

\*\*\*\*\*

\* 「3D振動応答解析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

\*\*\*\*\*

「3次元構造解析K (FEM3D)」の構造データと任意の振動外力データを用いて、振動応答の解析を行なう有限要素法ソフトを提供します。本ソフトは、上記構造解析のデータから振動応答解析用のデータを作成し、任意の振動外力に対応して、微小時間毎に変位・応力を算出するものです。そして一般応答と周波数応答の2種類の解析を実施できます。また、計算結果の後処理として、等高線図・変位図の作画、グラフ用データの作成、アニメーション、および一般応答変位の周波数分析が可能です。なお、本ソフトでは、MK型およびMCK型のいずれの振動方程式も計算できます。

注) ①「3次元構造解析K (FEM3D)」は算生会の有限要素法ソフトです。同ソフトに関しては、その説明書を参照してください。

②MK型およびMCK型の各行列の意味は次の通りです。

M行列 : 質量マトリックス

C行列 : 減衰マトリックス

K行列 : 剛性マトリックス (構造解析のものと同じ)

本ソフトのFEM方程式計算では、ソルバーとして反復法\* およびスカイライン法の2種類を組み込んでいます。これら各ソルバーの特質に応じて使い分けできます。

注) \*ICCG (Incomplete Cholesky Conjugate Gradient) 法によるもので、大規模構造に対応できます。ただし、一部の固定境界条件では非収束となります。

[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

## &lt;目次&gt;

	ページ
第1章 振動応答解析の計算方法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	9
第3章 例題 -----	15
第4章 「FEM3Dデータ」処理プログラム -----	16
第5章 「データ」処理プログラム -----	20
第6章 「計算」プログラム -----	35
第7章 「後処理」プログラム -----	48
[参考文献] -----	80

## 第1章 振動応答解析の計算方法

### 1.1 構造モデル

3次元構造解析（FEM3D）と同じ構造モデルを使用します。構造解析および振動応答解析の有限要素法においては、図1-1の六面体2次要素（20節点）を使用します。同要素の詳しい説明は、構造解析の説明書を参照してください。

本ソフトの振動応答解析では、構造解析用入力データを使用し、構造解析の荷重等はそのまま負荷できます。

◇強制変位およびバネ支持も適用できます。

要素の各節点のX, Y, Z方向変位をu, v, wとし、それらをまとめて変位ベクトルuで表わします。

注) u, v, wの代わりに $\delta_x$ ,  $\delta_y$ ,  $\delta_z$ の記号を用いることもあります。

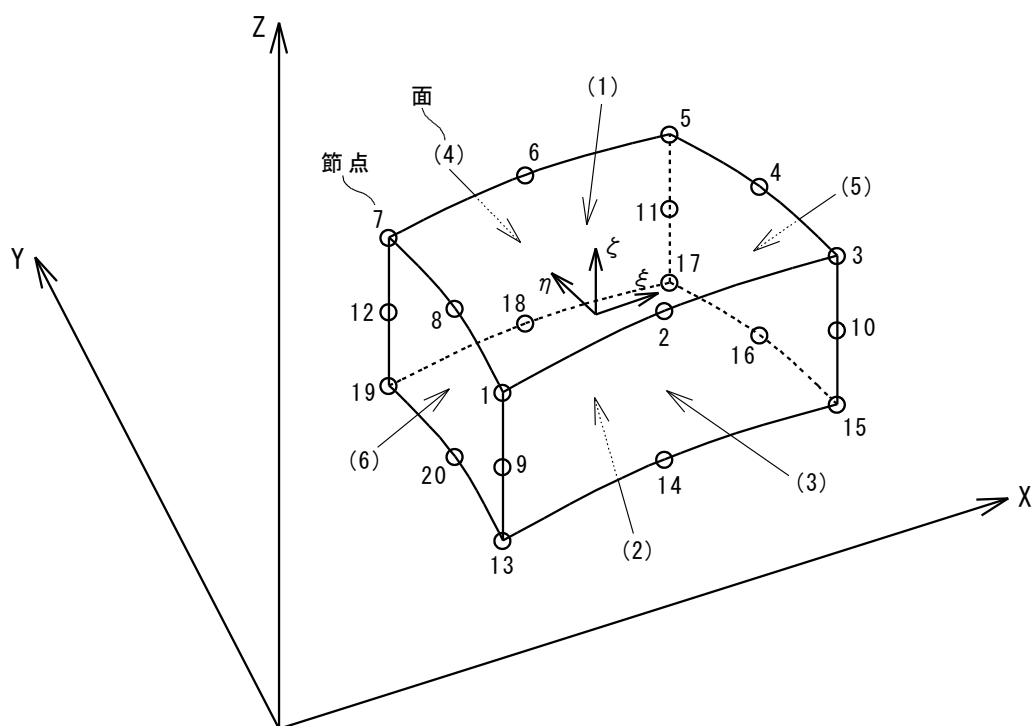


図1-1 六面体20節点要素

### 1.2 振動方程式の種類

本ソフトでは、3次元構造について、以下のMK型およびMCK型の振動方程式を解析します。

#### 1) MK型

慣性力と振動外力が作用し、減衰力がない場合で、次の方程式で示されます。

$$M \frac{d^2 u}{dt^2} + K u = f \quad (1-1)$$

ただし、K：剛性マトリックス

M：質量マトリックス・・・慣性力に相当

$u$  : 変位ベクトル  
 $t$  : 時間  
 $f$  : 振動外力

## 2) MCK型

慣性力、減衰力、振動外力が作用する場合で、次の方程式で示されます。

$$M \frac{d^2 u}{dt^2} + C \frac{du}{dt} + K u = f \quad (1-2)$$

ただし、 $C$  : 減衰マトリックス

MCK型の特別なケースとして、比例減衰の場合があります。比例減衰とは次式のように、減衰マトリックス $C$ が質量マトリックス $M$ と剛性マトリックス $K$ に比例した式で表わされるものです。

$$C = c_m M + c_k K \quad (1-3)$$

ただし、 $c_m$ 、 $c_k$  : 比例定数

### <比例減衰の臨界減衰係数>

振動を生じなくなる限界の減衰係数を臨界減衰係数と呼びます。質量比例だけの場合、または剛性比例だけの場合に、下記のように臨界減衰条件を表わせます。ただし、 $\lambda$ はMK型の最小固有値を使用します。

$$[\text{質量比例の臨界減衰条件}] \quad a = 2\sqrt{\lambda} \quad (1-4)$$

臨界減衰係数は $C = aM$ に(1-4)式を代入したものとなる。

$$[\text{剛性比例の臨界減衰条件}] \quad b = \frac{2}{\sqrt{\lambda}} \quad (1-5)$$

臨界減衰係数は $C = bM$ に(1-5)式を代入したものとなる。

## 1.3 ダンパーの付加>

MCK型では、ダンパーを付加することもできます。ダンパーの説明図を図1-2に示します。同図のように、2つの節点間にダンパーを設け、減衰係数 $C_d$ を設定できます。減衰力は、(1-2)式の減衰マトリックス $C$ と同様、速度比例となります。なお、節点2には任意の外部点を用いることもできます。

◇節点2に外部点を用いる場合は、外部点のXYZ座標が必要です。

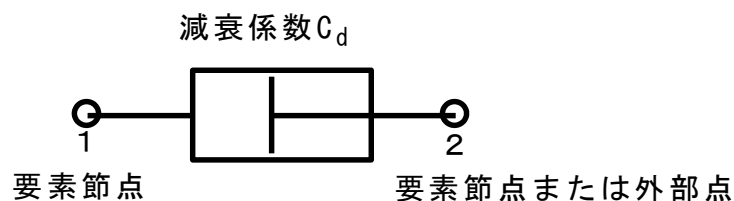


図1-2 ダンパーの説明図

#### 1.4 質量マトリックス

質量マトリックスは、要素の材料物性として密度 $\rho$ を与えて計算します。なお、質量マトリックスを計算した後で、節点に慣性質量を追加することもできます。

質量マトリックスの計算方法としては、LM (Lumped Mass Matrix) 法とCM (Consistent Mass Matrix) 法があります。LM法は節点集中質量を設定するもので、質量マトリックスが対角要素のみとなります。他方、CM法は有限要素法マトリックスに合わせて質量分配するもので、対角要素以外にも数値が入った質量マトリックスとなります。本ソフトではLM法を採用しており、以下にその内容を説明します。

注) LM法の採用理由は、第一にCM法と比べてみて計算結果にほとんど差がないこと、第二に計算時間や入力データファイル容量を低減できることです。

図1-1の六面体20節点要素においては、頂点節点で負の質量が生じることを避けるため、特殊LM法<sup>(11)</sup>を用います。すなわち、各要素において、次式により節点換算質量を計算します。

$$m_i = \alpha \int \rho N_i^2 dV \quad (i=1, 2, \dots, 20) \quad (1-6)$$

ただし、 $m_i$  : 節点への換算質量

$\alpha$  : 要素質量補正比率

$$\alpha = \frac{\int \rho dV}{\sum_{i=1}^{20} \int \rho N_i^2 dV} \quad (1-7)$$

$\rho$  : 密度、 $N_i$  : 形状関数、 $dV$  : 積分体積

$$dV = |J| d\xi d\eta d\zeta \quad (1-8)$$

ここで、 $\xi, \eta, \zeta$  : 要素の局所座標

$|J|$  : 次式のヤコビアンマトリックスの行列式の値

$$J = \begin{pmatrix} \frac{\partial X}{\partial \xi} & \frac{\partial Y}{\partial \xi} & \frac{\partial Z}{\partial \xi} \\ \frac{\partial X}{\partial \eta} & \frac{\partial Y}{\partial \eta} & \frac{\partial Z}{\partial \eta} \\ \frac{\partial X}{\partial \zeta} & \frac{\partial Y}{\partial \zeta} & \frac{\partial Z}{\partial \zeta} \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^{20} \begin{pmatrix} \frac{\partial N_i}{\partial \xi} X_i & \frac{\partial N_i}{\partial \xi} Y_i & \frac{\partial N_i}{\partial \xi} Z_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial \eta} X_i & \frac{\partial N_i}{\partial \eta} Y_i & \frac{\partial N_i}{\partial \eta} Z_i \\ \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} X_i & \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} Y_i & \frac{\partial N_i}{\partial \zeta} Z_i \end{pmatrix} \quad (1-9)$$

$$\begin{aligned} \therefore |J| &= \frac{\partial X}{\partial \xi} \left( \frac{\partial Y}{\partial \eta} \frac{\partial Z}{\partial \zeta} - \frac{\partial Z}{\partial \eta} \frac{\partial Y}{\partial \zeta} \right) + \frac{\partial Y}{\partial \xi} \left( \frac{\partial Z}{\partial \eta} \frac{\partial X}{\partial \zeta} - \frac{\partial X}{\partial \eta} \frac{\partial Z}{\partial \zeta} \right) \\ &+ \frac{\partial Z}{\partial \xi} \left( \frac{\partial X}{\partial \eta} \frac{\partial Y}{\partial \zeta} - \frac{\partial Y}{\partial \eta} \frac{\partial X}{\partial \zeta} \right) \end{aligned} \quad (1-10)$$

また、ヤコビアンマトリックスの逆行列は次式で表わされます。

$$J^{-1} = \frac{1}{|J|} \begin{pmatrix} \frac{\partial Y}{\partial \eta} \frac{\partial Z}{\partial \xi} - \frac{\partial Z}{\partial \eta} \frac{\partial Y}{\partial \xi} & \frac{\partial Z}{\partial \xi} \frac{\partial Y}{\partial \xi} - \frac{\partial Y}{\partial \xi} \frac{\partial Z}{\partial \xi} & \frac{\partial Y}{\partial \xi} \frac{\partial Z}{\partial \eta} - \frac{\partial Z}{\partial \xi} \frac{\partial Y}{\partial \eta} \\ \frac{\partial Z}{\partial \eta} \frac{\partial X}{\partial \xi} - \frac{\partial X}{\partial \eta} \frac{\partial Z}{\partial \xi} & \frac{\partial X}{\partial \xi} \frac{\partial Z}{\partial \xi} - \frac{\partial Z}{\partial \xi} \frac{\partial X}{\partial \xi} & \frac{\partial Z}{\partial \xi} \frac{\partial X}{\partial \eta} - \frac{\partial X}{\partial \xi} \frac{\partial Z}{\partial \eta} \\ \frac{\partial X}{\partial \eta} \frac{\partial Y}{\partial \xi} - \frac{\partial Y}{\partial \eta} \frac{\partial X}{\partial \xi} & \frac{\partial Y}{\partial \xi} \frac{\partial X}{\partial \xi} - \frac{\partial X}{\partial \xi} \frac{\partial Y}{\partial \xi} & \frac{\partial X}{\partial \xi} \frac{\partial Y}{\partial \eta} - \frac{\partial Y}{\partial \xi} \frac{\partial X}{\partial \eta} \end{pmatrix} \quad (1-11)$$

## 1.5 減衰マトリックス

### 1) 比例減衰の場合

一括して質量比例および剛性比例の減衰係数を入力設定します。質量マトリックスKおよび剛性マトリックスKは通常の行列（バンドマトリックス）なので、減衰マトリックスCも通常の行列となります。

### 2) 減衰個別設定の場合

減衰マトリックスCは、実際の減衰構造に応じて各節点の変位毎に、個別に入力設定します。本ソフトでは、対角要素のみを採用しています。

## 1.6 応答計算方法

### 1) 静解析の取扱い

3次元構造解析（FEM3D）に相当する分は、静解析として最初に計算します。そして、計算結果の変位ベクトル $u_0$ を保存します。

注）応力については、後の振動応答解析と一緒に計算するので、静解析として算出する必要はありません。

### 2) 動解析の計算

振動分の解析を動解析と呼ぶことにします。MK型およびMCK型をまとめて、(1-2)式を用いて説明します。本ソフトでは、Newmarkの $\beta$ 法<sup>C14)</sup>を用いて計算しています。

ここで、節点の速度ベクトルを $v$ 、加速度ベクトルを $a$ と表わします。

$$v = \frac{du}{dt} \quad (1-12)$$

$$a = \frac{d^2u}{dt^2} \quad (1-13)$$

そして、計算時間間隔を $\Delta t$ 、1ステップ前を添え字 $b$ で表わすと、各時間ステップの計算式は次のようになります。

$$a = \left( M + \frac{\Delta t}{2} C + \beta \Delta t^2 K \right)^{-1} \left[ f - C \left( v_b + \frac{\Delta t}{2} a_b \right) - K \left\{ u_b + \Delta t v_b + \left( \frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2 a_b \right\} \right] \quad (1-14)$$

$$v = v_b + \frac{\Delta t}{2} (a_b + a) \quad (1-15)$$

$$u = u_b + \Delta t v_b + \left( \frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2 a_b + \beta \Delta t^2 a \quad (1-16)$$

ただし、 $\beta$  : 係数 (本ソフトでは0.25)

### 3) 変位の合成と応力の計算

静解析と動解析を合わせて、合成変位ベクトル  $u_t$  は次式で計算されます。

$$u_t = u_0 + u \quad (1-17)$$

そして、合成変位ベクトル  $u_t$  を用いて、通常の構造解析と同様に各応力を算出できます。応力計算の詳細については、3次元構造解析 (FEM3D) の説明書を参照してください。

### 4) 各時間ステップの繰返し計算

上記の2)と3)を計算時間間隔  $\Delta t$  毎に繰返し計算して、指定の計算打ち切り時間まで実施します。

### 5) 一般応答

一般応答は、振動外力を任意に設定し、ユーザー指定の打ち切り時間まで計算するものです。振動外力ベクトル  $f$  は、一定の時間間隔毎に入力設定します。図1-3に振動外力の説明図を示します。

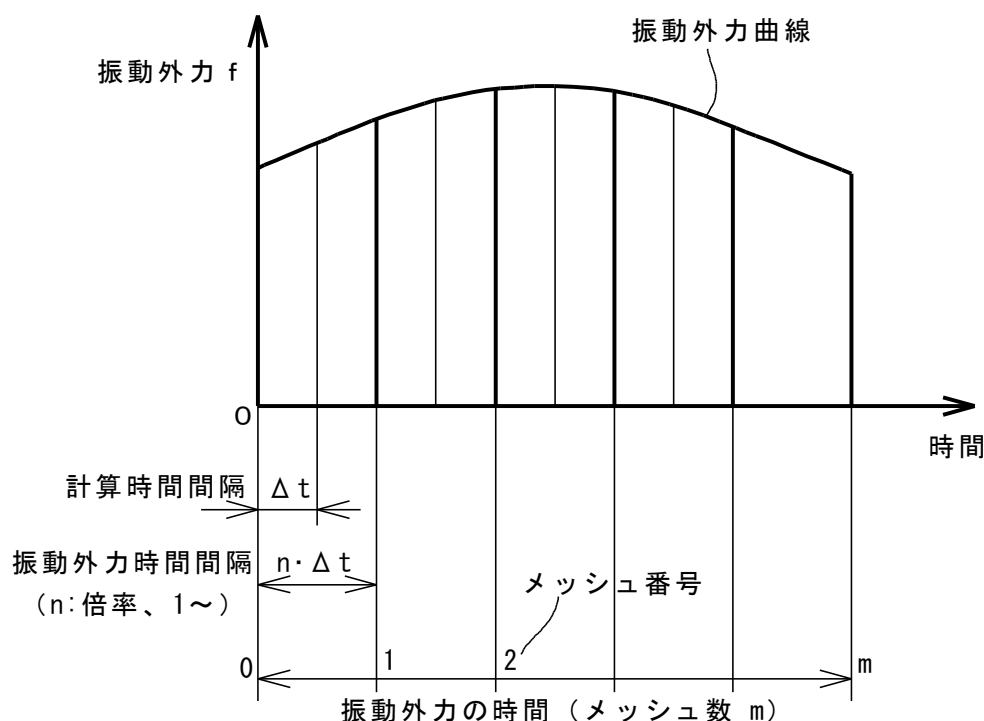


図1-3 振動外力の説明図

- ①振動外力は連続した曲線 (直線でも可) とし、その全体時間をメッシュ数  $m$  で分割します。

◇m分割された時間が、振動外力の時間間隔となります。

②振動外力の時間間隔は、計算時間間隔 $\Delta t$ のn倍とします。nは1以上の整数です。

◇nが2以上の場合は、解析計算時に $\Delta t$ 毎の振動外力  $f$  を線形比例で計算します。

◇振動外力の時間間隔を計算時間間隔 $\Delta t$ の倍数設定にする理由は、 $\Delta t$ を自由に取るためです。すなわち、解析計算で発散を防止するため、 $\Delta t$ は微小値に設定する必要があり、振動外力の時間間隔が粗くても解析できるよう、 $\Delta t$ を独立して設定できるようにした方が便利だからです。

③振動外力データは、任意個数の節点で、X, Y, Z軸方向に設定できます。それらの節点以外では、振動外力  $f$  は0となります。

④振動外力の時間が終了した後の振動外力は0となります。振動外力が0となっても、振動応答解析の計算は指定の計算打ち切り時間まで実施します。

注) 本ソフトでは、振動外力として、力の替わりに加速度を与えることもできます。

ただし、1つの構造では、力か加速度かいずれか一方に統一しなければなりません。

## 6) 周波数応答

周波数応答は、sin関数の振動外力を継続負荷し、振動が定常になるまで計算するものです。そして、計算結果は定常状態の1周期分を出力します。図1-4に振動外力の説明図を示します。

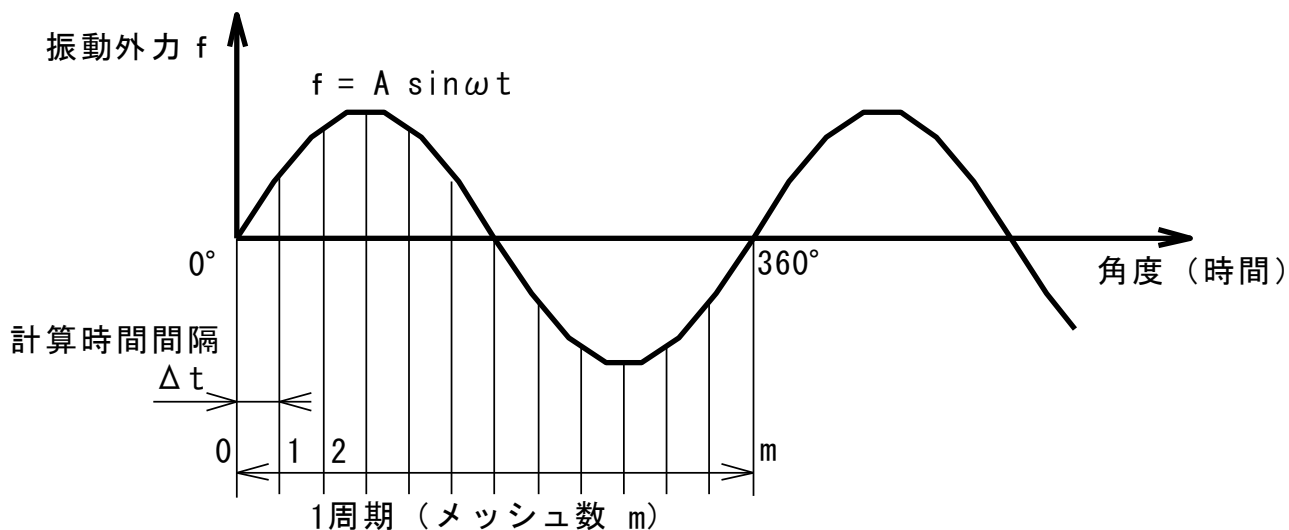


図1-4 周波数応答の振動外力の説明図

①振動外力はsin関数として設定します。図1-4では、位相角の定数項は省略してしましますが、一般には次式で設定します。

$$f = A \sin(\omega t + B) \quad (1-18)$$

ただし、A: 振幅

$\omega$ : 角速度

$$\omega = 2\pi f_c \quad (1-19)$$

ここで、 $f_c$ ：周波数（単位は通常 Hz）。

多点を加振する場合、周波数は同一のこと。

B：位相角の定数項

- ②1周期 $360^\circ$ をメッシュ数  $m$ で分割します。
- ③ $m$ 分割された時間が、振動外力および計算の時間間隔となります。
- ④振動応答が定常状態になった後、1周期分の計算を再実行し、 $m$ 分割の各時点の結果を出力します。
- ⑤それ以外は、上記の一般応答と同様です。

## 1.7 注意事項

本ソフトの計算手法上、次の制約があります。

- 1) 強制変位がある場合、静荷重有り（荷重設定なしでも可）で計算する必要があります。  
◇強制変位分の荷重を負荷するためです。
- 2) 周波数応答の振動外力を加速度にした場合、収束の変位チェックは、加振節点のある要素を除外して行ないます。そのため、加振節点を含まぬ要素が存在する必要があります。非常に要素数が少ない構造データ等では注意してください。



## 第2章 プログラムの機能・構成

### [VBプロジェクト名] FEM3V i b R e s

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「FEM3Dデータ」、「データ」、「計算」、「後処理」、「終了」の5つです。「FEM3Dデータ」メニューでは「3次元構造解析（FEM3D）」ソフトの構造解析用データを使用して、質量マトリックスを計算し、振動応答解析用データを生成します。「データ」メニューでは振動応答解析用の入力データを作成し、「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等高線図・変位図の作画、グラフ用データの作成、アニメーション、および一般応答変位の周波数分析を実施します。そして、ソフトを終了させる際は、「終了」をクリックします。

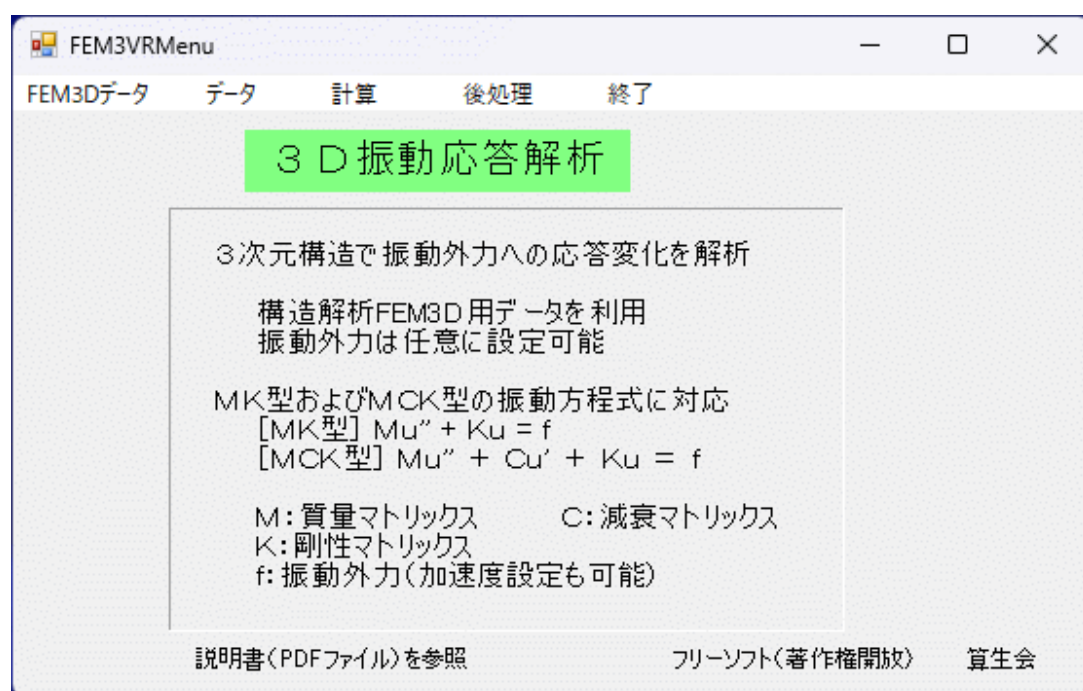


図2-1 「FEM3V i b R e s」メニュー画面

表2-1に本ソフトの方程式種類を示します。同表のように、MK型とMCK型の2種類の振動方程式に対応しています。また、MCK型の減衰係数は、比例減衰と個別設定を選択できます。さらに、MCK型ではダンパーを付加できます。

表2-1 「FEM3 V i b R e s」方程式種類

振動方程式の種類		内 容
1. MK型		◇質量マトリックスと剛性マトリックスから構成される自由振動の固有値計算 ◇固有値、固有ベクトルとも実数
2. MCK型	1) 比例減衰	◇質量マトリックス、剛性マトリックス、およびそれらに比例する減衰係数から構成される自由振動の固有値計算 ◇固有値は複素数または実数 固有ベクトルは実数 ◇ダンパーを付加できる
	2) 個別設定	◇質量マトリックス、減衰マトリックスおよび剛性マトリックスから構成される自由振動の固有値計算 ◇固有値、固有ベクトルとも複素数または実数 ◇ダンパーを付加できる

注) ①静荷重も負荷できる。

②バネ支持、強制変位も組み込み可能。

[境界拘束の解除について]

本解析では3次元ラーメン構造解析（FEM3D）の構造データファイルを使用しますが、「境界拘束の解除」を実施することも可能です。すなわち、構造データの節点拘束を適用しない本解析用データを作成することができます。

◇「境界拘束の解除」は、「FEM3Dデータ」処理プログラムの密度データ入力画面で選択できます。ただし、「境界拘束の解除」を選択した場合は、静荷重負荷の計算はできません。

また、表2-2に本ソフトの解析種類を示します。同表のように、一般応答と周波数応答の2種類に対応しています。

表2-2 「FEM2VibRes」解析種類

解析種類	内容
1) 一般応答	微小時間毎に振動外力を設定し、ユーザー指定の打ち切り時間まで計算するもの。計算結果は、初期から打ち切り時間まですべて出力する。
2) 周波数応答	sin関数で表わされる振動外力に対して、振動が定常になるまでを計算するもの。計算結果は、定常になった後の1周期分を出力する。

注) 計算結果データからグラフ用データ作成も可能。同データを利用して、一般の表計算ソフトやグラフ作成ソフトでグラフ作成が可能。

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FEM3VRMenuモジュール\* で制御し、その下に「FEM3Dデータ」、「データ」、「計算」、「後処理」の4つのプログラム群に分かれています。

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

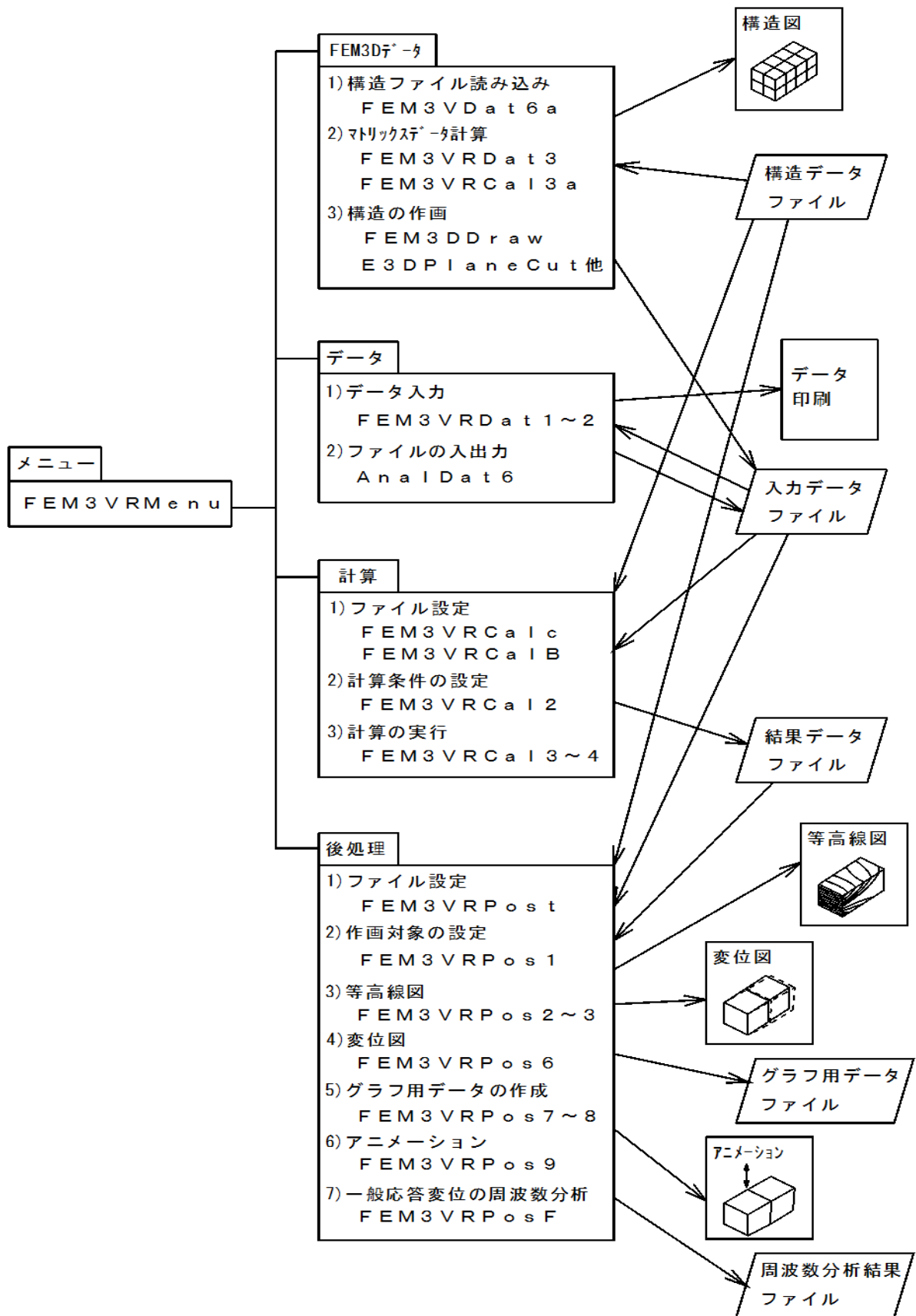


図2-2 「FEM3VibRes」ソフトのプログラム構成

データファイルは、「構造データファイル」、「入力データファイル」、「結果データファイル」、「グラフ用データファイル」、「周波数分析結果ファイル」の5種類を使用しています。それらをまとめて表2-3に示します。また、図2-2および表2-3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2-3 本ソフトのデータファイルの種類

名称	デフォルトの ファイル拡張子	内容
1) 構造データファイル	.dat	「3次元構造解析」ソフトによる 構造解析計算用データファイル
2) 入力データファイル	.dat	振動応答解析計算用データファイル (M、C行列や振動外力等を含む)
3) 結果データファイル	.rep	解析計算結果のデータファイル (全節点の変数値データ)
4) グラフ用データファイル	.txt	グラフ作成用に出力するデータ ファイル（グラフは別途作成）
5) 周波数分析結果ファイル	.txt	一般応答変位の周波数分析の結果フ ァイル

注) 2) のデータファイルは、読み込み時にバックアップファイル（拡張子.bak）の自動作成が可能（選択設定）。

表2-4に本ソフトのファイルリストを示します。同表で、[データ]のFEM3VRDat1およびFEM3VRDat2は、振動応答解析用の各種データを画面入力するためのものです。特に、FEM3VRDat2では各行列データや振動外力データをグリッド入力できるようにしています。

表2-4 「FEM3VibRes」ソフトのファイルリスト

[全般]

ファイル名	内 容
FEM3VRCom. vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
FEM3VRMenu. vb	メニューの提示・選択

[FEM3Dデータ]

ファイル名	内 容
FEM3VRCa13a. vb	質量マトリックスの計算
FEM3VRDat3. vb	密度データの入力
FEM3VDat6a. vb	構造解析用データファイルの読み込み
FEM3DDraw. vb	構造の作画
E3DPlaneCut. vb	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）

[データ]

ファイル名	内 容
FEM3VRDat1. vb	データ仕様の入力
FEM3VRDat2. vb	各データの入力
AnalDat6. vb	データファイルの読み込み・書き出し

[計算]

ファイル名	内 容
FEM3VRCalc. vb	計算に使用するファイルの設定
FEM3VRCa12. vb	解析計算条件の設定
FEM3VRCa13. vb	解析計算の実行（反復法）
FEM3VRCa14. vb	解析計算の実行（スカイライン法）
FEM3VRCa1B. vb	振動応答計算のバッチ処理

[後処理]

ファイル名	内 容
FEM3VRPost. vb	後処理に使用するファイルの設定
FEM3VRPos1. vb	作画対象の設定
FEM3VRPos2. vb	等高線図の仕様設定
FEM3VRPos3. vb	等高線図の作画実行
FEM3VRPos6. vb	変位図の作画実行
FEM3VRPos7. vb	グラフ用データの仕様設定と作成
FEM3VRPos8. vb	グラフ用データの作成
FEM3VRPos9. vb	アニメーションの実行
FEM3VRPosF. vb	一般応答変位の周波数分析

### 第3章 例題

本書では、図3-1に示す正方形棒モデルを例題として用います。本モデルについて、先に「3次元構造解析（FEM3D）」により構造データファイルが作成されているものとします。同図に示す外力荷重および自重は静荷重として作用します。そして、振動外力が節点PとQに作用し、それらの値は各時点毎に別途設定します。

注）作成済みの構造データファイルでは、要素数32、節点数261となっています。

なお、本例の数値はS I単位を使用していますが、材料の密度の値を用いて質量マトリックスを計算するため、単位系の統一には特に注意する必要があります。

また、MCK型の方程式で使用する減衰マトリックスについては、後で行列の要素数値を適宜設定するものとし、ここでの例示は省略します。

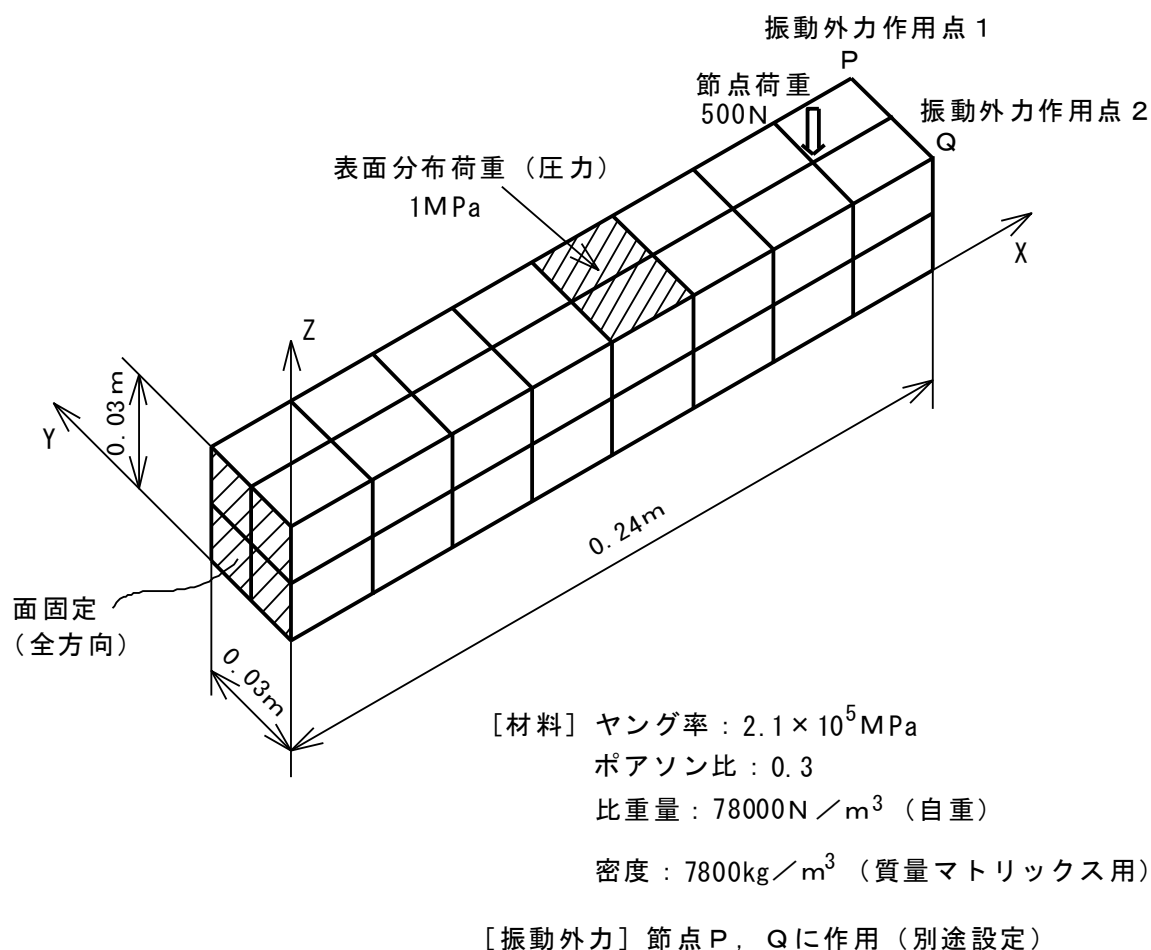


図3-1 正方形棒の構造モデル（振動応答解析用）

## 第4章 「FEM3D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「FEM3Dデータ」のサブメニュー選択画面を図4-1に示します。ここで使用する構造データファイルは、あらかじめ「3次元構造解析（FEM3D）」で作成しておかねばなりません。同図に示すように、5つのサブメニューがあります。先ず最初に「構造ファイル読み込み」を実施し、次に「マトリックスデータ計算」を選択します。算出したマトリックスデータは同計算後のダイアログ画面によりファイルへ保存できますが、サブメニューの「解析計算用ファイルへ保存」を選択して保存することもできます。

◇ここでのマトリックスデータの計算は、質量マトリックス（対角要素）のみを実施し、剛性マトリックスおよび比例減衰の減衰マトリックスの計算は、解析計算の中で実施されます。

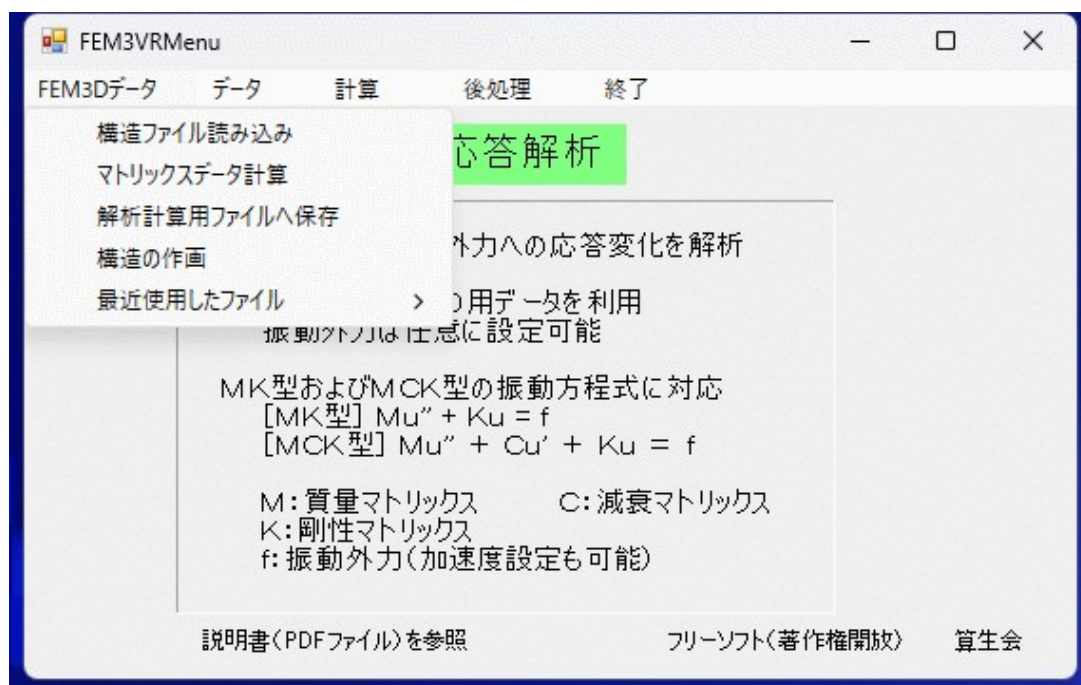


図4-1 「FEM3Dデータ」サブメニュー画面

### 4.2 構造ファイル読み込み

サブメニューの「構造ファイル読み込み」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、構造データファイルを選定して読み込みます。なお、構造データファイルのデフォルトの拡張子は、「.dat」です。

### 4.3 マトリックスデータ計算

サブメニューの「マトリックスデータ計算」を選択すると、先ず図4-2の密度データ入力画面となります。

- ①本画面では材料の密度を入力します。
- ②また、「境界拘束の解除」を選択する場合は、同チェックボックスにチェックを入れ



ます。

◇「境界拘束の解除」を選択すると、構造データの拘束条件を解除します。ただし、静荷重負荷の計算はできなくなります。

③「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。

◇「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。

④「設定」ボタンをクリックすると、図4-3の計算開始のダイアログボックスが出ます。

⑤そのダイアログボックスで「はい」をクリックすると、質量マトリックスの計算が実行され、計算終了後に図4-4のファイル保存のダイアログボックスが出ます。そのダイアログボックスで「はい」をクリックすると、コモンダイアログでファイルを保存する画面となり、解析用データファイルを設定するとデータが書き出されます。なお、ファイルへの保存は、後でサブメニュー選択でも実施できます。



図4-2 密度データ入力画面

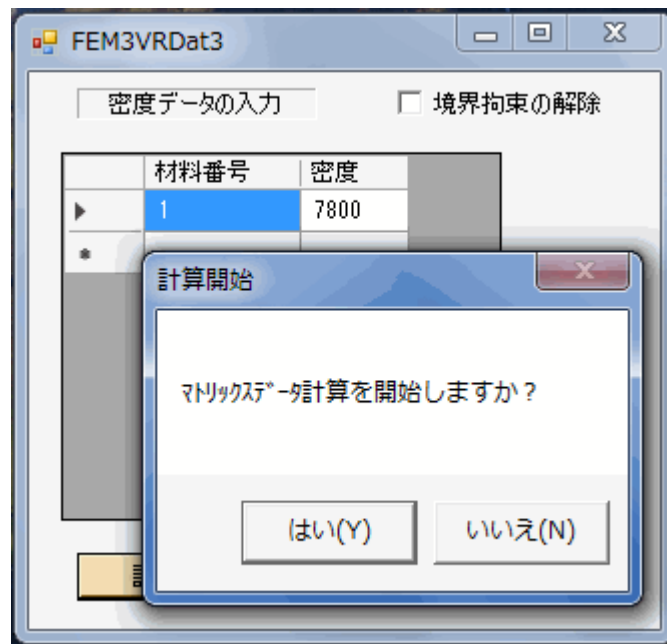


図4-3 マトリクスデータ計算開始のダイアログボックス

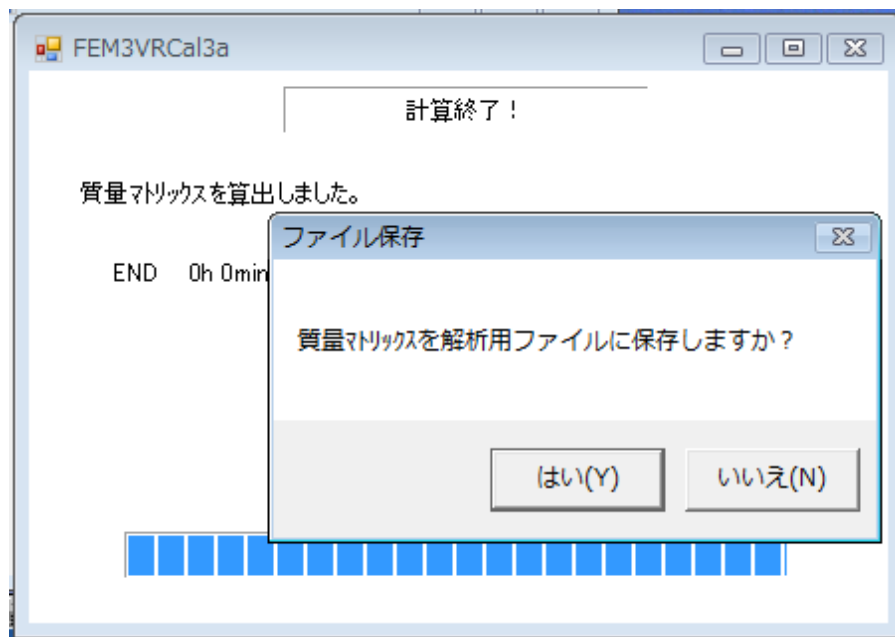


図4-4 マトリクスデータのファイル保存のダイアログボックス

#### 4.4 解析計算用ファイルへ保存

サブメニュー「解析計算用ファイルへ保存」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、解析計算用データファイルを設定するとデータが書き出されます。デフォルトのファイル名は、構造解析用データファイルのベース名（拡張子を削除した部分）の後に「VR」が付加されたもので、拡張子は同じ「.dat」となります。もちろん、他のファイル名に変更しても構いません。

この解析計算用データファイルの内容は、減衰マトリクスを含まないこと以外は、後述の「データ」処理におけるファイル内容と同じですので、ここでは例示を省略します。

## 4.5 構造の作画

サブメニュー「構造の作画」を選択すると、構造図が作画されます。図4-5に構造図の画面例を示します。構造図のパラメーターや操作については、3次元構造解析（FEM 3D）と全く同じなので、同ソフトの説明書を参照してください。ただし、データ設定モードは削除されています。

◇構造図の「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。

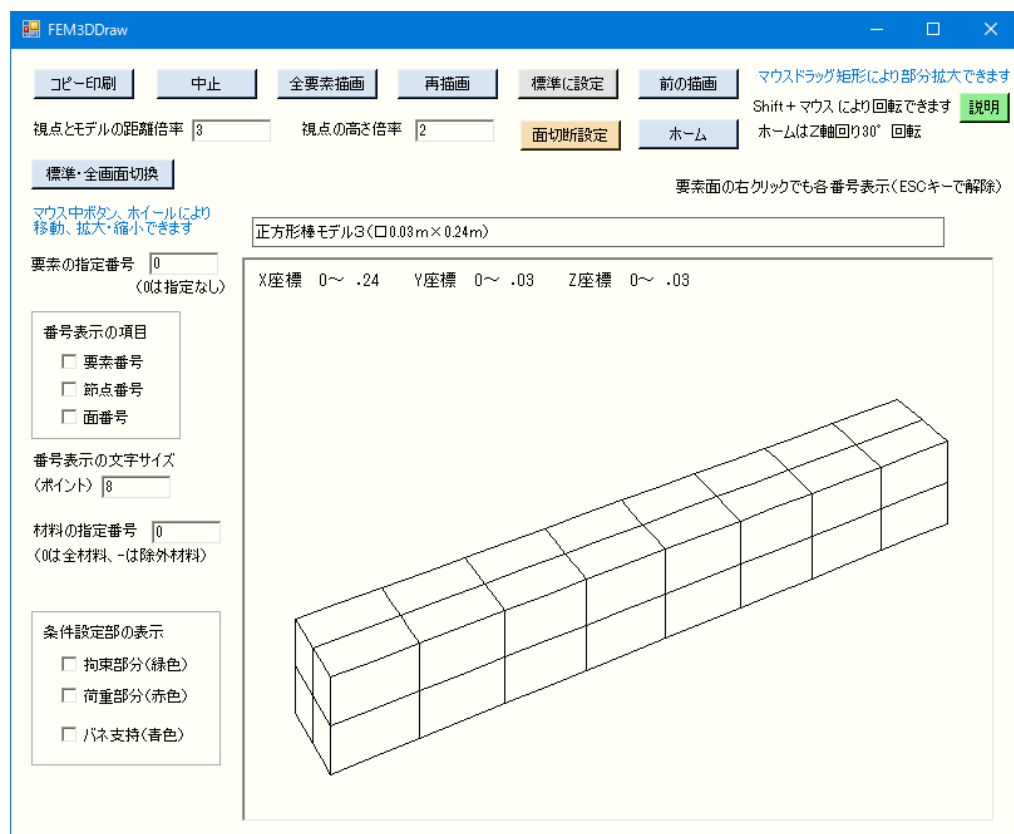


図4-5 構造図の画面例

## 4.6 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。

## 第5章 「データ」処理プログラム

### 5.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「データ」のサブメニュー選択画面を図5-1に示します。同図に示すように、5つのサブメニューがあります。まず「ファイル読み込み」を選択して、第4章の「FEM3Dデータ」処理で作成済の解析計算用データファイルを読み込みます。次に「データ入力・修正」を選択して、必要なデータ修正を行ないます。

また、「オプション」→「バックアップファイル作成」にチェックを入れると、データ読み込み時にバックアップファイル（.bak）が自動作成されます。チェックを外すと作成されなくなります。

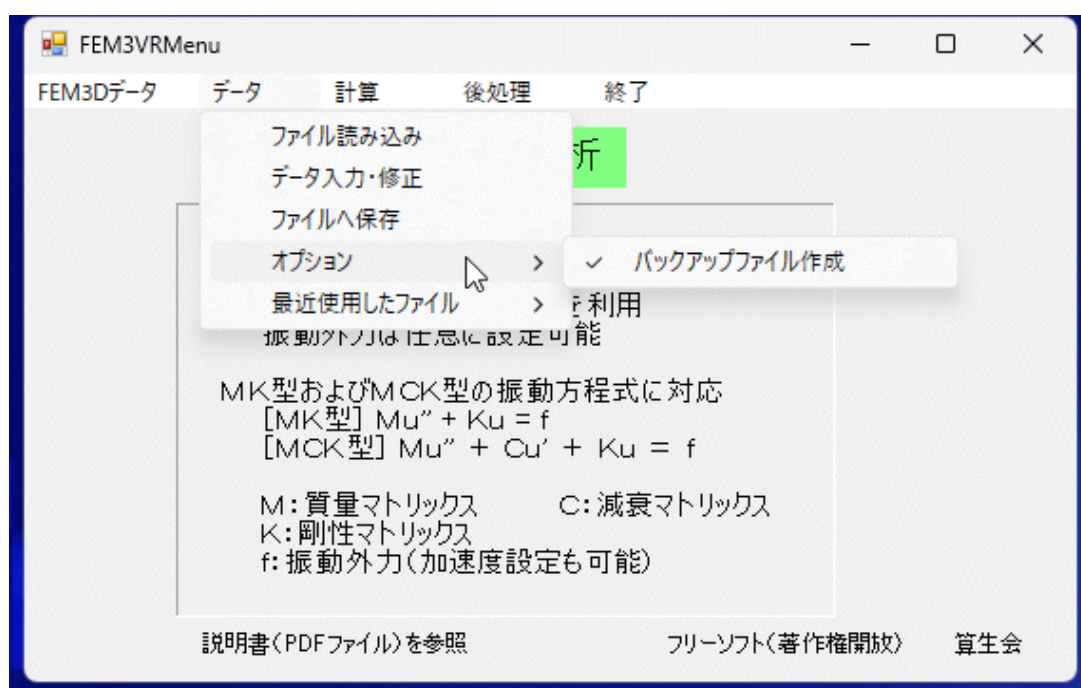


図5-1 「データ」サブメニュー画面

### 5.2 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。

### 5.3 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5-2のデータ仕様入力画面となります。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、任意の題名を入力します。
- ②方程式種類として、MK型またはMCK型を選択します。
- ③MCK型の場合は、図5-3～5-4のように、減衰設定区分として比例減衰または個別設定を選択します。それらの図では、ダンパー数の入力部分も表示されます。

◇MCK型で比例減衰を選択した場合の画面を図5-3に示します。同図のように質量

比例の減衰係数と剛性比例の減衰係数を入力することができます。

◇MCK型で減衰設定区分の個別設定を選択した場合の画面を図5-4に示します。

この場合のみ、後掲の行列データ入力画面でC行列を入力できます。

④MCK型でダンパーを付加する場合は、図5-3～5-4の画面でダンパー数を入力します。

◇ダンパーの減衰係数は、後掲の行列データ入力画面のC行列とは別に付加されます。

⑤解析種類として、一般応答または周波数応答を選択します。図5-2～5-4は一般応答の場合を示します。

◇周波数応答を選択した場合の画面を図5-5に示します。同図のように、「振動外力の時間メッシュ数」の代わりに、「振動外力の周波数」を設定します。

⑥次に、振動外力の節点数を入力します。

⑦次に、一般応答の場合は振動外力の時間メッシュ数を、周波数応答の場合は振動外力の周波数を入力します。

◇時間メッシュ数は、振動外力を与える時間の分割数です。後の入力画面で、その時間メッシュ毎に振動外力を入力します。なお、時間1メッシュの時間間隔は、解析計算時に入力します。

◇周波数は、振動外力の全節点で同一です。

⑧さらに、外力種類を入力します。

◇外力種類は、力の場合は0、加速度の場合は1を入力します。なお、1つの解析データでは力か加速度かいずれか1方式のみとなります。

⑨本画面の「設定」ボタンをクリックすると、次の各データの入力画面に移ります。

⑩各データ入力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。

FEM3VRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\3D振動応答解析\Data\SquareBar3A.dat

タイトル

行列次数: 720

解析種類

☒ 一般応答

☐ 周波数応答

方程式種類

☒ MK型

☐ MCK型

振動外力の節点数  振動外力の時間メッシュ数

外力種類(0:力、1:加速度)

図5-2 データ仕様入力画面（MK型／一般応答）

FEM3VRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\3D振動応答解析\Data\SquareBar3A.dat

タイトル

行列次数: 720

解析種類

☒ 一般応答

☐ 周波数応答

方程式種類

☐ MK型

☒ MCK型

減衰設定区分

☒ 比例減衰

☐ 個別設定

質量比例の減衰係数

剛性比例の減衰係数

ダンパー数

振動外力の節点数  振動外力の時間メッシュ数

外力種類(0:力、1:加速度)

図5-3 データ仕様入力画面（比例減衰のMCK型／一般応答）

FEM3VRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3A.dat

タイトル

行列次数: 720

解析種類

☒ 一般応答

☐ 周波数応答

方程式種類

☐ MK型

☒ MCK型

減衰設定区分

☐ 比例減衰

☒ 個別設定

ダンパー数

振動外力の節点数

振動外力の時間メッシュ数

外力種類(0:力、1:加速度)

図5-4 データ仕様入力画面（減衰個別設定のMCK型／一般応答）

FEM3VRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3A.dat

タイトル

行列次数: 720

解析種類

☐ 一般応答

☒ 周波数応答

方程式種類

☒ MK型

☐ MCK型

振動外力の節点数

振動外力の周波数

外力種類(0:力、1:加速度)

図5-5 データ仕様入力画面（MK型／周波数応答）

#### 5.4 密度データ一覧画面

図5-6に密度データ一覧画面を示します。本画面は「FEM3Dデータ」処理の質量マトリックス計算に使用した密度データを参考までに表示するもので、データ修正はできません。本画面で「次へ」ボタンをクリックすると、行列データ入力画面に移ります。

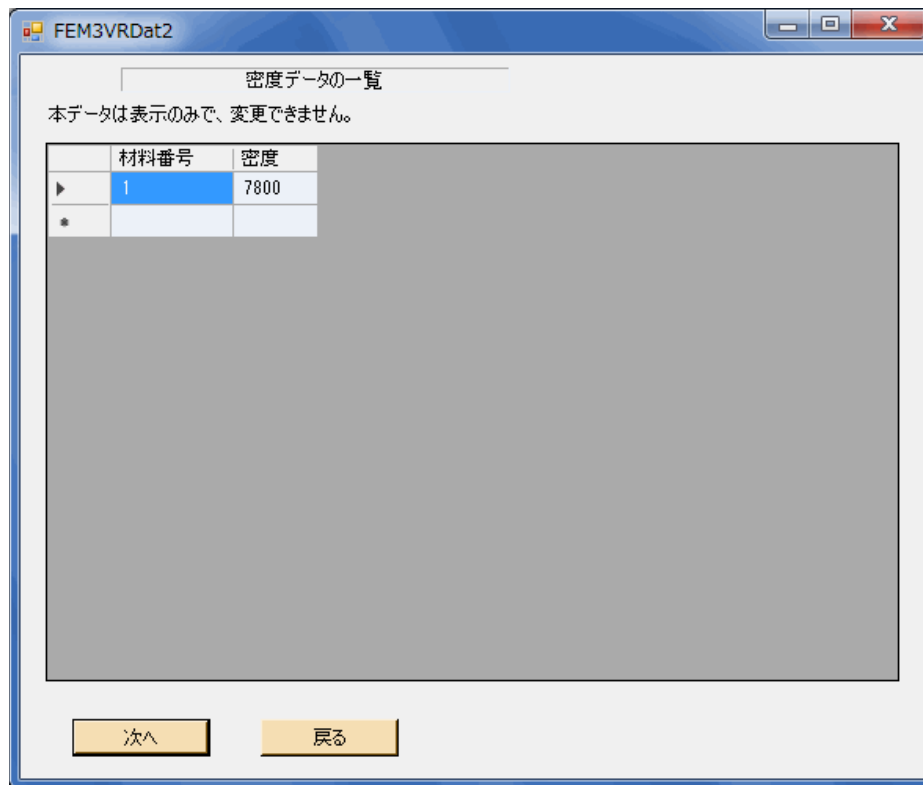


図5-6 密度データ一覧画面

## 5.5 行列データ入力画面

図5-7、図5-8に行列データ入力画面を示します。図5-7はM K型および比例減衰のM C K型の場合、図5-8は比例減衰でないM C K型の場合です。

①各行列の対角要素の値を入力します。

◇M行列は「FEM3データ」処理で算出された質量マトリックス（対角行列）なので、通常はそのまま構いません。もし節点に質量を追加したい場合には、該当の行の要素を変更します。

◇図5-8のC行列は、減衰個別設定のM C K型の場合に、各行の要素を入力します。ただし、ダンパー付加がある場合は、C行列に入力がなくても構いません。

なお、同画面で「C行列一括設定」ボタンをクリックして、同一値の減衰係数をまとめて入力することができます。

注）K行列は解析計算時に算出するため、本画面には表示していません。また、比例減衰のM C K型におけるC行列も同様です。

②「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。

③すべての行列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画面に移ります。





図5-7 行列データ入力画面（MK型、比例減衰のMCK型）



図5-8 行列データ入力画面（減衰個別設定のMCK型）

## 5.6 ダンパーデータ入力画面（MCK型）

本入力はダンパー付加がある場合（ダンパー数が1以上）にのみ実施します。図5-9にダンパーデータ入力画面を示します。

- ①ダンパー数の分だけNo. が表示されているので、それぞれ節点番号1、2以下のデータを入力します。  
 ◇節点番号1は、有限要素の節点番号を入力しなければなりません。  
 ◇節点番号2は、有限要素の節点番号を入力するか、または0として次項の外部点を使用します。
- ②節点番号2に外部点を使用する場合は、番号を0とし、外部点のX, Y, Z座標を入力します。
- ③そして、各ダンパーデータの最後に減衰係数を入力します。  
 ◇ダンパーの減衰係数は、解析計算時に上記のC行列に付加されます。
- ④すべてのダンパー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外力節点入力画面に移ります。



No.	節点番号1	節点番号2	X座標	Y座標	Z座標	減衰係数
1	330	43	0	0	0	40000
2	249	0	.15	.025	-.06	20000

図5-9 ダンパーデータ入力画面

## 5.7 外力節点データ入力画面

図5-10に外力節点データ入力画面を示します。

- ①外力節点数の分だけNo. が表示されているので、それぞれ節点番号、X, Y, Z方向荷重有無を入力します。  
 ◇X, Y, Z方向荷重有無は、各座標軸方向毎に有りの場合は1、なしの場合は0を入力します。
- ②すべての外力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振動外力データ入力画面に移ります。

振動外力節点データの入力

[有無] 0:なし、1:有り

No.	節点番号	X方向有無	Y方向有無	Z方向有無
1	245	0	0	1
2	261	1	1	0
*				

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図5-10 外力節点データ入力画面

#### 5.8 振動外力データ入力画面

一般応答の場合は、図5-11の振動外力データ入力画面になります。本画面では、各時間メッシュ毎にすべての振動外力データを入力します。

- ①時間メッシュ数の分だけNo.が表示されているので、それぞれ節点の振動外力の値を入力します。

◇時間メッシュNo.の0は、開始時点すなわち時間0を意味します。

◇各列の見出しは、変位名称を示しています。すなわち、その変位方向の外力という意味です。

- ②すべての振動外力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5-2～5-4のデータ仕様入力画面に戻ります。

#### 5.9 振動外力（周波数）データ入力画面

周波数応答の場合は、図5-12の振動外力（周波数）データ入力画面になります。

- ①それぞれの節点変位方向について、振幅Aと位相Bを入力します。

◇位相Bの単位は°です。

- ②すべての振動外力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5-5のデータ仕様入力画面に戻ります。



図5-11 振動外力データ入力画面（一般応答の場合）



図5-12 振動外力（周波数）データ入力画面

## 5.10 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だる場合に、同ファイルを選定すると上書きとなります。

図5-13に一般応答の場合の入力データファイル例を示します。同図は比例減衰でないMCK型のデータですが、MK型の場合の行列データはC行列がないだけで他は同じです。

◇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5-13で○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①構造解析のファイル名を示しています。
- ②構造データの節点数は261です。
- ③方程式種類は、MCK型の相当番号1となっています。
- ④MCK型では減衰設定区分が表示され、本例では個別設定の相当番号1となっています。
- ⑤MCK型の場合は、ダンパー数が表示されます。本ケースでは0となっています。
- ⑥解析の種類は、一般応答の相当番号0となっています。
- ⑦境界拘束の除去は、なしの相当番号0となっています。
- ⑧材料の密度を示しています。
- ⑨変位が0固定されていないものについて、行列の変数番号、構造の節点番号および変位方向を示しています。変位方向は、1がX方向、2がY方向、3がZ方向です。
- ⑩質量マトリックスは各行の対角要素だけを示しています。
- ⑪減衰マトリックスは各行の対角要素だけを示しています。

◇比例減衰のMCK型の場合は、対角要素以外もありますが、解析計算時に算出するため、ファイルには出力されません。

- ⑫以下に振動外力の全データを示しています。

- ⑬振動外力の節点数を示しています。

- ⑭振動外力の荷重個数を示しています。

◇荷重個数は、X, Y, Z方向荷重の総個数を意味します。

- ⑮振動外力の時間メッシュ数を示します。

- ⑯振動外力の種類を示しています。本例では、力指定の0となっています。

- ⑰振動外力の節点数No. 毎に、節点番号とX, Y, Z方向荷重有無を示しています。

- ⑱時間メッシュNo. 毎に、各変位方向外力を示しています。

◇本例では時間メッシュ数が40であるので、No. は0～40となっています。No. 0は開始時間を意味します。

◇この振動外力データを表計算等で作成したい場合は、作成後にエディター等で一括差し替えることにより可能です。その際、事前に⑫、⑭、⑯等の指定を正しく入力画面で設定してデータファイルを作成しておくことが肝要です。

また、図5-14に減衰個別設定のMCK型の一般応答の場合で、ダンパー有りの入力データファイル例を示します。上記データとの相違点のみ、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ダンパー数は2になっています。
- ②2つのダンパーのデータを示しています。

プログラム名, FEM3VibRes	①
[FEM3D構造ファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3A. dat	
正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m) 減衰個別設定のMCK型	
節点数, 261	②
方程式種類(0:MK型、1:MCK型), 1	③
減衰設定区分(0:比例減衰、1:個別設定), 1	④
ダンパー数, 0	⑤
解析の種類(0:一般応答、1:周波数応答), 0	⑥
境界拘束の解除(0:なし、1:有り), 0	⑦
行列の次数, 720	
材料データ数, 1	
<材料の密度>材料番号、密度	⑧
1, 7800	
<行列の変数番号対応>変数番号、節点番号、変位方向	⑨
1, 22, 1	
2, 22, 2	
3, 22, 3	
4, 23, 1	
5, 23, 2	
6, 23, 3	
7, 24, 1	
8, 24, 2	
9, 24, 3	
10, 25, 1	
.....	
.....	
716, 260, 2	
717, 260, 3	
718, 261, 1	
719, 261, 2	
720, 261, 3	
<M行列(質量マトリックス)>行番号、各要素	⑩
1, .003396776	
2, .003396776	
3, .003396776	
4, .006793553	
5, .006793553	
6, .006793553	
7, .003396774	
8, .003396774	
9, .003396774	
10, .006793555	
.....	
.....	
716, .003396776	
717, .003396776	
718, .001486089	
719, .001486089	
720, .001486089	

図5-13 (1/2) 入力データファイル例 (減衰個別設定のMCK型／一般応答)

< C 行列 (減衰マトリックス) > 行番号、各要素					⑪
1,	100000				
2,	100000				
3,	100000				
4,	100000				
5,	100000				
6,	100000				
7,	100000				
8,	100000				
9,	100000				
10,	100000				
...	...				
...	...				
715,	100000				
716,	100000				
717,	100000				
718,	100000				
719,	100000				
720,	100000				
-----					
< 振動外力データ >					⑫
振動外力の節点数, 2					⑬
振動外力の荷重個数, 3					⑭
振動外力の時間メッシュ数, 40					⑮
振動外力の種類 (0:力、1:加速度), 0					⑯
No.、節点番号、X方向有無、Y方向有無、Z方向有無					⑰
1,	245,	0,	0,	1	
2,	261,	1,	1,	0	
時間No.、w245、u261、v261					⑱
0,	1,	1,	-1		
1,	40,	60,	-25		
2,	80,	120,	-50		
3,	120,	180,	-75		
4,	160,	240,	-100		
5,	120,	300,	-125		
6,	80,	360,	-100		
7,	40,	420,	-75		
8,	0,	480,	-50		
9,	-40,	420,	-25		
10,	-80,	360,	0		
...	...	...	...		
...	...	...	...		
35,	120,	300,	125		
36,	160,	360,	100		
37,	120,	300,	75		
38,	80,	240,	50		
39,	40,	180,	25		
40,	0,	120,	0		

図5-13 (2/2)      入力データファイル例 (減衰個別設定のMCK型／一般応答)

```

プログラム名,FEM3VibRes
[FEM3D構造ファイル],C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SpecialModel.dat
特殊構造モデル（ダンパー２個）
節点数, 561
方程式種類(0:MK型、1:MCK型), 1
減衰設定区分(0:比例減衰、1:個別設定), 1
ダンパー数, 2
解析の種類（0:一般応答、1:周波数応答）, 0
境界拘束の解除（0:なし、1:有り）, 0
行列の次数, 1620
材料データ数, 1
<ダンパーデータ>No.、節点番号1、節点番号2、外部点X、Y、Z、減衰係数
1, 330, 43, 0, 0, 0, 40000
2, 249, 0, 15, .025, -.06, 20000
<材料の密度>材料番号、密度
1, 7800
<行列の変数番号対応>変数番号、節点番号、変位方向
1, 22, 1
2, 22, 2
3, 22, 3
4, 23, 1
. . . . .
. . . . .
1618, 561, 1
1619, 561, 2
1620, 561, 3
<M行列（質量マトリックス）>行番号、各要素
1, .002830646
2, .002830646
3, .002830646
. . . . .
. . . . .
<C行列（減衰マトリックス）>行番号、各要素
1, 0
2, 0
. . . . .
. . . . .
-----
<振動外力データ>
振動外力の節点数, 1
振動外力の荷重個数, 1
振動外力の時間メッシュ数, 20
振動外力の種類（0:力、1:加速度）, 0
No.、節点番号、X方向有無、Y方向有無、Z方向有無
1, 334, 0, 0, 1
時間No.、w334
0, 500
1, 1000
2, 1500
3, 2000
. . . . .
. . . . .
19, 1000
20, 500

```

図5-14 入力データファイル例（減衰個別設定のMCK型、ダンパー有り／一般応答）



次に、図5-15に周波数応答の場合の入力データファイル例を示します。同図はMK型のデータです。上述の一般応答の場合との相違点のみ、図の○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①解析の種類は、周波数応答の相当番号1になっています。
- ②振動外力の周波数を示します。
- ③各変位方向について、振幅と位相差を示しています。

```

プログラム名, FEM3VibRes
[FEM3D構造ファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3A. dat
正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m) 周波数応答
節点数, 261
方程式種類(0:MK型、1:MCK型), 0
解析の種類 (0:一般応答、1:周波数応答), 1
境界拘束の解除 (0:なし、1:有り), 0
行列の次数, 720
材料データ数, 1
<材料の密度> 材料番号、密度
1, 7800
<行列の変数番号対応> 変数番号、節点番号、変位方向
1, 22, 1
2, 22, 2
3, 22, 3
4, 23, 1
5, 23, 2
6, 23, 3
7, 24, 1
8, 24, 2
9, 24, 3
10, 25, 1
. . . . .
. . . . .
715, 260, 1
716, 260, 2
717, 260, 3
718, 261, 1
719, 261, 2
720, 261, 3
<M行列(質量マトリックス)> 行番号、各要素
1, .003396776
2, .003396776
3, .003396776
4, .006793553
5, .006793553
6, .006793553
7, .003396774
8, .003396774
9, .003396774
10, .006793555
. . . . .
. . . . .

```

図5-15 (1/2) 入力データファイル例 (MK型／周波数応答)

716,	.003396776	
717,	.003396776	
718,	.001486089	
719,	.001486089	
720,	.001486089	
-----		
<振動外力データ>		
振動外力の節点数, 2		
振動外力の荷重個数, 3		
振動外力の周波数, 10		
振動外力の種類 (0:力、1:加速度), 0		
No.、節点番号、X方向有無、Y方向有無、Z方向有無		
1,	245,	0, 0, 1
2,	261,	1, 1, 0
変位方向、振幅、位相差		
w245,	160,	0
u261,	500,	0
v261,	125,	-30

②

③

図5-15 (2/2) 入力データファイル例 (MK型/周波数応答)

## 5.11 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。

## 第6章 「計算」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「計算」のサブメニュー画面を図6-1に示します。サブメニューは「振動応答計算の実行」と「振動応答計算（バッチ処理）」の2つがあります。

「振動応答計算の実行」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、「振動応答計算（バッチ処理）」は6.7節で説明します。

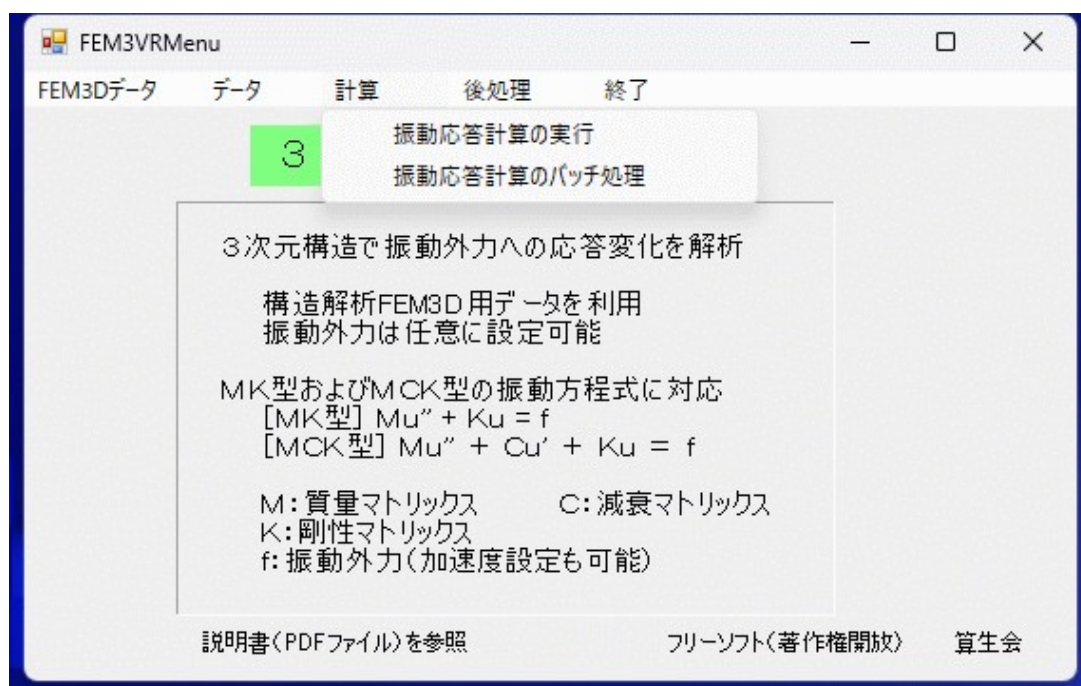


図6-1 「計算」サブメニュー画面

### 6.2 「計算」ファイル設定

図6-2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します。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、次の計算条件入力画面に移ります。

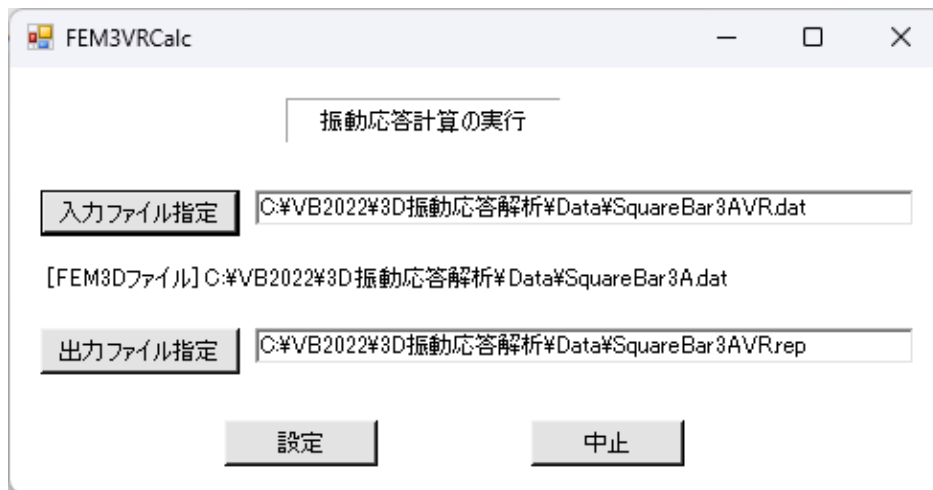


図6-2 「計算」ファイル設定画面

### 6.3 計算条件入力画面（一般応答の場合）

図6-3に一般応答の計算条件入力画面を示します。

①まず、計算打ち切り時間を入力します。

◇計算打ち切り時間は、振動応答を計算する時間のことで、振動外力負荷の時間に関係なく、任意の時間を設定できます。

②次に、計算時間間隔を入力します。

◇計算時間間隔が大きすぎると、解析計算で振動が生じて大きな誤差が出るがあるので注意してください。適切な時間間隔がわからない場合は、短めの計算打ち切り時間で、時間間隔を振って試計算を行なって確認してください。

③次に、振動外力時間間隔の倍率を入力します。この倍率は、計算時間間隔に対する倍率で、1以上の整数でなければなりません。

◇振動外力時間間隔が決まっている場合は、同時間間隔と計算時間間隔の倍率を使用します。もし、この倍率が整数にならない場合は、計算時間間隔を調整します。

④次に、出力時間間隔の倍率を入力します。この倍率は、計算時間間隔に対する倍率で、1以上の整数でなければなりません。

◇倍率を1にすれば、すべての計算時間間隔の計算結果が出力されます。従って、計算結果ファイルの容量を小さくしたり、計算時間を短縮したい場合に、この出力時間間隔の倍率を何倍かに設定して対応できます。また、試計算等の際に、一部の計算時間間隔のデータさえ検討すればよい場合にも対応できます。

⑤さらに、静荷重の有無を選択します。

◇「有り」を選択すると、構造データファイルの荷重による静的な変形を振動応答に加算した解析計算を行ないます。ただし、構造データで境界拘束がない場合には、解が不定になるため、「有り」を選択できません。

⑥ソルバー選択で、「反復法（前処理なし）」、「反復法（前処理有り）」、「スカイライン法」のいずれかを選択します。

◇解析種別および構造モデルの規模に応じてソルバーを選択します。その目安を

表6-1に示します。

- ◇「反復法」は大規模マトリックス対応の高速ソルバーです。その「前処理なし」は使用メモリー容量が最も少なくて済みます。「前処理有り」は使用メモリー容量が増え、前処理時間もかかりますが、収束の繰り返し計算回数が減少します。

注)「反復法」は繰り返し計算で収束させる解法のため、FEM行列がよい場合に収束しないことがあります。

- ◇「スカイライン法」は確実に解を求めることができます。使用メモリー容量は、反復法がスカイライン法よりずっと少なくです。なお、スカイライン法でも、バンドマトリックス法よりも使用メモリー容量が少なくて済みます。

表6-1 ソルバー種類選択の目安

ソルバーの種類		構造の規模		固定境界条件		
		大	中以下	通常	周囲固定	境界拘束の解除
反復法	前処理なし	◎	○	○	×	×
	前処理有り	◎	○	○	×	×
スカイライン法		○	◎	○	○	○

注) ◎：推奨    ○：可    ×：不可（非収束）

反復法 1) 対称行列用のCG (Conjugate Gradient) 法で、前処理はIC (Incomplete Cholesky) 法。

2) 対角スケーリングは前処理有無のいずれの場合でも実施。

3) 前処理なしの場合は主配列が2～3個で、使用メモリー容量が最小。

4) 前処理有りの場合は主配列が3～4個で、繰り返し計算の収束性が向上。

⑦本画面で「設定」ボタンをクリックすると、直ちに計算が開始されます。

図6-3 計算条件入力画面（一般応答の場合）

#### 6.4 計算条件入力画面（周波数応答の場合）

図6-4に周波数応答の計算条件入力画面を示します。上記の一般応答と異なる部分について説明します。

①まず、最大繰返し数を入力します。

◇最大繰返し数は、1周期の計算繰返しの最大回数のことです。その回数までに定常の周期的変動状態に収束しない場合は、計算を打ち切ります。

◇収束しない場合に最大繰返し数を増やして計算し直すことができますが、収束するとは限りません。ただし、適切な減衰項（Cマトリックス）を付与すれば、通常は収束します。

②次に、1周期分割数を入力します。

◇デフォルトでは1周期分割数を72（5° 間隔）に設定しています。分割数を増やすと計算時間が増えますので、必要に応じて変更してください。

③次に、収束判定の誤差比率を入力します。この誤差比率は、前後1周期間の最大変位変化の最大変位に対する割合です。

◇デフォルトでは収束判定の誤差比率を0.001に設定しています。同誤差比率を小さくすると計算精度は上がりますが、収束しない恐れもあります。

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "FEM3VRCal2". Inside, the text "振動応答計算の条件を入力してください。" (Please input the conditions for vibration response calculation.) is at the top. Below this are three input fields: "最大繰返し数" (Maximum number of iterations) with the value "80", "1周期分割数" (Number of divisions per cycle) with the value "72", and "収束判定の誤差比率" (Convergence judgment error ratio) with the value ".001". To the right of these fields is a group box titled "静荷重の有無" (Presence of static load) containing two radio buttons: "なし" (None) which is selected, and "有り" (Present). Below these is another group box titled "ソルバー選択" (Solver selection) containing three radio buttons: "反復法(前処理なし)" (Iterative method (no pre-processing)), "反復法(前処理有り)" (Iterative method (with pre-processing)) which is selected, and "スカイライン法" (Skyline method). At the bottom of the dialog are two buttons: "設定" (Settings) and "戻る" (Back).

図6-4 計算条件入力画面（周波数応答の場合）

#### 6.5 計算終了

図6-5に計算終了画面、図6-6に計算確認ダイアログ画面を示します。図6-5では、かかった計算時間（本例では44s）と空きメモリー容量も表示されます。また、図6-6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。

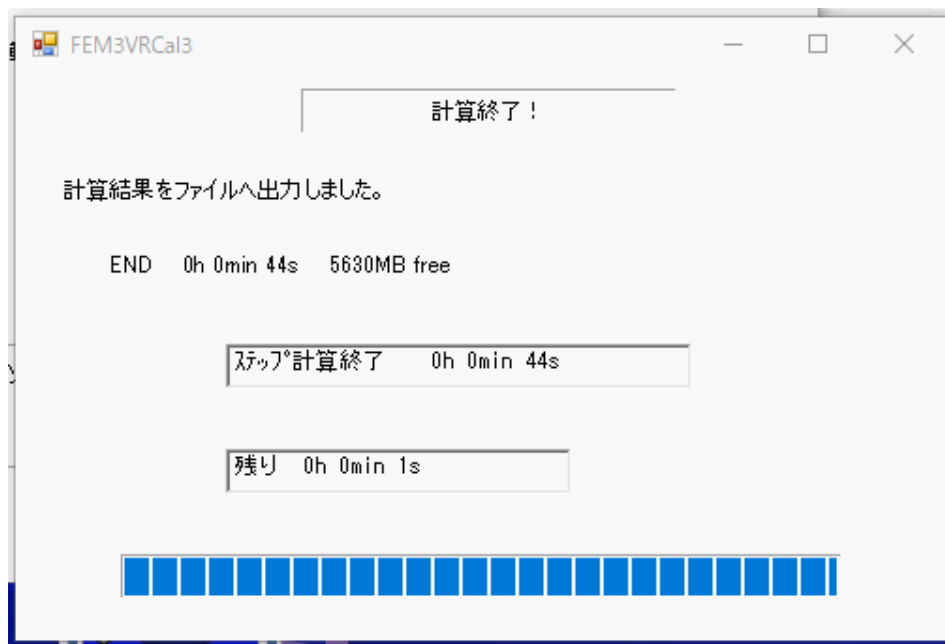


図6-5 計算終了画面

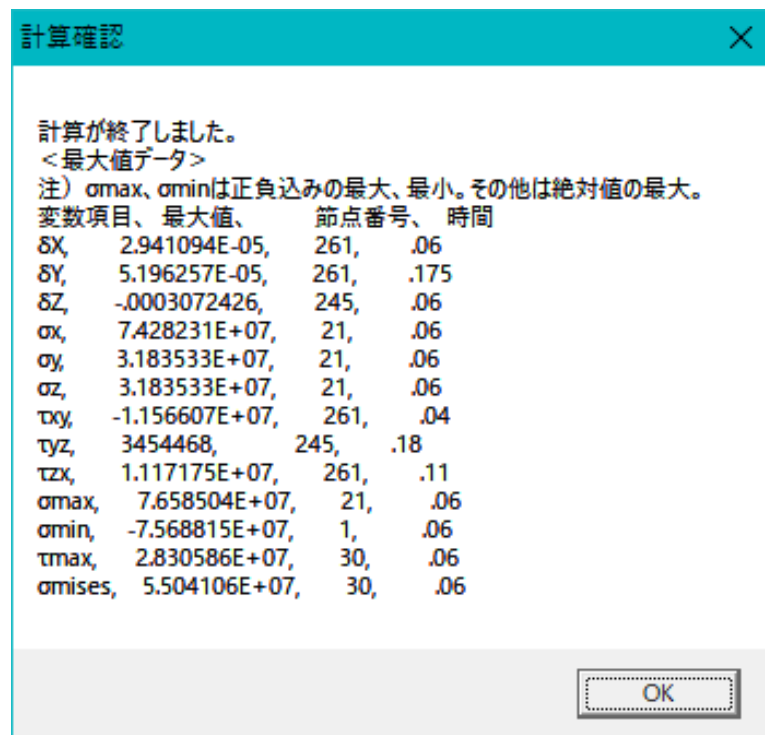


図6-6 計算確認ダイアログ画面

## 6.6 計算結果

上記6.2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6-7、6-8に例題の計算結果ファイルを示します。図6-7はM K型の一般応答の場合、図6-8はM K型の周波数応答の場合です。

図6-7で○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①解析計算用の入力データファイルを示しています。
- ②解析種類は一般応答です。

- ③静荷重有りになっています。
- ④パラメーター条件を次行以下に示しています。
- ⑤計算結果の（ ）内にソルバー種類（反復法の前処理有無を含む）が出力されています。
- ⑥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（3個）が、それぞれ720、123、38178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（反復法では1次元配列）。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。本例は反復法で前処理有りの場合のため、このインデックス数を持つ配列は3つです。もし反復法で前処理なしの場合は、このインデックス数を持つ配列が2つ使用されます。
- ⑦各行列要素の最大値を出力しています。
- ◇比例減衰のMCK型で比例減衰係数を検討する際は、先ずMK型で解析計算を行ない、M、K行列要素の最大値を参考にしてください。
- ⑧計算結果は、出力時間間隔毎に出力しています。本行では、時間メッシュ番号と時間を示しています。
- ◇ここでは、開始時のため、時間メッシュ番号、時間とも0となっています。
- ⑨振動外力データを出力しています。
- ⑩すべての振動外力節点について、時間、節点番号、X、Y、Z方向外力を出力しています。
- ◇X、Y、Z方向外力は、数値のある方向だけが負荷として与えられています。ただし、負荷の値0が与えられている場合もあります。
- ◇振動外力が加速度で与えられている場合は、「X、Y、Z方向加速度」と表示されます。
- ⑪変位データを出力しています。
- ⑫すべての節点について、時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ を出力しています。
- ◇時間0でも変位があるのは、静荷重が作用しているからです。
- ⑬応力データを出力しています。
- ⑭すべての節点について、時間、節点番号、各応力を出力しています。
- ◇ $\sigma$ 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。
- ⑮次の出力時間間隔で、時間メッシュ番号と時間を出力しています。以降は、上記と同様です。
- ⑯全出力時間間隔の結果データの後、最大値データを出力しています。
- ⑰すべての変数について、変数項目、最大値、節点番号、時間を出力しています。
- ◇ $F_{vx}$ 、 $F_{vy}$ 、 $F_{vz}$ は、X、Y、Z方向の振動外力を表わします。なお、振動外力が力ではなく、加速度の場合にも同じ記号を使用しています。
- ⑱計算時間（本例では44s）と空きメモリー容量も出力されます。



<<MK型3D振動応答解析の結果>>

正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m)

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR.dat

解析種類: 一般応答

静荷重有り

<パラメーター条件>

計算打ち切り時間, 1

計算時間間隔, .005

振動外力時間間隔の倍率, 1

出力時間間隔の倍率, 1

\*\*\* 計算結果 (反復法、前処理有り) \*\*\*

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 (3個)

720, 123, 38178

M行列要素の最大値, .01358712

K行列要素の最大値, 2.225643E+10

<時間メッシュ番号、時間>, 0, 0

<振動外力データ>

時間、節点番号、X方向外力、Y方向外力、Z方向外力

0, 245, 0, 0, 1

0, 261, 1, -1, 0

<変位データ>

時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$

0, 1, 0, 0, 0

0, 2, 0, 0, 0

0, 3, 0, 0, 0

0, 4, 0, 0, 0

0, 5, 0, 0, 0

.....

.....

0, 255, 3.015906E-08, -3.052698E-09, -.0002454064

0, 256, 2.026947E-05, 3.694044E-09, -.0002454247

0, 257, -2.020233E-05, 6.058017E-09, -.0002454119

0, 258, -1.00861E-05, -2.214635E-09, -.0002454148

0, 259, 3.709252E-08, -9.816982E-09, -.000245416

0, 260, 1.01576E-05, 2.834965E-09, -.0002453885

0, 261, 2.026653E-05, 2.691926E-09, -.0002453744

<応力データ>

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

0, 1, -5.898858E+07, -2.528086E+07, -2.528086E+07, 7877087, 1.363577,

-2019529, -2.391761E+07, -6.084778E+07, 1.846509E+07, 3.653206E+07

0, 2, -2.897887E+07, -1.241952E+07, -1.241952E+07, 3942677, -.9501376,

709629.3, -1.17459E+07, -2.989708E+07, 9075590, 1.79543E+07

0, 3, 185.909, 80.19337, 80.92394, -90.55923, 2.958273, 2651636,

2651769, -2651502, 2651636, 4592768

.....

.....

0, 260, 384070.2, 442548, 830697.3, -9264.331, -372690, 303133.9,

1150636, 106989.1, 521823.3, 932415.8

0, 261, -37212.36, 156829.5, 246983.1, 98541.86, -915913.6,

447184.7, 1176515, -890743.4, 1033629, 1791374

図6-7 (1/2)

結果ファイルへの出力例 (一般応答の場合)

<時間メッシュ番号、時間>, 1, .005

⑮

<振動外力データ>

時間、節点番号、X方向外力、Y方向外力、Z方向外力

.005, 245, 0, 0, 40

.005, 261, 60, -25, 0

<変位データ>

時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$

.....

.....

-----  
<時間メッシュ番号、時間>, 2, .01

<振動外力データ>

時間、節点番号、X方向外力、Y方向外力、Z方向外力

.01, 245, 0, 0, 80

.01, 261, 120, -50, 0

<変位データ>

時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$

.....

.....

-----  
<最大値データ>

⑯

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、 時間

⑰

Fvx, 480, 261, .04

Fvy, -125, 261, .025

Fvz, 160, 245, .02

$\delta X$ , 2.941433E-05, 261, .06

$\delta Y$ , 5.191449E-05, 261, .175

$\delta Z$ , -.0003073043, 245, .06

$\sigma x$ , 7.429006E+07, 21, .06

$\sigma y$ , 3.183865E+07, 21, .06

$\sigma z$ , 3.183865E+07, 21, .06

$\tau xy$ , -1.156611E+07, 261, .04

$\tau yz$ , 3454822, 245, .18

$\tau zx$ , 1.117214E+07, 261, .11

$\sigma_{\max}$ , 7.659325E+07, 21, .06

$\sigma_{\min}$ , -7.569634E+07, 1, .06

$\tau_{\max}$ , 2.830888E+07, 30, .06

$\sigma_{\text{mises}}$ , 5.504686E+07, 30, .06

END 0h 0min 44s 5630MB free

⑱

図6-7 (2/2) 結果ファイルへの出力例 (一般応答の場合)

図6-8の周波数応答の場合については、上記の一般応答と異なる点を主体に、○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①解析計算用の入力データファイルを示しています。
- ②解析種類は周波数応答です。
- ③静荷重なしになっています。
- ④パラメーター条件を次行以下に示しています。
- ⑤計算結果の（ ）内にソルバー種類（反復法の前処理有無を含む）が出力されています。
- ⑥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（3個）が出力されています。
- ⑦収束繰返し回数が10回であったことを示しています。
- ⑧収束時の旧変位、新変位、差を示しています。
- ⑨計算結果は、周期内メッシュ番号毎に出力しています。本行では、メッシュ番号、角度、周期内時間を示しています。
  - ◇ここでは、開始時のため、上記3変数とも0になっています。
- ⑩すべての振動外力節点について、角度、節点番号、各方向外力を出力しています。
  - ◇X, Y, Z方向外力は、数値のある方向だけが負荷として与えられています。ただし、負荷の値0が与えられている場合もあります。
  - ◇振動外力が加速度で与えられている場合は、「X, Y, Z方向加速度」と表示されます。
- ⑪変位データを出力しています。
- ⑫すべての節点について、角度、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ を出力しています。
- ⑬応力データを出力しています。
- ⑭すべての節点について、角度、節点番号、各応力を出力しています。
  - ◇ $\sigma$ 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。
- ⑮次の周期内メッシュ番号において、メッシュ番号、角度、周期内時間を出力しています。以降は、上記と同様です。
- ⑯最終の繰返し数は11回で、次行に変位の誤差を示しています。
- ⑰全周期内メッシュ番号の結果データの後、最大値データを出力しています。
- ⑱すべての変数について、変数項目、最大値、節点番号、周期内角度を出力しています。
  - ◇ $F_{vx}$ 、 $F_{vy}$ 、 $F_{vz}$ は、X, Y, Z方向の振動外力を表わします。なお、振動外力が力ではなく、加速度の場合にも同じ記号を使用しています。
- ⑲計算時間（本例では2min29s）と空きメモリー容量も出力されます。

<<MK型3D振動応答解析の結果>>										①
正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m) 周波数応答										②
[入力データファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR_ff.dat										③
解析種類: 周波数応答										④
静荷重なし										
<パラメーター条件>										
最大繰返し数, 80										
1周期分割数, 72										
収束判定誤差比率, .001										
-----										
*** 計算結果 (反復法、前処理有り) ***										⑤
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 (3個)										⑥
720, 123, 38178										
M行列要素の最大値, .01358712										
K行列要素の最大値, 2.225643E+10										
-----										
収束繰返し回数, 10										⑦
旧変位、新変位、差, 5.990392E-05, 5.992322E-05, 1.929584E-08										⑧
-----										
<周期内メッシュ番号、角度、周期内時間>, 0, 0, 0										⑨
<振動外力データ>										⑩
角度、節点番号、X方向外力、Y方向外力、Z方向外力										
0, 245, 0, 0, 0										
0, 261, 0, -62.50001, 0										
<変位データ>										⑪
角度、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$										⑫
0, 1, 0, 0, 0										
0, 2, 0, 0, 0										
0, 3, 0, 0, 0										
0, 4, 0, 0, 0										
0, 5, 0, 0, 0										
. . . . .										
. . . . .										
0, 255, -1.166325E-06, -2.521237E-05, 4.096572E-08										
0, 256, -1.187478E-06, -2.558927E-05, 2.503802E-08										
0, 257, -2.306285E-06, -2.496291E-05, -8.024838E-08										
0, 258, -2.314033E-06, -2.508173E-05, -8.647883E-08										
0, 259, -2.328885E-06, -2.521189E-05, -9.932133E-08										
0, 260, -2.387059E-06, -2.541359E-05, -1.406814E-07										
0, 261, -2.423502E-06, -2.568886E-05, -1.870128E-07										
<応力データ>										⑬
角度、節点番号、 $\sigma X$ 、 $\sigma Y$ 、 $\sigma Z$ 、 $\tau XY$ 、 $\tau YZ$ 、 $\tau ZX$ 、 $\sigma_{max}$ 、 $\sigma_{min}$ 、 $\tau_{max}$ 、 $\sigma_{mises}$										⑭
0, 1, 5007307, 2145992, 2145993, -72892.41, -.155576, 731795.1, 5185256,										
2004078, 1590589, 3132033										
0, 2, 4786602, 2051401, 2051401, -277526.1, .0201943, 394813.3, 4869250,										
1997954, 1435648, 2860073										
0, 3, 4619437, 1979762, 1979762, -416747.1, .02880267, 60684.83, 4684995,										
1939403, 1372796, 2738606										
. . . . .										
. . . . .										

図6-8 (1/2) 結果ファイルへの出力例 (周波数応答の場合)

0,	260,	-756857.9,	406973.2,	-1480222,	-133254.6,	-652952.1,	-
676749.6,	615614.8,	-2048677,	1332146,	2329359			
0,	261,	-141960,	3659741,	-619619.7,	-747738.7,	-1033834,	-
750169.7,	3976199,	-1484508,	2730353,	4803025			
0,	260,	-726478.3,	298654,	-1356029,	-69663.48,	-442062,	-678507,
419800.2,	-1867591,	1143696,	2018548				
0,	261,	-374075.6,	2643844,	-685944.9,	-530044.9,	-697660.9,	-
730449.3,	2830828,	-1463660,	2147244,	3748333			
-----							
<周期内メッシュ番号、角度、周期内時間>, 1, 5, .001388889							⑮
<振動外力データ>							
角度、節点番号、X方向外力、Y方向外力、Z方向外力							
5,	245,	0,	0,	13.94492			
5,	261,	43.57787,	-52.82729,	0			
<変位データ>							
角度、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$							
.....							
.....							
-----							
繰返し回数, 11							⑯
旧変位、新変位、差, 5.992322E-05, 5.935913E-05, 5.640832E-07							
-----							
<最大値データ>							⑰
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、	周期内角度				
Fvx,	500,	261,	90				
Fvy,	125,	261,	120				
Fvz,	160,	245,	90				
$\delta X$ ,	-9.230605E-06,	257,	275				
$\delta Y$ ,	-5.935913E-05,	261,	290				
$\delta Z$ ,	3.773762E-05,	245,	90				
$\sigma x$ ,	-2.273104E+07,	261,	270				
$\sigma y$ ,	1.132853E+07,	256,	290				
$\sigma z$ ,	-8499018,	245,	270				
$\tau xy$ ,	-1.041209E+07,	261,	85				
$\tau yz$ ,	5733433,	261,	100				
$\tau zx$ ,	-1.2904E+07,	261,	270				
$\sigma_{\max}$ ,	2.984035E+07,	261,	85				
$\sigma_{\min}$ ,	-2.98846E+07,	261,	270				
$\tau_{\max}$ ,	2.34397E+07,	261,	270				
$\sigma_{\text{mises}}$ ,	4.099055E+07,	261,	270				
END	0h 2min 29s	5669MB free					⑱

図6-8 (2/2) 結果ファイルへの出力例 (周波数応答の場合)

## 6.7 バッチ処理

バッチ処理は1つのディレクトリー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ーを作成し、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の入力データファイルは別のディレクトリーでなければなりません。

◇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FEM3D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「振動応答計算のバッチ処理」をクリックすると、図6-9の画面に移ります。

- ①「入力ファイルのディレクトリー指定」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ー名が表示されます。

◇テキストボックスにディレクトリー名（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6-10の終了画面になります。

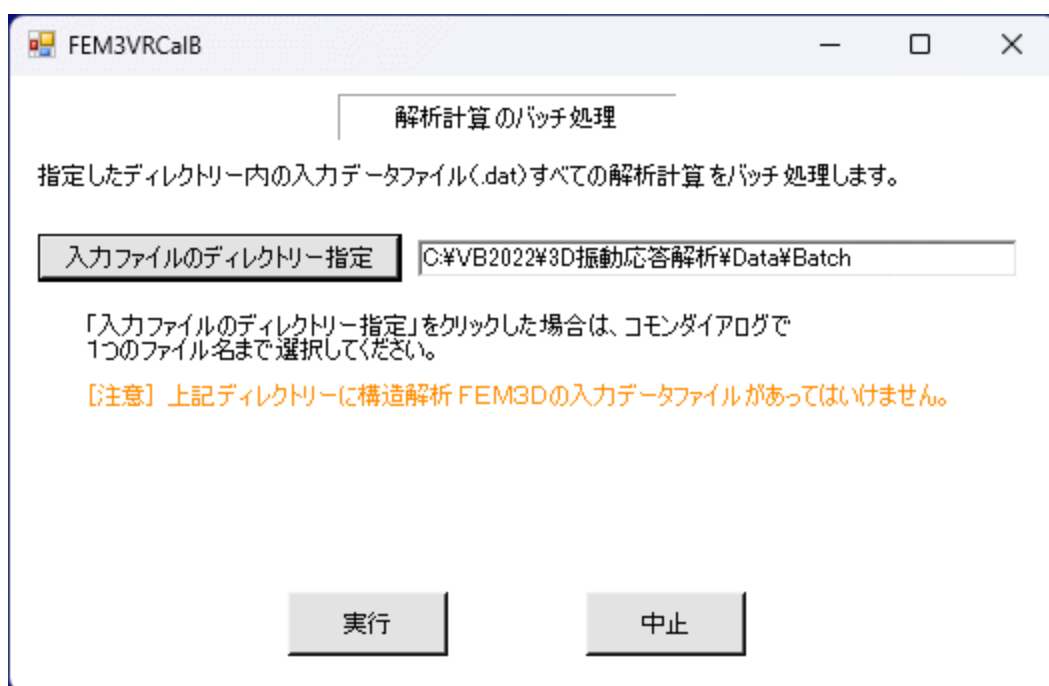


図6-9 バッチ処理の実行画面

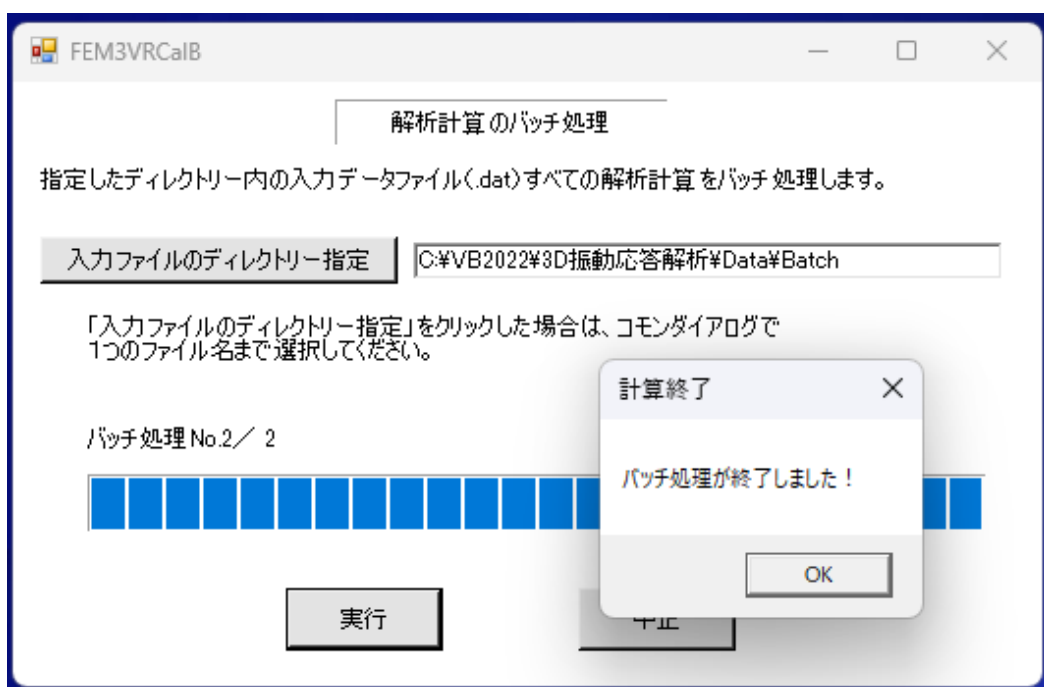


図6-10 バッチ処理の終了画面

## 第7章 「後処理」プログラム

### 7.1 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7-1に示します。同図のように、7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。

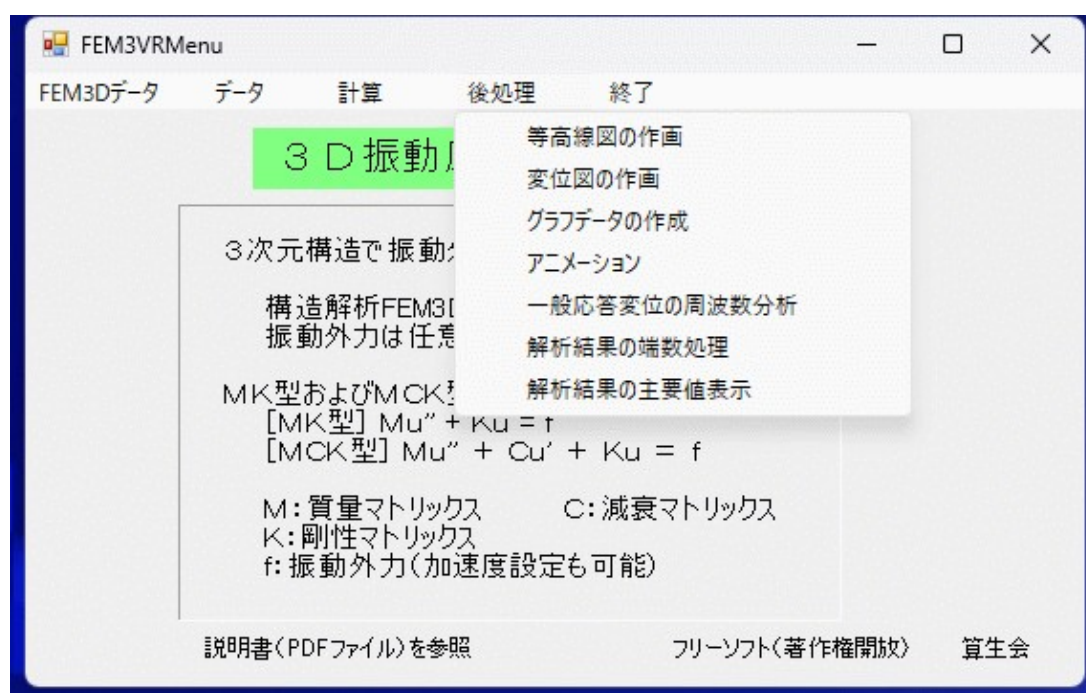


図7-1 「後処理」サブメニュー画面

### 7.2 使用ファイルの設定

図7-2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、各サブメニューにより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」コマンドをクリックすると、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します。

本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、次の画面に移ります。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。



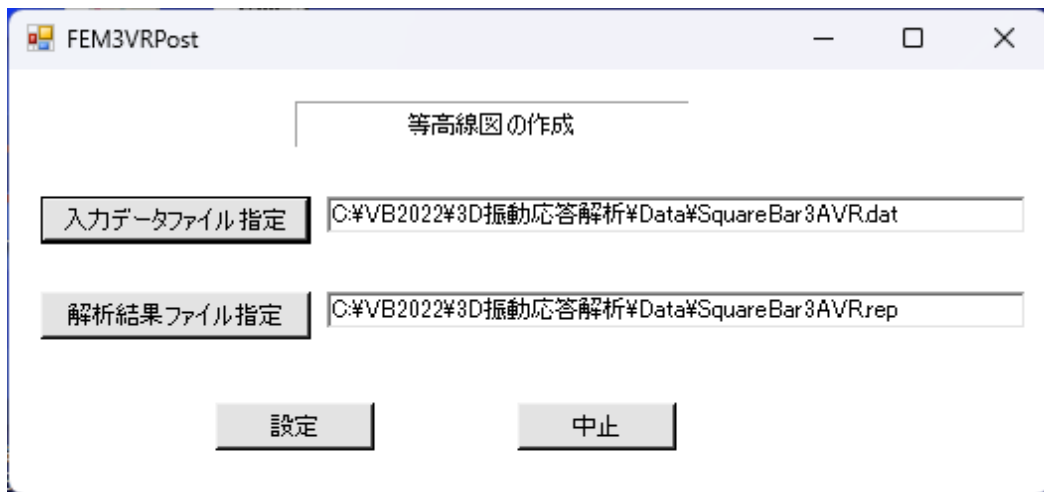


図7-2 使用ファイル設定画面

図7-3、7-4に等高線指定画面を示します。図7-3は一般応答の場合、図7-4は周波数応答の場合です。

- ①本画面で、一般応答の場合は時間メッシュ番号を、周波数応答の場合は周期内メッシュ番号を入力します。
  - ◇一般応答の場合、時間メッシュ番号を入力後、Returnキーを押すと、その右側に相当時間が表示されます。
  - ◇周波数応答の場合、周期内メッシュ番号を入力後、Returnキーを押すと、その右側に相当角度が表示されます。
- ②次に、作画したい変数項目を選択します。
- ③本画面で、「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7-5に最大値データの表示例を示します。
- ④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。

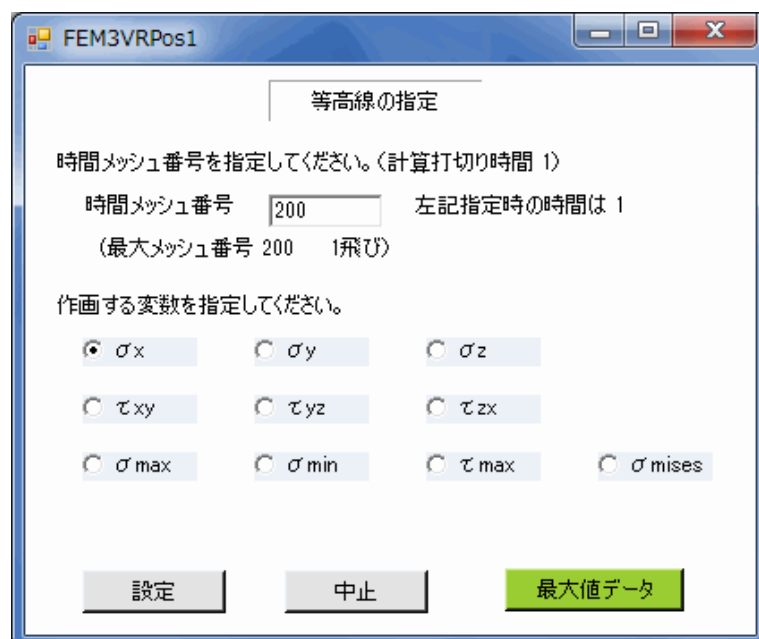


図7-3 等高線指定画面（一般応答の場合）

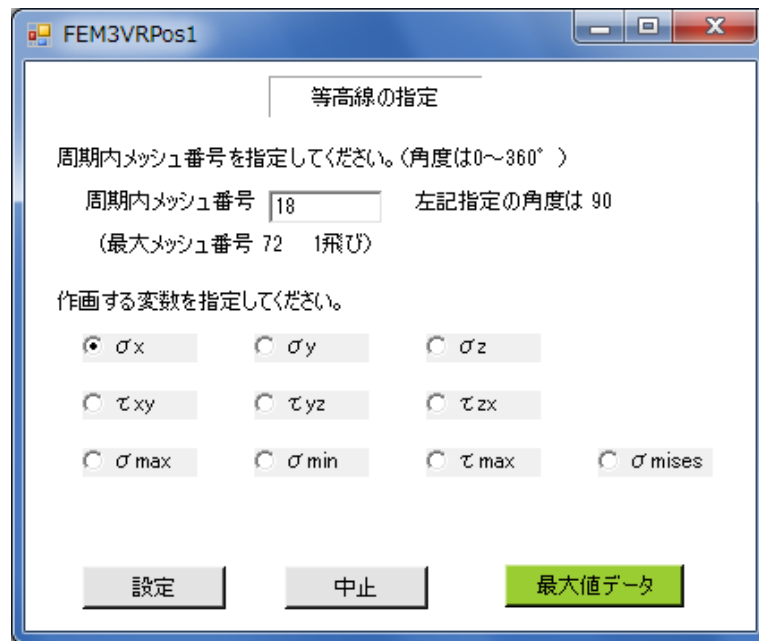


図7-4 等高線指定画面（周波数応答の場合）

変数項目	最大値	節点番号	時間
σx,	7.429006E+07,	21,	.06
σy,	3.183865E+07,	21,	.06
σz,	3.183865E+07,	21,	.06
τxy,	-1.156611E+07,	261,	.04
τyz,	3454824,	245,	.18
τzx,	1.117214E+07,	261,	.11
σmax,	7.659325E+07,	21,	.06
σmin,	-7.569637E+07,	1,	.06
τmax,	2.830888E+07,	30,	.06
σmises,	5.504686E+07,	30,	.06

図7-5 応力の最大値データの表示例（一般応答の場合）

#### 7.4 等高線図の仕様設定画面

図7-6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。

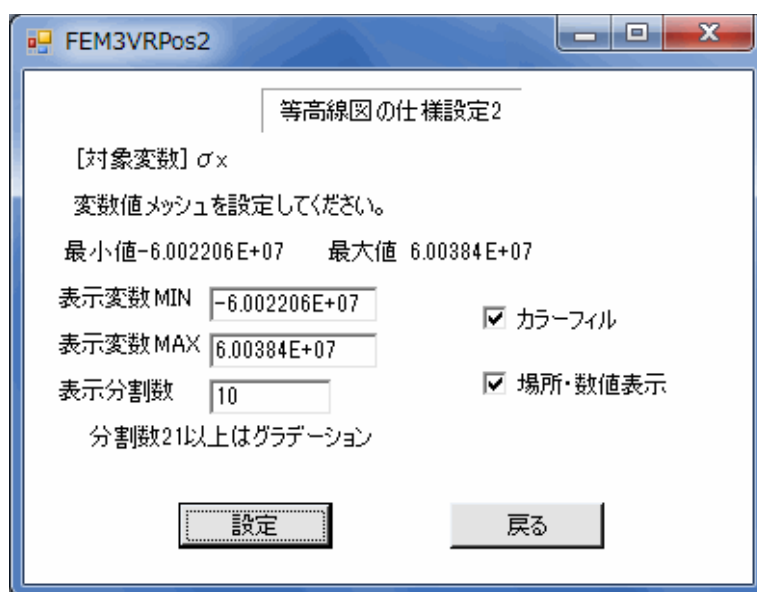


図7-6 等高線図の仕様設定画面

## 7.5 等高線図の作画画面

図7-7に一般応答の等高線図の作画画面を示します。

- 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。  
◇「共通辺の表示」を「有り」にした等高線図を図7-8に示します。同図では、要素どうし共有する辺が表示されています。
- ④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あり、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。
- ⑤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。
- ⑥「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。

- ⑦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。

- ⑧マウス右クリックで任意の節点を選択すると、図7-9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。

- ⑨「Shift+マウス」により構造を回転することができます。

◇等高線図の任意の場所で、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7-10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。

◇等高線図の「説明」ボタンをクリックすると、図7-10と同じ説明図が表示されます。

- ⑩「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。

- ⑪「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」ボタンでなく、「全要素描画ボタン」をクリックします。

- ⑫「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。

- ⑬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。

- ⑭マウスドラッグ矩形により、等高線図の一部を拡大できます。

◇マウスドラッグは、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7-11のようにマウスド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、図7-12のように選択領域が拡大されて表示されます。

◇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。

- ⑮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。また、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、「部分拡大モード」のマウสด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。

- 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、図7-13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。同図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、等高線図に戻ります。

- 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、「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。

また、図7-14にグラデーションの等高線図の画面例を示します。グラデーションの場合、画面右側のカラーゲージに4等分の5つの変数値が示されます。さらに、図7-15に周波数応答の等高線図の作画画面を示します。

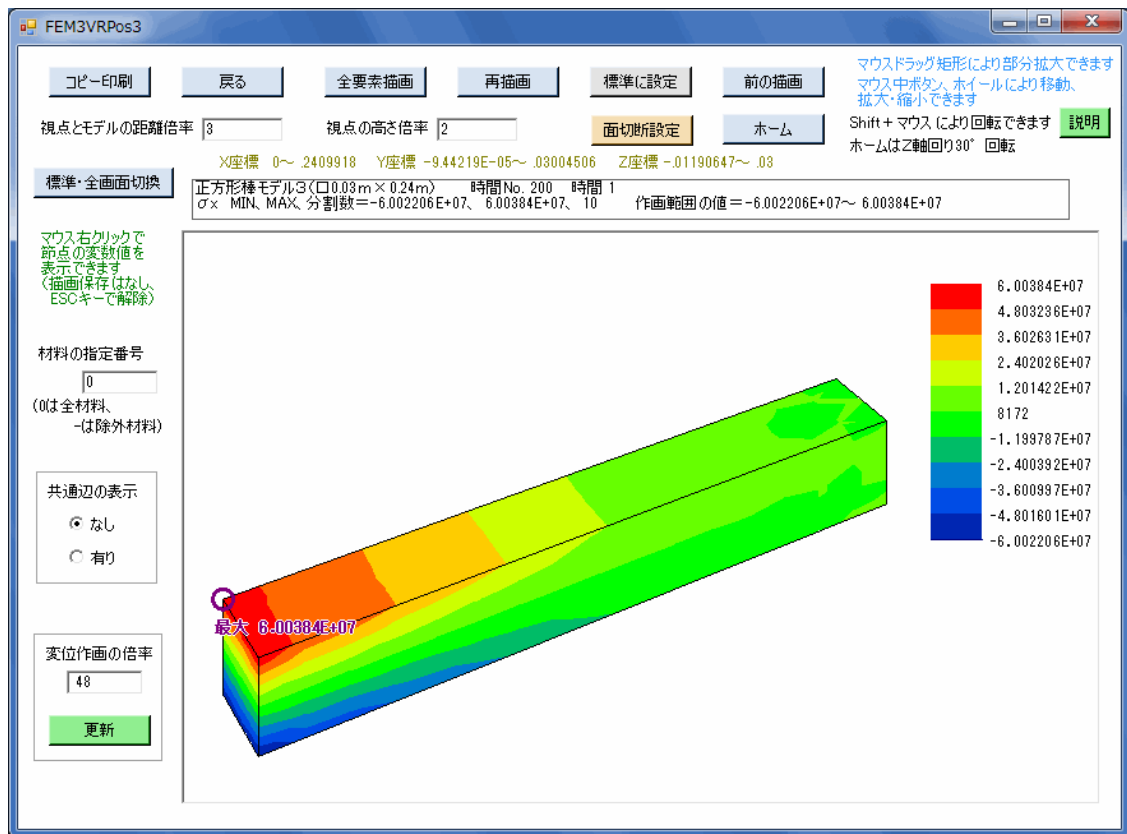


図7-7 等高線図の作画画面（一般応答の場合）

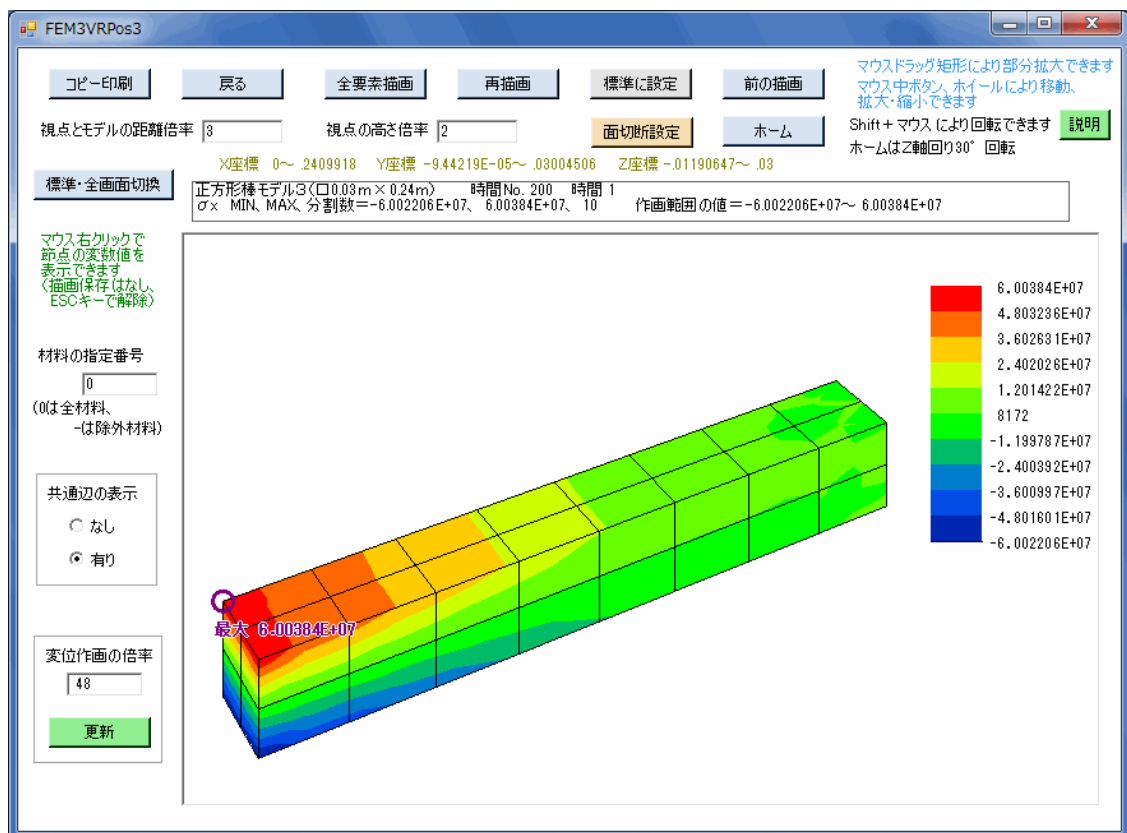


図7-8 等高線図の作画画面（共通辺の表示有り）

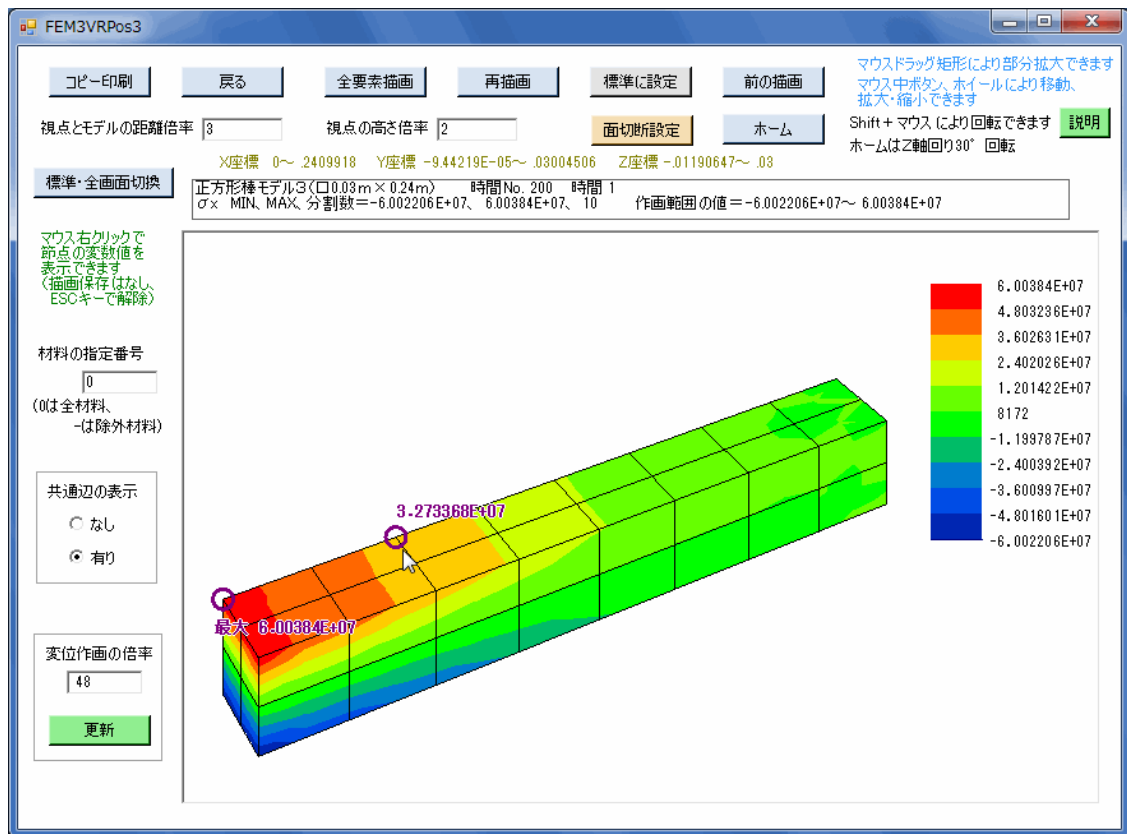


図7-9 等高線図の作画画面（マウス右クリックの節点の変数値表示）

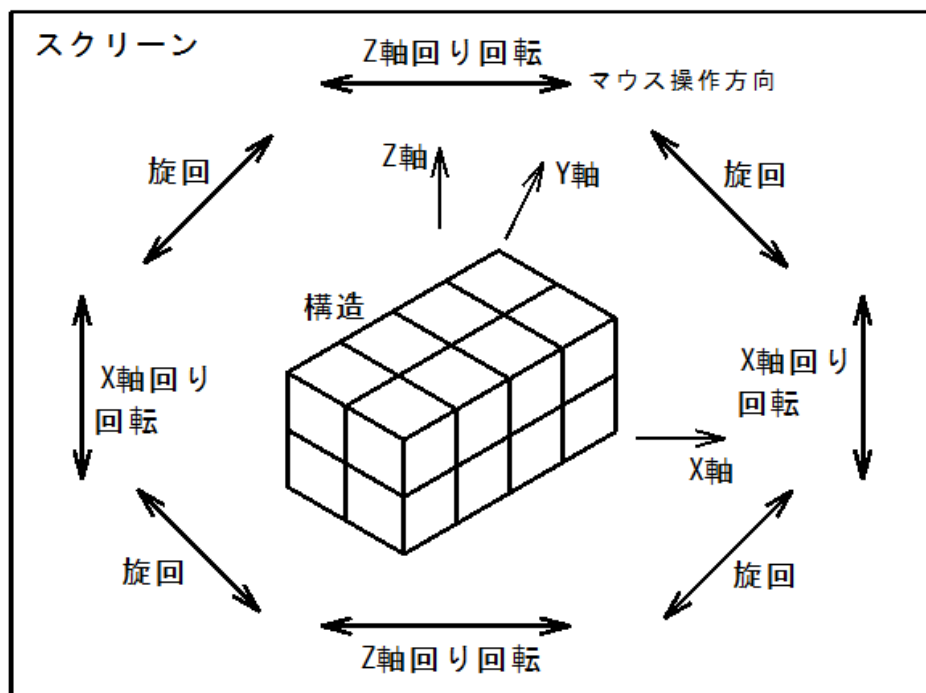
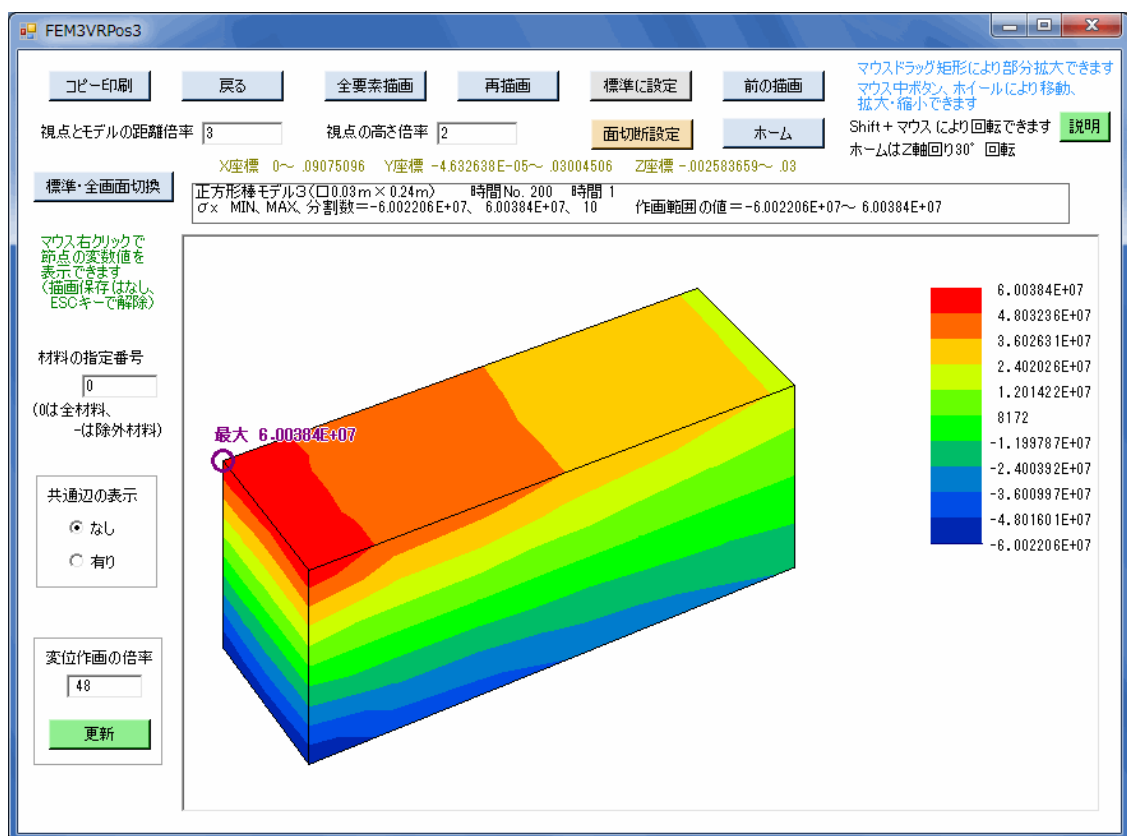
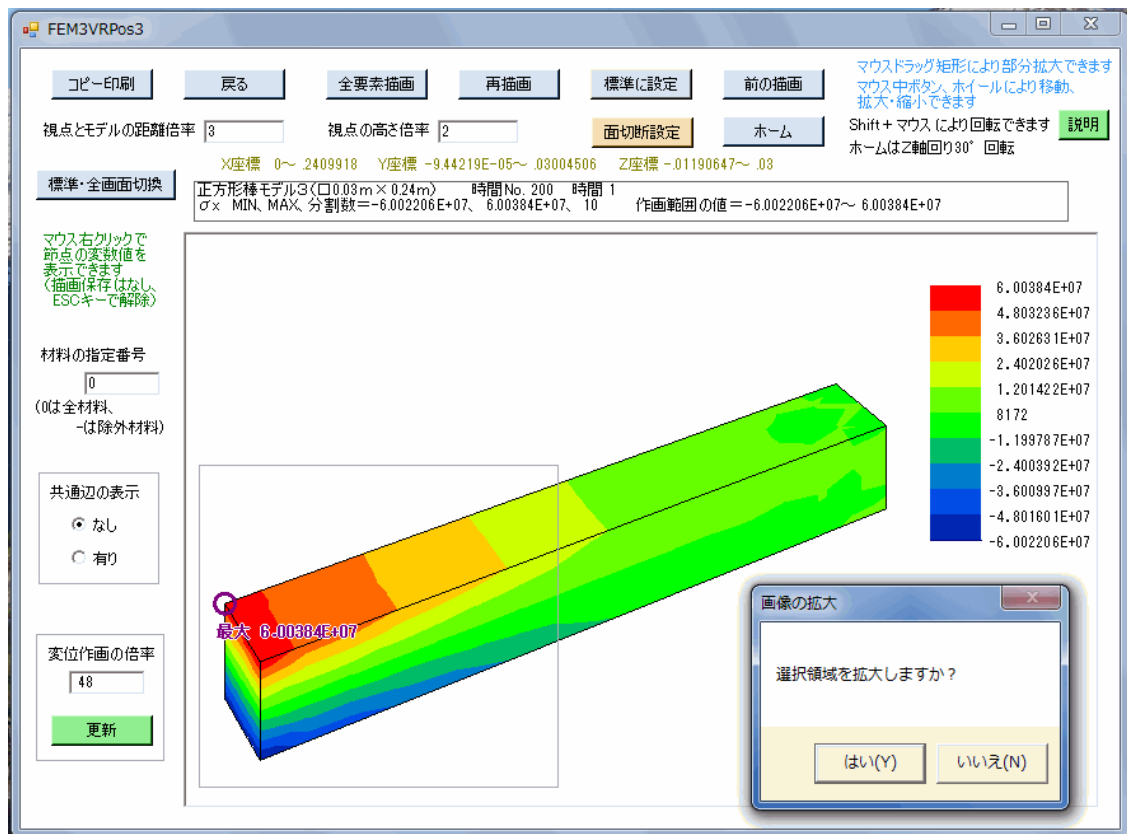


図7-10 マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）





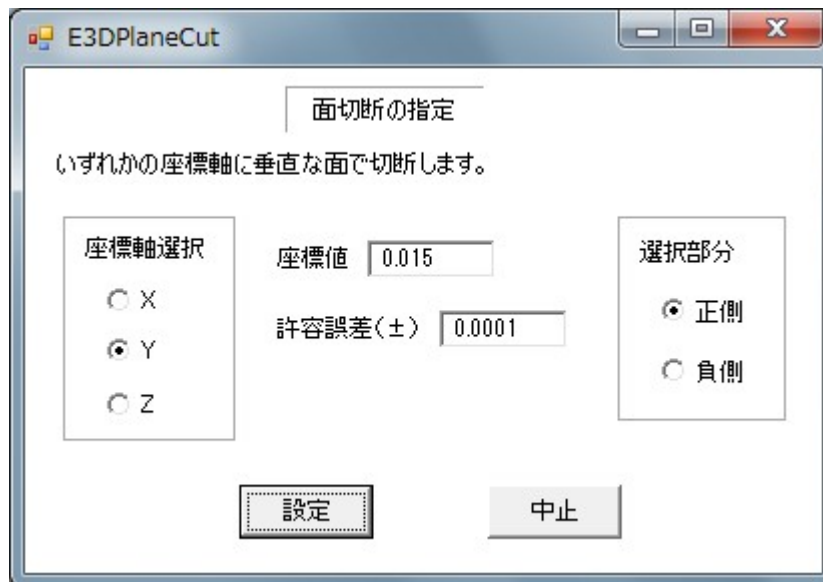


図7-13 面切断設定の画面

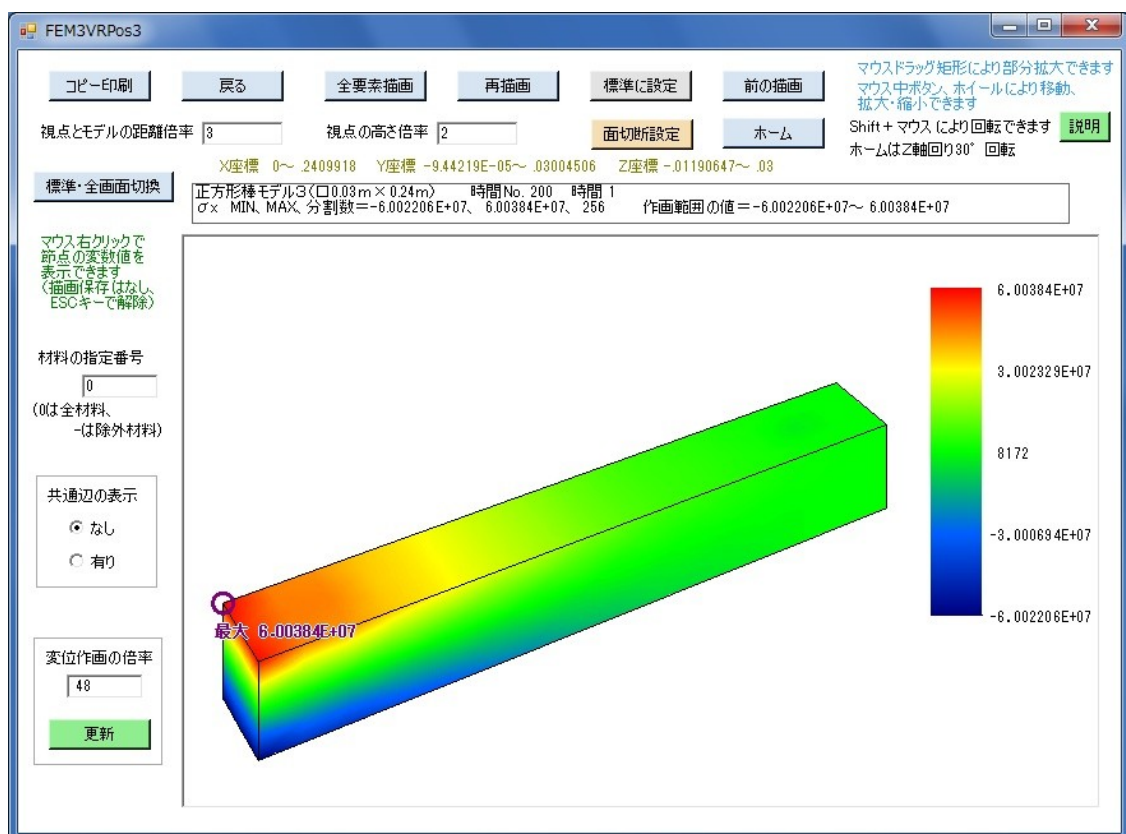


図7-14 等高線図の作画画面（グラデーション）

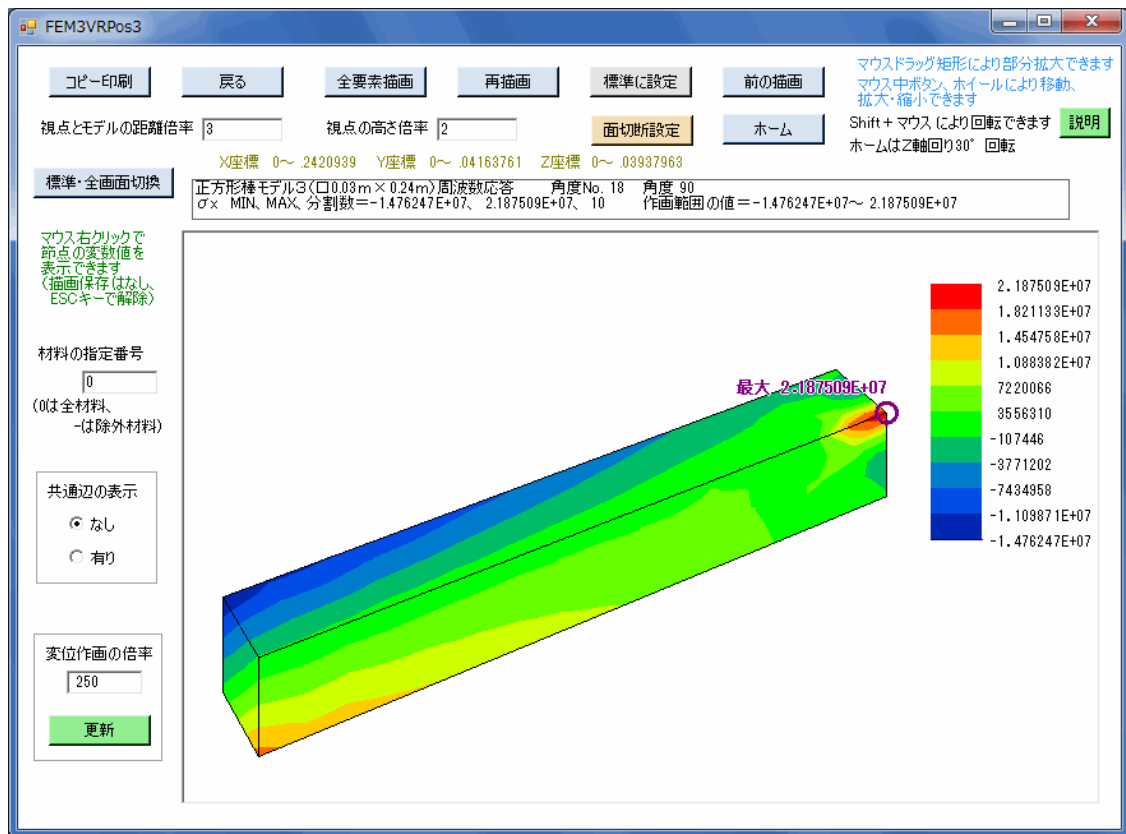


図7-15 等高線図の作画画面（周波数応答の場合）

## 7.6 変位図の仕様設定画面

図7-16、7-17に変位図の仕様設定画面を示します。図7-16は一般応答の場合、図7-17は周波数応答の場合です。

- ①本画面で、一般応答の場合は時間メッシュ番号を、周波数応答の場合は周期内メッシュ番号を入力します。
  - ◇一般応答の場合、時間メッシュ番号を入力後、Returnキーを押すと、その右側に相当時間が表示されます。
  - ◇周波数応答の場合、周期内メッシュ番号を入力後、Returnキーを押すと、その右側に相当角度が表示されます。
- ②本画面で、「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7-18に最大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、次の変位図作画画面に移ります。

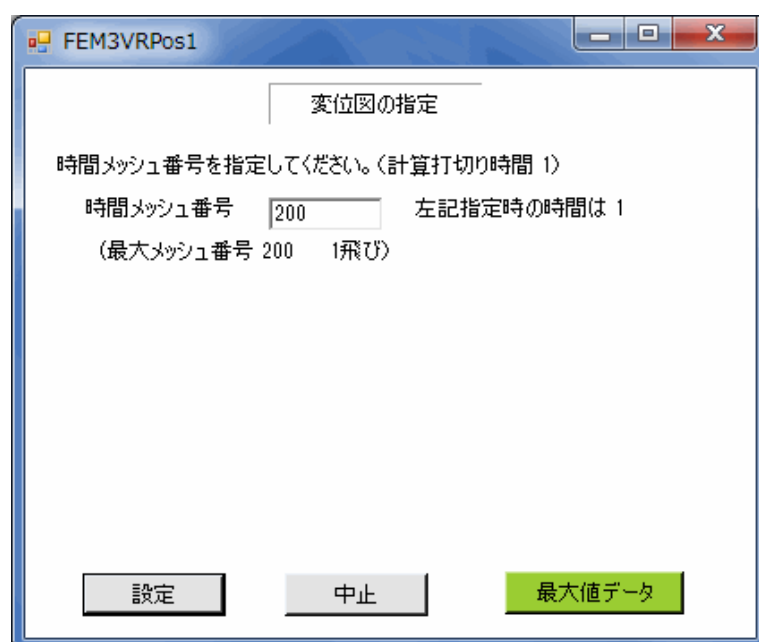


図7-16 変位図の仕様設定画面（一般応答の場合）

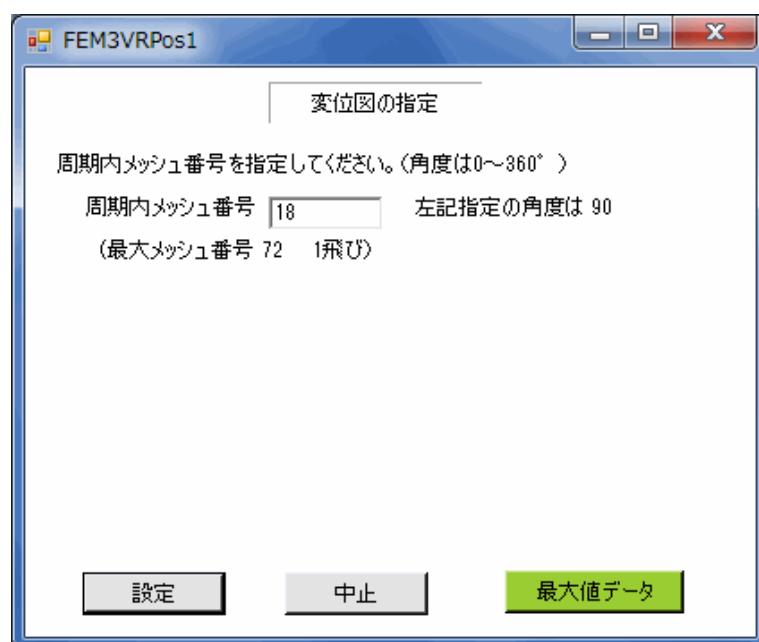


図7-17 変位図の仕様設定画面（周波数応答の場合）

最大値データ			
注) 絶対値の最大			
変数項目、	最大値、	節点番号、	時間
F vx,	480,	261,	.04
F vy,	-125,	261,	.025
F vz,	160,	245,	.02
δX,	2.941433E-05,	261,	.06
δY,	5.191449E-05,	261,	.175
δZ,	-.0003073043,	245,	.06

図7-18 変位の最大値データの表示例（一般応答の場合）

## 7.7 変位図の作画画面

図7-19に一般応答の場合の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」のパラメーターを表示してあり、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7-20のように構造図なしの変位図だけになります。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。

◇「隠面処理」の「有り」では、構造図の作画とは異なり、六面体要素間の共通辺の表示は残ります（変位を把握しやすくするため）。

◇「隠面処理」の「なし」の場合の変位図を図7-21に示します。

◇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สด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7-22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「Shift+マウス」により構造を回転することができます（等高線図と同様）。
- ⑧「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。
- ⑨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。
- ⑩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。操作方法は前述の等高線図と同じです。
- ⑪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。
- ⑫「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。操作方法は等高線図の作画と同じです。
- ⑬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。
- ⑭本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックします。

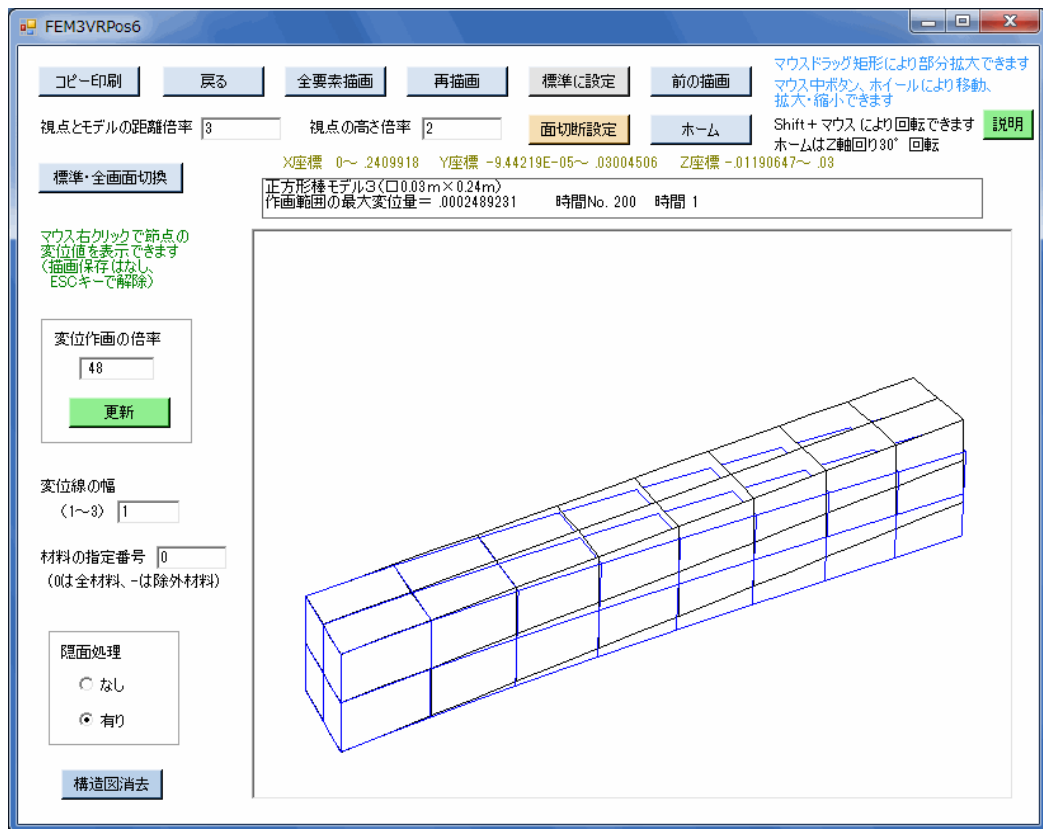


図7-19 変位図の作画画面（一般応答の場合、隠面処理有り）

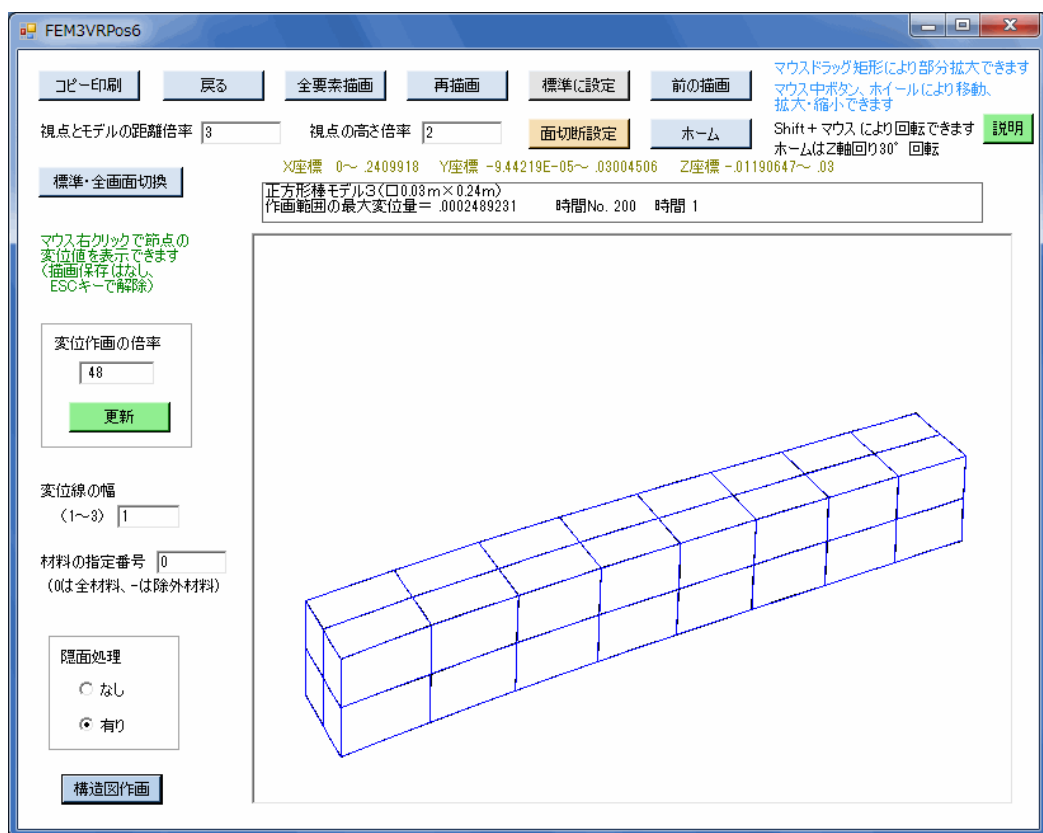


図7-20 変位図の作画画面（一般応答の場合、隠面処理有り、構造図消去）

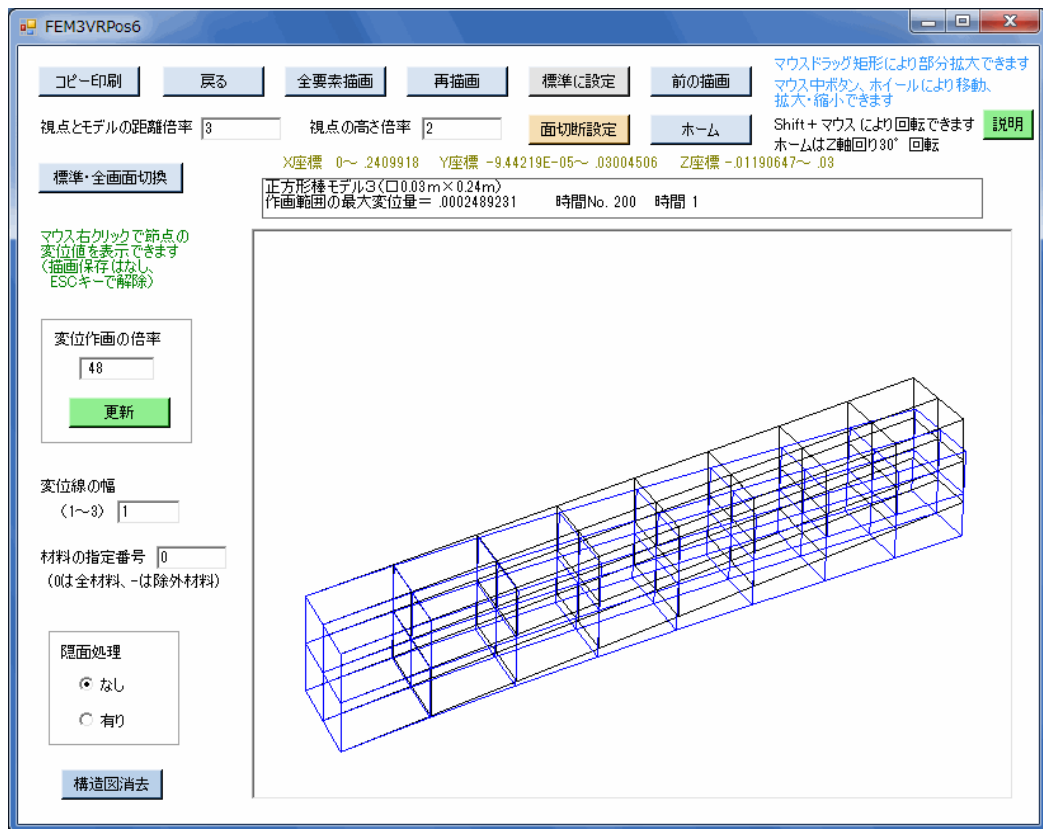


図7-21 変位図の作画画面（一般応答の場合、隠面処理なし）

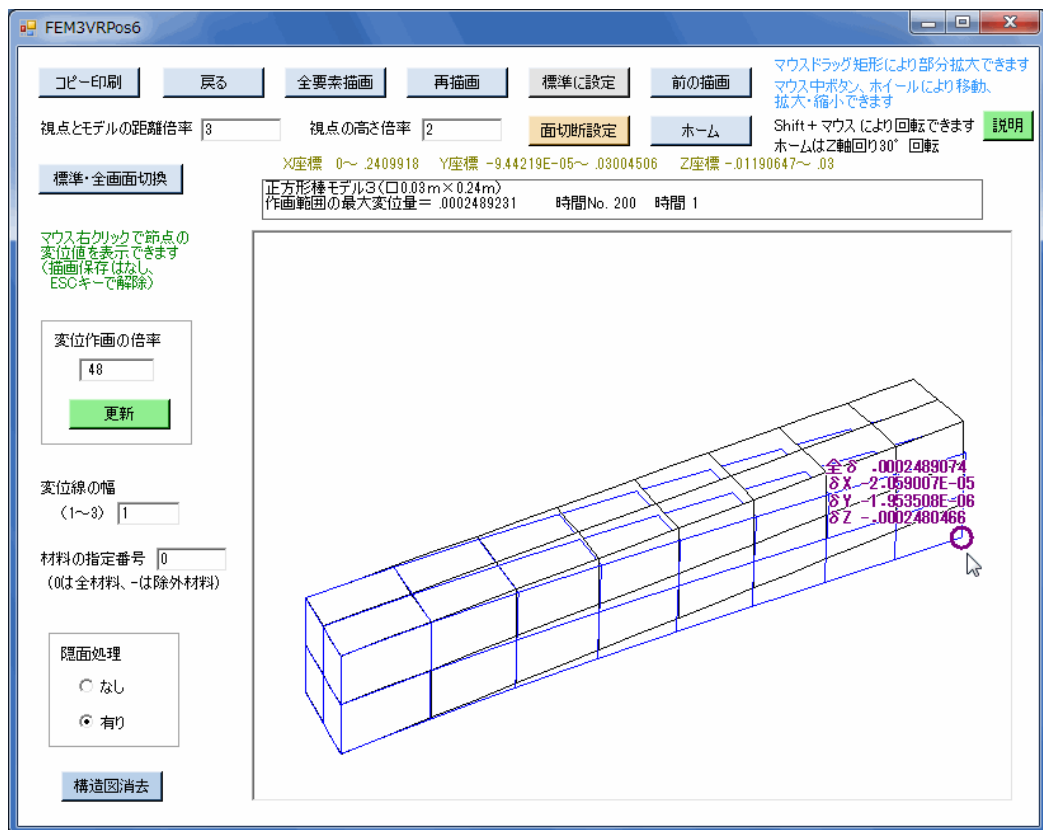


図7-22 変位図の作画画面（一般応答の場合、マウス右クリックの節点の変位値表示）

図7-23に周波数応答の場合の変位図の作画画面を示します。

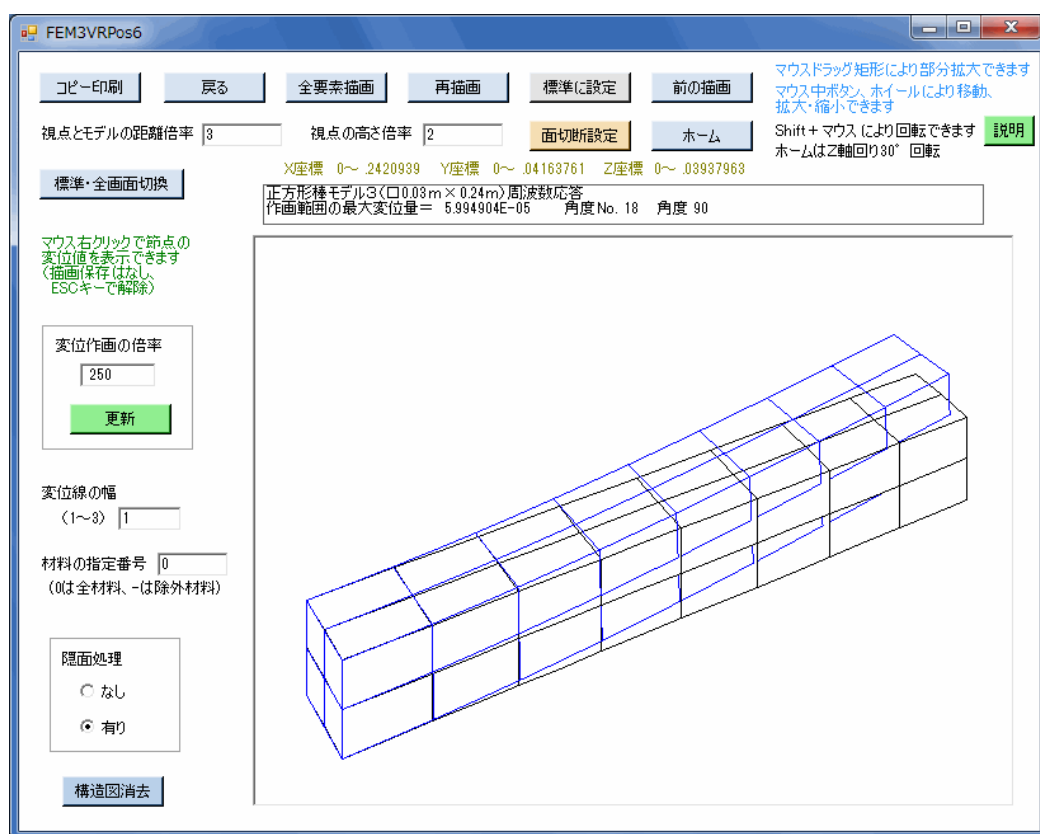


図7-23 変位図の作画画面（周波数応答の場合）

## 7.8 グラフデータの仕様設定画面（1 節点多変数）

グラフデータには、「1 節点多変数」と「多節点 1 変数」の 2 種類があります。先ず、「1 節点多変数」について説明します。図7-24にグラフデータの仕様設定画面を示します。

①グラフ種類として、「1 節点多変数」か「多節点 1 変数」かを選択します。

◇本画面では「1 節点多変数」を選択しており、後で「多節点 1 変数」を選択した場合について説明します。

②次に節点番号を入力します。

③さらに、出力ファイルを設定します。

◇本画面に移ったとき、デフォルトで、入力データファイルのベース名（拡張子を除いた部分）に「-Graph. txt」を付けた出力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します。

◇出力ファイルのデフォルトの拡張子は「. txt」です。

◇「出力ファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで出力ファイルを設定できます。

④本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、直ちにグラフデータ作成の計算が開始されます。そして、計算が終了すると、図7-25の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図7-26にグラフデータ例を示します。同図のように、1 つの節点について、



全変数の時系列データが出力されています。ただし、周波数応答の場合は、時間の代わりに角度となります。

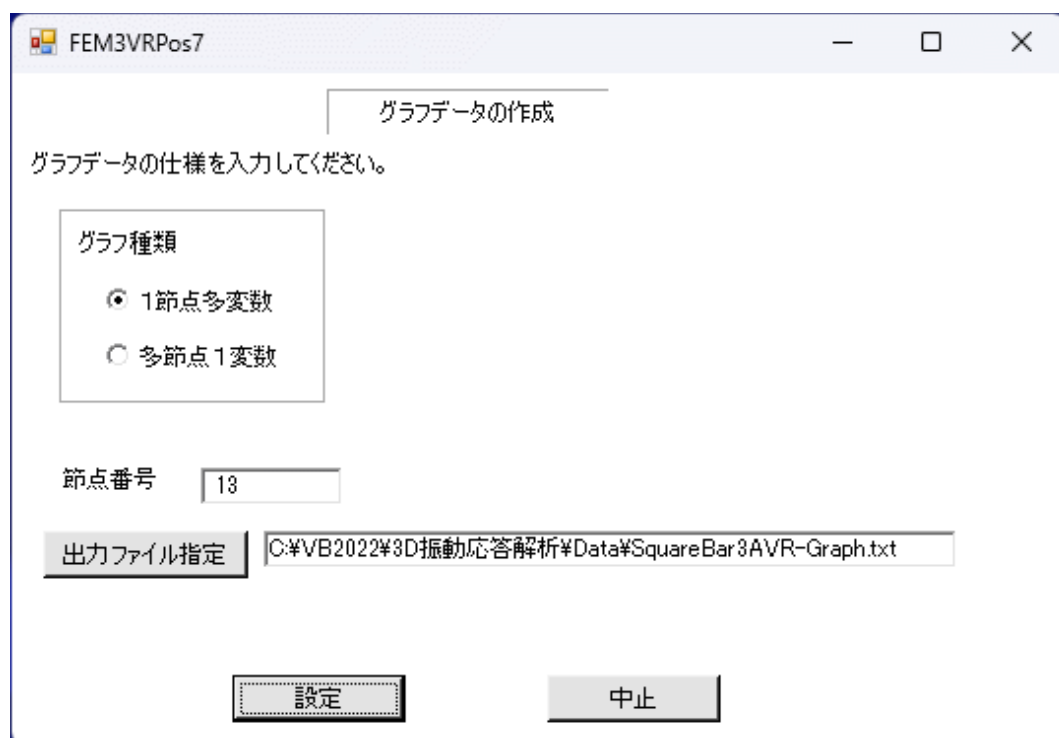


図7-24 グラフデータの仕様設定画面（1 節点多変数）

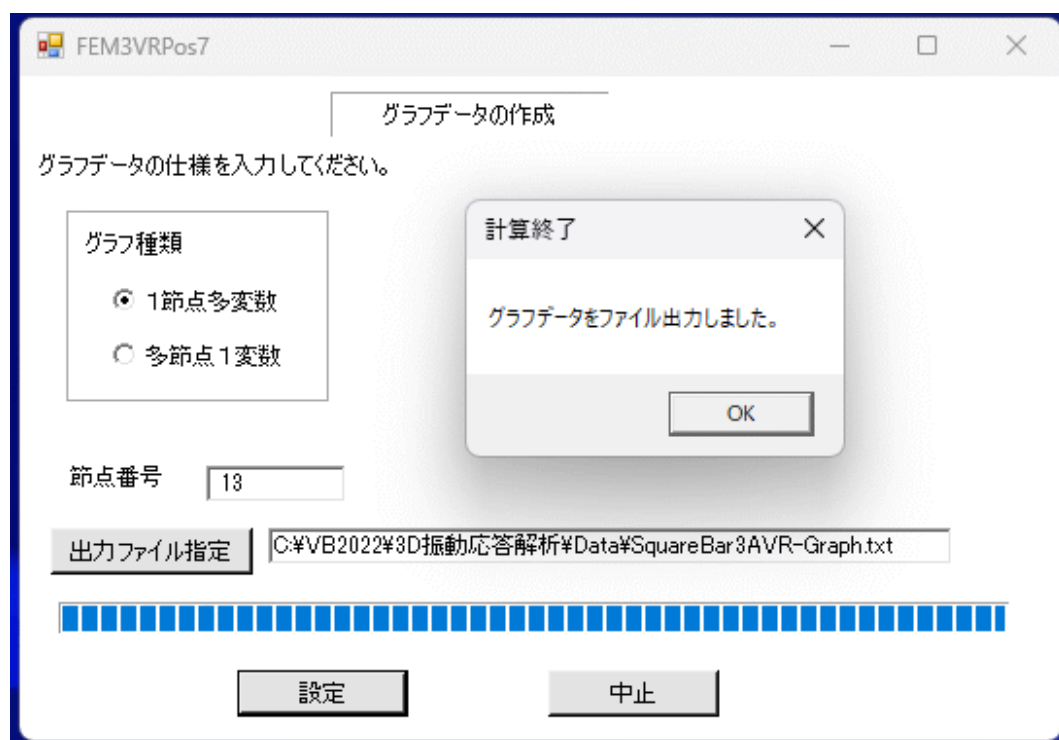


図7-25 グラフデータの計算終了画面（1 節点多変数）

```

<<3D振動応答解析結果のグラフデータ>>
正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m)
[入力データファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR.dat
[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR.rep
節点番号, 13
時間、δX、δY、δZ、σx、σy、σz、τxy、τyz、τzx、σmax、σmin、τmax、σmises
0, 0, 0, 0, 5.496494E+07, 2.355645E+07, 2.355644E+07, -1.171468,
1.464425, -5420499, 5.587409E+07, 2.298126E+07, 1.644642E+07,
3.278168E+07
.005, 0, 0, 0, 5.299658E+07, 2.271286E+07, 2.271286E+07, -
43274.45, 1.496974, -5248030, 5.388026E+07, 2.21528E+07, 1.586373E+07,
3.161858E+07
.01, 0, 0, 0, 5.085033E+07, 2.179304E+07, 2.179303E+07, -81157.52,
1.530511, -5058534, 5.170596E+07, 2.12497E+07, 1.522813E+07,
3.034983E+07
.015, 0, 0, 0, 4.90456E+07, 2.101958E+07, 2.101958E+07, -129349.6,
1.562165, -4901725, 4.987872E+07, 2.048972E+07, 1.46945E+07,
2.928462E+07
.02, 0, 0, 0, 4.676312E+07, 2.004137E+07, 2.004137E+07, -163217.4,
1.596419, -4699197, 4.756633E+07, 1.952939E+07, 1.401847E+07,
2.793526E+07
.025, 0, 0, 0, 4.955901E+07, 2.123962E+07, 2.123961E+07, -75550.2,
1.722091, -4946404, 5.039828E+07, 2.070608E+07, 1.48461E+07,
2.958726E+07
.03, 0, 0, 0, 5.213629E+07, 2.234417E+07, 2.234416E+07, -61343.77,
1.690975, -5172701, 5.300895E+07, 2.179069E+07, 1.560913E+07,
3.111033E+07
. . . . .
. . . . .
.975, 0, 0, 0, 5.525764E+07, 2.368189E+07, 2.368188E+07,
40496.77, 1.518599, -5445443, 5.617038E+07, 2.310444E+07, 1.653297E+07,
3.295439E+07
.98, 0, 0, 0, 5.482194E+07, 2.349516E+07, 2.349516E+07, -32274.48,
1.42315, -5409893, 5.572986E+07, 2.292047E+07, 1.64047E+07,
3.269819E+07
.985, 0, 0, 0, 5.494338E+07, 2.354721E+07, 2.35472E+07, 21181.38,
1.489361, -5415349, 5.585121E+07, 2.297299E+07, 1.643911E+07,
3.276735E+07
.99, 0, 0, 0, 5.51526E+07, 2.363688E+07, 2.363687E+07, -8156.811,
1.457916, -5441549, 5.60657E+07, 2.305909E+07, 1.650331E+07,
3.289488E+07
.995, 0, 0, 0, 5.462303E+07, 2.340991E+07, 2.340991E+07, -
5716.213, 1.451951, -5384694, 5.552583E+07, 2.283878E+07, 1.634352E+07,
3.257673E+07
1, 0, 0, 0, 5.543672E+07, 2.375864E+07, 2.375864E+07, 19265.23,
1.494865, -5468717, 5.63542E+07, 2.317793E+07, 1.658813E+07,
3.306392E+07
END

```

図7-26 グラフデータ例 (1 節点多変数)

図7-26のグラフデータを使用して、グラフ作画ソフトで作成したグラフ例を図7-27に示します。図7-27は応力 $\sigma_x$ の時系列変化グラフとなっています。

### 振動応答グラフ（節点13）

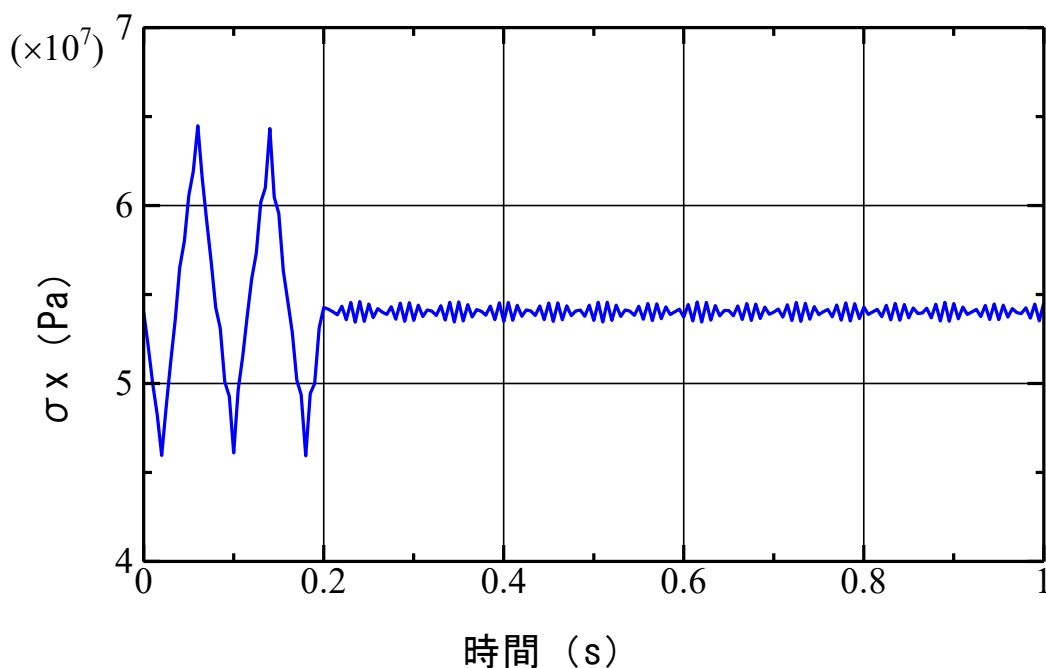


図7-27 グラフ例（1 節点多変数）  
注）Plots32 使用

#### 7.9 グラフデータの仕様設定画面（多節点 1 変数）

次に「多節点 1 変数」のグラフデータ作成について説明します。図7-28にグラフデータの仕様設定画面を示します。

- ①グラフ種類として、「多節点 1 変数」を選択しています。
- ②次に変数指定として、13個の変数のいずれかを選択します。
- ③次に節点の数を入力します。本例では節点の数は3になっています。

◇ 1つのグラフにはそれほど多くの節点のグラフを重複作画できませんので、節点の数は最大20までとしています。

- ④さらに、出力ファイルを設定します。これは、前述の「1 節点多変数」の場合と全く同様です。
- ⑤本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、次のグラフ用節点データ入力画面に移ります。

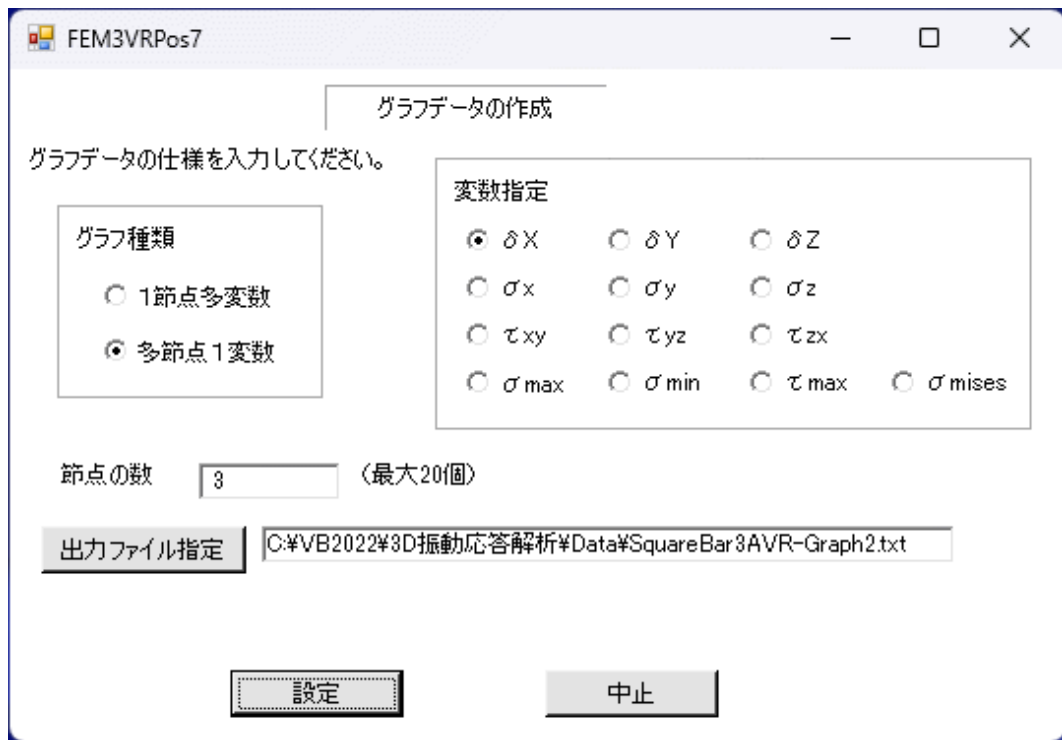


図7-28 グラフデータの仕様設定画面（多節点1変数）

#### 7.10 グラフ用節点データ入力画面（多節点1変数）

図7-29に グラフ用節点データ入力画面を示します。

- ①節点の数だけNo.が表示されているので、それぞれ節点番号を入力します。
- ②本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、直ちにグラフデータ作成の計算が開始されます。そして、計算が終了すると、図7-30の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図7-31にグラフデータ例を示します。同図のように、3つの節点の $\delta X$ について、全変数の時系列データが出力されています。ただし、周波数応答の場合は、時間の代わりに角度となります。



図7-29 グラフ用節点データ入力画面（多節点1変数）

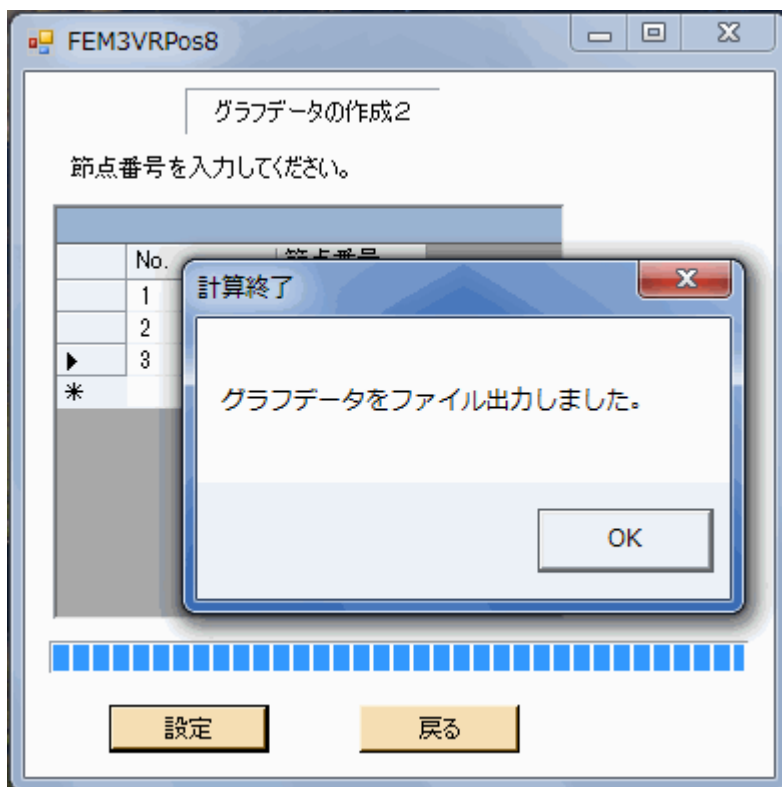


図7-30 グラフデータの計算終了画面（多節点1変数）

```

<<3D振動応答解析結果のグラフデータ 2>>
正方形棒モデル3 (□0.03m×0.24m)
[入力データファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR.dat
[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥3D振動応答解析¥Data¥SquareBar3AVR.rep
節点の数, 3
対象変数, δX
時間, 節点137, 節点197, 節点257
0, -1.790661E-05, -1.996484E-05, -2.020232E-05
.005, -1.753806E-05, -1.949261E-05, -1.969145E-05
.01, -1.714454E-05, -1.89913E-05, -1.915077E-05
.015, -1.679908E-05, -1.854598E-05, -1.866746E-05
.02, -1.638606E-05, -1.802196E-05, -1.81035E-05
.025, -1.781869E-05, -1.980829E-05, -1.999523E-05
.03, -1.82012E-05, -2.027124E-05, -2.047795E-05
.035, -1.831035E-05, -2.041569E-05, -2.063425E-05
.04, -1.889181E-05, -2.111054E-05, -2.135468E-05
.045, -1.891622E-05, -2.11816E-05, -2.145436E-05
.05, -1.968157E-05, -2.21165E-05, -2.243952E-05
.055, -1.965823E-05, -2.213152E-05, -2.248164E-05
.06, -2.040652E-05, -2.304707E-05, -2.344714E-05
.065, -1.86999E-05, -2.094028E-05, -2.122661E-05
.07, -1.740561E-05, -1.931677E-05, -1.950227E-05
.075, -1.601185E-05, -1.757369E-05, -1.765426E-05
.08, -1.542285E-05, -1.684706E-05, -1.688339E-05
. . . . .
. . . . .
.91, -1.841246E-05, -2.055238E-05, -2.080391E-05
.915, -1.743099E-05, -1.941258E-05, -1.963693E-05
.92, -1.831243E-05, -2.043575E-05, -2.068435E-05
.925, -1.760449E-05, -1.961466E-05, -1.984403E-05
.93, -1.807969E-05, -2.016476E-05, -2.040667E-05
.935, -1.787733E-05, -1.99323E-05, -2.016949E-05
.94, -1.778925E-05, -1.982665E-05, -2.006023E-05
.945, -1.816138E-05, -2.026298E-05, -2.050831E-05
.95, -1.753508E-05, -1.953073E-05, -1.975702E-05
.955, -1.83646E-05, -2.049963E-05, -2.075081E-05
.96, -1.739969E-05, -1.937298E-05, -1.959535E-05
.965, -1.842087E-05, -2.056535E-05, -2.081821E-05
.97, -1.742729E-05, -1.940484E-05, -1.96279E-05
.975, -1.831156E-05, -2.043845E-05, -2.068829E-05
.98, -1.760937E-05, -1.961639E-05, -1.984454E-05
.985, -1.807169E-05, -2.015965E-05, -2.040277E-05
.99, -1.788726E-05, -1.993942E-05, -2.017537E-05
.995, -1.777874E-05, -1.981909E-05, -2.005396E-05
1, -1.817105E-05, -2.026935E-05, -2.051329E-05
END

```

図7-31 グラフデータ例（多節点1変数）

図7-31のグラフデータを使用して、グラフ作画ソフトで作成したグラフ例を図7-32に示します。図7-34は3節点の変位  $\delta X$  の時系列変化グラフとなっています。

## 振動応答グラフ 2

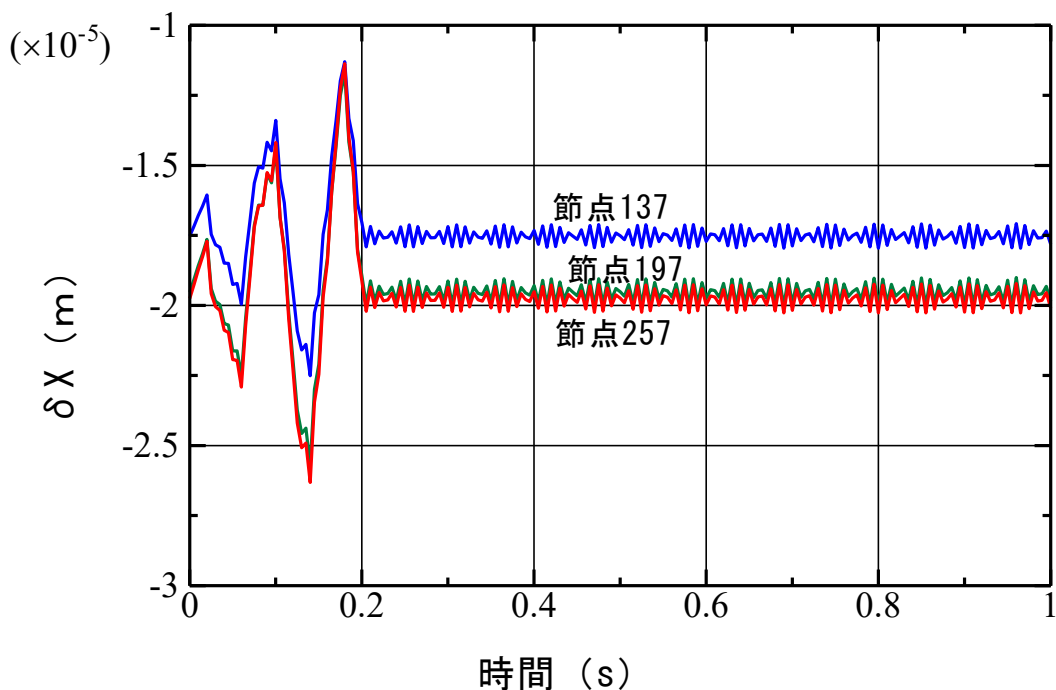


図7-32 グラフ例 2 (多節点 1 変数)  
注) Plots32 使用

### 7.11 アニメーションの画面

図7-33にアニメーションの初期画面を示します。

- ①一般応答の場合は「時間ステップの待ち時間(秒)」、周波数応答の場合は「角度ステップの待ち時間(秒)」がラベル表示されます。それは、アニメーションの各画面間の待ち時間の秒数で、アニメーション速度を調節する必要がある場合は、適宜変更してください。

◇デフォルトの待ち時間は0.1秒となっています。

◇大規模FEM構造またはパソコン性能不足の場合、アニメーション速度が遅くなることがあります。

- 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、アニメーション実行時に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、「開始」ボタンをクリックすると作画画面に適用されます。

◇「変位線の幅」は1～3が可能で、初期値は1にしています。

- ④本画面の上側と左側に表示されている作画パラメータ、マウสดラッグによる部分拡大、回転操作等は、変位図の作画と同じです。

- ⑤「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。操作方法は等高線図の作画と同じです。
- ⑥本画面で「開始」ボタンをクリックすると、アニメーションが実行されます。
- ⑦アニメーションが終了すると、図7-34の終了画面となります。同画面の終了確認ダイアログの「OK」ボタンをクリックすると、図7-33の初期画面に戻ります。
- ◇マウスドラッグにより部分拡大を実施済みの場合は、部分拡大された初期画面に戻ります。
- ⑧アニメーションの各画像を一括ファイル保存できます。まず、「保存ファイル設定」ボタンをクリックすると、図7-35のファイル保存コモンダイアログ画面が表示されます。同画面で任意のディレクトリーにjpgファイル名を設定してください。
- ◇上記の設定ファイル名は初期画像に適用され、それ以降はベースファイル名に「\_0001～」が順に自動付加されたファイル名になります。ただし、保存可能なファイル数は、初期画像を含めて最大10000個です。
- ⑨次に、「保存開始」ボタンをクリックすると、ファイル保存が実行されます。
- ◇保存ファイルの数が非常に多くなりますので、保存容量にご注意ください。
- ◇保存したjpgファイルは一括して、市販（無料版を含む）の専用ソフトによりビデオに変換できます。ビデオに変換すると、アニメーションがスムーズに見れます。
- ⑩本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。
- ◇実際にアニメーションが動いている間は、各ボタンをクリックすることはできません。動いている間にボタンをクリックすると、異常停止することがあるので、注意してください。
- 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。



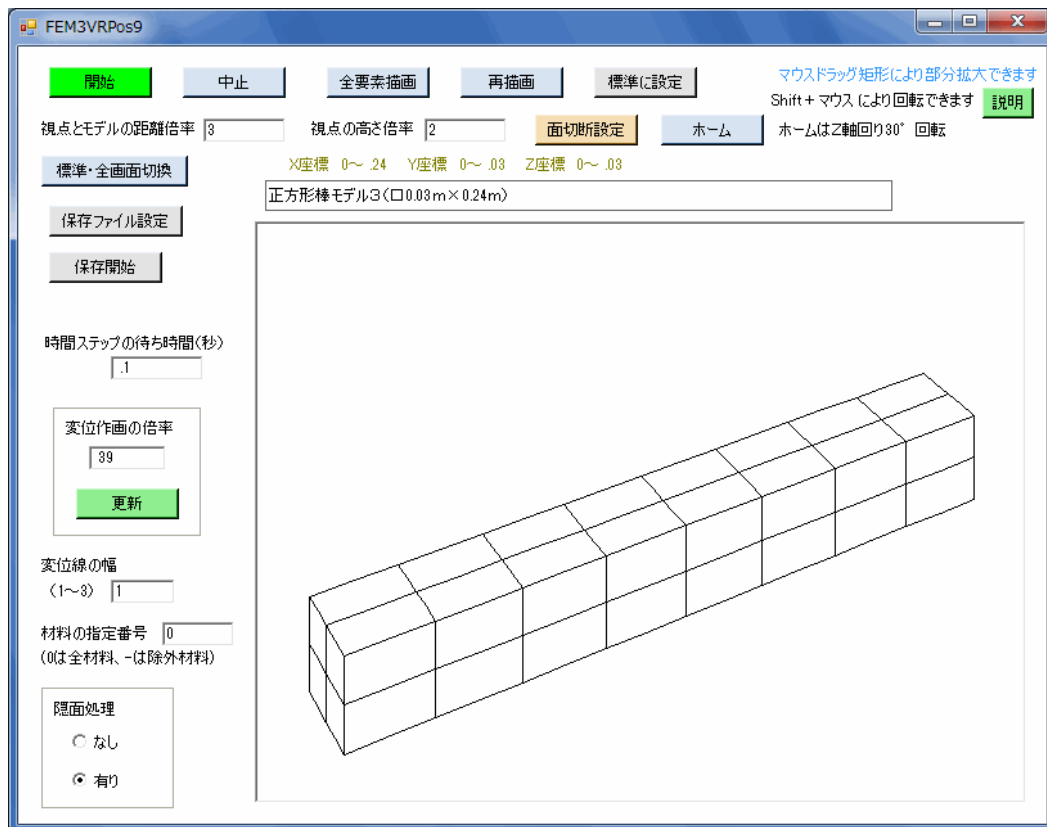


図7-33 アニメーションの初期画面

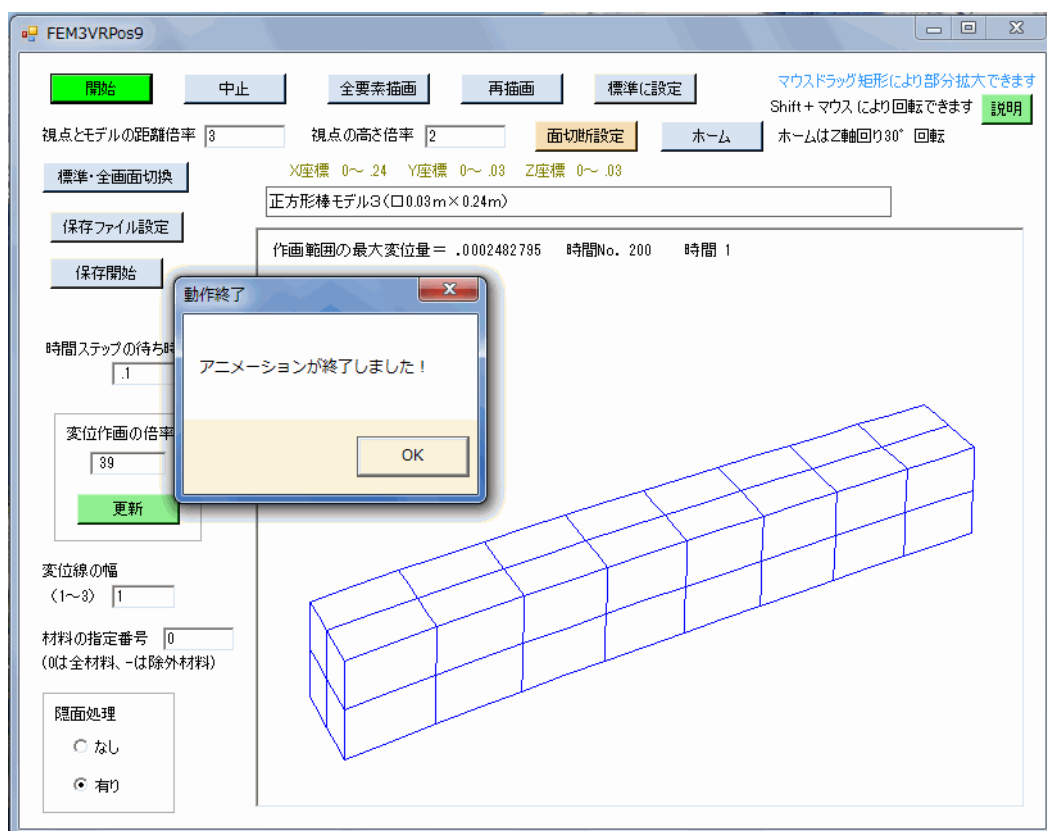


図7-34 アニメーションの終了画面

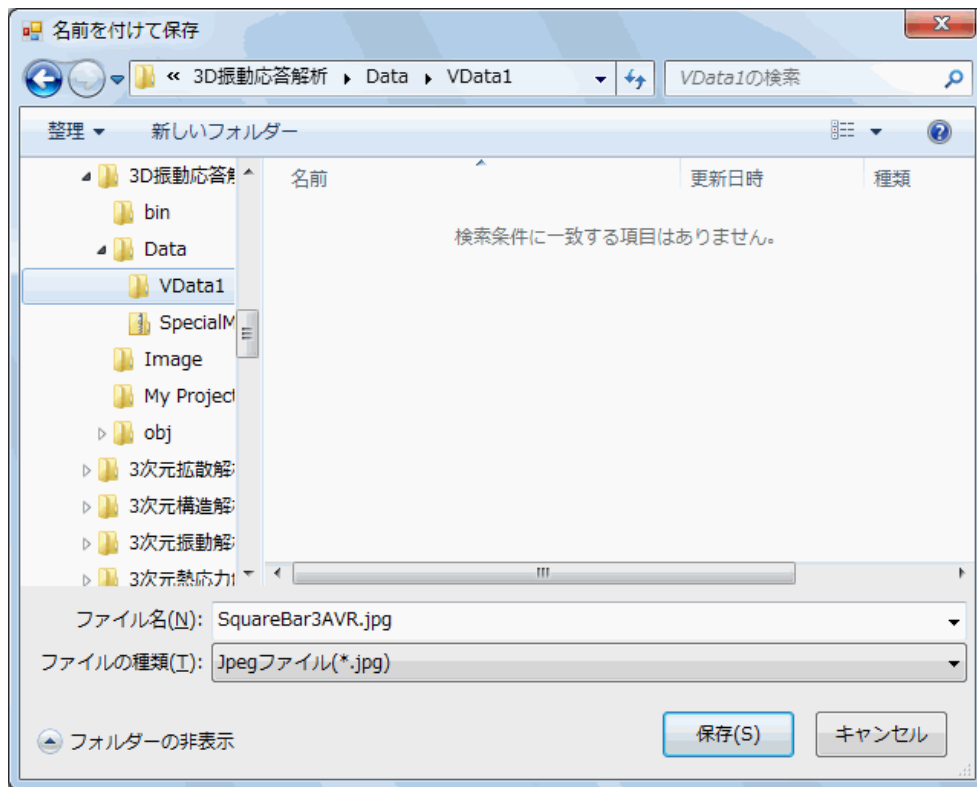


図7-35 ファイル保存コモンダイアログ画面

## 7.12 一般応答変位の周波数分析

図7-36に一般応答変位の周波数分析の画面を示します。

- ①周波数分析の仕様として、節点番号、開始時刻、終了時刻を入力します。
  - ◇開始時刻と終了時刻は、解析結果データファイルの範囲内でなければなりません。その範囲と時刻点数は、入力部分の下部に表示されます。
- ②次に、計算方法として「DFT（基本）」か「FFT（高速）」かを選択します。
  - ◇「DFT（基本）」はDiscrete Fourier Transformの略で離散フーリエ変換を指します。通常は本方法を選択してください。
  - ◇「FFT（高速）」はFast Fourier Transformの略で高速フーリエ変換を指します。「DFT（基本）」では計算時間がかかる場合に本方法を選択してください。「FFT（高速）」では、サンプリング点数が2のべき乗になるため、終了時刻の前に自動打ち切りとなります。
- ③さらに、出力ファイルを設定します。
  - ◇本画面に移ったとき、デフォルトで、入力データファイルのベース名（拡張子を除去した部分）に「-FT」が付き、拡張子「.txt」を付けた出力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します。
  - ◇出力ファイルのデフォルトの拡張子は「.txt」です。
  - ◇「出力ファイル指定」ボタンをクリックすると、コモンダイアログで出力ファイルを設定できます。
- ④本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、直ちに周波数分析の計算が開始され

ます。そして、計算が終了すると、図7-37の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

図7-38に周波数分析の結果ファイル例を示します。同図で○印の数字の部分について補足説明します。

- ①<結果データ（絶対値）>では、1つの節点について、No.順の各周波数ごとに各変位のスペクトル（絶対値）が出力されます。
- ①<結果データ（相対比）>では、同じ節点について、No.順の各周波数ごとに各変位のスペクトル比出力されます。スペクトル比は、すべての変位の全スペクトル（周波数0を除く）の最大値を1として規格化した相対比を示します。
- ③最大値データとして、No.、周波数、 $\delta Z$ スペクトルが示されます。

図7-38の結果データを使用した周波数スペクトルのグラフを図7-39に示します。同グラフは $\delta Z$ の周波数スペクトル比で、周波数12Hzで最大になっています。

注）周波数0は除外しています。

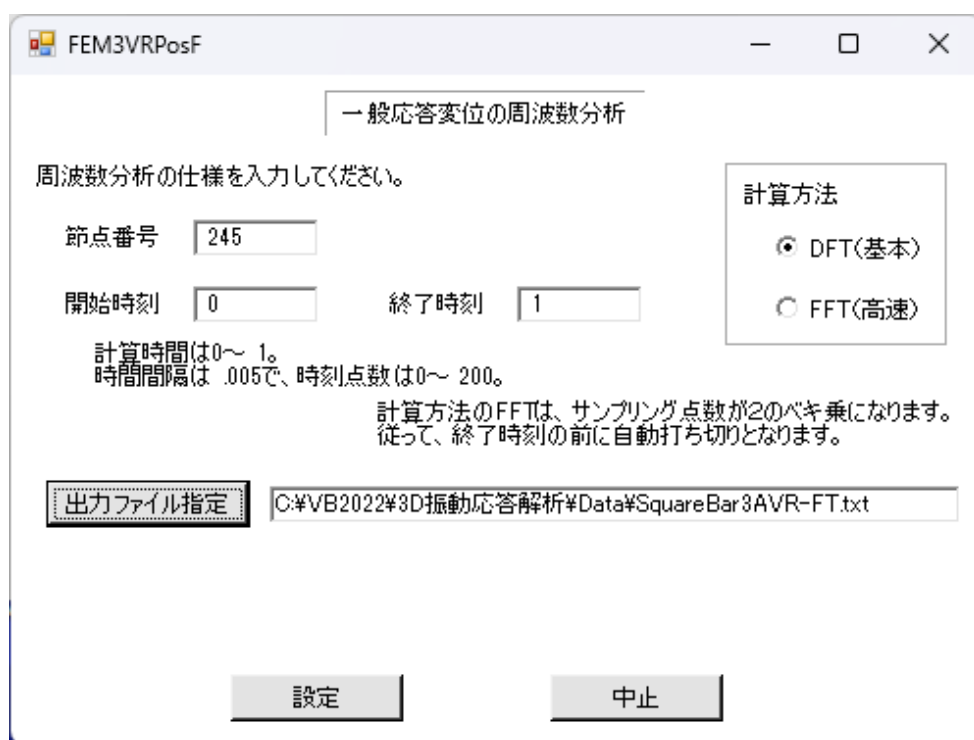


図7-36 一般応答変位の周波数分析の画面

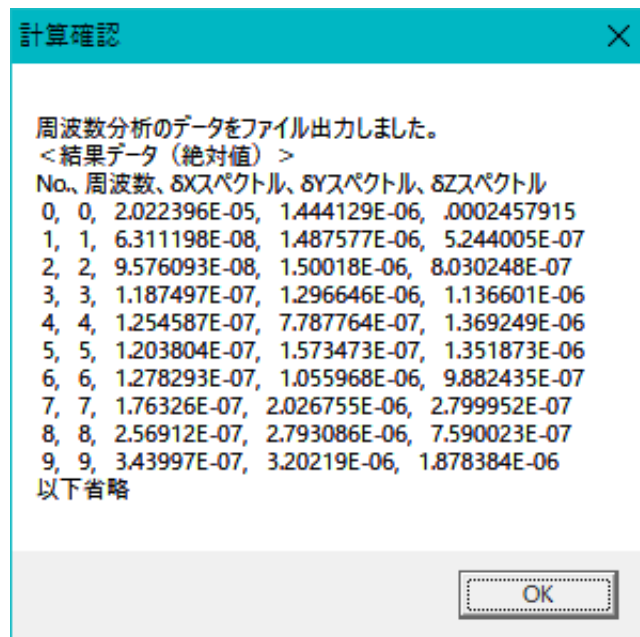


図7-37 周波数分析の計算結果終了画面

### 正方形棒モデルのZ変位の周波数分析

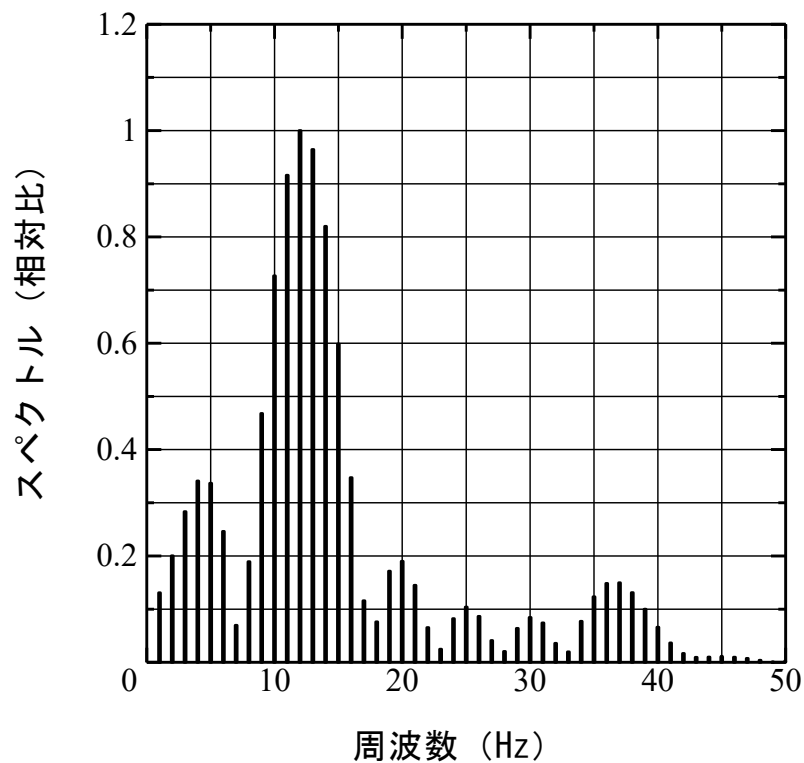


図7-39 周波数スペクトルのグラフ例  
 注) グラフ作画ソフトPlots32使用

<< 3D 振動応答の変位の周波数分析 >>

正方形棒モデル 3 (□0.03m×0.24m)

[入力データファイル], C:\VB2022\3D振動応答解析\Data\SquareBar3AVR.dat

[解析結果ファイル], C:\VB2022\3D振動応答解析\Data\SquareBar3AVR.rep

[計算方法], DFT (基本)

節点番号, 245

開始時刻No.、開始時刻, 0, 0

終了時刻No.、終了時刻, 200, 1

< 結果データ (絶対値) >

①

No.、周波数、 $\delta X$ スペクトル、 $\delta Y$ スペクトル、 $\delta Z$ スペクトル

0,	0,	2.022396E-05,	1.444129E-06,	.0002457915
1,	1,	6.311198E-08,	1.487577E-06,	5.244005E-07
2,	2,	9.576093E-08,	1.50018E-06,	8.030248E-07
3,	3,	1.187497E-07,	1.296646E-06,	1.136601E-06
4,	4,	1.254587E-07,	7.787764E-07,	1.369249E-06
5,	5,	1.203804E-07,	1.573473E-07,	1.351873E-06
6,	6,	1.278293E-07,	1.055968E-06,	9.882435E-07
7,	7,	1.76326E-07,	2.026755E-06,	2.799952E-07
8,	8,	2.56912E-07,	2.793086E-06,	7.590023E-07
9,	9,	3.43997E-07,	3.20219E-06,	1.878384E-06
10,	10,	4.156975E-07,	3.183054E-06,	2.918063E-06
11,	11,	4.557477E-07,	2.759584E-06,	3.678075E-06
12,	12,	4.548971E-07,	2.041143E-06,	4.014391E-06
13,	13,	4.122581E-07,	1.195217E-06,	3.870615E-06
14,	14,	3.353214E-07,	4.366433E-07,	3.289818E-06
15,	15,	2.383453E-07,	3.910187E-07,	2.40222E-06
16,	16,	1.398689E-07,	6.984434E-07,	1.39263E-06
17,	17,	6.380668E-08,	7.626007E-07,	4.628863E-07
18,	18,	5.227335E-08,	5.999768E-07,	3.047305E-07
19,	19,	7.184406E-08,	3.022234E-07,	6.868316E-07
20,	20,	7.31546E-08,	3.10234E-08,	7.610628E-07
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
90,	90,	4.647136E-08,	1.526076E-07,	4.313227E-07
91,	91,	2.413314E-07,	1.970459E-06,	1.154894E-06
92,	92,	9.224799E-08,	6.7668E-07,	5.579705E-07
93,	93,	3.733859E-08,	3.147605E-07,	1.565541E-07
94,	94,	2.194745E-08,	1.822558E-07,	8.384188E-08
95,	95,	1.499001E-08,	1.170283E-07,	5.828416E-08
96,	96,	1.160835E-08,	9.137054E-08,	4.671953E-08
97,	97,	9.322666E-09,	8.305365E-08,	3.873105E-08
98,	98,	7.88511E-09,	7.75759E-08,	3.091768E-08
99,	99,	9.617616E-09,	6.212954E-08,	4.152191E-08

図7-38 (1/2) 周波数分析の結果ファイル例

＜結果データ（相対比）＞

②

No.、周波数、 $\delta X$ スペクトル比、 $\delta Y$ スペクトル比、 $\delta Z$ スペクトル比

0,	0,	5.037866,	.359738,	61.22758
1,	1,	.01572143,	.370561,	.1306302
2,	2,	.02385441,	.3737006,	.2000365
3,	3,	.029581,	.3229994,	.2831315
4,	4,	.03125224,	.1939961,	.3410851
5,	5,	.0299872,	.03919582,	.3367567
6,	6,	.03184276,	.2630456,	.2461752
7,	7,	.04392347,	.5048723,	.06974787
8,	8,	.06399775,	.6957683,	.1890703
9,	9,	.08569096,	.7976776,	.4679124
10,	10,	.1035518,	.7929108,	.7269005
11,	11,	.1135285,	.6874228,	.9162223
12,	12,	.1133166,	.5084565,	1
13,	13,	.102695,	.2977332,	.9641847
14,	14,	.08352982,	.1087695,	.819506
15,	15,	.0593727,	.09740424,	.598402
16,	16,	.03484187,	.1739849,	.3469093
17,	17,	.01589448,	.1899667,	.1153067
18,	18,	.01302149,	.1494565,	.07590952
19,	19,	.01789662,	.07528497,	.1710923
20,	20,	.01822309,	.007728047,	.1895836

.....

.....

90,	90,	.01157619,	.03801514,	.1074441
91,	91,	.06011656,	.4908487,	.2876884
92,	92,	.02297932,	.1685635,	.1389925
93,	93,	.009301183,	.07840803,	.03899822
94,	94,	.005467192,	.0454006,	.02088533
95,	95,	.003734067,	.0291522,	.0145188
96,	96,	.002891683,	.02276075,	.01163801
97,	97,	.002322311,	.02068898,	.009648049
98,	98,	.001964211,	.01932445,	.007701709
99,	99,	.002395784,	.0154767,	.01034326

＜最大値データ＞

③

No.、周波数、 $\delta Z$ スペクトル

12, 12, 4.014391E-06

END 0h 0min 0s

図7-38 (2/2) 周波数分析の結果ファイル例

### 7.13 解析結果の主要値表示

図7-40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。

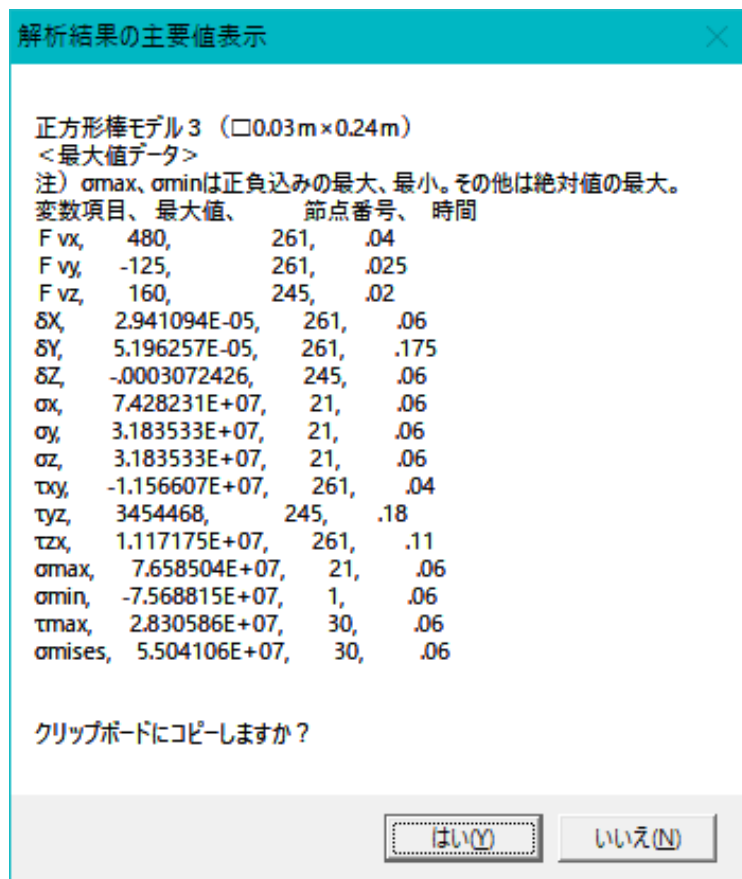


図7-40 解析結果の主要値表示の画面（一般応答の場合）

[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ック」、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) 「数値計算プログラム BASIC」、J.ハイルバーン 編、大矢 建正 訳、  
(株) マグロウヒル好学社、1982
- 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) 「Templates for the Solution of Algebraic Eigenvalue Problems」、Zhaojun Bai他、  
Society for Industrial and Applied Mathematics、2000
- 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) 「Visual Basicによる固有値計算&振動解析プログラム」、黒田 英夫、  
CQ出版社、2003
- 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) 「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
- C2) 「有限要素プログラミング」、E.Hinton 他、川井 忠彦 監訳、



- 丸善（株）、1981
- C3)「マイコンによる有限要素解析」、戸川 隼人、  
（株）培風館、1982
- C4)「流れと熱伝導の有限要素法入門」、矢川 元基、  
（株）培風館、1983
- C5)「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
- C6)「有限要素法による振動解析」、戸川 隼人、  
サイエンス社、1997
- 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)「The Finite Element Method in Electromagnetics」、Jianming Jin  
John Wiley & Sons、2002
- C10)「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
- C11)「弾塑性力学の基礎」、吉田 総仁、  
共立出版（株）、2005
- C12)「基本からわかる有限要素法」、邵 長城、  
森北出版（株）、2008