データ入力画面

本入力は、バネ支持節点がある場合（バネ支持個数が1以上）にのみ実施します。図4-14にバネ支持節点データ入力画面を示します。

- ①バネ支持個数だけNo.が表示されているので、それぞれ節点番号1、節点番号2および各軸方向のバネ定数（負数）と初期バネ力を入力します。もちろん、バネ支持のない軸方向は入力不要です。

◇節点番号2は節点間バネの場合にのみ入力します。

◇バネ定数と初期バネ力については、1つの座標軸方向が次式で表わされます。

$$f = k \cdot u + f_s \quad (4-1)$$

ただし、 $f$ ：座標軸正方向のバネ力

$k$ ：バネ定数（座標軸正方向の単位変位当たりの力で負数）

$u$  : バネ変位 (節点変位と同じ)

$f_s$  : 初期バネ力。これは、節点変位が0、すなわち節点が構造モデル定義位置にあるときのバネ力を表わします。

◇節点間バネの場合は、2 節点を結ぶ直線方向のデータを、最初の座標軸方向欄に入力します (初期バネ力は節点番号1において節点番号2への向きが正)。

- ②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③1つの番号のデータを他の番号範囲へコピーしたい場合は、「一括コピー」ボタンをクリックして、まとめて実施できます。ただし、節点番号はコピーされません。
- ④すべてのバネ支持節点データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

No.	節点番号1	節点番号2	Kx	Fsx	Ky	Fsy	Kz	Fsz
1	651	0	-100000	0	0	0	-100000	100
2	381	0	-100000	0	0	0	-100000	100
*								

図4-14 バネ支持節点データ入力画面

#### 4.14 自重倍率データ入力画面

本入力は、自重がある場合にのみ実施します。また、材料データに比重量を入力しておく必要があります。図4-15に自重倍率データ入力画面を示します。

- ①各座標軸方向の自重倍率を入力します。
  - ◇座標軸の負方向の荷重であれば、自重倍率も負となります。
  - ◇単なる自重の場合は、自重倍率は自重方向の各座標軸方向に対する方向余弦と同じです。
  - ◇地震荷重の場合は、各座標軸方向の荷重を自重の倍率で入力します。
- ②すべての自重倍率データを入力し終ったなら、「設定」ボタンをクリックして、図4-5のデータ仕様入力画面に戻ります。

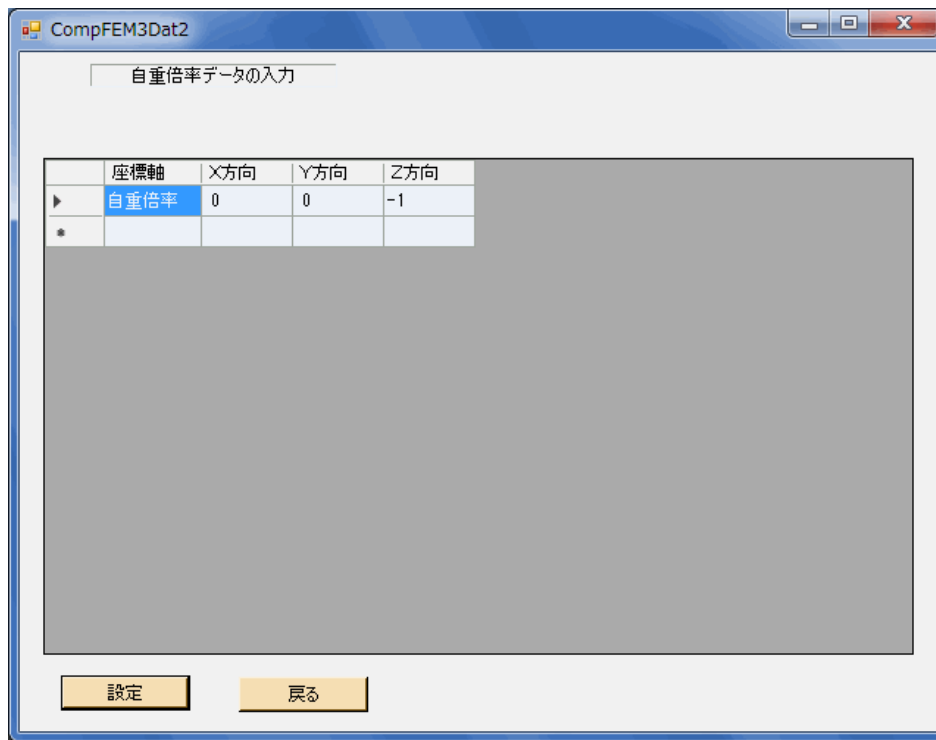


図4-15 自重倍率データ入力画面

#### 4.15 ファイルへの保存

サブメニューの「ファイルへの保存」を選択すると、コモンダイアログでファイルを保存する画面となり、入力データファイルを設定すると、データが書き出されます。新たなファイル名を入力すると新ファイルが作成されます。先に入力データファイルを読み込んである場合に、同ファイルを選定すると上書きとなります。

図4-16に入力データファイル例を示します。

◇保存ファイルの文字コードはUTF-8です。

◇1行内の複数データは、「,」（コンマ）で区切られます。

図4-16の○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①本行以降に、ガウス積分点数、1節点当りの変数の数、材料データの成分数が自動出力されています。
- ②材料1と材料2は、比重量 $\gamma$ までは同じ値ですが、材料1は部材要素用のため、それ以降の物性が設定され、異なる材料として扱われます。
- ③ $\theta$ x拘束以降のデータは部材要素用で、立体要素には使用されません。
- ④Mx以降のデータは部材要素用で、立体要素には使用されません。

プログラム名, CompFEM3D

3次元複合構造テストモデルC

節点数, 2528

要素数, 413

材料データ数, 2

拘束節点数, 6

拘束面数, 0

荷重節点数, 3

座標位置荷重数, 0

表面分布荷重数, 0

バネ支持個数, 0

自重の有無 (0:なし、1:あり) , 1

ガウス積分点数, 3

1節点当りの変数の数, 6

材料データの成分数, 14

①

要素データ (要素番号、要素種類、材料番号、20節点番号、断面Y軸の角度)															
1,	2,	1,	1,	2,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0								
2,	2,	1,	3,	4,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0								
3,	2,	1,	5,	6,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0								
. . . . .															
. . . . .															
411,	0,	2,	2045,	2129,	2206,	2190,	2175,	2097,	2017,						
2032,	2046,	2207,	2176,	2018,	2047,	2130,	2208,	2191,	2177,						
2098,	2019,	2033,	0												
412,	0,	2,	2206,	2296,	2340,	2333,	2324,	2290,	2175,						
2190,	2207,	2341,	2325,	2176,	2208,	2297,	2342,	2334,	2326,						
2291,	2177,	2191,	0												
413,	0,	2,	2340,	2420,	2455,	2451,	7,	2414,	2324,	2333,					
2341,	2456,	2448,	2325,	2342,	2421,	2457,	2452,	2449,	2415,						
2326,	2334,	0													

節点データ (節点番号、X座標、Y座標、Z座標)				
1,	0,	0,	0	
2,	0,	0,	5	
3,	5,	0,	0	
4,	5,	0,	5	
5,	10,	0,	0	
5,	0,	.1,	.1	
. . . . .				
. . . . .				
2525,	-.04,	5,	5	
2526,	-.02,	5,	5	
2527,	.02,	5,	5	
2528,	.04,	5,	5	

図4-16 (1/2) 入力データファイル例

材料データ (材料No.、E、 $\nu$ 、 $\gamma$ 、A、I yB、I zB、K、Z y1、Z y2、Z z1、Z z2、Csy、Csz、Zp)

1, 2.1E+11, .3, 78000, .002103994, 1.334844E-06, 3.690481E-06,  
3.990525E-08, 2.669697E-05, 2.669679E-05, 7.380938E-05, 7.380988E-  
05, 3.999555, 1.1, 4.584298E-06

2, 2.1E+11, .3, 78000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0  
②

拘束節点データ

拘束No.、節点番号、X拘束・値、Y拘束・値、Z拘束・値、 $\theta_x$ 拘束・値、 $\theta_y$ 拘束・値、 $\theta_z$ 拘束・値  
③

1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0  
2, 3, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0  
3, 5, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0  
4, 7, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0  
5, 9, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0  
6, 11, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0

荷重節点 (荷重No.、節点番号、F x、F y、F z、Mx、My、Mz)

④

1, 2, 1000, 0, 0, 0, 0, 0  
2, 6, 0, 1000, 0, 0, 0, 0  
3, 8, 1000, 1000, 0, 0, 0, 0

自重のX、Y、Z軸方向の倍率

0, 0, -1

図4-16 (2/2) 入力データファイル例

#### 4.16 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、全体構造の透視図が画面に作画されます。前掲の図4-4に本例題の構造作画の画面例を示します。同図は、本画面に移った状態のもので、作画のパラメーターは標準条件になっています。

1) 複数材料の場合は、材料別に色分けして表示されます。

2) 本画面の上側と左側に、作画の種々のパラメーターを表示しており、それらを変更することができます。変更した後は、「再描画」ボタンをクリックすると、新しいパラメーター条件による作画画面に変更されます。

3) パラメーターの「視点とモデルの距離倍率」は、透視変換の度合を調整するもので、小さくすると中心投影に近づき、大きくすると平行投影に近づきます。

4) 「視点の高さ倍率」は、透視の視点の高さを調整するもので、小さくすると視点が下がり、大きくすると上がります。

5) 「番号表示の項目」は、「要素番号」、「節点番号」、「面番号」を重複選択できます。  
◇上記のいずれかの番号表示を選択した場合に、「番号表示の文字サイズ」が有効になります。

◇面番号は( )付きの数字で作画されます。

注) 要素番号は隠れて見えないことがあります。

6) 以上のパラメーターを変更した後、最初の状態に戻すには、「標準条件に設定」ボタンをクリックします。

7) 「Shift+マウス」により構造を回転することができます。

◇構造図の任意の場所で、Shiftキーとマウス左ボタンを押したまま、回転したい方向へマウスを移動させ、そこでマウスボタンを離します。そうしますと、回転が実行されます。

◇図4-17にマウスの操作方向と回転方向の関係を示します。同図のように、スクリーンの場所により、Z軸回り、X軸回りの各回転、または構造中心回りの旋回が実施されます。

◇構造図の「説明」ボタンをクリックすると、図4-17と同じ説明図が表示されます。

8) 「ホーム」ボタンをクリックすると、初期の回転位置に戻ります。

9) 「材料の指定番号」は、作画する材料を選択したい場合に材料番号を入力します。

◇全材料を指定する場合は0を入力します。

◇「-」付きで材料番号を入力すると、その材料だけ除外して作画します。

◇一旦、ある材料番号で作画した後、他の材料番号を選択した場合は、「再描画」ボタンではなく、「全要素描画」ボタンをクリックします。

10) 「要素の指定番号」は、作画する要素1個を指定したい場合に要素番号を入力します。  
◇要素を指定しない場合は0を入力します。

11) 「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。

12) マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタン



を押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。

13) マウสดラッグ矩形により、構造図の一部分を拡大できます。

◇マウสดラッグは、拡大したい部分の左上隅にマウスを移動し、そこでマウスの左ボタンを押し、その左ボタンを押した状態で拡大部分の右下隅までマウスを移動させ、そこで左ボタンを離します。そうしますと、図4-18のようにマウสดラッグ範囲の矩形が表示され、コモンダイアログで「選択領域を拡大しますか？」と問うてきます。そこで、「はい」を選択すると、選択領域が拡大されて図4-19のように表示されます。

◇上記の選択領域に関しては、要素全体（全節点）が選択領域に入っている要素だけがすべて拡大の対象となります。

◇拡大操作を行なった後、元の全体構造図に戻りたい場合は、「全要素描画」ボタンをクリックします。

14) 「条件設定部の表示」は、「拘束部分（緑色）」、「荷重部分（赤色）」、「バネ支持（青色）」の内、表示したい項目を重複選択できます。ただし、自重については除外しています。

◇選択した項目がカラー表示されます。図4-20に「拘束部分（緑色）」と「荷重部分（赤色）」を表示した構造図を示します。

15) マジェンダ色の小丸は、立体要素と部材要素を接続する節点を示しています。

16) 任意の要素を右クリックすると、図4-21のように当該要素の要素番号・節点番号および面番号（立体要素のみ）が表示されます。

◇ESCキーを押すと上記の番号表示が解除されます。

17) 「データ設定モード」を選択して、任意の要素面を右クリックすると図4-22のようにデータ項目選択画面が出て、境界条件等のデータ入力・変更を実施できます。ただし、「材料番号」は要素に対するデータ設定となります。

◇図4-22の画面でいずれかのデータ項目を選択し、「設定」ボタンをクリックすると図4-23のデータ入力画面に移ります。同図は節点荷重データの入力画面ですが、他のデータ項目でも同様です。同図でのデータ入力は、前述の「データ入力・修正」サブメニュー以降の各データ入力画面と同様です。なお、「材料番号」以外の本画面では、表の最下行にデータを追加できるようになっています。図4-23で「設定」ボタンをクリックすると、データ変更が実施されます。

18) 繰り返して描画を実施した場合、「前の描画」ボタンをクリックすると1つずつ前の描画にさかのぼることができます。

◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。

◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。

19) 「面切断設定」ボタンをクリックすると、図4-24の面切断設定の画面に移り、面切断の仕方を設定できます。この面切断とは、座標軸に直角な平面で構造を切断し、2分割されたいずれかの構造図を描くものです。図4-24の画面では次のように操作します。

a) 座標軸としてX、Y、Zのいずれかを選択し、その座標値と許容誤差を入力します。

- b) さらに、その平面の正側か負側かを選択します。
- c) 「設定」ボタンをクリックすると面分割された構造部分が選択されて、構造図に戻ります。
- 20) 「Ctrlキー+マウス」で矩形ドラッグすると、図4-25のようにデータ項目選択画面が出て、境界条件等のデータを一括設定できます。矩形の囲む必要範囲は、条件項目により有限要素、要素面、または節点の任意の領域となります。ただし、要素面は外周の面（穴の面を含む）に限定されます。
- ◇条件項目に必要な要素・面・節点を選択されていない場合は、エラーメッセージが出ます。なお、要素は隠面を含む要素全体が矩形領域に入っていなければ選択されません。他方、面と節点は隠面に属するものは対象外となります。
- ◇図4-25の画面でいずれかのデータ項目を選択し、「設定」ボタンをクリックすると図4-26のデータ入力画面に移ります。同図は拘束面データの入力画面ですが、他のデータ項目でも同様です。同図でのデータ入力は、一括設定のために番号等の表示が省略されている以外は、前述の「データ入力・修正」サブメニュー以降の各データ入力画面と同様です。ただし、「一括削除」ボタンが追加されています。図4-26で「設定」ボタンをクリックすると、データが一括設定され、図4-27のように構造画面に反映されます。また、「一括削除」ボタンをクリックすると、既存のデータが一括して削除されます。
- 21) 本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。
- ◇「通常画面」の作画が印刷されます。
- 22) 本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。

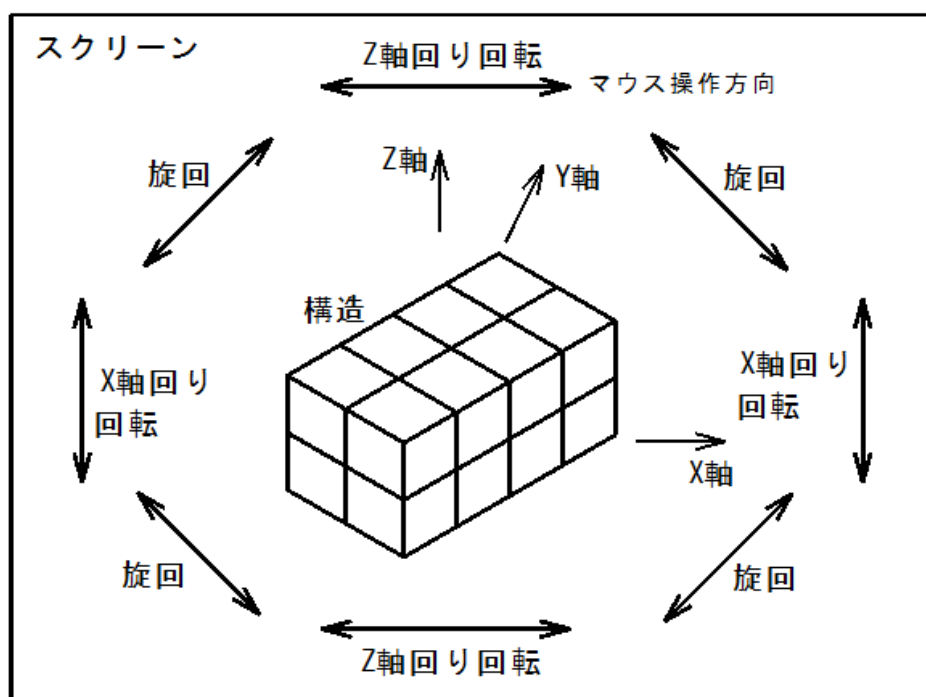


図4-17 マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）

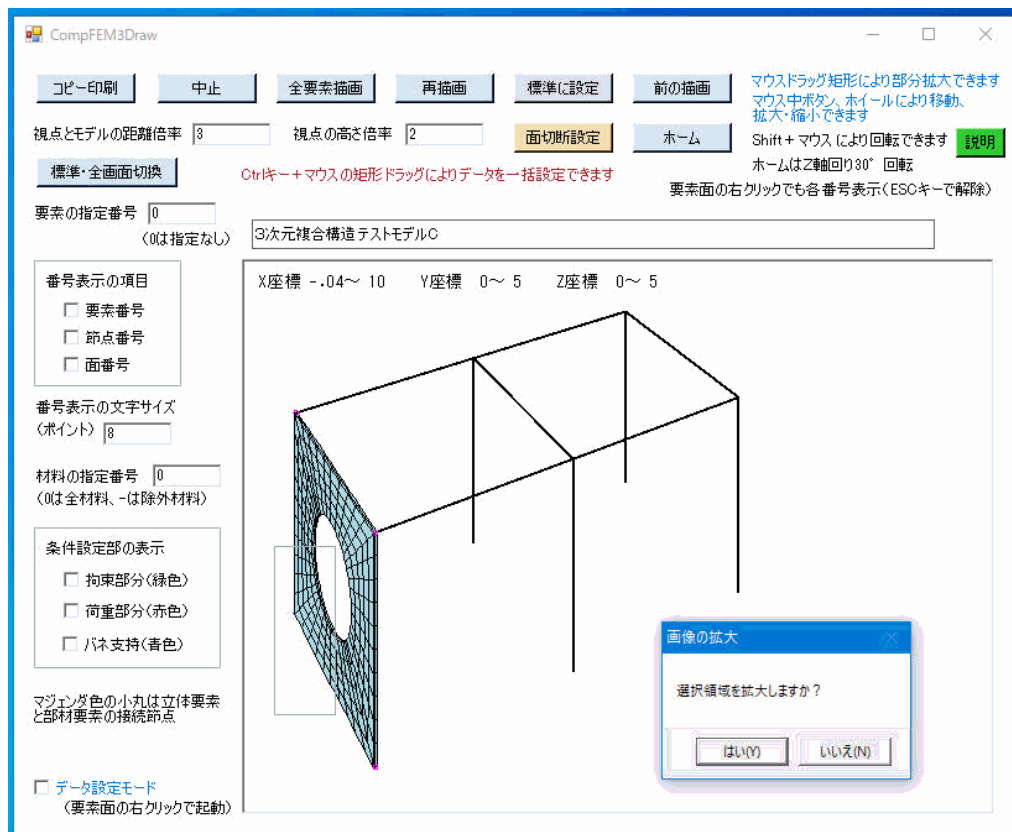


図4-18 構造作画における拡大領域選択例

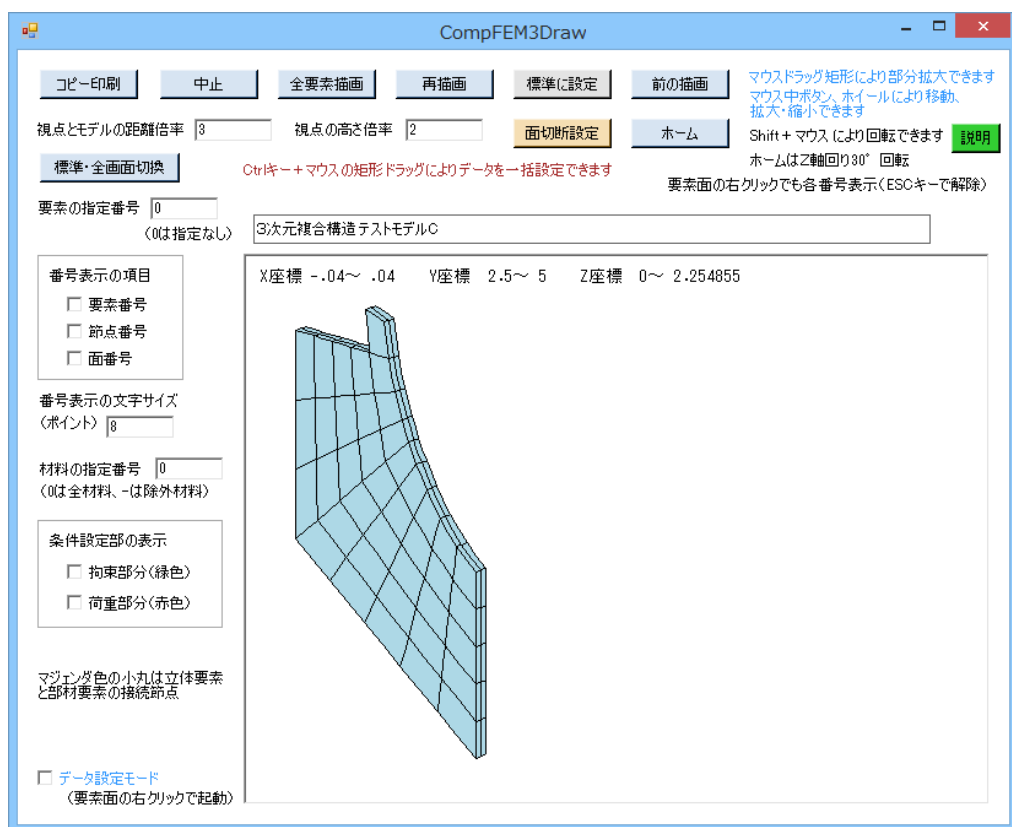


図4-19 構造作画の番号表示有りの部分拡大例

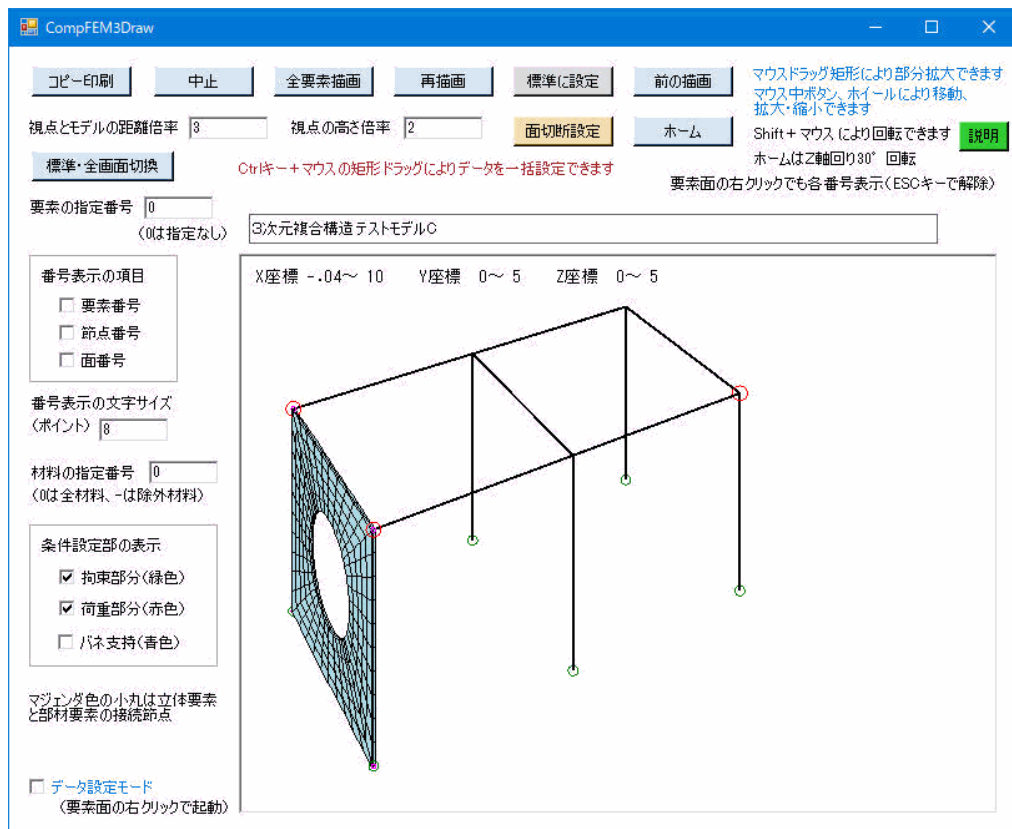


図4-20 構造作画の条件設定部の表示有りの画面例

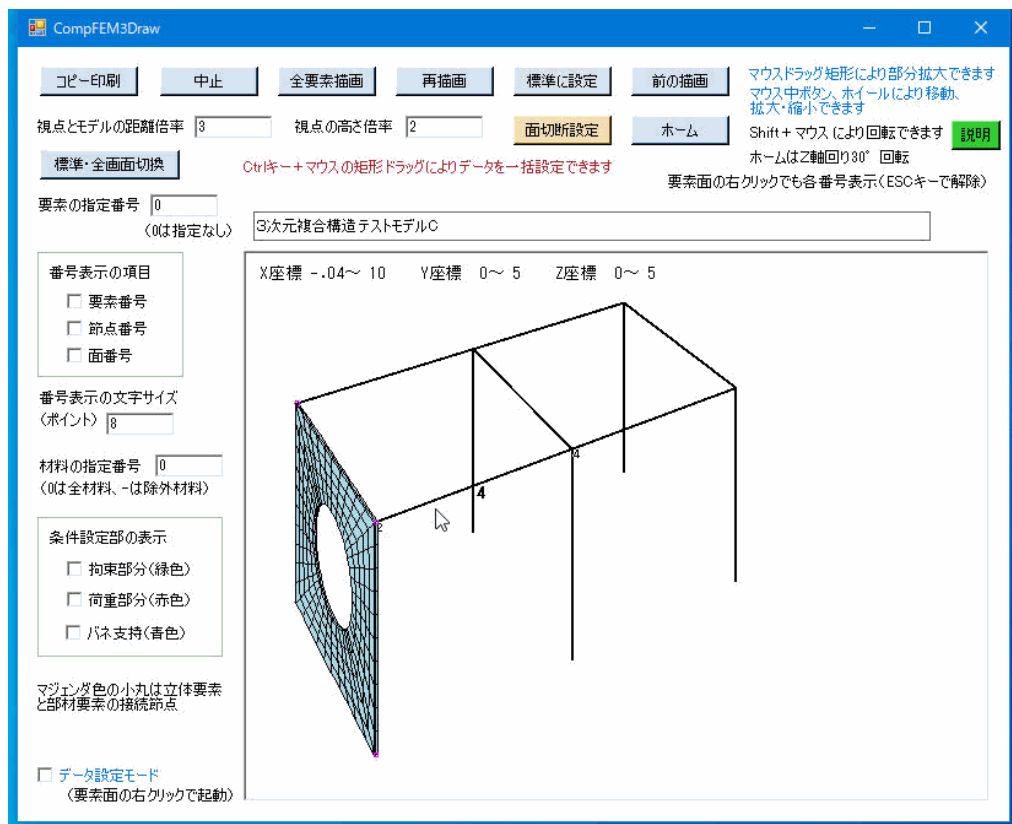


図4-21 構造作画における要素面の右クリック画面例

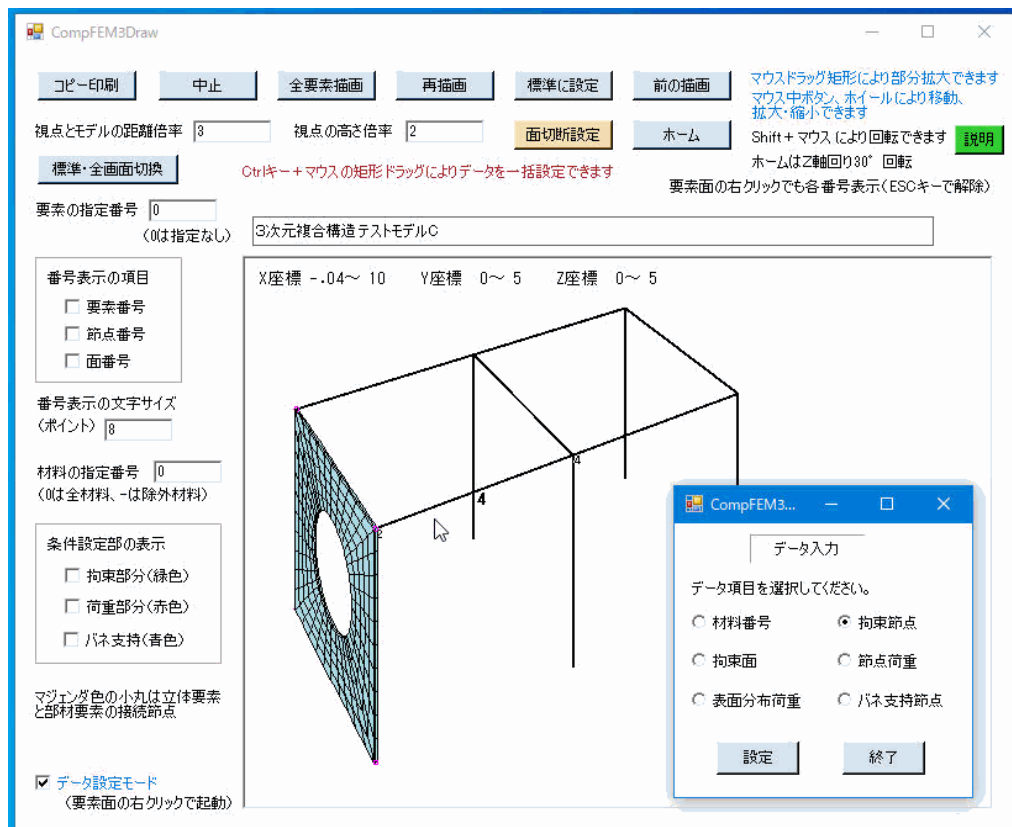


図4-22 構造作画のデータ設定モードにおけるデータ項目選択画面

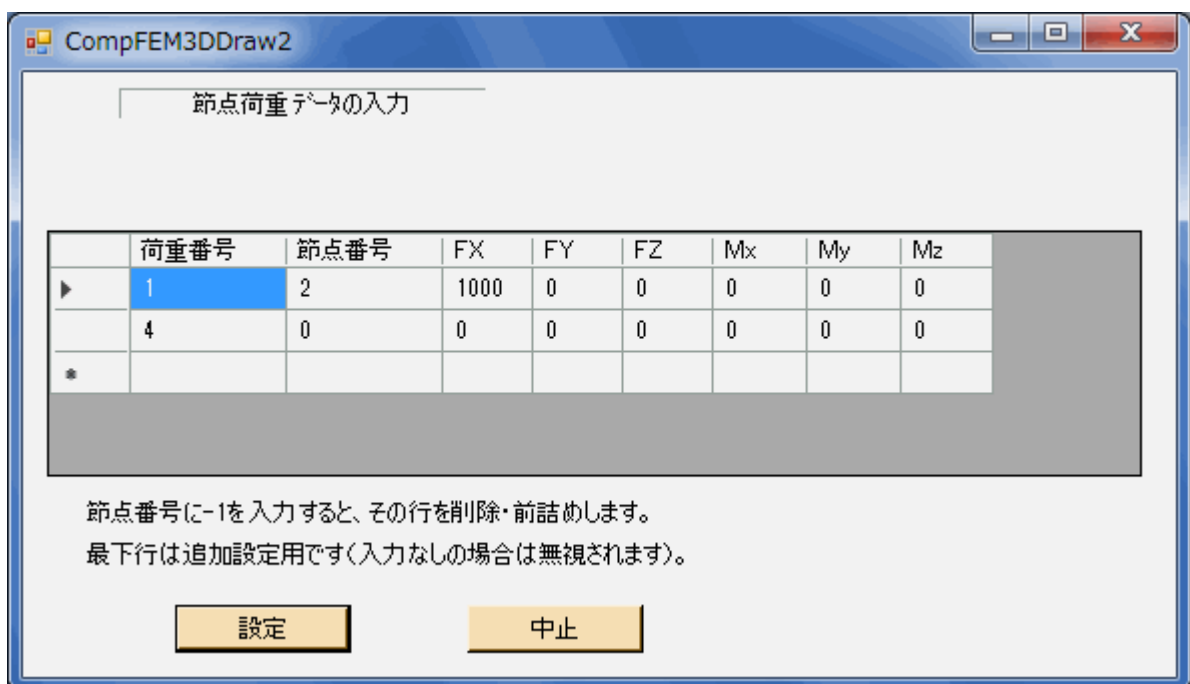


図4-23 構造作画におけるデータ入力画面例（節点荷重の場合）

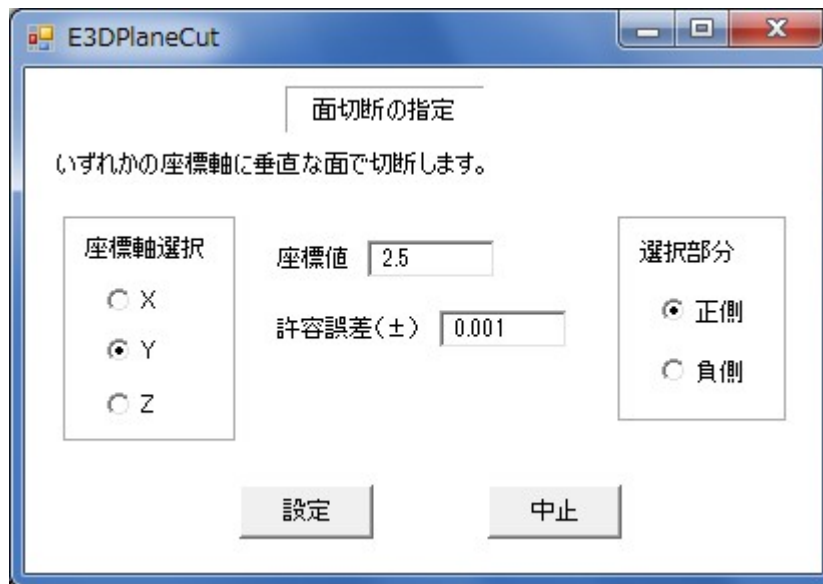


図4-24 面切断設定の画面

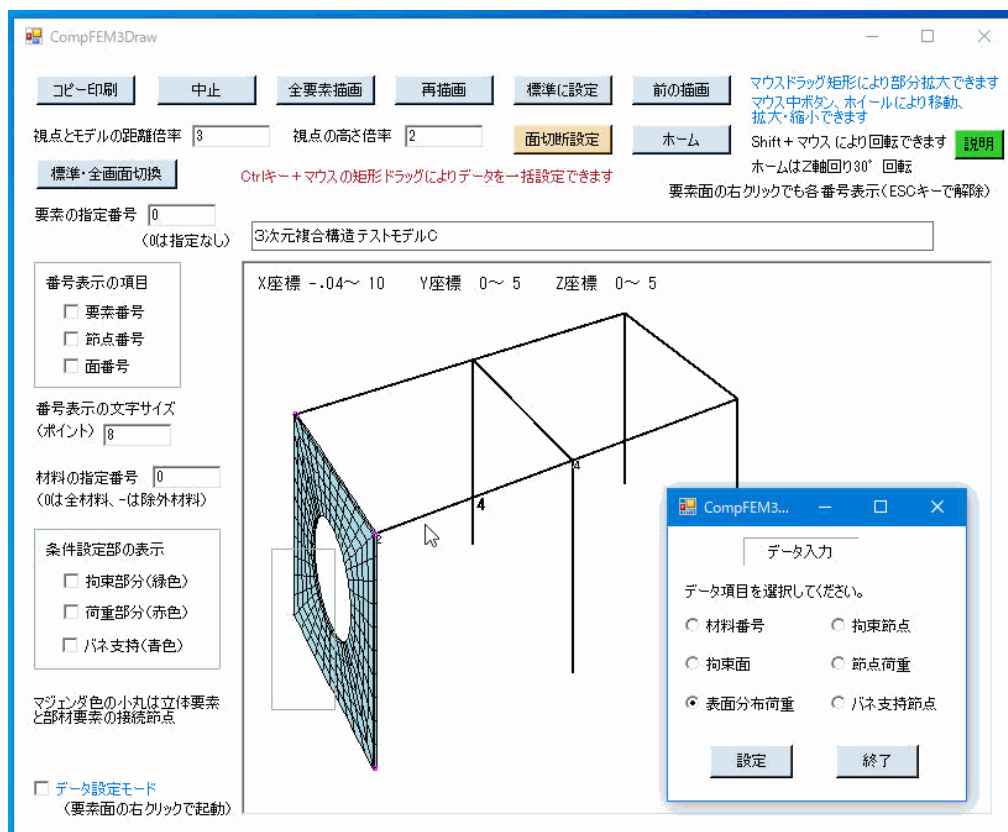


図4-25 構造作画の「Ctrlキー+マウス」ドラッグ矩形によるデータ項目選択画面

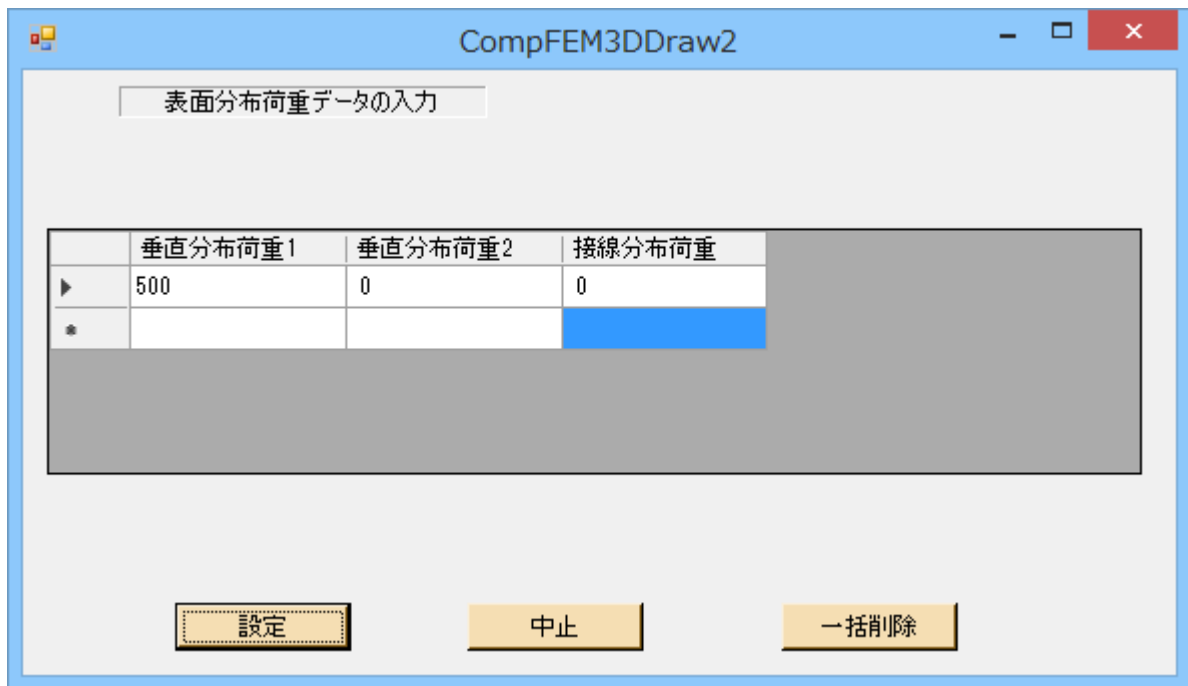


図4-26 構造作画における一括設定データ入力画面例（表面分布荷重の場合）

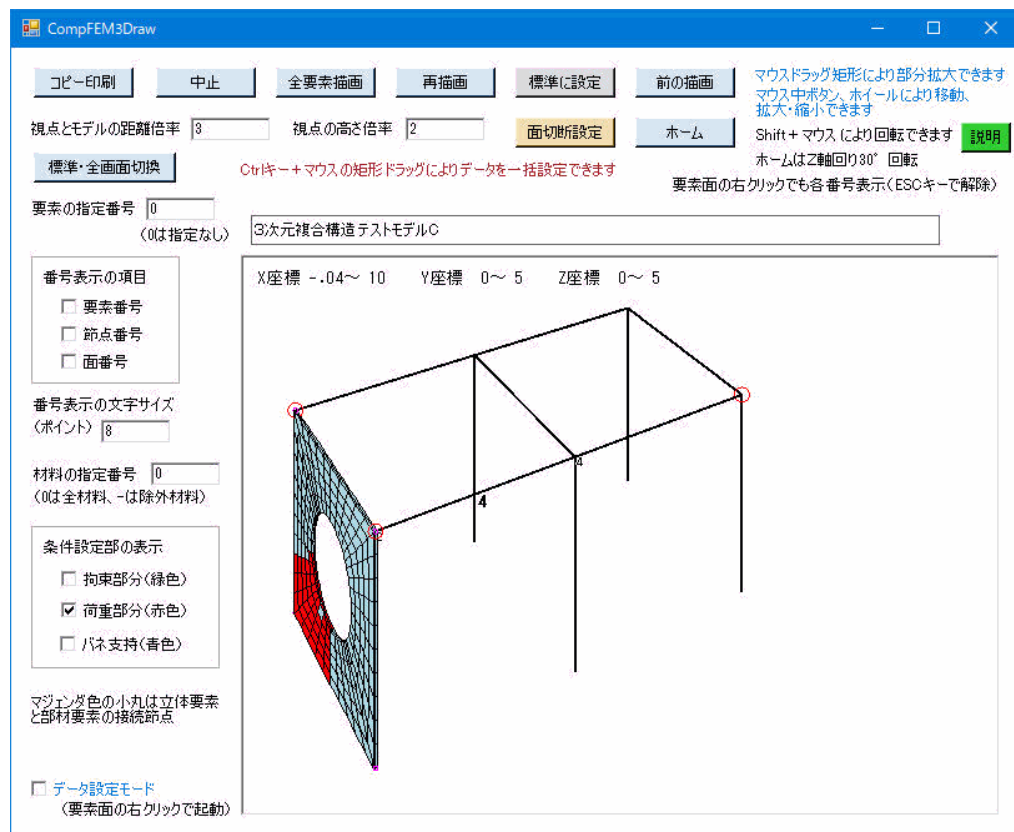


図4-27 一括設定終了後の構造作画の画面例（表面分布荷重の場合）  
注）左下部に表面分布荷重の追加表示



#### 4.17 構造モデルの移動

サブメニューの「構造モデルの移動」を選択すると、図4-28の移動量入力画面となります。同画面で、平行移動の各座標軸方向の移動量、および回転移動の各座標軸回りの回転角を入力します。同図に示すように、移動の順序は、Z軸回りの回転、Y軸回りの回転、X軸回りの回転、最後にX, Y, Z軸方向の平行移動となります。もし、違う順序で移動させたい場合は、「構造モデルの移動」を繰り返し実施することにより可能です。その際は、各繰り返し毎の生成データをファイルへ保存する必要はなく、最終の生成データのみをファイル保存すればよいです。

本画面の「設定」ボタンをクリックすると、移動計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、移動されたモデルのデータファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

図4-28 構造モデルの移動量入力画面

#### 4.18 固定境界の一括設定（立体要素のみ）

サブメニューの「固定境界の一括設定」を選択すると、図4-29の設定画面となります。本画面では、固定境界の節点または面を一括設定できます。固定境界の面は、要素の外面の全節点が指定条件に当てはまる面が対象となります。

- ① 先ず、境界の種類として節点か面を選択します。
- ② 次に、固定する変位（ $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ ）を任意に指定します。  
◇チェックされただけ（複数可）の変位が0に固定されます。
- ③ X座標範囲、Y座標範囲、Z座標範囲、円筒面範囲について、条件設定したい任意のものをチェック選択します。
- ④ X座標範囲、Y座標範囲、Z座標範囲をチェック選択した場合は、各座標の下限と上限を



- 入力します。下限と上限は、コンピューター誤差等を見込んだ余裕を見て設定します。
- ⑤円筒面範囲をチェック選択した場合は、同画面で円筒面定義式を1つ選択します。
- そして、円筒面定義式における中心座標A、B、および半径Rの下限、上限を入力します。
- ◇Rの下限と上限は、コンピューター誤差等を見込んだ余裕を見て設定します。
- ⑥本画面の「設定」ボタンをクリックすると、一括設定の計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。
- ⑦本画面の「元へ戻す（1回のみ）」ボタンをクリックすると、実施済みの一括設定を取り消すことができます。

CompFEM3Dat3

固定境界の一括設定

立体要素で条件範囲の節点または面について、変位を0固定できます。

境界の種類

☒ 節点

☐ 面

固定変位(複数指定可)

☒  $\delta X$  固定 ☐  $\delta Y$  固定 ☐  $\delta Z$  固定

☒ X座標範囲 X下限  X上限

☐ Y座標範囲 Y下限  Y上限

☐ Z座標範囲 Z下限  Z上限

☐ 円筒範囲

円筒定義式

☒  $(X-A)^2 + (Y-B)^2 = R^2$

☐  $(Y-A)^2 + (Z-B)^2 = R^2$

☐  $(Z-A)^2 + (X-B)^2 = R^2$

A  B

R下限  R上限

設定 中止 元へ戻す(1回のみ)

図4-29 固定境界の一括設定画面

#### 4.19 表面分布荷重の一括設定（立体要素のみ）

サブメニューの「表面分布荷重の一括設定」を選択すると、図4-30の設定画面となります。ここで、表面は要素の外部面が対象で、面の全節点が指定条件に当てはまるすべての外部面に対して表面分布荷重を一括設定できるものです。

- ①X座標範囲、Y座標範囲、Z座標範囲、円筒面範囲について、条件設定したい任意のものをチェック選択します。
- ②X座標範囲、Y座標範囲、Z座標範囲をチェック選択した場合は、各座標の下限と上限を

- 入力します。下限と上限は、コンピューター誤差等を見込んだ余裕を見て設定します。
- ③円筒面範囲をチェック選択した場合は、同画面で円筒面定義式を1つ選択します。
- そして、円筒面定義式における中心座標A、B、および半径Rの下限、上限を入力します。
- ◇Rの下限と上限は、コンピューター誤差等を見込んだ余裕を見て設定します。
- ④そして、表面分布荷重（圧力）を入力します。
- ⑤本画面の「設定」ボタンをクリックすると、一括設定の計算が実行されます。計算が終了すると、計算終了確認ボックスが出て、入力データファイルへの保存を問うてきますので、ここで「はい」を選択すると、書き出し用のデータファイル設定画面となり、データファイルを出力できます。また、「いいえ」を選んでも、後でサブメニュー「ファイルへ保存」により、同様にファイル出力できます。

CompFEM3Dat4

表面分布荷重の一括設定

立体要素について条件範囲の面に表面分布荷重を一括設定できます。

☒ X座標範囲    X下限     X上限

☐ Y座標範囲    Y下限     Y上限

☐ Z座標範囲    Z下限     Z上限

☐ 円筒面範囲

円筒面定義式

☒  $(X-A)^2 + (Y-B)^2 = R^2$     A     B

☐  $(Y-A)^2 + (Z-B)^2 = R^2$     R下限     R上限

☐  $(Z-A)^2 + (X-B)^2 = R^2$

表面分布荷重

図4-30 表面分布荷重の一括設定画面

#### 4.20 データチェック

サブメニューの「データチェック」を選択すると、入力済みデータについてエラーのチェックを行なうことができます。エラーが見つかった場合は、画面にエラー内容が表示されます。ただし、検出可能なエラーは簡単な入力ミスに相当するものだけで、すべてのエラーをチェックできるわけではありません。

なお、構造解析の計算開始時にデータチェックが自動実行されます。

#### 4.21 最近使用したファイルの選択

サブメニュー「最近使用したファイル」のポップアップで、ファイルリストから選択できます。

注) 新版ソフトでファイルが使用されないとリスト表示されません。

#### 4.22 要素の削除

サブメニューの「要素の削除」を選択すると、図4-31の削除要素数入力画面となります。

- ①本画面で、削除要素数を入力します。
- ②本画面の「設定」ボタンをクリックすると、次の削除要素番号入力画面に移ります。
- ③削除要素番号の入力画面が終了すると、本画面に戻るので、そこで「すべて確定」ボタンをクリックすると、要素の削除が実行されます。

◇境界条件の節点・面は、要素削除による番号変更に自動追従します。



図4-31 削除要素数の入力画面

図4-32の削除要素番号入力画面について補足説明します。

- ①削除要素数の分だけ、削除要素番号を入力します。
- ②すべての削除要素番号を入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして削除要素数入力画面に戻ります。

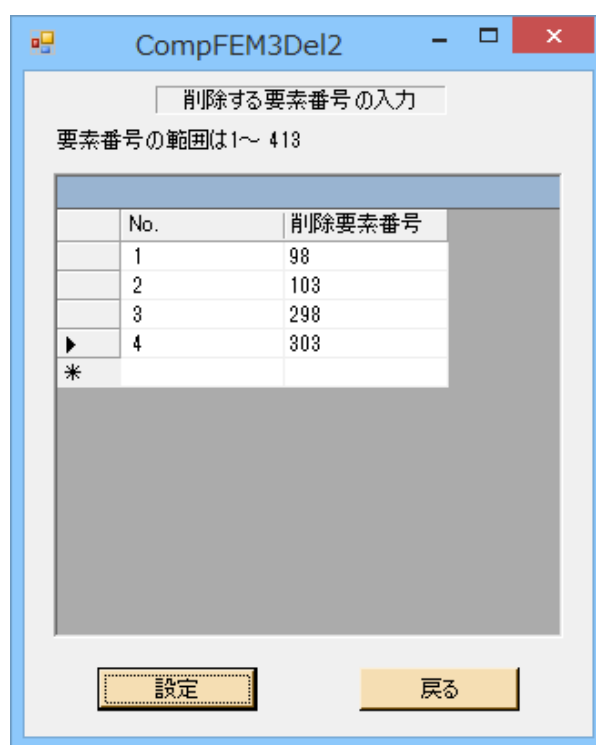


図4-32 削除要素番号の入力画面

## 第5章 「計算」プログラム

### 5.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「計算」のサブメニュー画面を図5-1に示します。同図に示すように、3個のサブメニューがあります。「解析計算の実行」をクリックすると、次の「計算」ファイル設定画面に移ります。また、「体積計算」は補助機能であり、5.6節で説明します。さらに、「解析計算のバッチ処理」は5.7節で説明します。

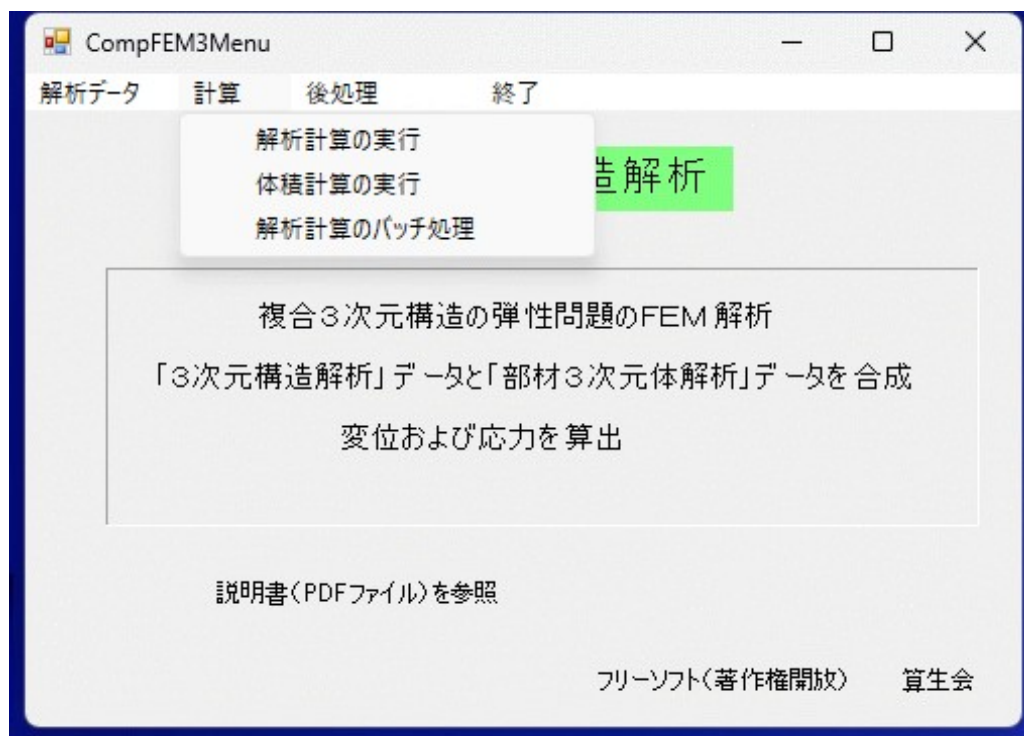


図5-1 「計算」サブメニュー画面

### 5.2 「計算」ファイル設定

図5-2に「計算」ファイル設定画面を示します。同画面で、「入力ファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで入力データファイルを選定できます。そして、再び「計算」ファイル設定画面に戻ると、「入力ファイル指定」のテキストボックスには選定済み入力ファイル名が、また「出力ファイル指定」の方には入力ファイル名の拡張子を「.rep」に変更したファイル名が表示されます。もし、他のファイル名に変更したい場合は、テキストボックスで修正できます。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、データチェックの自動実行の後、次の計算条件入力画面に移ります。

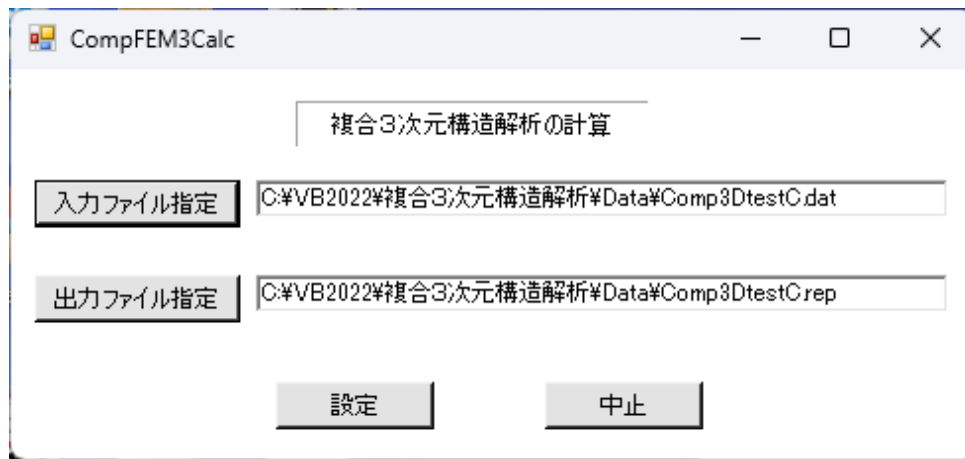


図5-2 「計算」 ファイル設定画面

### 5.3 計算条件入力画面

図5-3に計算条件入力画面を示します。

- ①変形区分で「小変形」か「大変形」を選択できます。「大変形」を選択すると同図のように、最大繰返し計算回数等が入力表示されます。
  - ◇通常は「小変形」のままで問題ありません。「大変形」を選択する必要があるのは、長柱の座屈問題のように、変形後の要素形状変化が無視できない場合です。
    - 注) 「大変形」の計算は繰返し計算となるため、計算時間が大幅に増加することに注意してください。
  - ◇図5-3の画面では、最大繰返し計算回数と収束誤差率を入力します。最大繰返し計算回数は、収束のための繰返し計算の最大回数を設定するもので、デフォルトは20になっています。
    - 注) 「大変形」の解析計算で、要素積分が負となるエラーが発生したり、収束しないことがあります。その原因は荷重が大きくて変形が大き過ぎるからであり、荷重を減らして再計算してください。
  - ◇収束基準誤差率は、上記の繰返し計算を終了させるための誤差基準です。基準誤差率とは、各回の繰返し計算において、全節点の変位の最大変化量を最大変位で割ったものです。収束基準誤差率はデフォルトで0.005になっています。
  - ◇最大繰返し計算回数や収束基準誤差率は、必要に応じて変更してください。なお、収束基準誤差率を小さくすると、繰返し計算回数が増えます。
- ②ソルバー選択で、「スカイライン法」と「バンドマトリックス法」のいずれかを選択します。
  - ◇通常は「スカイライン法」を使用してください。
  - ◇「バンドマトリックス法」では、FEM行列が必要に応じて分割され、大規模構造のメモリー不足を解決できます。
- ③本画面で「設定」ボタンをクリックすると、計算が開始されます。

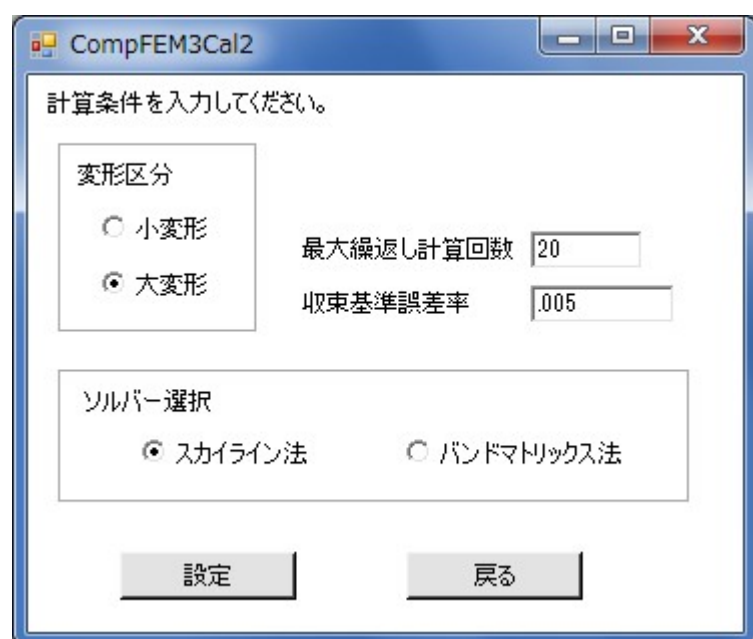


図5-3 計算条件入力画面

#### 5.4 計算終了

図5-4に計算終了画面、図5-5に計算確認ダイアログ画面を示します。図5-4では、かかった計算時間（本例では2min43s）と空きメモリー容量也表示されます。また、図5-5の計算確認ダイアログ画面では、最大値データも表示されます。本画面で「OK」ボタンをクリックすると、立ち上げ時のメニュー画面に戻ります。

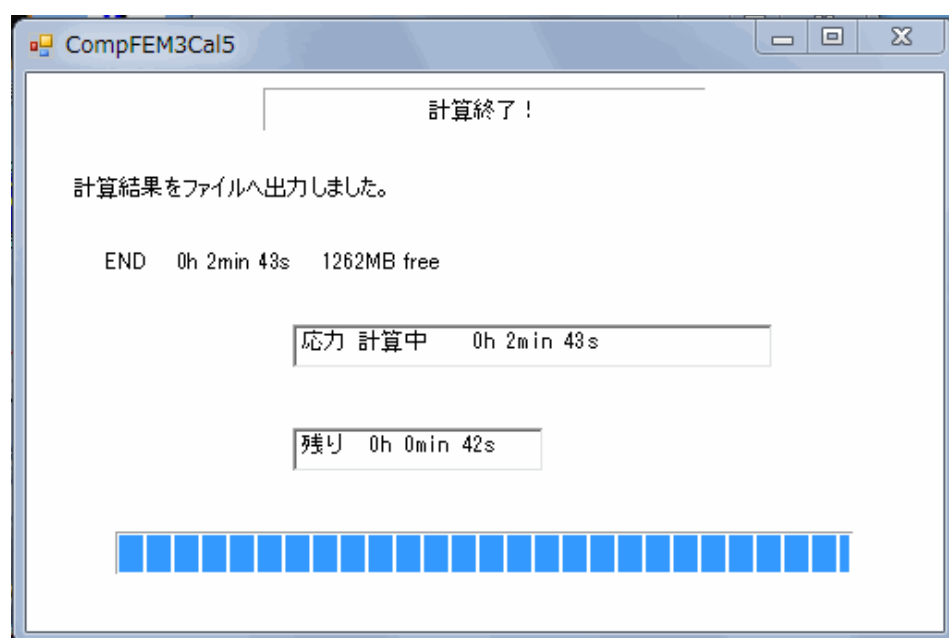


図5-4 計算終了画面

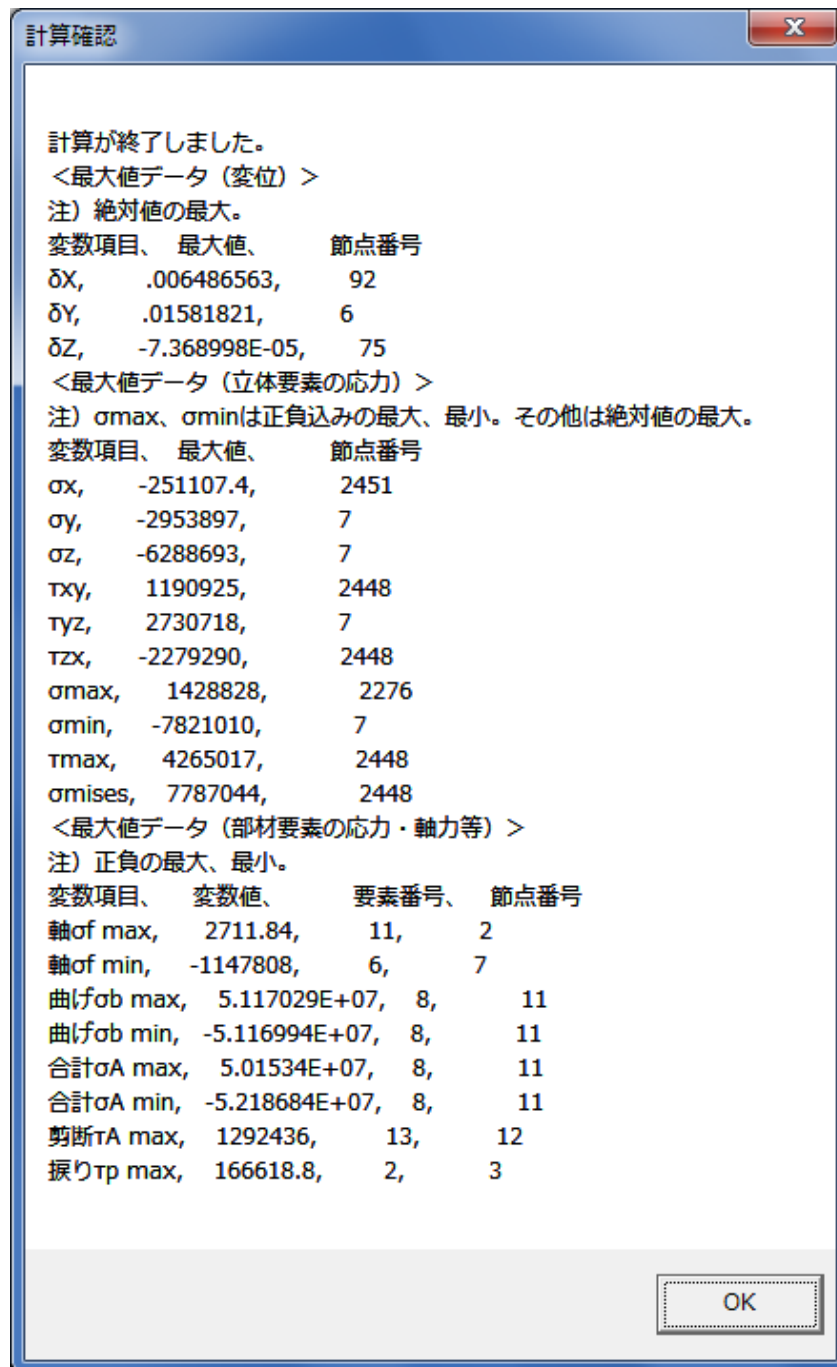


図5-5 計算確認ダイアログ画面



## 5.5 計算結果

5.2節で指定した出力ファイルに計算結果が書き出されます。図5-6に結果ファイルへの出力例を示します。同図の○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①計算結果の（ ）内にソルバー種類が出力されています。
- ②計算マトリックスの変数個数、ハーフバンド幅、保存インデックス数が、それぞれ7584、4761、14324789と出力されています。  
◇このインデックス数は、FEMの主配列の要素数です。そのメモリー使用量は、インデックス数に8バイトを掛けたものです。
- ③変位の出力1では、すべての節点について、各変位（ $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ ）が出力されています。
- ④変位の出力2では、部材要素の節点について、回転変位（ $\theta x$ 、 $\theta y$ 、 $\theta z$ ）が出力されています。
- ⑤立体要素の節点応力が出力されています。  
◇ $\sigma$ の符号は、引張が正で、圧縮が負です。  
◇ $\sigma_{\max}$ 、 $\sigma_{\min}$ 、 $\tau_{\max}$ はすべての応力についてのものです。  
◇ $\sigma_{\text{mises}}$ はMises応力です。
- ⑥部材要素の応力・軸力等が出力されています。出力項目は、要素No.、節点No.、軸応力 $\sigma_{f_f}$ 、軸力、剪断 $F_yB$ 、 $F_zB$ 、振りモーメント $M_xB$ 、曲げモーメント $M_yB$ 、 $M_zB$ 、曲げ応力 $\sigma_{bU}$ 、 $\sigma_{bL}$ 、合計応力 $\sigma_{AU}$ 、 $\sigma_{AL}$ 、合成剪断応力 $\tau_A$ 、および振り応力 $\tau_p$ です。
- ⑦拘束節点の反力が出力されています。
- ⑧最大値データ（変位）として、各変数について最大値、節点番号が出力されています。
- ⑨最大値データ（立体要素の応力）として、各変数について最大値、節点番号が出力されています。
- ⑩最大値データ（部材要素の応力・軸力等）として、各変数について最大値、要素番号、節点番号が出力されています。
- ⑪最後に計算時間（本例では1min19s）と空きメモリー容量も出力されます。

<<複合 3 次元構造解析の計算結果>>

3 次元複合構造テストモデルC

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥複合 3 次元構造解析¥Data¥Comp3DtestC. dat

\*\*\* 計算結果 (スカイライン法) \*\*\*

計算マトリックスの変数個数、ハーフバンド幅、保存インデックス数

7584, 4761, 14324799

\*\* 変位の出力 1 \*\*

<節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ >

1, 0, 0, 0  
2, .006486561, 1.397075E-06, -2.172441E-05  
3, 0, 0, 0  
4, .006480827, .004912069, -1.852747E-05  
5, 0, 0, 0  
6, .006478201, .01581821, -1.207579E-05  
7, 0, 0, 0  
.....  
.....  
2522, .005552273, -3.561859E-06, 2.418898E-05  
2523, .005552271, 1.162881E-06, -2.276743E-05  
2524, .00555227, 5.885985E-06, -6.972437E-05  
2525, .005845657, -3.492808E-06, 2.425124E-05  
2526, .005845652, -1.015913E-06, 7.82353E-07  
2527, .005845644, 3.919532E-06, -4.617469E-05  
2528, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05

\*\* 変位の出力 2 \*\*

<節点番号、 $\theta x$ 、 $\theta y$ 、 $\theta z$ >

1, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
2, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
3, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
4, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
5, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
6, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
7, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
8, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
9, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
10, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
11, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05  
12, .005845641, 6.381616E-06, -6.965931E-05

\*\* 立体要素の節点応力の出力 \*\*

<節点番号、 $\sigma x$ 、 $\sigma y$ 、 $\sigma z$ 、 $\tau xy$ 、 $\tau yz$ 、 $\tau zx$ 、 $\sigma max$ 、 $\sigma min$ 、 $\tau max$ 、 $\sigma mises$ >

1, -238343.4, -2860863, -6084944, 27040.51, -2641723, 27040.51, -238107.1, -  
7567821, 3664857, 6831398  
2, 3577.221, -10589.49, 85532.67, -27040.59, -19992.97, 27040.46, 100416.3,  
-31464.05, 65940.16, 116896.2  
7, -246163, -2953897, -6288693, 27040.42, 2730718, -27040.54, -248896.9, -  
7821010, 3786056, 7060968  
8, 6347.078, 97780.23, 83185.88, -27040.21, 52494.66, -27040.21, 153384.5,  
-3709.601, 78547.07, 141041.5  
13, 62116.57, -1820640, -4655198, 832113.5, -2206486, 1594723, 566318.4, -  
6363727, 3465023, 6420956

図5-6 (1/3) 結果ファイルへの出力例

. . . . .						
. . . . .						
2526,	-7864.013,	84086.2,	69089.63,	15272.67,	-16963.32,	17356.9,
95258.7,	-15119.24,	55188.97,	98831.23			
2527,	12762.72,	83171.71,	68175.13,	-54711.59,	108925.5,	-56795.81,
215462.5,	-34404.52,	124933.5,	241615.6			
2528,	6053.062,	63932.07,	48577.29,	-37759.86,	167554.4,	-40195.75,
237111.2,	-111557.5,	174334.4,	309911.3			
-----						
* * 部材要素の応力・軸力等の出力 * *						⑥
< 要素 No.、節点 No.、 $\sigma f$ 、軸力、 $F yB$ 、 $F zB$ 、 $M xB$ 、 $M yB$ 、 $M zB$ 、 $\sigma bU$ 、 $\sigma bL$ 、 $\sigma AU$ 、 $\sigma AL$ 、 $\tau A$ 、 $\tau p$ >						
1,	1,	-1107425,	-2330.016,	-266.8354,	43.04266,	-2763477, -71.70644, -
846.8931,		1.416E+07,	-1.415994E+07,	1.305257E+07,	-1.526736E+07,	462054.7,
60281.36						
1,	2,	-717425.3,	-1509.458,	266.8356,	-43.04266,	.2763477, -143.5069, -
487.2845,		1.197733E+07,	-1.197732E+07,	1.125991E+07,	-1.269475E+07,	
462055.1,	60281.36					
2,	3,	-973153.6,	-2047.509,	-416.585,	-69.83057,	-.7638303, 226.5393, -
1096.12,		2.333633E+07,	-2.333617E+07,	2.236317E+07,	-2.430932E+07,	
719380.3,	166618.8					
2,	4,	-583153.6,	-1226.952,	416.5853,	69.83057,	.7638303, 122.6136, -
986.8054,		1.796247E+07,	-1.796235E+07,	1.737931E+07,	-1.85455E+07,	
719380.8,	166618.8					
3,	5,	-702183.4,	-1477.39,	-369.1072,	-320.5237,	-.7403597, 888.9357, -
1016.828,		4.707388E+07,	-4.707356E+07,	4.637169E+07,	-4.777574E+07,	
616157.1,	161499					
3,	6,	-312183.4,	-656.832,	369.1075,	320.5237,	.7403597, 713.683, -
828.7089,		3.79606E+07,	-3.796035E+07,	3.764842E+07,	-3.827253E+07,	
616157.4,	161499					
. . . . .						
. . . . .						
12,	4,	-20477.1,	-43.08369,	303.7421,	-142.001,	.0224362, 355.0347, -
122.839,		1.496305E+07,	-1.496295E+07,	1.494257E+07,	-1.498343E+07,	
490171.3,	4894.14					
12,	10,	-20477.1,	-43.08369,	516.8156,	142.001,	-.0224362, 354.9705, -
409.8447,		1.884912E+07,	-1.884899E+07,	1.882864E+07,	-1.886947E+07,	859638,
4894.14						
13,	6,	-258067.2,	-542.9718,	67.61255,	-137.0037,	.0566083, 342.5618, -
713.2729,		2.249529E+07,	-2.249514E+07,	2.223722E+07,	-2.275321E+07,	
149447.8,	12348.3					
13,	12,	-258067.2,	-542.9718,	752.9451,	137.0037,	-.0566083, 342.4565, -
1000.058,		2.637683E+07,	-2.637666E+07,	2.611876E+07,	-2.663472E+07,	
1292436,	12348.3					
-----						
* * 拘束境界の節点反力 * *						⑦
< 節点番号、 $F x$ 、 $F y$ 、 $F z$ 、 $M x$ 、 $M y$ 、 $M z$ >						
1,	1.275125E+08,	4429914,	2970525,	-71.70644,	-846.8931,	-.2763702
3,	-385.5515,	-83.7564,	392.3431,	272.9951,	-1018.353,	-.7697355
5,	-338.0737,	-334.4496,	-177.7765,	935.3915,	-939.0604,	-.746057
7,	1.176043E+08,	-4084200,	-690340.4,	118.2653,	-676.925,	-.2823531
9,	-310.0166,	-205.2764,	461.9501,	534.4589,	-824.6803,	-.7722272
11,	-272.195,	-455.8651,	340.5067,	1196.554,	-761.3117,	-.7483128
-----						

図5-6 (2/3) 結果ファイルへの出力例

⑧

<最大値データ（変位）>

注）絶対値の最大。

変数項目、	最大値、	節点番号
$\delta X$ ,	.006486563,	92
$\delta Y$ ,	.01581821,	6
$\delta Z$ ,	-7.368998E-05,	75
$\theta X$ ,	-.001562985,	6
$\theta Y$ ,	.001160027,	2
$\theta Z$ ,	.001184925,	4

⑨

<最大値データ（立体要素の応力）>

注） $\sigma_{max}$ 、 $\sigma_{min}$ は正負込みの最大、最小。その他は絶対値の最大。

変数項目、	最大値、	節点番号
$\sigma x$ ,	-251107.4,	2451
$\sigma y$ ,	-2953897,	7
$\sigma z$ ,	-6288693,	7
$\tau xy$ ,	1190925,	2448
$\tau yz$ ,	2730718,	7
$\tau zx$ ,	-2279290,	2448
$\sigma_{max}$ ,	1428828,	2276
$\sigma_{min}$ ,	-7821010,	7
$\tau_{max}$ ,	4265017,	2448
$\sigma_{mises}$ ,	7787044,	2448

⑩

<最大値データ（部材要素の応力・軸力等）>

注）正負の最大、最小。

変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号
軸 $\sigma f_{max}$ ,	2711.84,	11,	2
軸 $\sigma f_{min}$ ,	-1147808,	6,	7
軸力 $max$ ,	5.705695,	11,	2
軸力 $min$ ,	-2414.98,	6,	7
剪断 $FyB_{max}$ ,	752.9451,	13,	12
剪断 $FyB_{min}$ ,	-416.585,	2,	3
剪断 $FzB_{max}$ ,	406.5179,	8,	12
剪断 $FzB_{min}$ ,	-406.5179,	8,	11
捩り $MxB_{max}$ ,	.7638303,	2,	4
捩り $MxB_{min}$ ,	-.7638303,	2,	3
曲げ $MyB_{max}$ ,	1032.121,	8,	11
曲げ $MyB_{min}$ ,	-343.3024,	5,	6
曲げ $MzB_{max}$ ,	143.3222,	11,	2
曲げ $MzB_{min}$ ,	-1096.12,	2,	3
曲げ $\sigma b_{max}$ ,	5.117029E+07,	8,	11
曲げ $\sigma b_{min}$ ,	-5.116994E+07,	8,	11
合計 $\sigma A_{max}$ ,	5.01534E+07,	8,	11
合計 $\sigma A_{min}$ ,	-5.218684E+07,	8,	11
剪断 $\tau A_{max}$ ,	1292436,	13,	12
捩り $\tau p_{max}$ ,	166618.8,	2,	3

⑪

END 0h 1min 19s 5117MB free

図5-6（3/3） 結果ファイルへの出力例

## 5.6 体積計算

サブメニュー「体積計算の実行」をクリックすると、図5-7の画面に移ります。

- ①「入力ファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで入力データファイルを選定できます。そして、本画面に戻ると、「入力ファイル指定」のテキストボックスには選定済み入力ファイル名が、また「出力ファイル指定」の方にはベース名に「-Vol」が加わった名前が付き、拡張子を「.rep」に変更したファイル名が表示されます。また、テキストボックス他のファイル名に変更も可能です。
- ②本画面で「設定」ボタンをクリックすると、計算が実行されます。

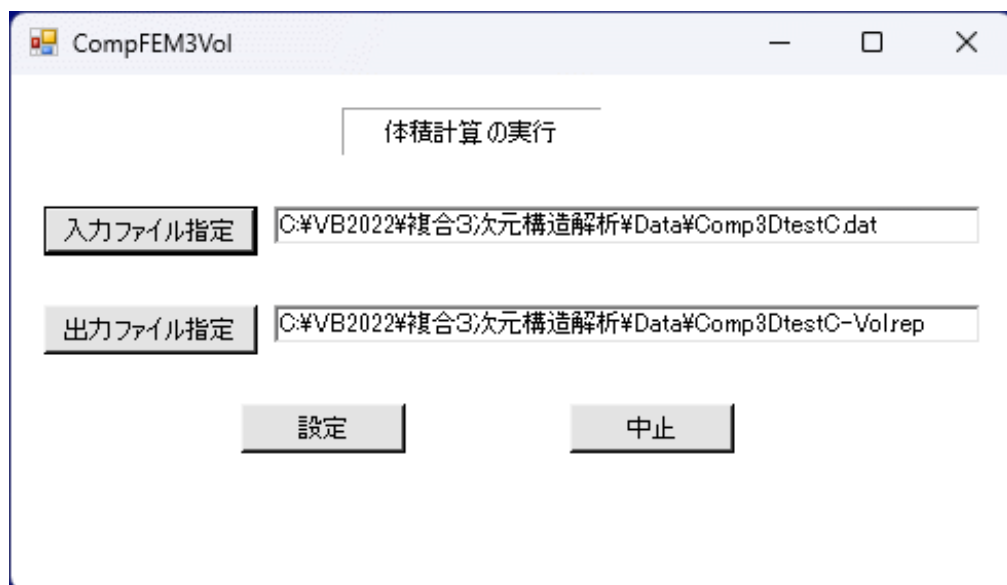


図5-7 体積計算の実行画面

図5-8に計算終了画面を示します。同図のように、材料番号毎に体積が表示されます。

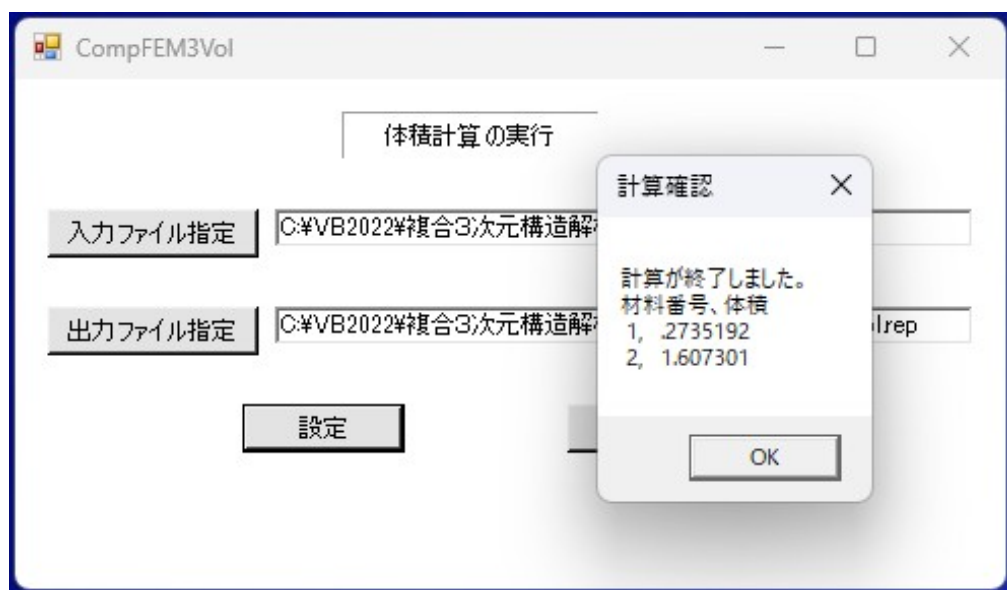


図5-8 体積計算の終了画面

さらに、上記の「出力ファイル指定」のファイルに計算結果が出力されます。図5-9に計算結果例を示します。同図で○印を付した数字の部分について補足説明します。

①材料番号、体積、重量が出力されています。

◇比重量が入力されている場合（自重有り）のみ、重量が出力されます。

②材料数が2以上の場合のみ、合計が出力されます。

③重心の座標が出力されています。

◇材料数が2以上の場合は、比重量が入力されている場合（自重有り）のみ、重心の座標が出力されます。

注）対称構造の部分だけを取り上げた構造データでは、対称を考慮せずに計算します。

```
<<体積の計算結果>>
3次元複合構造テストモデルC
[入力データファイル] , C:\¥VB2022¥複合 3次元構造解析¥Data¥Comp3DtestC. dat
-----
材料番号、体積、重量                                ①
1,      .2735192,      21334.5
2,      1.607301,      125369.5
合計,      1.880821,      146704                                ②
重心のX座標、Y座標、Z座標                                ③
.3635637,      2.318218,      2.416103
END
```

図5-9 体積計算の結果ファイルへの出力例

## 5.7 バッチ処理

バッチ処理は1つのディレクトリに入っている入力データファイル（.dat）について、順次すべての解析計算を行なうものです。従って、あらかじめバッチ処理用のディレクトリを作成し、対象の入力データファイル一式を入れておかねばなりません。ただし、構造解析FEM3D以外の入力データファイルがあってはなりません。

◇入力データファイルの拡張子は「.dat」に限定されます。また、計算結果データファイルの拡張子はすべて「.rep」になります。

◇構造解析CompFEM3D以外の入力データファイルが混ざっているとエラーになります。

サブメニュー「解析計算のバッチ処理」をクリックすると、図5-10の画面に移ります。

①「入力ファイルのディレクトリ指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログ入力データファイルを1つ選定できます。そして、本画面に戻ると、テキストボックスにそのディレクトリ名が表示されます。

◇テキストボックスにディレクトリ名（フルパス）を直接入力しても構いません。

②本画面で「実行」ボタンをクリックすると、計算条件入力画面に移るので、そこで計算条件を設定します。その計算条件設定は最初の1ケースだけで、後のケースは同じ計算条件になります。

◇計算条件の異なるケースは実行できませんので注意してください。

③バッチ処理が完了すると、図5-11の終了画面になります。

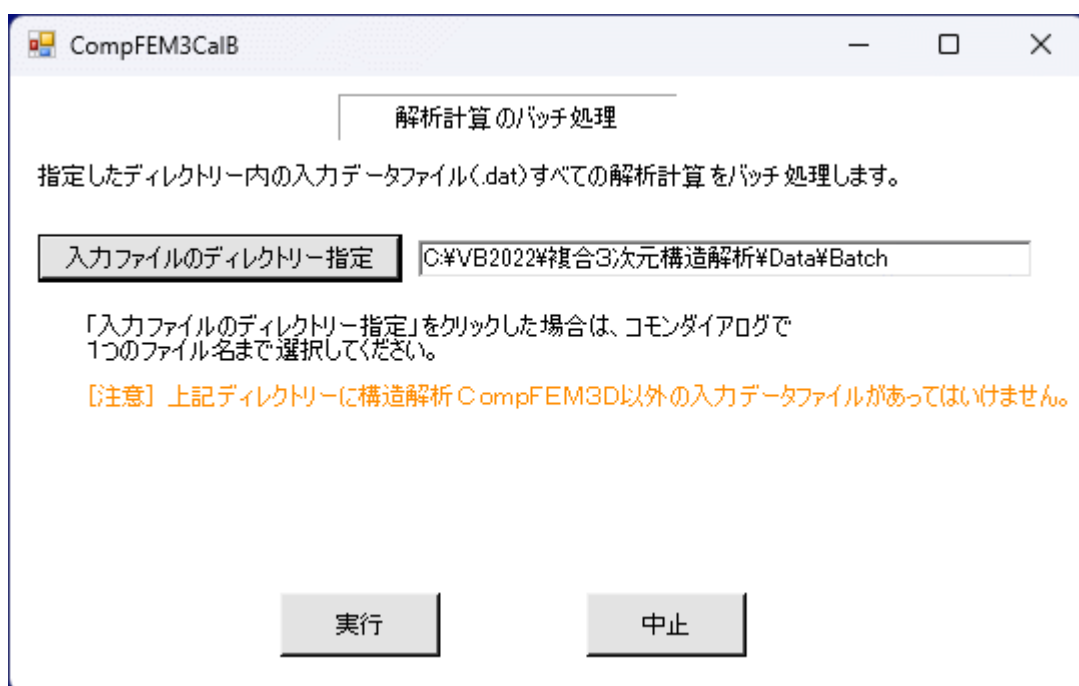


図5-10 バッチ処理の実行画面

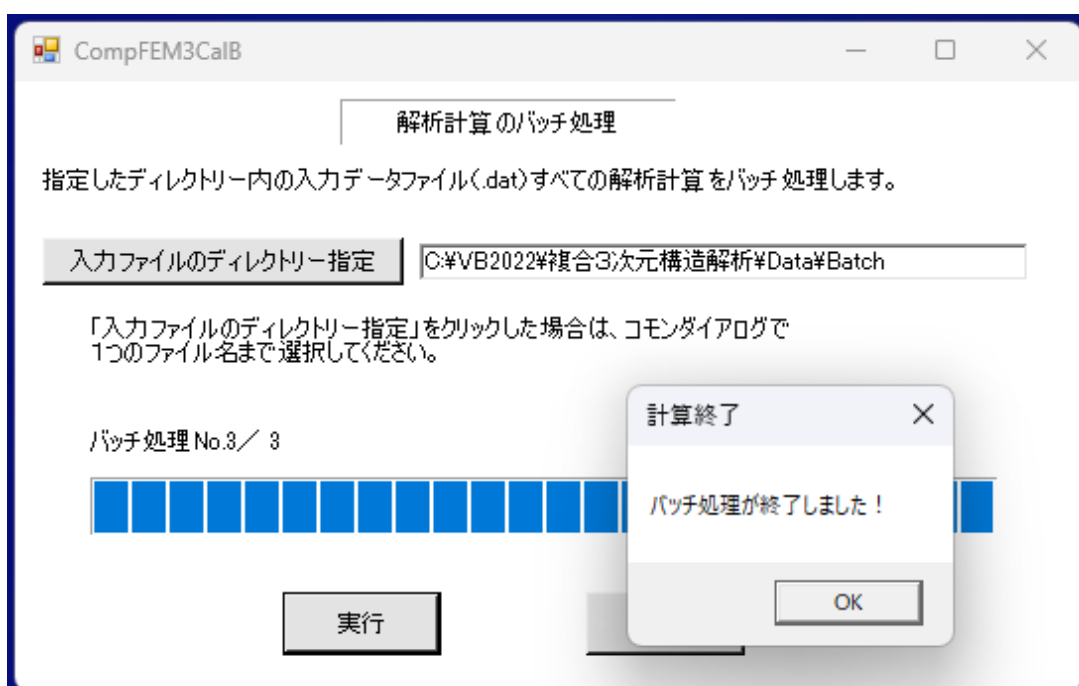


図5-11 バッチ処理の終了画面

## 第6章 「後処理」プログラム

### 6.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「後処理」のサブメニュー画面を図6-1に示します。同図のように5つのサブメニューがあります。いずれのサブメニューをクリックしても次の使用ファイル設定画面となります。なお、「等高線図の作画」は応力について行ないません。

「解析結果の端数処理」とは、解析結果ファイルのデータに対して、微小な端数を丸めた実用的な数値に変更してファイル出力するものです。これは必要があれば実施してください。

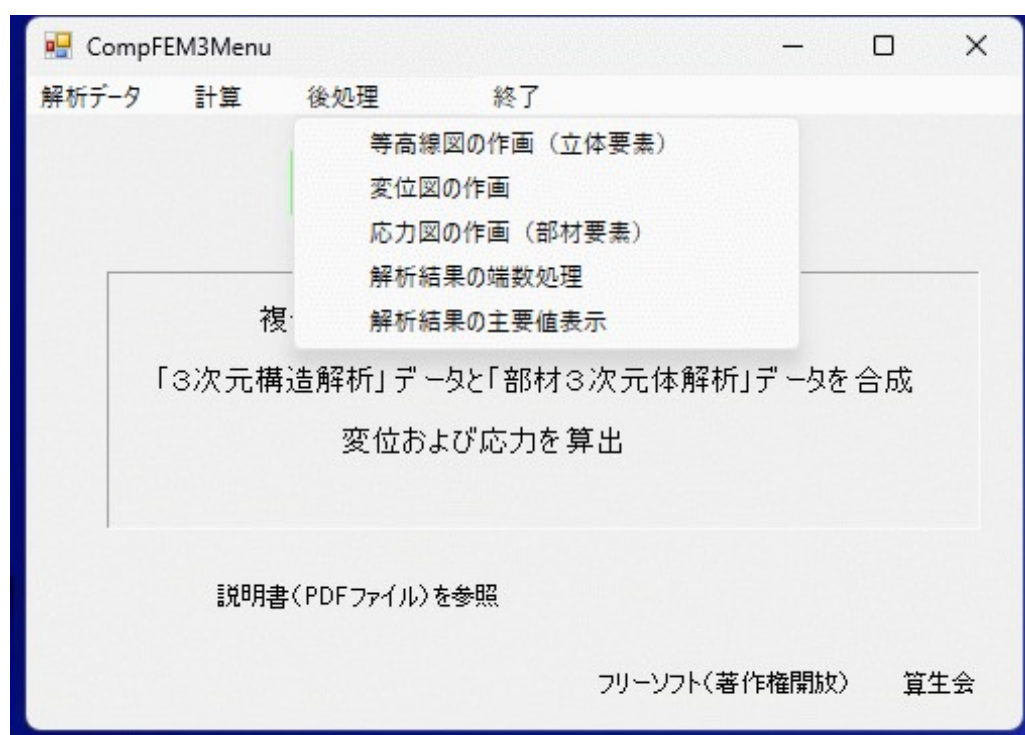


図6-1 「後処理」サブメニュー画面

### 6.2 使用ファイルの設定

図6-2に使用ファイル設定画面を示します。同画面で、表題が「等高線図の作成」になっていますが、他のサブメニューの場合は表題が入れ替わります。

本画面で、「入力データファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで入力データファイルを選定できます。そして、再び使用ファイル設定画面に戻ると、「入力データファイル指定」のテキストボックスには選定済み入力ファイル名が、また「解析結果ファイル指定」の方には入力ファイル名の拡張子を「.rep」に変更したファイル名が表示されます。もし、結果データファイル名が他の名前であった場合は、テキストボックスで修正できます。

本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、等高線図と応力図の場合は同図の指定画面に、変位図の場合は作画画面に移ります。また、解析結果の端数処理の場合は、コモンダイアログで保存ファイル名を設定した後、端数処理が実行されます。さらに、解析結果



の主要値表示の場合は、すぐに表示が実行されます。

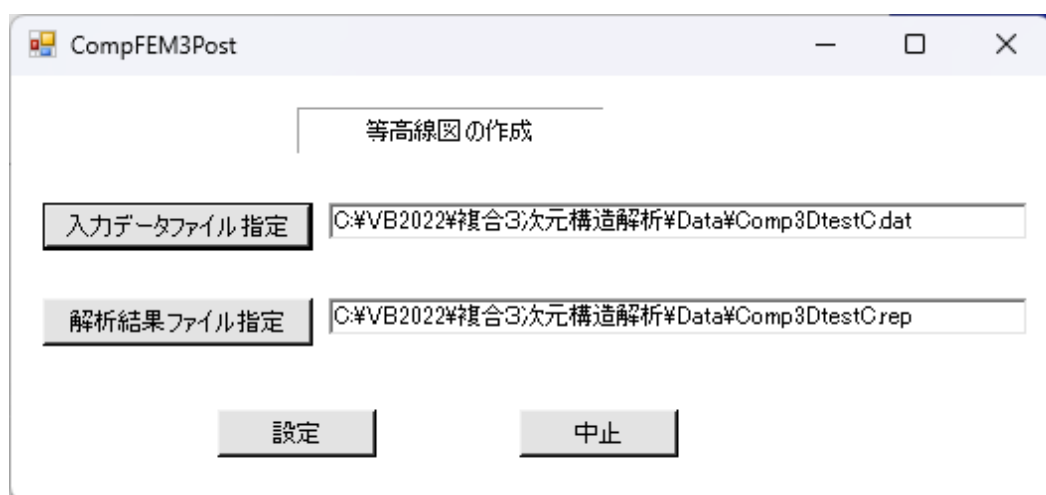


図6-2 使用ファイル設定画面

### 6.3 等高線の指定画面（立体要素のみ）

図6-3に等高線指定画面を示します。

①本画面で、作画したい変数項目を選択します。

◇「最大値データ」のボタンをクリックすると、最大値データが表示されます。

図6-4に最大値データの表示例を示します。

②本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、次の仕様設定画面に移ります。

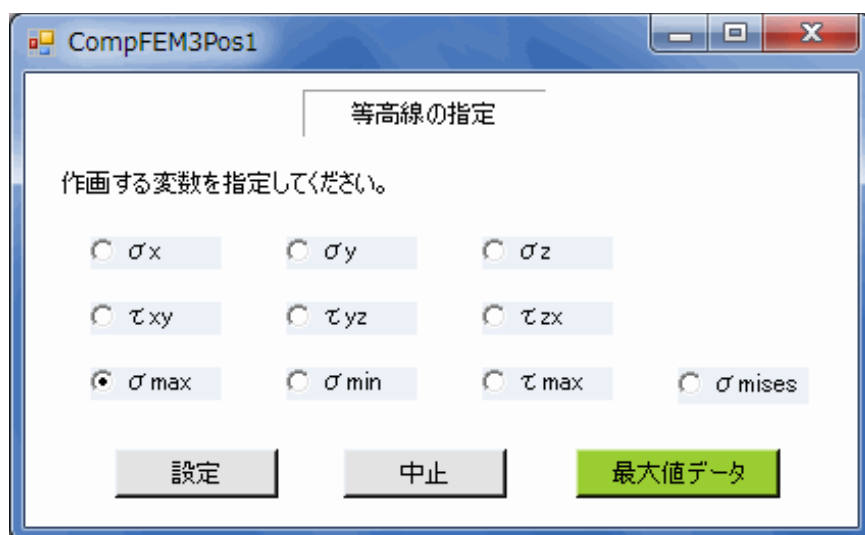


図6-3 等高線指定画面

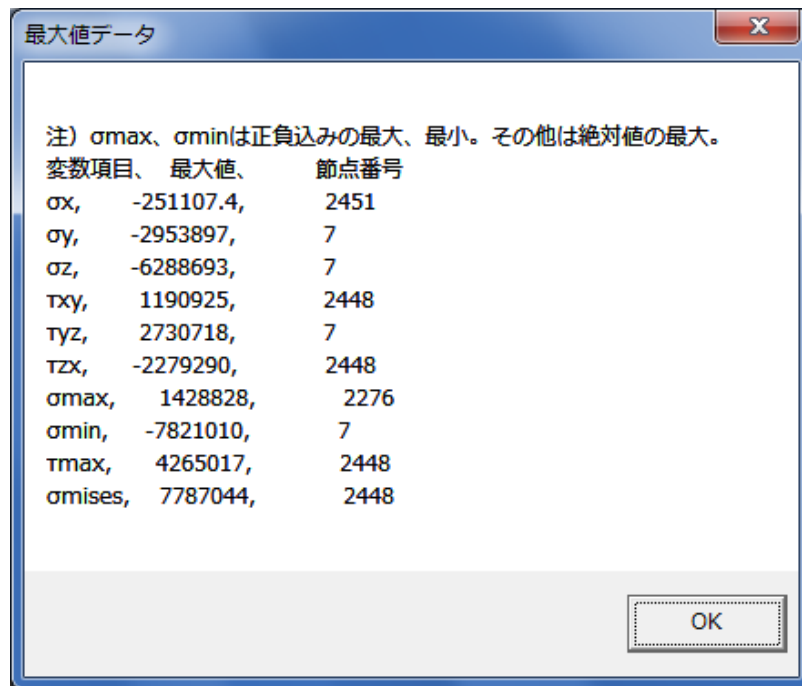


図6-4 最大値データの表示例

#### 6.4 等高線図の仕様設定画面

図6-5に等高線図の仕様設定画面を示します。本画面の入力について、以下に補足説明します。

- ①まず、等高線の表示MIN、MAX、分割数を入力します。その際、入力の便のため、解析結果データの最小値と最大値を画面表示しています。
  - ◇分割数を21以上とすると、自動的にグラデーションとなります。グラデーションはカラー256階調で作画されます。なお、グラデーションの作画は処理時間が1桁増加しますので注意してください。
- ②また、チェックボックスで「カラーフィル」、「場所・数値表示」を指定できます。
  - ◇初期設定では両者とも指定されています。
  - ◇「カラーフィル」を指定すると、各等高線の間が色塗りされ、全面カラー図となります。なお、グラデーションの場合は無条件でカラーフィルになります。
  - ◇「場所・数値表示」を指定すると、対象変数の最大の場所と数値が等高線図に表示されます。ただし、対象変数が $\sigma_{min}$ の場合のみ、最小のものが表示されます。
- ③本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、次の等高線図作画画面に移ります。

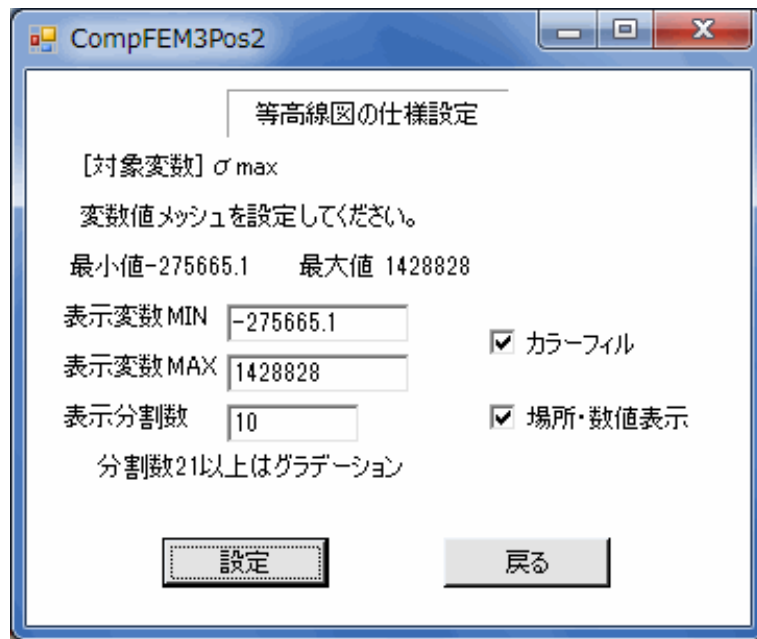


図6-5 等高線図の仕様設定画面

## 6.5 等高線図の作画画面

図6-6に等高線図の作画画面を示します。ただし、等高線は立体要素のみに作画されます。

- ①同画面のように、変形後の図上に等高線がカラー表示され、右欄には各等高線における変数値も明示してあります。
- ②本画面の左側の「変位作画の倍率」は、構造寸法に対する変位の作画倍率を示します。本数値を任意に変更して「更新」ボタンをクリックすると、変更が反映されます。  
◇0を設定すると、変位なしの構造図の上に等高線が作画されます。
- ③本画面左側の「共通辺の表示」は、「なし」か「有り」を選択できます。選択した後に「再描画」ボタンをクリックします。
- ④本画面の上側に表示されている作画パラメーター、マウスドラッグによる部分拡大、回転操作等は、構造図の作画と同じです。  
◇外側表面で背後にある隠面は、モデルを適当に回転させることにより、画面表示できます。  
◇六面体要素どうしが接する共通面は、全要素描画では隠面となりますが、「標準モード」でマウスドラッグ矩形によりどちらかの要素だけを領域選択すれば、画面表示できます。  
◇等高線図の「説明」ボタンをクリックすると、マウスによる回転操作（Shiftキー併用）の説明図が表示されます。
- ⑤マウス右クリックで任意の節点を選択すると、図6-7のように同節点の変数値が表示されます。  
◇本機能を使用中は、描画保存がありません（描画のさかのぼりが無効）。  
◇ESCキーを押すと節点選択が解除されます。
- ⑥「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、

標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。

- ⑦マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。
- ⑧マウスドラッグ矩形により、等高線図の一部分を拡大できます。操作方法は4.16節の構造図と同じです。
- ⑨繰り返して描画を実施した場合、「前の描画」ボタンをクリックすると1つずつ前の描画にさかのぼることができます。
  - ◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。
  - ◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。
- ⑩「面切断設定」ボタンをクリックすると、面切断設定の画面に移り、面切断の仕方を設定できます。操作方法は構造図の作画と同じです。
- ⑪本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。
  - ◇「通常画面」の作画が印刷されます。
- ⑫本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックして、仕様設定画面に戻ります。また、もし等高線図の出来栄えに不満があれば、「戻る」ボタンで仕様設定画面に戻って仕様変更し、再度、等高線図を作画することができます。

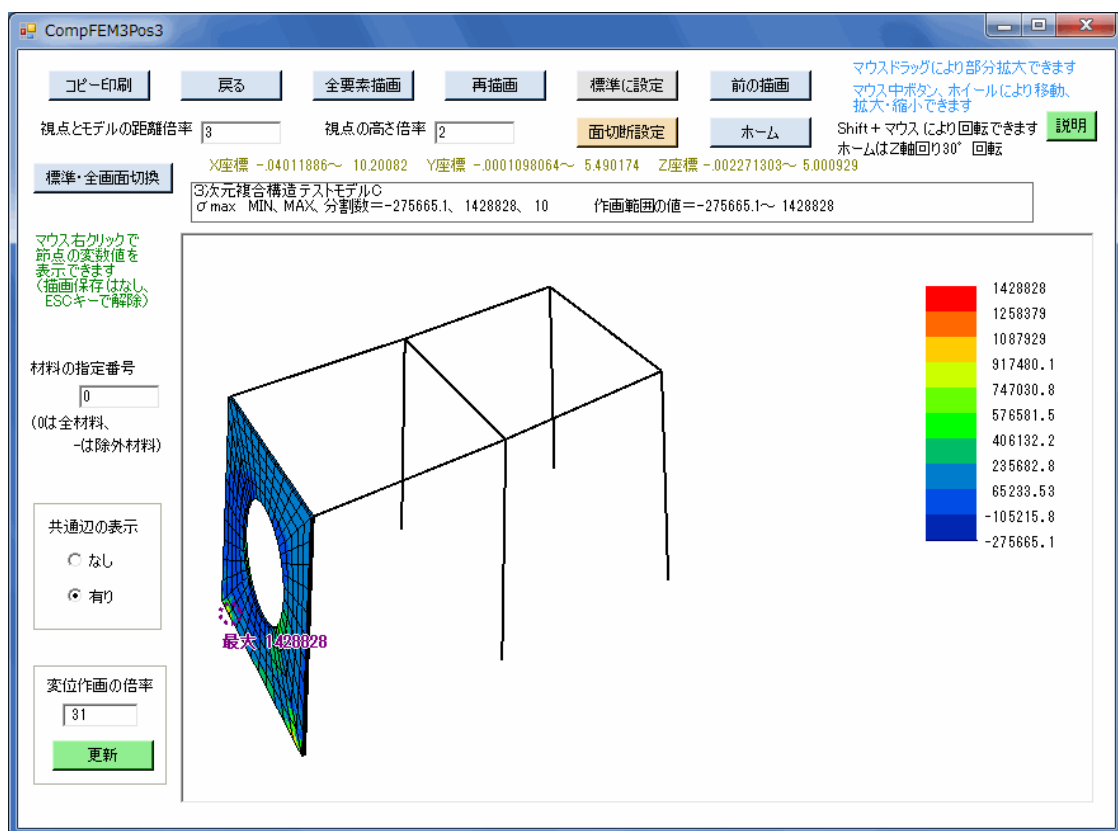


図6-6 等高線図の作画画面

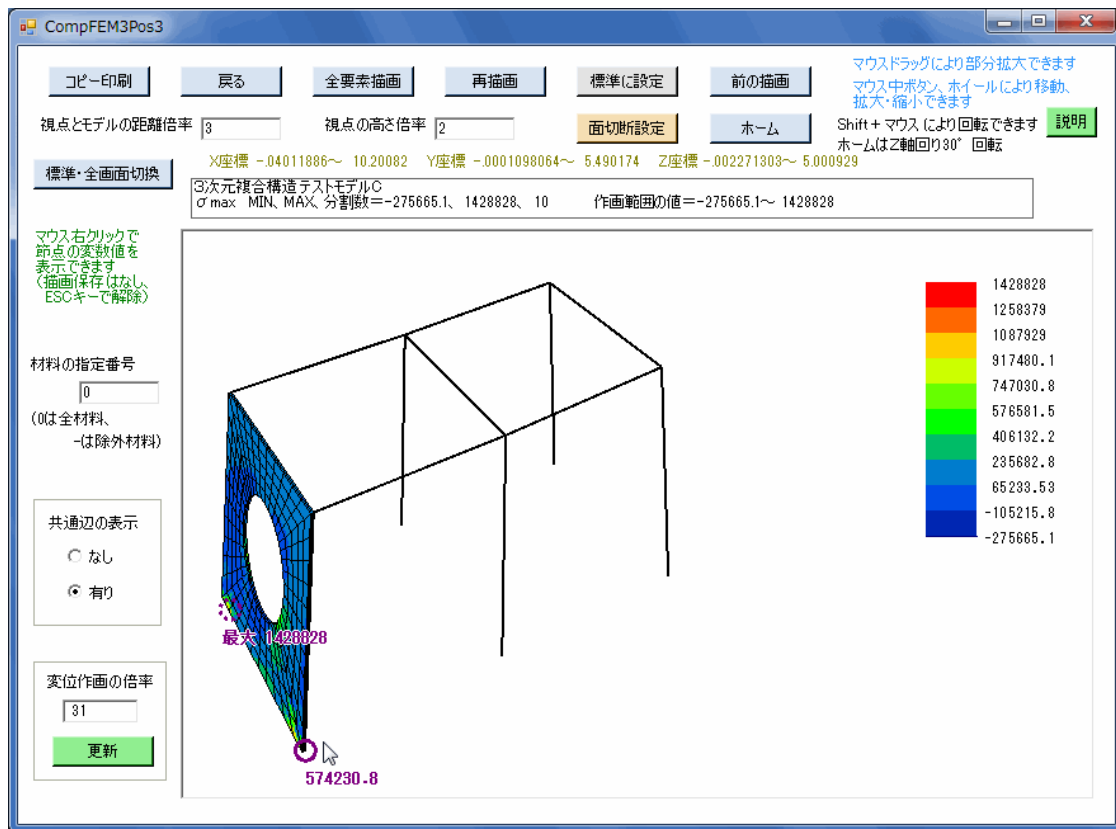


図6-7 等高線図の作画画面（マウス右クリックの節点の変数値表示）

## 6.6 変位図の作画画面

図6-8に変位図の作画画面を示します。

- ①同画面のように、元の構造図に対して、青色で変位図が表示されています。

◇グラフィック処理の特性上、構造部と重なる変位が一部作画されないことがあります。

- ②本画面の左側の「変位作画の倍率」は、構造寸法に対する変位の作画倍率を示します。本数値を任意に変更して「更新」ボタンをクリックすると、変更が反映されます。

- ③本画面の左側に「変位線の幅」のパラメータを表示してあり、それを変更できます。変更した後は、「再描画」ボタンをクリックすると作画画面が変更されます。

◇「変位線の幅」は1～3が可能で、初期値は1にしてあります。

- ④本画面の左下側の「構造図消去」ボタンをクリックすると、図6-9のように構造図なしの変位図だけになります。なお、同図ではマウス右クリックの節点の変位値も表示しています。同図で「構造図作画」ボタンをクリックすると元の画面に戻ります。

- ⑤本画面の上側に表示されている作画パラメーター、マウスドラッグによる部分拡大、回転操作等は、4.16節の構造図の作画と同じです。

◇外側表面で背後にある隠面は、モデルを適当に回転させることにより、画面表示できます。

◇六面体要素どうしが接する共通面は、全要素描画では隠面となりますが、「標準モード」でマウスドラッグ矩形によりどちらかの要素だけを領域選択すれば、画面表示できます。

◇変位図の「説明」ボタンをクリックすると、マウスによる回転操作（Shiftキー併用）の説明図が表示されます。

- ⑥マウス右クリックで任意の節点を選択すると、図6-9のように同節点の変位値が表示されます。

◇本機能を使用中は、描画保存がありません（描画のさかのぼりが無効）。

◇ESCキーを押すと節点選択が解除されます。

- ⑦「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。

- ⑧マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。

- ⑨マウスドラッグ矩形により、変位図の一部分を拡大できます。操作方法は4.16節の構造図と同じです。

- ⑩繰り返して描画を実施した場合、「前の描画」ボタンをクリックすると1つずつ前の描画にさかのぼることができます。

◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。

◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。

- ⑪「面切断設定」ボタンをクリックすると、面切断設定の画面に移り、面切断の仕方を設定できます。操作方法は構造図の作画と同じです。

- ⑫本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

- ⑬本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。

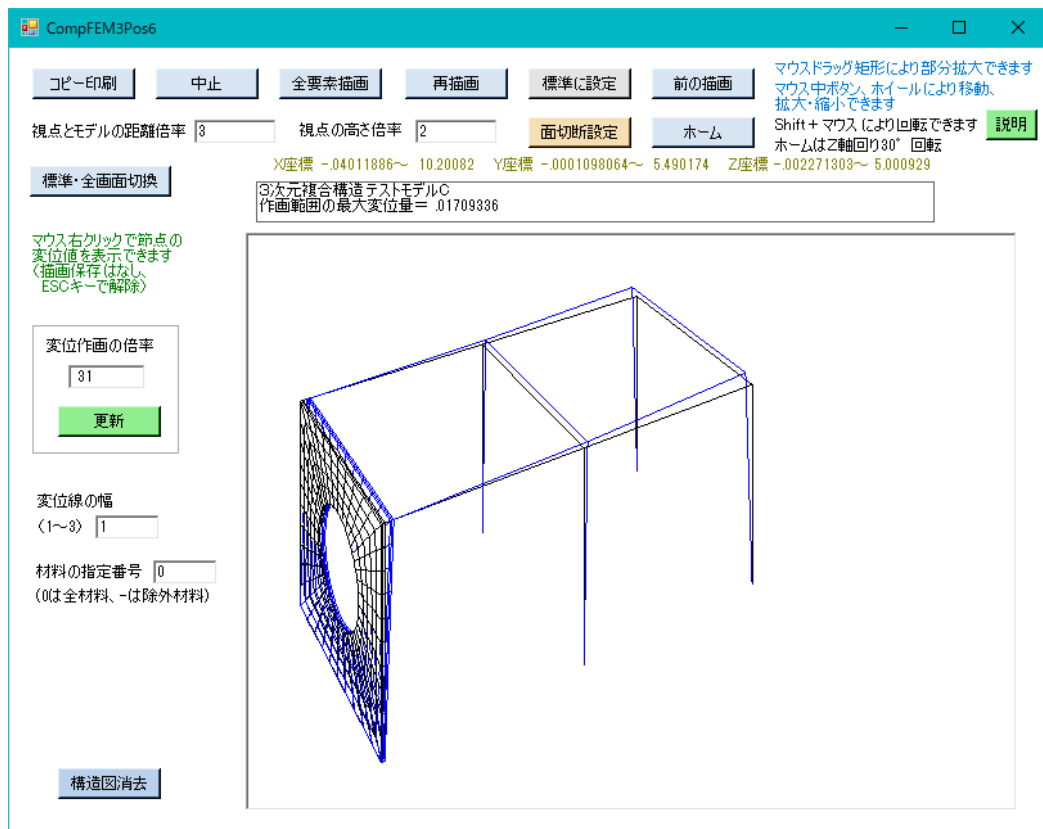


図6-8 変位図の作画画面

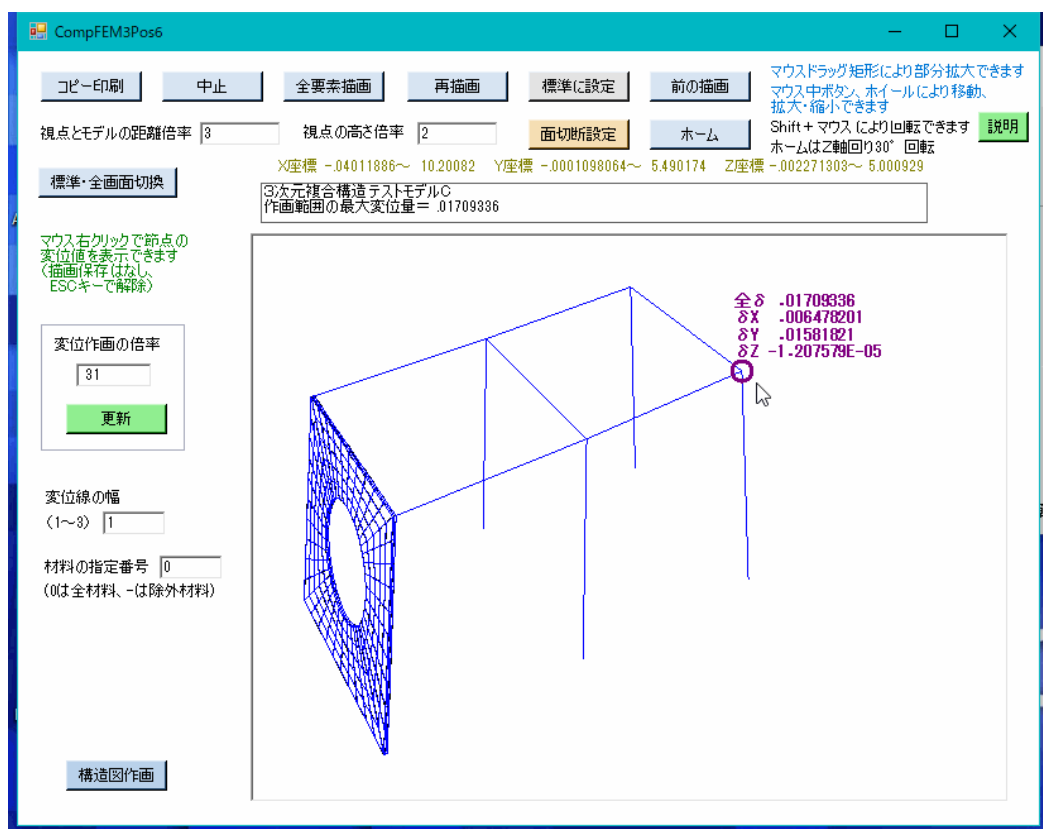


図6-9 変位図の作画画面（構造図消去、マウス右クリックの節点の変位値表示）

## 6.7 応力図の指定画面（部材要素のみ）

図6-10に応力図指定画面を示します。

- ①本画面で、指定したい変数項目を選択します。

◇ $\sigma_f$ は軸荷重による軸応力、 $\sigma_b$ は曲げ応力、 $\sigma_A$ は合計応力で、正負（正：引張、負：圧縮）があります。

◇ $\tau_A$ は合計剪断応力、 $\tau_p$ は振り剪断応力で、正符号（絶対値）のみです。

- ②本画面で、「最大・最小値データ」のボタンをクリックすると、最大・最小値データが表示されます。

◇図6-11に最大・最小値データの表示例を示します。

- ③本画面で、「設定」ボタンをクリックすると応力図の作画画面に移ります。

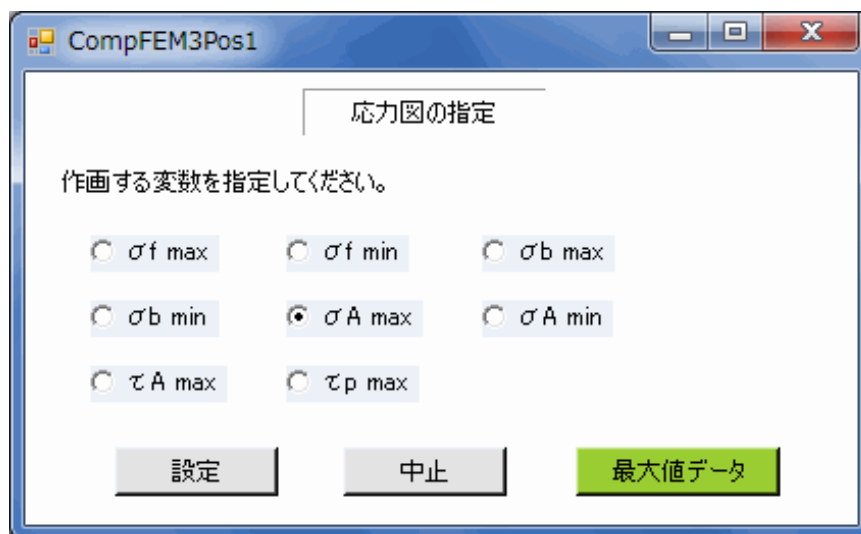


図6-10 応力図指定画面



図6-11 最大・最小値データの表示例



## 6.8 応力図の作画画面

図6-12に応力図の作画画面を示します。

- ①同図のように、変形後の図上に各節点の応力の大きさが円で表示されています。また、応力の最大値と最小値が円の上部に表示されます。

◇ $\sigma$ の場合は、正が赤色、負が青色の円で表わされます。 $\tau$ は赤色のみです。

◇表示された応力が生じる線分要素の端部を、薄緑色の太線で示しています。

- ②本画面の左側の「変位作画の倍率」は、構造寸法に対する変位の作画倍率を示します。本数値を任意に変更して「更新」ボタンをクリックすると、変更が反映されます。

◇0を設定すると、変位なしで応力図が作画されます。

- ③本画面の上側と左側に表示されている作画パラメーター、マウสดラッグによる部分拡大、回転操作等は、構造図の作画と同じです。

◇応力図の「説明」ボタンをクリックすると、マウスによる回転操作（Shiftキー併用）の説明図が表示されます。

- ④ただし、「応力円の作画倍率」と「全節点の応力値表示」のパラメーターが追加になっています。

◇「応力円の作画倍率」は、応力円の大きさを調整するもので、倍率を大きくすると円も大きくなります。

◇「全節点の応力値表示」のチェックを入れると、全節点の応力値が表示されます。

◇「表示の文字サイズ」は、応力値、要素番号、節点番号に共通の文字サイズで、自由に変更できます。

- ⑤「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウสดラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。

- ⑥マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。

- ⑦マウสดラッグ矩形により、応力図の一部を拡大できます。操作方法は4.16節の構造図と同じです。

- ⑧繰り返して描画を実施した場合、「前の描画」ボタンをクリックすると1つずつ前の描画にさかのぼることができます。

◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。

◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。

- ⑨本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

- ⑩本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックして、応力図指定画面に戻ります。

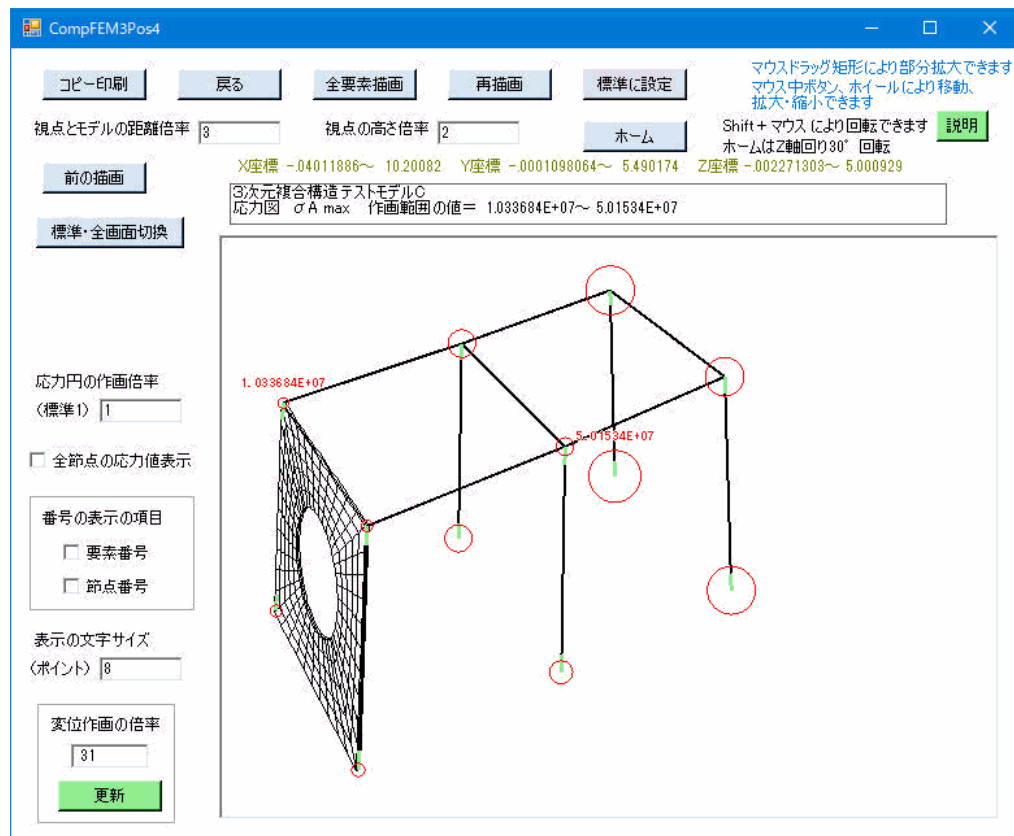


図6-12 応力図の作画画面

## 6.9 解析結果の主要値表示

図6-13に主要値表示の画面を示します。主要値データをクリップボードにコピーするかどうかは、「はい」または「いいえ」をクリックします。その後は立ち上げ時のメニュー画面に戻ります。

◇クリップボードにコピーされたデータは、他のソフトで貼り付け利用できます。

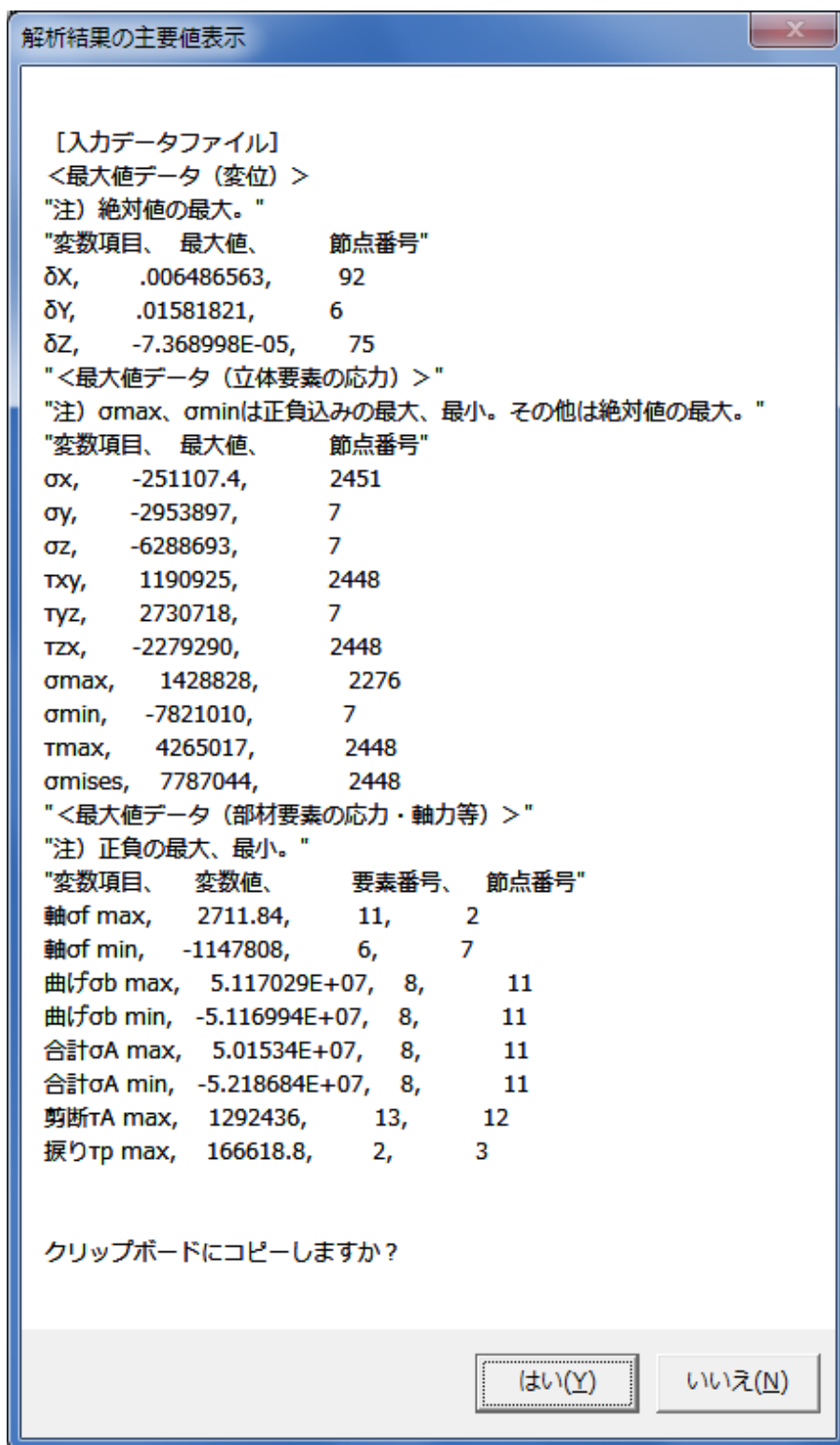


図6-13 解析結果の主要値表示の画面

## 第7章 計算事例

図3-1で示したテストモデルに対して、立体構造の穴明きパネルを半分にして両端に組み込んだ両端パネル付きラーメンを解析計算しました。境界条件と荷重条件は前述のテストモデルと同じです。図7-1に構造図を示します。

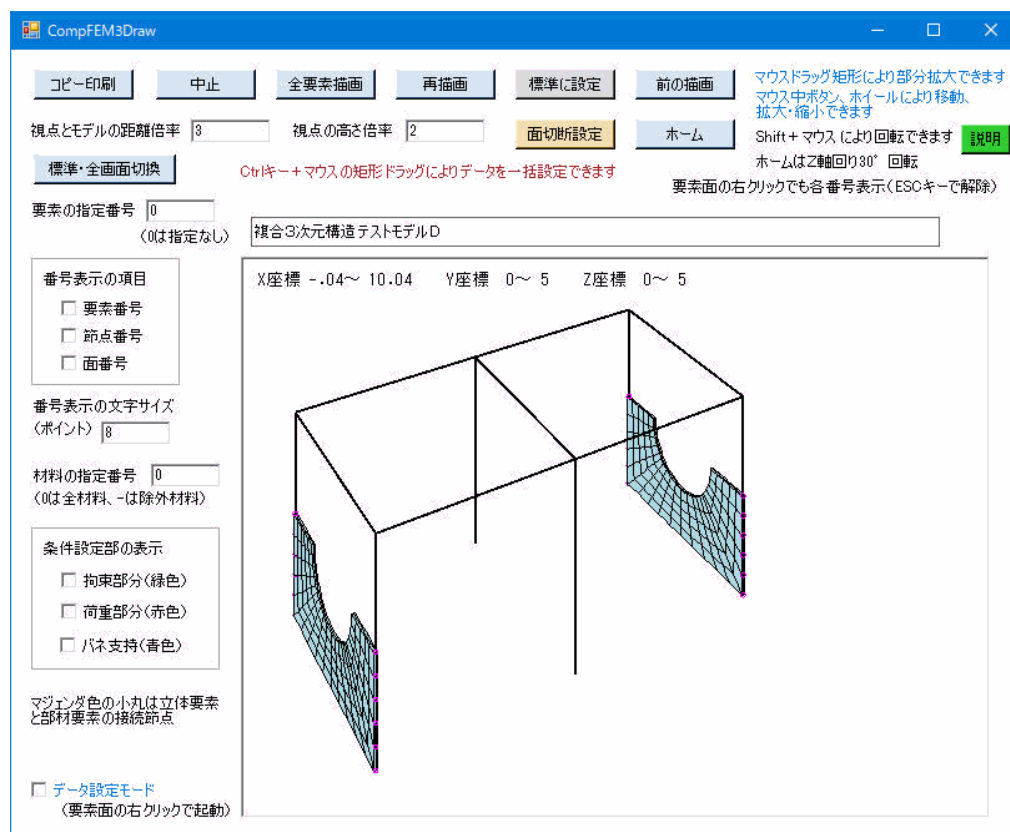


図7-1 両端パネル付きラーメンの構造図

解析計算の所要時間は22sで、結果の主要値を図7-2に示します。また、図7-3に変位図、図7-4に応力図をします。

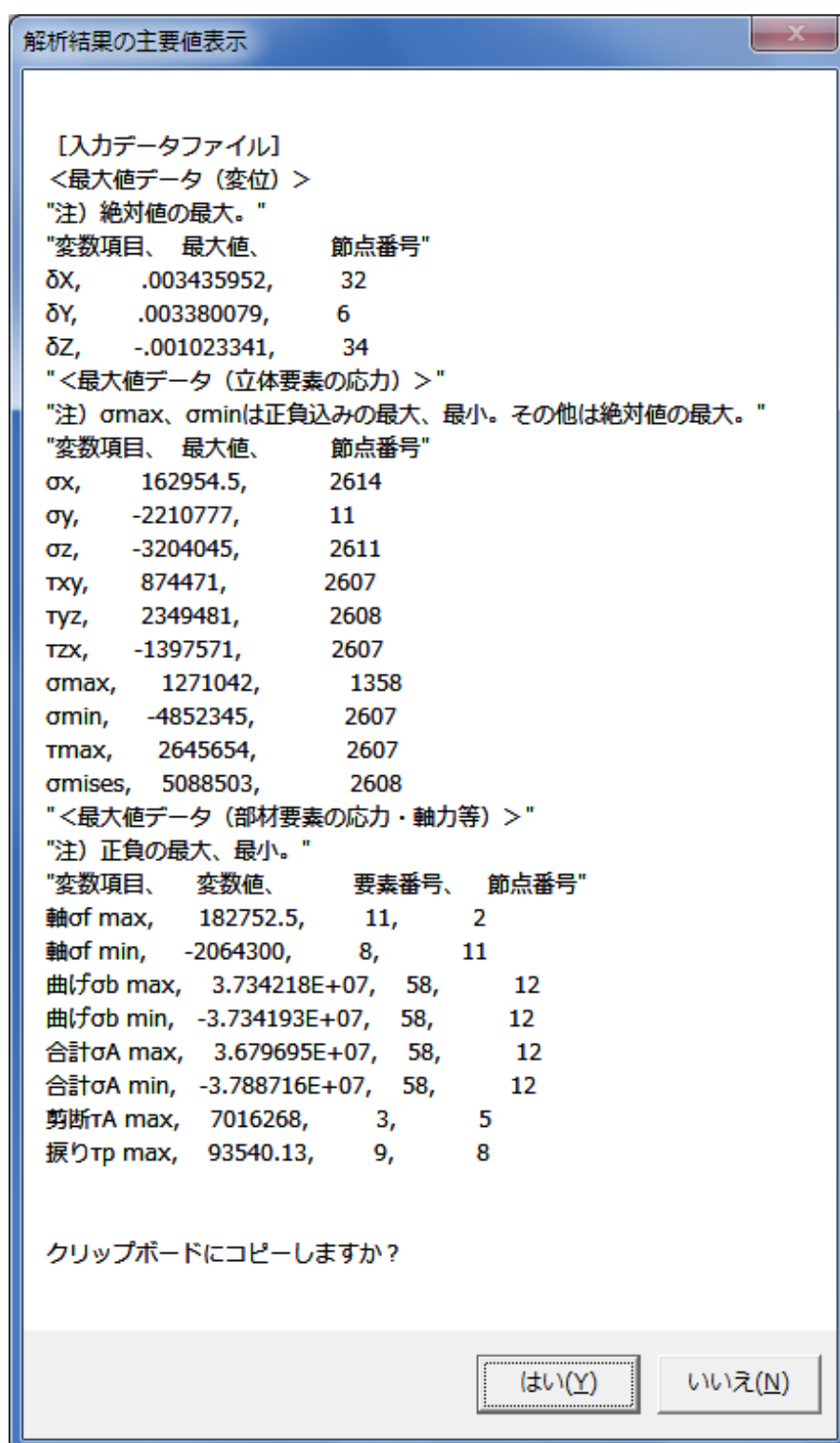


図7-2 解析結果の主要値表示の画面

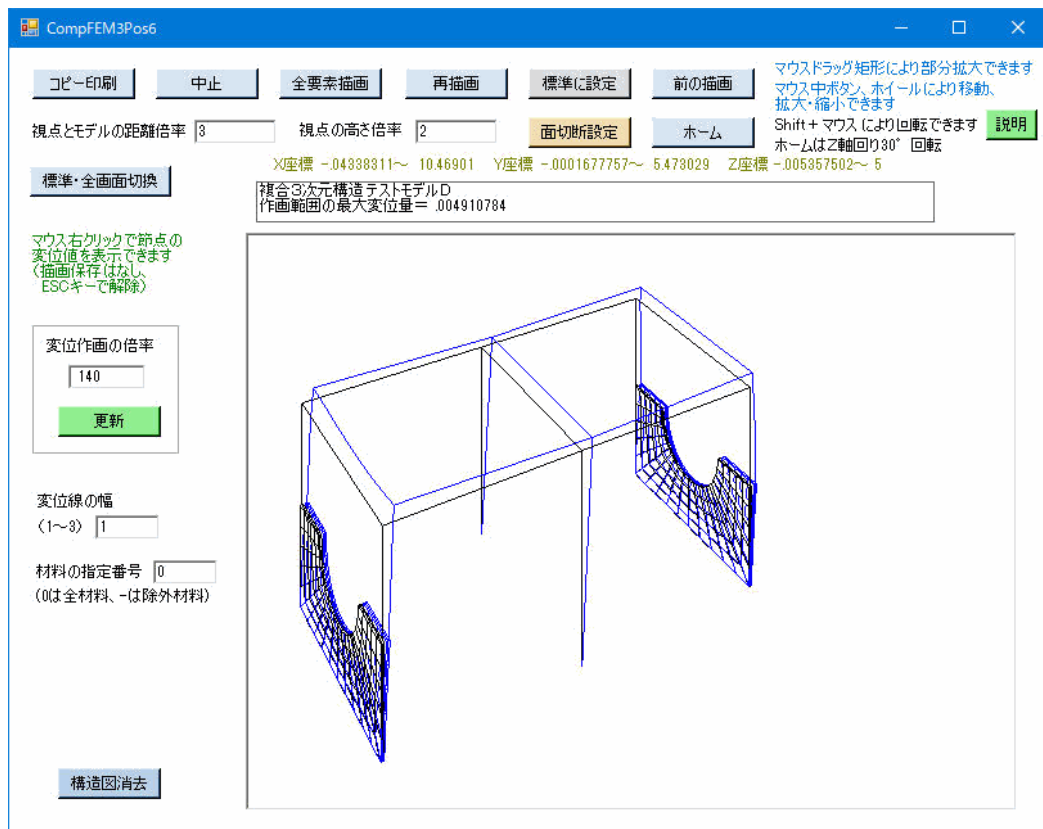


図7-3 変位図の作画画面

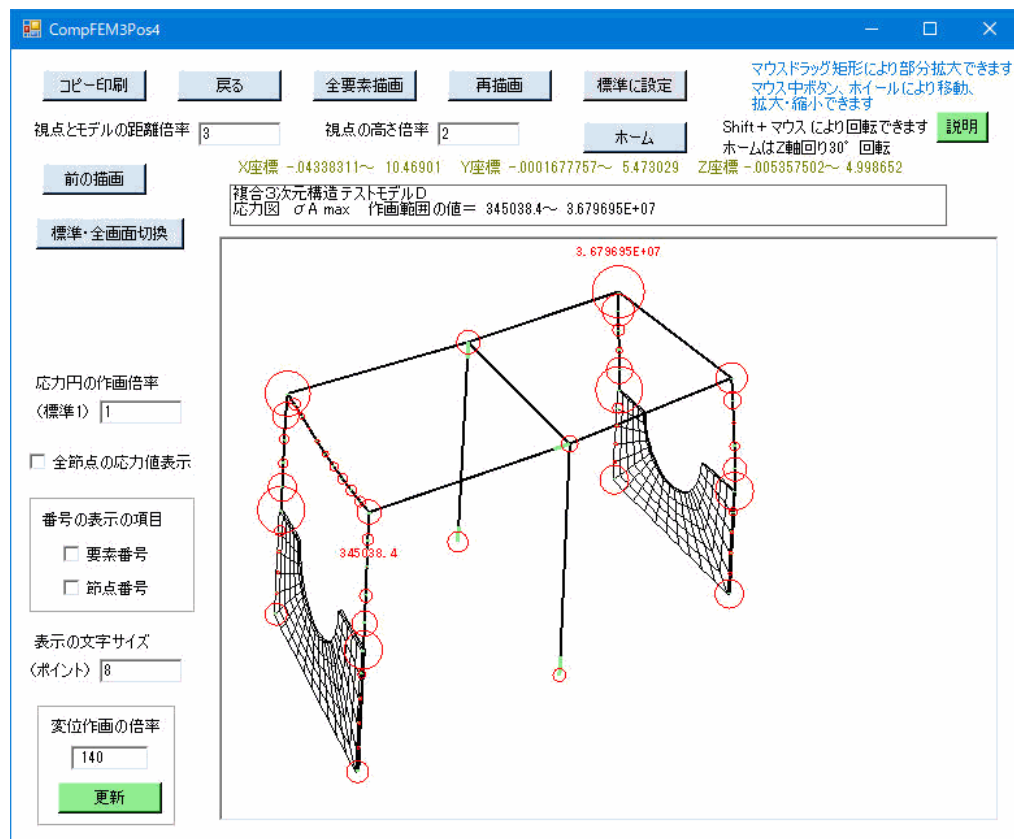


図7-4 応力図の作画画面

[参考文献]

<A> BASIC言語

- A1) 「Microsoft Visual Basic プログラミング ガイド」、  
マイクロソフト (株)、1997
- A2) 「実力アップ Visual Basic.NET 基礎編」、川口 輝久、  
(株) 技術評論社、2003
- A3) 「Visual Basic 応用プログラミング」、林 晴比古、  
ソフトバンク (株)、1997
- A4) 「Visual Basic for Windows プログラミング・パーツ」、河西 朝雄、  
(株) ナツメ社、1994
- A5) 「かんたんプログラミング Visual Basic.NET 応用編」、田中 亨、  
(株) オーム社、2002
- A6) 「Visual Basic リファレンス・ブック」、相沢 文雄、  
(株) ナツメ社、1994
- A7) 「プログラミング Visual Basic.Net Vol.2 活用編」、Francesco Balena、  
(株) ドキュメントシステム 訳、日経BPソフトプレス、2002
- A8) 「Visual Basic 2005 [実践]プログラミングテクニク」、谷尻 かおり、  
技術評論社、2007

<B> 数値計算・統計解析・グラフィックス

- B1) 「数学公式・数表ハンドブック」、スpeerゲル 著、氏家 勝巳 訳、  
マグローヒル ブック (株)、1984
- B2) 「数値解析とその応用」、名取 亮、  
コロナ社、1992
- B3) 「線形計算」、名取 亮、  
朝倉書店、1993
- B4) 「コンピュータグラフィックス講義」、青木 由直、  
コロナ社、2000
- B5) 「新数値計算」、福井 義成 他、  
共立出版 (株)、2001
- B6) 「Visual Basicによる工学計算プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2001
- B7) 「Visual Basicによる数値解析プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2002
- B8) 「Web用3D-CG言語 X3D XML版」、赤間 世紀、  
工学社、2007
- B9) 「Blender 3DCG パーフェクトバイブル2013」、近藤 一貴、  
(株) 晋遊舎、2013
- B10) 「基礎からのFreeCAD」、坪田 遼、  
工学社、2016

<C> 有限要素法・差分法・工学一般

- C1) 「材料力学 (下巻)」、鶴戸口 英善 他、  
裳華房、日本機械学会、1966

- C2) 「マトリックス有限要素法」、O. C. Zienkiewicz 他、吉識 雅夫 監訳、  
(株) 培風館、1970
- C3) 「有限要素プログラミング」、E. Hinton 他、川井 忠彦 監訳、  
丸善(株)、1981
- C4) 「マイコンによる有限要素解析」、戸川 隼人、  
(株) 培風館、1982
- C5) 「流れと熱伝導の有限要素法入門」、矢川 元基、  
(株) 培風館、1983
- C6) 「有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導解析」、矢川 元基 他、  
(株) サイエンス社、1987
- C7) 「The Finite Element Method (Linear Static and Dynamic Finite Element  
Analysis)」、Thomas J. R. Hughes、Dover Publications、2000
- C8) 機械工学便覧A5「材料力学」、日本機械学会編、  
日本機械学会、2001
- C9) 「パソコンで解く骨組の静的・動的・弾塑性解析」、藤谷 義信 他  
丸善(株)、2001
- C10) 「The Finite Element Method in Electromagnetics」、Jianming Jin  
John Wiley & Sons、2002
- C11) 「Visual Basicによる3次元熱伝導解析プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2003
- C12) 「弾塑性力学の基礎」、吉田 総仁、  
共立出版(株)、2005
- C13) 「基本からわかる有限要素法」、邵 長城、  
森北出版(株)、2008