
* 「部材 3 D 弾塑性振動応答解析K」の紹介 * [著者] 黒田 英夫

<プログラム開発環境>

OS : Windows 11NET Framework 4.8が必要

言語 : Visual Basic 2022 (Visual Studio 2022 Community)

<プログラムと本書の著作権>

フリーソフトで、著作権を開放します

「部材 3 次元体解析K (B a r s 3 D)」の構造データと振動外力データおよび弾塑性材料データを用いて、弾塑性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、微小時間毎に弾塑性範囲で変位・応力等を算出するものです。ただし、弾塑性の物性は線分要素で一様と扱うため、近似的な解析手法となります。

計算結果の後処理として、変位図・応力図の作画、グラフ用データの作成、アニメーション、および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「部材 3 次元体解析K (B a r s 3 D)」は算生会の有限要素法ソフトで、部材を組み合わせた 3 次元体弾性問題を解くものです。ここで、3 次元体とはトラス構造（節点が回転自由接続）、ラーメン構造（節点が固定接続）、およびトラス・ラーメン混合を指します。上記ソフトに関しては、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）

[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 弾塑性振動応答の計算方法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	13
第3章 例題 -----	18
第4章 「Bars3Dデータ」処理プログラム -----	20
第5章 「データ」処理プログラム -----	24
第6章 「材料データ」処理プログラム -----	37
第7章 「計算」プログラム -----	41
第8章 「後処理」プログラム -----	49
[参考文献] -----	75

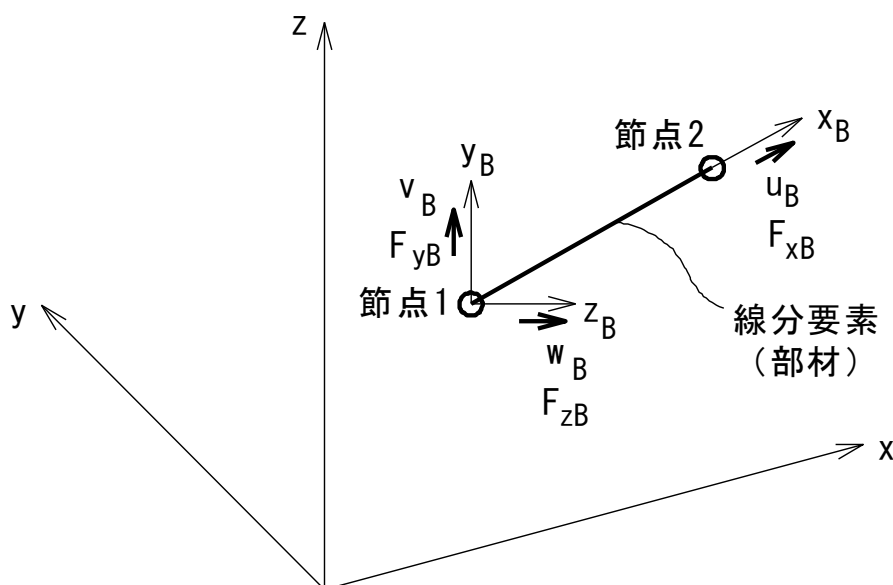
第1章 弾塑性振動応答の計算方法

1.1 構造モデル

部材3次元体解析（B a r s 3 D）と同じ構造モデルを使用します。部材3次元体解析では、トラス構造、ラーメン構造、およびトラス・ラーメン混合構造を対象としています。トラスとラーメンの線分要素を図1-1および図1-2に示します。それらの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。各節点の変位は、トラスで u, v, w の3つ、ラーメンでは $u, v, w, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ の6つです。これらの変位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。

また、トラス・ラーメン混合構造における2種類の特殊要素を図1-3、1-4に示します。それらの特殊要素は一端が回転自由、多端が固定接続になっています。



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。

x_B, y_B, z_B : 部材座標系

部材軸方向を x_B とする。

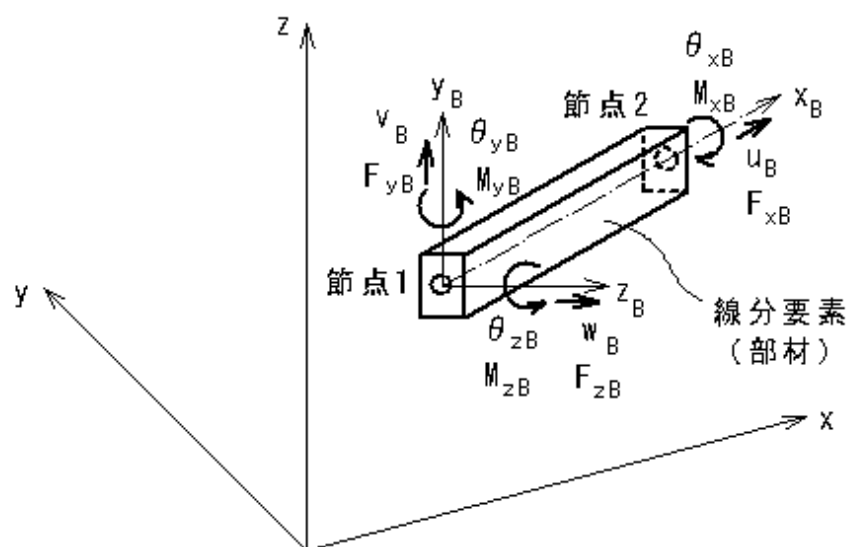
各方向変位、力等は上記変数に添え字Bを付して表わす。

線分要素の物性

E : ヤング率

γ : 比重量（重力）、 A : 断面積、 L : 長さ

図1-1 トラス用の線分要素



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 θ_x 、 θ_y 、 θ_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、 ν ：ポアソン比

γ ：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1-2 ラーメン用の線分要素

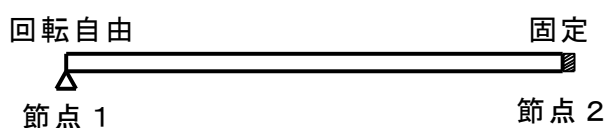


図1-3 左端回転自由・右端固定の要素

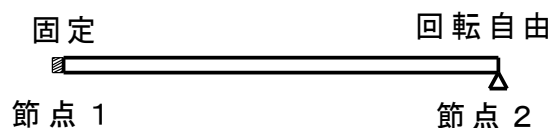


図1-4 左端固定・右端回転自由の要素

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。

1.2 振動方程式の種類

本ソフトでは、部材3次元体構造について、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、 λ 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1-5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。

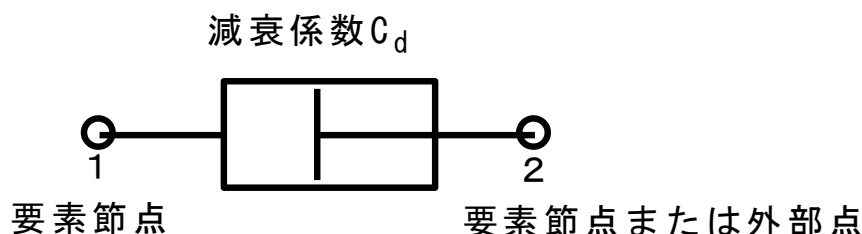


図1-5 ダンパーの説明図

1.4 質量マトリックス

質量マトリックスは、線分要素の材料物性として密度 ρ を与えて計算します。構造解析では比重量（重力） γ を設定できますが、この γ は重力すなわち力の単位で与えており、振動応答解析の ρ とは別です。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CM法を採用しています。以下にその内容を説明します。

まず、線分要素の質量 M は次式で表わされます。

$$M = \rho \cdot A \cdot L \quad (1-6)$$

そして、線分要素の質量マトリックスは次式で表わされます。

行列上側に列挙した記号は、変位ベクトルの並びを示します。

1) トラスの質量マトリックス

トラスの場合、線分要素の質量マトリックスは次式で表わされます。ただし、行列の変位順は、 U_{B1} V_{B1} W_{B1} U_{B2} V_{B2} W_{B2} です。

$$[M_{eB}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{3} & 0 & 0 & \frac{M}{6} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M}{3} & 0 & 0 & \frac{M}{6} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{M}{3} & 0 & 0 & \frac{M}{6} \\ \frac{M}{6} & 0 & 0 & \frac{M}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M}{6} & 0 & 0 & \frac{M}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{M}{6} & 0 & 0 & \frac{M}{3} \end{bmatrix} \quad (1-7)$$

2) ラーメンの質量マトリックス

ラーメンの場合、線分要素の質量マトリックスは次式で表わされます。ただし、行列の変位順は、 U_{B1} V_{B1} W_{B1} θ_{xB1} θ_{yB1} θ_{zB1} U_{B2} V_{B2} W_{B2} θ_{xB2} θ_{yB2} θ_{zB2} です。

$$[M_{eB}] = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{bmatrix} \quad (1-8)$$

$$[M_{11}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{13M}{35} & 0 & 0 & 0 & \frac{11ML}{210} \\ 0 & 0 & \frac{13M}{35} & 0 & -\frac{11ML}{210} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr^2}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{11ML}{210} & 0 & \frac{ML^2}{105} & 0 \\ 0 & \frac{11ML}{210} & 0 & 0 & 0 & \frac{ML^2}{105} \end{bmatrix} \quad (1-8a)$$

$$[M_{12}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{9M}{70} & 0 & 0 & 0 & -\frac{13ML}{420} \\ 0 & 0 & \frac{9M}{70} & 0 & \frac{13ML}{420} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr^2}{6} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{13ML}{420} & 0 & -\frac{ML^2}{140} & 0 \\ 0 & \frac{13ML}{420} & 0 & 0 & 0 & -\frac{ML^2}{140} \end{bmatrix} \quad (1-8b)$$

$$[M_{21}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{9M}{70} & 0 & 0 & 0 & \frac{13ML}{420} \\ 0 & 0 & \frac{9M}{70} & 0 & -\frac{13ML}{420} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr^2}{6} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{13ML}{420} & 0 & -\frac{ML^2}{140} & 0 \\ 0 & -\frac{13ML}{420} & 0 & 0 & 0 & -\frac{ML^2}{140} \end{bmatrix} \quad (1-8c)$$

$$[M_{22}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{13M}{35} & 0 & 0 & 0 & -\frac{11ML}{210} \\ 0 & 0 & \frac{13M}{35} & 0 & \frac{11ML}{210} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{Mr^2}{3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{11ML}{210} & 0 & \frac{ML^2}{105} & 0 \\ 0 & -\frac{11ML}{210} & 0 & 0 & 0 & \frac{ML^2}{105} \end{bmatrix} \quad (1-8d)$$

ただし、 $r^2 = (I_{yB} + I_{zB}) / A$ (1-9)

(1-8) 式は次式により全体座標系に変換されます。

$$[M_e] = [T]' [M_{eB}] [T] \quad (1-10)$$

ここで、 $[T]$ ：座標変換マトリックス。

部材 x_B 軸の全体 xyz 軸に対する方向余弦を (a_x, a_y, a_z) 、同じく y_B 軸の方向余弦を (b_x, b_y, b_z) 、 z_B 軸の方向余弦を (c_x, c_y, c_z) と置くと、次式で表わされます。

$$[T] = \begin{bmatrix} T_c & 0 & 0 & 0 \\ 0 & T_c & 0 & 0 \\ 0 & 0 & T_c & 0 \\ 0 & 0 & 0 & T_c \end{bmatrix} \quad (1-11)$$

$$[T] = \begin{bmatrix} a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \\ c_x & c_y & c_z \end{bmatrix} \quad (1-11a)$$

3) 左端回転自由・右端固定の要素（要素種類3）

質量マトリックスは次式で表わされます。

$$[M_{eB}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{M}{5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 & -\frac{ML}{20} \\ 0 & 0 & \frac{M}{5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & \frac{ML}{20} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{8M}{15} & 0 & 0 & 0 & -\frac{7ML}{60} \\ 0 & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{8M}{15} & 0 & \frac{7ML}{60} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{ML}{20} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{7ML}{60} & 0 & \frac{ML^2}{30} & 0 \\ 0 & -\frac{ML}{20} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{7ML}{60} & 0 & 0 & 0 & \frac{ML^2}{30} \end{bmatrix} \quad (1-12)$$

4) 左端固定・右端回転自由の要素（要素種類4）

質量マトリックスは次式で表わされます。

$$[M_{eB}] = \begin{bmatrix} \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{8M}{15} & 0 & 0 & 0 & \frac{7ML}{60} & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{8M}{15} & 0 & -\frac{7ML}{60} & 0 & 0 & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{7ML}{60} & 0 & \frac{ML^2}{30} & 0 & 0 & 0 & -\frac{ML}{20} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{7ML}{60} & 0 & 0 & 0 & \frac{ML^2}{30} & 0 & \frac{ML}{20} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{M}{6} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{M}{3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{2M}{15} & 0 & 0 & 0 & \frac{ML}{20} & 0 & \frac{M}{5} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2M}{15} & 0 & -\frac{ML}{20} & 0 & 0 & 0 & \frac{M}{5} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (1-13)$$

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次元ラーメン構造解析（B a r s 3 D）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）軸力等については、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 β 法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。

$$v = \frac{du}{dt} \quad (1-14)$$

$$a = \frac{d^2u}{dt^2} \quad (1-15)$$

そして、計算時間間隔を Δt 、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。

$$a = \left(M + \frac{\Delta t}{2} C + \beta \Delta t^2 K \right)^{-1} \left[f - C \left(v_b + \frac{\Delta t}{2} a_b \right) - K \left\{ u_b + \Delta t v_b + \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2 a_b \right\} \right] \quad (1-16)$$

$$v = v_b + \frac{\Delta t}{2} (a_b + a) \quad (1-17)$$

$$u = u_b + \Delta t v_b + \left(\frac{1}{2} - \beta \right) \Delta t^2 a_b + \beta \Delta t^2 a \quad (1-18)$$

ただし、 β ：係数（本ソフトでは0.25）

3) 変位の合成と軸力等の計算

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。

$$u_t = u_0 + u \quad (1-19)$$

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軸力等を算出できます。軸力等計算の詳細については、部材3次元体解析（B a r s 3 D）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 Δt 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) 振動外力

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します。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1-6に振動外力の説明図を示します。

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。その 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 Δt 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 Δt 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 Δt の倍数設定にする理由は、 Δt 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、 Δt 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、 Δt 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 軸方向および $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ 回転方向（外力は曲げモーメント）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、力の代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、力が加速度かいずれか一方に統一しなければなりません。

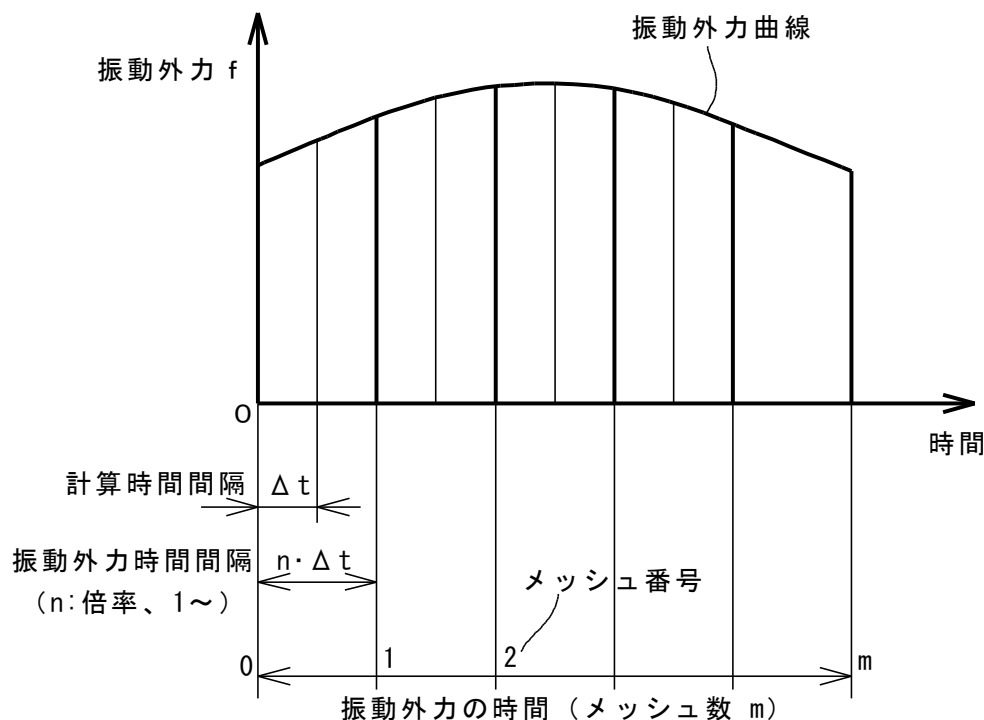


図1-6 振動外力の説明図

1.7 弾塑性の適用

1) 弾塑性の材料データ

弾塑性解析では材料毎に弾塑性の材料データが必要です。弾塑性の材料データは、図1-7の歪み・応力グラフを使用します。同図で歪み ε の区分数は m （1以上）とします。そして、各区分では、歪み ε と応力 σ が直線関係とし、各区分端の物性値（ ε_i, σ_i ）を与えます。

◇計算時に、相当応力 σ_a が区間 m をはみ出した場合は区間 m の延長線上になります。

◇最左端は（0, 0）とします。

そして、計算時に応力が降伏点を超えた場合は、歪み・応力グラフの次の区間以降のグラフ線に沿って移動します。さらに、降伏点を超えた応力が低下した場合は、区分1直線に平行に下がります。

◇図1-7のA点から降下した場合は、A→B→C→Dのような塑性ループとなります。

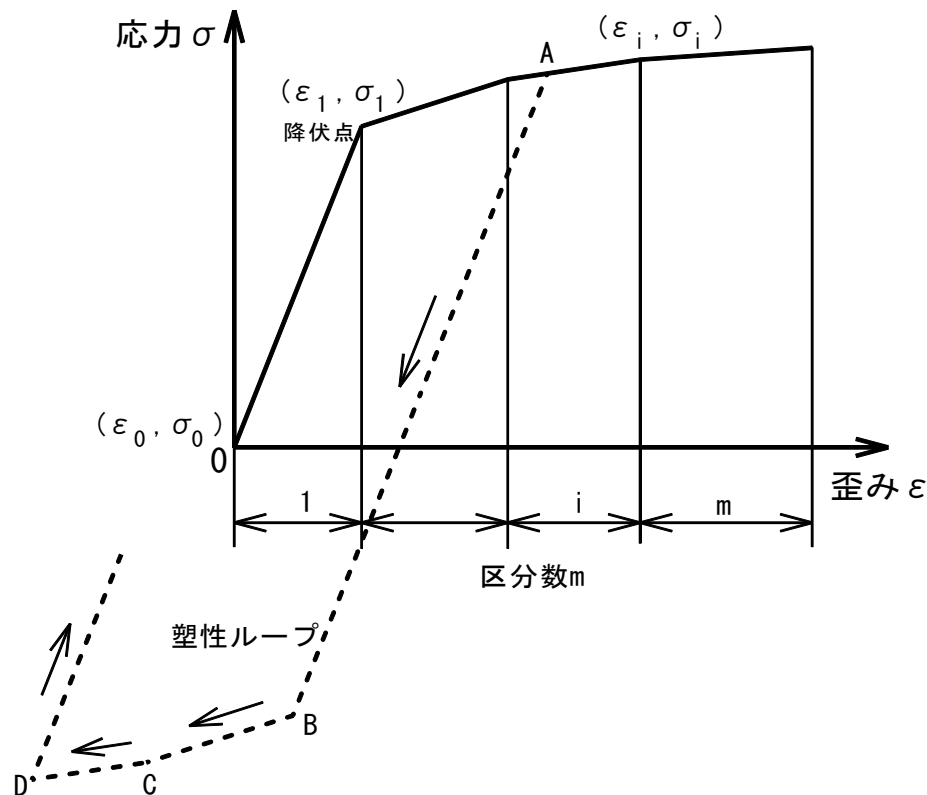


図1-7 弾塑性の説明図

2) 相当応力

本ソフトでは、初期の静荷重に対しては、ヤング率を変化させ繰り返し計算で収束させます。ただし、初回計算のみ、「部材3次元体解析」の構造データに設定されたヤング率を用います。

また、各微小時間毎の計算では、応力・歪みの変化部分のヤング率（歪み・応力の勾配）を使用し、同様に繰り返し計算で収束させます。

応力・歪みグラフの当てはめには部材断面の相当応力 σ_a を用い、 σ_a に対応する歪み ε_a を求めてヤング率（歪み・応力の勾配）を算出します。なお、1つの要素について、両端2節点でヤング率Eを算出し、その平均値を採用します。

ここで、相当応力 σ_a には次式のMises応力 σ_{Mises} を用います。

$$\sigma_{\text{Mises}} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)} \quad (1-20)$$

ただし、 σ_x ：要素軸断面の垂直応力で、軸応力と曲げ応力を合算したもの。

曲げ応力は断面で一様でないため、最大曲げ応力に対する比率（評価係数）を設定しておく。

τ_{xz} 、 τ_{yz} ：要素軸断面のy軸方向、z軸方向の剪断応力。

剪断応力は断面で一様でないため、最大剪断応力に対する比率（評価係数）を設定しておく。

なお、図1-7の塑性ループに対応するため、 σ_x の正負と同じ符号を相当応力 σ_a に付けます。

3) 実際構造への適合調整

部材3次元の弾塑性計算は近似解法となります。近似解法となる理由は、断面の応力分布は計算せずに、断面の代表応力により歪み・応力グラフの該当点を求め、そのヤング率を適用するからです。そのため、実際構造への適合調整が必要です。調整に使用できる項目を以下に説明します。

① 曲げ応力と剪断応力の評価係数

要素断面では、軸応力は均等ですが、曲げ応力と剪断応力は断面の場所により異なります。そのため、最大曲げ応力と最大剪断応力に対してそれぞれ評価係数を掛けた値を断面代表応力に適用します。これらの評価係数を調整することができます。評価係数の値は1以下で、本ソフトでは両者とも初期値0.8にしています。

② 歪み・応力グラフの設定点

弾塑性の歪み・応力グラフの設定点を変える方法です。特に原点の次の第1設定点を下方に動かすことにより調整可能です。

注）原点から第1設定点への勾配は通常のヤング率ですので、その勾配は保持するのが原則です。

③ 要素の分割

要素両端2節点でそれぞれ断面代表応力に基づくヤング率を算出し、その平均値を採用するするため、要素両端の応力差が大きいと誤差を生じやすくなります。そのため、要素両端の応力差が大きい要素は、要素を分割して改善してください。

1.8 注意事項

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。

第2章 プログラムの機能・構成

[VBプロジェクト名] B a r s 3 E P V i b R e s

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 「B a r s 3 E P 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トラス構造、ラーメン構造、トラス・ラーメン混合構造のいずれでも可。

②静荷重も負荷できる。

③バネ支持、強制変位も組み込み可能。

本ソフトの振動応答計算は、微小時間毎に振動外力を設定し、ユーザー指定の打切り時間まで計算するものです。計算結果は、初期から打切り時間まですべて出力できます。

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「Bars3Dデータ」、「データ」、「材料データ」、「計算」、「後処理」、「終了」の6つです。「Bars3Dデータ」メニューでは「部材3次元体解析 (B a r s 3 D)」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、「材料データ」メニューでは弾塑性の材料データを作成します。「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変位図・応力図の作画、グラフ用データの作成、アニメーション、および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。

注) グラフ用データの作成の後、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。

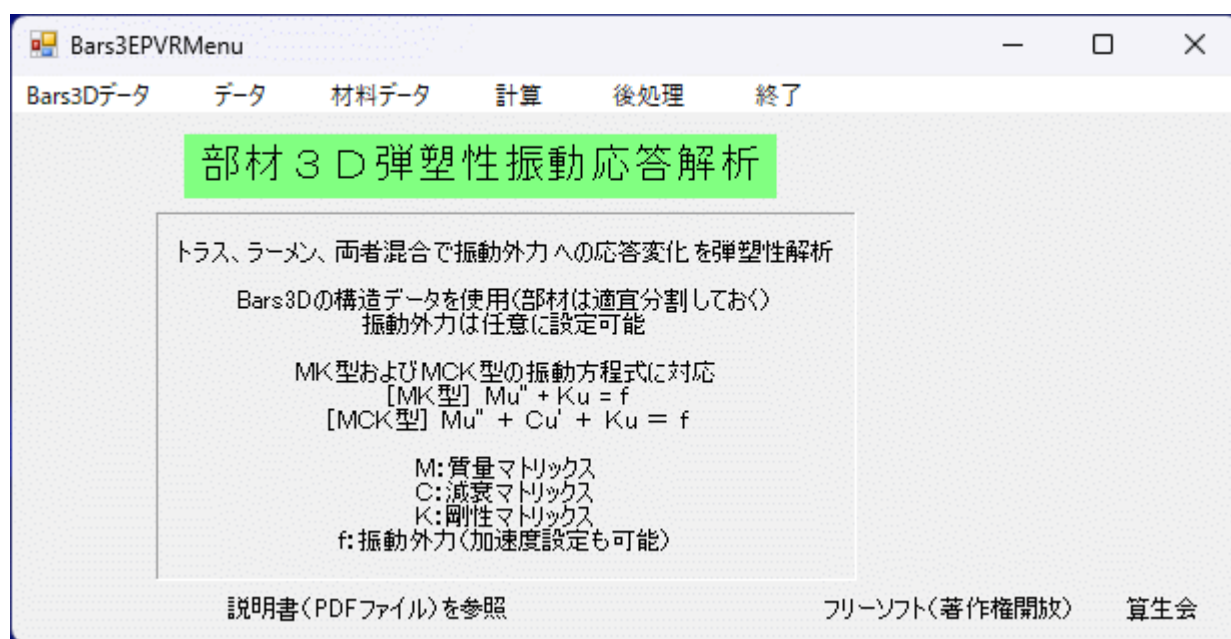


図2-1 「Bars3EPVibRes」メニュー画面

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 Bars3EPVRMenuモジュール* で制御し、その下に「Bars3Dデータ」、「データ」、「計算」、「材料データ」、「後処理」の5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。

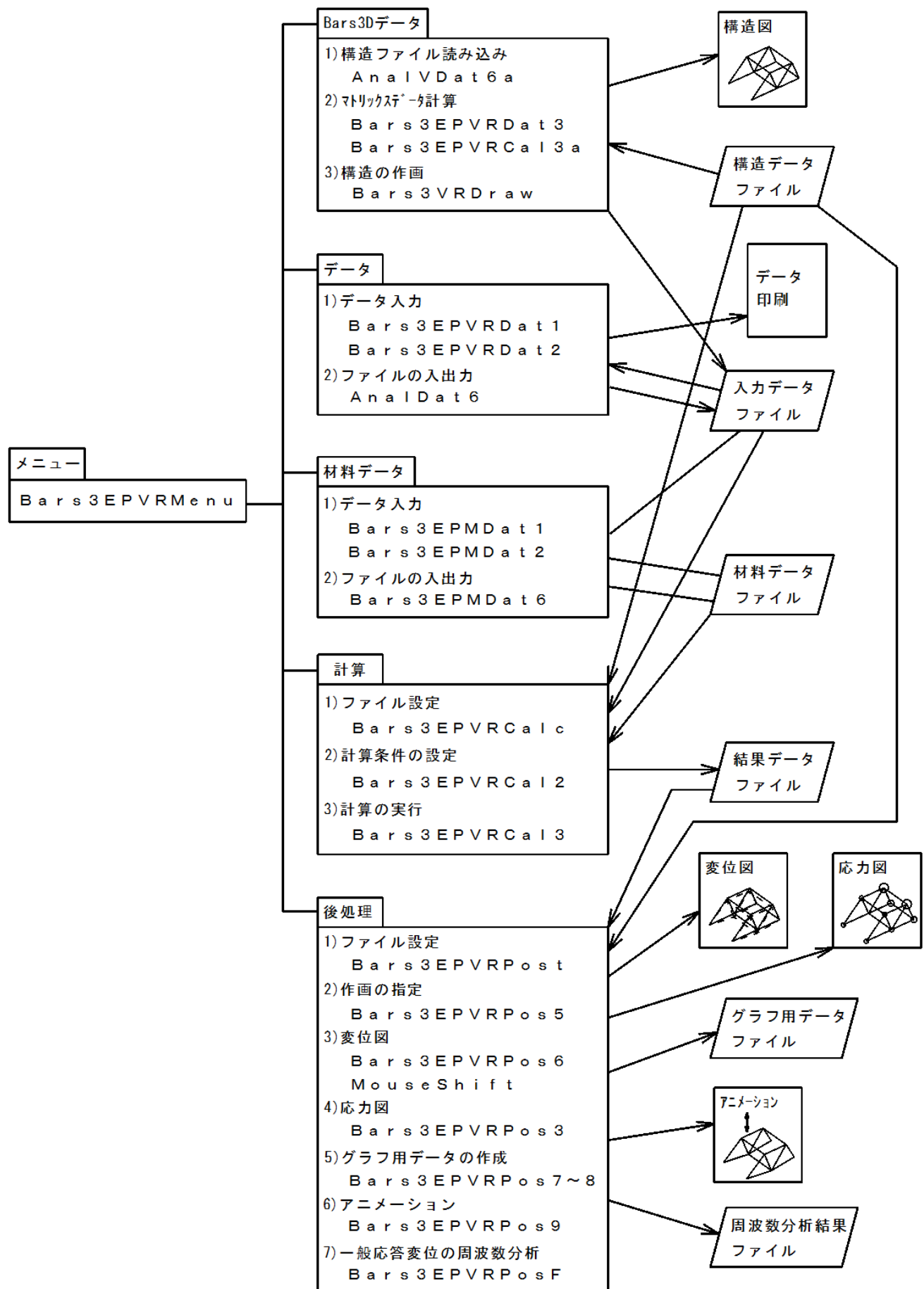


図2-2 「Bars3EPVibRes」ソフトのプログラム構成

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」、「材料データファイル」、「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6種類を使用しています。それらをまとめて表2-2に示します。また、図2-2および表2-2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2-2 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	「部材3次元体解析」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) 材料結果データファイル	.dat	弾塑性の歪み・応力グラフの材料 データファイル
4) 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)
5) 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)
6) 周波数分析結果ファイル	.txt	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2-3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Bars3VRDat1およびBars3VRDat2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、Bars3VRDat2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2-3 「Bars3EPVibRes」ソフトのファイルリスト

[全般]

ファイル名	内 容
Bars3EPVRCom. vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
Bars3EPVRMenu. vb	メニューの提示・選択

[Bars3Dデータ]

ファイル名	内 容
Bars3EPVRCal3a. vb	質量マトリックスの計算
Bars3EPVRDat3. vb	密度データの入力
AnalVDat6a. vb	構造解析用データファイルの読み込み
Bars3VRDraw. vb	構造の作画

[データ]

ファイル名	内 容
Bars3EPVRDat1. vb	データ仕様の入力
Bars3EPVRDat2. 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

[材料データ]

ファイル名	内 容
Bars3EPMDat1. vb	材料データ仕様の入力
Bars3EPMDat2. vb	各データの入力
BrasEEPMDat6. 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
Bars3EPVRCalc. vb	計算に使用するファイルの設定
Bars3EPVRCal2. vb	解析計算条件の設定
Bars3EPVRCal3. vb	解析計算の実行

[後処理]

ファイル名	内 容
Bars3EPVRPost. vb	後処理に使用するファイルの設定
Bars3EPVRPos3. vb	応力図の作画実行
Bars3EPVRPos5. vb	作画対象の設定
Bars3EPVRPos6. vb	変位図の作画実行
Bars3EPVRPos7. vb	グラフ用データの仕様設定と作成
Bars3EPVRPos8. vb	グラフ用データの作成
Bars3EPVRPos9. vb	アニメーションの実行
Bars3EPVRPosF. vb	応答変位の周波数分析
MouseShift. vb	マウス回転操作の説明（各3次元図に共通）

第3章 例題

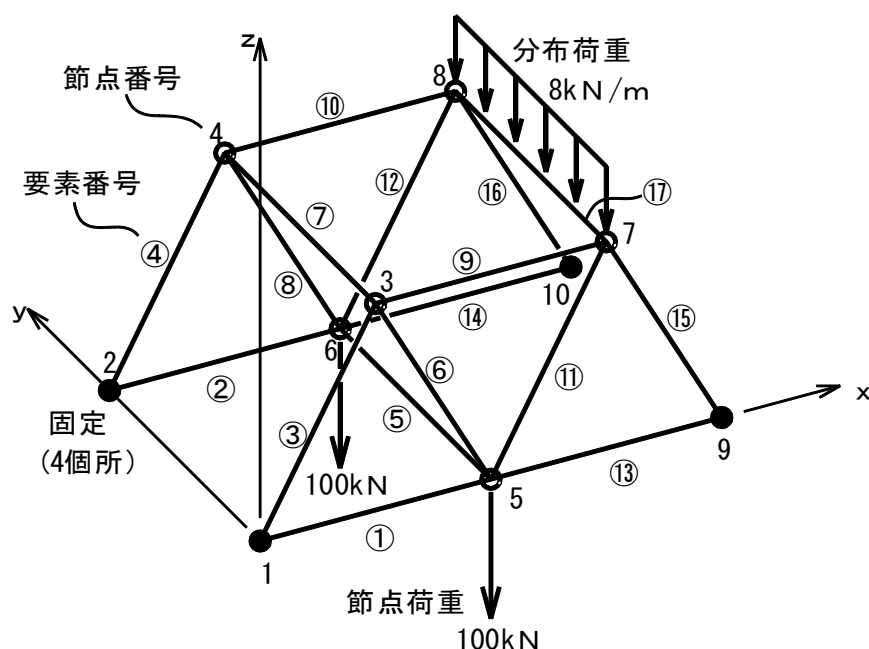
以降では、図3-1に示すラーメン構造テストモデル（初期データ用）を例にとって説明します。同図のように、4隅の節点1, 2, 9, 10が固定され、節点荷重、表面圧分布荷重、および自重が作用します。これらの荷重は静荷重として作用します。

◇同図の構造は初期データ用で、各要素を10等分したデータを解析計算に使用します。

◇先に「部材3次元体解析（B a r s 3 D）」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。

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。



〔部材条件〕 全部材共通

ヤング率： $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ポアソン比： 0.3

比重量： 78 kN/m^3

断面積： 0.0112 m^2 長さ： 10m

断面2次モーメント（第1軸）： $2.22 \times 10^{-4} \text{ m}^4$
（第2軸）： $3.57 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

サンプナン振り定数： $1.52 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

図3-1 ラーメン構造テストモデル（初期データ用）

図3-1に示すヤング率は初回計算用のもので、弾塑性データは図3-2の歪み・応力グラフによります。

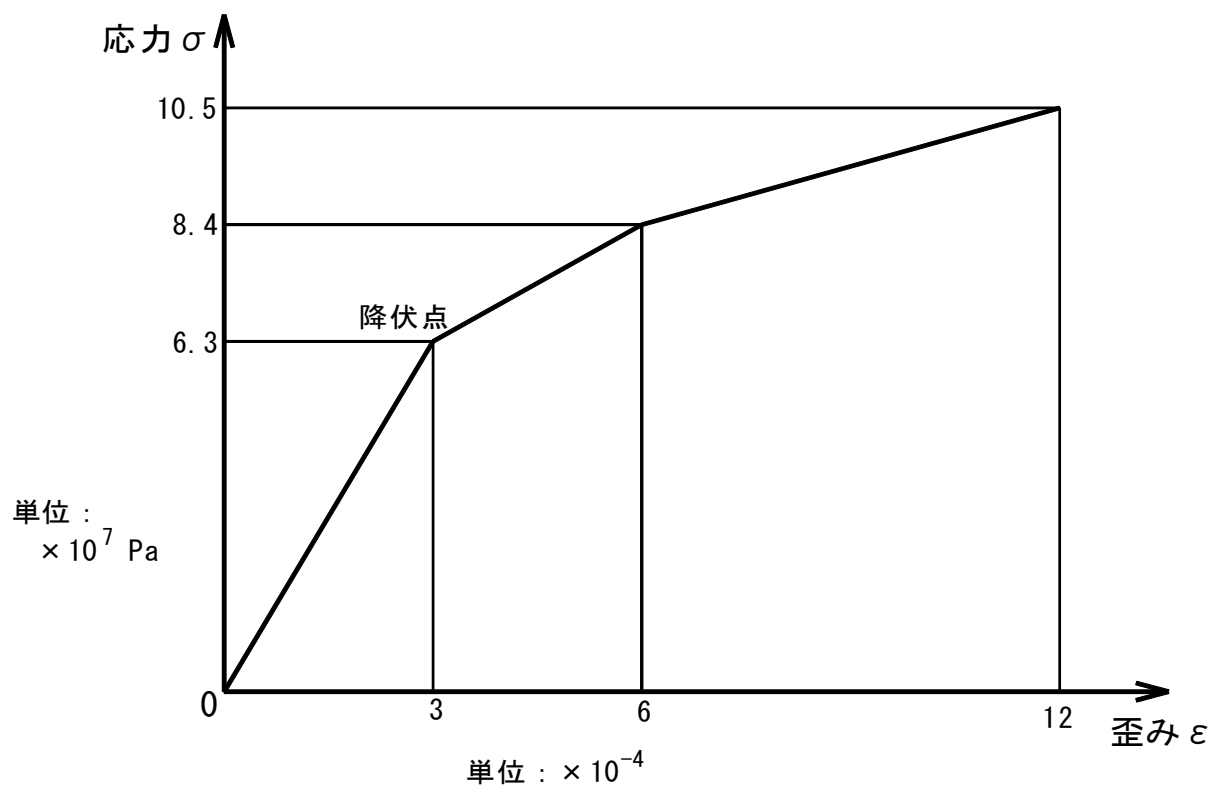


図3-2 テスト用の弾塑性歪み・応力グラフ

第4章 「Bars3D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「Bars3D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「部材3次元体解析（Bars3D）」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。

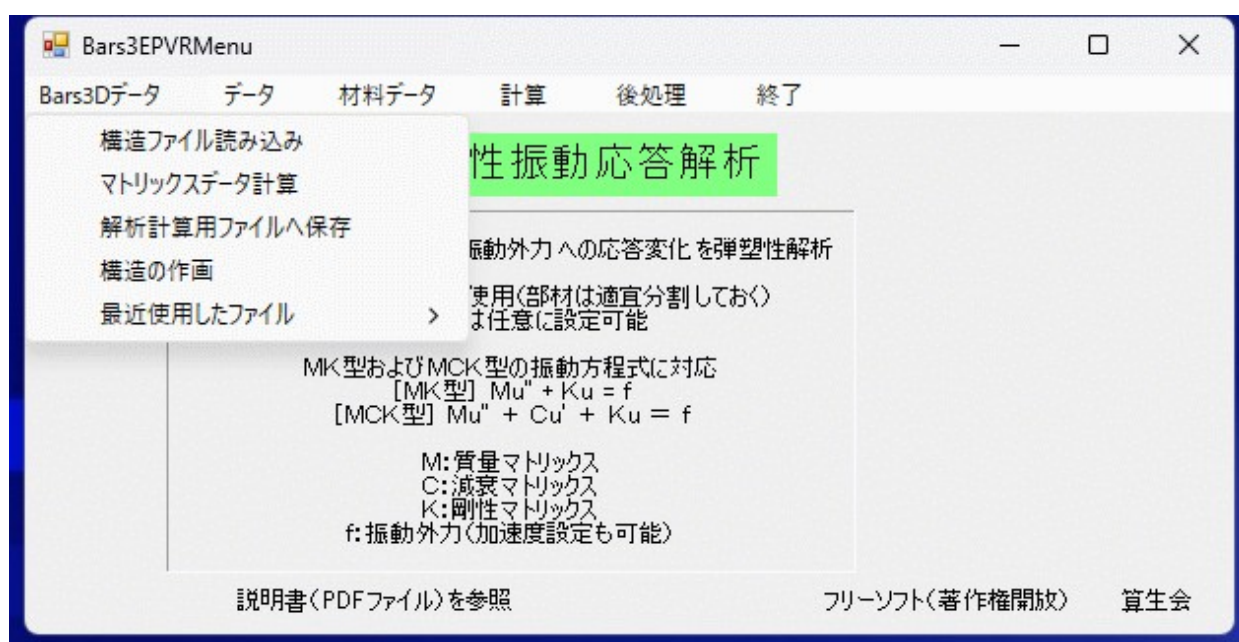


図4-1 「Bars3Dデータ」サブメニュー画面

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「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。
- ③「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。

- ④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

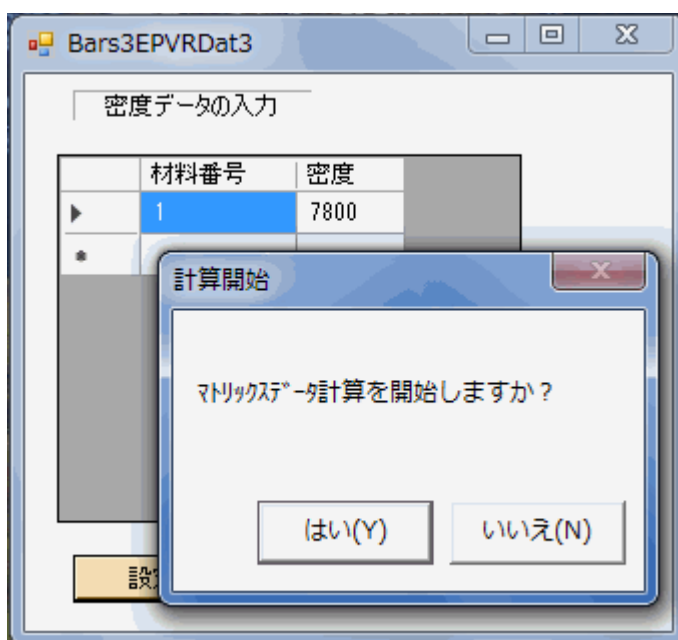


図4-3 マトリクスデータ計算開始のダイアログボックス

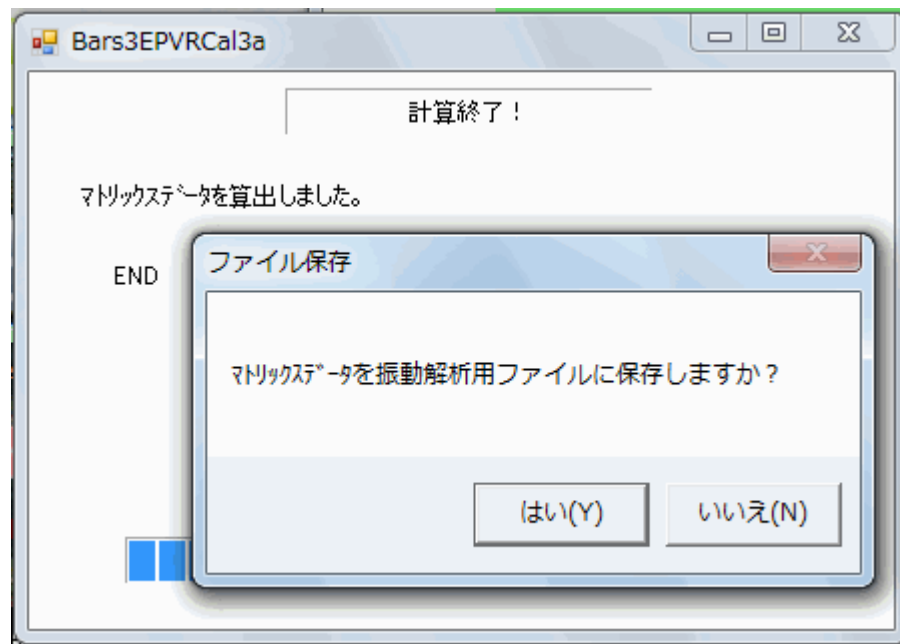


図4-4 マトリックスデータのファイル保存のダイアログボックス

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「EPVR」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、減衰マトリッ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、部材3次元体解析（Bars3D）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。

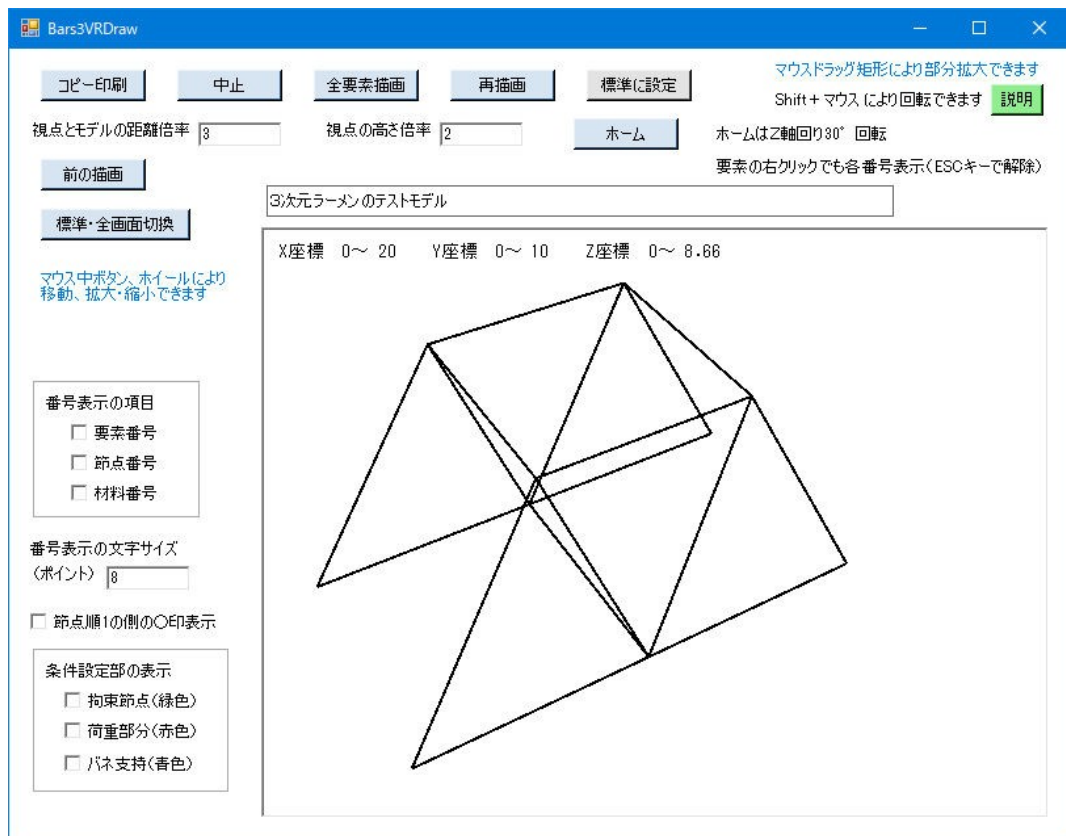


図4-5 構造図の画面例

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「Bars3D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」では、2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。同じく「材料別色分け」のチェックを外すと、構造図等が全要素一色で作画されます。

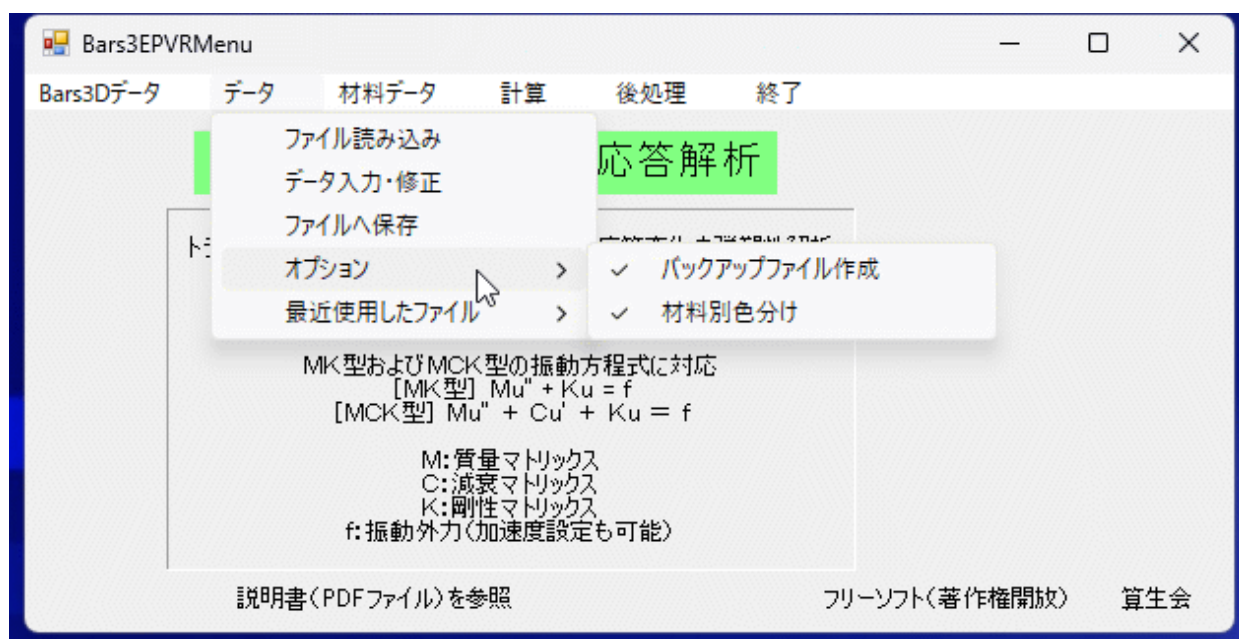


図5-1 「データ」サブメニュー画面

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5-2～5-4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。

③MCK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。

④次に、振動外力の節点数と時間メッシュ数をを入力します。

◇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。

⑤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。

⑥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。

⑦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。

図5-2 データ仕様入力画面（MK型）

Bars3EPVRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\部材3D弾塑性振動応答\Data\Rahm3testC.dat

タイトル

行列次数: 954

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）

Bars3EPVRDat1

データを入力してください。

[構造ファイル] C:\VB2022\部材3D弾塑性振動応答\Data\Rahm3testC.dat

タイトル

行列次数: 954

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）

5.4 密度データ一覧画面

図5-5に密度データ一覧画面を示します。本画面は「Bars3D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。

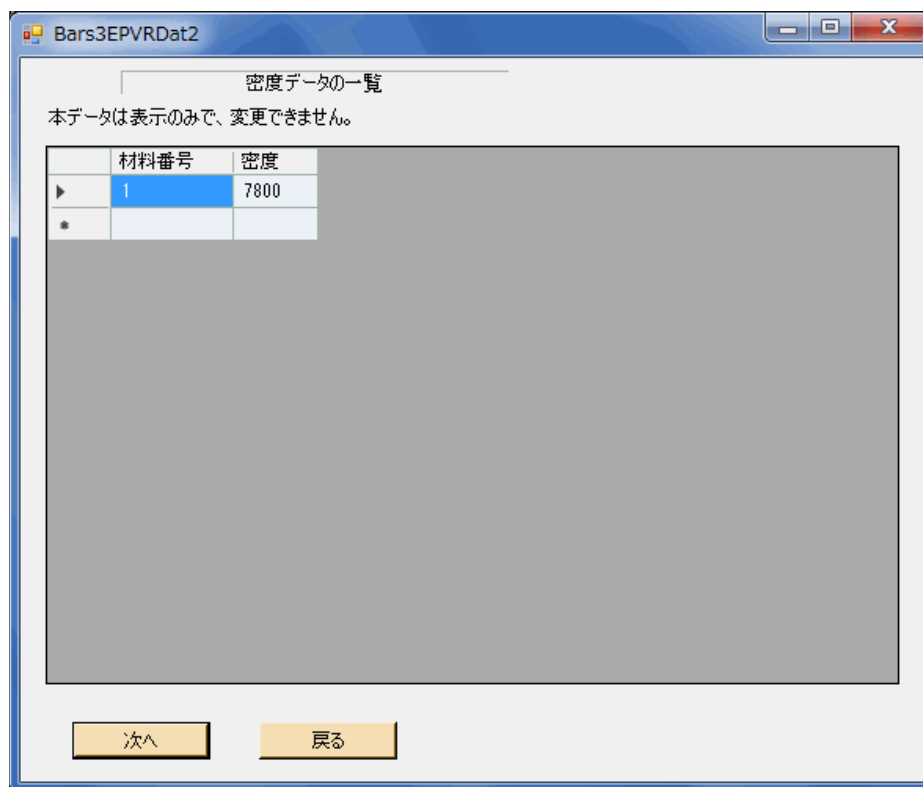


図5-5 密度データ一覧画面

5.5 行列データ入力画面

図5-6、図5-7に行列データ入力画面を示します。図5-6はMCK型および比例減衰のMCK型の場合、図5-7は減衰個別設定のMCK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「Bars3Dデータ」処理で算出された質量マトリックスなので、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5-7のC行列は、減衰個別設定のMCK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MCK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。

行列データの入力

行列の対角要素を入力してください。 M:質量

行番号	変位名称	M行列要素
1	u3	124.7985
2	v3	126.4626
3	w3	124.7987
4	$\theta \times 3$	2.959628
5	$\theta y3$	3.082371
6	$\theta z3$	2.959681
7	u4	124.7985
8	v4	126.4626
9	w4	124.7987
10	$\theta \times 4$	2.959628
11	$\theta y4$	3.082371
12	$\theta z4$	2.959681
13	u5	153.9185
14	v5	158.9106
15	w5	157.2468

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図5-6 行列データ入力画面（MK型、比例減衰のMCK型）

行列データの入力

各行列の対角要素を入力してください。 M:質量、C:減衰

行番号	変位名称	M行列要素	C行列要素
1	u3	124.7985	100
2	v3	126.4626	100
3	w3	124.7987	100
4	$\theta \times 3$	2.959628	100
5	$\theta y3$	3.082371	100
6	$\theta z3$	2.959681	100
7	u4	124.7985	100
8	v4	126.4626	100
9	w4	124.7987	100
10	$\theta \times 4$	2.959628	100
11	$\theta y4$	3.082371	100
12	$\theta z4$	2.959681	100
13	u5	153.9185	100
14	v5	158.9106	100
15	w5	157.2468	100

設定 戻る C行列一括設定 コピー 貼り付け 取り消し

図5-7 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5-8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。

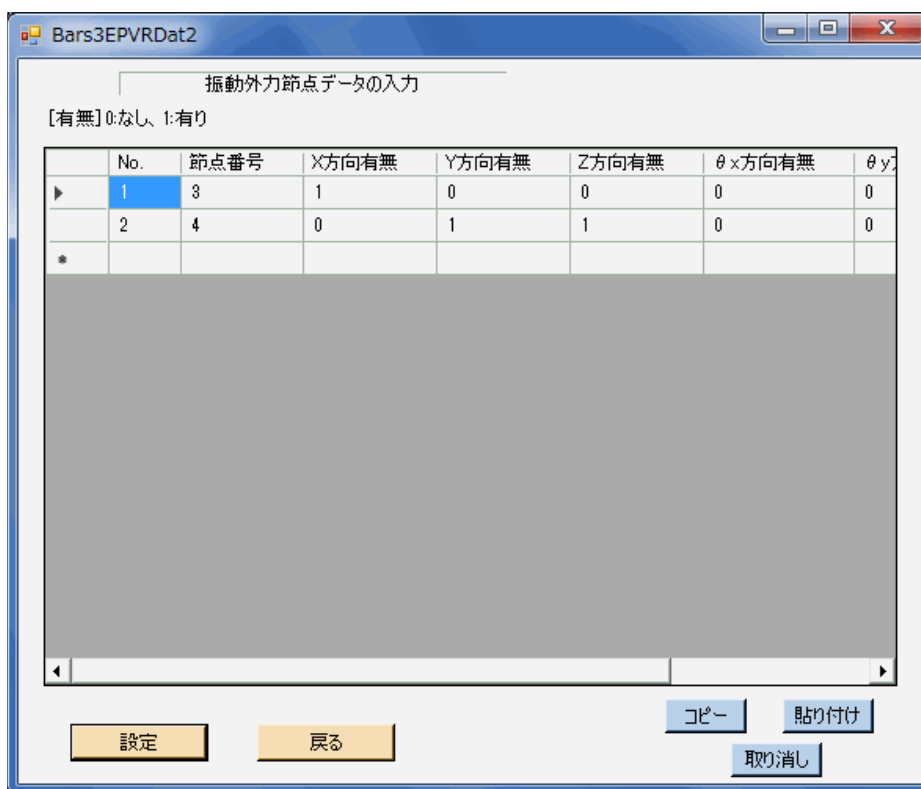
図5-8 ダンパーデータ入力画面

5.7 外力節点データ入力画面

図5-9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、各座標軸方向荷重有無を入力します。
 - ◇各座標軸は、トラスではX, Y, Zの3つ、ラーメンではX, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z の6つです。
 - ◇各座標軸方向荷重有無は、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。



No.	節点番号	X方向有無	Y方向有無	Z方向有無	θx方向有無	θy方向有無	θz方向有無
1	3	1	0	0	0	0	0
2	4	0	1	1	0	0	0
*							

図5-9 外力節点データ入力画面

5.8 振動外力データ入力画面

図5-10に振動外力データ入力画面を示します。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。なお、各 θ 方向の外力は力指定ではモーメント、加速度指定では角加速度となります。

- 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。



図5-10 振動外力データ入力画面

5.9 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5-11にラーメンの入力データファイル例を示します。同図は減衰個別設定の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5-11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163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。
- ⑤同じくMCK型ではダンパー数が表示され、本例では0となっています。
- ⑥解析の種類と次行の境界拘束の除去は、本ソフトには関係ありませんが、「部材3D振動応答解析」とのデータ互換性のために入れてあります。

◇「部材3D振動応答解析」の入力データファイルはそのまま使用できます。ただし、解析の種類と境界拘束の解除は0でなければなりません。

- ⑦材料の密度を示しています。

⑧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、1～6がそれぞれX, Y, Z, θ_x , θ_y , θ_z 方向に相当します。

⑨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。

⑩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。

⑪以下に振動外力の全データを示しています。

⑫振動外力の節点数を示しています。

⑬振動外力の荷重個数を示しています。

◇荷重個数は、各変位方向荷重の総個数を意味します。

⑭振動外力の時間メッシュ数を示します。

⑮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。

⑯振動外力の節点数No. 毎に、節点番号と各変位方向荷重有無を示しています。

⑰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20であるので、No. は0～20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5-12にラーメンで減衰個別設定MCK型の一般応答について、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, Bars3EPVibRes
[Bars3D構造ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testC.dat ①
3次元ラーメンのテストモデル
問題のタイプ, 2
節点数, 163 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
行列の次数, 954
材料データ数, 1
<材料の密度>材料番号、密度 ⑦
1, 7800
<行列の変数番号対応>変数番号、節点番号、変位方向 ⑧
1, 3, 1
2, 3, 2
3, 3, 3
4, 3, 4
5, 3, 5
6, 3, 6
7, 4, 1
. . . . .
. . . . .
950, 163, 2
951, 163, 3
952, 163, 4
953, 163, 5
954, 163, 6
<M行列(質量マトリックス)>行番号、対角要素 ⑨
1, 124.7985
2, 126.4626
3, 124.7987
4, 2.959628
5, 3.082371
6, 2.959681
7, 124.7985
. . . . .
. . . . .
950, 58.24
951, 64.896
952, 1.664
953, 1.172964
954, 1.664

```

図5-11 (1/2) 入力データファイル例(ラーメン、減衰個別設定MCK型)

< C 行列（減衰マトリックス） > 行番号、各要素										⑩
1,	1000									
2,	1000									
3,	1000									
4,	1000									
5,	1000									
6,	1000									
7,	1000									
...										
...										
950,	1000									
951,	1000									
952,	1000									
953,	1000									
954,	1000									

< 振動外力データ >										⑪
振動外力の節点数, 2										⑫
振動外力の荷重個数, 3										⑬
振動外力の時間メッシュ数, 20										⑭
振動外力の種類 (0: 力、1: 加速度), 0										⑮
No.、節点番号、各方向有無 (X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z)										⑯
1,	3,	1,	0,	0,	0,	0,	0,	0		
2,	4,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	0		
時間No.、u3、v4、w4										⑰
0,	100,	-100,	-1000							
1,	2000,	-1250,	-4000							
2,	4000,	-2500,	-7000							
3,	6000,	-3750,	-10000							
4,	8000,	-5000,	-7000							
5,	10000,	-3750,	-4000							
6,	8000,	-2500,	-1000							
7,	6000,	-1250,	1000							
8,	4000,	0,	4000							
9,	2000,	1250,	7000							
10,	0,	2500,	10000							
...										
...										
16,	-8000,	0,	-7000							
17,	-6000,	-1250,	-10000							
18,	-4000,	-2500,	-7000							
19,	-2000,	-1250,	-4000							
20,	0,	-100,	-1000							

図5-11 (2/2) 入力データファイル例（ラーメン、減衰個別設定MCK型）

```

プログラム名, Bars3EPVibRes
[Bars3D構造ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testC.dat
3次元ラーメンのテストモデル（ダンパー有り）
問題のタイプ, 2
節点数, 163
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 ①
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, 954
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 ②
1, 4, 5, 0, 0, 0, 2000
2, 3, 0, 5, -10, 2, 1000
<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, 3, 1
2, 3, 2
3, 3, 3
. . . . .
. . . . .
952, 163, 4
953, 163, 5
954, 163, 6
<M行列（質量マトリックス）>行番号、対角要素
1, 124.7985
2, 126.4626
3, 124.7987
. . . . .
. . . . .
<C行列（減衰マトリックス）>行番号、各要素
1, 1000
2, 1000
3, 1000
. . . . .
. . . . .
-----
<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、各方向有無(X、Y、Z、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ )
1, 3, 1, 0, 0, 0, 0, 0
2, 4, 0, 1, 1, 0, 0, 0
時間No.、u3、v4、w4
0, 100, -100, -1000
1, 2000, -1250, -4000
. . . . .
. . . . .
19, -2000, -1250, -4000
20, 0, -100, -1000

```

図5-12 入力データファイル例（ラーメン、減衰個別設定MCK型、ダンパー有り）

5.10 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 「材料データ」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「材料データ」のサブメニュー選択画面を図6-1に示します。同図に示すように、4つのサブメニューがあります。全く新たにデータを作成する場合は「データ入力・修正」を選択しますが、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先に「ファイル読み込み」を行ないます。

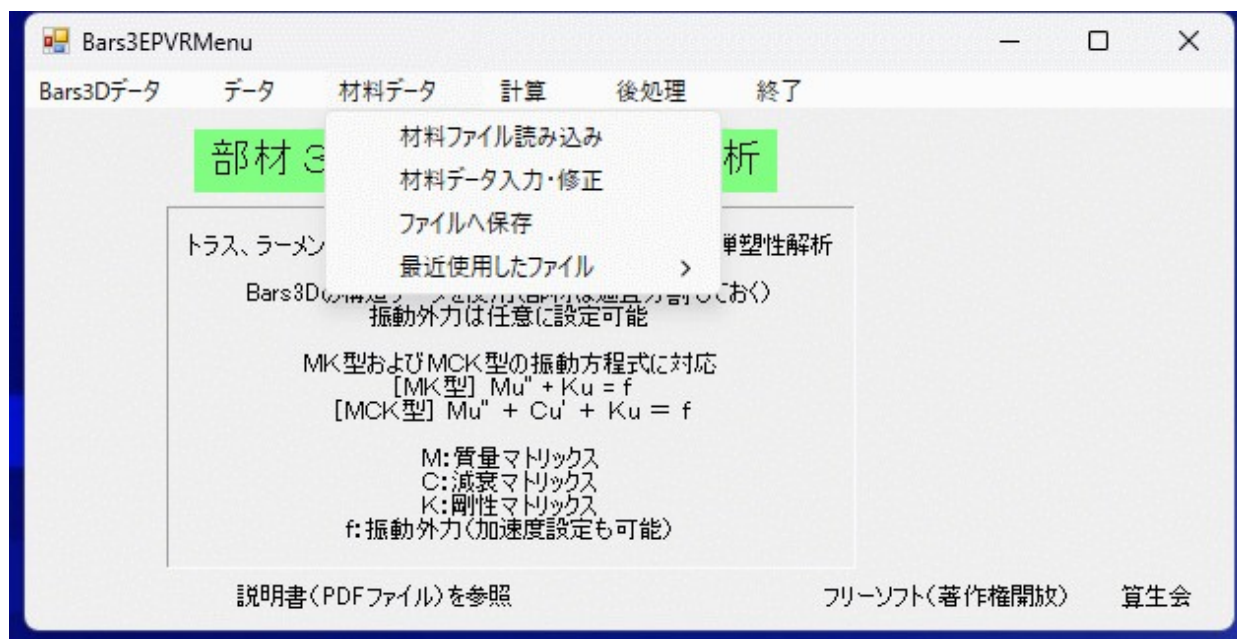


図6-1 「材料データ」サブメニュー画面

6.2 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。

6.3 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6-2のデータ仕様入力画面となります。同図では図3-2の弾塑性データを取り上げており、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次に材料データ数を入力します。

◇材料データ数は、計算で使用する構造データのものと同じでなければなりません。

③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。

④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。

材料データを入力してください。

タイトル

材料データ数

図6-2 データ仕様入力画面

6.4 物性区分数の入力画面

図6-3に物性区分数の入力画面を示します。

①各材料毎に物性区分数を入力します。

◇物性区分数は、歪み ε による応力 σ の変化区分数です。そして、各区分において、それらの関係は直線変化となります。

②物性区分数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。

材料の歪み・応力の物性区分数の入力

各区分で線形変化

	材料番号	物性区分数
▶	1	3
*		

図6-3 物性区分数の入力画面

6.5 歪み・応力データの入力画面

図6-4に歪み・応力データの入力画面を示します。本画面は材料毎に表示されます。

①各区分端番号毎に、歪みと応力を入力します。

◇区分端番号は0から始まります。

◇各区分における歪みと応力の関係は、区分両端の点を結ぶ直線関係となります。

なお、計算時に相当応力 σ_a が最大区間をはみ出した場合は、最大区間の延長線上になります。

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。

◇「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歪み・応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次の画面に移ります。

◇データ数だけの歪み・応力データを入力し終った場合は、図6-2のデータ仕様入力画面に戻ります。

区分端番号	歪み	応力
0	0	0
1	.0003	6.3E+07
2	.0006	8.4E+07
3	.0012	1.05E+08
*		

図6-4 歪み・応力データの入力画面

6.6 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、材料データファイルを設定すると、データが書き出されます。データファイルの拡張子は「.dat」です。これは、部材3次元体解析の構造データと同じ拡張子なので、注意してください。もちろん、他のファイル名に変更しても構いません。

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。先に材料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6-5に材料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。

```
プログラム名, Bars3EPVibRes
弾塑性テストデータ（3区分）
材料データ数, 1
各材料の物性区分数（材料番号、区分数）
    1, 3
各材料の歪み・応力データ
材料番号, 1
    区分番号、歪み、応力
        0, 0, 0
        1, .0003, 6.3E+07
        2, .0006, 8.4E+07
        3, .0012, 1.05E+08
```

図6-5 材料データファイル例

6.7 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7章 「計算」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「計算」のサブメニュー画面を図7-1に示します。サブメニューの「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。

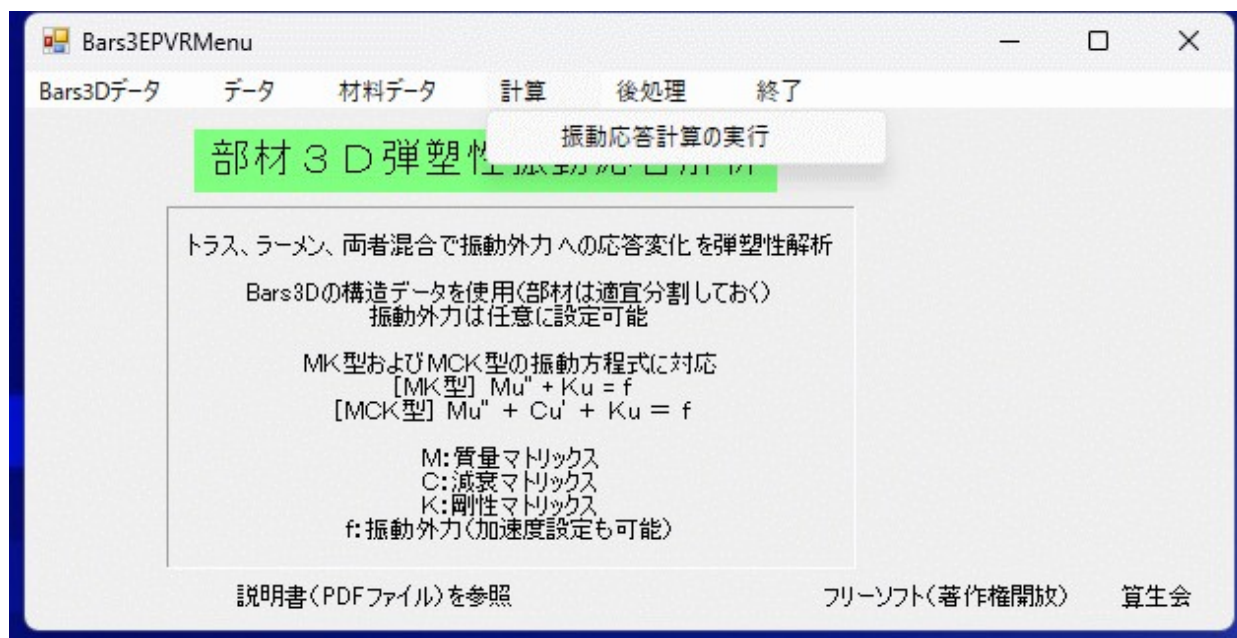


図7-1 「計算」サブメニュー画面

7.2 「計算」ファイル設定

図7-2に「計算」ファイル設定画面を示します。

- ①「入力D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構造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。
- ②同様に、「材料ファイル指定」ボタンをクリックして、材料データファイルを選定できます。
- ③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。

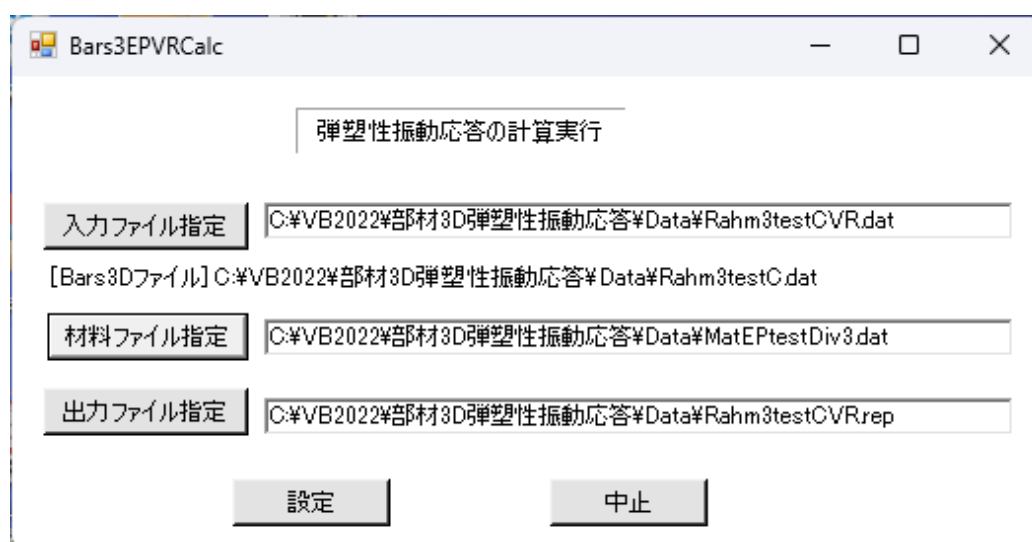


図7-2 「計算」ファイル設定画面

7.3 計算条件入力画面

図7-3に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静荷重の有無では、「なし」か「有り」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、構造データで拘束節点がない場合には、解が不定になるため、「有り」を選択できません。

⑥変形区分では、「小変形」か「大変形」を選択します。

◇通常は「小変形」のままで問題ありません。「大変形」は、変形による節点位置

の変化が無視できない場合に選択します。

⑥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。

〔備考〕弾塑性計算および「大変形」計算において、最大繰返し計算回数と収束基準誤差率はプログラム内で自動設定されています。

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled "Bars3EPVRCal2". 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 several input fields and groups of radio buttons. The fields include "計算打ち切り時間" (Calculation stop time) set to 1, "計算時間間隔" (Calculation time interval) set to .01, "振動外力時間間隔の倍率" (Vibration external force time interval multiplier) set to 1, and "出力時間間隔の倍率" (Output time interval multiplier) set to 1, with a note "(1以上の整数、計算時間間隔対比)" (Integer 1 or above, ratio to calculation time interval). There are two groups of radio buttons: "静荷重の有無" (Presence of static load) with "なし" (None) and "有り" (Present), where "有り" is selected; and "変形区分" (Deformation category) with "小変形" (Small deformation) and "大変形" (Large deformation), where "小変形" is selected. At the bottom, there are two input fields for evaluation coefficients: "曲げ応力の評価係数" (Bending stress evaluation coefficient) and "剪断応力の評価係数" (Shear stress evaluation coefficient), both set to .8. A note below these states "評価係数は、歪み・応力関係評価で適用する対象応力の最大値に対する比率(1以下)" (Evaluation coefficient is the ratio of the maximum value of the target stress to be applied in the strain-stress relationship evaluation to the maximum value (1 or below)). At the very bottom are two buttons: "設定" (Settings) and "戻る" (Back).

図7-3 計算条件入力画面

7.4 計算終了

図7-4に計算終了画面、図7-5に計算確認ダイアログ画面を示します。図7-4では、かかった計算時間が12sと表示されています。また、図7-5の計算確認ダイアログ画面では、最大値等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。

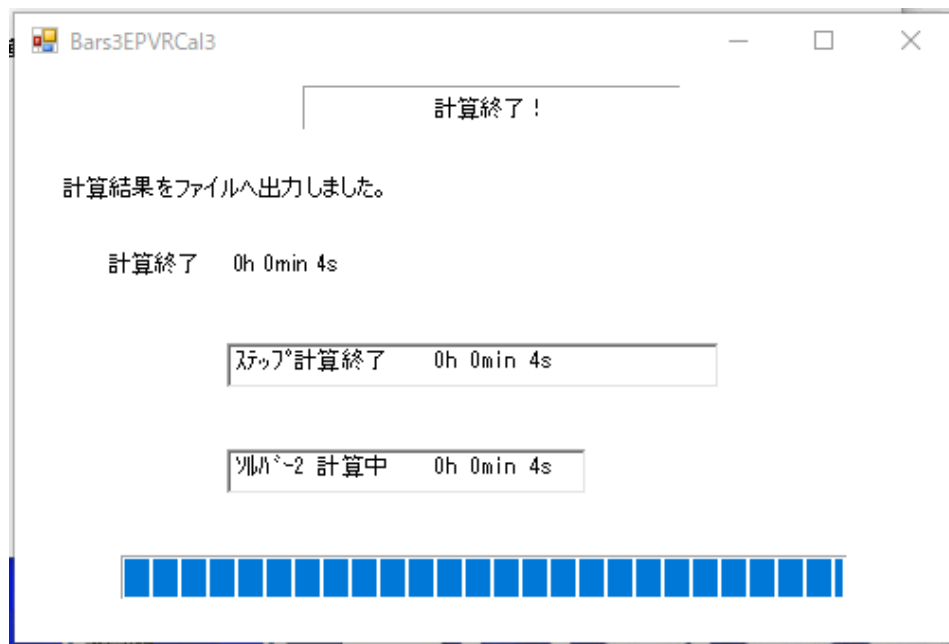


図7-4 計算終了画面

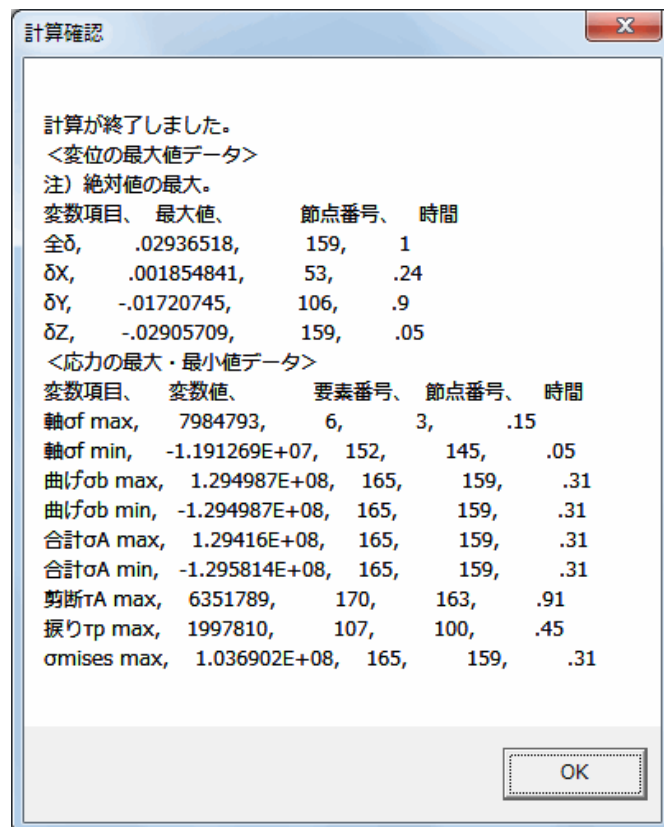


図7-5 計算確認ダイアログ画面（ラーメンの場合）

7.5 計算結果

上記7.2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7-6にラーメン例題（MK型）の計算結果ファイルを示します。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パラメータ条件を次行以下に示しています。

⑤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。

⑥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。

⑦振動外力データを出力しています。

⑧すべての振動外力節点について、時間、節点番号、各方向外力を出力しています。

◇各方向外力は、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、「各方向加速度」と表示されます。

⑨変位データを出力しています。

⑩すべての節点について、時間、節点番号、各方向変位を出力しています。

◇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。

⑪次に応力・軸力等の出力では、要素No.、節点No.、軸応力 $\sigma_{f\ell}$ 、軸力、剪断 FyB 、 FzB 、振りモーメント MxB 、曲げモーメント MyB 、 MzB 、曲げ応力 σ_{bU} 、 σ_{bL} 、合計応力 σ_{AU} 、 σ_{AL} 、合成剪断応力 τ_A 、振り応力 τ_p 、Mises応力 σ_{mises} 、および降伏点超過が出力されています。

◇軸応力と軸力は、引張を正、圧縮を負としています。

◇曲げ応力と合計応力は、添え字U、Lが最大値、最小値を意味します。

◇降伏点超過とは、要素の σ_{mises} が $\varepsilon \cdot \sigma$ 線の降伏点（第1入力点）を超過しているかどうかで、超過なしの場合は0、超過有りの場合は1が出力されます。

⑫全節点の荷重を出力しています。

⑬拘束節点の反力を出力しています。

⑭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。

⑮全出力時間間隔の結果データの後、振動外力と変位の最大値データを出力しています。

⑯さらに、応力・軸力等の最大・最小値データを出力しています。

⑰計算時間は4sです。

<<MK型部材3D弾塑性振動応答の解析結果>>

3次元ラーメンのテストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR. dat ①

[Bars3Dデータファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testC. dat

[材料データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥MatEPtestDiv3. dat

静荷重有り ②

小変形計算を適用 ③

<パラメーター条件> ④

計算打ち切り時間, 1

計算時間間隔, .01

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 ***

M行列要素の最大値, 158.9106 ⑤

K行列要素の最大値, 6.728276E+09

<時間メッシュ番号、時間>, 0, 0 ⑥

<振動外力データ> ⑦

時間、節点番号、各方向外力 (X、Y、Z、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z) ⑧

0, 3, 100, 0, 0, 0, 0, 0

0, 4, 0, -100, -1000, 0, 0, 0

<変位データ> ⑨

時間、節点番号、 δX 、 δY 、 δZ 、 θ_x 、 θ_y 、 θ_z ⑩

0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0

0, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0

0, 3, .0001836993, 2.051912E-07, -.0006044831,

-.0007427796, .0002153989, .0001186332

0, 4, .0001836992, -1.962278E-07, -.0006044831, .0007427795, .0002153988,

-.0001186324

0, 5, -2.439344E-05, -8.739856E-07, -.001123815, -.0006395905, 1.890199E-06,

-.0006031659

.....

.....

0, 162, -8.411989E-05, -1.016994E-06, -.01698121, .007133075, -.0002050047,

4.804983E-05

0, 163, -.0001390124, -1.307813E-06, -.009233307, .008251708, -.0002050046,

6.17352E-05

*** 応力・軸力等の出力 ***

時間、要素No.、節点No.、 σ_f 、軸力、 F_yB 、 F_zB 、 M_xB 、 M_yB 、 M_zB 、 ⑪

σ_{bU} 、 σ_{bL} 、 σ_{AU} 、 σ_{AL} 、 τ_A 、 τ_p 、 σ_{mises} 、降伏点超過

0, 1, 1, -512262.2, -5737.336, 4554.615, 27.12375, 7.852203, -90.39933,

10333.12, 1.057344E+07, -1.057344E+07, 1.006118E+07, -1.10857E+07, 718600.8,

157358.8, 9055704, 0

0, 1, 11, -512262.2, -5737.336, -4554.615, -27.12375, -7.852203, 63.27559,

-5778.5, 6090829, -6090829, 5578567, -6603091, 718600.8, 157358.8, -

5524860, 0

図7-6 (1/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

```

. . . . .
. . . . .
0, 170, 163, -61072.01, -684.0065, -39931.26, 9.818612E-05, -1.607875E-05,
-10.25994, -36621.73, 3.313604E+07, -3.313604E+07, 3.307497E+07, -
3.319712E+07, 6310566, .3222193, -2.797178E+07, 0
0, 170, 8, -61072.01, -684.0065, 39931.26, -9.818612E-05, 1.607875E-05,
10.25986, -3309.94, 3125422, -3125422, 3064350, -3186494,
6310566, .3222193, -9111611, 0
-----
** 全節点の荷重出力 **                                     ⑫
<時間、節点番号, Fx、Fy、Fz、Mx、My、Mz>
0, 1, 1.525879E-05, 0, -873.5904, 0, 109.1992, 0
0, 2, 1.525879E-05, 0, -873.5904, 0, 109.1992, 0
0, 3, .01622946, -.0008288972, -1747.051, -72.80213, 72.78931, -.0003012059
0, 4, .09387352, -.0003289309, -1747.206, 72.81853, 72.80318, .0001023837
0, 5, -.0464259, .0005142175, -102184.3, -72.83049, -.01628524, .0004753131
. . . . .
. . . . .
0, 162, -.0001656112, -15.29461, -8378.824, 1512.912, 3.618838E-
06, .2294552
0, 163, .0001134639, -.0003316239, -8874.212, -.1997779, -2.776553E-06,
4.303227E-06
-----
** 拘束節点の反力 **                                     ⑬
<時間、節点番号, Fx、Fy、Fz、Mx、My、Mz>
0, 1, 56798.99, 4.479302, 97109.23, -81.72314, -13327.9, -34.87298
0, 2, 56798.98, -4.479301, 97109.21, 81.72343, -13327.9, 34.87307
0, 9, -56798.79, 364.2026, 117146, -939.0882, 13695.73, -697.308
0, 10, -56798.78, -364.2024, 117146, 939.0881, 13695.7, 697.3076
-----
<時間メッシュ番号、時間>, 1, .01                                     ⑭
<振動外力データ>
時間、節点番号、各方向外力 (X、Y、Z、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ )
.01, 3, 2000, 0, 0, 0, 0, 0
.01, 4, 0, -1250, -4000, 0, 0, 0
<変位データ>
時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ 
. . . . .
. . . . .
-----
<時間メッシュ番号、時間>, 2, .02
<振動外力データ>
時間、節点番号、各方向外力 (X、Y、Z、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ )
.02, 3, 4000, 0, 0, 0, 0, 0
.02, 4, 0, -2500, -7000, 0, 0, 0
<変位データ>
時間、節点番号、 $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$ 

```

図7-6 (2/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

.....
.....

<振動外力と変位の最大値データ>

⑮

注) 絶対値の最大。

変数項目、	最大値、	節点番号、	時間
F vx,	10000,	3,	.05
F vy,	-5000,	4,	.04
F vz,	-10000,	4,	.03
全 δ ,	.02936518,	159,	1
δ X,	.001854841,	53,	.24
δ Y,	-.01720745,	106,	.9
δ Z,	-.02905709,	159,	.05
θ x,	-.008654043,	7,	.91
θ y,	.0003043833,	92,	.81
θ z,	.003763333,	113,	.24

<応力・軸力等の最大・最小値データ>

⑯

注) 正負の最大、最小。

変数項目、	変数值、	要素番号、	節点番号、	時間
軸 σ f max,	7984793,	6,	3,	.15
軸 σ f min,	-1.191269E+07,	152,	145,	.05
軸力 max,	89429.67,	6,	3,	.15
軸力 min,	-133422.1,	152,	145,	.05
剪断 F yB max,	40221.01,	170,	8,	.91
剪断 F yB min,	-40221.01,	170,	163,	.91
剪断 F zB max,	992.921,	3,	29,	.19
剪断 F zB min,	-992.921,	3,	1,	.19
振り M xB max,	99.69071,	107,	8,	.45
振り M xB min,	-99.69071,	107,	100,	.45
曲げ M yB max,	3055.949,	116,	7,	.75
曲げ M yB min,	-3089.329,	125,	8,	.9
曲げ M zB max,	143298.8,	165,	159,	.3
曲げ M zB min,	-143299.2,	166,	159,	.3
曲げ σ b max,	1.294987E+08,	165,	159,	.31
曲げ σ b min,	-1.294987E+08,	165,	159,	.31
合計 σ A max,	1.29416E+08,	165,	159,	.31
合計 σ A min,	-1.295814E+08,	165,	159,	.31
剪断 τ A max,	6351789,	170,	163,	.91
振り τ p max,	1997810,	107,	100,	.45
σ mises max,	1.036902E+08,	165,	159,	.31

END 0h 0min 4s

⑰

図7-6 (3/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

第8章 「後処理」プログラム

8.1 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8-1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。

「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。

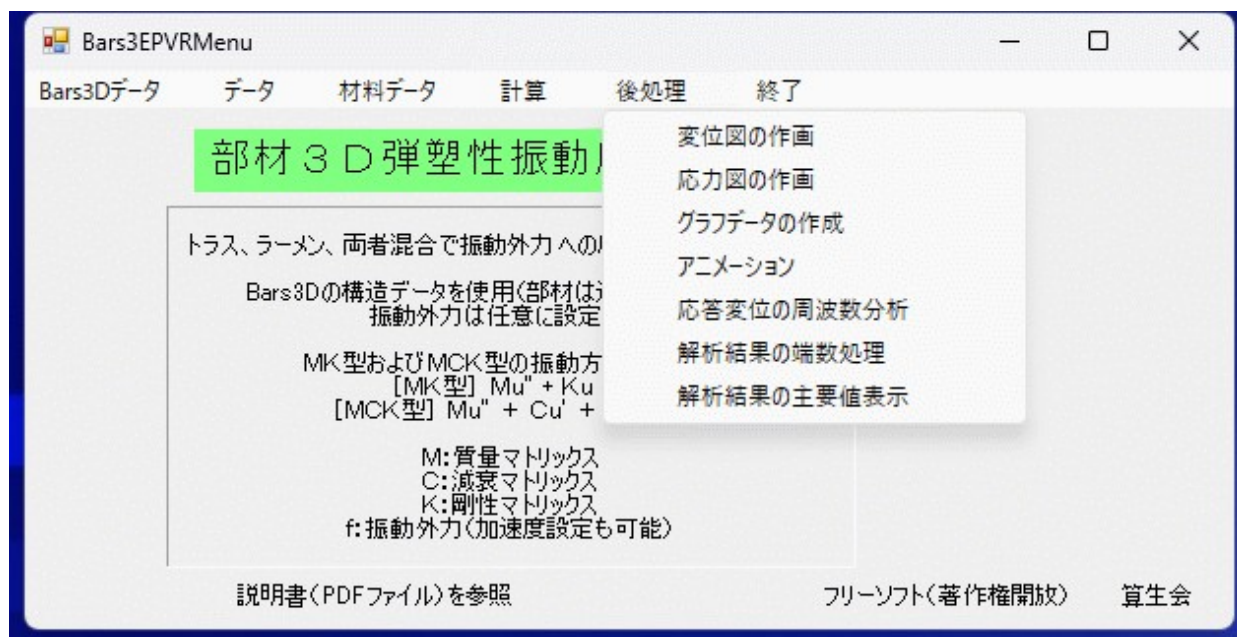


図8-1 「後処理」サブメニュー画面

8.2 使用ファイルの設定

図8-2に使用ファイル設定画面を示します。同画面で、表題が「変位図の作成」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。

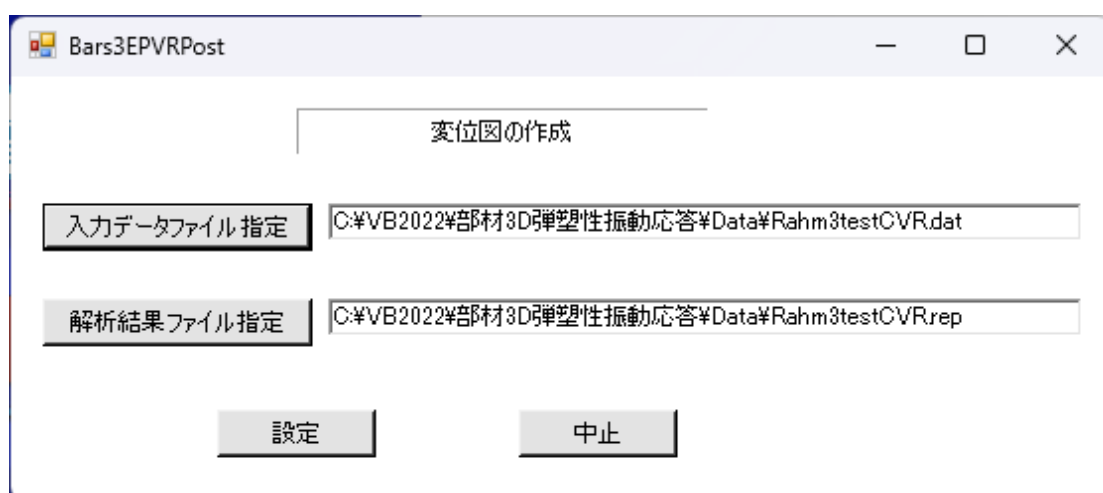


図8-2 使用ファイル設定画面

8.3 変位図の仕様設定画面

図8-3に仕様設定画面を示します。

- ①本画面で時間メッシュ番号を入力します。

◇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。

- 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8-4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、次の作画画面に移ります。

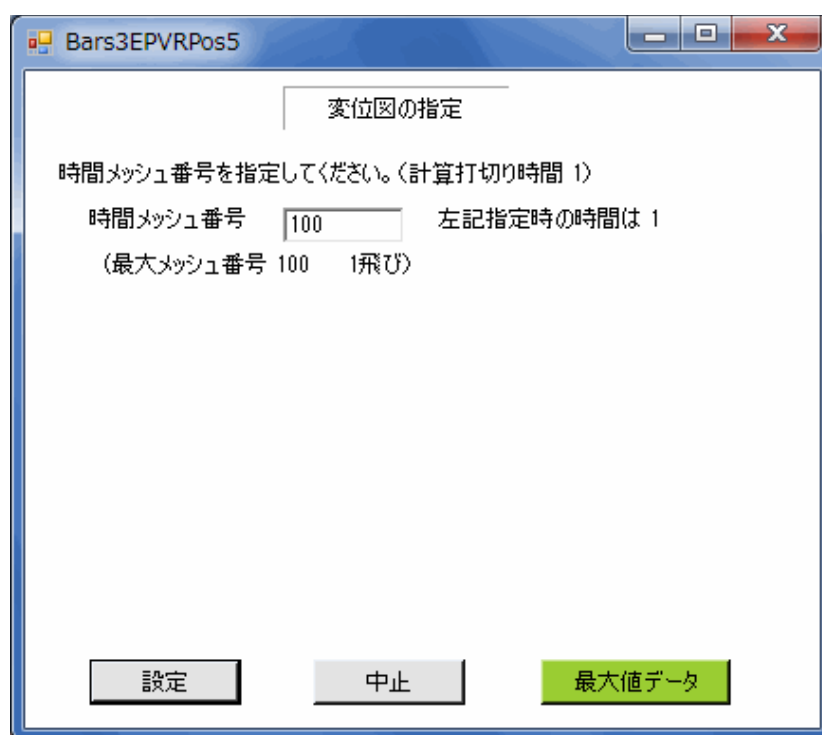


図8-3 変位図の仕様設定画面

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
全 δ ,	.02936518,	159,	1
δX ,	.001854841,	53,	.24
δY ,	-.01720745,	106,	.9
δZ ,	-.02905709,	159,	.05
θx ,	-.008654043,	7,	.91
θy ,	.0003043833,	92,	.81
θz ,	.003763333,	113,	.24

図8-4 変位関連の最大値データの表示例

8.4 変位図の作画画面

図8-5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。

◇回転変位 θ_x , θ_y , θ_z は除外しています。

- 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。

- 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8-6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。

- ⑥「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。

- ⑦「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。

- ⑧「番号表示の項目」は、「要素番号」と「節点番号」の内、表示したい項目を重複選択できます。

◇「番号表示の文字サイズ」は任意の値に設定できます。

- ⑨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。

- ⑩マウス右クリックで任意の節点を選択すると、図8-7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。
- ⑪「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8-8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。
 - ◇変位図の「説明」ボタンをクリックすると、図8-8と同じ説明図が表示されます。
- ⑫「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。
- ⑬「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。
- ⑭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。
- ⑮マウスドラッグ矩形により、変位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8-9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8-10のように選択領域が拡大されて表示されます。ただし、図8-10では節点番号を表示してあります。
 - ◇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。
- ⑯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。
- ⑰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。
- ⑱本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックします。

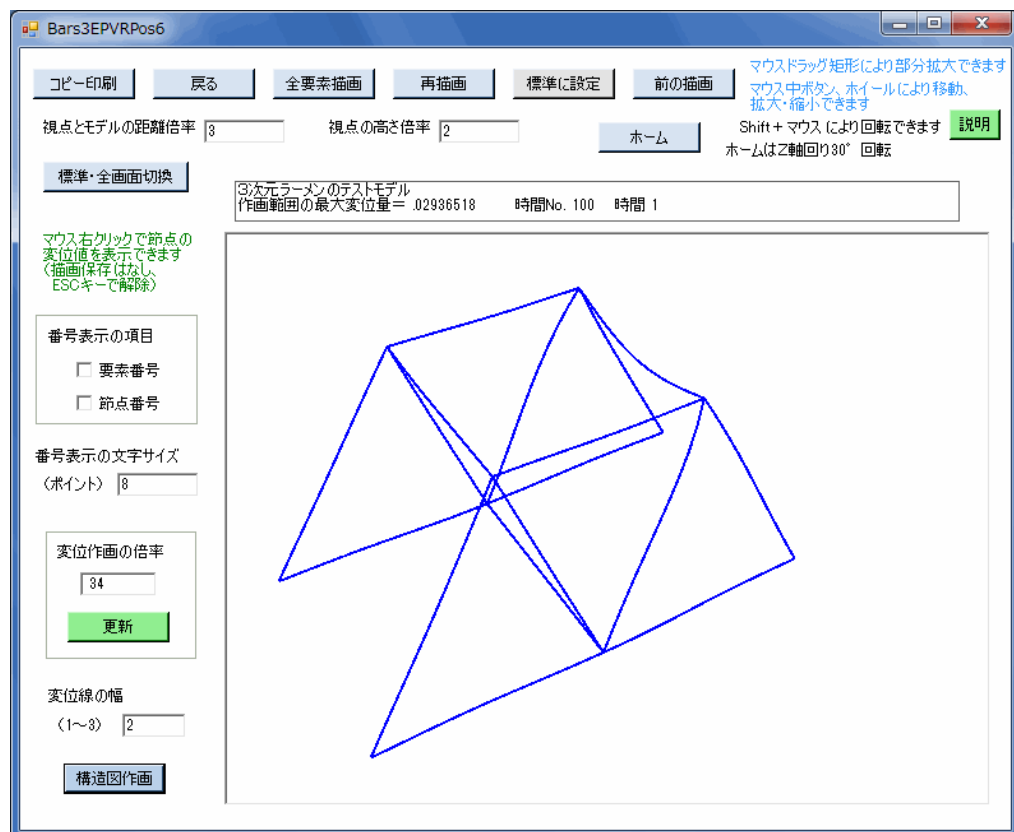
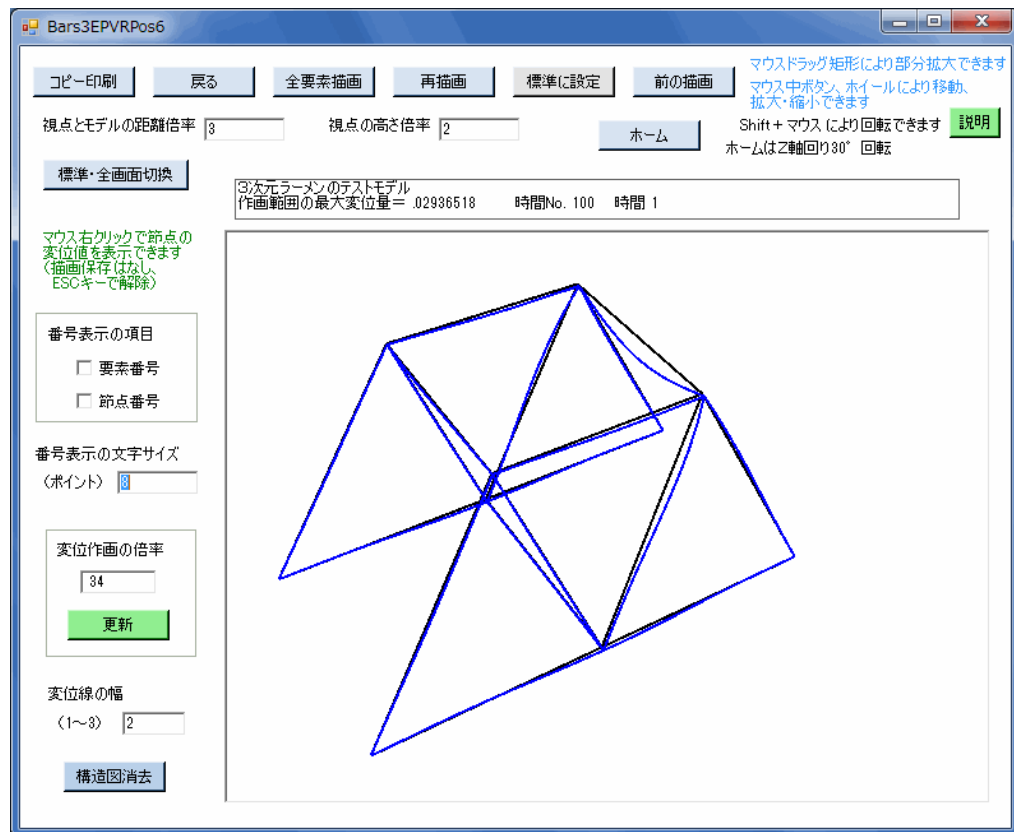


図8-6 変位図の作画画面（構造図消去）

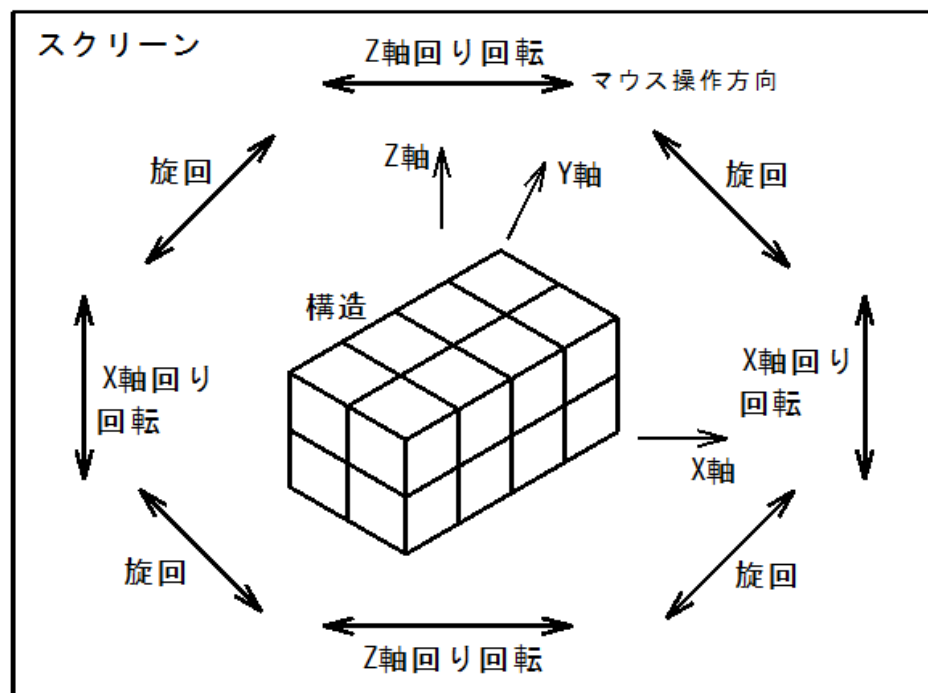
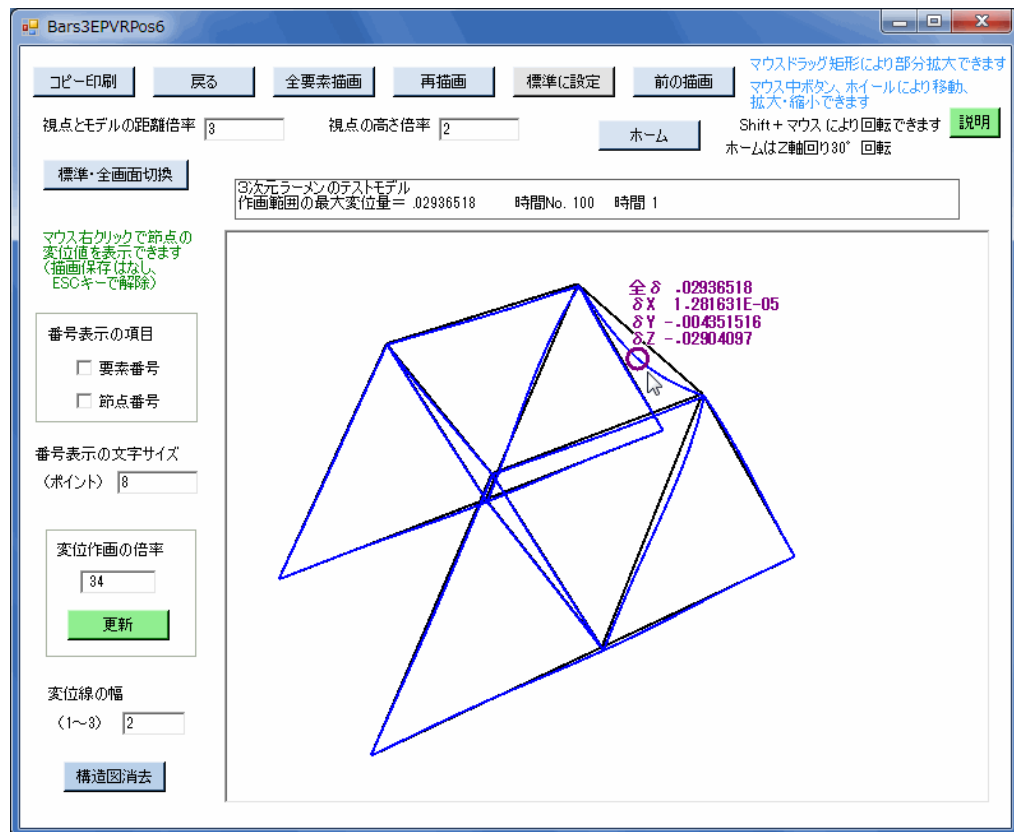


図8-8 マウスの移動方向と回転方向との関係 (Shiftキー併用)

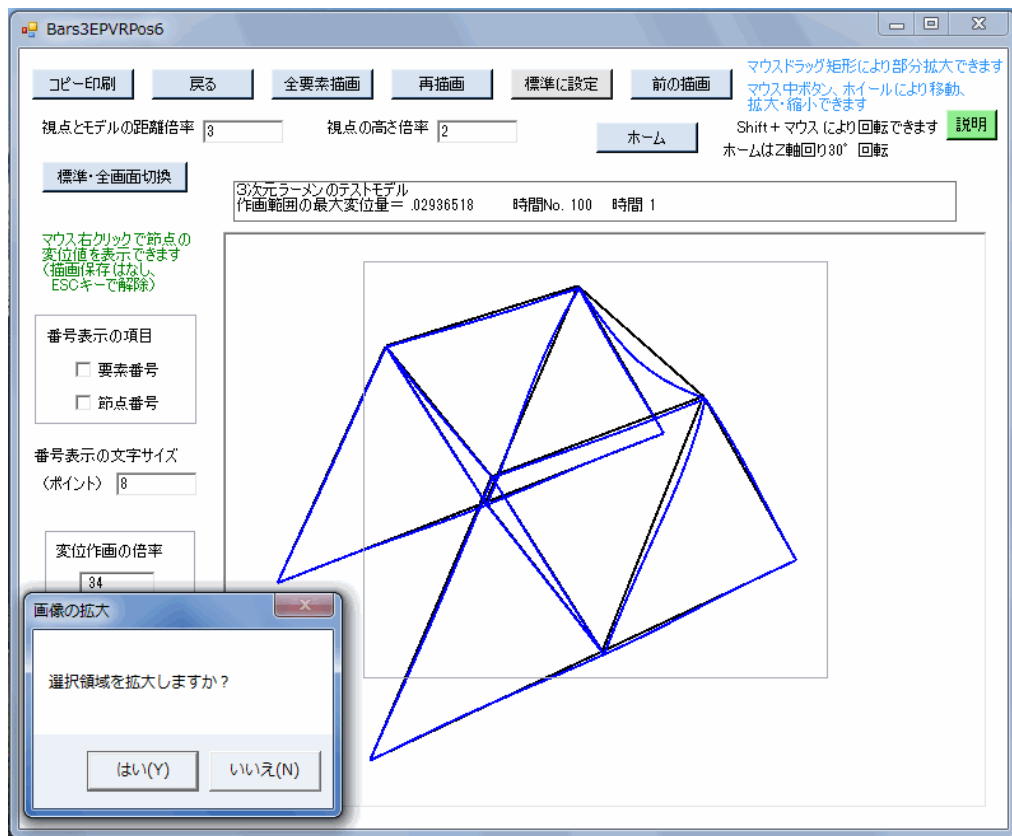


図8-9 変位図画面における拡大領域選択例

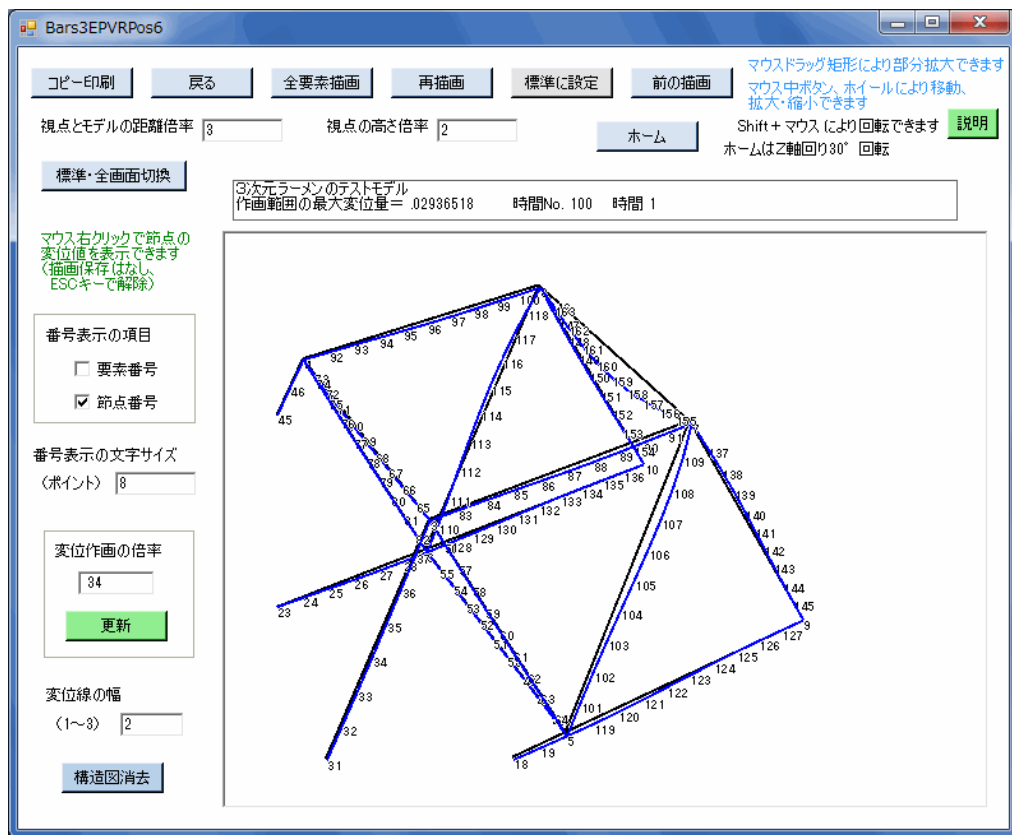


図8-10 変位図画面における部分拡大例

8.5 応力図の仕様設定画面

図8-11に仕様設定画面を示します。

①本画面で時間メッシュ番号を入力します。

◇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。

②さらに、指定したい変数項目を選択します。

◇ σf は軸荷重による軸応力、 σb は曲げ応力、 σA は合計応力で、正負（正：引張、負：圧縮）があります。

◇ τA は合計剪断応力、 τp は振り応力で、正符号（絶対値）のみです。

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8-12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、次の作画画面に移ります。

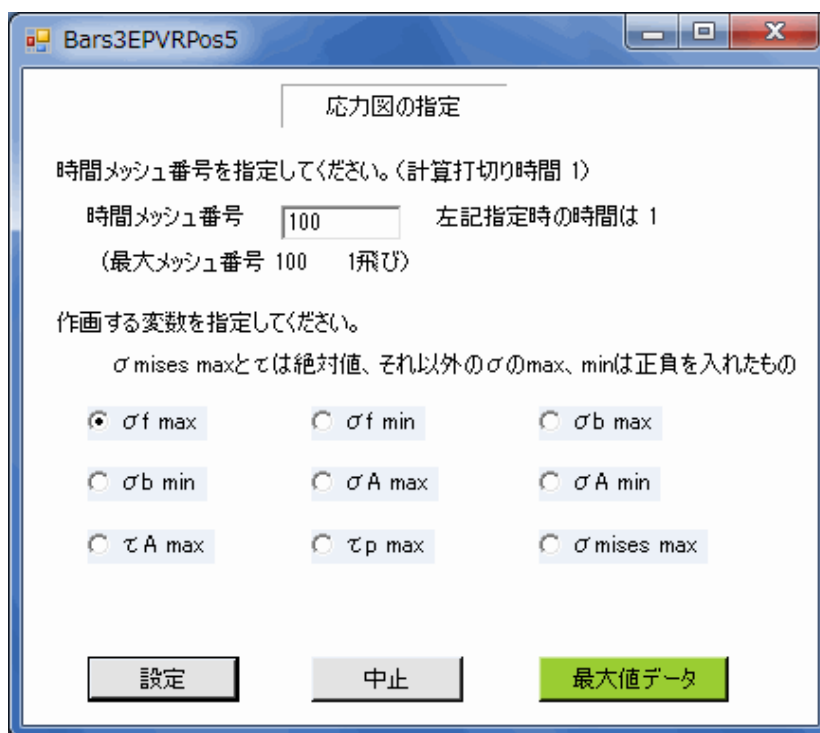


図8-11 応力図の仕様設定画面

最大値データ				
注) 正負の最大、最小。				
変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号、	時間
軸of max,	7984793,	6,	3,	.15
軸of min,	-1.191269E+07,	152,	145,	.05
曲げσb max,	1.294987E+08,	165,	159,	.31
曲げσb min,	-1.294987E+08,	165,	159,	.31
合計σA max,	1.29416E+08,	165,	159,	.31
合計σA min,	-1.295814E+08,	165,	159,	.31
剪断τA max,	6351789,	170,	163,	.91
振りτp max,	1997810,	107,	100,	.45
σmises max,	1.036902E+08,	165,	159,	.31
				OK

図8-12 応力関連の最大値データの表示例

8.6 応力図の作画画面

図8-13～15に応力図の作画画面を示します。図8-13は $\sigma_A \max$ 、図8-14は $\sigma_{mises} \max$ 、図8-15は部分拡大の $\sigma_{mises} \max$ の応力図です。

- ①同図のように、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。
 - ◇ σ の場合は、正が赤色、負が青色の円で表わされます。 τ 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どの応力図でも、 σ_{mises} が降伏点（ $\varepsilon \cdot \sigma$ 線の第1入力点）を超過した線分要素は赤色で表示しています。
- 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ー、マウスド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。
 - ◇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。
- ⑤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。
- 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、応力図の一部分を拡大できます。操作方法は変位図と同じです。
- 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。
- ⑪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。

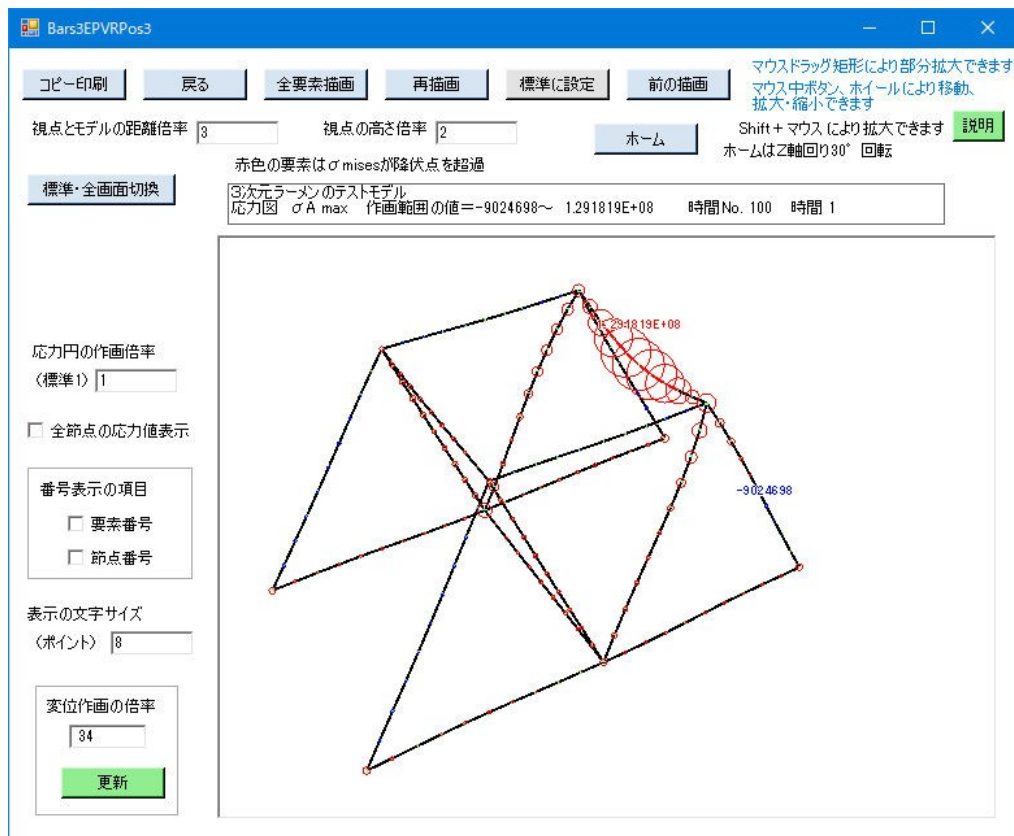


図8-13 応力図の作画画面 ($\sigma A \max$)

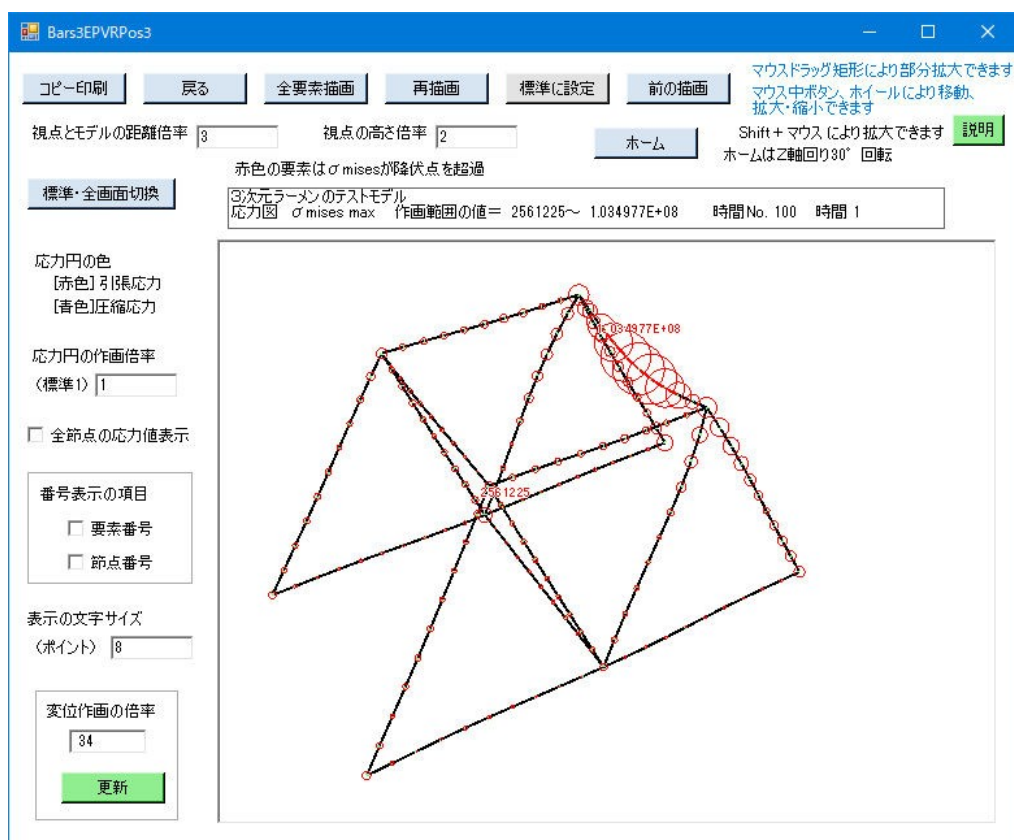


図8-14 応力図の作画画面 ($\sigma \text{mises max}$)

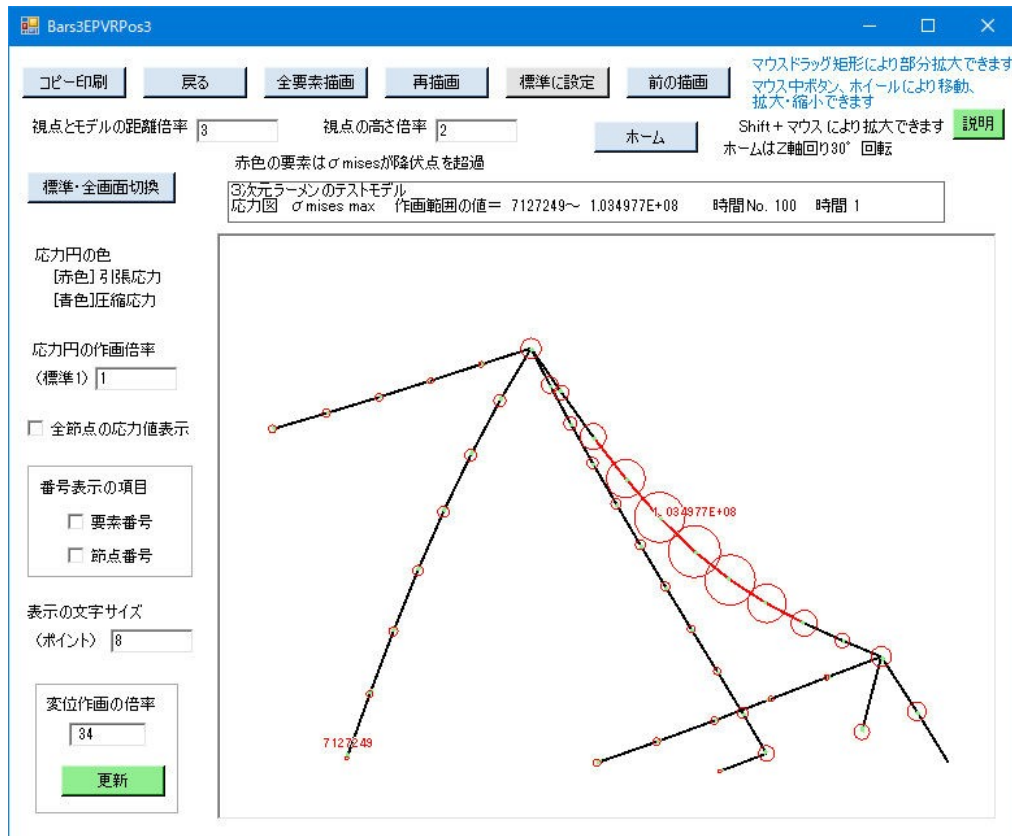


図8-15 応力図部分拡大の作画画面 (σ mises max)

8.7 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8-16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8-17の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図8-18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（変位）の時系列データが出力されています。

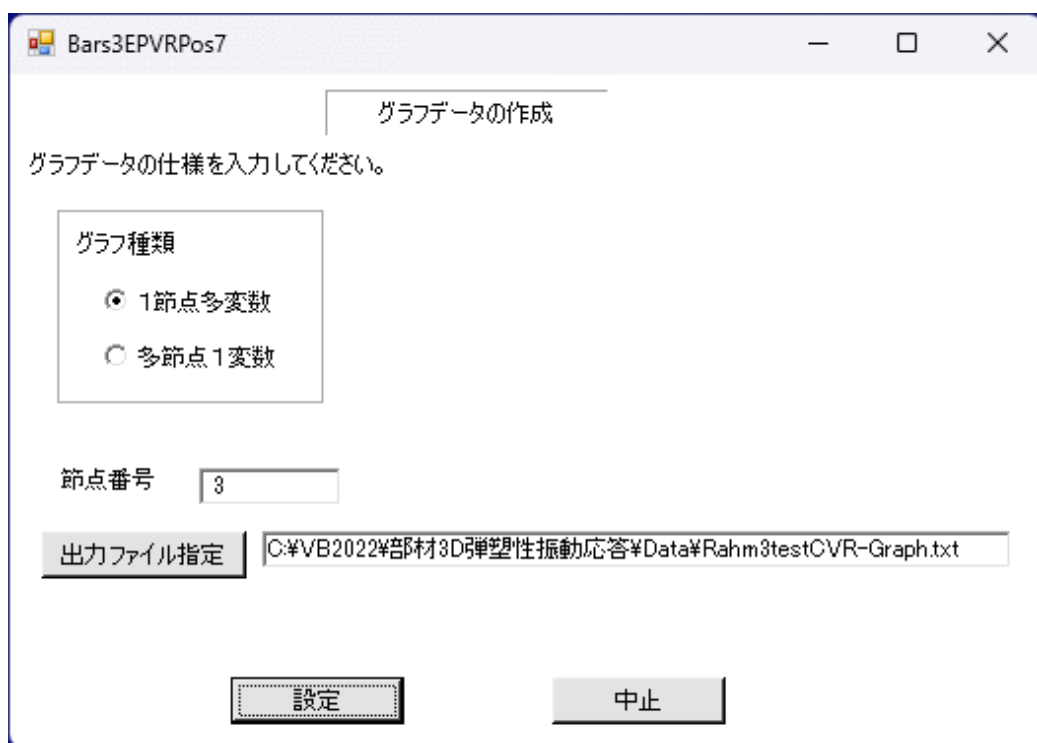


図8-16 グラフデータの仕様設定画面（1 節点多変数）

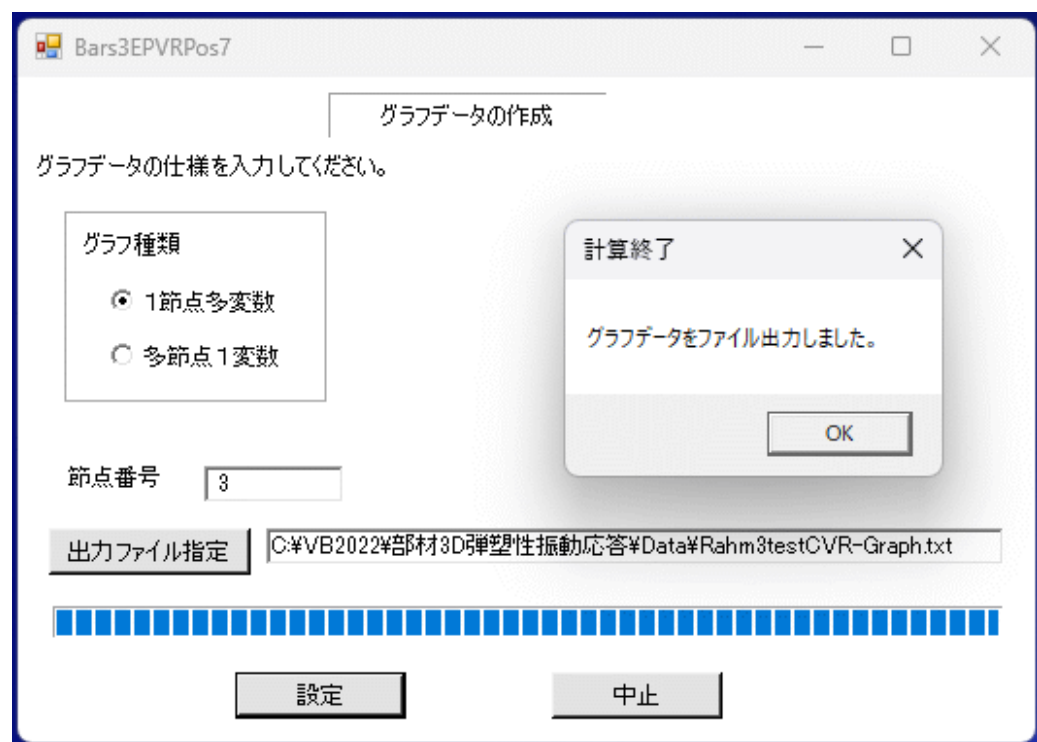


図8-17 グラフデータの計算終了画面（1 節点多変数）

図8-18のグラフデータを使用して作画したグラフ例を図8-19に示します。図8-19は節点3の δX 、 δY 、 δZ の時系列変化グラフとなっています。

<<部材 3 D 振動応答解析結果のグラフデータ>>

3次元ラーメンのテストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR.dat

[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR.rep

節点番号, 3

時間、 δX 、 δY 、 δZ 、 θx 、 θy 、 θz

```
0, .0001836993, 2.051912E-07, -.0006044831,
-.0007427796, .0002153989, .0001186332
.01, .000192697, -2.194511E-05, -.0006055082,
-.0007404363, .0002171898, .0001311456
.02, .0002090462, -.000129186, -.0006085029,
-.0007328933, .0002184093, .0001686531
.03, .0002190541, -.0003900386, -.000610539,
-.0007252152, .0002175954, .0002350299
.04, .0002293699, -.000858789, -.0006119067,
-.0007211913, .0002177726, .0003386466
.05, .0002447563, -.001540106, -.0006156605,
-.0007161353, .0002188685, .0004623245
.06, .0002370177, -.002350986, -.0006155123,
-.0007113516, .0002164784, .0005642925
.07, .0002136201, -.003195631, -.0006098913,
-.000707155, .0002160383, .0006494908
.08, .0002082869, -.00400353, -.000608502, -.0006999957, .0002188857,
.0007225238
.09, .0001984661, -.004712844, -.0006082563,
-.0006990818, .0002176861, .0007589029
.09999999, .0001773506, -.005269864, -.000602879,
-.000705782, .0002161558, .0007553357
. . . . .
. . . . .
.92, .0001796186, -.002280504, -.000603119,
-.0007477578, .0002189949, .0001016667
.93, .0001886097, -.002017574, -.0006076262,
-.0007540656, .0002142976, -3.55336E-05
.94, .000184424, -.001773608, -.0006037811,
-.0007569171, .0002104251, -.0002160089
.95, .0001806386, -.001582247, -.0006036398,
-.0007557179, .000212887, -.0003366066
.96, .0001877354, -.001464001, -.0006051284,
-.0007488072, .0002158072, -.0003760418
.97, .0001835513, -.001420451, -.0006030643,
-.0007474931, .000216554, -.0003725113
.98, .0001802386, -.001439889, -.000603521, -.0007461507, .000220433,
-.000273345
.9899999, .0001882644, -.001500177, -.0006071083,
-.0007408238, .0002182667, -.0001171887
1, .000185457, -.001573773, -.000604772, -.0007430522, .000211096,
6.062626E-06
END
```

図8-18 グラフデータ例（1節点多変数）

振動応答グラフ（節点3）

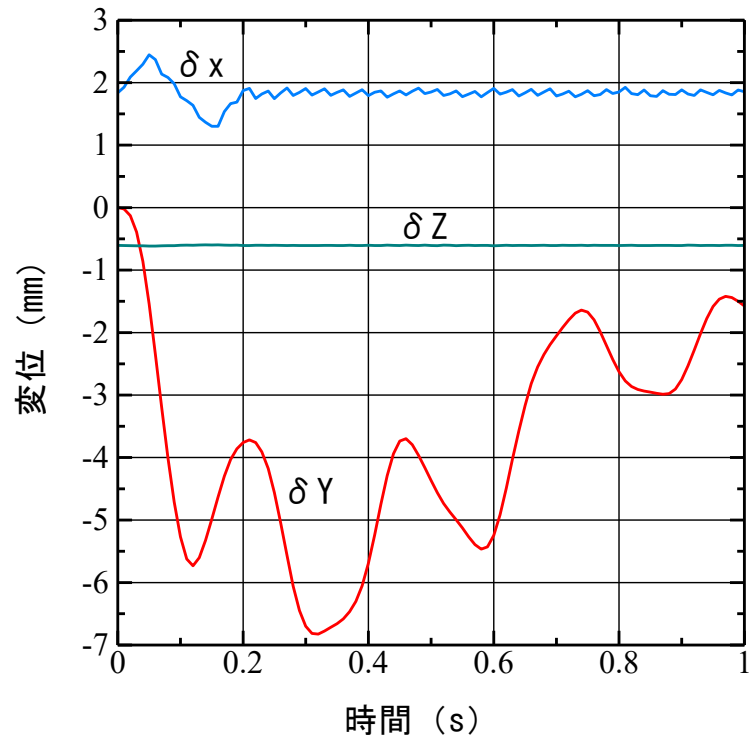


図8-19 振動応答グラフ例（1 節点多変数）

注）グラフ作画ソフトPlots32使用

8.8 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8-20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、3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8-20 グラフデータの仕様設定画面（多節点 1 変数）

8.9 グラフ用節点データ入力画面（多節点 1 変数）

図8-21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8-22の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図8-23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 δY について、全時系列データが出力されています。

図8-23のグラフデータを使用して作画したグラフ例を図8-24に示します。図8-24は3節点の変位 δY の時系列変化グラフとなっています。

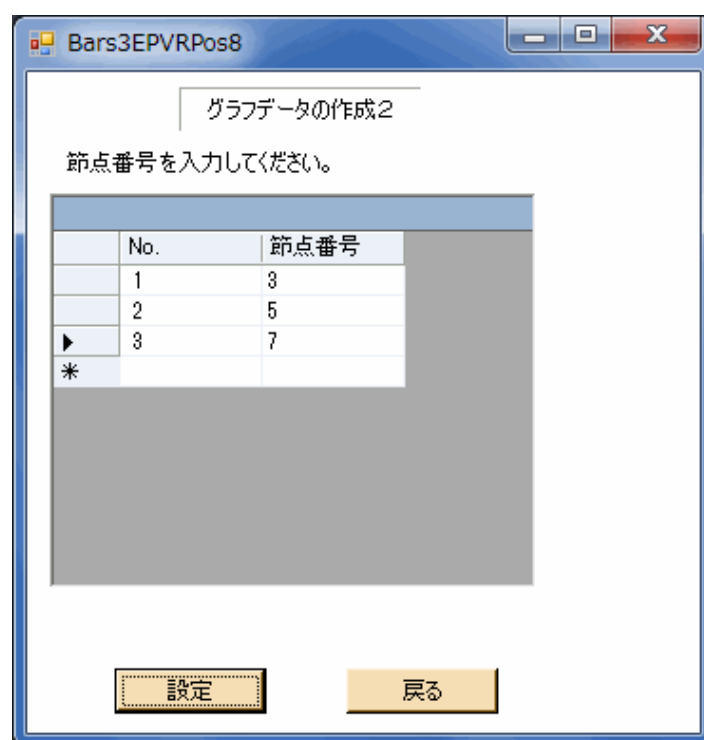


図8-21 グラフ用節点データ入力画面（多節点1変数）

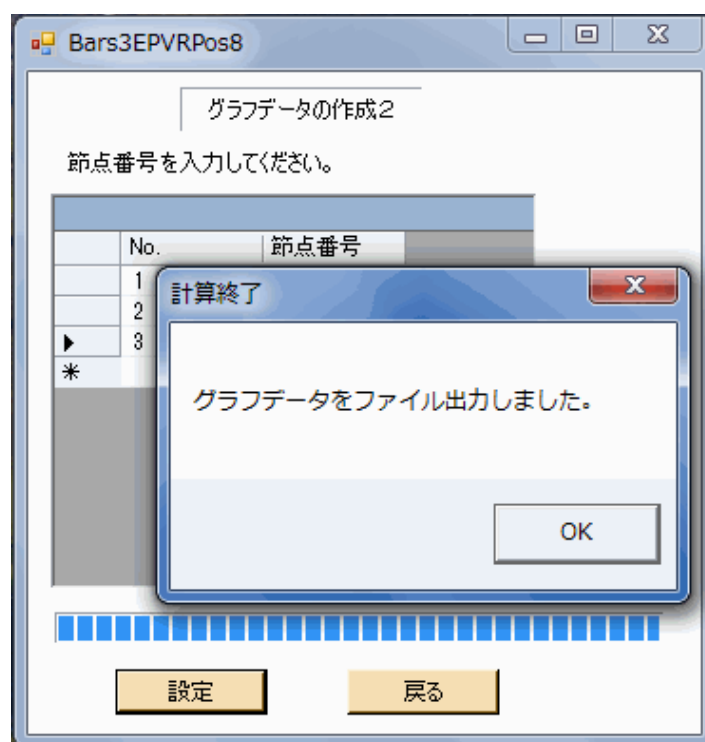


図8-22 グラフデータの計算終了画面（多節点1変数）

<<部材3D振動応答解析結果のグラフデータ2>>

3次元ラーメンのテストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR.dat

[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR.rep

節点の数, 3

対象変数, δY

時間、節点3、節点5、節点7

```

0,      2.051912E-07,   -8.739856E-07,    1.606784E-06
.01,    -2.194511E-05,   -9.616716E-07,    1.726408E-06
.02,    -.000129186,    -1.221771E-06,    2.089143E-06
.03,    -.0003900386,    -1.450438E-06,    2.489143E-06
.04,    -.000858789,    -1.555291E-06,    2.828559E-06
.05,    -.001540106,    -1.968201E-06,    3.001728E-06
.06,    -.002350986,    -4.090485E-06,    1.375742E-06
.07,    -.003195631,    -1.021814E-05,   -5.037729E-06
.08,    -.00400353,     -2.013004E-05,   -1.775425E-05
.09,    -.004712844,    -2.735466E-05,   -3.288672E-05
.09999999, -.005269864,    -1.914686E-05,   -3.928642E-05
.11,    -.00562402,     1.836108E-05,   -2.219172E-05
.12,    -.005732937,     9.183346E-05,    3.020259E-05
.13,    -.005603215,     .0001955137,    .0001195534
.14,    -.005324717,     .0003135604,    .0002354933
.15,    -.004984869,     .000428547,     .0003635614
.16,    -.004630757,     .0005255591,    .0004913559
.17,    -.004298164,     .0005902557,    .0006065964
.18,    -.004030794,     .0006088252,    .0006945045
.19,    -.003859898,     .0005711061,    .0007399199
.2,     -.003759374,     .0004772093,    .0007335717
. . . . .
. . . . .
.83,    -.002910353,    -.00362765,     -.004233478
.84,    -.002935832,    -.003365244,     -.00415222
.85,    -.002953365,    -.003074464,     -.004020503
.86,    -.002971947,    -.002769955,     -.003828211
.87,    -.002987795,    -.002479335,     -.003582617
.88,    -.002976156,    -.002248775,     -.003318659
.89,    -.002903552,    -.002121661,     -.003098069
.9,     -.00275111,     -.00211548,     -.002981171
.91,    -.002533037,    -.002217113,     -.00299315
.92,    -.002280504,    -.002393374,     -.003128844
.93,    -.002017574,    -.002608618,     -.003363537
.94,    -.001773608,    -.002831932,     -.003641298
.95,    -.001582247,    -.003045133,     -.003899316
.96,    -.001464001,    -.003242739,     -.004102712
.97,    -.001420451,    -.003424075,     -.004240432
.98,    -.001439889,    -.003585471,     -.004315118
.98999999, -.001500177,    -.003722112,     -.004343084
1,     -.001573773,    -.003834343,     -.004349966

```

END

図8-23 グラフデータ例（多節点1変数）

振動応答グラフ 2

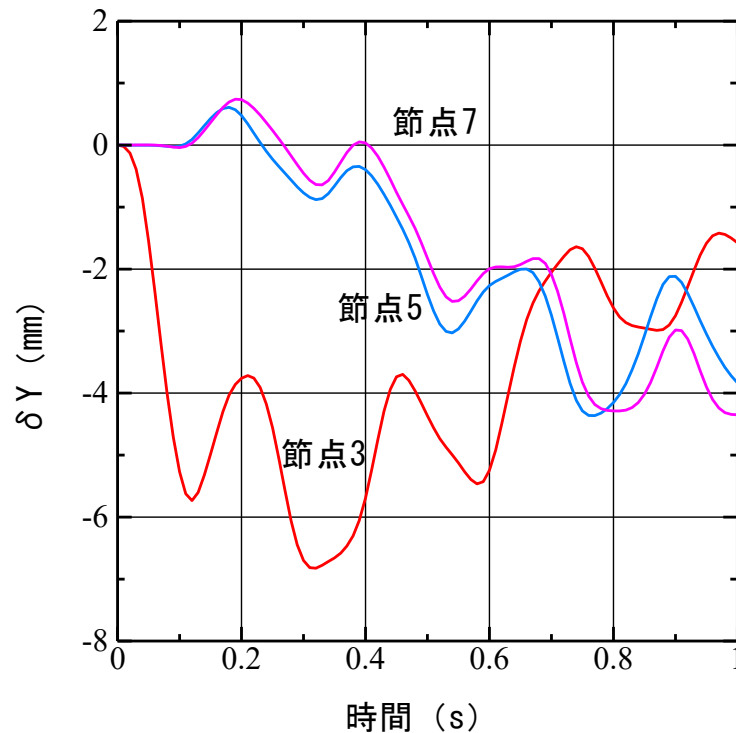


図8-24 振動応答グラフ例（多節点1変数）
注）グラフ作画ソフトPlots32使用

8.10 アニメーションの画面

図8-25にアニメーションの初期画面を示します。

- ①画面の左側に「時間ステップの待ち時間（秒）」が表示されています。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、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、マウスト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。

◇ただし、本画面では「要素番号・節点番号」の表示はありません。

- ④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。

- ⑤アニメーションが終了すると、図8-26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8-25の初期画面に戻ります。

◇マウスト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。

- ⑥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8-27のファイル保存コン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。

- ⑦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FlashやAVIの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。

- ⑧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。

- ⑨「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。

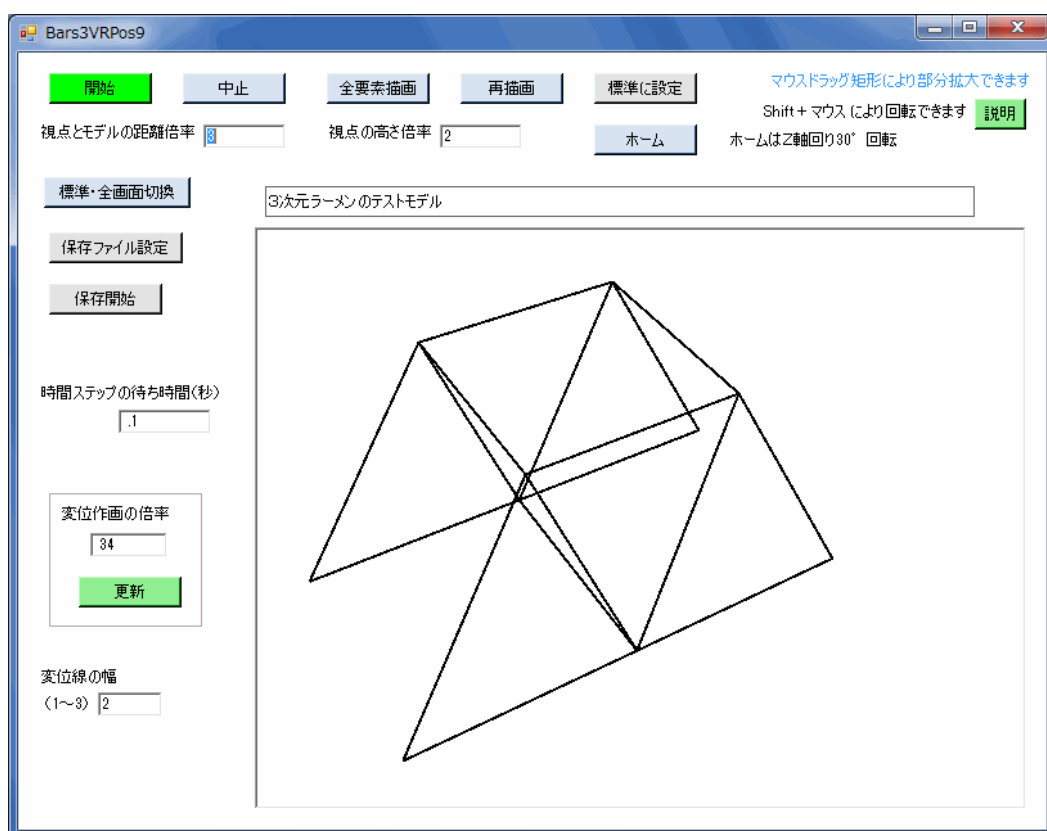


図8-25 アニメーションの初期画面

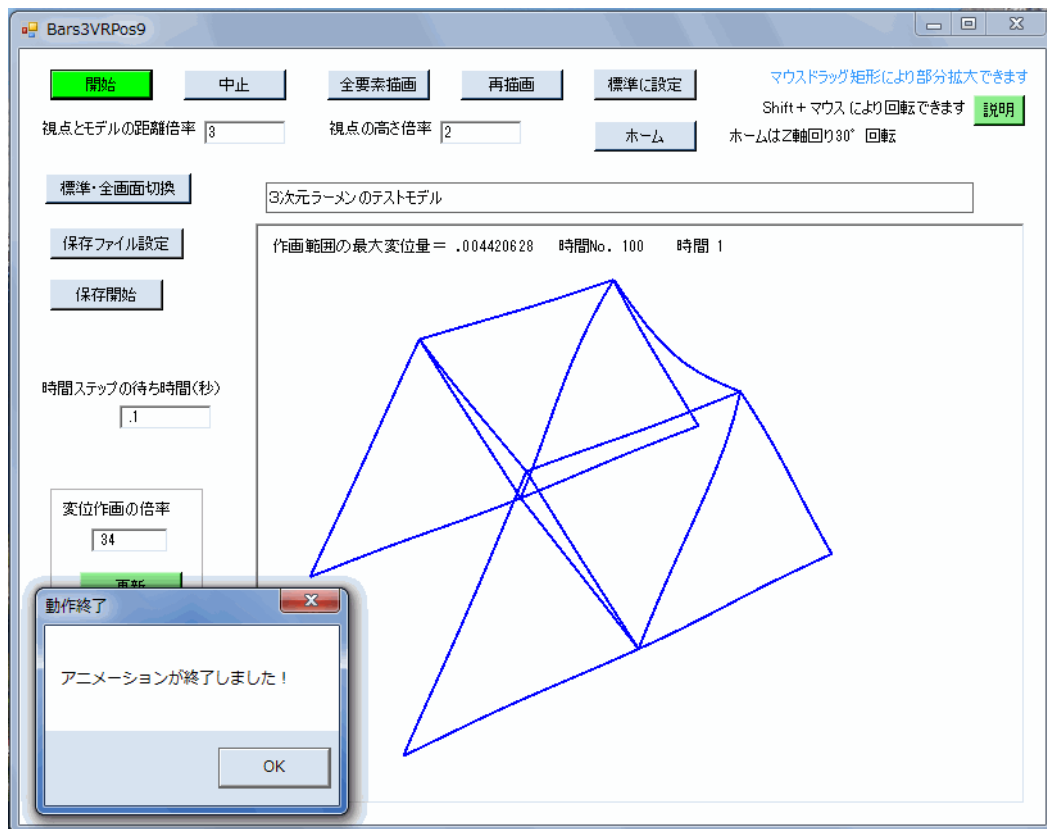


図8-26 アニメーションの終了画面

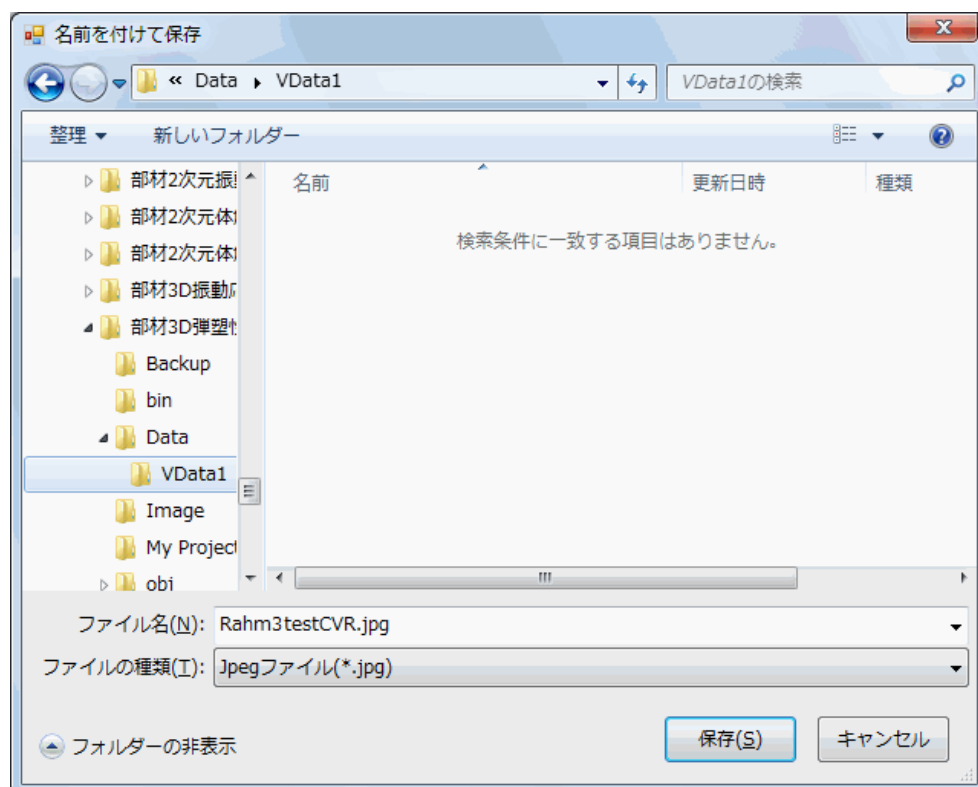


図8-27 ファイル保存コマンドダイアログ画面

8.11 応答変位の周波数分析

図8-28に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、終了時刻前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8-29の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。
 - ◇図8-30に周波数分析の結果ファイル例を示します。同図のように、1つの節点について、各周波数ごとに各変位のスペクトルが出力されています。このスペクトルは、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。
 - ◇図8-30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8-31に示します。同グラフは δY の周波数スペクトルで、周波数1Hzで最大になっています。
注）周波数0は除外しています。

Bars3EPVRPosF

応答変位の周波数分析

周波数分析の仕様を入力してください。

節点番号

開始時刻 終了時刻

計算方法は0～1。
時間間隔は.01で、時刻点数は0～100。

計算方法
☒ DFT(基本)
☐ FFT(高速)

計算方法のFFTは、サンプリング点数が2のべき乗になります。
従って、終了時刻の前に自動打ち切りとなります。

出力ファイル指定

図8-28 一般応答変位の周波数分析の画面

計算確認

周波数分析のデータをファイル出力しました。

<結果データ>

No.	周波数	δXスペクトル	δYスペクトル	δZスペクトル
0,	0,	.1877188,	3.807371,	.6174175
1,	1,	.001731002,	1,	.0002006349
2,	2,	.003381789,	.1912912,	.0005388298
3,	3,	.004491518,	.2150655,	.000808995
4,	4,	.004976264,	.599519,	.00092727
5,	5,	.004886969,	.2846005,	.0007754366
6,	6,	.003714049,	.1516067,	.0006585146
7,	7,	.003714656,	.1255383,	.0005970101
8,	8,	.002307625,	.06701054,	.0003973007
9,	9,	.00107383,	.03222345,	.0002982634

以下省略

図8-29 周波数分析の計算結果終了画面

<<部材 3 D 振動応答の変位の周波数分析>>

3 次元ラーメンのテストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR. dat

[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D弾塑性振動応答¥Data¥Rahm3testCVR. rep

[計算方法], DFT (基本)

節点番号, 3

開始時刻No.、開始時刻, 0, 0

終了時刻No.、終了時刻, 100, 1

<結果データ>

No.、周波数、 δX スペクトル、 δY スペクトル、 δZ スペクトル

0,	0,	. 1877188,	3. 807371,	. 6174175
1,	1,	. 001731002,	1,	. 0002006349
2,	2,	. 003381789,	. 1912912,	. 0005388298
3,	3,	. 004491518,	. 2150655,	. 000808995
4,	4,	. 004976264,	. 599519,	. 00092727
5,	5,	. 004886969,	. 2846005,	. 0007754366
6,	6,	. 003714049,	. 1516067,	. 0006585146
7,	7,	. 003714656,	. 1255383,	. 0005970101
8,	8,	. 002307625,	. 06701054,	. 0003973007
9,	9,	. 00107383,	. 03222345,	. 0002982634
10,	10,	. 0005816469,	. 09457806,	. 0002138189
11,	11,	. 0005897657,	. 01733059,	. 0001488603
12,	12,	. 0009810872,	. 02601362,	8. 542161E-05
13,	13,	. 001113252,	. 0255341,	. 0001921004
14,	14,	. 00103033,	. 02013794,	. 0002037466
15,	15,	. 0007461973,	. 01847211,	. 0001248476
16,	16,	. 000462282,	. 01583353,	. 0001076072
17,	17,	. 0002355073,	. 01617905,	9. 058714E-05
18,	18,	9. 137091E-05,	. 01435213,	6. 784955E-05
19,	19,	6. 219345E-05,	. 01362485,	9. 463841E-05
20,	20,	8. 116537E-05,	. 01286393,	. 0001549586
21,	21,	. 0001532341,	. 01249777,	. 0003068875

.....

41,	41,	6. 843045E-05,	. 00847148,	9. 671521E-05
42,	42,	3. 516313E-05,	. 008370969,	3. 005982E-05
43,	43,	3. 833026E-05,	. 008333853,	2. 921345E-05
44,	44,	3. 653764E-05,	. 00829823,	0
45,	45,	1. 80985E-05,	. 008281472,	5. 247201E-05
46,	46,	1. 494996E-05,	. 008239493,	1. 703196E-05
47,	47,	2. 253368E-05,	. 008187052,	3. 15726E-05
48,	48,	3. 117046E-05,	. 008166292,	1. 717236E-05
49,	49,	2. 75891E-05,	. 00815028,	2. 102804E-05

END 0h 0min 0s

図8-30 周波数分析の結果ファイル例

3次元ラーメンのY変位の周波数分析

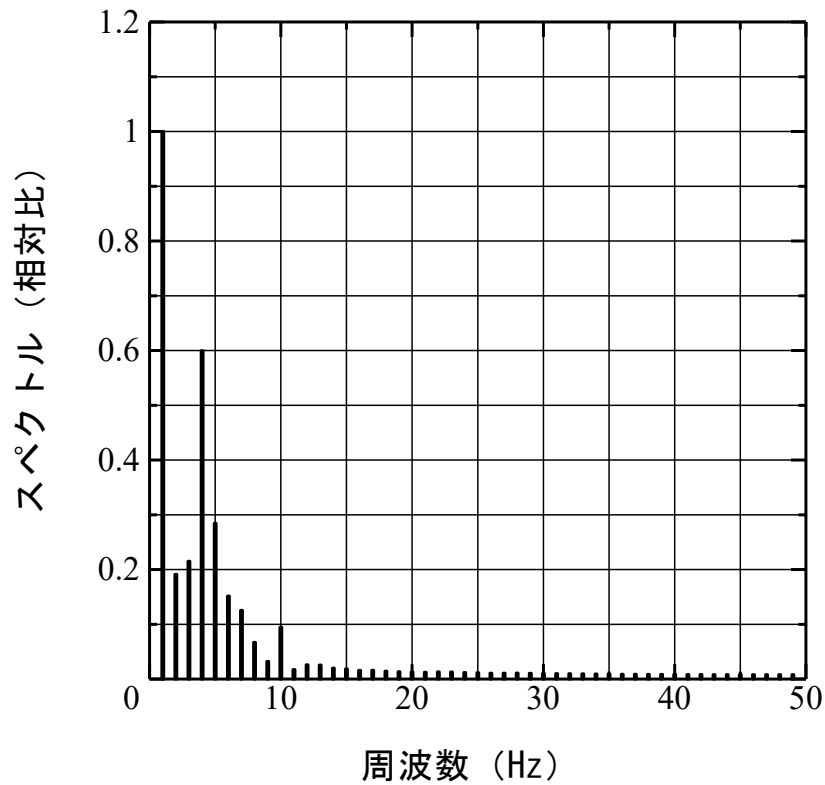


図8-31 周波数スペクトルのグラフ例

注) グラフ作画ソフトPlots32使用

8.12 解析結果の主要値表示

図8-32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。

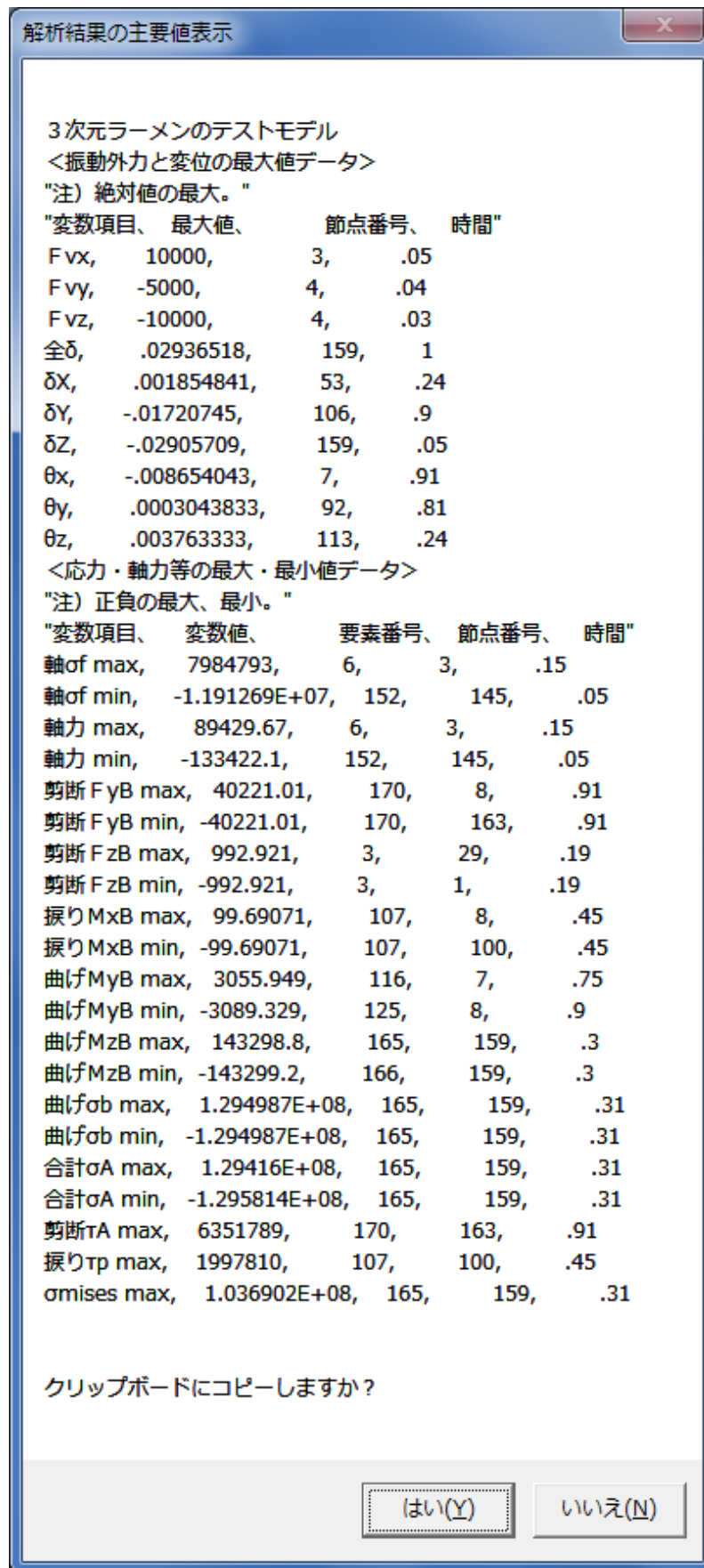


図8-32 解析結果の主要値表示の画面（ラーメンの場合）

[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

 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) 「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

<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) 「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
- C9) 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
- C10) 「耐震工学入門」[第2版]、平井 一男 他
森北出版(株)、2002
- C11) 「The Finite Element Method in Electromagnetics」、Jianming Jin
John Wiley & Sons、2002
- C12) 「回転機械の力学」、山本敏男 他、
コロナ社、2004