**********　　2023年 3月
＊　「部材３Ｄ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 11　　・・・.NET 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（Ｂａｒｓ３Ｄ）」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・応力等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、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「部材３次元体解析K（Ｂａｒｓ３Ｄ）」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 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	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 「計算」プログラム	42
第7章 「後処理」プログラム	57
[参考文献]	87

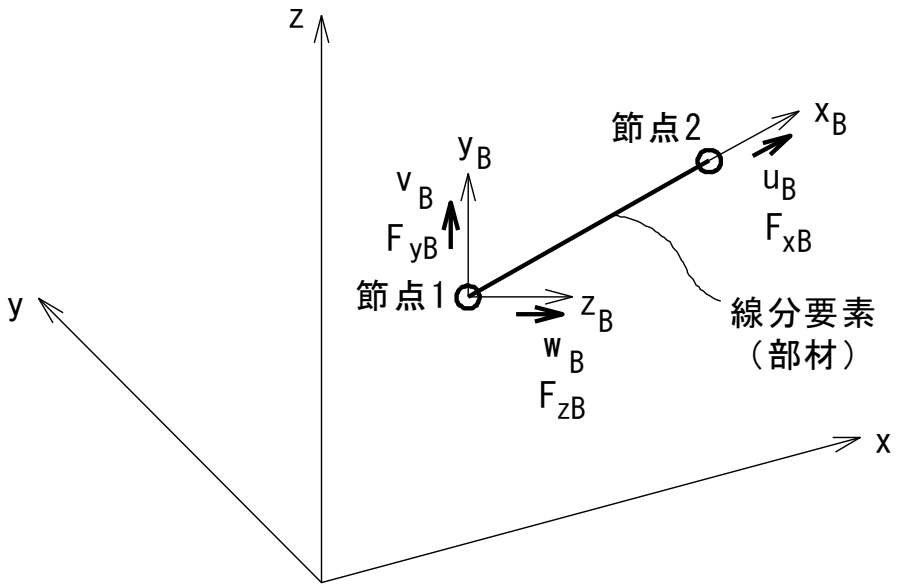
第1章 振動応答解析の計算方法

1.1 構造モデル

部材３次元体解析（Ｂａｒｓ３Ｄ）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, θ_x, θ_y, θ_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の替わりにδ_x, δ_y, δ_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。

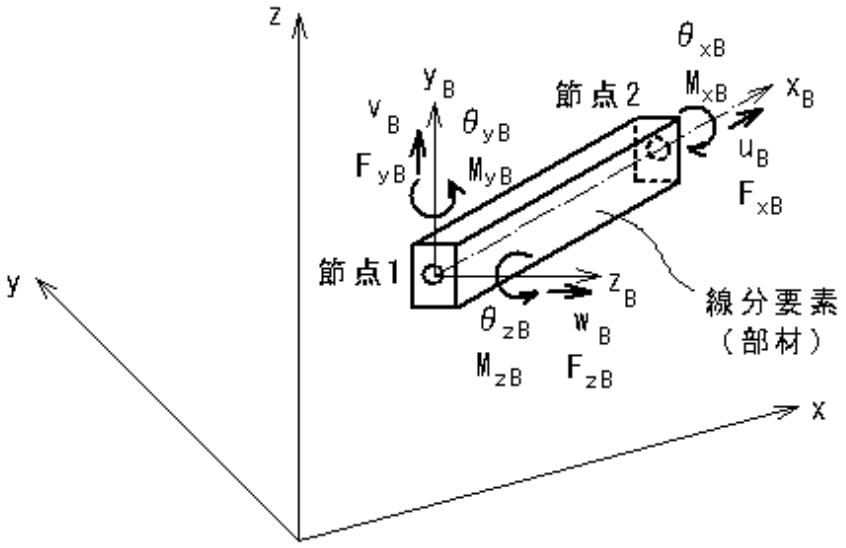
各方向変位、力等は上記変数に添え字Bを付して表わす。

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：比重量（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：サンブナン捩り定数

図1-2　ラーメン用の線分要素

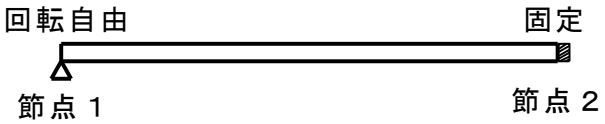


図1-3　左端回転自由・右端固定の要素

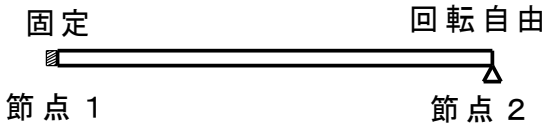


図1-4　左端固定・右端回転自由の要素

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。

$$M\frac{d^2u}{dt^2}+Ku=f \qquad (1\text{-}1)$$

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。

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

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。

$$C=c_mM+c_kK \qquad (1\text{-}3)$$

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。

［質量比例の臨界減衰条件］　$a=2\sqrt{\lambda}$ (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。

［剛性比例の臨界減衰条件］　$b=\frac{2}{\sqrt{\lambda}}$ (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。

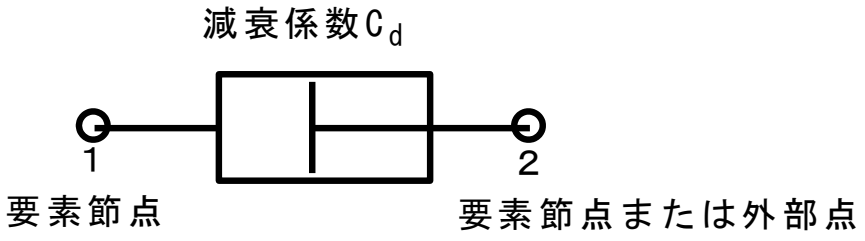


図1-5　　ダンパーの説明図

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。

先ず、線分要素の質量Mは次式で表わされます。

$$M = \rho \cdot A \cdot L \qquad (1\text{-}6)$$

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。

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

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。

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

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

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

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

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

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。

$[M_e]=[T]'[M_{eB}][T]$ (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。

$$[T]=\begin{bmatrix} T_c & O & O & O \\ O & T_c & O & O \\ O & O & T_c & O \\ O & O & O & T_c \end{bmatrix} \qquad (1\text{-}11)$$

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

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。

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

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。

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

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（Ｂａｒｓ３Ｄ）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、後の振動応答解析で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。

$$v = \frac{du}{dt} \tag{1-14}$$

$$a = \frac{d^2u}{dt^2} \tag{1-15}$$

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。

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

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

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

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。

$$u_t = u_0 + u \tag{1-19}$$

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（Ｂａｒｓ３Ｄ）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1-6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。

◇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θ_x, θ_y, θ_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。

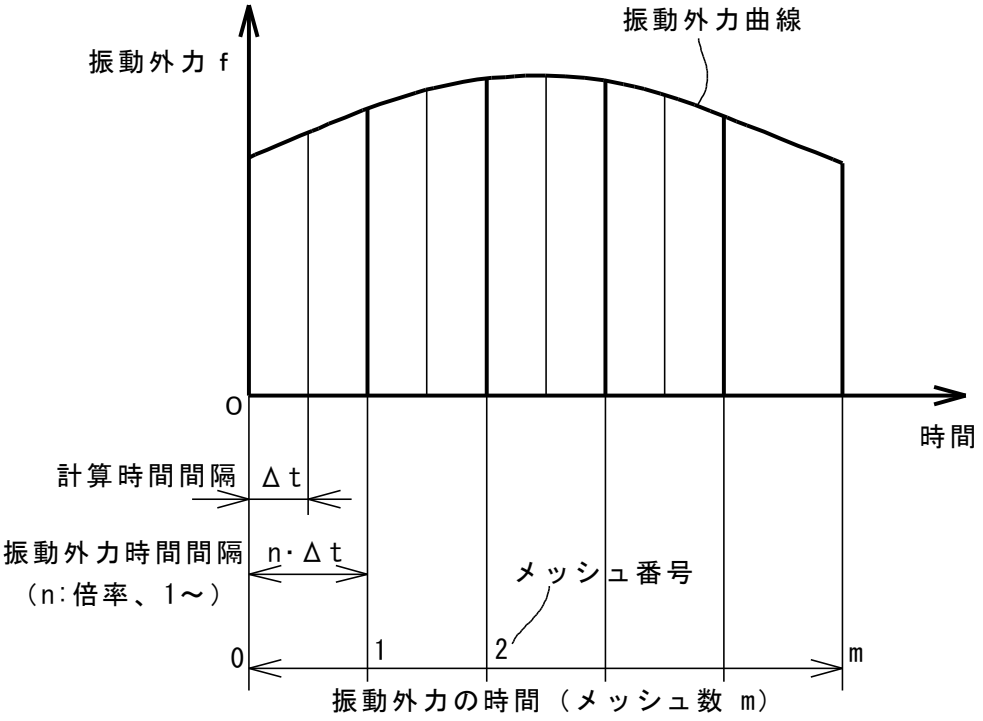


図1-6　　振動外力の説明図

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1-7に振動外力の説明図を示します。

①振動外力はsin関数として設定します。図1-7では、位相角の定数項は省略してしますが、一般には次式で設定します。

$$f = A \sin(\omega t + B) \qquad (1\text{-}20)$$

ただし、A：振幅

ω：角速度

$$\omega = 2\pi f_c \qquad (1\text{-}21)$$

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°をメッシュ数 mで分割します。

③m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。

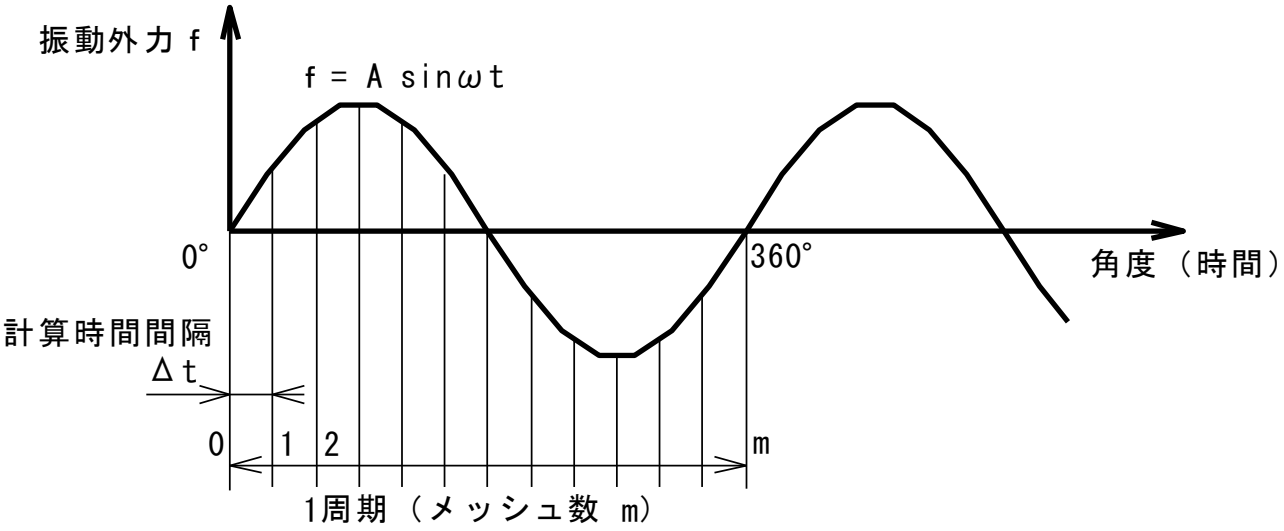


図1-7　　周波数応答の振動外力の説明図

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］Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ

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　「Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ」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。

［境界拘束の解除について］

本解析では部材３次元体解析（Ｂａｒｓ３Ｄ）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、「Bars3D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。

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」、「計算」、「後処理」、「終了」の５つです。「Bars3D

データ」メニューでは「部材３次元体解析（Ｂａｒｓ３Ｄ）」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。

表2-2　　「Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ」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、ユーザー指定の打切り時間まで計算するもの。計算結果は、初期から打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。

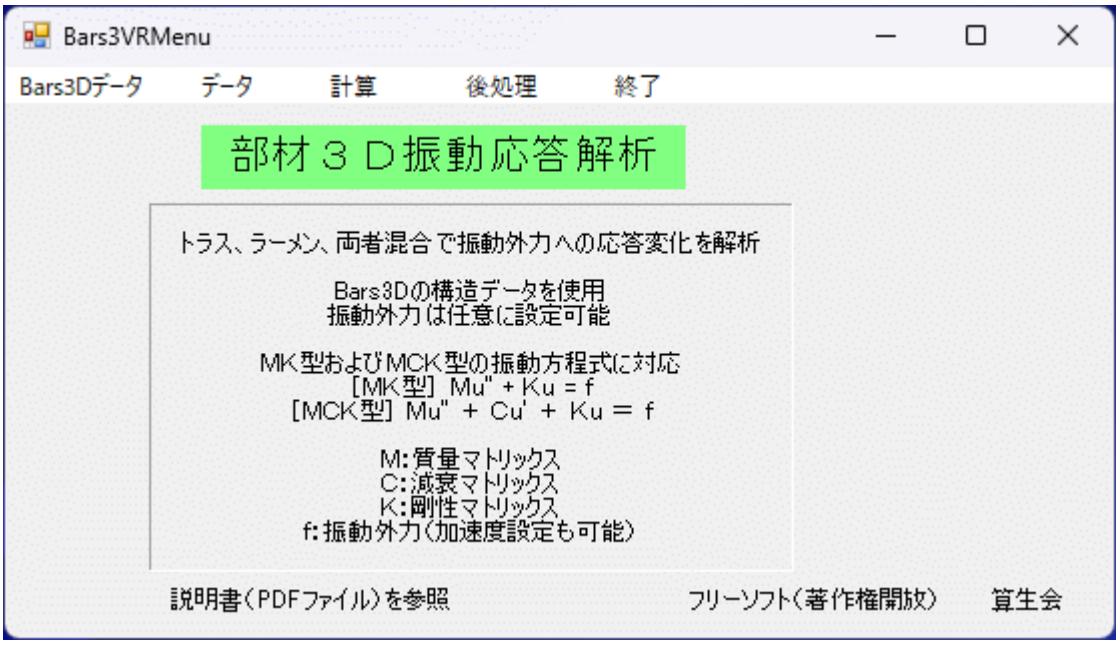


図2-1　　「Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ」メニュー画面

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Bars3VR Menuモジュール* で制御し、その下に「Bars3Dﾃﾞｰﾀ」、「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。

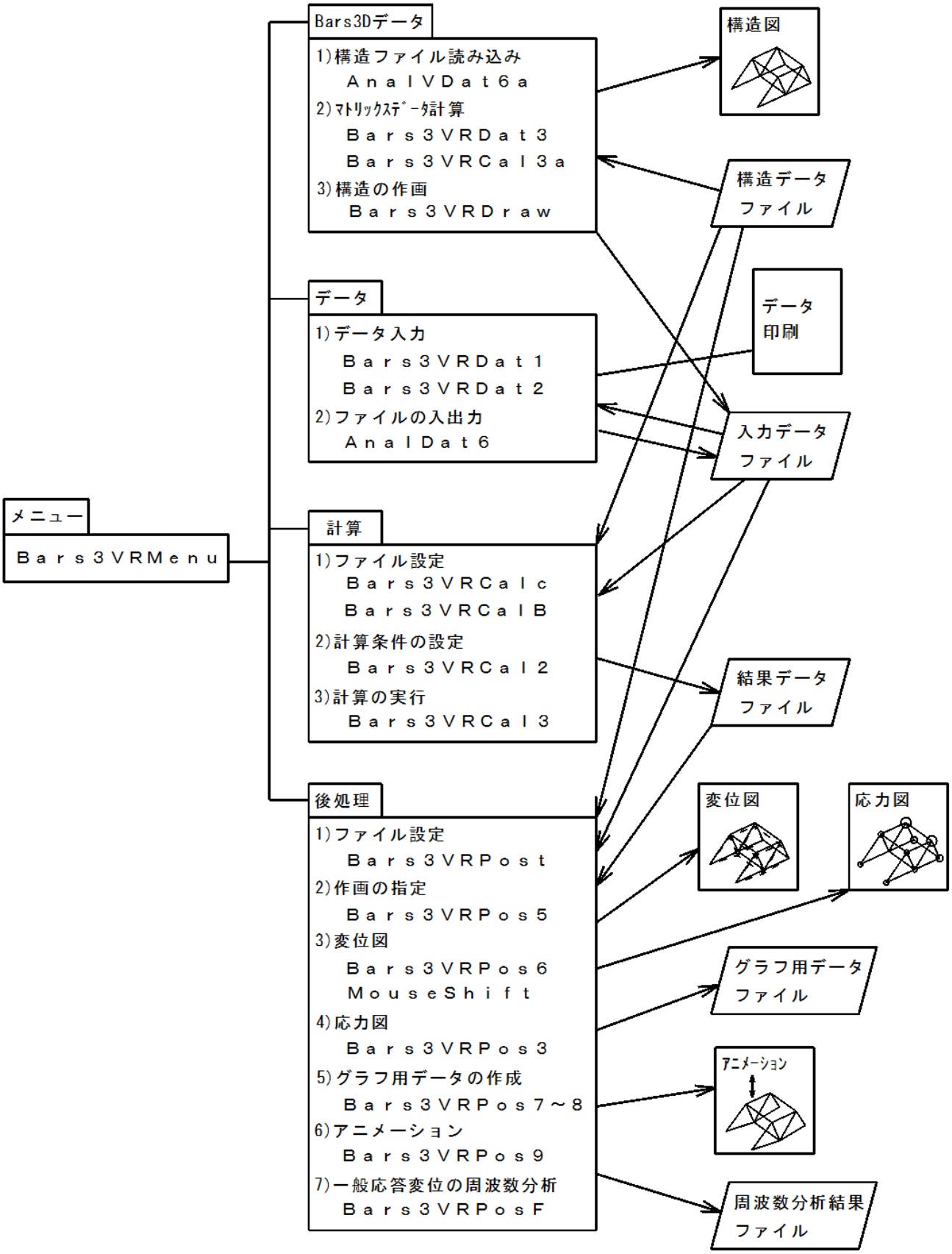


図2-2　　「Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ」ソフトのプログラム構成

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	デフォー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)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2-4　　「Ｂａｒｓ３ＶｉｂＲｅｓ」ソフトのファイルリスト

［全般］

ファイル名	内　容
Bars3VRCom.vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
Bars3VRMenu.vb	メニューの提示･選択

［Bars3Dデータ］

ファイル名	内　容
Bars3VRCal3a.vb	質量マトリックスの計算
Bars3VRDat3.vb	密度データの入力
Bars3VRDRaw.vb	構造の作画
AnalVDat6a.vb	構造解析用データファイルの読み込み

［データ］

ファイル名	内　容
Bars3VRDat1.vb	データ仕様の入力
Bars3VRDat2.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
Bars3VRCalc.vb	計算に使用するファイルの設定
Bars3VRCal2.vb	解析計算条件の設定
Bars3VRCal3.vb	解析計算の実行
Bars3VRCalB.vb	振動応答計算のバッチ処理

［後処理］

ファイル名	内　容
Bars3VRPost.vb	後処理に使用するファイルの設定
Bars3VRPos3.vb	応力図の作画実行
Bars3VRPos5.vb	作画対象の設定
Bars3VRPos6.vb	変位図の作画実行
Bars3VRPos7.vb	グラフ用データの仕様設定と作成
Bars3VRPos8.vb	グラフ用データの作成
Bars3VRPos9.vb	アニメーションの実行
Bars3VRPosF.vb	一般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

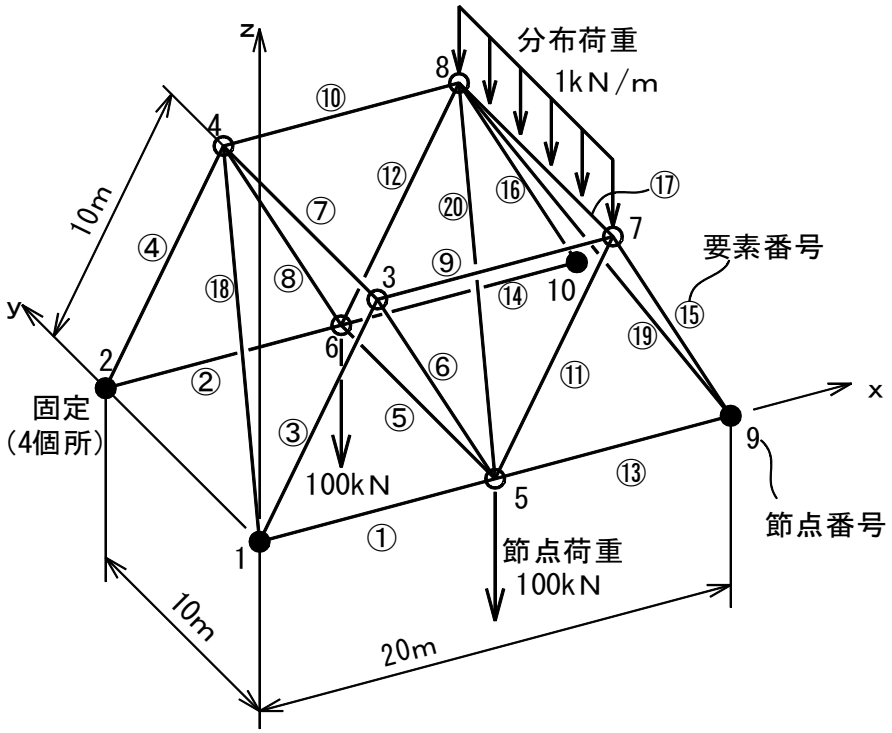
本書では、図3-1のトラス構造テストモデルと図3-2のラーメン構造テストモデル（初期データ用）を例題として用います。これらは、先に「部材３次元体解析（Ｂａｒｓ３Ｄ）」により構造データファイルが作成されているものとします。それらの図に示す外力荷重および自重は静荷重として作用します。そして、振動外力が節点３と節点４に作用し、それらの値は各時点毎に別途設定します。

図3-2のラーメン構造テストモデルは初期データ用で、各要素を４等分したデータを解析計算に使用します。

注）トラス・ラーメン混合タイプの例（初期データ用）は、図3-2において、節点７を回転自由とし、要素⑪をトラス要素にします（要素⑨、⑮、⑰は特殊要素）。

なお、本例の数値はＳＩ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。



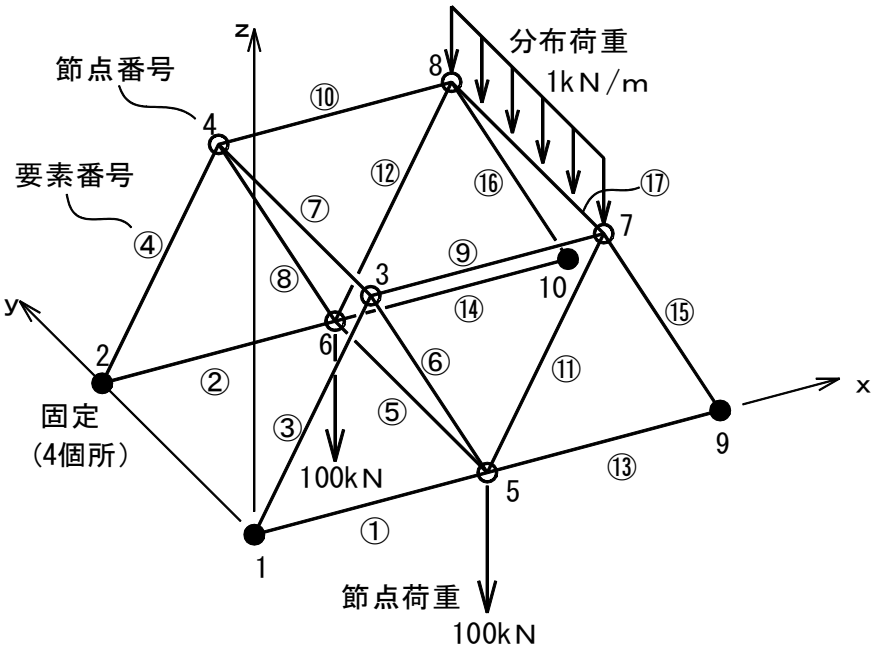
［部材条件］全部材共通

ヤング率：2.1×10^5 MPa

比重量：78kN/m^3

断面積：0.0112m^2

図3-1　　トラス構造テストモデル



［部材条件］全部材共通

ヤング率：2.1×10^{5}MPa　　ポアソン比：0.3

比重量：78kN/m^3

断面積：0.0112m^2　　長さ：10m

断面2次モーメント（第1軸）：2.22×10^{-4} m^4

（第2軸）：3.57×10^{-6} m^4

サンブナン捩り定数：1.52×10^{-6} m^4

図3-2　　ラーメン構造テストモデル（初期データ用）

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。

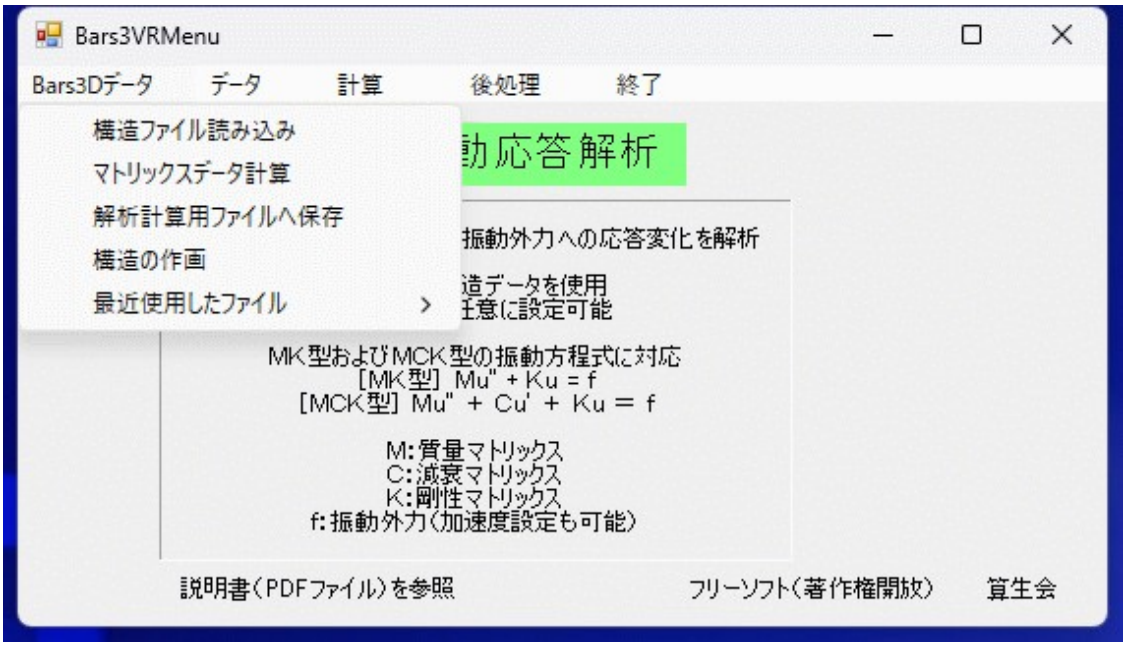


図4-1　　「Bars3Dデータ」サブメニュー画面

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ールトの拡張子は、「.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

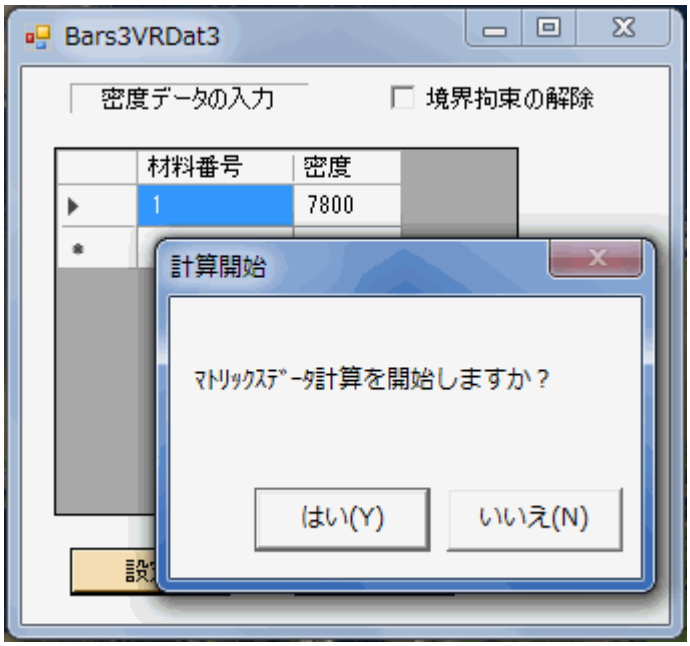


図4-3　　マトリックスデータ計算開始のダイアログボックス

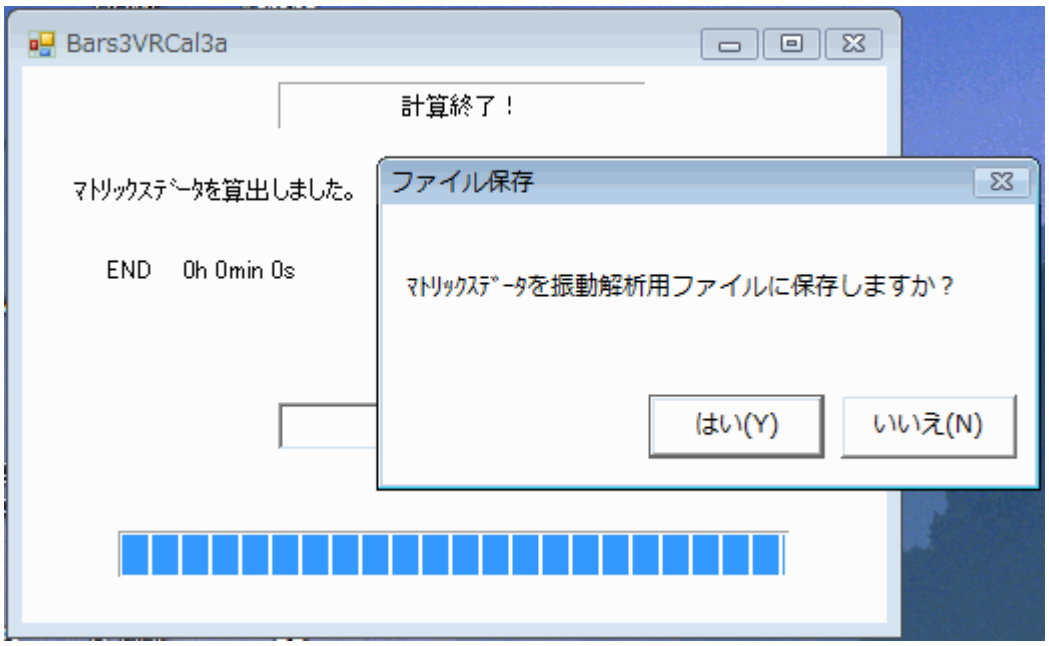


図4-4　　マトリックスデータのファイル保存のダイアログボックス

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。デフォー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。

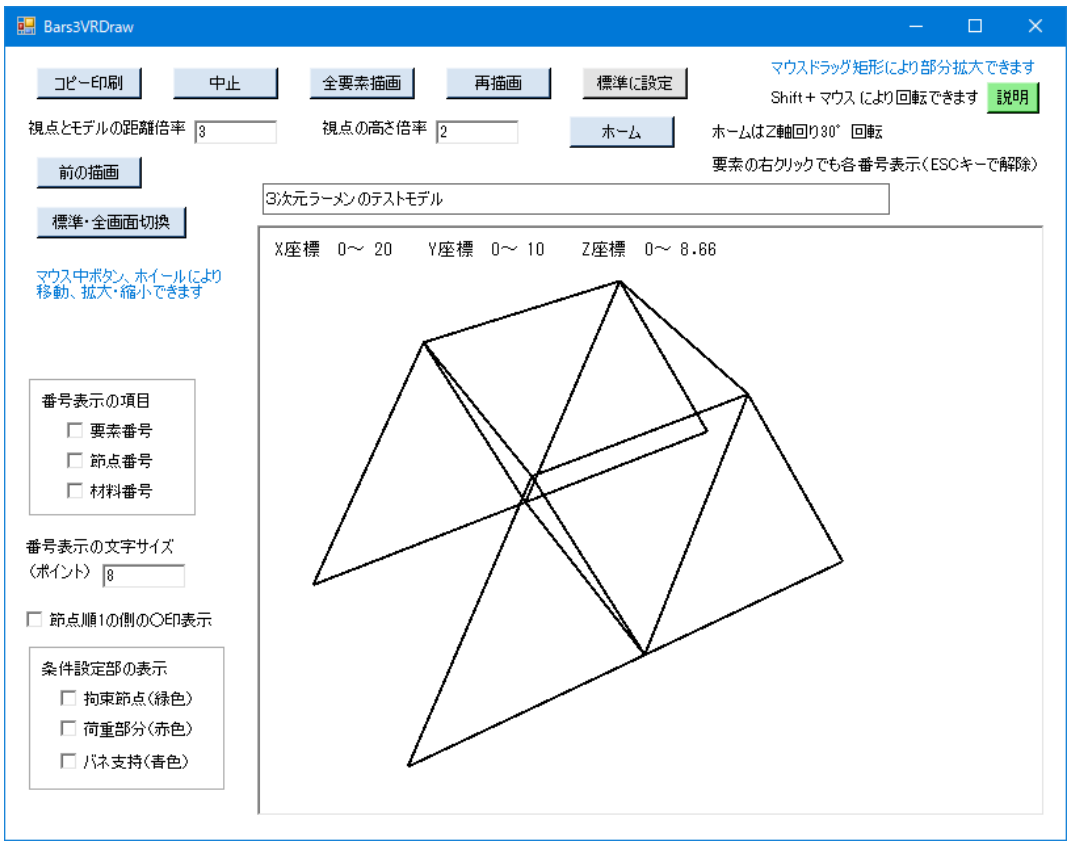


図4-5　　構造図の画面例

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。先ず「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。

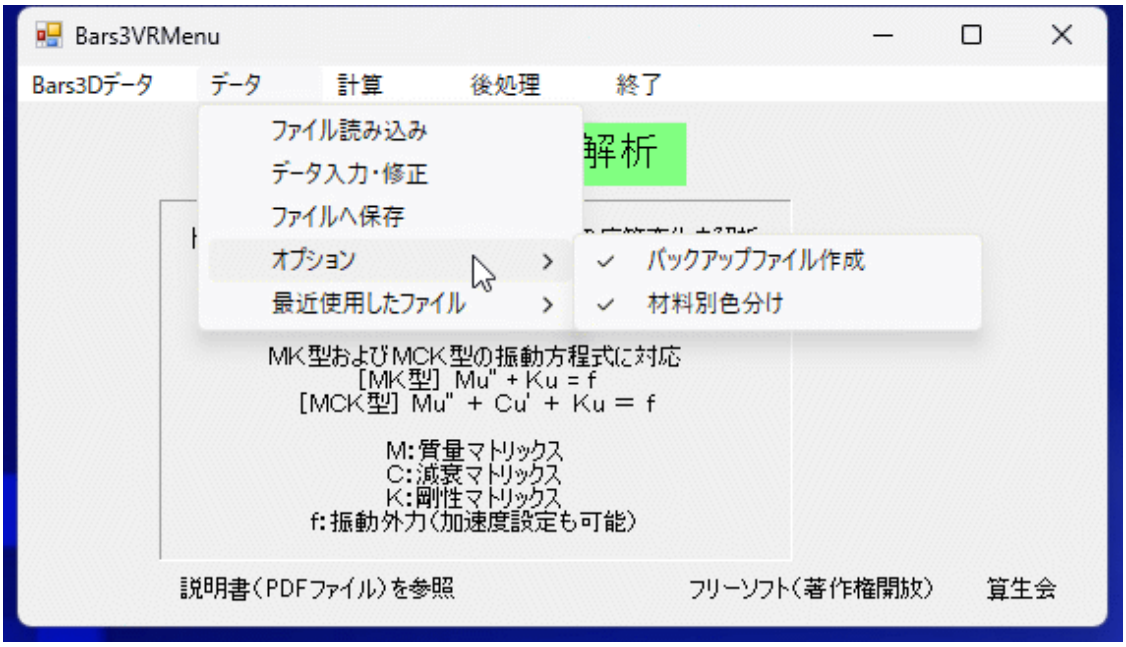


図5-1　　「データ」サブメニュー画面

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ールトの拡張子は、「.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5-2～5-5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。

⑤次に、振動外力の節点数を入力します。

⑥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。

⑦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。

⑧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。

⑨各データ入力が終了すると本画面に戻るので、そこで「すべて確定」ボタンをクリックすると入力データが確定します。

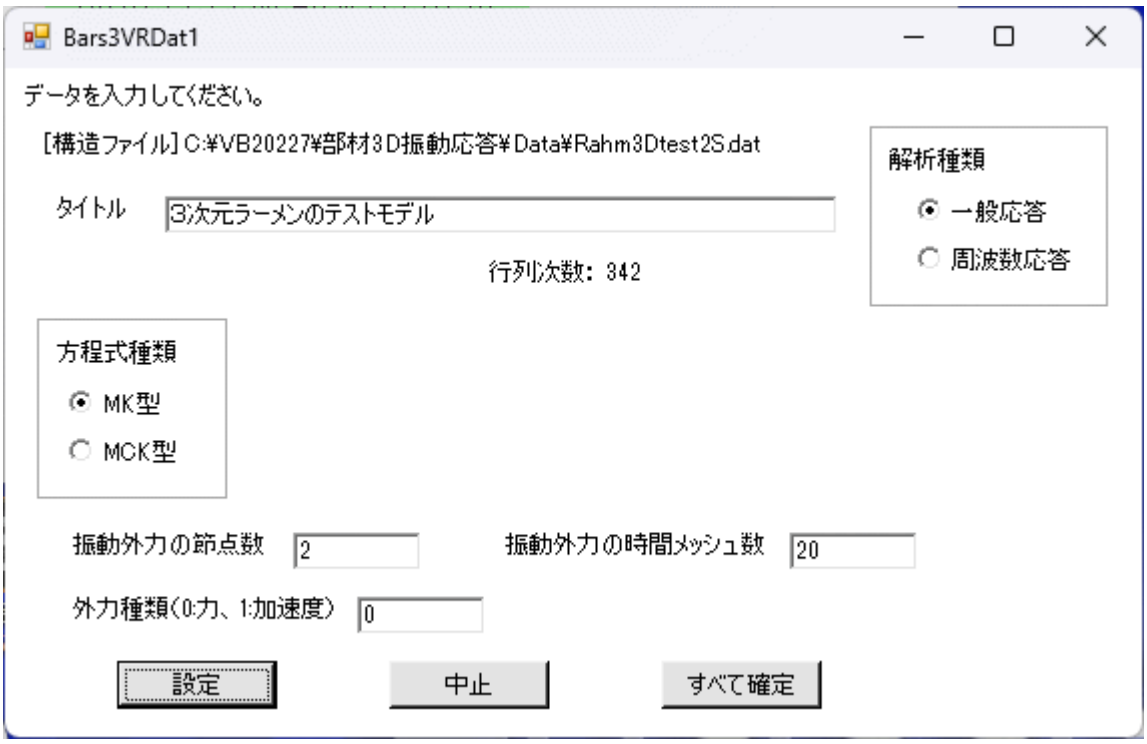


図5-2　　データ仕様入力画面（ＭＫ型／一般応答）

図5-3　　データ仕様入力画面（比例減衰のＭＣＫ型／一般応答）

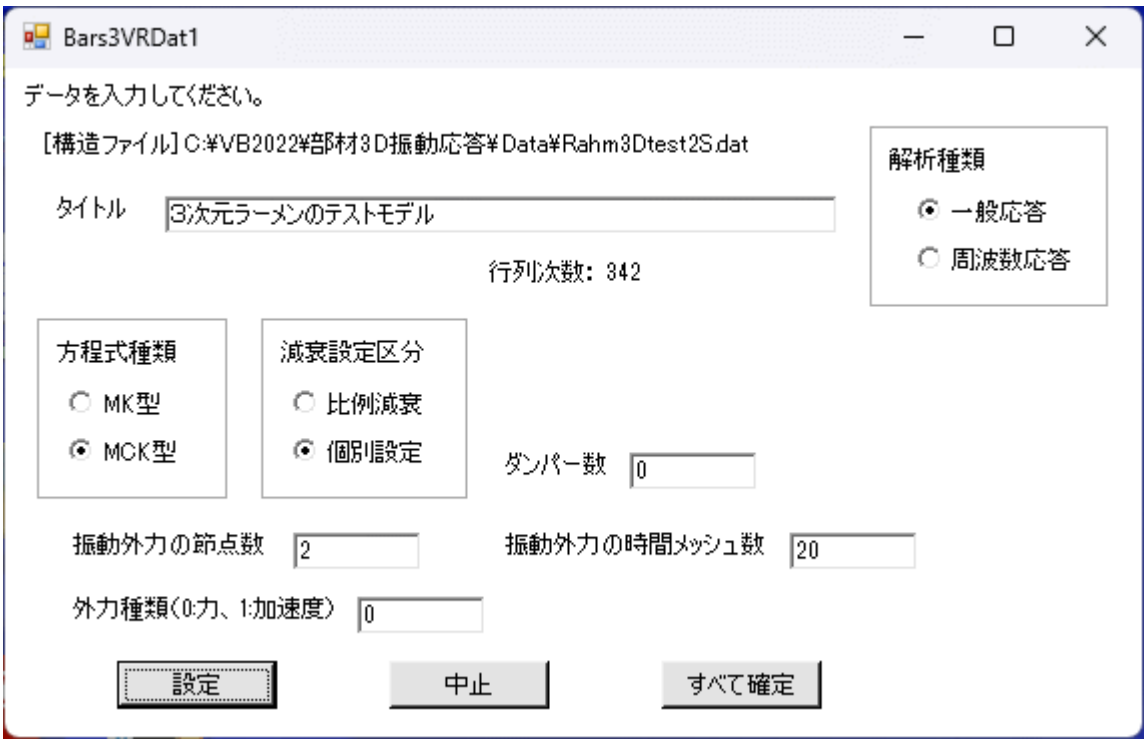


図5-4　　データ仕様入力画面（減衰個別設定のＭＣＫ型／一般応答）

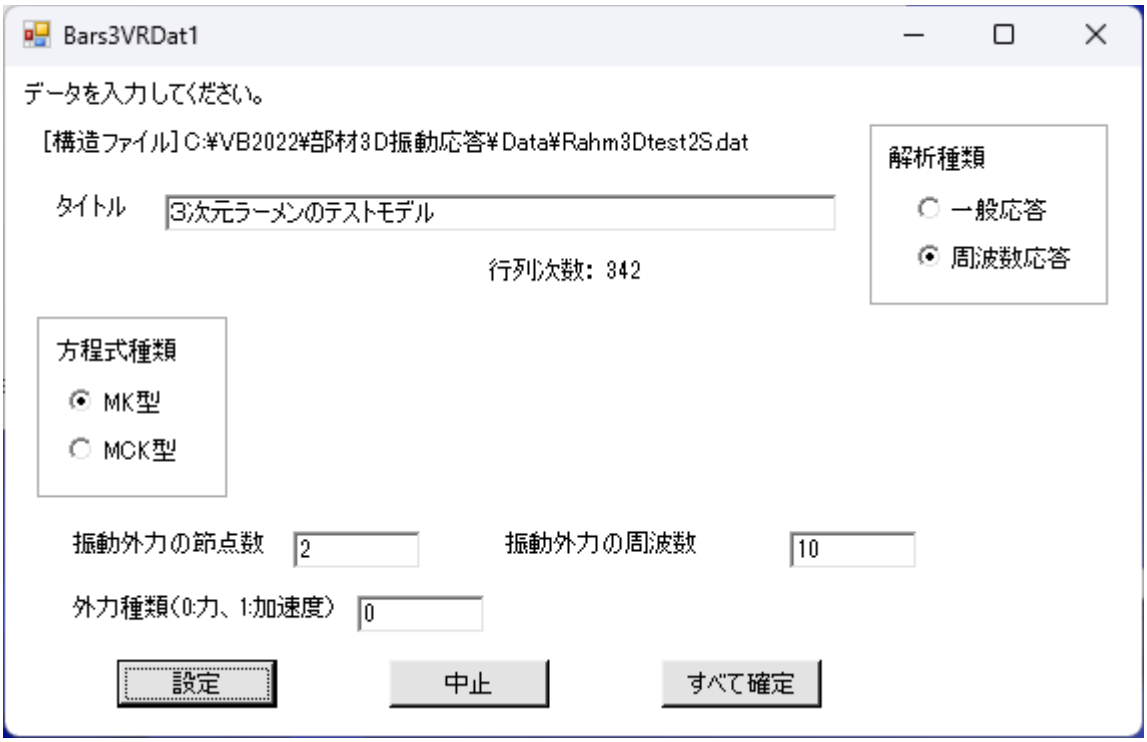


図5-5　　データ仕様入力画面（ＭＫ型／周波数応答）

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「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。

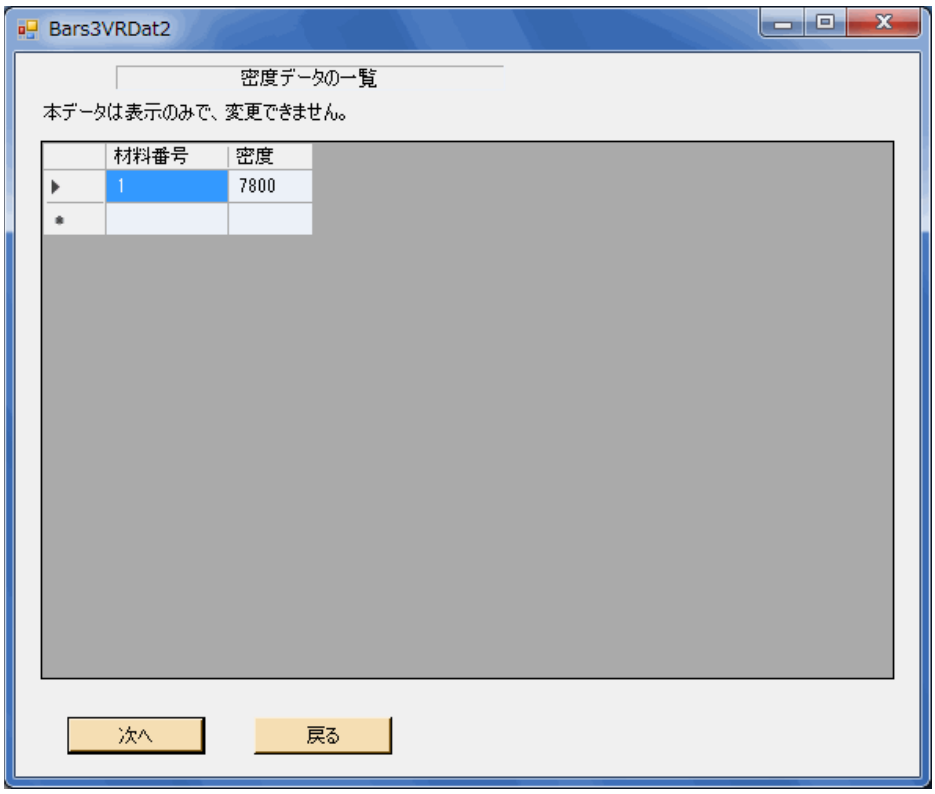


図5-6　　密度データ一覧画面

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ＭＫ型および比例減衰のＭＣＫ型の場合、図5-8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ﾃﾞｰﾀ」処理で算出された質量マトリックスなので、通常はそのままで構いません。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。

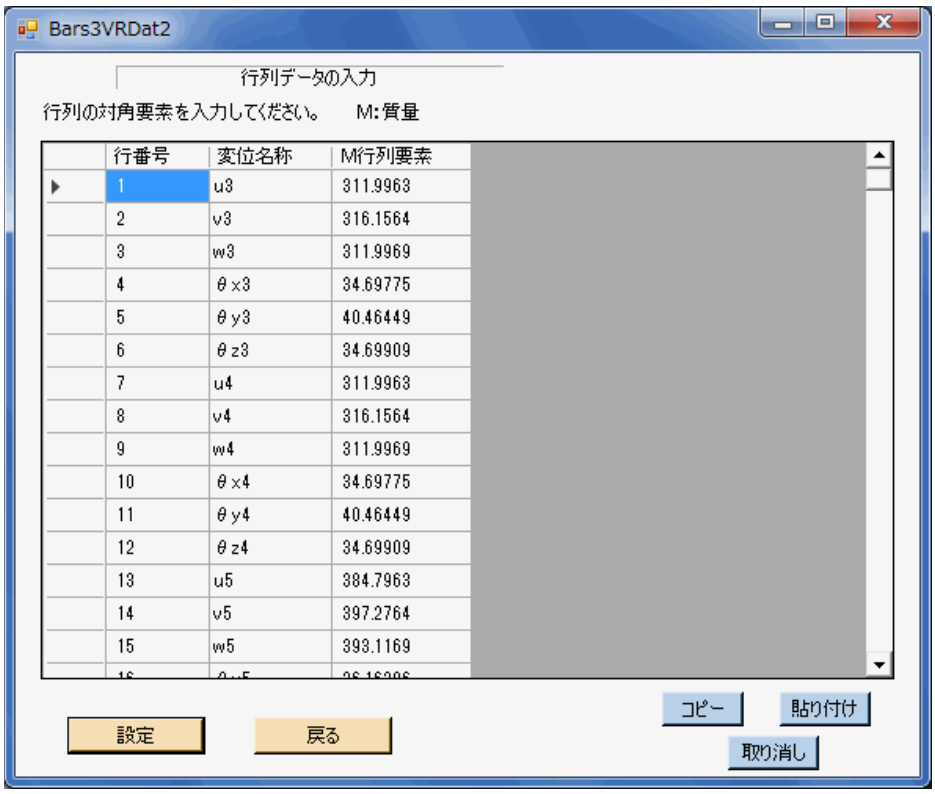


図5-7　　行列データ入力画面（ＭＫ型、比例減衰のＭＣＫ型）

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。

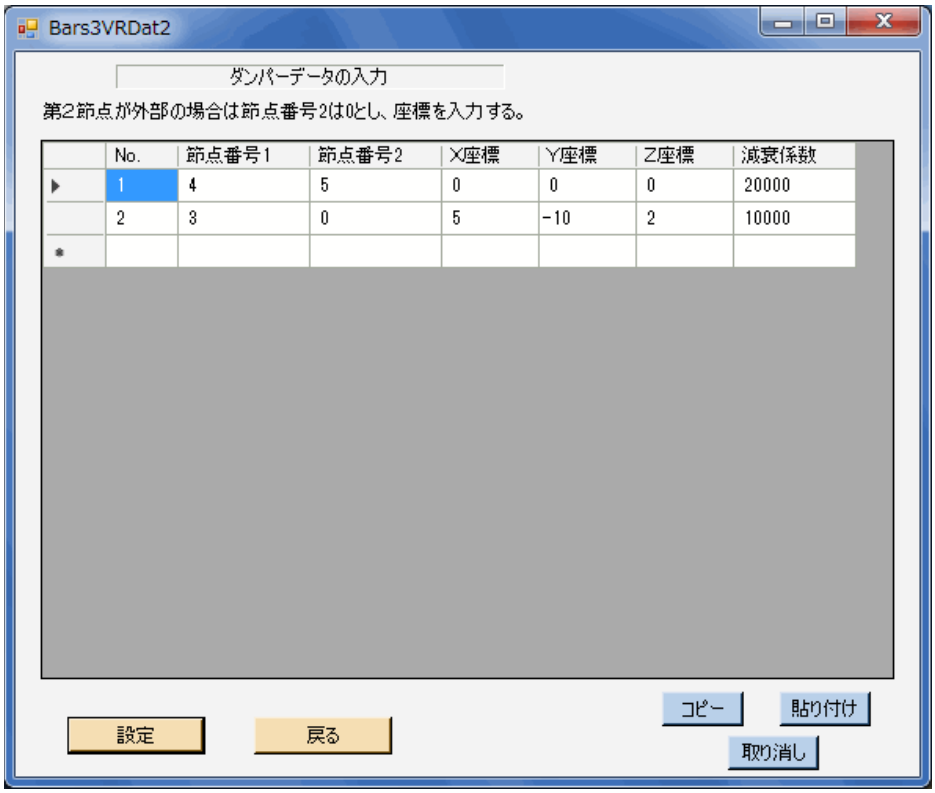


図5-9　　ダンパーデータ入力画面

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、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。

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。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5-11　　振動外力データ入力画面（一般応答の場合）

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5-12　　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5-13にラーメンの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5-13で〇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61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になっています。

⑤同じくＭＣＫ型ではダンパー数が表示され、本例では0になっています。

⑥解析の種類は、一般応答の相当番号0になっています。

⑦境界拘束の除去は、なしの相当番号0になっています。

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、1～6がそれぞれX,Y,Z,θ_x,θ_y,θ_z方向に相当します。

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、各変位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、節点番号と各変位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5-14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、同図で〇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。

さらに、図5-15にトラスのＭＫ型一般応答、図5-16にのトラス・ラーメン混合のＭＫ型一般応答の入力データファイル例を示します。

```
プログラム名,Bars3VibRes
［Bars3D構造ﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2S.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, 61                                                                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, 342
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,    3,    1
 2,    3,    2
 3,    3,    3
 4,    3,    4
 5,    3,    5
 6,    3,    6
 7,    4,    1
・・・・・・・・
・・・・・・・・
 338,    61,    2
 339,    61,    3
 340,    61,    4
 341,    61,    5
 342,    61,    6
＜Ｍ行列（質量マトリックス）＞行番号、対角要素                             ⑩
 1,    311.9963
 2,    316.1564
 3,    311.9969
 4,    34.69775
 5,    40.46449
 6,    34.69909
 7,    311.9963
・・・・・・・・・
・・・・・・・・・
 338,    145.6
 339,    162.24
 340,    26
 341,    2.93241
 342,    26
```

図5-13（1/2）　　入力データファイル例（ラーメン、減衰個別設定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,    1000
 2,    1000
 3,    1000
 4,    1000
 5,    1000
 6,    1000
 7,    1000
・・・・・・・
・・・・・・・
 338,    1000
 339,    1000
 340,    1000
 341,    1000
 342,    1000
-----------------------------------------------------------
＜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, 20                                              ⑮
振動外力の種類（0:力、1:加速度）, 0                                       ⑯
No.、節点番号、各方向有無（X、Y、Z、θx、θy、θz）                         ⑰
 1,    3,     1,     0,     0,     0,     0,     0
 2,    4,     0,     1,     1,     0,     0,     0
時間No.、u3、v4、w4                                                       ⑱
 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5-13（2/2）　　入力データファイル例（ラーメン、減衰個別設定ＭＣＫ型／一般応答）

```
プログラム名,Bars3VibRes
［Bars3D構造ﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2S.dat
３次元ラーメンのテストモデル・・・ダンパー２個
問題のタイプ, 2
節点数, 61
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, 342
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,    20000
 2,    3,    0,    5,  -10,    2,    10000
＜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
・・・・・・・・
・・・・・・・・
＜Ｍ行列（質量マトリックス）＞行番号、対角要素
 1,    311.9963
 2,    316.1564
 3,    311.9969
・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・
＜Ｃ行列（減衰マトリックス）＞行番号、各要素
 1,    1000
 2,    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、θx、θy、θz）
 1,    3,     1,     0,     0,     0,     0,     0
 2,    4,     0,     1,     1,     0,     0,     0
時間No.、u3、v4、w4
 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
 2,    4000,  -2500,  -7000
 3,    6000,  -3750,  -10000
・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・
```

図5-14　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／一般応答）

```
プログラム名,Bars3VibRes
［Bars3D構造ﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Trus3Dtest2-3M.dat
３次元トラス構造モデル・・・材料数３
問題のタイプ, 1
節点数, 10
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）, 0
境界拘束の解除（0:なし、1:有り）, 0
行列の次数, 18
材料データ数, 3
＜材料の密度＞材料番号、密度
 1,    7800
 2,    7800
 3,    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
 4,    4,    1
・・・・・・
・・・・・・
 16,    8,    1
 17,    8,    2
 18,    8,    3
＜Ｍ行列（質量マトリックス）＞行番号、対角要素
 1,    1164.787
 2,    1164.787
 3,    1164.787
 4,    1576.602
・・・・・・・
・・・・・・・
 16,    1988.416
 17,    1988.416
 18,    1988.416
-------------------------------------------------------
＜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）
 1,    3,     1,     0,     0
 2,    4,     0,     1,     1
時間No.、u3、v4、w4
 0,    100,  -100,  -1000
 1,    2000,  -1250,  -4000
 2,    4000,  -2500,  -7000
 3,    6000,  -3750,  -10000
 4,    8000,  -5000,  -7000
・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・
 18,  -4000,  -2500,  -7000
 19,  -2000,  -1250,  -4000
 20,    0,  -100,  -1000
```

図5-15　入力データファイル例（トラス、ＭＫ型／一般応答）

```
プログラム名,Bars3VibRes
［Bars3D構造ﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥BarsC3Dtest2S.dat
３次元トラス・ラーメン混合モデル
問題のタイプ, 3
節点数, 61
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）, 0
境界拘束の解除（0:なし、1:有り）, 0
行列の次数, 342
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,    3,    1
 2,    3,    2
 3,    3,    3
 4,    3,    4
・・・・・・・・
・・・・・・・・
 339,    61,    3
 340,    61,    4
 341,    61,    5
 342,    61,    6
＜Ｍ行列（質量マトリックス）＞行番号、対角要素
 1,    311.9963
 2,    316.1564
 3,    311.9969
 4,    34.69775
・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・
 339,    162.24
 340,    26
 341,    2.93241
 342,    26
-------------------------------------------------------
＜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、θx、θy、θz）
 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
 2,    4000,   -2500,   -7000
 3,    6000,   -3750,   -10000
 4,    8000,   -5000,   -7000
・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・
 18,   -4000,   -2500,   -7000
 19,   -2000,   -1250,   -4000
 20,    0,   -100,   -1000
```

図5-16　入力データファイル例（トラス・ラーメン混合、ＭＫ型／一般応答）

次に、図5-17にラーメンの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、図の〇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,Bars3VibRes
［Bars3D構造ﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2S.dat
３次元ラーメンのテストモデル
問題のタイプ, 2
節点数, 61
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                                ①
境界拘束の解除（0:なし、1:有り）, 0
行列の次数, 342
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,    3,    1
 2,    3,    2
 3,    3,    3
 4,    3,    4
 5,    3,    5
 6,    3,    6
 7,    4,    1
・・・・・・・・
・・・・・・・・
 338,    61,    2
 339,    61,    3
 340,    61,    4
 341,    61,    5
 342,    61,    6
＜Ｍ行列（質量マトリックス）＞行番号、対角要素
 1,    311.9963
 2,    316.1564
 3,    311.9969
 4,    34.69775
 5,    40.46449
```

図5-17（1/2）　　入力データファイル例（ラーメン、ＭＫ型／周波数応答）

```
 6,    34.69909
 7,    311.9963
・・・・・・・・
・・・・・・・・
 338,    145.6
 339,    162.24
 340,    26
 341,    2.93241
 342,    26
-------------------------------------------------------
＜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                                    ②
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、θx、θy、θz）
 1,    3,     1,     0,     0,     0,     0,     0
 2,    4,     0,     1,     1,     0,     0,     0
変位方向、振幅、位相差                                  ③
u3,    100000,    0
v4,    1000,    0
w4,    70000,   -30
```

図5-17（2/2）　　入力データファイル例（ラーメン、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。

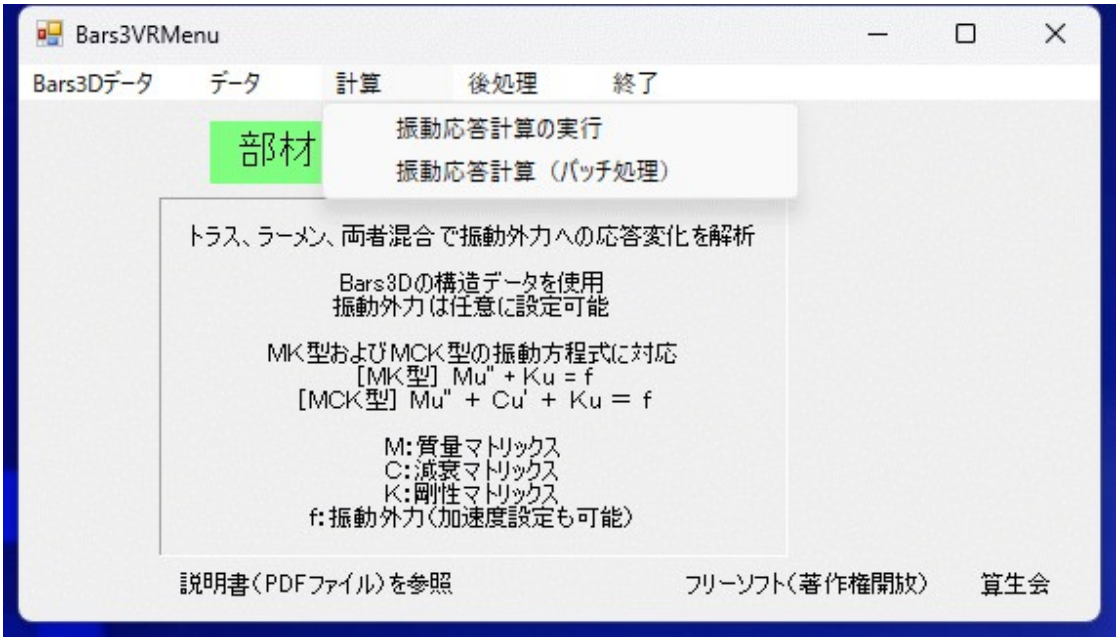


図6-1　　「計算」サブメニュー画面

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。

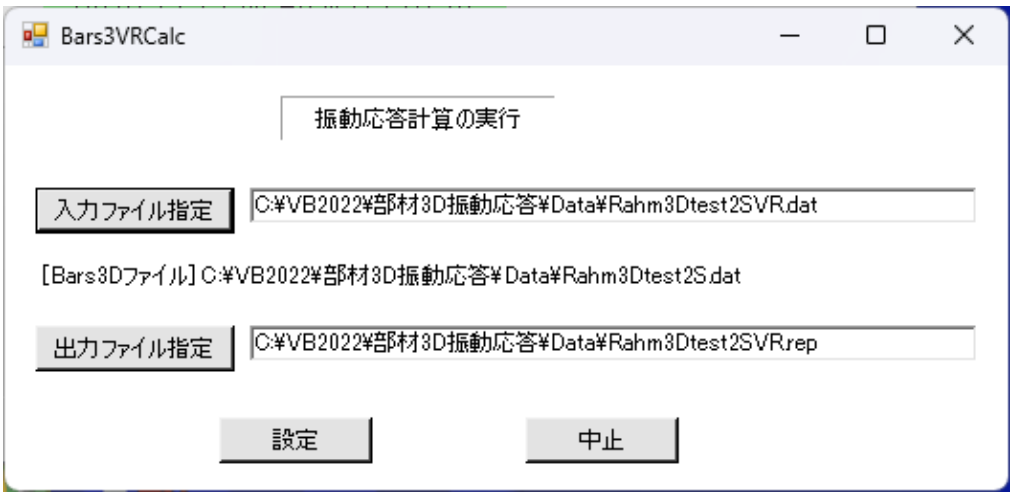


図6-2　　「計算」ファイル設定画面

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先ず、計算打切り時間を入力します。

◇計算打切り時間は、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こと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最後に、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。

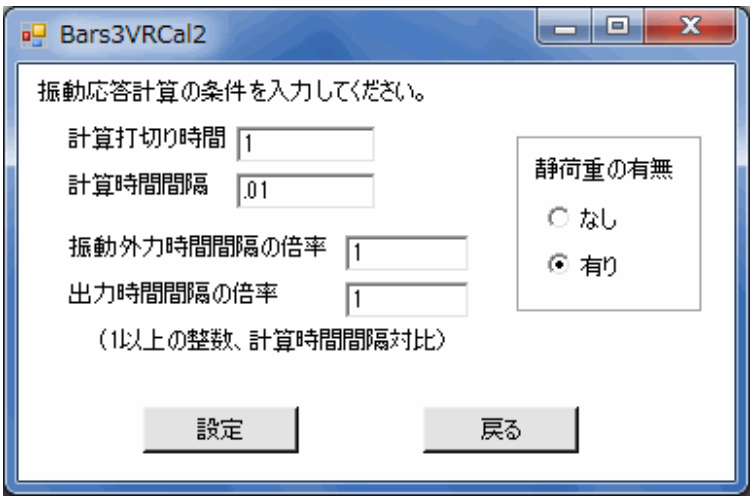


図6-3　　計算条件入力画面（一般応答の場合）

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。

①先ず、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。

◇デフォールトでは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。

◇デフォー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。

④最後に、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。

⑤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。

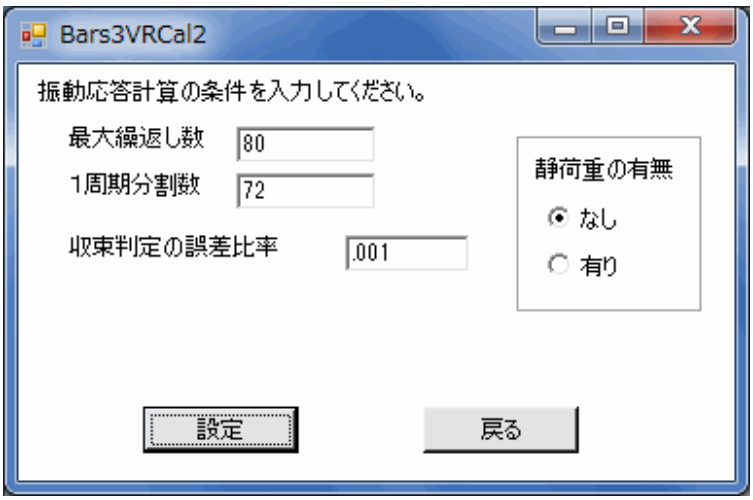


図6-4　　計算条件入力画面（周波数応答の場合）

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、かかった計算時間が2sと表示されています。また、図6-6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。

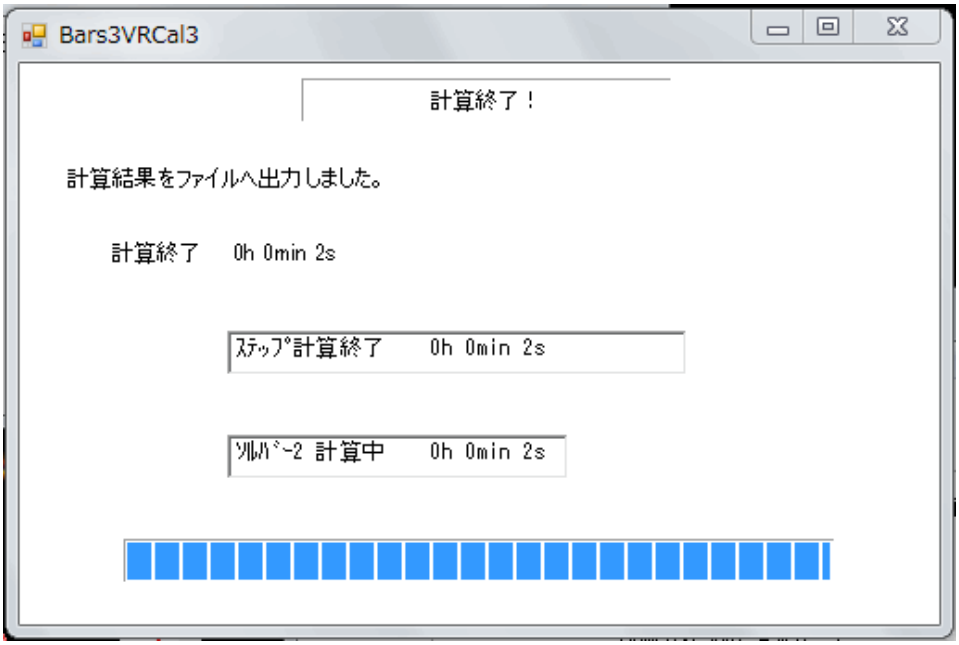


図6-5　　計算終了画面

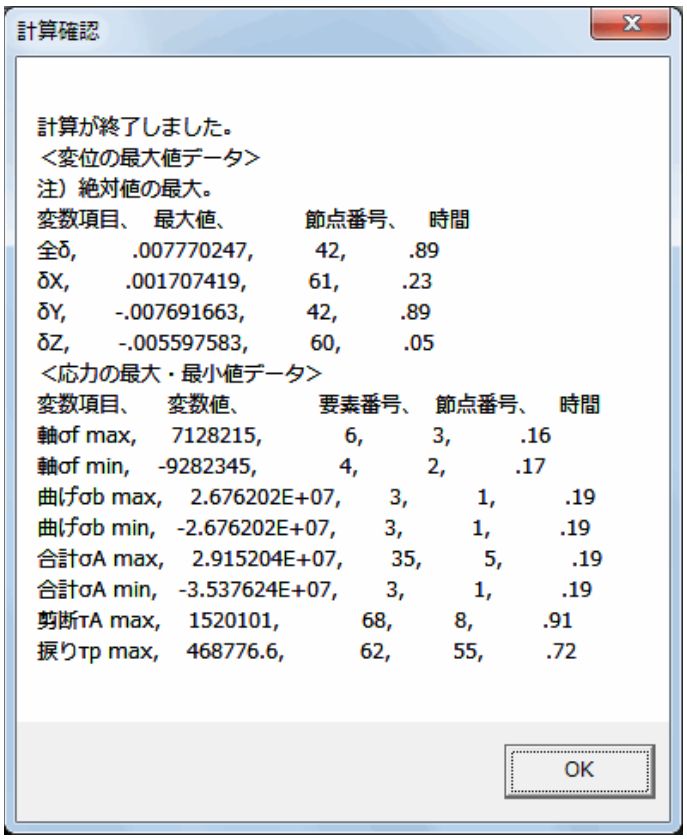


図6-6　　計算確認ダイアログ画面（ラーメンの場合）

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にラーメン例題の計算結果ファイルを示します。図6-7はＭＫ型の一般応答の場合、 図6-8はＭＫ型の周波数応答の場合です。

図6-7で〇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応力・軸力等を出力しています。

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2sです。

```
<<ＭＫ型部材３Ｄ振動応答解析の結果>>
３次元ラーメンのテストモデル
［入力ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.dat                ①
解析種類：一般応答                                                                  ②
静荷重有り                                                                          ③
<パラメーター条件>                                                                  ④
計算打切り時間, 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, 397.2764                                                        ⑤
Ｋ行列要素の最大値, 2.406316E+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、θx、θy、θz）                                  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、θx、θy、θz                                            ⑩
 0,   1,   0,   0,   0,   0,   0,   0
 0,   2,   0,   0,   0,   0,   0,   0
 0,   3,   .000172895,   1.86321E-07,   -.0005490729,
-.0007369492,   .0002049553,   .0001101265
 0,   4,   .000172895,  -1.820492E-07,  -.0005490729,   .0007369492,   .0002049554,
-.0001101262
 0,   5,  -3.049128E-06,  -3.040197E-07,  -.001000906,  -.0007181258,   2.365768E-07,  -
6.524943E-05
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 0,   60,   8.738345E-05,  -4.459769E-09,  -.005581127,   6.115389E-12,  -.0002036565,
3.330305E-10
 0,   61,   2.156664E-05,  -1.643556E-07,  -.004130851,   .001107892,  -.0002036564,
5.265304E-05
-----------------------------------------------
＊＊ 応力・軸力等の出力 ＊＊                                                         ⑪
時間、要素No.、節点No.、σf、軸力、ＦyB、ＦzB、MxB、MyB, MzB、
σbU、σbL、σAU、σAL、τA、τp
 0,   1,   1,  -64031.68,  -717.1548,   4927.285,   2.932315,   8.816376,  -9.769822,
10532.53,      9625405,  -9625405,   9561373,  -9689437,   778556.4,   176680.9
 0,   1,   11,  -64031.68,  -717.1548,  -2743.285,  -2.932315,  -8.816376,   2.439037,
-944.3143,      884846.1,  -884846.1,   820814.4,  -948877.8,   433406.5,   176680.9
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
```

図6-7（1/3）　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、一般応答）

```
 0,    68,    61,  -13431.25,  -150.43,  -4683.996,    5.992044E-05,  -2.858444E-06,  -
15.78942,  -16301.62,        1.490698E+07,  -1.490698E+07,    1.489355E+07,  -
1.492041E+07,    740238.6,    .05728344
 0,    68,    8,  -13431.25,  -150.43,    9367.996,  -5.992044E-05,    2.858444E-06,
15.78928,  -1263.368,        1358999,  -1358999,    1345567,  -1372430,
1480478,    .05728344
―――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――
＊＊ 全節点の荷重出力 ＊＊                                                        ⑫
＜時間、節点番号, Ｆx、Ｆy、Ｆz、Mx、My、Mz＞
 0,    1,  -3.051758E-05,    0,  -2183.976,    0,    682.495,    0
 0,    2,  -3.051758E-05,    0,  -2183.976,    0,    682.495,    0
 0,    3,    .03772832,    4.720801E-06,  -4367.911,  -454.9992,    454.9984,    1.988076E-
05
 0,    4,  -.005190155,  -6.258114E-05,  -4367.885,    454.9955,    454.9996,
1.628184E-05
 0,    5,  -.02086402,  -6.436594E-05,  -105460,  -455.0038,    .003407896,    2.419227E-
05
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 0,    60,    1.810995E-06,    2.664601E-06,  -4684.005,  -.005915642,    1.698165E-07,  -
2.307468E-06
 0,    61,    4.683425E-07,  -2.062938E-05,  -4684.001,  -.005563334,    1.775538E-07,  -
6.533228E-06
―――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――
＊＊ 拘束節点の反力 ＊＊                                                          ⑬
＜時間、節点番号, Ｆx、Ｆy、Ｆz、Mx、My、Mz＞
 0,    1,    46763.36,    28.25236,    88375.3,  -79.52434,  -12993.23,    45.10698
 0,    2,    46763.37,  -28.25236,    88375.31,    79.52451,  -12993.23,  -45.10683
 0,    9,  -46763.37,    67.16068,    90879.91,  -172.2557,    13039.21,  -124.3047
 0,    10,  -46763.36,  -67.16072,    90879.91,    172.2556,    13039.21,    124.3043
――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――
＜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、θx、θy、θz)
 .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、δX、δY、δZ、θx、θy、θz
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――――
＜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、θx、θy、θz)
 .02,    3,    4000,    0,    0,    0,    0,    0
 .02,    4,    0,  -2500,  -7000,    0,    0,    0
```

図6-7 (2/3)　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、一般応答）

```
＜変位データ＞
時間、節点番号、δX、δY、δZ、θx、θy、θz
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
-------------------------------------------------------------
＜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
Ｆvx,        10000,               3,          .05
Ｆvy,       -5000,                4,          .04
Ｆvz,       -10000,               4,          .03
全δ,          .007770247,          42,          .89
δX,          .001707419,         61,          .23
δY,         -.007691663,         42,          .89
δZ,         -.005597583,         60,          .05
θx,          .001971165,         22,          .59
θy,          .0002800068,        14,          .71
θz,          .001568841,         39,          .33
-------------------------------------------------------------
＜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、     変数値、            要素番号、  節点番号、   時間
軸σf max,      7128215,              6,          3,          .16
軸σf min,     -9282345,              4,          2,          .17
軸力 max,       79836,               6,          3,          .16
軸力 min,      -103962.3,            4,          2,          .17
剪断ＦyB max,    9634.477,            68,          8,          .91
剪断ＦyB min,   -4950.477,            68,          61,         .91
剪断ＦzB max,    859.2467,            3,          17,         .19
剪断ＦzB min,   -859.2467,            3,          1,          .19
振りＭxB max,    23.39195,            62,          9,          .72
振りＭxB min,   -23.39195,            62,          55,         .72
曲げＭyB max,    1700.332,            3,          1,          .19
曲げＭyB min,   -1341.9,              35,          5,          .19
曲げＭzB max,    22245.96,            66,          60,         .3
曲げＭzB min,   -22248.2,             67,          60,         .3
曲げσb max,      2.676202E+07,        3,          1,          .19
曲げσb min,     -2.676202E+07,        3,          1,          .19
合計σA max,      2.915204E+07,        35,          5,          .19
合計σA min,     -3.537624E+07,        3,          1,          .19
剪断τA max,      1520101,             68,          8,          .91
振りτp max,      468776.6,            62,          55,         .72
END    0h 0min 2s                                                      ⑰
```

図6-7（3/3）　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、一般応答）

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、〇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収束繰返し回数が51回であったことを示しています。

⑥収束時の旧変位、新変位、差を示しています。

⑦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。

⑧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。

◇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、角度、節点番号、各方向変位を出力しています。

⑪応力・軸力等を出力しています。

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。

⑮最終の繰返し数は31回で、次行に変位の誤差を示しています。

⑯全周期内メッシュ番号の結果データの後、振動外力と変位の最大値データを出力しています。

⑰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。

⑱計算時間は29sです。

```
<<ＭＫ型部材３Ｄ振動応答解析の結果>>
３次元ラーメンのテストモデル
［入力ﾃﾞｰﾀﾌｧｲﾙ］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR-ff.dat        ①
解析種類：周波数応答                                                          ②
静荷重なし                                                                    ③
<パラメーター条件>                                                            ④
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 ＊＊＊
Ｍ行列要素の最大値, 397.2764
Ｋ行列要素の最大値, 2.406316E+09
-----------------------------------------------------
収束繰返し回数, 51                                                            ⑤
旧変位、新変位、差, .001054435, .001055402, 9.668292E-07                      ⑥
-----------------------------------------------------
<周期内メッシュ番号、角度、周期内時間>, 0, 0, 0                               ⑦
<振動外力データ>
角度、節点番号、各方向外力（X、Y、Z、θx、θy、θz）                            ⑧
 0,   3,   0,   0,   0,   0,   0,   0
 0,   4,   0,   0,  -35000,   0,   0,   0
<変位データ>                                                                  ⑨
角度、節点番号、δX、δY、δZ、θx、θy、θz                                      ⑩
 0,   1,   0,   0,   0,   0,   0,   0
 0,   2,   0,   0,   0,   0,   0,   0
 0,   3,   8.290809E-07,  -.0002223045,   1.999722E-06,  -5.752947E-05,
3.22945E-06,  -2.77763E-05
 0,   4,   3.366624E-05,  -.0002242861,  -.0001699333,   1.913334E-05,
1.947798E-05,  -3.779467E-05
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 0,   60,  -4.995719E-06,  -.000553522,  -6.541677E-05,  -3.676341E-06,  -
3.232984E-05,   9.268504E-07
 0,   61,   5.852111E-06,  -.0005544907,  -7.561698E-05,  -1.582856E-06,  -
3.995372E-05,  -6.552002E-06
-----------------------------------------------
＊＊ 応力・軸力等の出力 ＊＊                                                   ⑪
角度、要素No.、節点No.、σf、軸力、ＦyB、ＦzB、ＭxB、ＭyB, ＭzB、
σbU、σbL、σAU、σAL、τA、τp
 0,   1,   1,  -92290.19,  -1033.65,  -165.0652,  -25.98844,   1.884941,
48.1692,  -179.2494,      835181.1,  -835181.1,   742890.9,  -927471.3,
25392.8,   37774.37
 0,   1,   11,  -92290.19,  -1033.65,   165.0652,   25.98844,  -1.884941,
16.80189,  -233.4135,      445273.8,  -445273.8,   352983.7,  -537564,
25392.8,   37774.37
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 0,   68,   61,  -91178.34,  -1021.197,  -132.4205,  -4.277998,  -.641864,  -
4.062013,  -301.158,      328124.8,  -328124.8,   236946.5,  -419303.2,
20752.99,   12863.01
```

図6-8（1/3）　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、周波数応答）

```
 0,    68,    8,   -91178.34,   -1021.197,    132.4205,    4.277998,    .641864,
14.75701,   -29.89334,       233322.7,   -233322.7,    142144.4,   -324501.1,
20752.99,    12863.01
-----------------------------------------------
＊＊ 全節点の荷重出力 ＊＊                                                    ⑫
＜角度、節点番号，Ｆｘ、Ｆｙ、Ｆｚ、Ｍｘ、Ｍｙ、Ｍｚ＞
 0,    1,    0,    0,    0,    0,    0,    0
 0,    2,    0,    0,    0,    0,    0,    0
 0,    3,   -755.0788,   -89.08998,    1093.294,    297.4578,    112.7418,   -
6.000673
 0,    4,   -915.2145,   -1130.219,   -33511.98,   -17.10156,   -39.66605,
30.58693
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 0,    60,   -1.749854,    784.569,    501.2996,   -236.5274,    .1906231,    5.98693
 0,    61,   -2.080637,    109.854,   -262.2543,   -99.82664,   -1.016256,   -
3.558069
-----------------------------------------------
＊＊ 拘束節点の反力 ＊＊                                                      ⑬
＜角度、節点番号，Ｆｘ、Ｆｙ、Ｆｚ、Ｍｘ、Ｍｙ、Ｍｚ＞
 0,    1,    536.9069,    30.27883,   -1126.569,   -9.335869,    266.5916,
55.87061
 0,    2,    10891.97,   -68.23125,    26515.13,    100.3042,   -819.8226,   -
21.88937
 0,    9,    251.0242,   -12.96223,    1423.97,    37.26627,    1.126706,   -30.53968
 0,    10,   -10616.18,   -54.22363,    11631.14,    85.86509,    722.7458,   -
11.89744
-------------------------------------------------------
＜周期内メッシュ番号、角度、周期内時間＞，1，5，.001388889                    ⑭
＜振動外力データ＞
角度、節点番号、各方向外力（X、Y、Z、θx、θy、θz）
 5,    3,    8715.573,    0,    0,    0,    0,    0
 5,    4,    0,    87.15574,   -29583.28,    0,    0,    0
＜変位データ＞
角度、節点番号、δX、δY、δZ、θx、θy、θz
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
-------------------------------------------------------
繰返し回数，52                                                               ⑮
旧変位、新変位、差，.001055402，.001048447，6.954884E-06
-------------------------------------------------------
```

図6-8（2/3）　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、周波数応答）

```
<振動外力と変位の最大値データ>                                          ⑯
注）絶対値の最大。
変数項目、   最大値、          節点番号、    周期内角度
Ｆvx,        100000,            3,            90
Ｆvy,        1000,              4,            90
Ｆvz,        70000,             4,            120
全δ,          .001112961,        31,           275
δX,         -.001027703,        31,           275
δY,         -.001048459,        40,           275
δZ,         -.0004374904,       38,           295
θx,          .0003137937,       21,           305
θy,          9.09262E-05,       18,           85
θz,          .0007959636,       30,           275
-------------------------------------------------------
<応力・軸力等の最大・最小値データ>                                      ⑰
注）正負の最大、最小。
変数項目、     変数値、          要素番号、   節点番号、    周期内角度
軸σf max,      5910179,           4,           2,            120
軸σf min,     -5931364,           27,          20,           300
軸力 max,      66194,             4,           2,            120
軸力 min,     -66431.27,          27,          20,           300
剪断ＦyB max,   788.2581,          3,           1,            105
剪断ＦyB min,  -788.2581,          3,           17,           105
剪断ＦzB max,   435.5026,          38,          31,           95
剪断ＦzB min,  -435.5026,          38,          4,            95
捩りMxB max,    5.374501,          44,          37,           120
捩りMxB min,   -5.374501,          44,          7,            120
曲げMyB max,    591.8351,          7,           3,            270
曲げMyB min,   -623.6224,          7,           3,            90
曲げMzB max,    2376.513,          3,           1,            105
曲げMzB min,   -2416.719,          3,           1,            265
曲げσb max,     8960042,           7,           3,            90
曲げσb min,    -8960042,           7,           3,            90
合計σA max,     1.108143E+07,      29,          4,            120
合計σA min,    -1.073542E+07,      29,          4,            305
剪断τA max,     122183.8,          3,           1,            105
捩りτp max,     107705.4,          44,          37,           120
END    0h 0min 29s                                              ⑱
```

図6-8（3/3）　　結果ファイルへの出力例（ラーメン、周波数応答）

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（振動応答解析用）一式を入れておかねばなりません。ただし、構造解析Bars3D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Bars3D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（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。

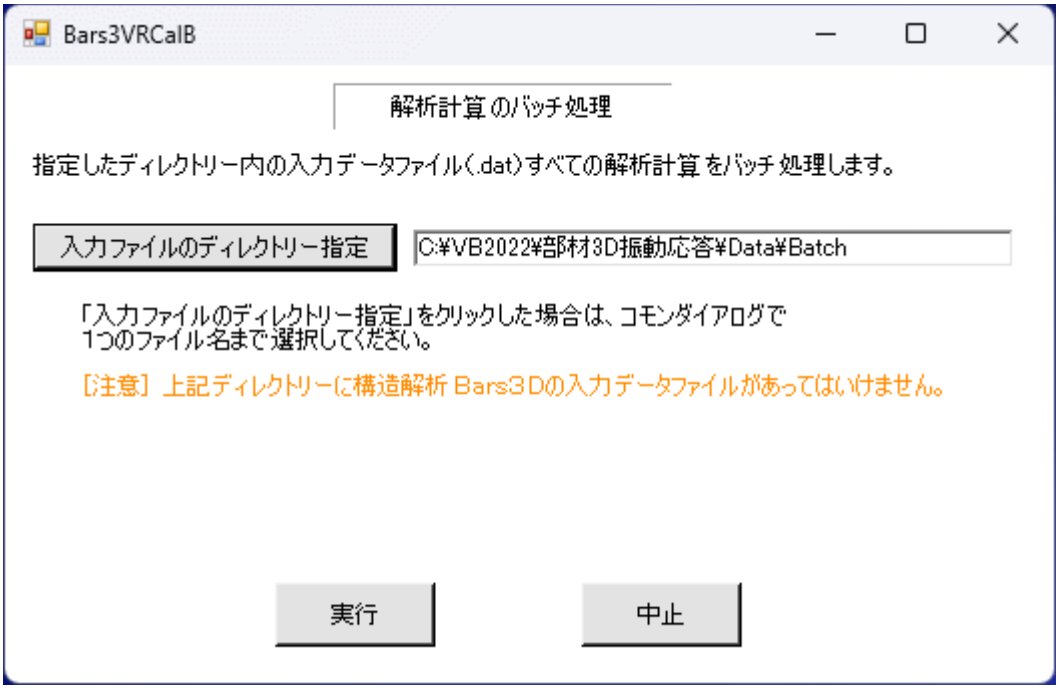


図6-9　　バッチ処理の実行画面

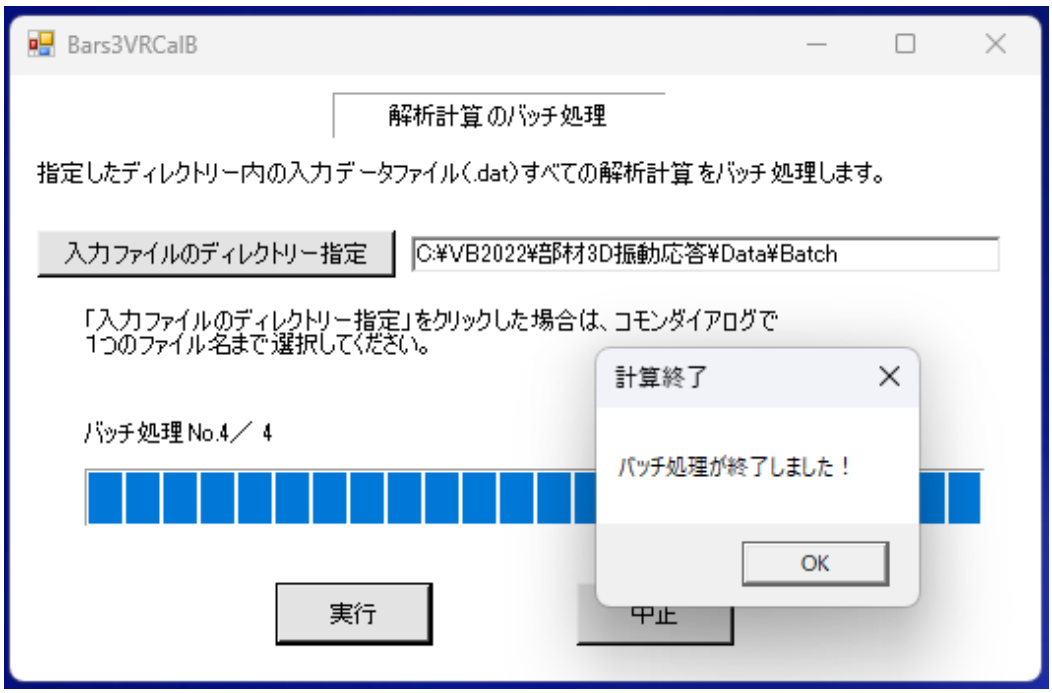


図6-10　　バッチ処理の終了画面

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。

「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。

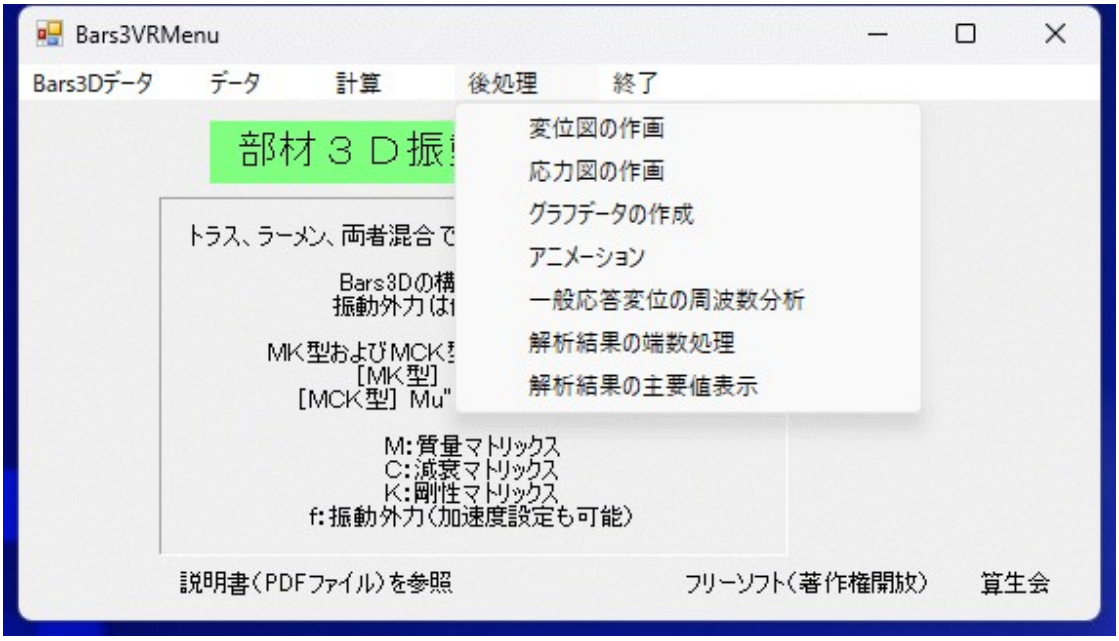


図7-1　　「後処理」サブメニュー画面

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「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。

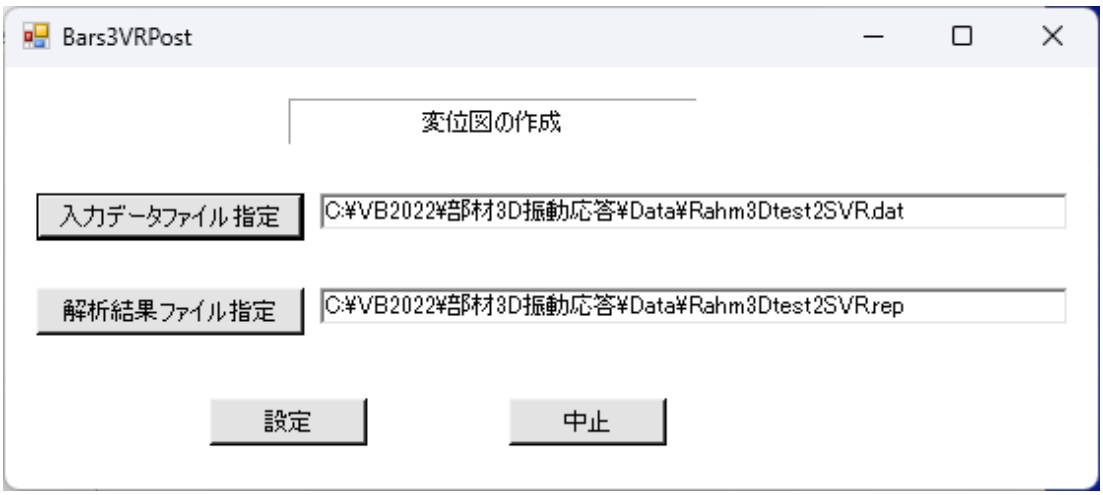


図7-2　　使用ファイル設定画面

7.3 変位図の仕様設定画面

図7-3、7-4に仕様設定画面を示します。図7-3は一般応答の変位図の場合、図7-4は周波数応答の変位図の場合です。

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7-5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、次の各作画画面に移ります。

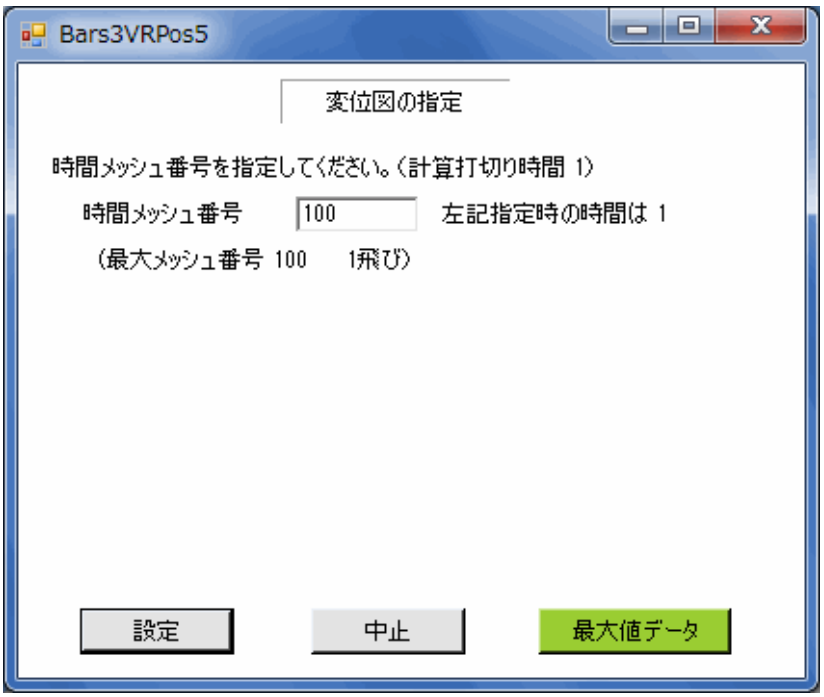


図7-3　　変位図の仕様設定画面（一般応答の場合）

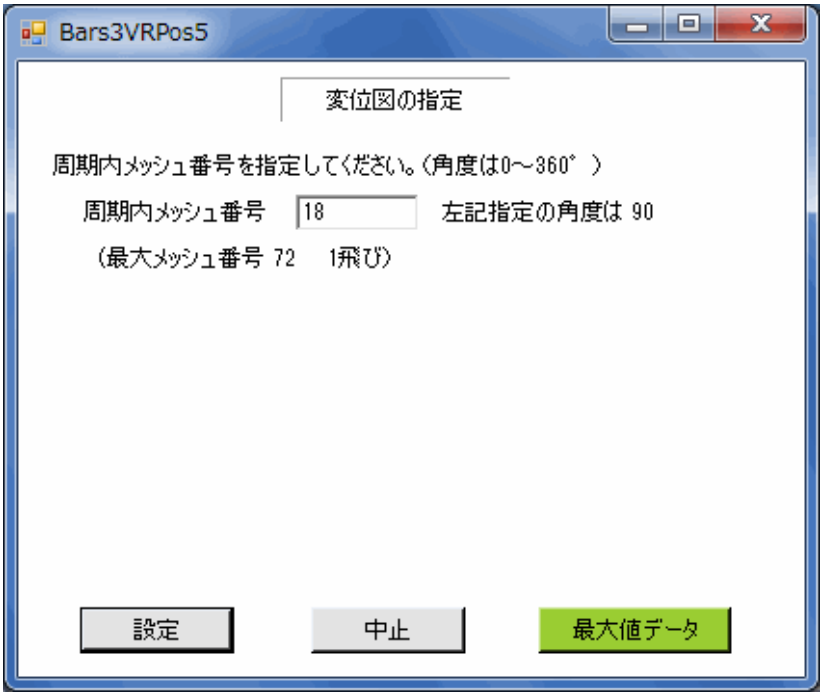


図7-4　　変位図の仕様設定画面（周波数応答の場合）

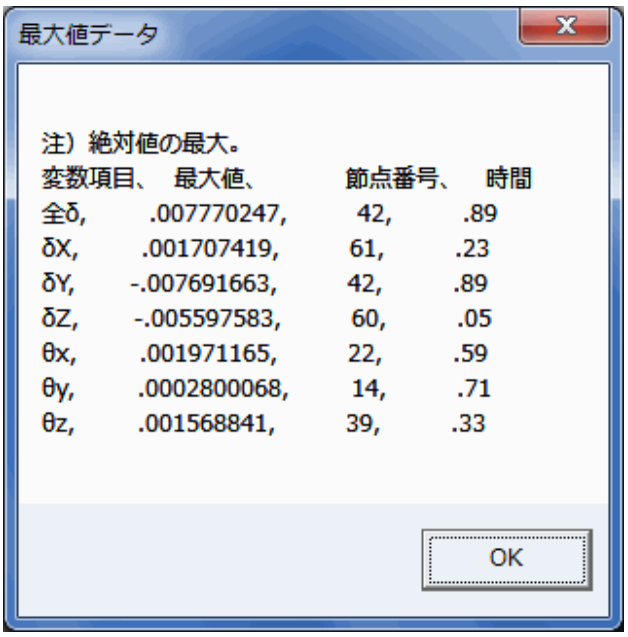


図7-5　　変位関連の最大値データの表示例（ラーメン／一般応答）

7.4 変位図の作画画面

図7-6にラーメンの一般応答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。

◇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7-7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7-8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7-9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7-9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、変位図の一部分を拡大できます。

◇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7-10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7-11のように選択領域が拡大されて表示されます。ただし、図7-11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。

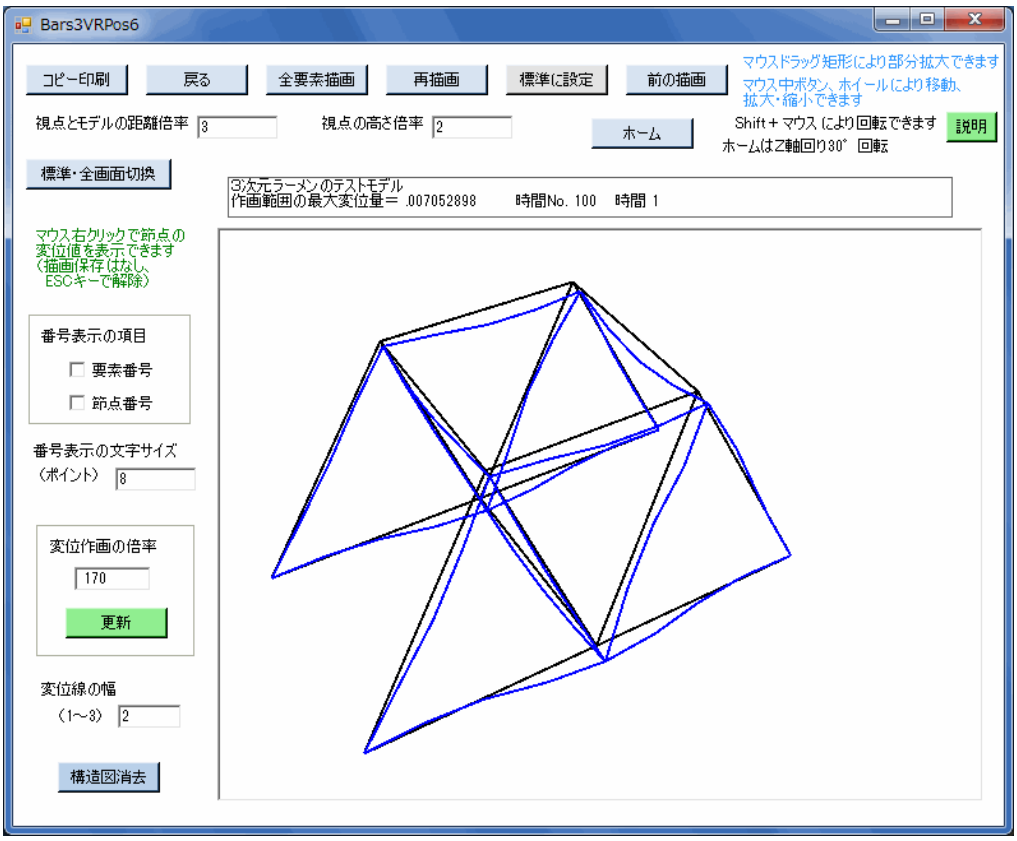


図7-6　　変位図の作画画面の初期状態（ラーメン、一般応答）

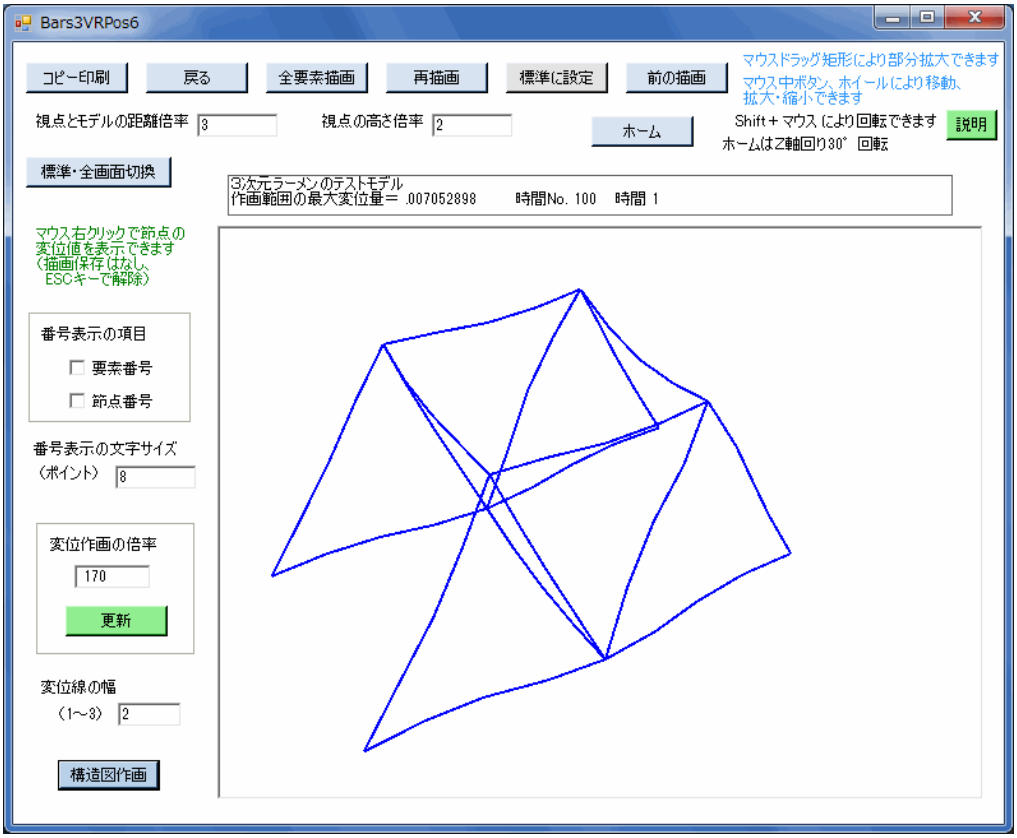


図7-7　　変位図の作画画面（ラーメン、一般応答、構造図消去）

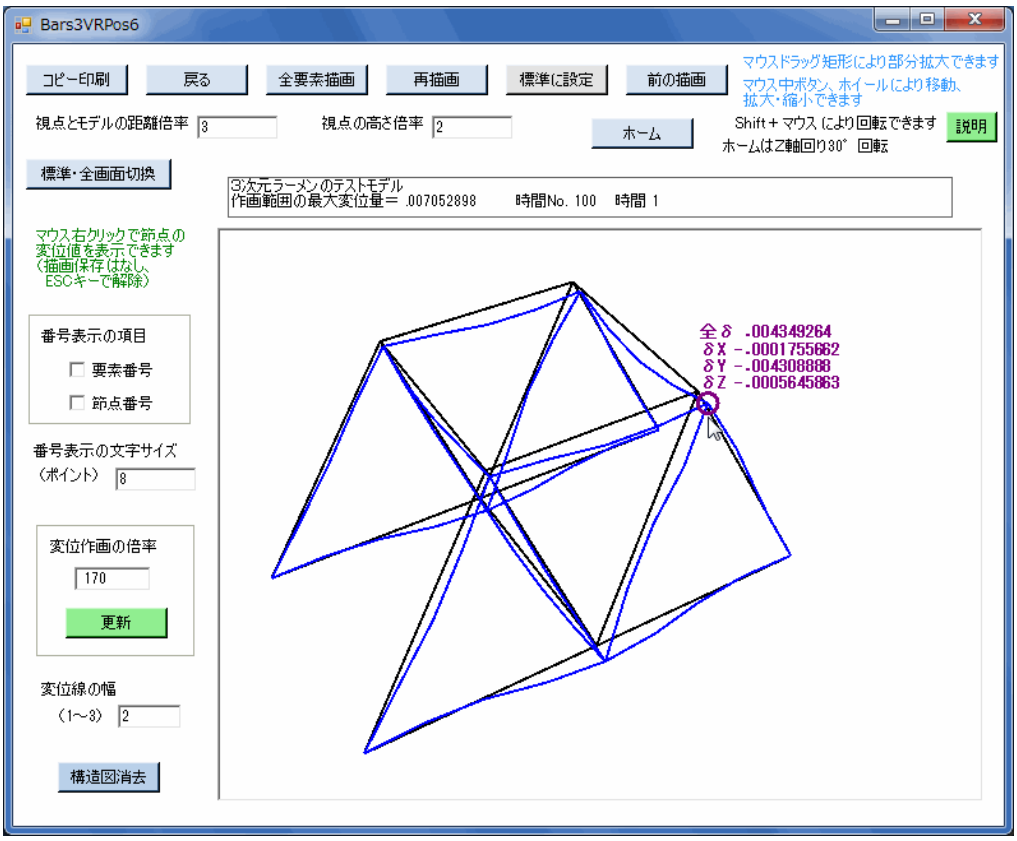


図7-8　　変位図の作画画面（ラーメン、一般応答、マウス右クリックの変位値表示）

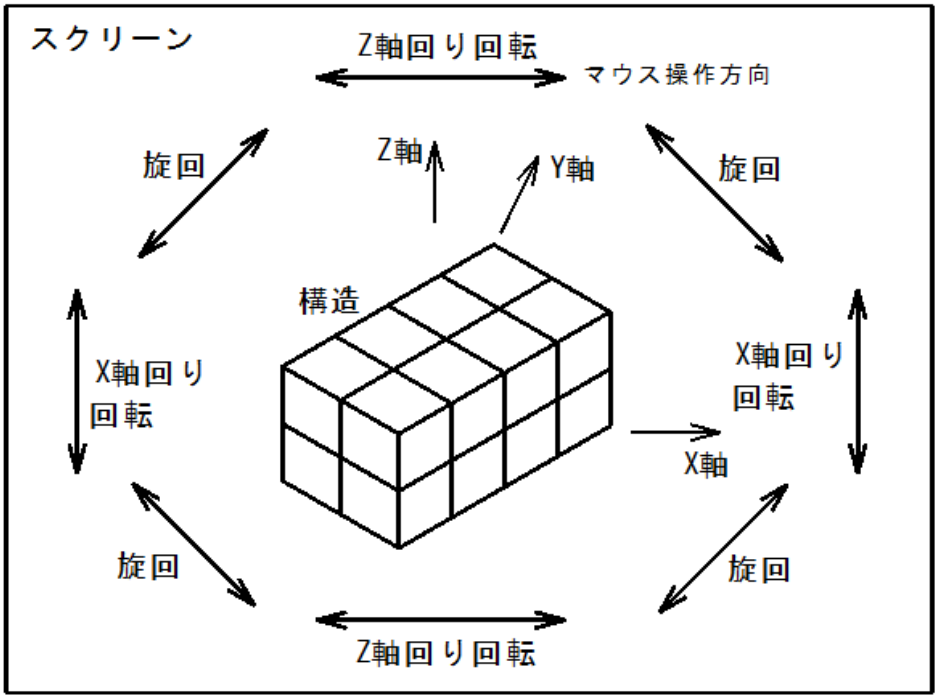


図7-9　　マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）

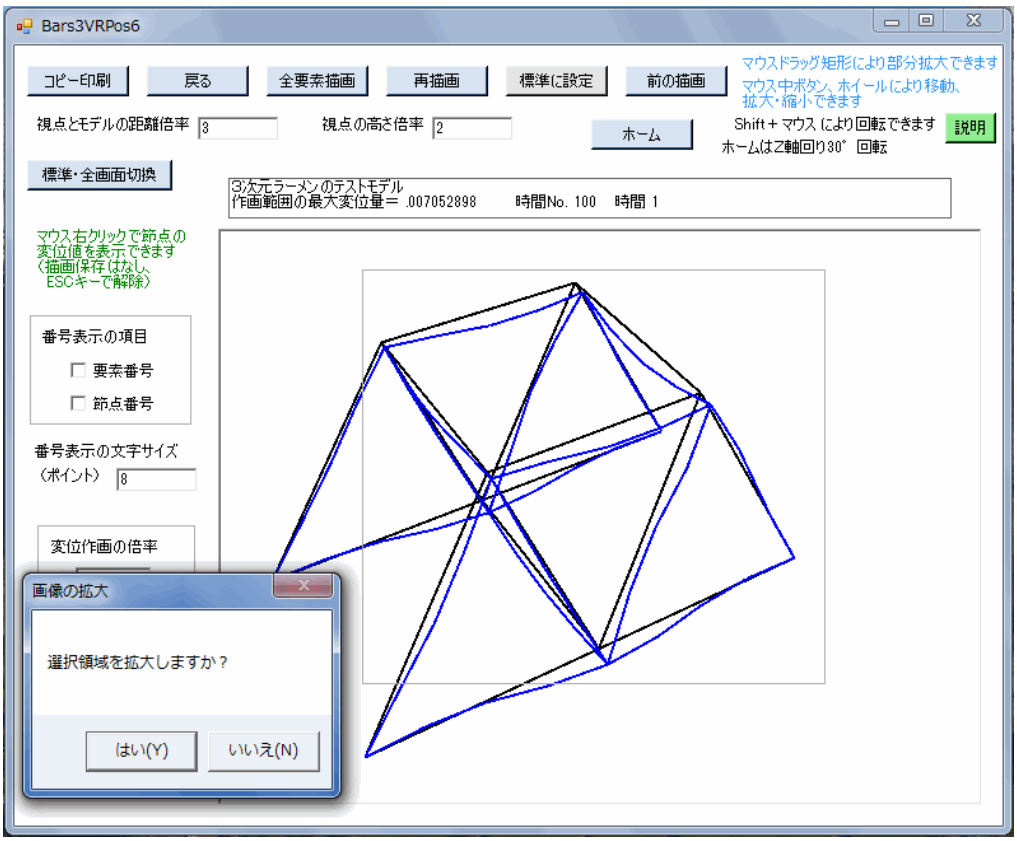


図7-10　　変位図画面における拡大領域選択例（ラーメン、一般応答）

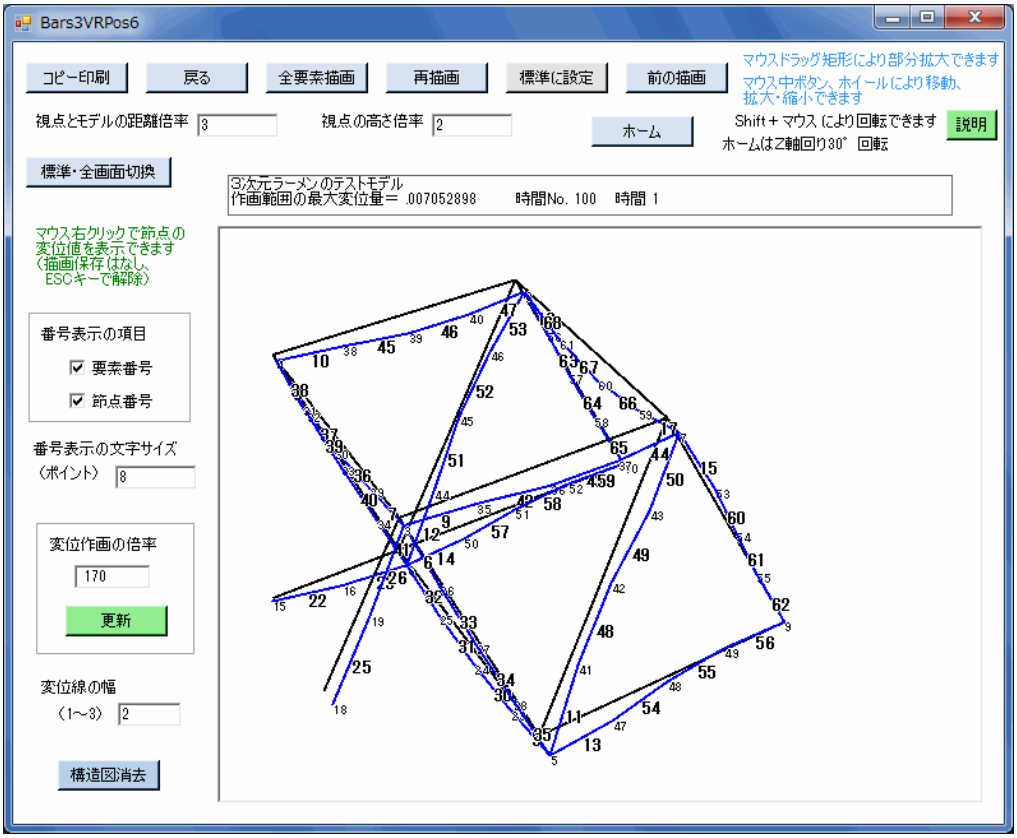


図7-11　　変位図画面における部分拡大例（ラーメン、一般応答）

また、図7-12、7-13に、トラス構造、トラス・ラーメン混合の一般応答の変位図を示します。さらに、図7-14は周波数応答の場合の変位図を示します。

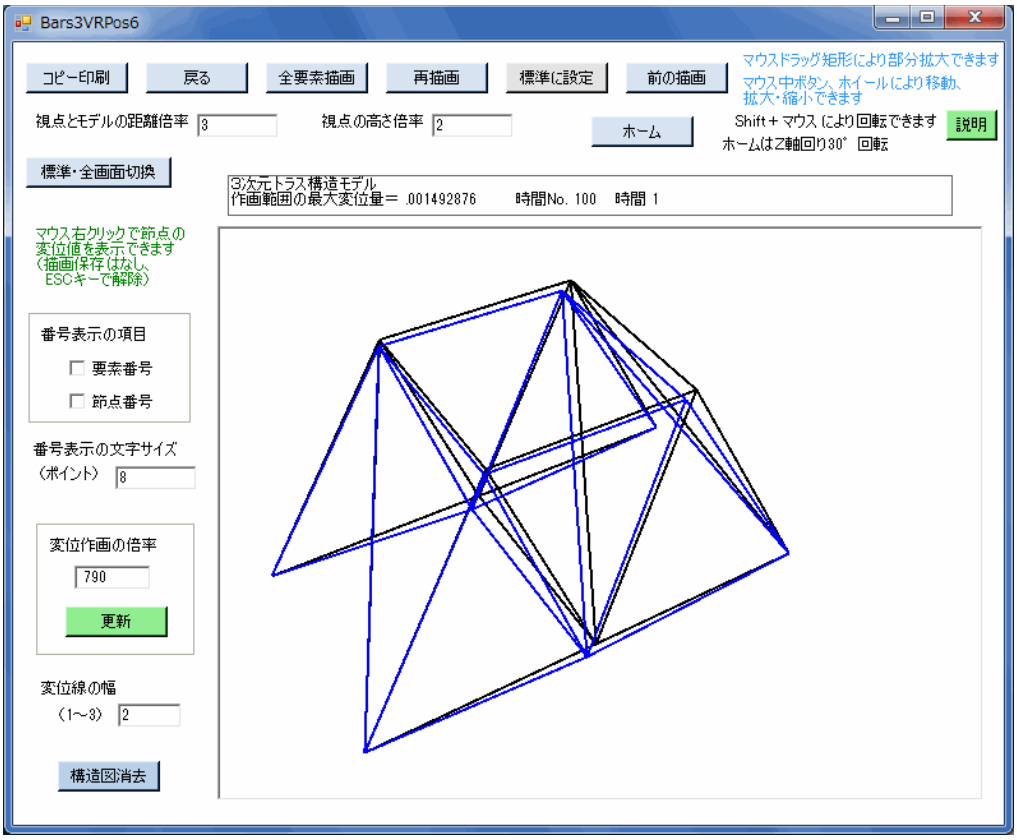


図7-12　　変位図の作画画面（トラス、一般応答）

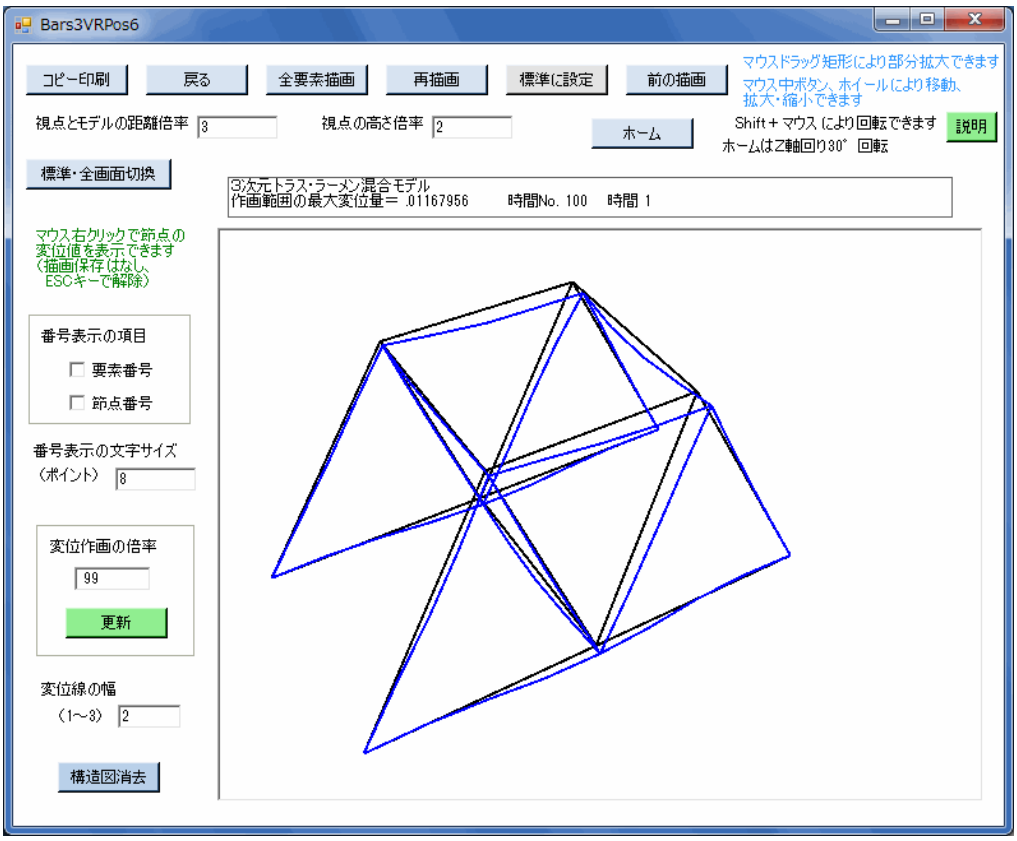


図7-13　　変位図の作画画面（トラス・ラーメン混合、一般応答）

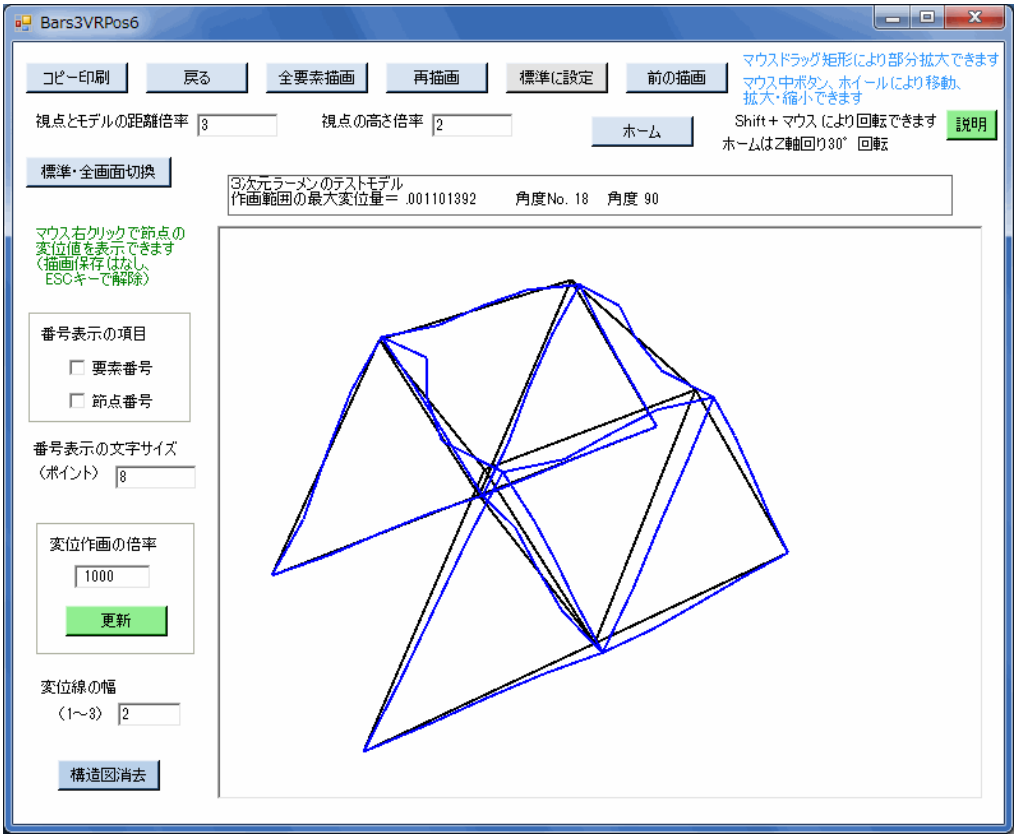


図7-14　　変位図の作画画面（ラーメン、周波数応答）

7.5 応力図の仕様設定画面

図7-15、7-16に仕様設定画面を示します。図7-15は一般応答のトラスの応力図の場合、図7-16は一般応答のラーメンの応力図の場合です。トラス・ラーメン混合の場合はラーメンと同じ扱いになります（以下同様）。

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さらに、応力図については、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は捩り応力で、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7-17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、次の各作画画面に移ります。

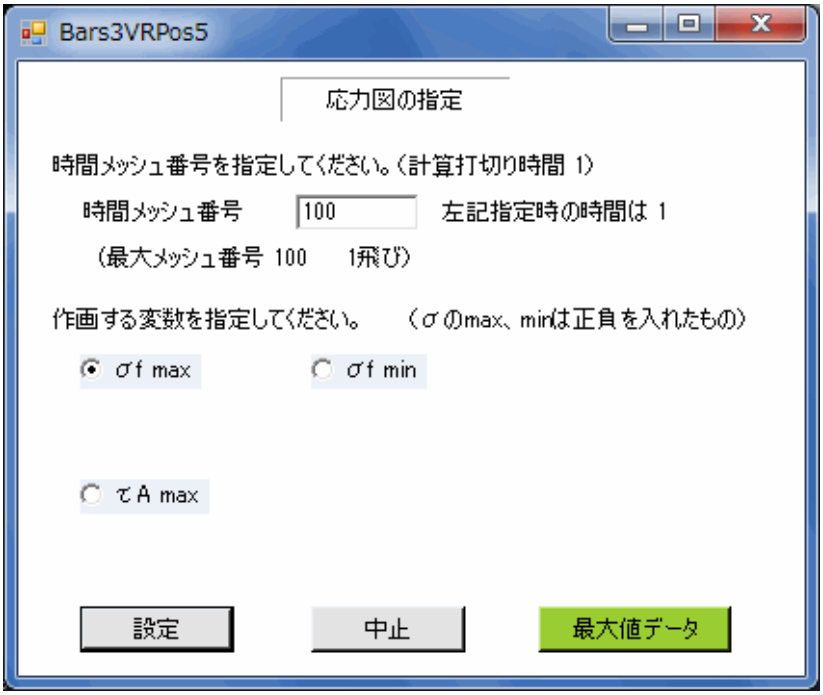


図7-15　　応力図の仕様設定画面（トラス、一般応答）

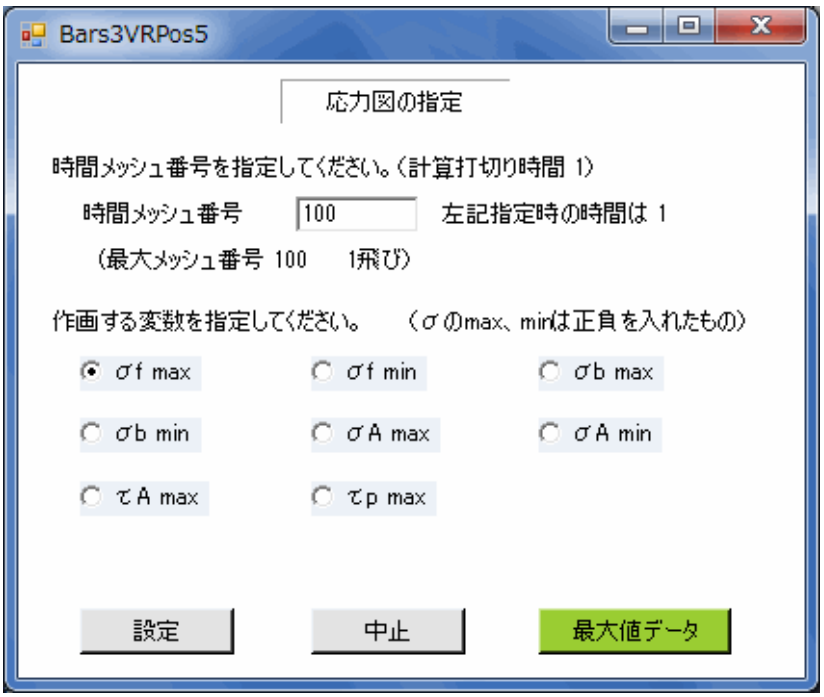


図7-16　　応力図の仕様設定画面（ラーメン、一般応答）

図7-17　　応力関連の最大値データの表示例（ラーメン／一般応答）

7.6 応力図の作画画面

図7-18にラーメン一般応答のσA maxの応力図の作画画面を示します。

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

◇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。

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

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

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

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

⑤「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウ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。

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

⑦マウスドラッグ矩形により、応力図の一部分を拡大できます。操作方法は前節の変位図と同じです。

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

◇さかのぼれる描画の数は最大８つです。

◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。

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

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

⑩本画面を終了するには、「戻る」ボタンをクリックして、仕様設定画面に戻ります。

また、図7-19はトラス一般応答のσfmax、図7-20はトラス・ラーメン混合の一般応答のσA max、図7-21はラーメン周波数応答のσA maxの応力図です。

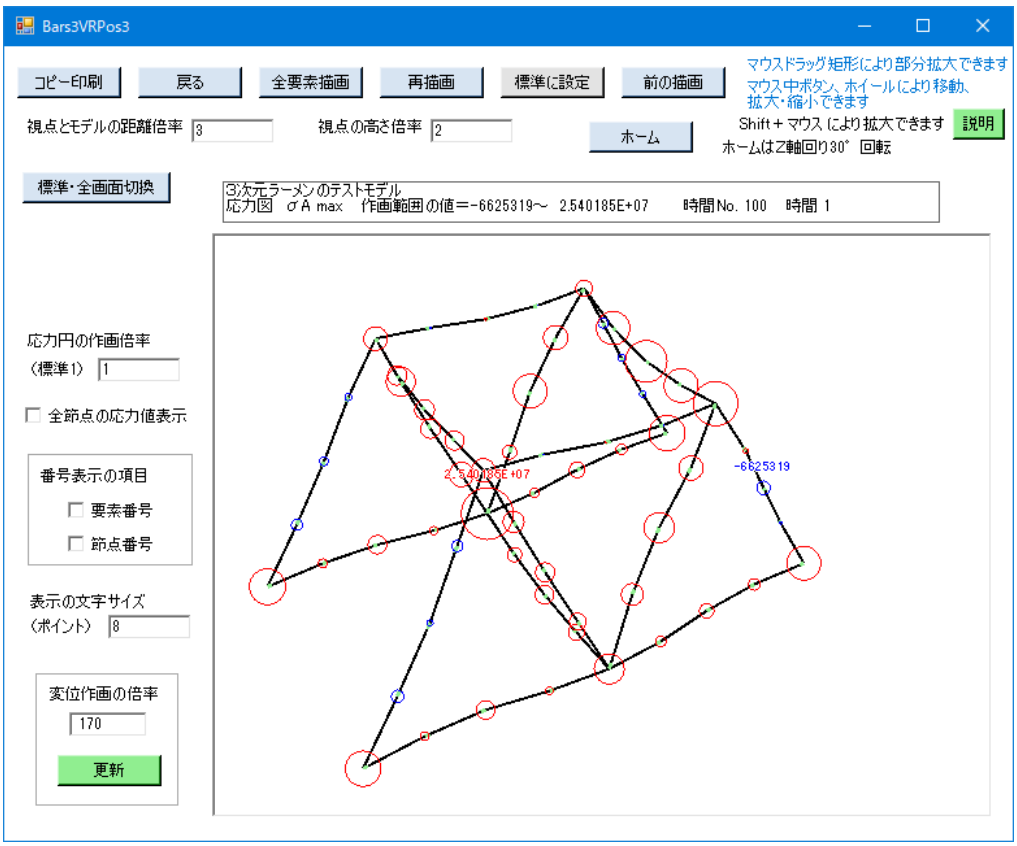


図7-18　　応力図の作画画面（ラーメン、一般応答）

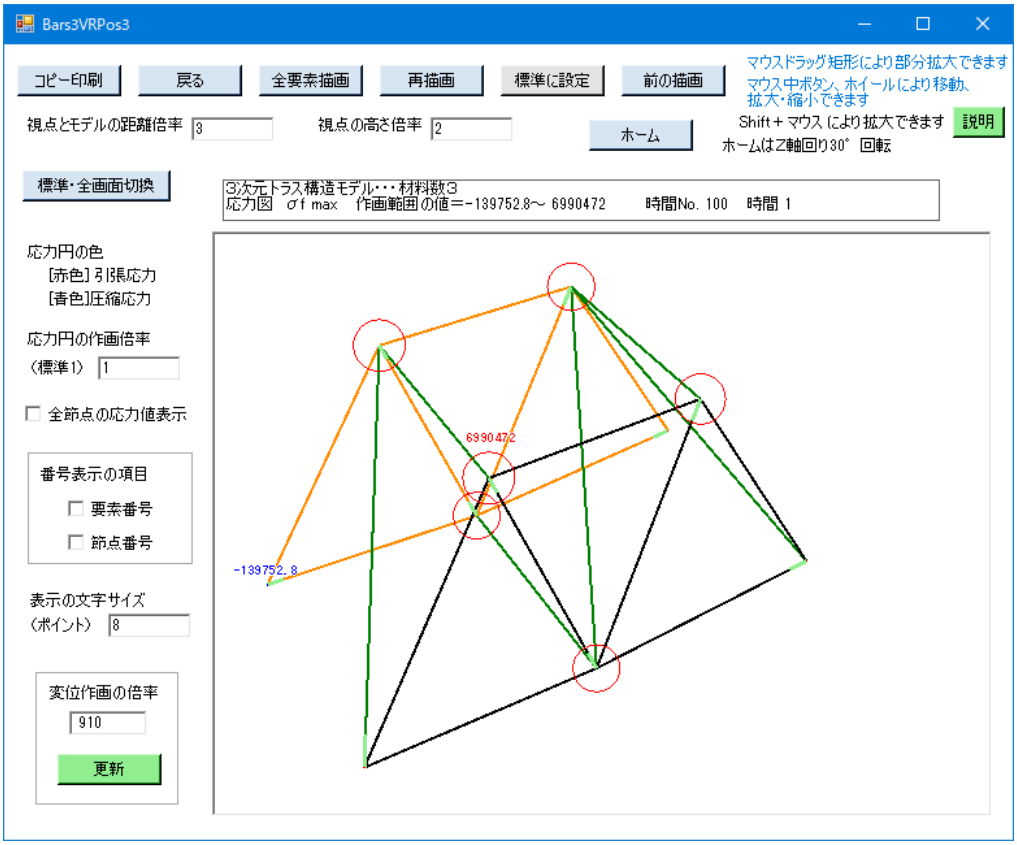


図7-19　　応力図の作画画面（トラス、一般応答）

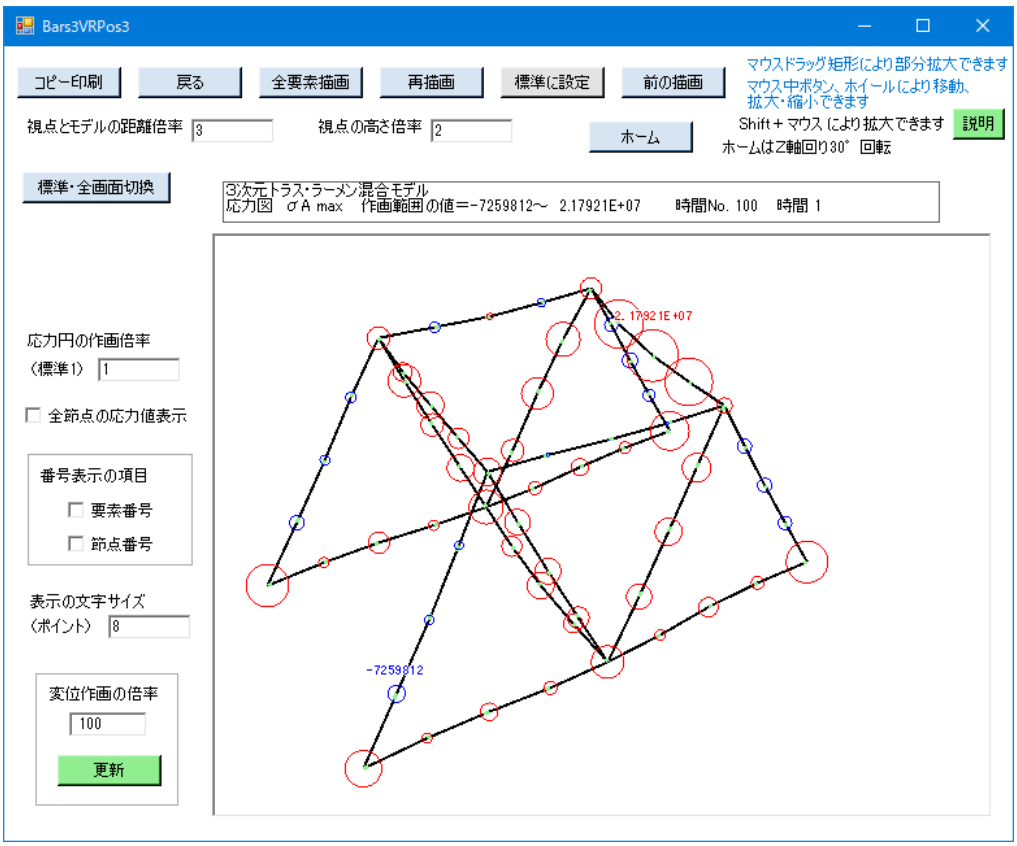


図7-20　　応力図の作画画面（トラス・ラーメン混合、一般応答）

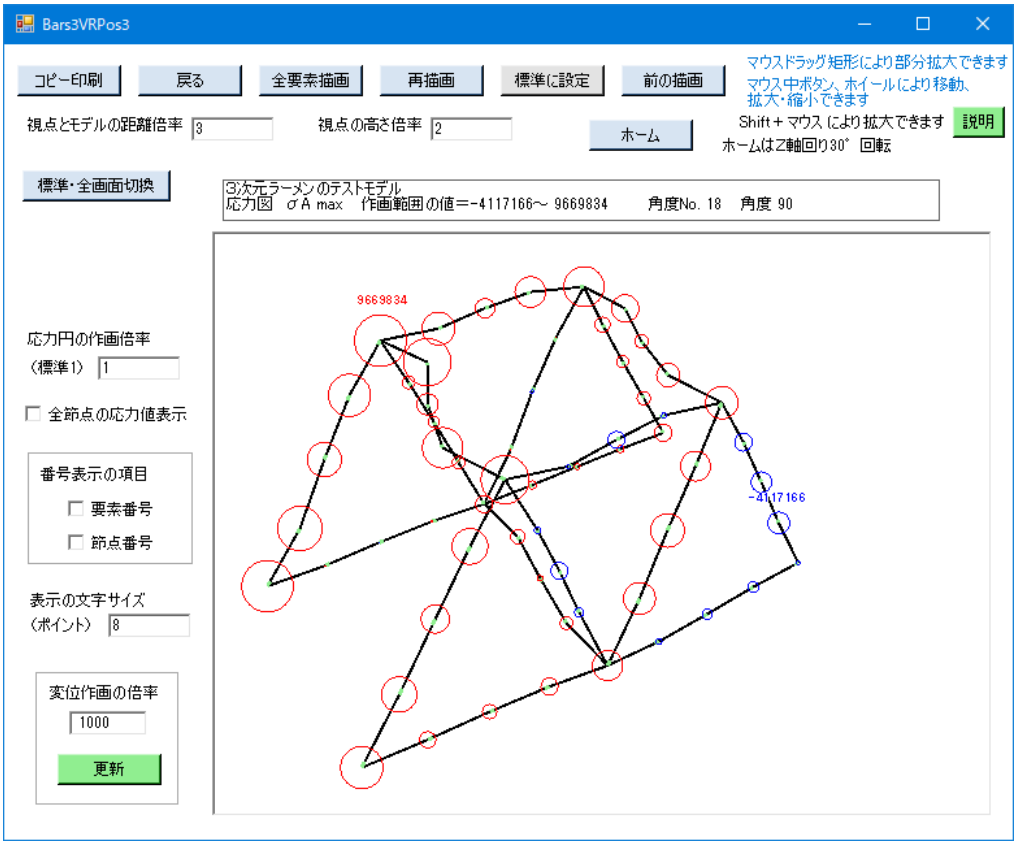


図7-21　　応力図の作画画面（ラーメン、周波数応答）

7.7 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7-22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、デフォールトで、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「-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ールトの拡張子は「.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7-23の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図7-24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。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。

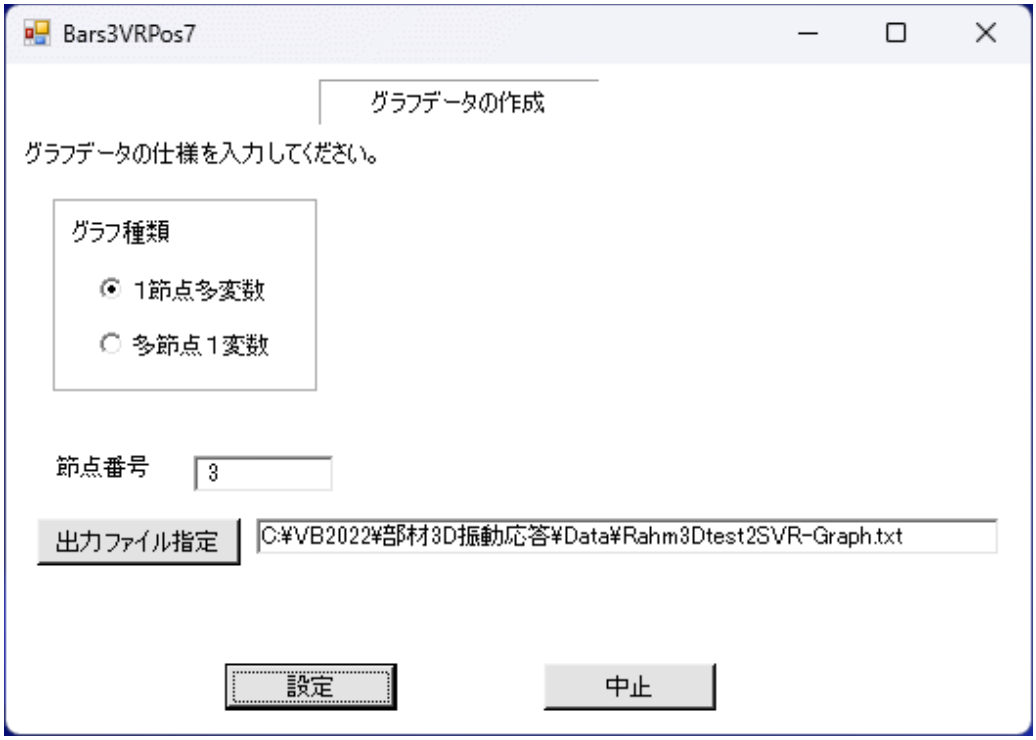


図7-22　　グラフデータの仕様設定画面（１節点多変数）

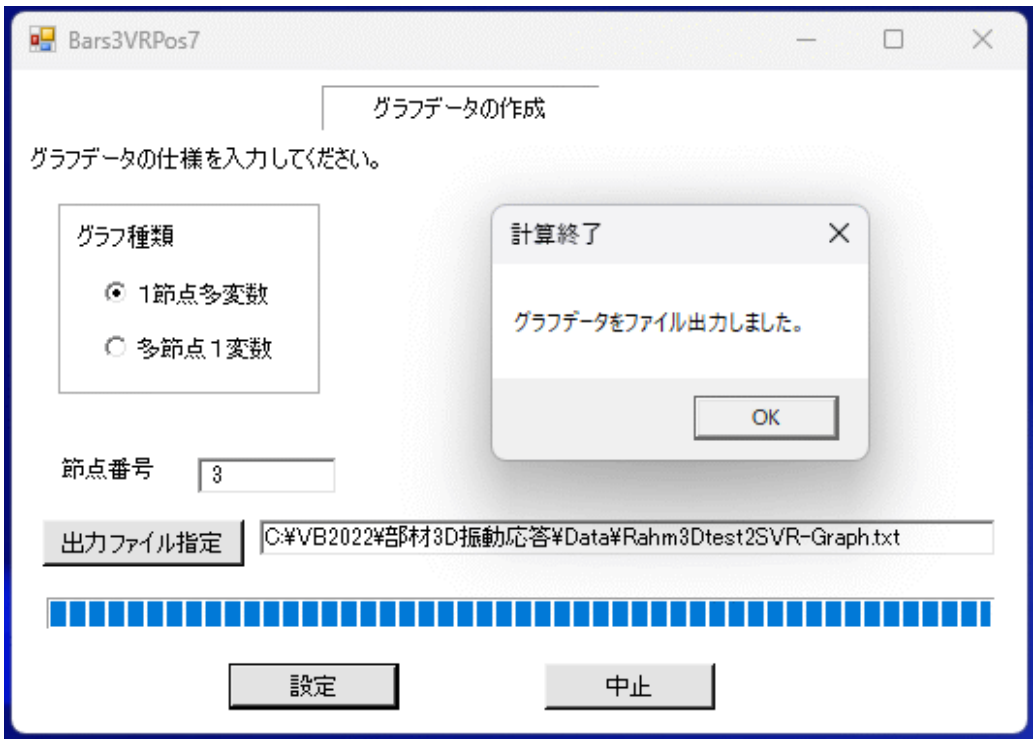


図7-23　　グラフデータの計算終了画面（１節点多変数）

図7-24のグラフデータを使用して作画したグラフ例を図7-25に示します。図7-25は節点3のδX、δY、δZの時系列変化グラフとなっています。

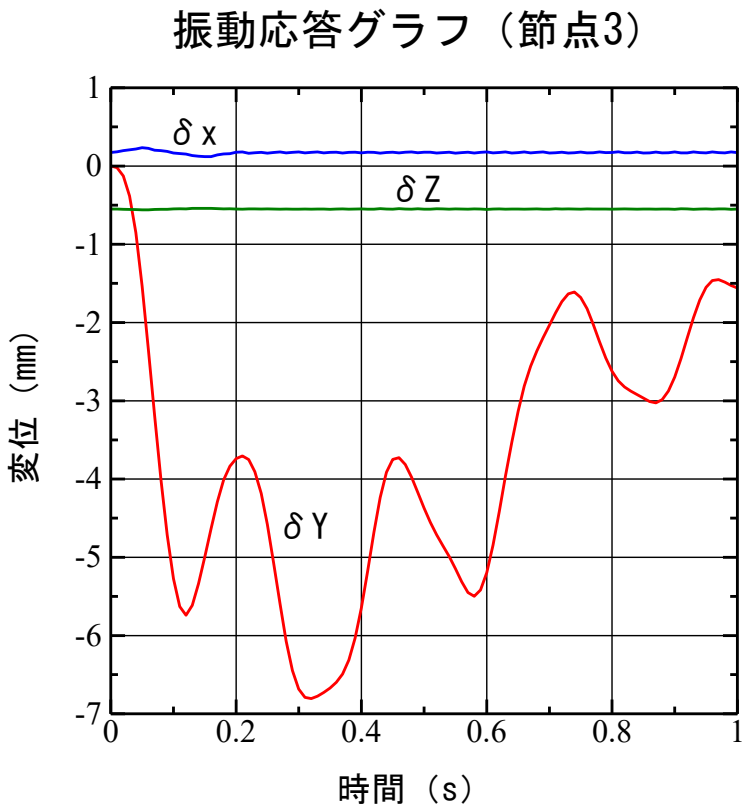


図7-25　　振動応答グラフ例（１節点多変数）
注）グラフ作画ソフトPlots32使用

```
<<部材３Ｄ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振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.dat
［解析結果ファイル］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.rep
節点番号, 3
時間、δX、δY、δZ、θx、θy、θz
 0,    .000172895,    1.86321E-07,   -.0005490729,   -.0007369492,    .0002049553,
.0001101265
 .01,    .0001818866,   -2.109254E-05,   -.0005501035,
-.000734452,    .0002067462,    .0001228792
 .02,    .0001982812,   -.0001260681,   -.0005530965,
-.0007269373,    .0002079717,    .0001604844
 .03,    .0002082252,   -.0003845375,   -.0005551197,
-.0007196053,    .0002071446,    .0002257828
 .04,    .0002185145,   -.0008517912,   -.0005564928,
-.0007155288,    .0002073188,    .0003293813
 .05,    .0002339986,   -.001533988,   -.0005602412,
-.0007104998,    .0002084435,    .0004525775
 .06,    .0002262934,   -.002347888,   -.0005601161,
-.0007055881,    .0002060423,    .0005530677
 .07,    .0002026959,   -.003195331,   -.0005544972,
-.0007009619,    .0002055707,    .0006422973
 .08,    .0001974469,   -.004004572,   -.0005530658,
-.0006939696,    .0002084392,    .0007183633
 .09,    .0001877628,   -.004714558,   -.0005528447,
-.0006934297,    .0002072743,    .0007503981
 .09999999,    .0001664577,   -.005272809,   -.0005474458,
-.0007003564,    .0002057124,    .0007482617
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 .92,    .0001675274,   -.002196806,   -.0005478782,
-.0007471065,    .0002070754,    5.472707E-05
 .93,    .0001800085,   -.001937506,   -.0005527284,
-.0007486069,    .000205444,   -.0001283545
 .94,    .0001724268,   -.001712081,   -.0005482268,
-.0007466725,    .0001997055,   -.0002997602
 .95,    .0001686768,   -.001549352,   -.0005476573,
-.0007479376,    .0002008692,   -.0003839923
 .96,    .000179723,   -.001464132,   -.0005504488,
-.0007417267,    .0002066882,   -.000372809
 .97,    .0001715557,   -.001451035,   -.0005477118,
-.0007395319,    .0002064268,   -.0003056055
 .98,    .0001686481,   -.001483711,   -.0005474261,
-.0007384362,    .0002089352,   -.0001889522
 .9899999,    .0001807747,   -.001526198,   -.0005528255,
-.000735688,    .0002088952,   -5.815159E-05
 1,    .0001729596,   -.001557224,   -.0005487189,   -.0007399326,    .0002007716,
3.303658E-05
END
```

図7-24　　グラフデータ例（１節点多変数）

7.8 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7-26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。

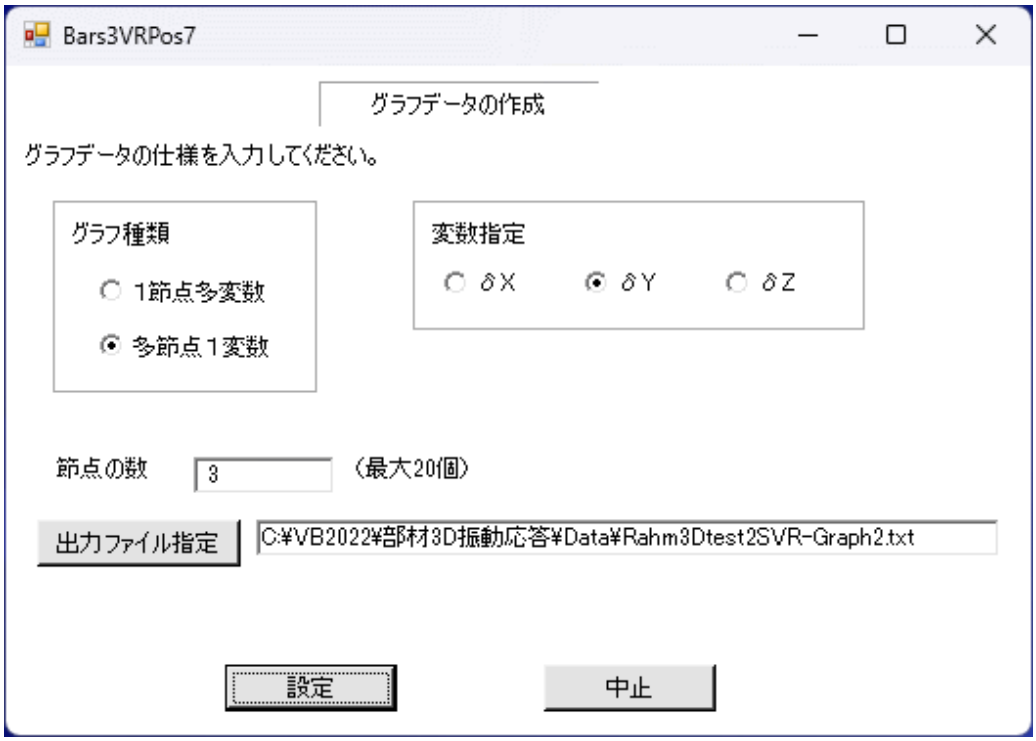


図7-26　　グラフデータの仕様設定画面（多節点１変数）

7.9 グラフ用節点データ入力画面（多節点１変数）

図7-27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7-28の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図7-29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。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。

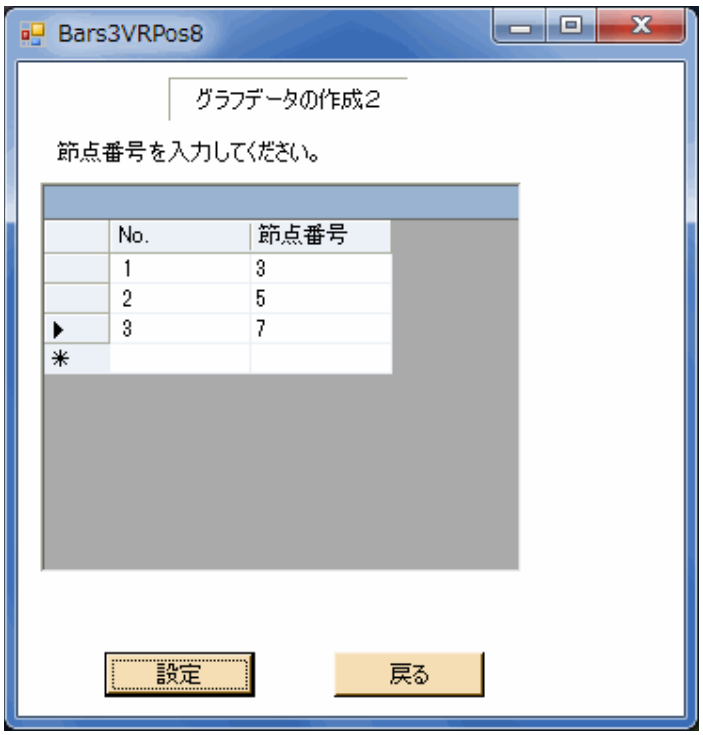


図7-27　　グラフ用節点データ入力画面（多節点１変数）

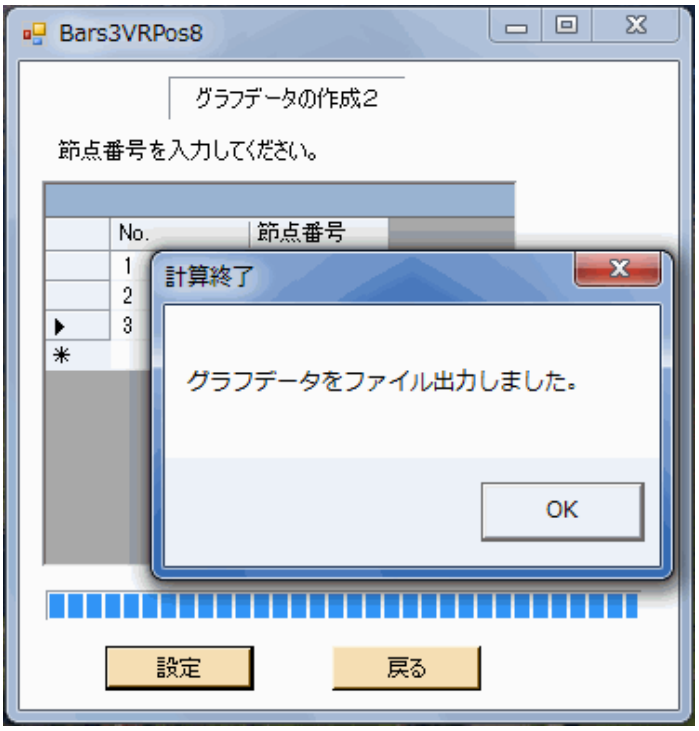


図7-28　　グラフデータの計算終了画面（多節点１変数）

```
＜＜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振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.dat
［解析結果ファイル］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.rep
節点の数, 3
対象変数,δY
時間、節点3、節点5、節点7
 0,   1.86321E-07,  -3.040197E-07,   3.15332E-07
 .01,  -2.109254E-05,  -3.988316E-07,   4.508778E-07
 .02,  -.0001260681,  -6.543122E-07,   8.03563E-07
 .03,  -.0003845375,  -8.406216E-07,   1.167717E-06
 .04,  -.0008517912,  -8.602552E-07,   1.635388E-06
 .05,  -.001533988,  -1.162893E-06,   2.047926E-06
 .06,  -.002347888,  -3.612497E-06,   2.664417E-07
 .07,  -.003195331,  -1.06962E-05,  -7.051724E-06
 .08,  -.004004572,  -2.141342E-05,  -2.084382E-05
 .09,  -.004714558,  -2.892381E-05,  -3.640636E-05
 .09999999,  -.005272809,  -2.01459E-05,  -4.265613E-05
 .11,  -.005628429,   1.913724E-05,  -2.440804E-05
 .12,  -.0057405,   9.451703E-05,   3.024901E-05
 .13,  -.005614012,   .0001991718,   .0001208744
 .14,  -.005335752,   .0003179203,   .0002368287
 .15,  -.004993157,   .000433508,   .000365249
 .16,  -.004633653,   .0005298547,   .0004934845
 .17,  -.004290923,   .0005928137,   .0006084024
 .18,  -.004010872,   .0006087934,   .0006944769
 .19,  -.003835289,   .0005681973,   .0007371155
 .2,  -.00373903,   .0004733937,   .0007297517
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 .83,  -.002876802,  -.00359624,  -.004259673
 .84,  -.002919627,  -.003311819,  -.004161052
 .85,  -.002964061,  -.002991352,  -.003986759
 .86,  -.00300916,  -.002667568,  -.003741014
 .87,  -.003026346,  -.002387598,  -.003461768
 .88,  -.002985472,  -.002195024,  -.003203789
 .89,  -.002875634,  -.002114715,  -.003025168
 .9,  -.002696884,  -.002144661,  -.00296997
 .91,  -.0024617,  -.002260997,  -.003046206
 .92,  -.002196806,  -.002430391,  -.00322507
 .93,  -.001937506,  -.002624326,  -.003460915
 .94,  -.001712081,  -.002828289,  -.003708549
 .95,  -.001549352,  -.003031084,  -.0039265
 .96,  -.001464132,  -.003223088,  -.004087547
 .97,  -.001451035,  -.003402591,  -.004185907
 .98,  -.001483711,  -.003573155,  -.004237223
 .9899999,  -.001526198,  -.003734491,  -.004268414
 1,  -.001557224,  -.003874806,  -.004308888
END
```

図7-29　　グラフデータ例（多節点１変数）

図7-29のグラフデータを使用して作画したグラフ例を図7-30に示します。図7-30は３節点の変位δYの時系列変化グラフとなっています。

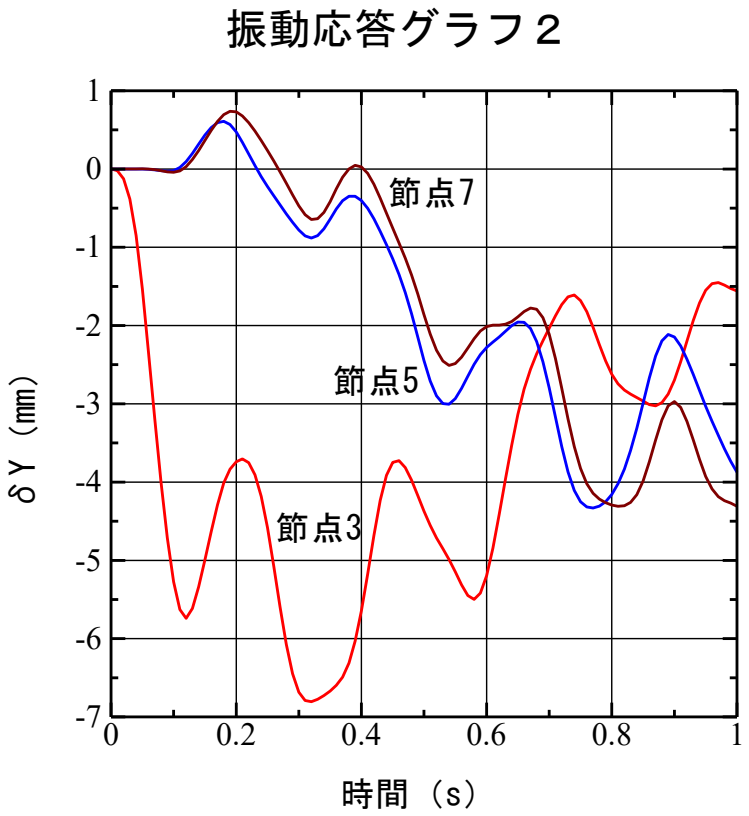


図7-30　　振動応答グラフ例（多節点１変数）
注）グラフ作画ソフトPlots32使用

7.10 アニメーションの画面

図7-31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れば、適宜変更してください。

◇デフォールトの待ち時間は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」のパラメーターを表示してあり、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にしてあります。

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。

◇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。

⑤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。

⑥アニメーションが終了すると、図7-32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7-31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。

⑦アニメーションの各画像を一括ファイル保存できます。先ず、「保存ファイル設定」ボタンをクリックすると、図7-33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Jpeg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。

⑧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Jpeg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。

⑨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。

⑩「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。

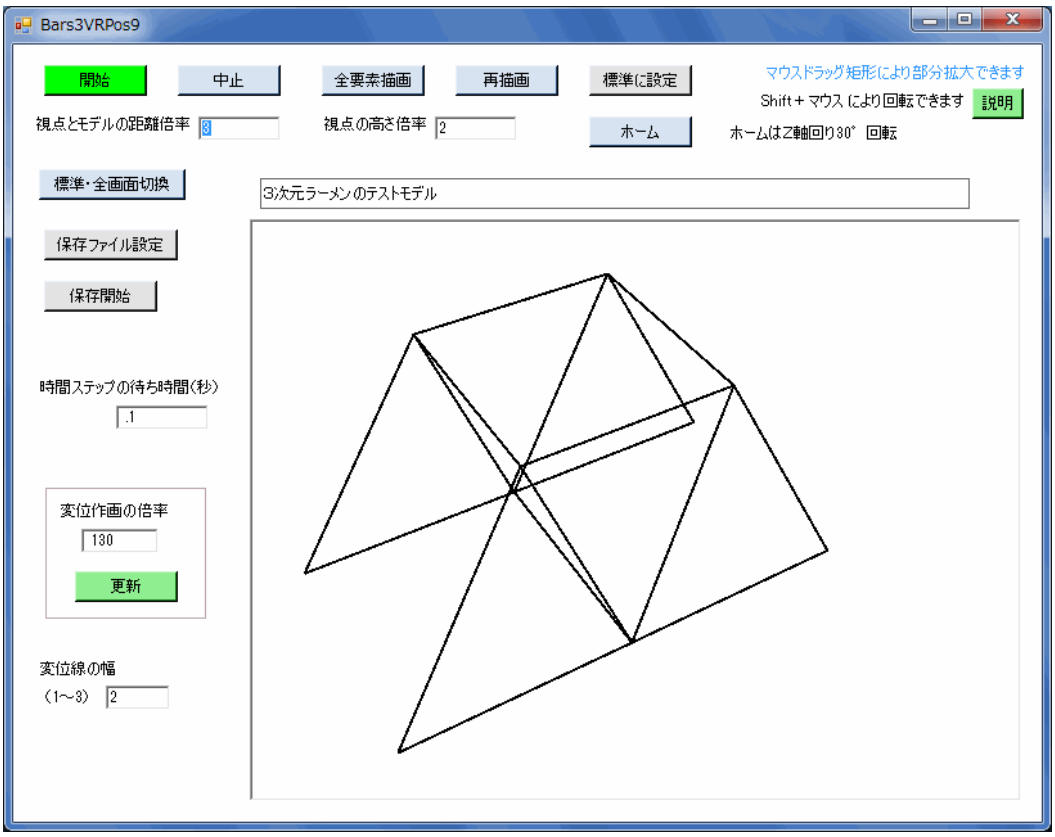


図7-31　　アニメーションの初期画面

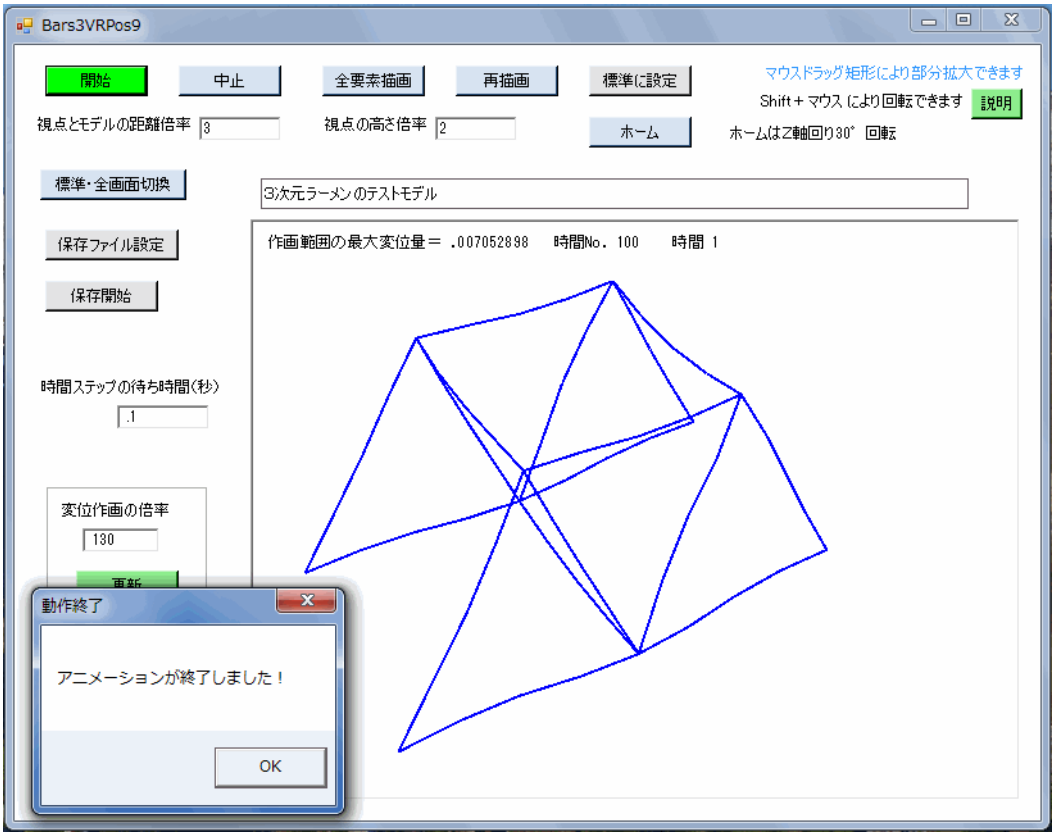


図7-32　　アニメーションの終了画面

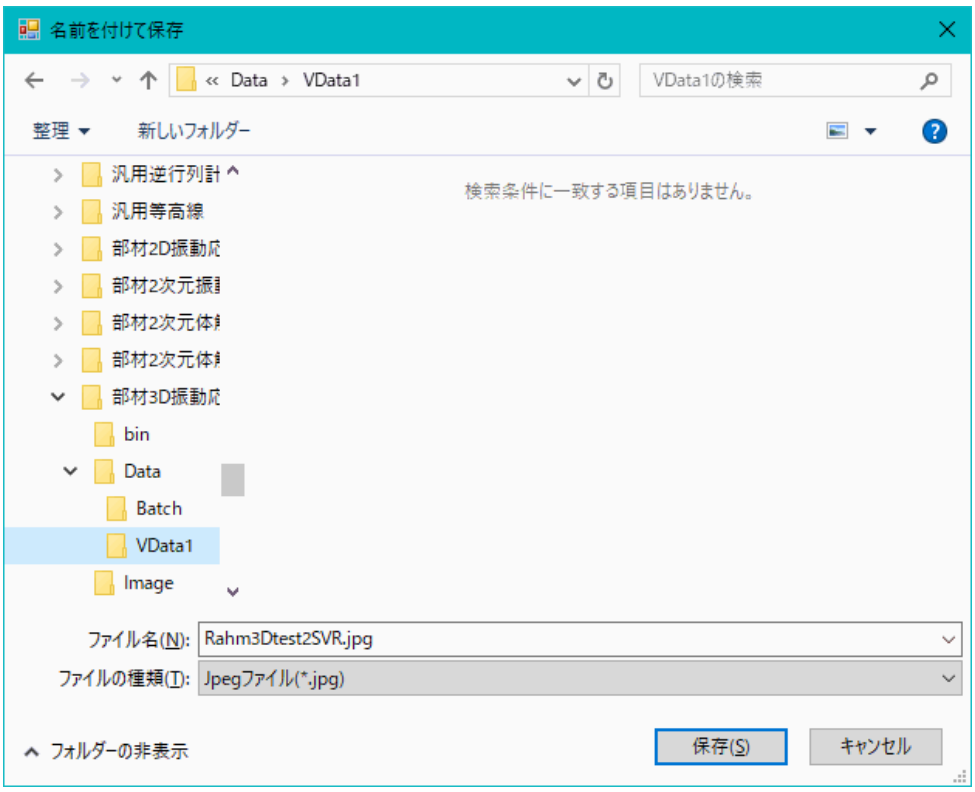


図7-33　　ファイル保存コモンダイアログ画面

7.11 一般応答変位の周波数分析

図7-34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のベキ乗になるため、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、デフォールトで、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ールトの拡張子は「.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7-35の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

図7-36に周波数分析の結果ファイル例を示します。同図で〇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、δYスペクトルが示されます。

図7-36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7-37に示します。同グラフはδYの周波数スペクトル比で、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。

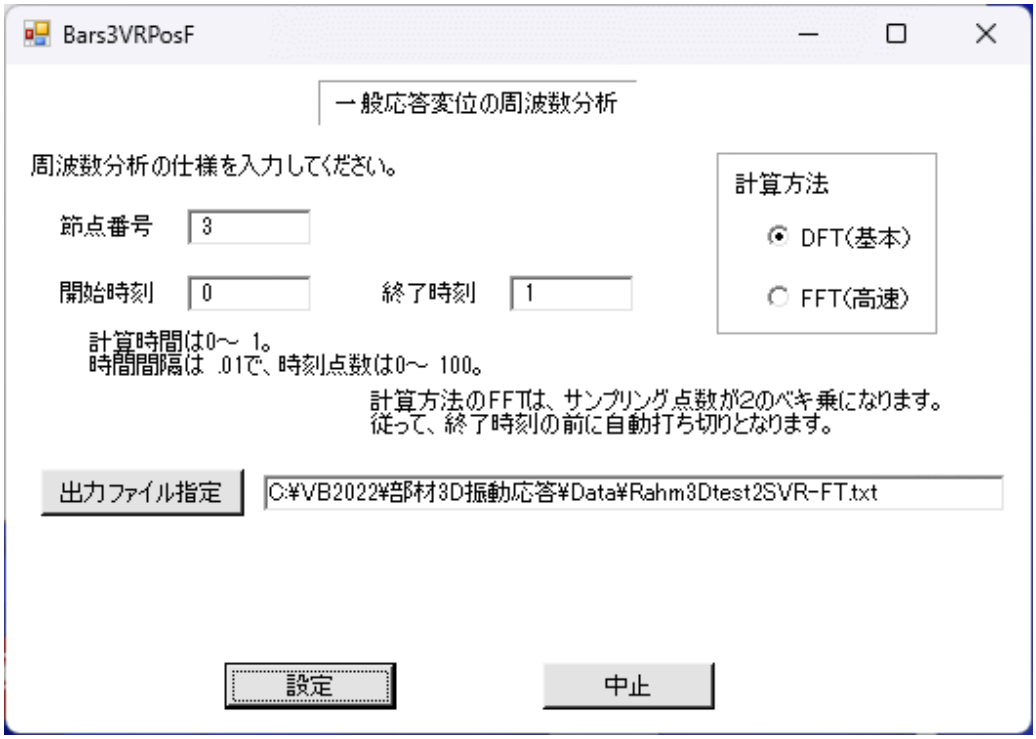


図7-34　　一般応答変位の周波数分析の画面

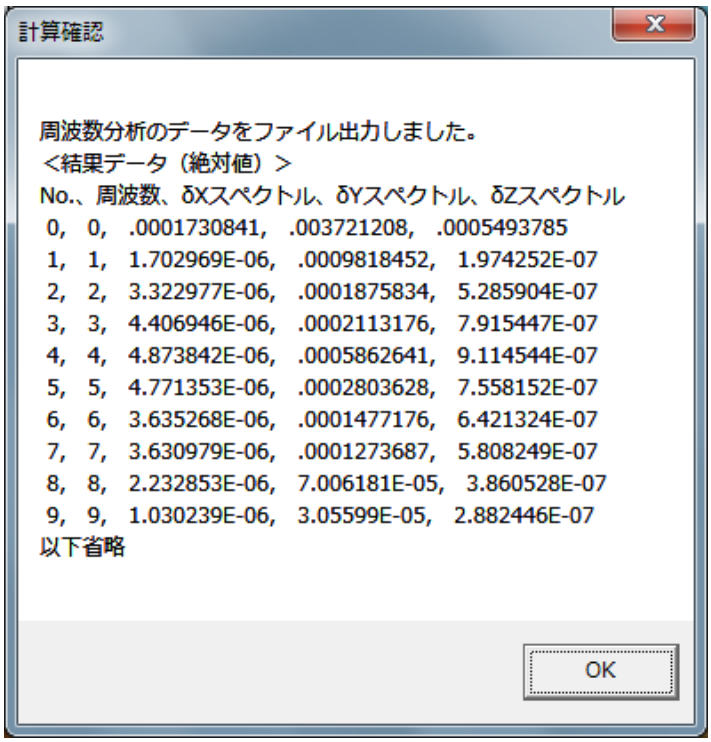


図7-35　　周波数分析の計算結果終了画面

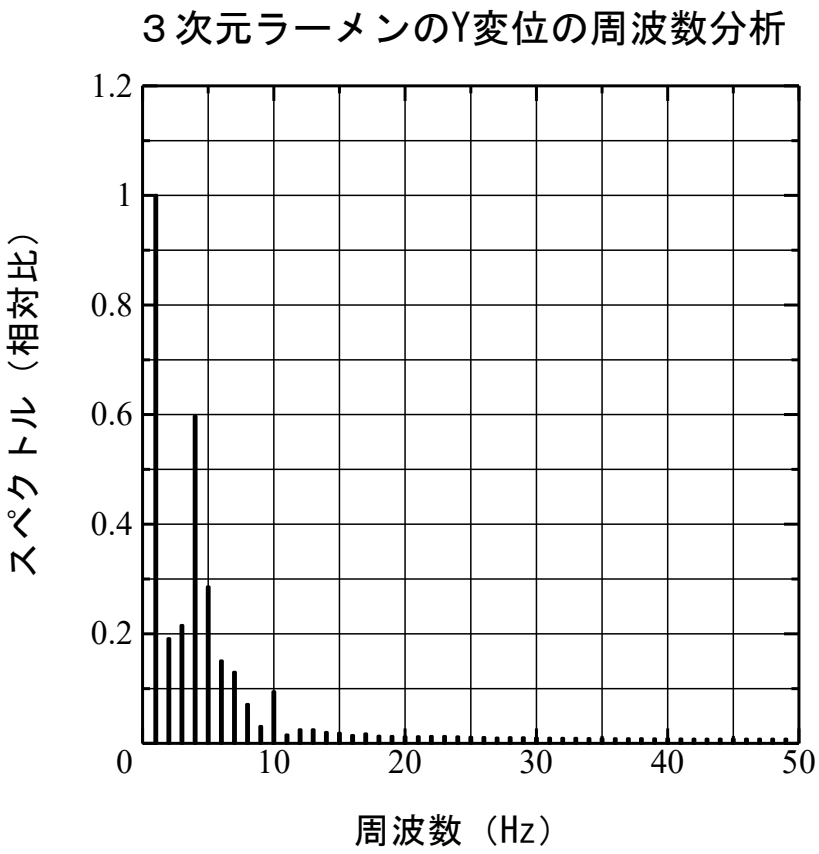


図7-37　　周波数スペクトルのグラフ例

注）グラフ作画ソフトPlots32使用

```
<<部材３Ｄ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振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.dat
［解析結果ファイル］,C:¥VB2022¥部材3D振動応答¥Data¥Rahm3Dtest2SVR.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（絶対値）>                                          ①
No.、周波数、δXスペクトル、δYスペクトル、δZスペクトル
 0,    0,    .0001730841,    .003721208,    .0005493785
 1,    1,    1.702969E-06,    .0009818452,    1.974252E-07
 2,    2,    3.322977E-06,    .0001875834,    5.285904E-07
 3,    3,    4.406946E-06,    .0002113176,    7.915447E-07
 4,    4,    4.873842E-06,    .0005862641,    9.114544E-07
 5,    5,    4.771353E-06,    .0002803628,    7.558152E-07
 6,    6,    3.635268E-06,    .0001477176,    6.421324E-07
 7,    7,    3.630979E-06,    .0001273687,    5.808249E-07
 8,    8,    2.232853E-06,    7.006181E-05,    3.860528E-07
 9,    9,    1.030239E-06,    3.05599E-05,    2.882446E-07
 10,    10,    5.996838E-07,    9.272512E-05,    2.123046E-07
 11,    11,    6.180759E-07,    1.514197E-05,    1.519573E-07
 12,    12,    9.779086E-07,    2.467325E-05,    8.130613E-08
 13,    13,    1.096953E-06,    2.459927E-05,    1.941204E-07
 14,    14,    9.908615E-07,    1.985363E-05,    1.948127E-07
 15,    15,    7.628151E-07,    1.827757E-05,    1.26974E-07
 16,    16,    4.574777E-07,    1.415722E-05,    1.077559E-07
 17,    17,    2.297556E-07,    1.714904E-05,    8.976017E-08
 18,    18,    8.650869E-08,    1.304752E-05,    6.542484E-08
 19,    19,    6.877831E-08,    1.260646E-05,    9.302045E-08
 20,    20,    9.244027E-08,    1.185655E-05,    1.474077E-07
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 40,    40,    1.585888E-07,    8.186398E-06,    1.605502E-07
 41,    41,    1.066786E-07,    8.068122E-06,    1.622719E-07
 42,    42,    6.926906E-08,    7.983488E-06,    6.672661E-08
 43,    43,    7.029709E-08,    7.936297E-06,    6.162897E-08
 44,    44,    7.411087E-08,    7.914172E-06,    4.885663E-08
 45,    45,    7.091654E-08,    8.009851E-06,    6.823394E-08
 46,    46,    5.727088E-08,    7.826866E-06,    2.676993E-08
 47,    47,    5.040122E-08,    7.806052E-06,    3.987906E-08
 48,    48,    5.754612E-08,    7.789018E-06,    3.16006E-08
 49,    49,    5.722518E-08,    7.771837E-06,    3.588368E-08
------------------------------------------------------------
```

図7-36（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、δXスペクトル比、δYスペクトル比、δZスペクトル比
 0,    0,    .1762845,    3.790015,    .5595368
 1,    1,    .001734458,    1,    .0002010757
 2,    2,    .003384421,    .1910519,    .0005383643
 3,    3,    .004488432,    .215225,    .0008061808
 4,    4,    .004963962,    .5971044,    .0009283077
 5,    5,    .004859577,    .2855468,    .0007697906
 6,    6,    .003702486,    .150449,    .0006540058
 7,    7,    .003698117,    .1297238,    .0005915646
 8,    8,    .00227414,    .07135729,    .0003931911
 9,    9,    .001049289,    .03112497,    .0002935744
 10,    10,    .0006107722,    .09443965,    .0002162303
 11,    11,    .0006295045,    .01542195,    .0001547671
 12,    12,    .0009959906,    .02512947,    8.280952E-05
 13,    13,    .001117236,    .02505412,    .0001977097
 14,    14,    .001009183,    .02022074,    .0001984149
 15,    15,    .00077692,    .01861553,    .0001293218
 16,    16,    .0004659366,    .014419,    .0001097484
 17,    17,    .0002340038,    .01746614,    9.141988E-05
 18,    18,    8.810828E-05,    .01328878,    6.663458E-05
 19,    19,    7.005006E-05,    .01283956,    9.474044E-05
 20,    20,    9.414954E-05,    .01207578,    .0001501333
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
 40,    40,    .0001615212,    .008337769,    .0001635189
 41,    41,    .0001086512,    .008217306,    .0001652724
 42,    42,    7.054988E-05,    .008131106,    6.796042E-05
 43,    43,    7.159692E-05,    .008083044,    6.276852E-05
 44,    44,    7.548122E-05,    .008060508,    4.976002E-05
 45,    45,    7.222783E-05,    .008157956,    6.949562E-05
 46,    46,    5.832985E-05,    .007971589,    2.726492E-05
 47,    47,    5.133317E-05,    .00795039,    4.061645E-05
 48,    48,    5.861018E-05,    .007933041,    3.218491E-05
 49,    49,    5.828331E-05,    .007915542,    3.654719E-05
------------------------------------------------------------
<最大値データ>                                                            ③
No.、周波数、δYスペクトル
 1,    1,    .0009818452
END    0h 0min 0s
```

図7-36（2/2）　　周波数分析の結果ファイル例

7.12 解析結果の主要値表示

図7-38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。

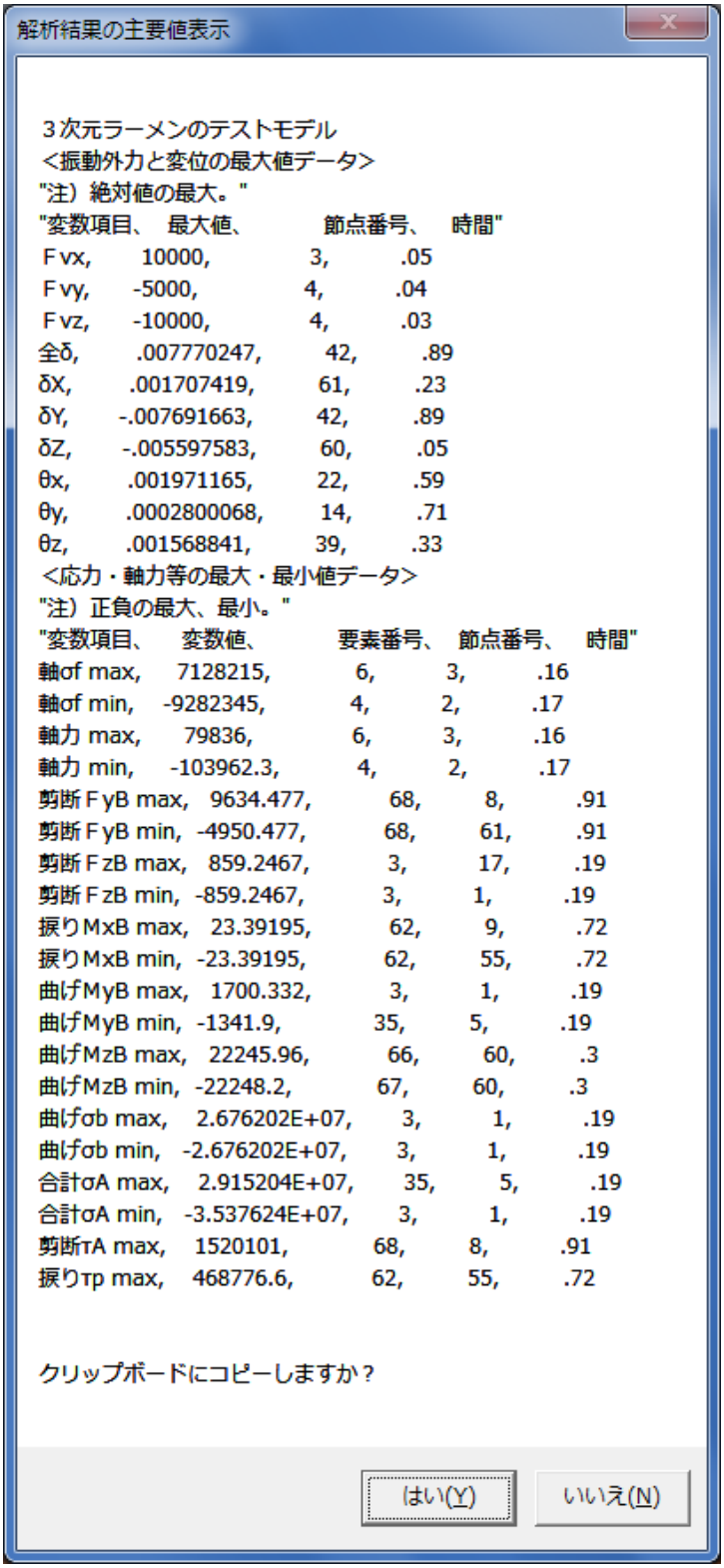


図7-38　　解析結果の主要値表示の画面（ラーメンの一般応答）

［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)「数学公式・数表ハンドブック」、ｽﾋﾟｰｹﾞﾙ 著、氏家 勝巳 訳、
マグロウヒル 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