
* 「回転強制振動解析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

円断面軸回転体の強制振動の解析を行なうソフトを提供します。円以外の断面部分は円に置き換えれば近似的に解析可能です。振動外力は偏重心と慣性主軸の傾きによる不釣り合い力で、回転数が周波数となります。本ソフトでは、剪断変形、回転慣性、ジャイロモーメントが考慮されています。節点の支持については、変位拘束以外に、バネやダンパーも設定できます。

本解析では、回転軸の変位と応力を算出します。また、計算結果の後処理として、変位図・応力図の作画、アニメーション、およびグラフ用データの作成が可能です。

注) 振動方程式はMCK型を用いています。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 . . . ジャイロマトリックスが該当

K行列 : 剛性マトリックス

[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 強制振動解析の計算方法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	15
第3章 構造データの作り方 -----	19
第4章 「データ」処理プログラム -----	23
第5章 「計算」プログラム -----	41
第6章 「後処理」プログラム -----	49
[参考文献] -----	69

第1章 強制振動解析の計算方法

本ソフトでは、円断面軸回転体について、強制振動の解析計算を行ないます。回転体の振動方程式は、ジャイロモーメントおよびダンパーを考慮するため、MCK型となります。

1.1 座標系と軸要素

図1-1に軸回転体の座標系を示します。同図のように、軸中心方向をX軸に取り、軸断面の水平方向と垂直方向にY, Z軸を取ります。そして、Y, Z方向の変位を v , w とし、Y, Z軸回りの回転変位を θ_y , θ_z とします。また、回転の向きはX軸の右回りとします。

注) X, Y, Z軸は静止座標。

また、回転体を軸方向に任意個数の要素に分割します。その際、要素番号はX軸の正方向に1番から順に取ります。そして、要素両端の中心線上に節点を設け、節点番号は、同様に1番から順に付番します。従って、要素数 n が場合、節点番号は1～ $n+1$ となります。

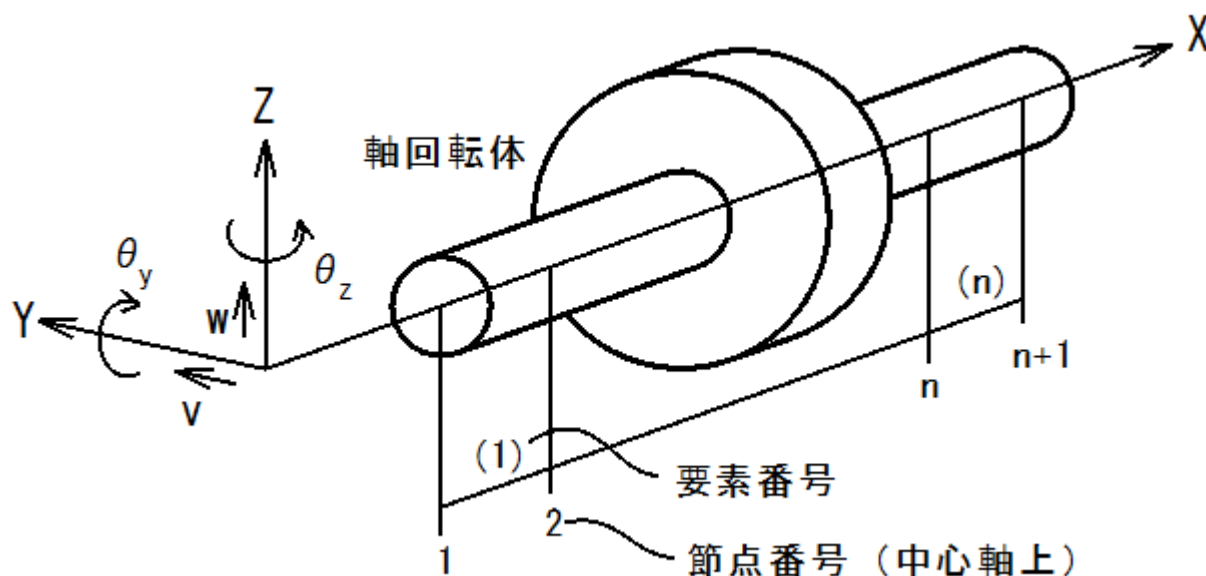


図1-1 軸回転体の座標系

次に本ソフトで使用する線分2節点要素を図1-2に示します。同図に示すように、線分の両端に節点があり、線分要素どうしは節点を共有して連結されます。同図には両端節点の変位記号も示してあります。

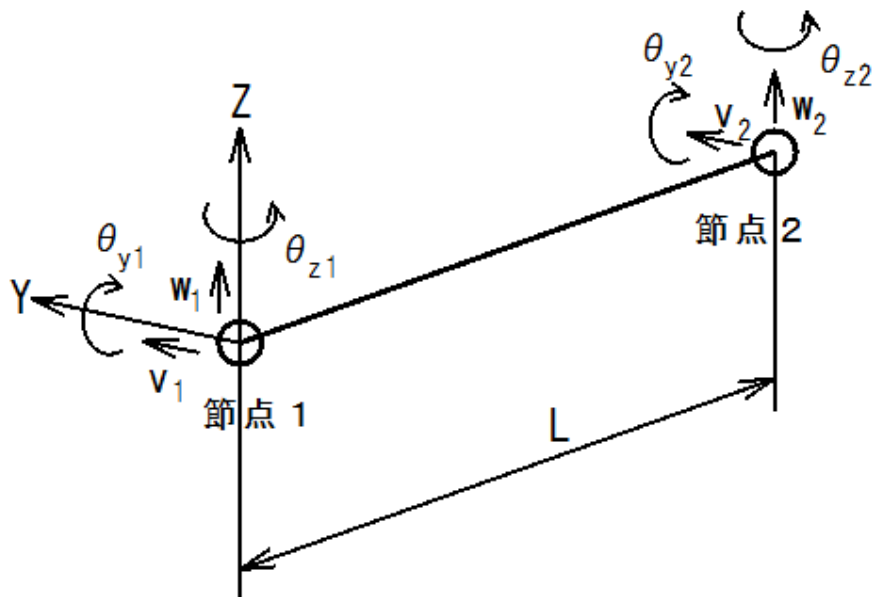


図1-2 線分2節点要素

また、次の不釣合いを組み込みます。これらの記号の関係を図1-3に示します。なお、角度の単位はラジアンですが、入力データは°単位で設定します。

[静的不釣合い]

偏心距離 e ：回転体重心の回転軸中心からの距離。

ただし、解析計算では、軸心の変位を加算して繰返し計算します。これは、偏心距離を設定しない要素にも適用されます。

偏心断面角度 ϕ ：偏心断面のY軸からの回転角度。

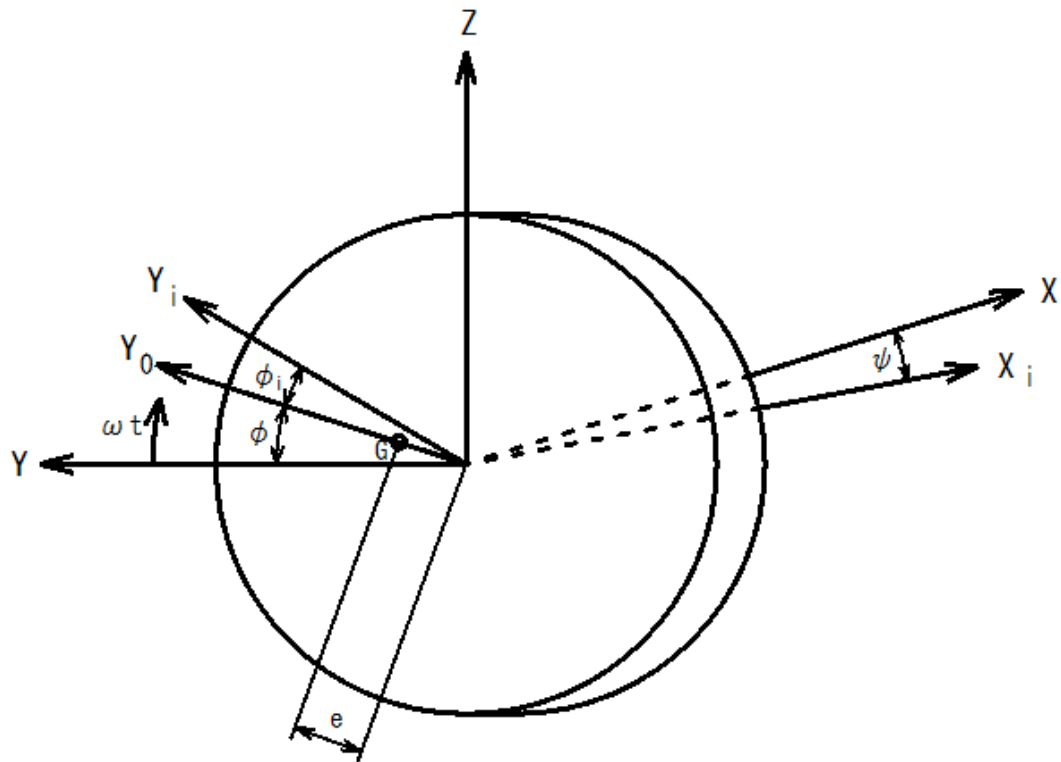
もし偏心のある要素が1つの場合は、 ϕ は任意なので0で構いません。しかし、偏心のある要素が複数の場合は、どれか1つの要素の ϕ を0とおき、それを基準に他の要素について偏心の位置関係を ϕ で定義します。

[動的不釣合い]

慣性主軸ずれ角度 ψ ：回転体の慣性主軸と回転軸中心線とのずれ角度。

慣性主軸断面角度 ϕ_i ：慣性主軸断面の偏心断面からの回転角度。

この慣性主軸のずれは、上記の偏心がない場合でも設定できます。ただし、複数の要素で不釣合いがある場合は、偏心がなくても偏心断面角度 ϕ を定義しておく必要があります。



G : 偏心した重心
 Y_0 : 偏心した重心の半径方向軸
 Y_i : 慣性主軸ずれ断面の半径方向軸
 X_i : 慣性主軸のずれ方向

図1-3 不釣合いの記号の関係

1.2 材料物性

要素材料の物性値として次のように記号を設定します。

E : ヤング率、 ν : ポアソン比
 剪断弾性係数Gは次式で表わされる。

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (1-1)$$

ρ : 密度 (単位体積当たりの質量)
 d : 直径 d_0 : 穴径 (中空軸の場合)
 A : 断面積
 L : 長さ・・・要素両端の節点座標から自動計算
 M : 質量

$$M = \rho AL \quad (1-2)$$

i_{mp} : 単位長さ当たりの極慣性モーメント
 I_a : 断面直径回りの断面 2 次モーメント

(1) 中実軸の場合

$$A = \pi d^2 / 4 \quad (1-3)$$

$$i_{mp} = \rho A (d^2 / 8) \quad (1-4)$$

$$I_a = \pi d^4 / 64 \quad (1-5)$$

(2) 中空軸の場合

$$A = \pi (d^2 - d_0^2) / 4 \quad (1-6)$$

$$i_{mp} = \rho A (d^2 + d_0^2) / 8 \quad (1-7)$$

$$I_a = \pi (d^4 - d_0^4) / 64 \quad (1-8)$$

1.3. FEM方程式 (C10), (C8)

以下の公式により、要素の変位ベクトル $\{U_e\}$ 、力ベクトル $\{F_e\}$ を定義します。全体の要素についても同様で、全体要素ではベクトル記号等の添え字eを省略します。

$$\{U_e\} = \begin{bmatrix} v_1 \\ w_1 \\ \theta_{y1} \\ \theta_{z1} \\ v_2 \\ w_2 \\ \theta_{y2} \\ \theta_{z2} \end{bmatrix} \quad (1-9)$$

$$\{F_e\} = \begin{bmatrix} F_{y1} \\ F_{z1} \\ M_{y1} \\ M_{z1} \\ F_{y2} \\ F_{z2} \\ M_{y2} \\ M_{z2} \end{bmatrix} \quad (1-10)$$

ただし、 F_y, F_z : Y, Z軸方向の力

M_y, M_z : Y, Z軸回りのモーメント

$$\begin{aligned} F_y &= M e \omega^2 \cos(\omega t + \phi) \\ &= M e \omega^2 (\cos \phi \cos \omega t - \sin \phi \sin \omega t) \end{aligned} \quad (1-11)$$

$$\begin{aligned} F_z &= M e \omega^2 \sin(\omega t + \phi) \\ &= M e \omega^2 (\sin \phi \cos \omega t + \cos \phi \sin \omega t) \end{aligned} \quad (1-12)$$

$$\begin{aligned} M_y &= (I - I_p) \psi \omega^2 \cos(\omega t + \phi + \phi_i) \\ &= (I - I_p) \psi \omega^2 \{\cos(\phi + \phi_i) \cos \omega t - \sin(\phi + \phi_i) \sin \omega t\} \end{aligned} \quad (1-13)$$

$$\begin{aligned}
 M_z &= (I - I_p) \psi \omega^2 \sin(\omega t + \phi + \phi_i) \\
 &= (I - I_p) \psi \omega^2 \{ \sin(\phi + \phi_i) \cos \omega t + \cos(\phi + \phi_i) \sin \omega t \} \quad (1-14)
 \end{aligned}$$

ここで、 ω : 角速度、 t : 時間

I : 直径に関する慣性モーメント (円断面の場合は $I_p / 2$)

I_p : 極慣性モーメント (円断面の線分要素では $i_{mp} \times L$)

要素の振動方程式は次のようになります。

$$[M_e] \frac{d^2 \{U_e\}}{dt^2} + [G_e] \frac{d \{U_e\}}{dt} + [K_e] \{U_e\} = \{F_e\} \quad (1-15)$$

ただし、 $[M_e]$: 要素の質量マトリックス

$$[M_e] = [M_{et}] + [M_{er}] \quad (1-16)$$

$[G_e]$: 要素のジャイロマトリックス

ω : 角速度

$[K_e]$: 要素の剛性マトリックス

$\{F_e\}$: 要素の荷重ベクトル

t : 時間

$$[M_{et}] = \frac{M}{420} \begin{pmatrix} 156 & & & & & & & \\ & 0 & 156 & & & & & \\ & & & & & & & \\ & 0 & -22L & 4L^2 & & & & \\ 22L & 0 & 0 & 4L^2 & & & & \\ 54 & 0 & 0 & 13L & 156 & & & \\ & 0 & 54 & -13L & 0 & 0 & 156 & \\ & 0 & 13L & -3L^2 & 0 & 0 & 22L & 4L^2 \\ -13L & 0 & 0 & -3L^2 & -22L & 0 & 0 & 4L^2 \end{pmatrix} \quad \text{対 称} \quad (1-17)$$

$$[M_{er}] = \frac{i_{mp}}{60L} \begin{pmatrix} 36 & & & & & & & \\ 0 & 36 & & & & & & \\ 0 & -3L & 4L^2 & & & & & \\ 3L & 0 & 0 & 4L^2 & & & & \\ -36 & 0 & 0 & -3L & 36 & & & \\ 0 & -36 & 3L & 0 & 0 & 36 & & \\ 0 & -3L & -L^2 & 0 & 0 & 3L & 4L^2 & \\ 3L & 0 & 0 & -L^2 & -3L & 0 & 0 & 4L^2 \end{pmatrix} \quad \text{対 称} \quad (1-18)$$

$$[G_e] = \frac{\omega i_{mp}}{30L} \begin{pmatrix} 0 & & & & & & & \\ -36 & 0 & & & & & & \\ 3L & 0 & 0 & & & & & \\ 0 & 3L & -4L^2 & 0 & & & & \\ 0 & -36 & 3L & 0 & 0 & & & \\ 36 & 0 & 0 & 3L & -36 & 0 & & \\ 3L & 0 & 0 & -L^2 & -3L & 0 & 0 & \\ 0 & 3L & L^2 & 0 & 0 & -3L & -4L^2 & 0 \end{pmatrix} \quad \text{歪 対 称} \quad (1-19)$$

注) 歪対称：正負反転の対称 ($a_{ij} = -a_{ji}$)

$$[K_e] = \frac{EI_a}{L^3(1+\mu)} \begin{pmatrix} 12 & & & & & & & \\ 0 & 12 & & & & & & \\ 0 & -6L & (4+\mu)L^2 & & & & & \\ 6L & 0 & 0 & (4+\mu)L^2 & & & & \\ -12 & 0 & 0 & -6L & 12 & & & \\ 0 & -12 & 6L & 0 & 0 & 12 & & \\ 0 & -6L & (2-\mu)L^2 & 0 & 0 & 6L & (4+\mu)L^2 & \\ 6L & 0 & 0 & (2-\mu)L^2 & -6L & 0 & 0 & (4+\mu)L^2 \end{pmatrix} \quad \text{対 称}$$

(1-20) C10)

ここで、 $\mu = 12EI_a / (G\kappa AL^2)$ (1-21) C10)

κ : 有効剪断係数

円断面では6/7

円環断面については2次元振り解析と重回帰結果の近似式を採用

(1-11) 式を全要素について加え合わせると、全体の方程式は次の形となります。

$$[M] \frac{d^2 \{U\}}{dt^2} + [G] \frac{d \{U\}}{dt} + [K] \{U\} = \{F\} \quad (1-22)$$

ただし、 $[M]$: 構造全体の質量マトリックス

$[G]$: 構造全体のジャイロマトリックス

$[K]$: 構造全体の剛性マトリックス

$\{F\}$: 構造全体の荷重マトリックス

1.4 剛性円板

要素の節点には剛性円板を付加できるものとします。この剛性円板は、軸要素として扱えない場合に、軸に別途付加させるものです。図1-4に剛性円板の略図を示します。

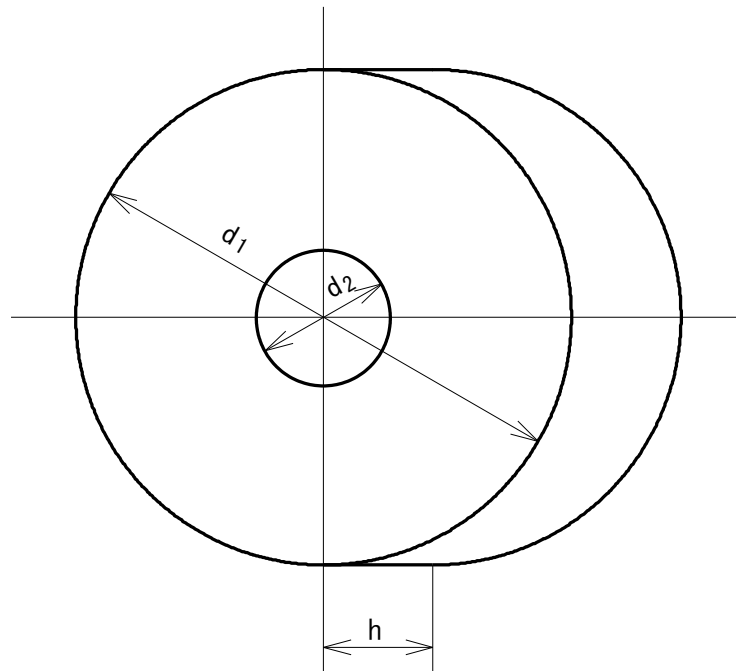


図1-4 剛性円板

剛性円板の物性値として次のように記号を設定します。

ρ : 密度、 d_1 : 外径、 d_2 : 内径、 h : 厚さ

A : 面積

$$A = \pi (d_1^2 - d_2^2) / 4 \quad (1-23)$$

M_d : 質量

$$M_d = \rho A h \quad (1-24)$$

I_{mpd} : 極慣性モーメント

$$I_{mpd} = M_d (d_1^2 + d_2^2) / 8 \quad (1-25)$$

I_{md} : 断面直径回り慣性モーメント

$$I_{md} = M_d \{ (d_1^2 + d_2^2) / 16 + h^2 / 12 \} \quad (1-26)$$

そして、節点へ追加する質量マトリックスとジャイロマトリックスは次のようになります。

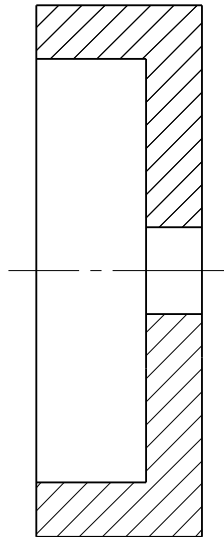
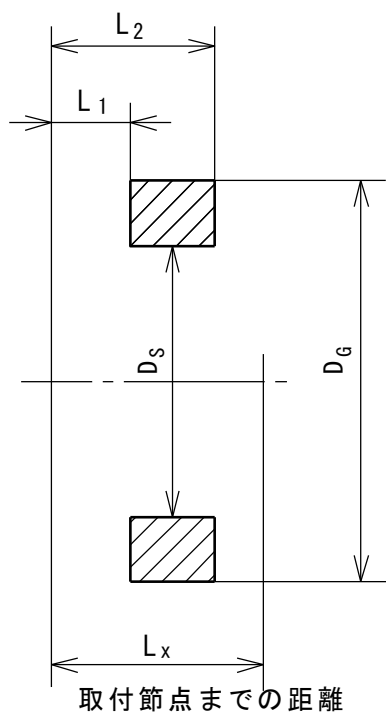


図1-6 カップ形状の円輪

図1-5の剛性円輪の物性値の計算方法は、同図の断面を矩形断面のリングに分割して、各リングの物性値を合計して算出します。1つのリングの物性値の計算方法を図1-7に示します。



$$\text{質量 } M = \rho \pi (D_G^2 - D_S^2) (L_2 - L_1) / 4$$

$$\text{極慣性モーメント } I_p = M (D_G^2 + D_S^2) / 8$$

断面直径回り慣性モーメント

$$I = M [(D_G^2 + D_S^2) / 16 + (L_2 - L_1)^2 / 12 + \{L_x - (L_1 + L_2) / 2\}^2]$$

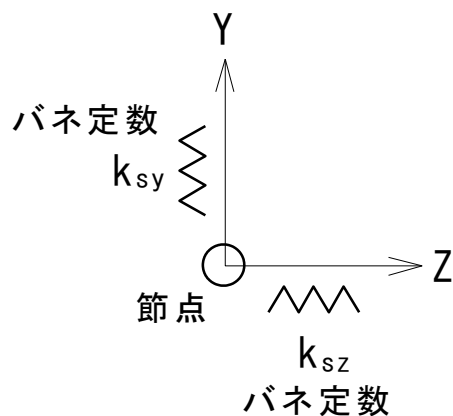
ただし、 ρ : 密度

図1-7 リングの物性値の計算方法

1.6 バネ支持節点

要素の節点は、バネ支持することができます。図1-8にバネ支持節点の説明図を示します。同図のように、断面Y,Z軸方向にバネ定数 k_{sy} , k_{sz} を付加したモデルとなります。そして、剛性行列 $[K]$ の該当要素（対角）に各 $-k_{sy}$, $-k_{sz}$ が付加されます。

注）バネ力は変位に対して逆向きに作用するため、バネ定数は必ず負の値に設定します。



注）バネ定数は負の値とする

図1-8 バネ支持節点

1.7 減衰節点

要素の節点には、ダンパー等による減衰作用を付加できます。図1-9に減衰節点の説明図を示します。同図のように、断面Y, Z軸方向に減衰係数 c_y , c_z を付加したモデルとなります。そのとき、FEM方程式には次の項が付加されます。

$$c_y \frac{dv}{dt} \quad , \quad c_z \frac{dw}{dt} \quad (1-29)$$

なお、後述のように、解を $\cos \omega t$ と $\sin \omega t$ の係数として算出するため、使用する減衰行列は歪対称（正負反転の対称）となります。

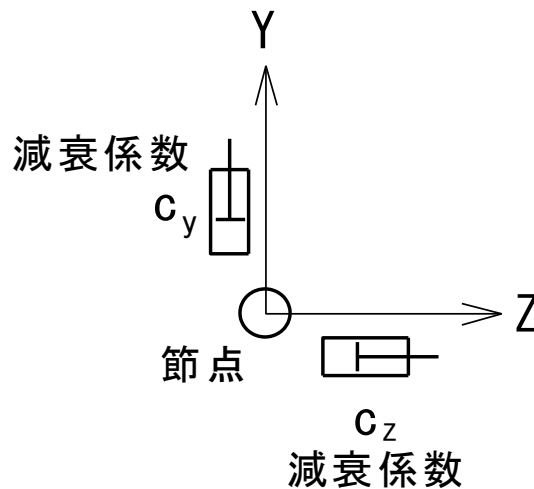


図1-9 減衰節点

1.8 強制振動解析の計算方法の概要

(1-22)式は、ジャイロマトリックス $[G]$ を減衰マトリックス C と表わせば、一般的なMCK型の方程式になります。以下では、各行列の $[\]$ 記号を省略し、変位ベクトルを u と置き換えます。

$$M \frac{d^2 u}{dt^2} + C \frac{du}{dt} + K u = F \quad (1-30)$$

ただし、 C : 減衰マトリックス

本問題の解は次式で表わします。

$$u = u_a \cos \omega t + u_b \sin \omega t \quad (1-31)$$

また、 F も同様に下記のように表わします。

$$F = F_a \cos \omega t + F_b \sin \omega t \quad (1-32)$$

(1-31)式と(1-32)式を(1-30)式に代入すると、次式が得られます。

$$\begin{aligned} & -\omega^2 M (u_a \cos \omega t + u_b \sin \omega t) + \omega C (-u_a \sin \omega t + u_b \cos \omega t) \\ & + K (u_a \cos \omega t + u_b \sin \omega t) = F_a \cos \omega t + F_b \sin \omega t \end{aligned} \quad (1-33)$$

両辺で、 $\cos \omega t$ と $\sin \omega t$ を分けた係数をそれぞれ等しいとおくと次のようになります。

$$-\omega^2 M u_a + \omega C u_b + K u_a = F_a \quad (1-34)$$

$$-\omega^2 M u_b - \omega C u_a + K u_b = F_b \quad (1-35)$$

(1-34)式と(1-35)式を合わせて全体方程式とし、 u_a と u_b を算出します。そして、(1-31)式により解が得られます。また、各節点変位の最大値は次式により得られます。

$$u_{\max} = \sqrt{u_a^2 + u_b^2} \quad (1-36)$$

(1-34)式と(1-35)式において、 u_a 、 u_b に対応した要素マトリックスの変数の並びを次のように設定します。全体マトリックスにおいても同様です。なお、右辺の F_a 、 F_b もそれらの変数の順序に対応したものとします。

$$v_{1a}, v_{1b}, w_{1a}, w_{1b}, \theta_{y1a}, \theta_{y1b}, \theta_{z1a}, \theta_{z1b}, v_{2a}, v_{2b}, w_{2a}, w_{2b}, \theta_{y2a}, \theta_{y2b}, \theta_{z2a}, \theta_{z2b} \quad (1-37)$$

(1-34)式、(1-35)式、(1-37)式を合わせてFEM方程式を次のように書き直して解きます。なお、FEM方程式の次数は元の2倍になっています。

$$(A_t + A_r) u_m + B u_m + L u_m = F_m \quad (1-38)$$

ただし、 A_t ：質量の振動マトリックス

A_r ：質量モーメントの振動マトリックス

B ：ジャイロの振動マトリックス（ダンパーを含む）

L ：剛性マトリックス（バネを含む）

u_m ：振動変位ベクトル・・・ $\cos \omega t$ と $\sin \omega t$ の各係数

F_m ：強制振動の負荷ベクトル

1.9 応力の計算

回転軸要素の節点の断面において、次の各応力が計算されます。各応力は、正と負の同じ値が存在するので、本ソフトでは正の値のみを取り扱います。

σ_{by} 、 σ_{bz} ：Y、Z軸回りの曲げ応力の最大値。

◇ M_y 、 M_z を曲げ断面係数 Z で割ったものです。

$$\text{円断面の場合、} Z = \pi d^3 / 32 \quad (1-39)$$

$$\text{円環断面の場合、} Z = \pi (d^4 - d_0^4) / d / 32 \quad (1-40)$$

τ_y 、 τ_z ：Y、Z軸方向の剪断応力の最大値。

◇ F_y 、 F_z を断面積で割ったもので、剪断係数 C_s （面積平均に対する最大値の係数）が掛かっています。

$$\text{円断面の場合、} C_s = 1.333 \quad (1-39)$$

円環断面については2次元振り解析と重回帰式を採用

第2章 プログラムの機能・構成

[VBプロジェクト名] RotatForceVib

表2-1に本ソフトの解析機能を示します。同表のように、ジャイロモーメントを含むMCK型の振動方程式を用いています。

表2-1 「RotatForceVib」解析機能

振動方程式のタイプ	内 容
MCK型 (ジャイロモーメント 有り)	1) 質量マトリックス、減衰マトリックス、 剛性マトリックス、および荷重ベクトル から構成される強制振動の解析 2) 荷重は、要素重心の偏心と慣性主軸ずれ による不釣り合い力（周波数は回転数） 3) 回転数をパラメーターに設定して一括 計算可能

注) ダンパーによる減衰も可能。節点の支持は、拘束の他、バネ支持も可能。

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「データ」、「計算」、「後処理」、「終了」の4つです。「データ」メニューでは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図を作画します。そして、ソフトを終了させる際は、「終了」をクリックします。

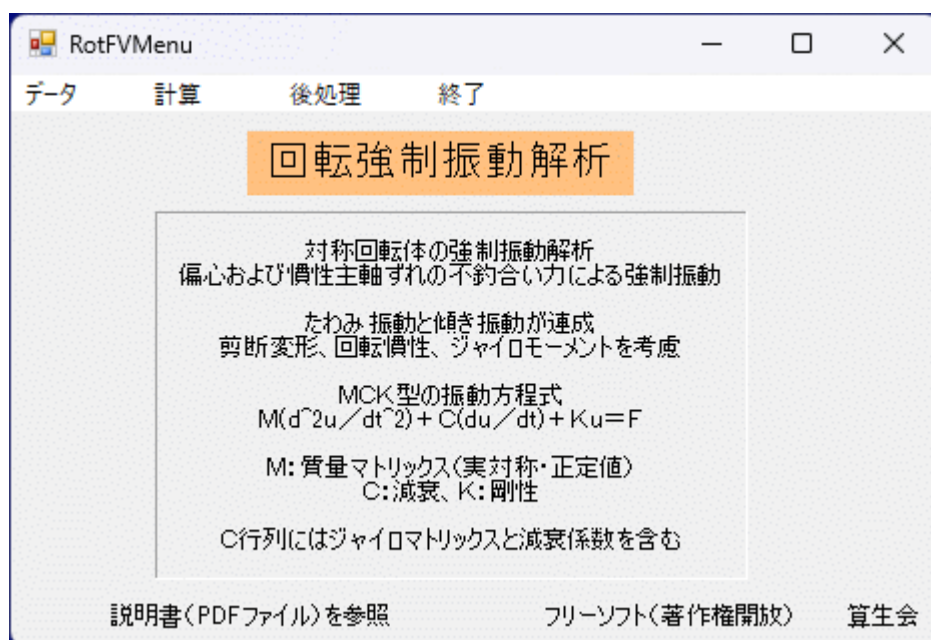


図2-1 「RotatForceVib」メニュー画面

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RotFVMenuモジュール*で制御し、「データ」、「計算」、「後処理」の3つのプログラム群に分かれています。

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

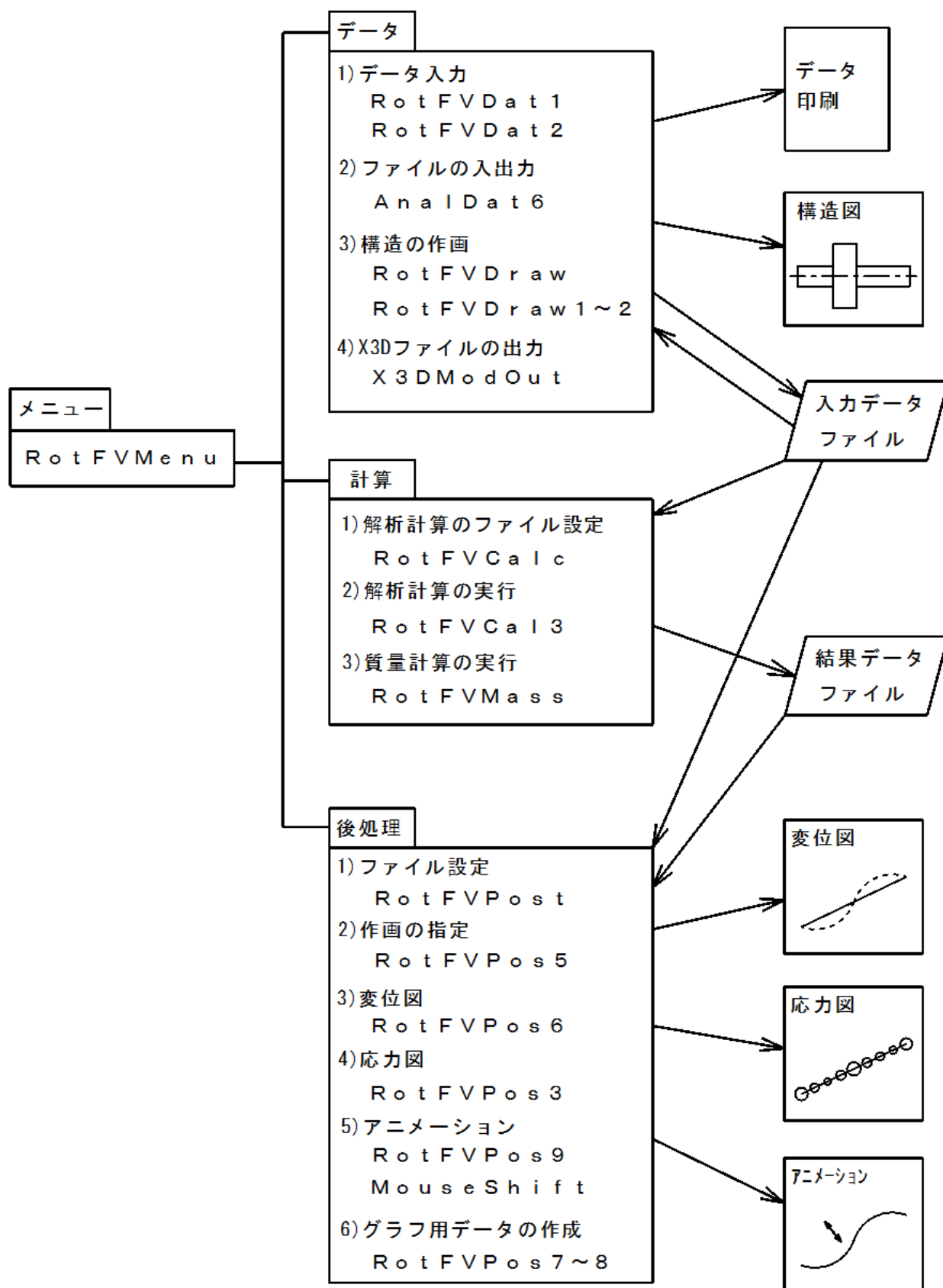


図2-2 「RotatForceVib」ソフトのプログラム構成

データファイルは、「入力データファイル」、「結果データファイル」、「グラフ用データファイル」の3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) 入力データファイル	.dat	回転体の構造のデータファイル （バネ支持、減衰節点も可能）
2) 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）
3) 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）

注) 1) 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RotFVDat1およびRotFVDat2は、各種データを画面入力するためのものです。特に、RotFVDat2は1つのフォームモジュールで、複数種類のデータをグリッド切り替えにより入力できるようにしています。

表2-3 「RotatForceVib」ソフトのファイルリスト

[全般]

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

[データ]

ファイル名	内 容
RotFVDat1. vb	データ仕様の入力
RotFVDat2. vb	各種データの入力
AnalDat6. vb	データファイルの読み込み・書き出し
RotFVDraw. vb	構造の作画
RotFVDraw1. vb	構造図で入力データ項目の選択
RotFVDraw2. vb	構造図でデータの入力
X3DModOut. vb	X3Dファイルの出力

[計算]

ファイル名	内 容
RotFVCalc. vb	計算に使用するファイルの設定 (回転速度の設定を含む)
RotFVCal3. vb	解析計算の実行
RotVMass. vb	各部質量計算のファイル設定と実行

[後処理]

ファイル名	内 容
RotFVPost. vb	後処理に使用するファイルの設定
RotFVPos3. vb	応力図の作画実行
RotFVPos5. vb	作画対象の設定
RotFVPos6. vb	変位図の作画実行
RotFVPos7. vb	グラフ用データの仕様設定と作成
RotFVPos8. vb	グラフ用データの作成
RotFVPos9. vb	アニメーションの実行
MouseShift. vb	マウス回転操作の説明 (各 3 次元図に共通)

構造データは、図1-1で示した座標系の説明図に従って作成すれば問題ありません。ここでは、図3-1のテスト用構造モデルを例題として、構造データの作り方を説明します。ただし、不釣り合いデータは別途設定します。

ヤング率 : 2.1×10^5 MPa、ポアソン比 : 0.3

- 1) 軸回転体を軸方向に分割して要素設定し、要素番号を付けます。
 - ◇要素番号はX軸の原点側を1とし、連番で付けます。
 - ◇軸の直径（中空軸では穴径も）が変わる部分は、別の要素番号とします。
 - ◇要素数が少なすぎると、結果の変位モード図で軸の変位線がぎくしゃくするので、解析上は必要がなくても要素数は10以上にした方がよいです。
- 2) 節点番号は、要素番号1の左端を起点として1から連番で付けます（要素数より1多い）。
 - ◇節点番号は、ソフト内で自動付番されるので、ユーザーが付番する必要はありませんが、節点の座標や拘束条件等の設定で必要となります。
- 3) 節点番号のX座標を算出しておきます。
 - ◇X座標の原点はどこに取っても構いませんが、節点番号1を原点とするのが最も簡単です。

4) 軸の各部の直径（中空軸では穴径も）、および物性値を用意しておきます。

◇材料の物性値は、ヤング率、ポアソン比、密度、直径です。その他の物性値はソフト内で自動計算されます。

◇直径が異なる要素は、別の材料番号となります。

◇各部の要素では不釣合いデータ（不釣合いの部分のみ）を設定できます。

〔不釣合いデータ〕 偏心距離、偏心断面角度、
慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度

注) 詳細はP3～4を参照。

5) 拘束条件（支持点）を決めます。

◇拘束条件は節点において、断面のY, Z軸方向の各拘束有無を設定します。拘束有りの場合は変位が0に固定されます。

◇後述のバネ支持節点および減衰節点については、バネ定数や減衰係数を設定した軸方向を拘束有りにしてはいけません。

◇全体構造として、バネ支持を含め（拘束と同等）、断面Y, Z軸方向に自由に変位しないように条件設定しなければなりません。

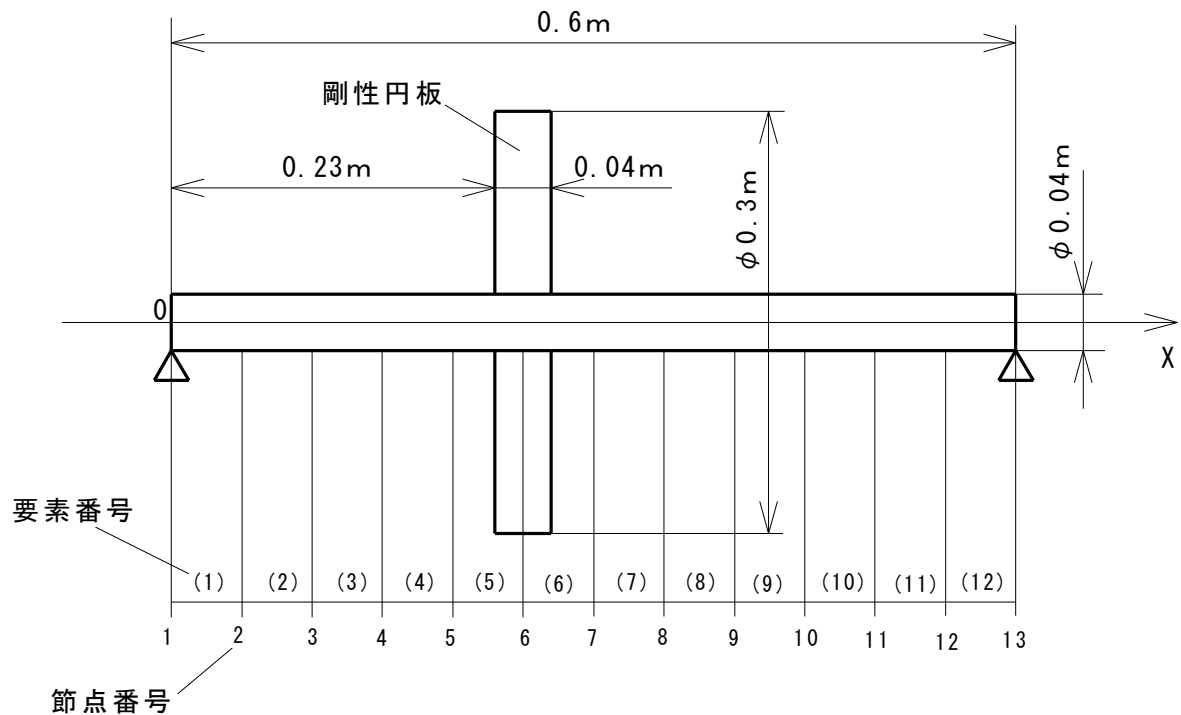
6) 剛性円板があれば付加節点を決め、データを準備します。

◇剛性円板は、円板部が図3-1のような軸と一体構造ではなく、図3-2のように円板が軸に嵌まっているだけの場合に使用します。図3-2では、図3-1のφ0.3mの円板部を剛性円板に置き換えています。同図のように、軸の要素分割を変更し、剛性円板の厚さ中心が取付節点6に一致するようにしています。

◇剛性円板に必要なデータは、取付節点番号以外に、密度、外径、内径、厚さ、および不釣合いデータ（不釣合いの剛性円板のみ）を使用します。その他の物性値はソフト内で自動計算されます。

〔不釣合いデータ〕 偏心距離、偏心断面角度、
慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度

注) 詳細はP3～4を参照。



[材料物性]

密度 : 7800kg/m³

ヤング率 : 2.1×10^5 MPa、ポアソン比 : 0.3

図3-2 テスト用構造の別モデル（剛性円板に置き換え）

7) 剛性円輪があれば付加節点を決め、データを準備します。

- ◇剛性円輪は、剛性円板のような単純な板でなく、図1-4のような入り組んだ形状の円輪を表わします。ただし、同図の形状範囲内で、不要な形状部分は省略できます。
- ◇剛性円輪に必要なデータは、取付節点番号以外に、密度、図1-4の各部寸法、および不釣合いデータ（不釣合いの剛性円輪のみ）です。図1-4で不要な部分の寸法は0と置きます。その他の物性値はソフト内で自動計算されます。

[不釣合いデータ] 偏心距離、偏心断面角度、

慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度

注) 詳細はP3~4を参照。

8) バネ支持節点があれば対象節点を決め、データを用意します。

- ◇必要なデータは、節点番号以外に、断面Y, Z軸方向のバネ定数です。

注) 本ソフトでは、バネ定数は負数で入力します。

- ◇バネ支持節点では、バネ定数のある軸方向を拘束してはいけません。

9) 減衰節点があれば対象節点を決め、データを用意します。

- ◇必要なデータは、節点番号以外に、断面Y, Z軸方向の減衰係数です。

- ◇減衰節点では、減衰係数のある軸方向を拘束してはいけません。

10) データの単位系

本ソフトでは、データの単位系は何でもよいですが、入力データ全体の単位系は統一しておかねばなりません。表3-1に単位系の例を示しておきます。なお、角度の単位は、計算にはラジアンを使用しますが、入力は°で設定します。

表3-1 単位系の例

データ項目	S I 単位系	工業単位系
長さ	m	mm
ヤング率	Pa (=N/m ²)	kgf/mm ²
密度	kg/m ³	kgf・s ² /mm ⁴
回転数	rev/s	rev/s
減衰係数	N・s/m	kgf・s/mm
バネ定数	N/m	kgf/mm
力	N	kgf
モーメント	N・m	kgf・mm
応力	Pa (=N/m ²)	kgf/mm ²
加速度	m/s ²	mm/s ²

注) 工業単位系の回転数は、通常rpmが使用されますが、ここでは時間単位を統一するため、rev/sとします。
rev=1回転

第4章 「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「データ」のサブメニュー選択画面を図4-1に示します。同図に示すように、9個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。

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

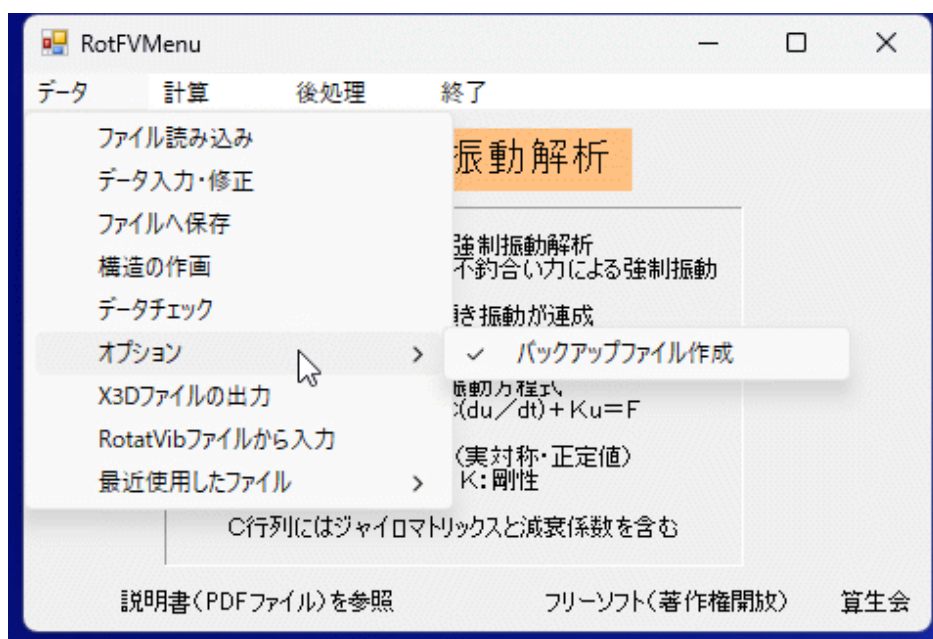


図4-1 「データ」サブメニュー画面

4.2 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。

4.3 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4-2のデータ仕様入力画面となります。なお、境界条件等のデータ入力・修正は、構造図の画面でも実施できます。

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要素数～減衰節点数は、各構造モデルに応じた数を入力します。

◇拘束のない構造は存在しないので、拘束節点数を2以上にするか、あるいはバネ支持節点で代用し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、要素データ入力画面に移ります。

- ④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4-2 データ仕様入力画面

4.4 要素データ入力画面

図4-3に要素データ入力画面を示します。

- ①各要素の材料番号を入力します。材料番号は、材料データ数に応じた番号とします。

- ②必要に応じて各要素の不釣合いデータを入力します。

◇不釣合いデータは、偏心距離、偏心断面角度、慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度です（P3～4参照）。

◇要素、剛性円板、剛性円輪のいずれかには不釣合いデータが設定されていなければなりません。

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

4.5 節点データ入力画面

図4-4に節点データ入力画面を示します。

- ①各節点のX座標を入力します。

- ②すべての節点データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

RotFVdat2

要素データの入力 節点番号は固定

e: 偏心距離、 ϕ : 偏心断面角度(°)、 ψ : 慣性主軸ずれ角度(°)、 ϕ_i : 慣性主軸断面角度(°)

	要素番号	材料番号	節点順 1	節点順 2	e	ϕ	ψ	ϕ_i
▶	1	1	1	2	0	0	0	0
	2	1	2	3	0	0	0	0
	3	1	3	4	0	0	0	0
	4	1	4	5	0	0	0	0
	5	2	5	6	.0001	0	.1	10
	6	1	6	7	0	0	0	0
	7	1	7	8	0	0	0	0
	8	1	8	9	0	0	0	0
	9	1	9	10	0	0	0	0
	10	1	10	11	0	0	0	0
	11	1	11	12	0	0	0	0
*								

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図4-3 要素データ入力画面

RotFVdat2

節点データの入力

	節点番号	X座標
▶	1	0
	2	.0575
	3	.115
	4	.1725
	5	.23
	6	.27
	7	.325
	8	.38
	9	.435
	10	.49
	11	.545
	12	.6
*		

設定 戻る

図4-4 節点データ入力画面

4.6 剛性円板データ入力画面

本入力は、剛性円板がある場合（剛性円板数が1以上）にのみ実施します。図4-5に剛性円板データ入力画面を示します。

①剛性円板数の分だけ円板番号が示されているので、それぞれ取付節点番号、密度、外径、内径、厚さを入力します。

②必要に応じて各円板の不釣り合いデータを入力します。

◇不釣り合いデータは、偏心距離、偏心断面角度、慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度です（P3～4参照）。

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。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。

④すべての剛性円板データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

円板番号	取付節点番号	密度	外径	内径	厚さ	e	φ	ψ	φi
1	5	7800	.3	.04	.04	.0001	0	.1	10
*									

図4-5 剛性円板データ入力画面

4.7 剛性円輪データ入力画面

本入力は、剛性円輪がある場合（剛性円輪数が1以上）にのみ実施します。図4-6に剛性円輪データ入力画面を示します。

①剛性円輪数の分だけ円輪番号が示されているので、それぞれ取付節点番号、密度、各寸法データを入力します。

◇各寸法の項目記号については、図1-4を参照してください。

②必要に応じて各円輪の不釣り合いデータを入力します。

◇不釣り合いデータは、偏心距離、偏心断面角度、慣性主軸ずれ角度、慣性主軸断面角度です（P3～4参照）。

- ③すべての剛性円輪データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして材料データ入力画面に移ります。

円輪番号	取付節点番号	密度	Lx	H	Hb1	Hb2	Hc1	Hc2	D1
1	9	7800	.03	.05	.005	.004	.02	.015	.3

図4-6 剛性円輪データ入力画面

4.8 材料データ入力画面

図4-7に材料データ入力画面を示します。

- ①材料のヤング率、ポアソン比、密度、外径、穴径を入力します。
- ②すべての材料データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

4.9 拘束節点データ入力画面

本入力は、拘束節点がある場合（拘束節点数が1以上）にのみ実施します。図4-8に拘束節点データ入力画面を示します。

- ①拘束節点数の分だけ拘束番号が示されているので、それぞれ節点番号、各座標軸方向の拘束区分を入力します。
◇拘束区分（Y拘束など）は、固定する場合に1を入力します。
- ②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。
- ③すべての拘束節点データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

RotFVDat2

材料データの入力

	材料番号	ヤング率	ポアソン比	密度	直径	穴径
▶	1	2.1E+11	.3	7800	.04	0
	2	2.1E+11	.3	7800	.3	0
*						

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図4-7 材料データ入力画面

RotFVDat2

拘束節点データの入力

節点番号に-1を入力すると、その行を削除・前詰めします。

[拘束区分] 0:自由、1:固定(変位0)

	拘束番号	節点番号	Y拘束	Z拘束
▶	1	1	1	1
	2	12	1	1
*				

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図4-8 拘束節点データ入力画面

4.10 バネ支持節点データ入力画面

本入力は、バネ支持節点がある場合（バネ支持節点数が1以上）にのみ実施します。

図4-9にバネ支持節点データ入力画面を示します。

①バネ支持節点数の分だけ番号が示されているので、それぞれ節点番号と各座標軸方向のバネ定数を入力します。

◇バネ定数は負の値を設定します。

②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。

③すべてのバネ支持節点データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして次の画面に移ります。

バネ支持節点データの入力

節点番号に-1を入力すると、その行を削除・前詰めします。

[Ksy等] バネ定数(負の値)

番号	節点番号	Ksy	Ksz
▶ 1	13	-100000	-100000
*			

設定 戻る コピー 貼り付け 取り消し

図4-9 バネ支持節点データ入力画面

4.11 減衰節点データ入力画面

本入力は、減衰節点がある場合（減衰節点数が1以上）にのみ実施します。図4-10に減衰節点データ入力画面を示します。

①減衰節点数の分だけ番号が示されているので、それぞれ節点番号と各座標軸方向の減衰係数を入力します。

②節点番号に「-1」を入力すると、その行を削除して前詰めします。

③すべての減衰節点データを入力し終わったら、「設定」ボタンをクリックして、図4-2のデータ使用画面に戻ります。



図4-10 減衰節点データ入力画面

4.12 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4-11に入力データファイル例を示します。

◇保存ファイルの文字コードはUTF-8です。

◇1行内の複数データは、「,」（コンマ）で区切られます。

```

プログラム名, RotatForceVib
回転強制振動テストモデル
要素数, 11
剛性円板数, 0
剛性円輪数, 0
材料データ数, 2
拘束節点数, 2
バネ支持節点数, 0
減衰節点数, 0
1 節点当り変数の数, 8
材料データの成分数, 4
要素データ (要素番号、材料番号、2節点番号、e、 $\phi e$ 、 $\psi$ 、 $\phi i$ )
1, 1, 1, 2, 0, 0, 0, 0
2, 1, 2, 3, 0, 0, 0, 0
3, 1, 3, 4, 0, 0, 0, 0
4, 1, 4, 5, 0, 0, 0, 0
5, 2, 5, 6, .0001, 0, .1, 10
6, 1, 6, 7, 0, 0, 0, 0
7, 1, 7, 8, 0, 0, 0, 0
8, 1, 8, 9, 0, 0, 0, 0
9, 1, 9, 10, 0, 0, 0, 0
10, 1, 10, 11, 0, 0, 0, 0
11, 1, 11, 12, 0, 0, 0, 0
節点データ (節点番号、X)
1, 0
2, .0575
3, .115
4, .1725
5, .23
6, .27
7, .325
8, .38
9, .435
10, .49
11, .545
12, .6
材料データ (材料番号、ヤング率、ポアソン比、密度、直径、穴径)
1, 2.1E+11, .3, 7800, .04, 0
2, 2.1E+11, .3, 7800, .3, 0
拘束節点データ (拘束番号、節点番号、Y拘束、Z拘束)
1, 1, 1, 1
2, 12, 1, 1

```

図4-11 入力データファイル例

4.13 構造の作画

サブメニューの「構造の作画」を選択すると、構造図が画面に作画されます。構造の作画は、入力データにミスがないかチェックする上で必須です。要素データや節点データにミスがあると、要素連結した構造図に異常が現われます。従って、この構造図で異常がなくなるまでデータをデバッグすることが肝要です。

図4-12に構造作画の画面例を示します。同図は、本画面に移った状態のもので、作画のパラメーターは標準条件になっています。

①本画面の左側に、「番号表示の項目」のパラメーターを表示してあります。そのパラメーターを変更することができます。変更した後は、「再描画」コマンドをクリックすると、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。

②「番号表示の項目」は、「要素番号」、「節点番号」、「材料番号」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。

◇「要素番号」、「節点番号」、「材料番号」をすべて選択して、「再描画」させた部分拡大画面を図4-13に示します。

③「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。

④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。

⑤マウスドラッグ矩形により、構造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4-14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、選択領域が拡大されて図4-15のように表示されます。

◇上記の選択領域に関しては、要素全体（外径を含む）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。

⑥構造図では剛性円板や剛性円輪も描画されます。図4-16に剛性円板・剛性円輪付きモデルの構造図（番号表示有り）を示します。同図のように、剛性円板は緑色、剛性円輪は青色で描画されています。

⑦「条件設定部の表示」は、「拘束節点（橙色）」を選択できます。「拘束節点（橙色）」ではバネ支持節点、減衰節点も表示されます。図4-17に「拘束節点（橙色）」を表示した構造図を示します。

⑧任意の要素を右クリックすると、図4-18のように当該要素の各番号が表示されます。

◇ESCキーを押すと上記の番号表示が解除されます。

- ⑨「データ設定モード」を選択して、任意の要素を右クリックすると図4-19のようにデータ項目選択画面が出て、境界条件等のデータ入力・変更を実施できます。

◇図4-19の画面でいずれかのデータ項目を選択し、「設定」ボタンをクリックすると図4-20のデータ入力画面に移ります。同図は拘束節点データの入力画面ですが、他のデータ項目でも同様です。同図でのデータ入力は、前述の「データ入力・修正」サブメニュー以降の各データ入力画面と同様です。なお、「材料番号」以外の本画面では、表の最下行にデータを追加できるようになっています。

図4-20で「設定」ボタンをクリックすると、データ変更が実施されます。

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

◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。

- ⑪本画面で「コピー印刷」ボタンをクリックすると、プリンターで画面コピーを印刷できます。

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

- ⑫本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。

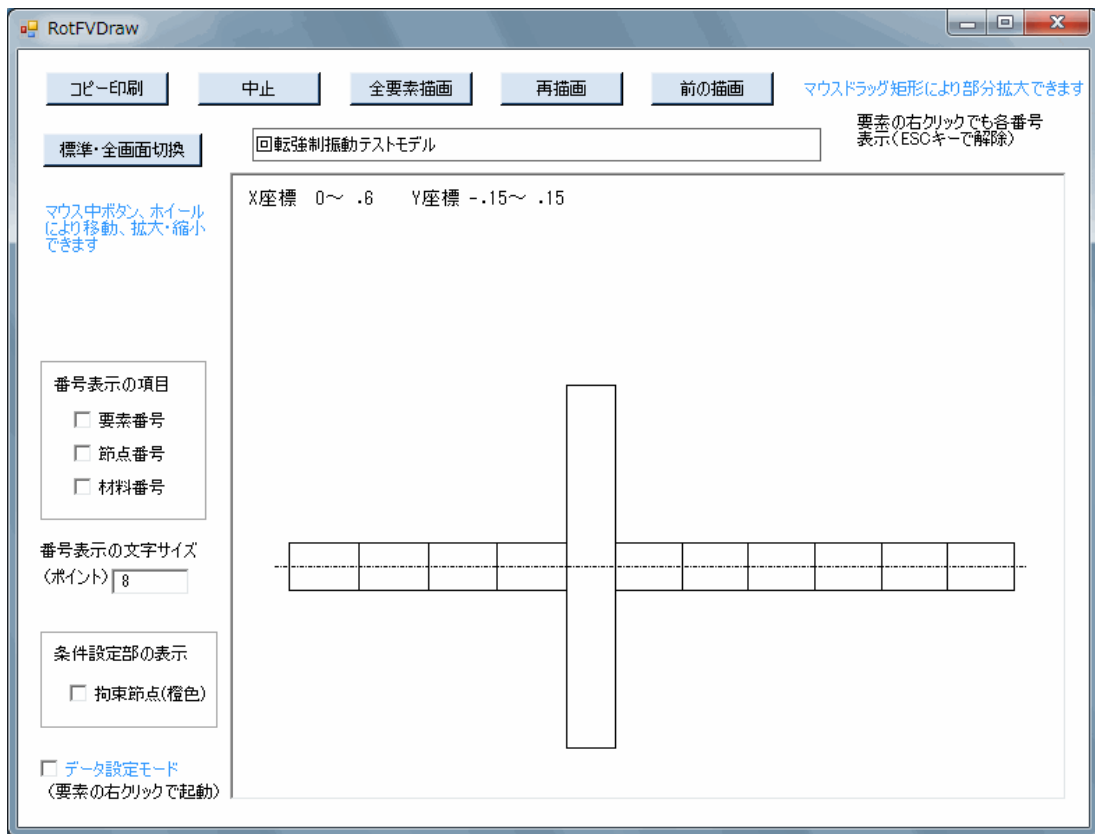


図4-12 構造作画の画面例

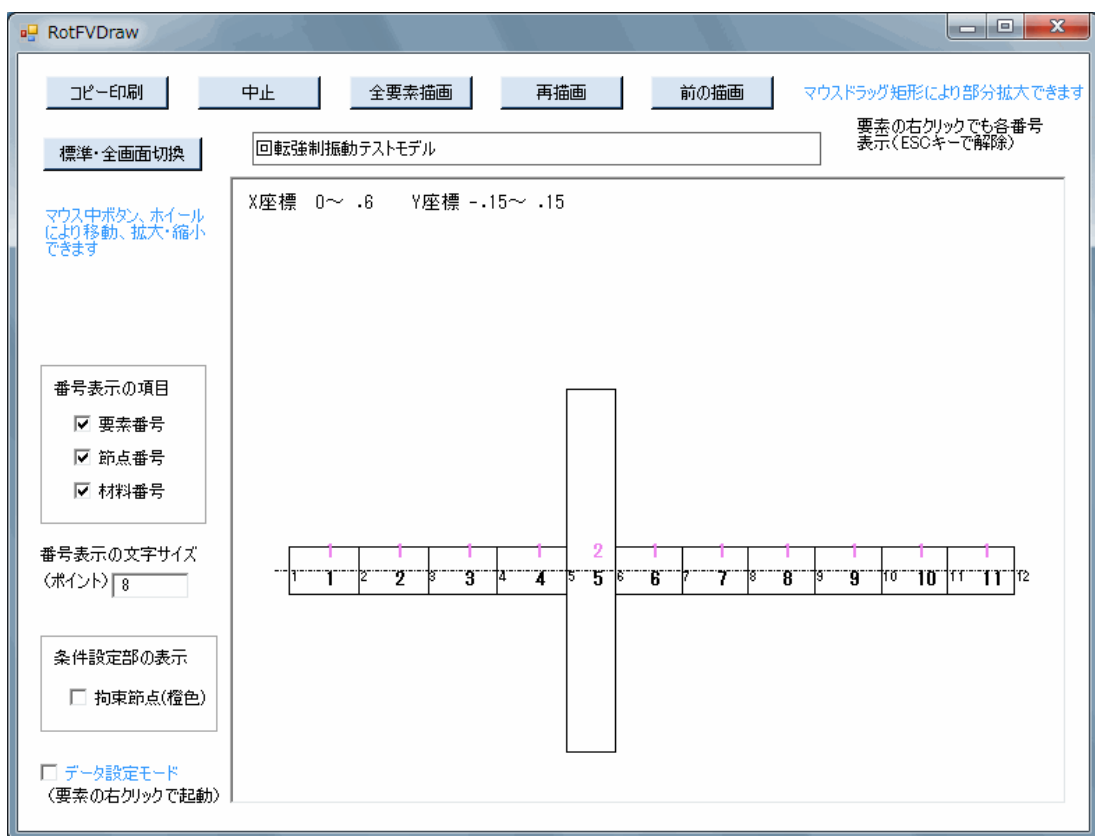


図4-13 構造作画の番号表示有りの画面例

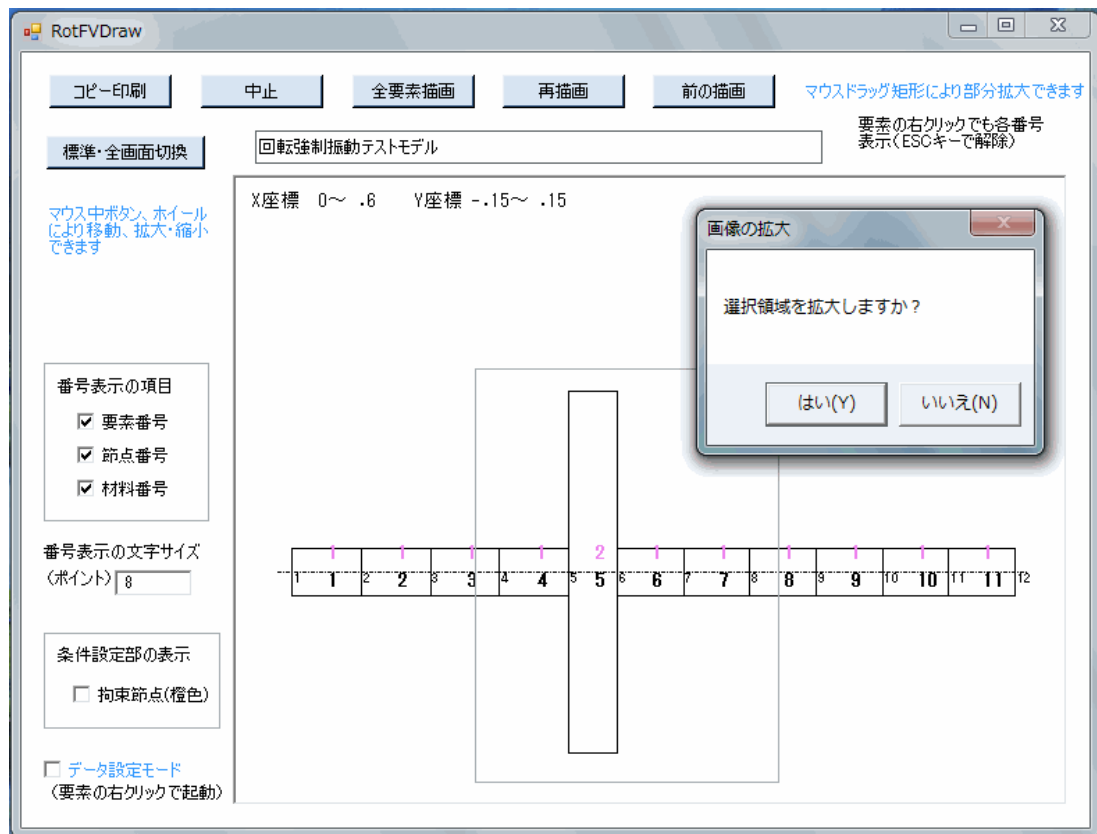


図4-14 構造作画における拡大領域選択例

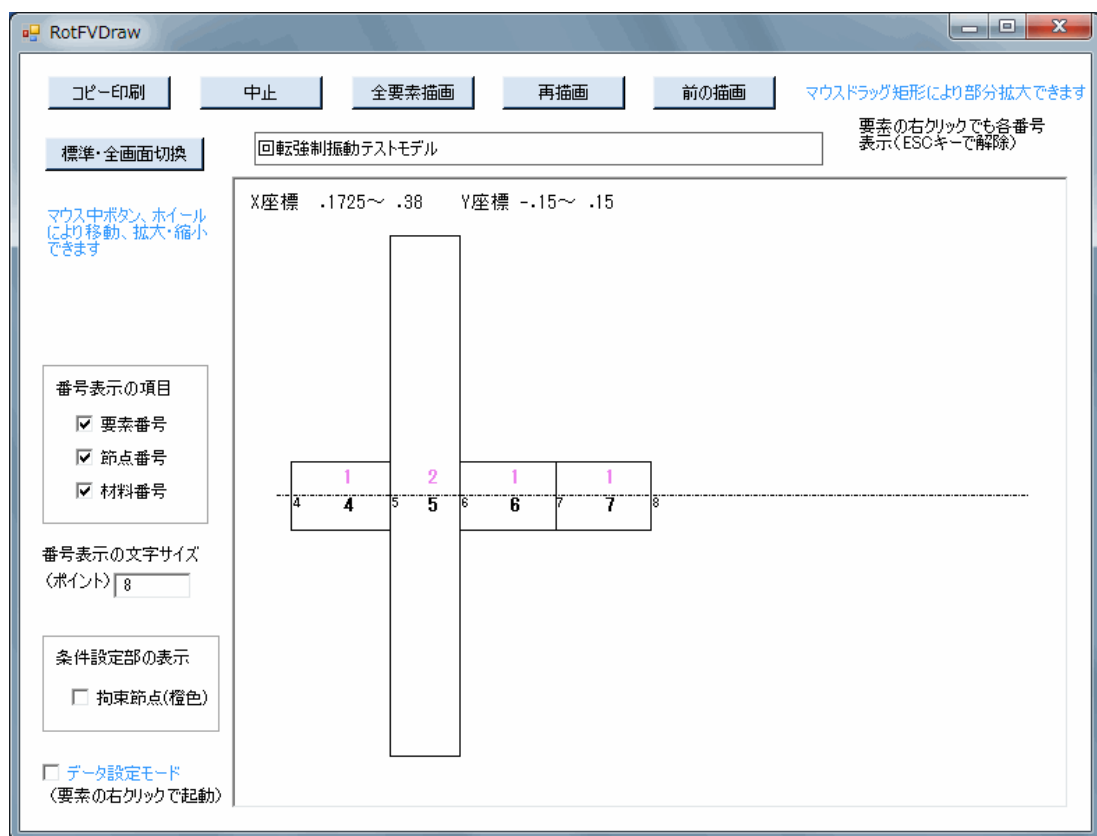


図4-15 構造作画における部分拡大例

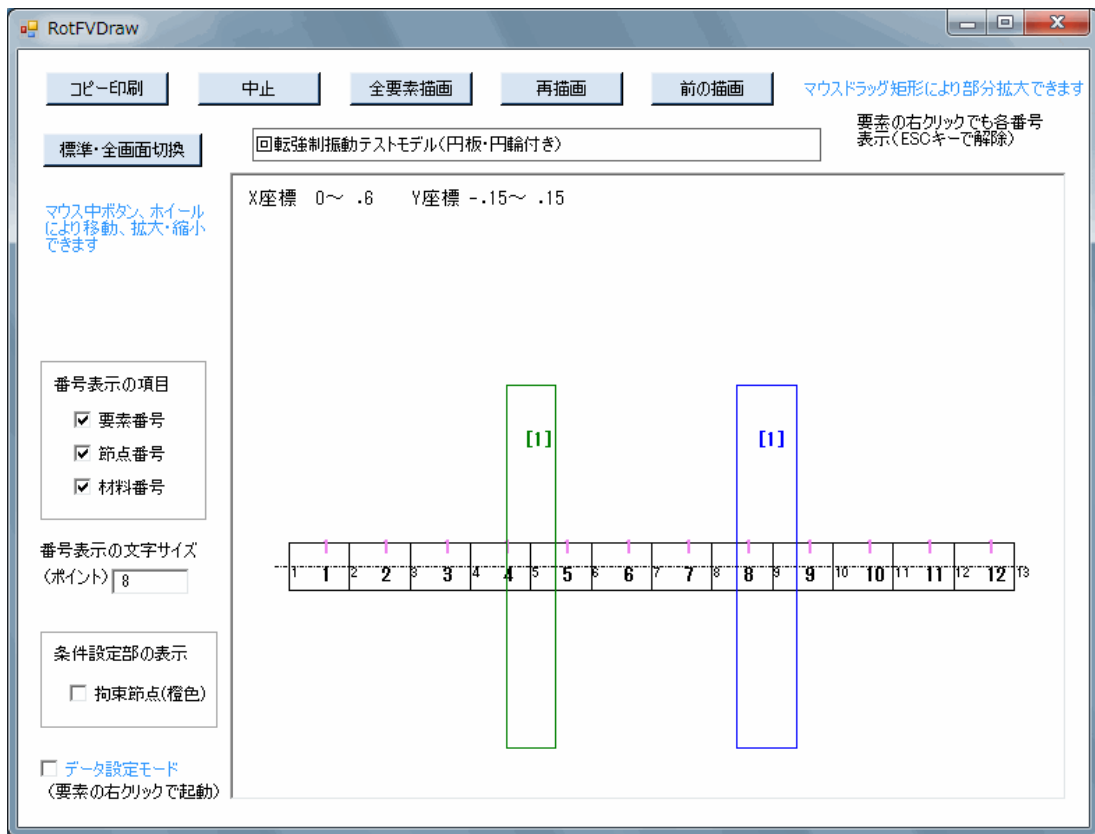


図4-16 剛性円板・剛性円輪付きモデルの番号表示有りの構造図

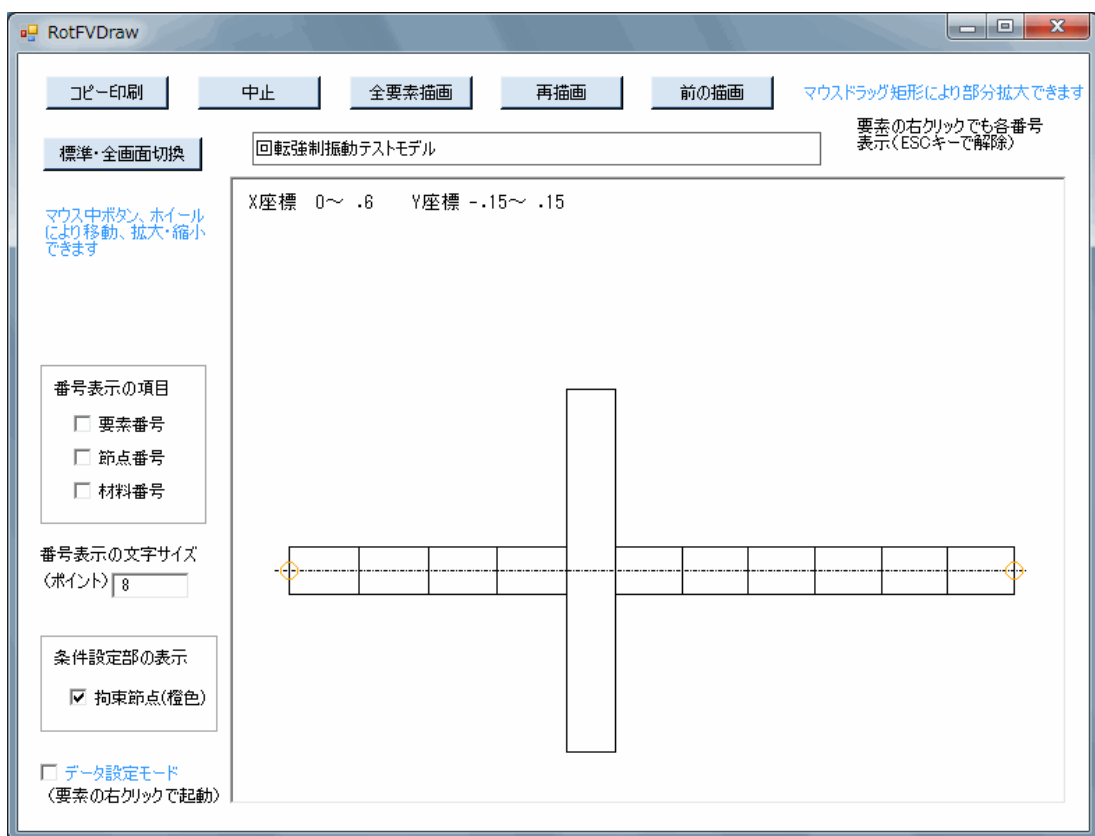


図4-17 構造作画の条件設定部表示有りの画面例

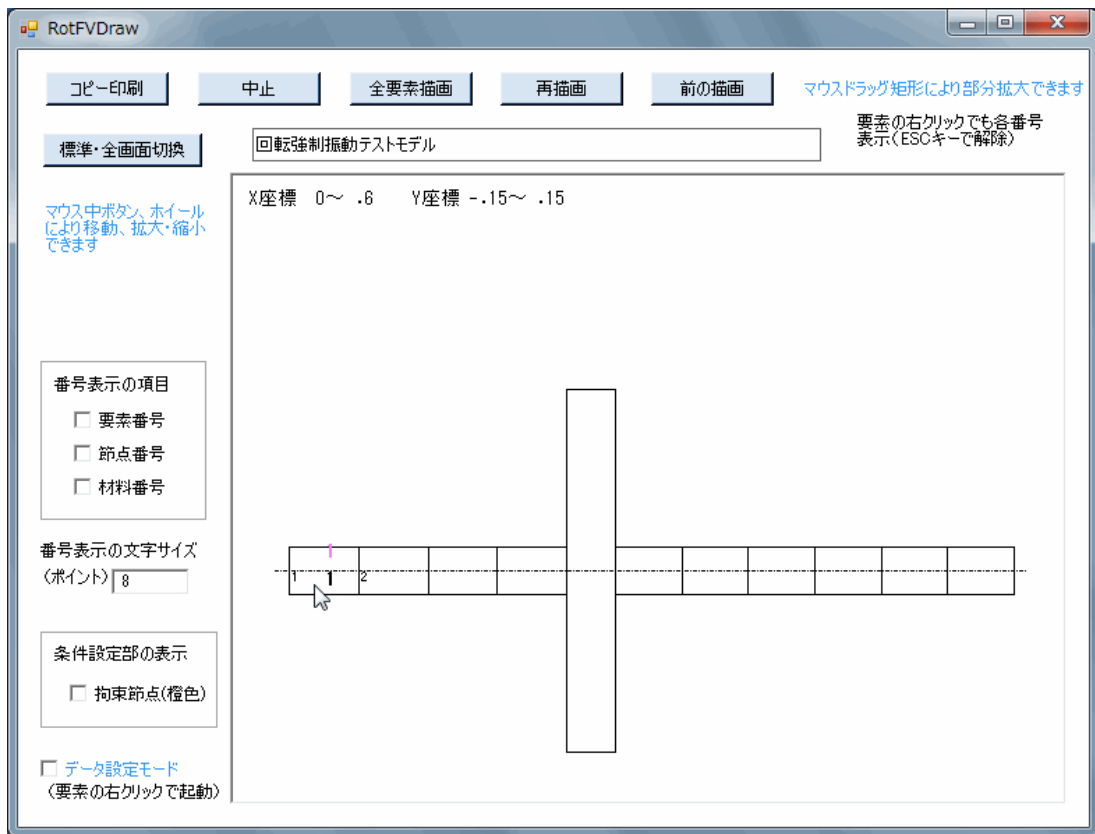


図4-18 構造作画における要素右クリック画面例

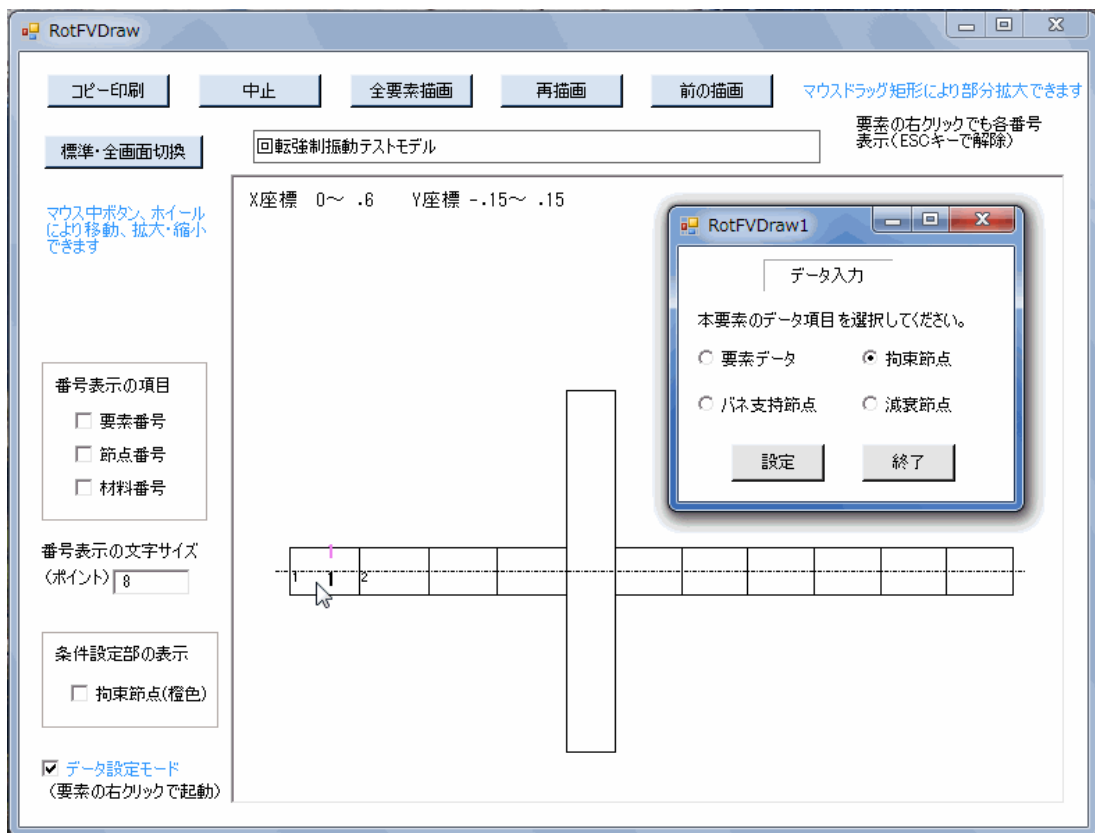


図4-19 構造作画のデータ設定モードにおけるデータ項目選択画面

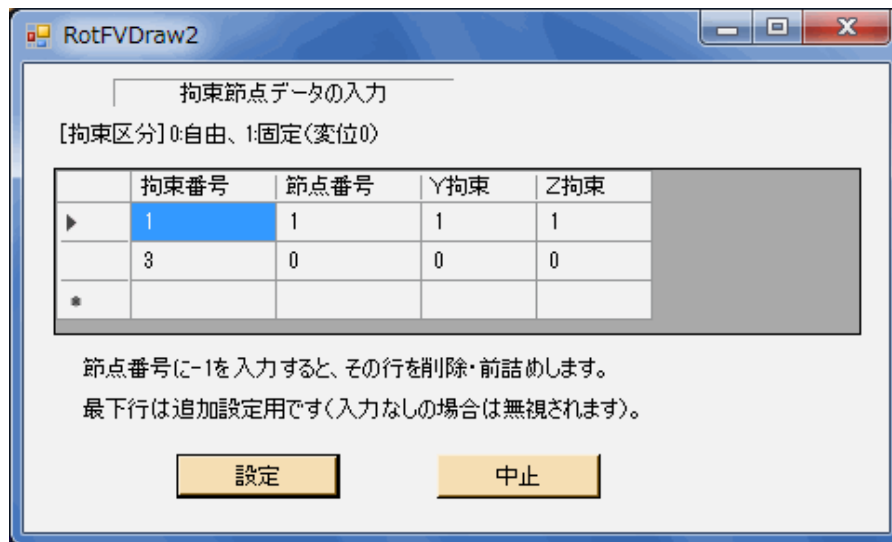


図4-20 構造作画におけるデータ入力画面例（拘束節点の場合）

4.14 データチェック

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

なお、解析の計算開始時にデータチェックが自動実行されます。

4.15 X3Dファイルの出力

サブメニューの「X3Dファイルの出力」を選択すると、図4-21のファイル設定画面となります。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「.x3d」に変更したファイル名が表示されます。もし、他のファイル名に変更したい場合は、テキストボックスで修正できます。

本画面で「設定」ボタンをクリックすると、X3Dファイルが出力されます。

- 1) 回転体の3次元データが出力されます。その際、有限要素の面は三角形に再分割されます。
- 2) 出力したX3DファイルはX3Dプレーヤーで閲覧できます。

◇X3DファイルをX3Dプレーヤーで閲覧する場合、ディレクトリーパスとファイル名に日本語を入れてはいけないものもあります。

◇無料のX3Dプレーヤー例としてOctaga Playerがあり、下記URLで入手できます。同プレーヤーによる画面例を図4-22に示します。

<https://www.octagavs.com/>

- 3) X3Dファイルは、ファイル変換ソフトにより一般の3次元CAD用に変換できます。
- 4) X3Dファイルは、無料の3次元CGソフトBlenderで使用できます。その場合は次のようにしてください。

①Blenderを起動し、初期オブジェクト(Cube)を削除してください。

- ② 「File」 → 「Import」 でX3Dを選択し、X3Dファイルを読み込んでください。

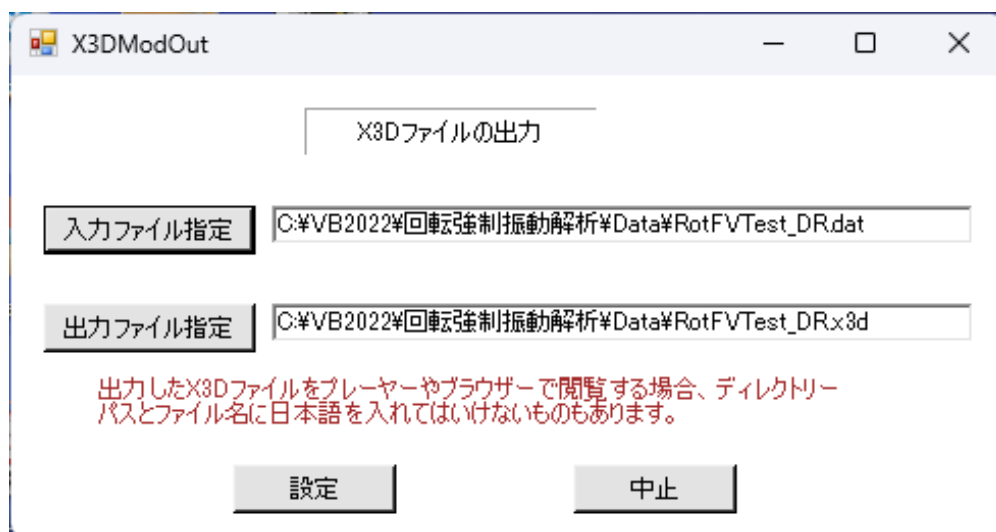


図4-21 X3Dファイル出力のファイル設定画面

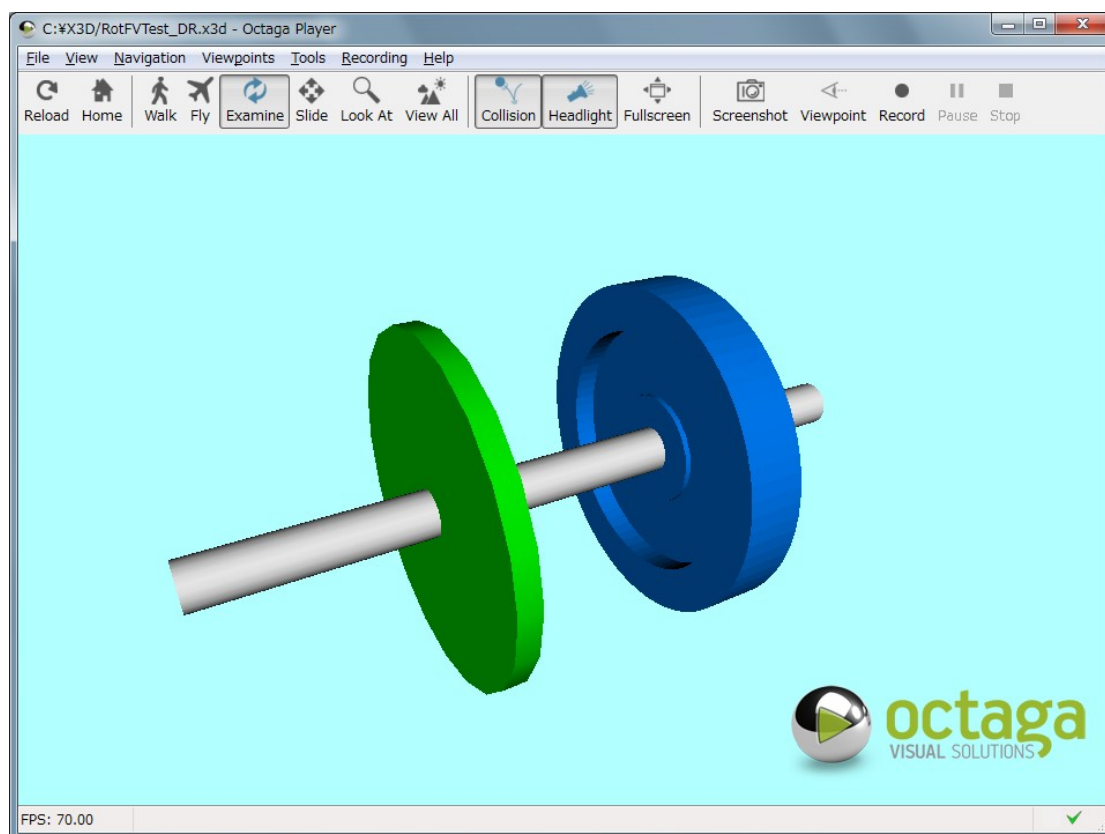


図4-22 X3Dプレーヤーの画面例

4.16 RotatVibファイルから入力

サブメニューの「RotatVibファイルから入力」を選択すると、「回転振動解析K」の入力データファイルを読み込んで「回転強制振動解析K」用にデータ変換します。その後、データ修正やファイル保存が可能です。本データを保存する場合の表示ファイル名は、デフォルトでベース名（拡張子を削除した部分）の後に「FV」が付加されたものとなります。もちろん、他のファイル名に変更して構いません。

4.17 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 「計算」プログラム

5.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「計算」のサブメニュー画面を図5-1に示します。サブメニューは「強制振動計算の実行」と「各部質量計算の実行」の2つがあります。「強制振動計算の実行」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、「各部質量計算の実行」は補助機能であり、5.8節で説明します。

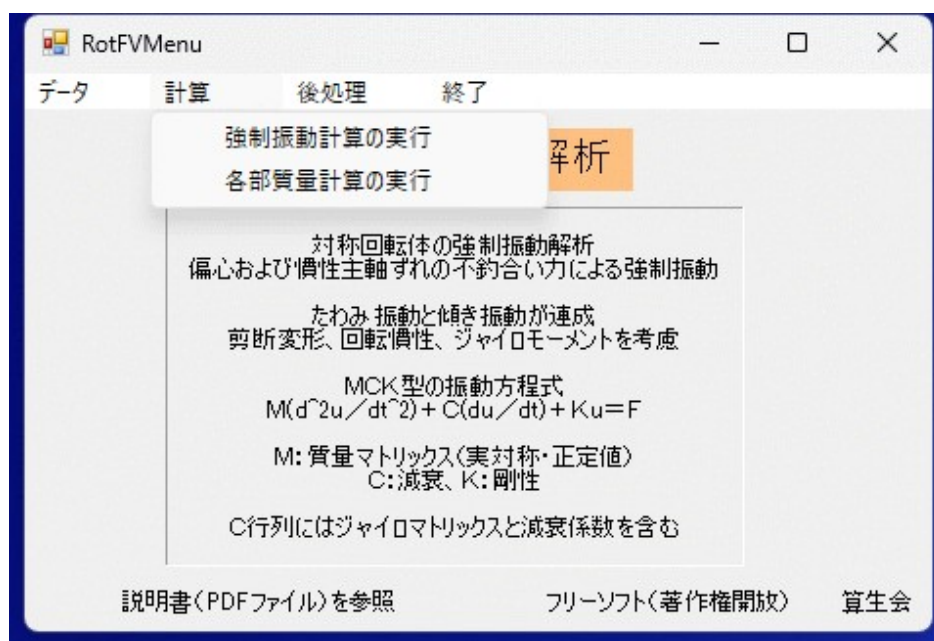


図5-1 「計算」サブメニュー画面

5.2 「計算」ファイル設定画面

図5-2に「計算」ファイル設定画面を示します。

- ① ①まず、使用するファイルを入力します。そのため、「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。
- ②次に、回転数MIN、MAX、分割数を入力します。
- ③さらに、最大繰返し計算回数と収束基準誤差率を入力します。最大繰返し計算回数は、収束のための繰返し計算の最大回数を設定するもので、デフォルトは20になっています。

◇収束基準誤差率は、上記の繰返し計算を終了させるための誤差基準です。この基準誤差率とは、各回の繰返し計算において、全節点の変位の最大変化量を最大変位で割ったものです。収束基準誤差率はデフォルトで0.005になっています。

◇最大繰返し計算回数や収束基準誤差率は、必要に応じて変更してください。

なお、収束基準誤差率を小さくすると、繰返し計算回数が増えます。

◇最大繰返し計算回数を1にした場合は、軸心の変位を偏心距離に加算しない解析計算になります。

- ④本画面で「設定」ボタンをクリックすると、データチェックの自動実行の後、計算が開始されます。

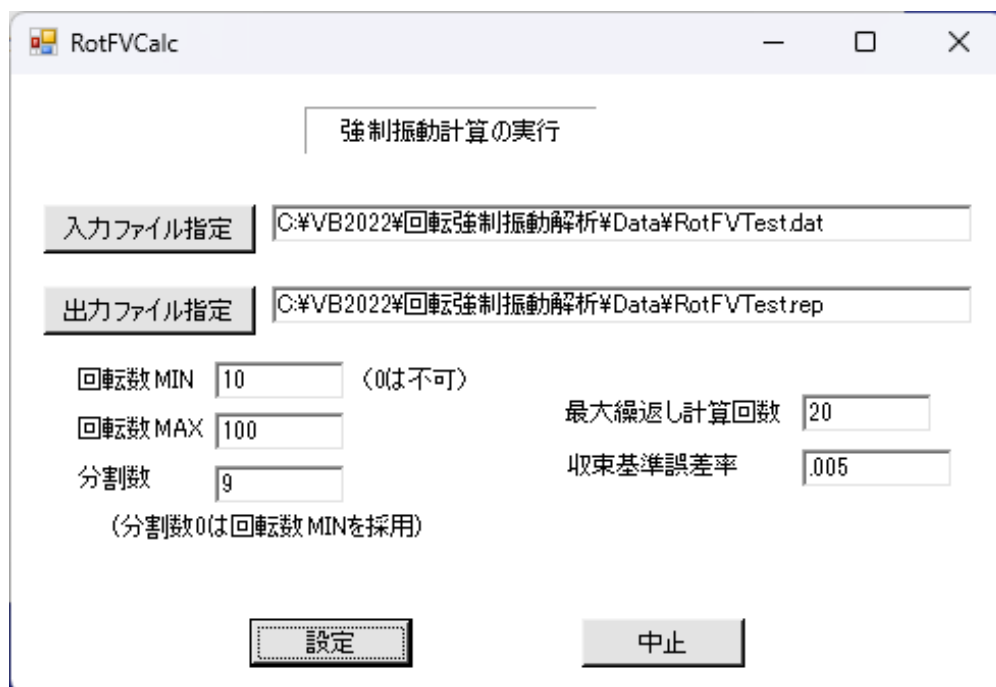


図5-2 「計算」ファイル設定画面

5.3 計算終了

図5-3に計算終了画面、図5-4に計算確認ダイアログ画面を示します。図5-3では、かかった計算時間も表示されますが、本テストモデルでは0sとなっています。また、図5-4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。

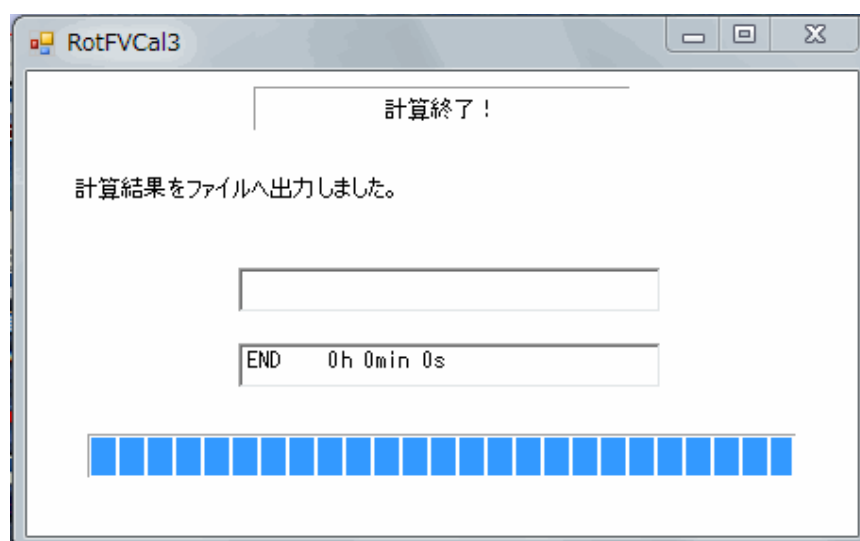


図5-3 計算終了画面

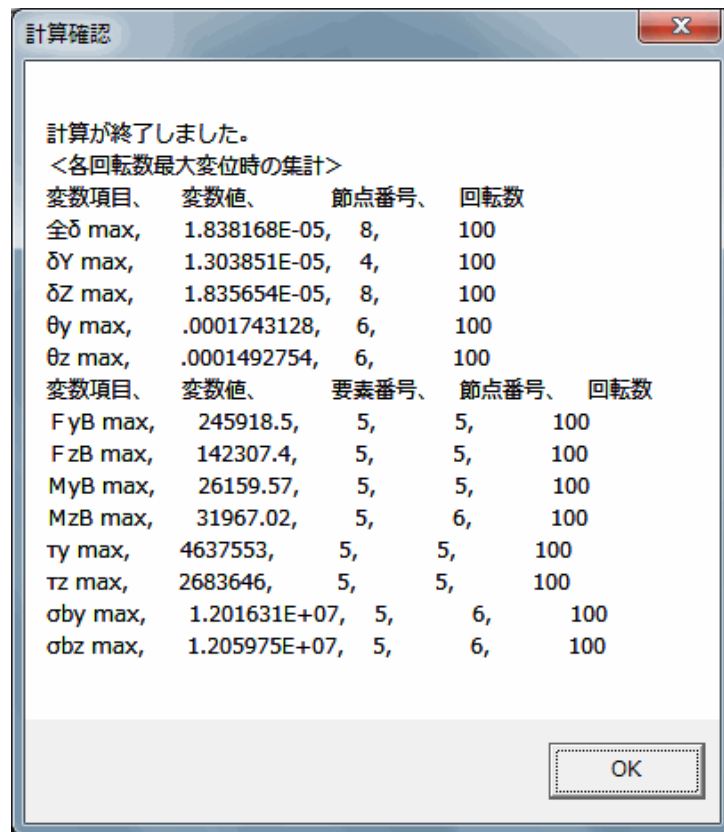


図5-4 計算確認ダイアログ画面

5.4 計算結果

5.2節で指定した出力ファイルに計算結果が書き出されます。図5-5に例題の計算結果ファイル出力を示します。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入力データファイルを示しています。
- ②回転数のMIN、MAX、分割数が示されています。
- ③最大繰返し計算回数、収束基準誤差率が示されています。
- ④フルバンド幅が31と出力されています。これは、すべての計算ケースに共通です。
- ⑤回転数のメッシュ番号が0で、次行に回転数10が示されています。
- ⑥収束計算計算回数と誤差率が示されています。

◇収束しなかった場合は、非収束計算回数と表示されます。

- ⑦変位関係の出力がされています。各変位は、振幅と初期角度の組合せです。
- ⑧最大変位時の出力がされています。
- ⑨最大変位の節点番号、 ωt (°)、半径変位 δR が示されています。

◇半径変位 δR は δY 、 δZ の合成ベクトルです。

- ⑩最大変位が生じた時の各節点変位が示されています。
- ⑪最大変位が生じた時の各節点の力・応力等が示されています。
- ⑫最大変位が生じた時の最大値集計が示されています。
- ⑬全節点の荷重が示されています。
- ⑭拘束節点の反力が示されています。ただし、拘束節点がない場合は出力されません。
- ⑮次の回転数メッシュ番号が示され、次行以下に同様のデータが順次出力されます。
- ⑯各回転数最大変位時の集計が示されています。

◇各回転数最大変位時のデータの中で、最大のものを示します。通常は回転数が大きい方が最大となります。

⑪計算時間は0s（1s未満）です。

<<回転強制振動解析の計算結果>>

回転強制振動テストモデル

〔入力データファイル〕, C:\¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest. dat ①

回転数MIN、MAX、分割数, 10, 100, 9 ②

最大繰返し計算回数、収束基準誤差率, 20, .005 ③

*** 計算結果 ***

フルバンド幅, 31 ④

回転数のメッシュ番号, 0 ⑤

回転数, 10

収束計算回数、誤差率 ⑥

3, .0001117699

<変位関係> ⑦

節点番号, 振幅Ry、初期角 α_y 、振幅Rz、初期角 α_z 、振幅 θ_y 、初期角 β_y 、振幅 θ_z 、初期角 β_z

1, 0, 0, 0, 0, 5.554885E-06, 177.3001, 5.607911E-06, 87.80768

2, 3.202459E-07, 87.66991, 3.172709E-07, 357.1631, 5.307719E-06,

176.3496, 5.352172E-06, 86.85091

3, 6.111092E-07, 86.69963, 6.061444E-07, 356.1994, 4.576948E-06,

172.8867, 4.595982E-06, 83.34666

.....

.....

10, 5.942273E-07, 73.42105, 5.982861E-07, 343.2283, 4.836926E-06,

344.1823, 4.808975E-06, 254.4111

11, 3.085093E-07, 73.12504, 3.107093E-07, 342.9435, 5.466877E-06,

343.1892, 5.429566E-06, 253.3804

12, 0, 0, 0, 0, 5.677196E-06, 342.9072, 5.636784E-06, 253.0873

*** 最大変位時の出力 *** ⑧

最大変位の節点番号、 $\omega t(^{\circ})$ 、変位 δR ⑨

7, 131, 1.093944E-06

<変位> ⑩

節点番号, δY 、 δZ 、 θ_y 、 θ_z

1, 0, 0, -4.359334E-06, -3.514526E-06

2, -2.001002E-07, 2.494556E-07, -4.219363E-06, -3.284142E-06

3, -3.737069E-07, 4.828154E-07, -3.799515E-06, -2.593048E-06

.....

.....

図5-5（1/3） 結果ファイルへの出力例

10,	-2.456769E-07,	5.455873E-07,	4.377217E-06,	2.063581E-06
11,	-1.260969E-07,	2.839715E-07,	4.986868E-06,	2.241289E-06
12,	0,	0,	5.190107E-06,	2.300536E-06

<力・応力等>

⑪

要素No.、節点No., FyB、FzB、MyB、MzB、 τ_y 、 τ_z 、 σ_{by} 、 σ_{bz}

1,	1,	3.677637,	-2.234295,	-3.619678E-06,	-1.660999E-06,	3901.118,	
2370.068,		.5760897,	.2643562				
1,	2,	-3.677637,	2.234295,	.1284748,	.2114657,	3901.118,	2370.068,
20447.4,		33655.81					
2,	2,	3.677637,	-2.234295,	-3.619678E-06,	-1.660999E-06,	3901.118,	
2370.068,		.5760897,	.2643562				
2,	3,	-3.677637,	2.234295,	.1284748,	.2114657,	3901.118,	2370.068,
20447.4,		33655.81					
.....							
.....							
10,	10,	11.34847,	-11.69797,	.2545356,	.2015437,	12038.09,	12408.83,
40510.61,		32076.67					
10,	11,	-11.34847,	11.69797,	.3888535,	.4226227,	12038.09,	12408.83,
61887.96,		67262.49					
11,	11,	11.34847,	-11.69797,	.2545356,	.2015437,	12038.09,	12408.83,
40510.61,		32076.67					
11,	12,	-11.34847,	11.69797,	.3888535,	.4226227,	12038.09,	12408.83,
61887.96,		67262.49					

<最大値集計>

⑫

変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号
FyB max,	7784.5,	5,	5
FzB max,	9454.228,	5,	6
MyB max,	481.2664,	5,	6
MzB max,	636.6022,	5,	6
τ_y max,	146800.8,	5,	5
τ_z max,	178288.7,	5,	5
σ_{by} max,	181560.7,	5,	6
σ_{bz} max,	240162.1,	5,	6

<全節点の荷重>

⑬

節点番号, Fy、Fz、My、Mz

1,	3.677637,	-2.234295,	-3.619678E-06,	-1.660999E-06
2,	0,	0,	.1284712,	.211464
3,	1.621246E-05,	-6.914139E-06,	.1284718,	.2114646
.....				
.....				
10,	0,	0,	.6433892,	.6241664
11,	0,	0,	.6433892,	.6241664
12,	-11.34847,	11.69797,	.3888535,	.4226227

図5-5 (2/3) 結果ファイルへの出力例

-----					⑭
<拘束節点の反力>					
節点番号, Fy, Fz, My, Mz					
1,	3.677753,	-2.234429,	-3.619678E-06,	-1.660999E-06	
12,	-11.34836,	11.69784,	.3888535,	.4226227	

回転数のメッシュ番号, 1					⑮
回転数, 20					
収束計算回数、誤差率					
3,	.000339684				
.....					
.....					

<各回転数最大変位時の集計>					⑯
変数項目、	変数値、	節点番号、	回転数		
全 δ max,	1.838168E-05,	8,	100		
δY max,	1.303851E-05,	4,	100		
δZ max,	1.835654E-05,	8,	100		
θy max,	.0001743128,	6,	100		
θz max,	.0001492754,	6,	100		
変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号、	回転数	
FyB max,	245918.5,	5,	5,	100	
FzB max,	142307.4,	5,	5,	100	
MyB max,	26159.57,	5,	5,	100	
MzB max,	31967.02,	5,	6,	100	
τy max,	4637553,	5,	5,	100	
τz max,	2683646,	5,	5,	100	
σby max,	1.201631E+07,	5,	6,	100	
σbz max,	1.205975E+07,	5,	6,	100	
END	0h 0min 0s				⑰

図5-5 (3/3) 結果ファイルへの出力例

5.5 各部質量計算

サブメニュー「各部質量計算の実行」をクリックすると、図5-6の画面に移ります。

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

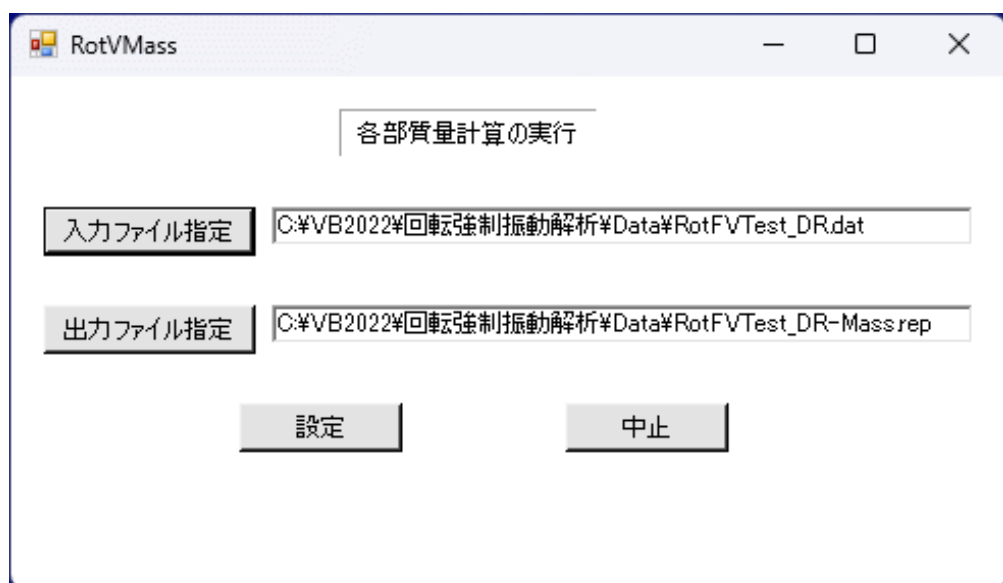


図5-6 各部質量計算の実行画面

図5-7に計算終了画面を示します。同図のように、総質量と重心のX座標が表示されます。

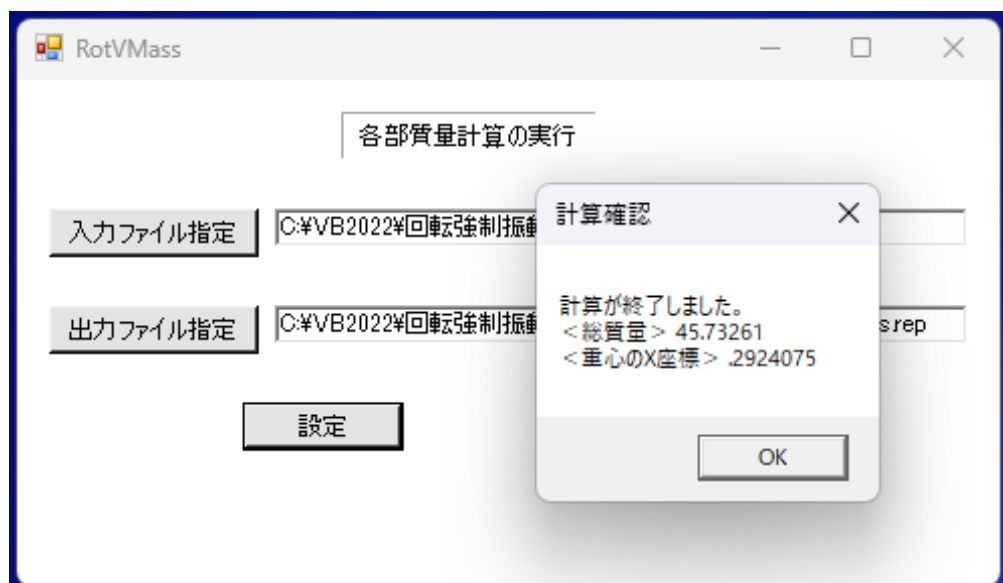


図5-7 各部質量計算の終了画面

さらに、上記の「出力ファイル指定」のファイルに計算結果が出力されます。図5-8に計算結果例を示します。同図で○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①各線分要素の質量が出力されています。
- ②剛性円板の質量が出力されています。
- ③剛性円輪の質量が出力されています。
- ④総質量が出力されています。
- ⑤重心のX座標が出力されています。

```

<<各部質量の計算結果>>
回転強制振動テストモデル（円板・円輪付き）
[入力データファイル] , G:¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest_DR. dat
-----
<線分要素>                                     ①
要素番号、質量
1,   .4900885
2,   .4900885
3,   .4900885
4,   .4900885
5,   .4900885
6,   .4900886
7,   .4900883
8,   .4900886
9,   .4900883
10,  .4900886
11,  .4900886
12,  .4900886
<剛性円板>                                     ②
円板番号、質量
1,   21.66191
<剛性円輪>                                     ③
円輪番号、質量
1,   18.18964
<総質量>, 45.73261                             ④
<重心のX座標>, .2924075                         ⑤
END

```

図5-8 各部質量計算の結果ファイルへの出力例

第6章 「後処理」プログラム

6.1 サブメニュー画面

「メニュー」プログラムにおける「後処理」のサブメニュー画面を図6-1に示します。同図のように、5つのサブメニューがあります。ど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。

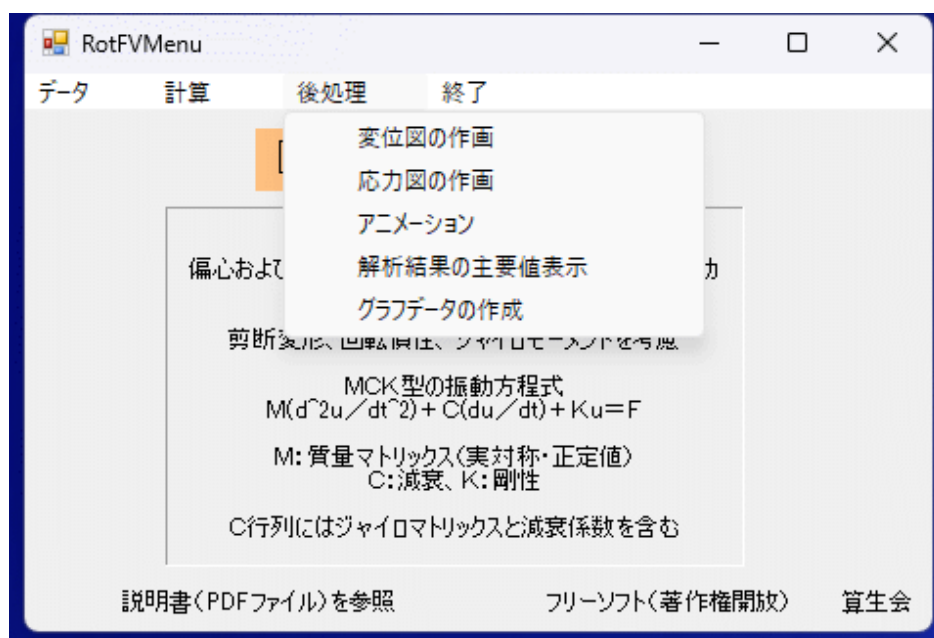


図6-1 「後処理」サブメニュー画面

6.2 使用ファイルの設定

図6-2に使用ファイル設定画面を示します。同画面で、表題が「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、解析結果の主要値表示の場合は、すぐに表示が実行されます。



図6-2 使用ファイル設定画面

6.3 変位図の仕様設定画面

図6-3に変位図の仕様設定画面を示します。

- ①本画面では、出力対象の回転数No.を入力します。
◇回転数No.を入力後、Returnキーを押すと、その下側に相当回転数が表示されます。
- 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6-4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、次の各作画画面に移ります。

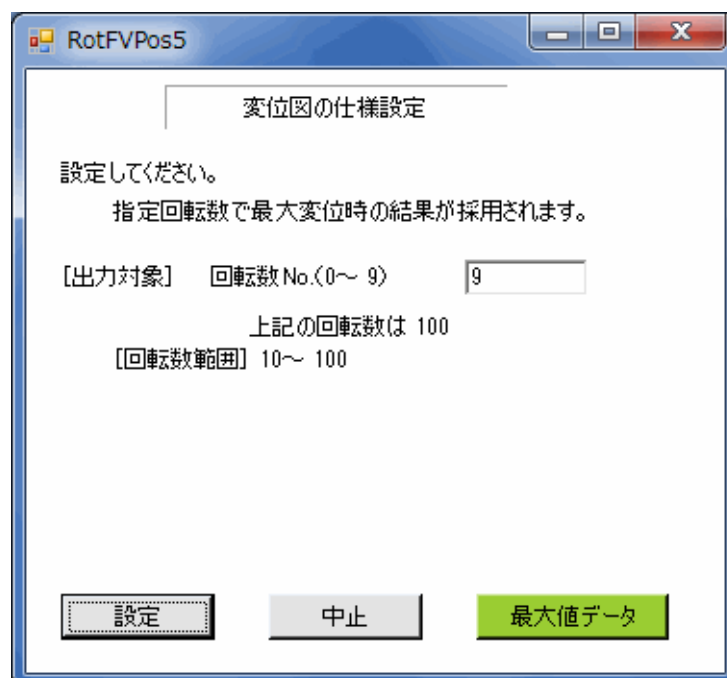


図6-3 変位図の仕様設定画面

最大値データ			
変数項目、	変数値、	節点番号、	回転数
全 δ max,	1.838168E-05,	8,	100
δY max,	1.303851E-05,	4,	100
δZ max,	1.835654E-05,	8,	100
θy max,	.0001743128,	6,	100
θz max,	.0001492754,	6,	100

図6-4 変位関連の最大値データの表示例

6.4 変位図の作画画面

図6-5に変位図の作画画面を示します。

- ①同画面のように、軸中心線の構造図に対して、変位図が青色で表示されています。
◇剛性円板や剛性円輪のある構造では、それぞれ緑色と青色の○印で軸上の位置が示されます。
- ②本画面の左側の「変位作画の倍率」は、構造寸法に対する変位の作画倍率を示します。
本数値を任意に変更して「更新」ボタンをクリックすると、変更が反映されます。
- ③本画面の左側に「変位線の幅」のパラメータを表示してあり、それを変更できます。
変更した後は、「再描画」ボタンをクリックすると作画画面が変更されます。
◇「変位線の幅」は1～3が可能で、初期値は1にしてあります。
- ④本画面の左下側の「構造図消去」ボタンをクリックすると、図6-6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、新しいパラメータ条件による作画画面に変更されます。
- ⑥パラメータの「視点とモデルの距離倍率」は、透視変換の度合を調整するもので、小さくすると中心投影に近づき、大きくすると平行投影に近づきます。
- 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「番号の表示」は、「要素番号」と「節点番号」について、表示したい項目を選択できます。
◇「番号表示の文字サイズ」は任意の値に設定できます。
◇図6-7に番号表示入りの変位図を示します。
- ⑨以上のパラメータを変更した後、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6-8のように同節点の変位値が表示されます。ただし、マウス右クリックは、変位前の節点位置を選択します。
- ◇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。
- ◇変位図の任意の場所で、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6-9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。
 - ◇「説明」ボタンをクリックすると、図6-9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マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。
- ⑭マウスドラッグ矩形により、変位図の一部を拡大できます。操作方法は4.13節の構造図と同じです。
- ⑮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。
- ⑯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。
- ⑰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、他の固有値のものに変更したい場合は、「戻る」ボタンで仕様設定画面に戻って仕様変更し、再度、変位モード図を作画することができます。
- ⑱「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。

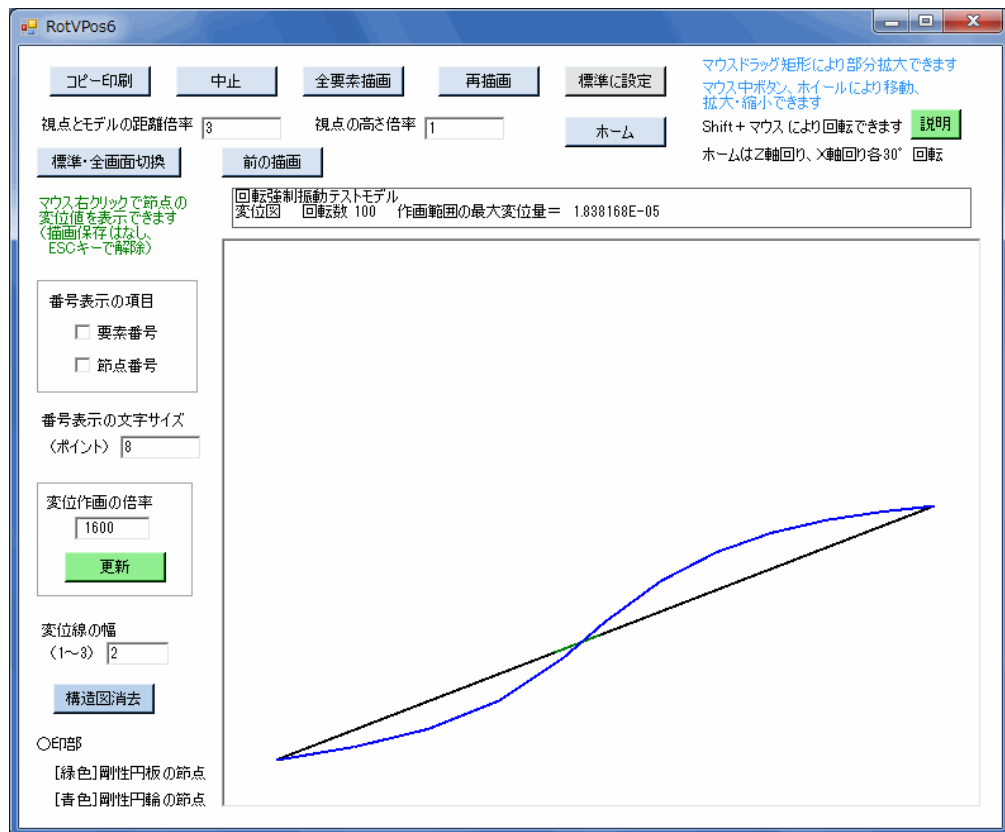


図6-5 変位図の作画画面

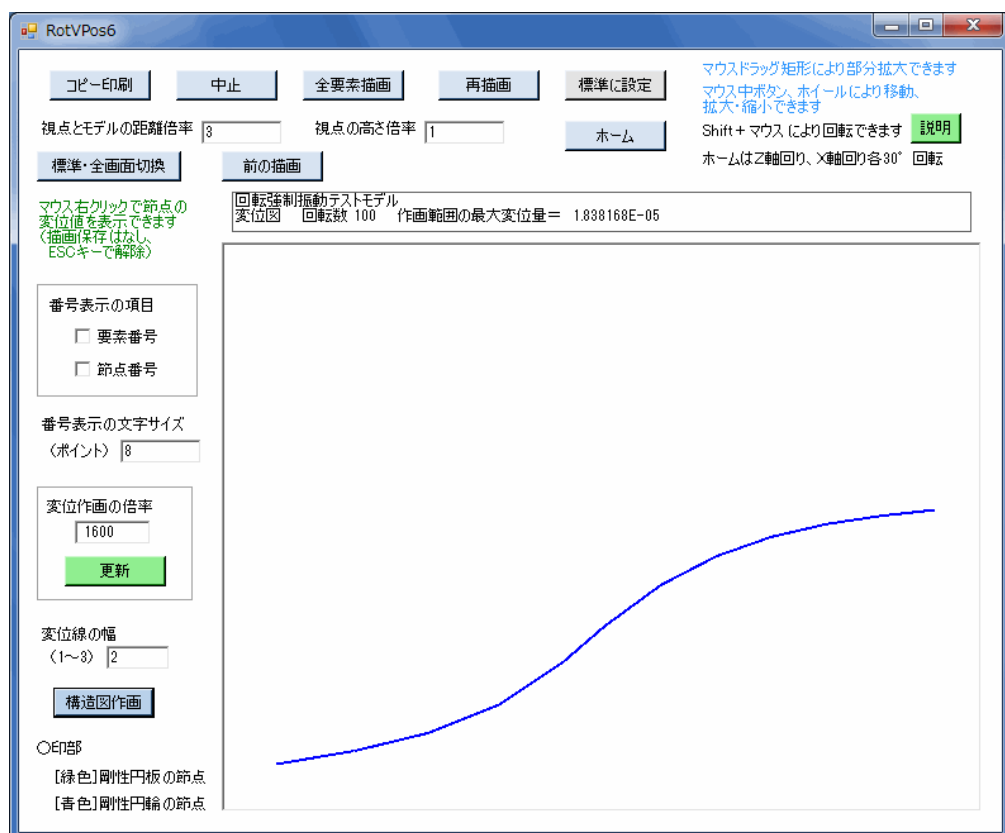


図6-6 変位図の作画画面（構造図消去）

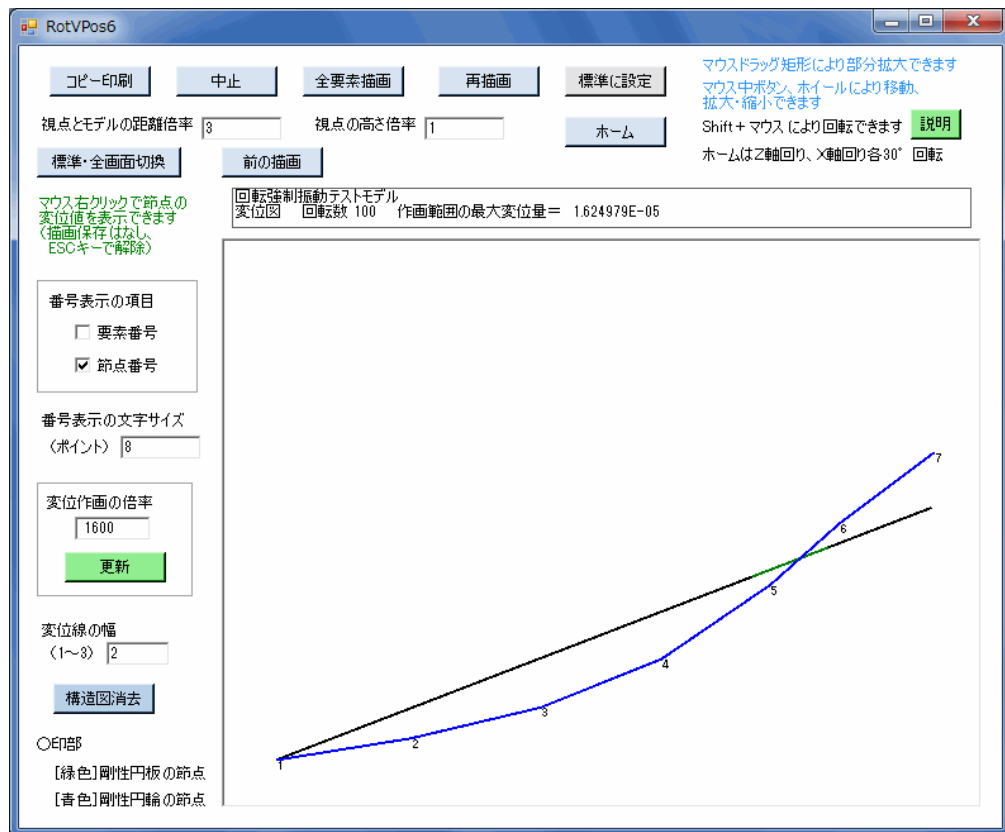


図6-7 変位図の部分拡大例

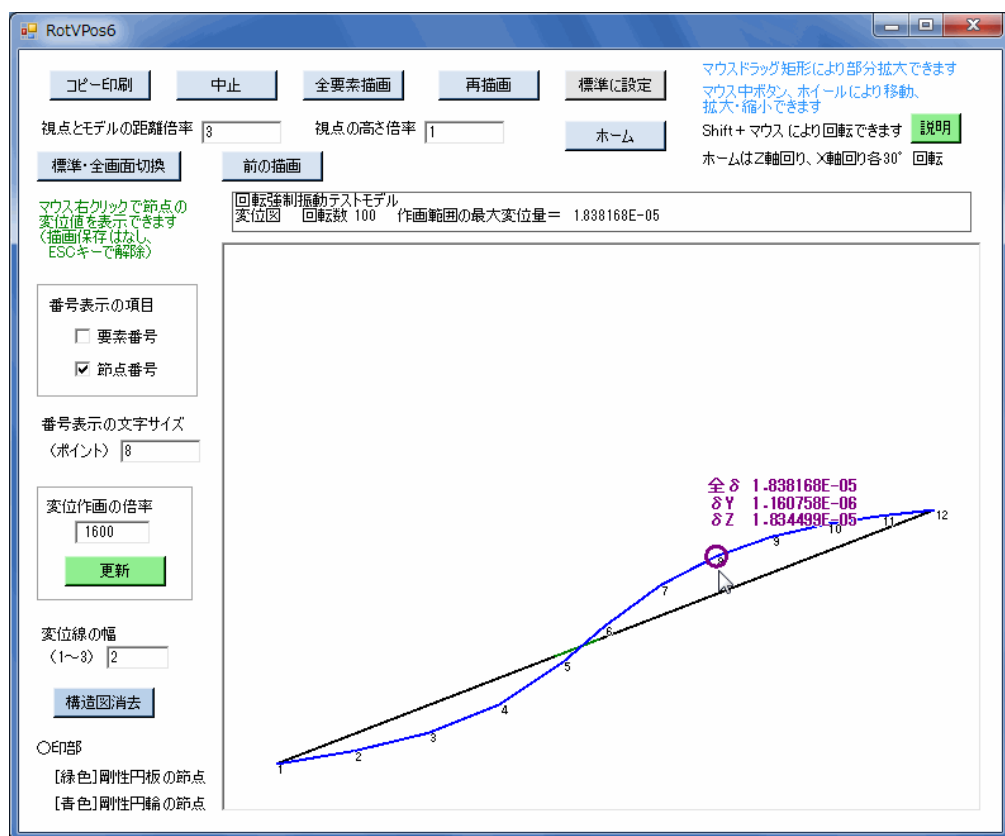


図6-8 変位図の作画画面（マウス右クリックの変位値表示）

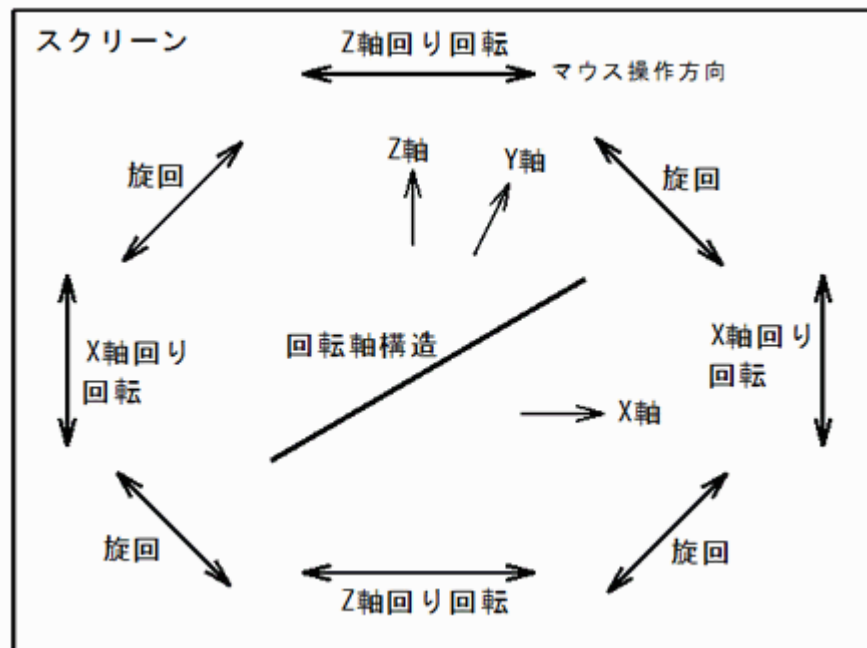


図6-9 マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）

6.5 応力図の仕様設定画面

図6-10に応力図の仕様設定画面を示します。

①本画面では、出力対象の回転数No. を入力します。

◇回転数No. を入力後、Returnキーを押すと、その下側に相当回転数が表示されます。

②さらに、指定したい変数項目を選択します。

◇応力はすべて正の最大値を採用しています。

③本画面で、「最大値データ」のボタンをクリックすると、最大値データが表示されます。図6-11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。

RotFVPos5

応力図の仕様設定

設定してください。
指定回転数で最大変位時の結果が採用されます。

[出力対象] 回転数 No.(0~ 9)

上記の回転数は 100
[回転数範囲] 10~ 100

応力の指定

☐ τ_y
☐ τ_z
☒ σ_{by}
☐ σ_{bz}

図6-10 応力図の仕様設定画面

最大値データ

変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号、	回転数
FyB max,	245918.5,	5,	5,	100
FzB max,	142307.4,	5,	5,	100
MyB max,	26159.57,	5,	5,	100
MzB max,	31967.02,	5,	6,	100
τ_y max,	4637553,	5,	5,	100
τ_z max,	2683646,	5,	5,	100
σ_{by} max,	1.201631E+07,	5,	6,	100
σ_{bz} max,	1.205975E+07,	5,	6,	100

OK

図6-11 応力関連の最大値データの表示例

6.6 応力図の作画画面

図6-12に応力図の作画画面を示します。

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

◇表示された応力が生じる線分要素の端部を、薄緑色の太線で示しています。

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

◇0を設定すると、変位なしで応力図が作画されます。

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

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

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

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

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

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

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

- ⑦マウสดラッグ矩形により、応力図の一部を拡大できます。操作方法は4.13節の構造図と同じです。ただし、応力図での要素は、中心軸の線分要素となります。

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

◇さかのぼれる描画の数は最大8つです。

◇回転操作があっても無視され、初期の回転位置で描画されます。

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

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

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

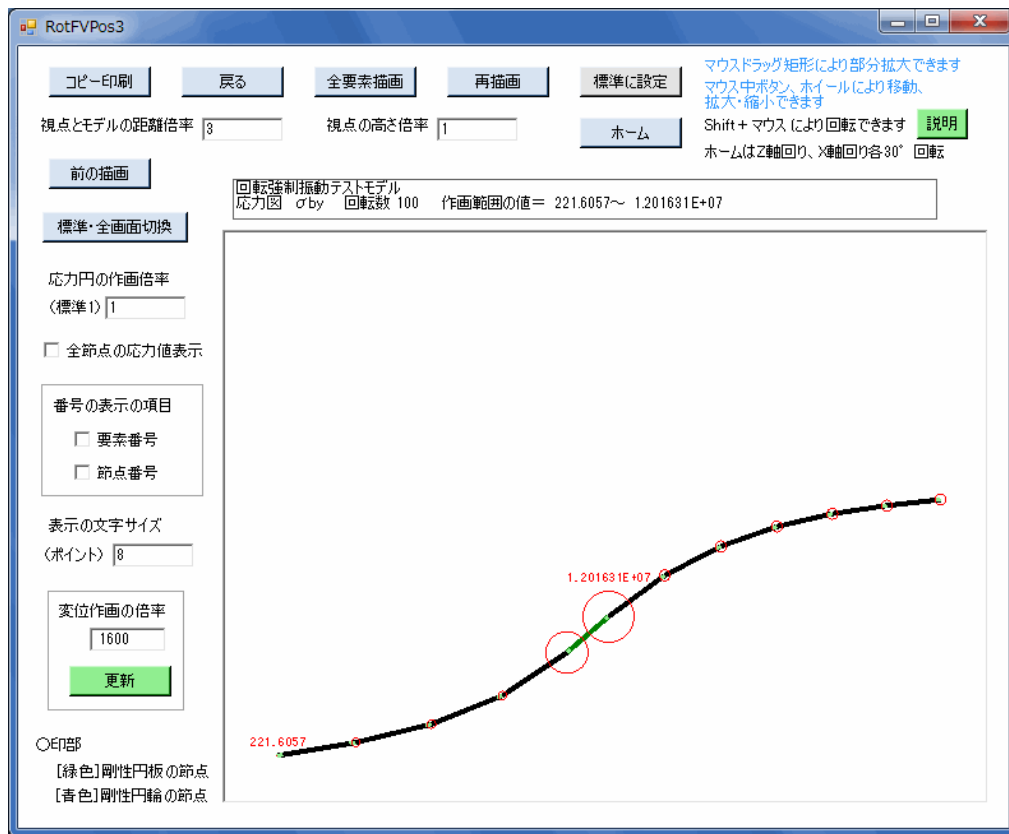


図6-12 応力図の作画画面

6.7 アニメーションの画面

図6-13にアニメーションの初期画面を示します。

- ①「角度刻み (°)」はアニメーション画面の変位回転角の間隔、「各刻みの待ち時間 (秒)」は各画面間の待ち時間です。それらは、必要があれば、適宜変更してください。

◇デフォルトの角度刻みは5、待ち時間は0.2秒となっています。

- 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、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。

- 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6-14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6-13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。

- 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6-15のファイル保存コモンダイアログ画面が表示されます。同画面で任意のディレクトリーにjpgファイル名を設定してください。

◇上記の設定ファイル名は初期画像に適用され、それ以降はベースファイル名に「_0001～」が順に自動付加されたファイル名になります。ただし、保存可能なファイル数は、初期画像を含めて最大10000個です。

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。

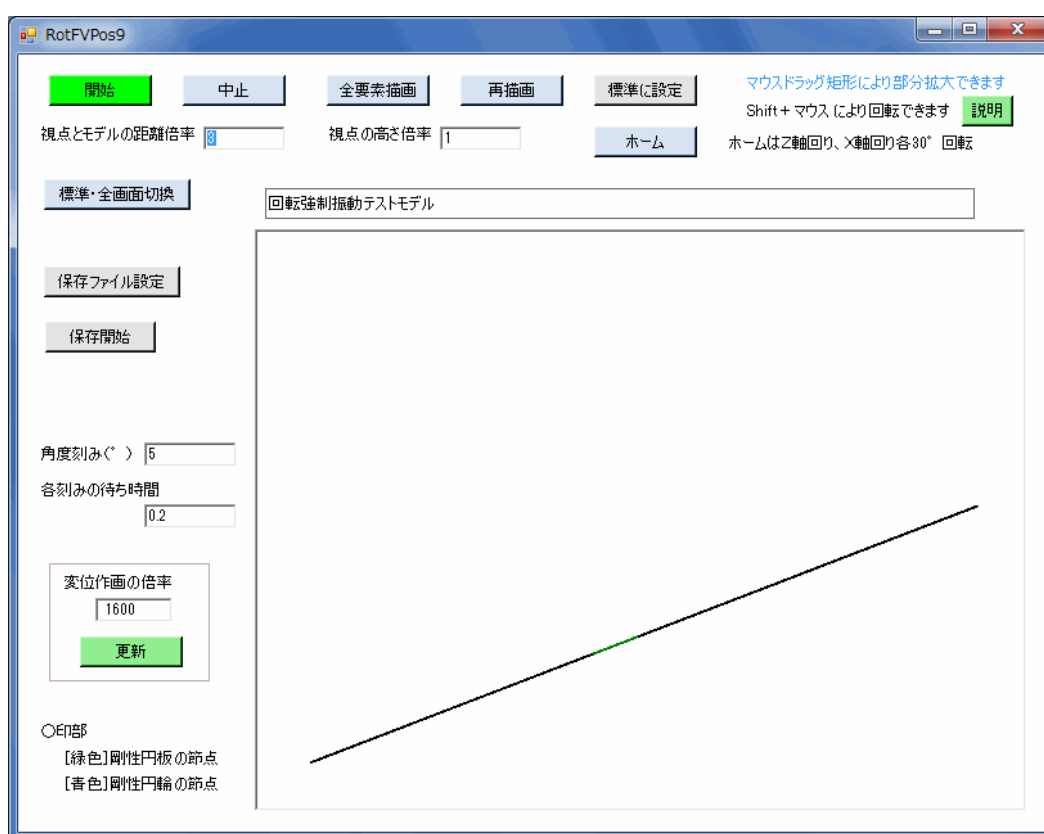


図6-13 アニメーションの初期画面

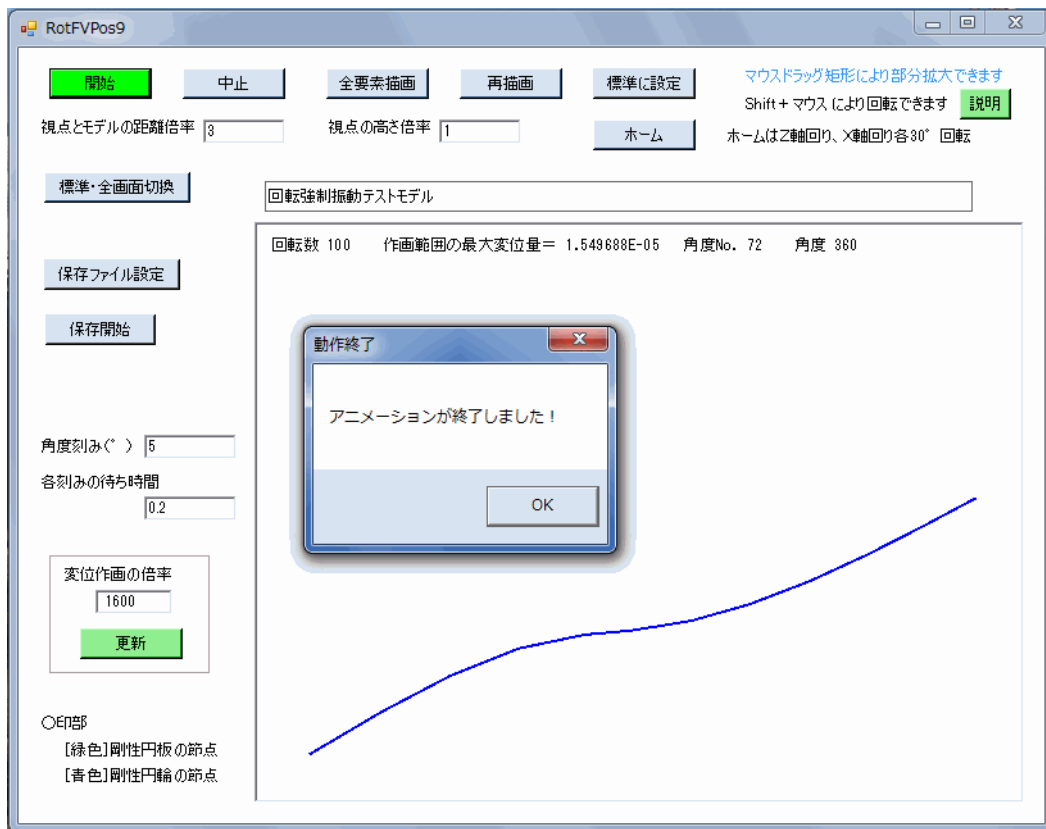


図6-14 アニメーションの終了画面

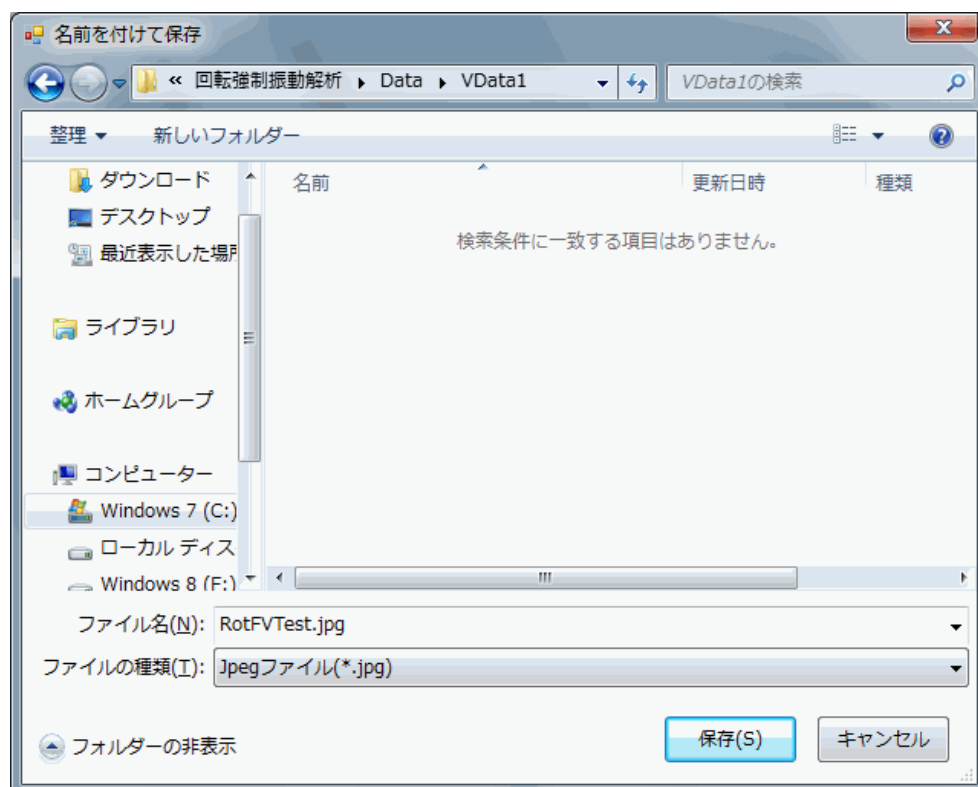


図6-15 ファイル保存コマンドダイアログ画面

6.8 解析結果の主要値表示

図6-16に主要値表示の画面を示します。主要値データをクリップボードにコピーするかどうかは、「はい」または「いいえ」をクリックします。その後は立ち上げ時のメニュー画面に戻ります。

◇クリップボードにコピーされたデータは、他のソフトで貼り付け利用できます。

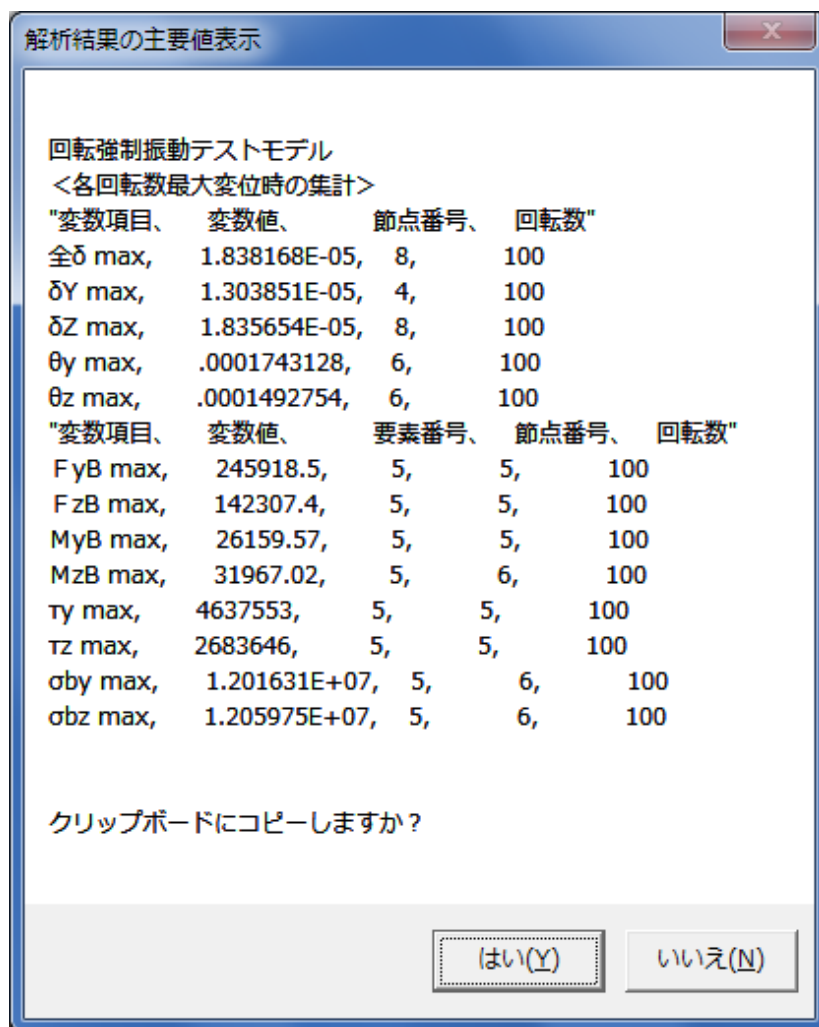


図6-16 解析結果の主要値表示の画面

6.9 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6-17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「角度の刻み（°）」を入力します。これは 1 回転360° を分割出力する間隔を意味します。

◇「角度の刻み（°）」は360° を割り切れる値にしてください。

③次に節点番号を入力します。

④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「-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。

⑤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6-18の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図6-19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、変位すべての全角度系列データが出力されています。

図6-17 グラフデータの仕様設定画面（1 節点多変数）

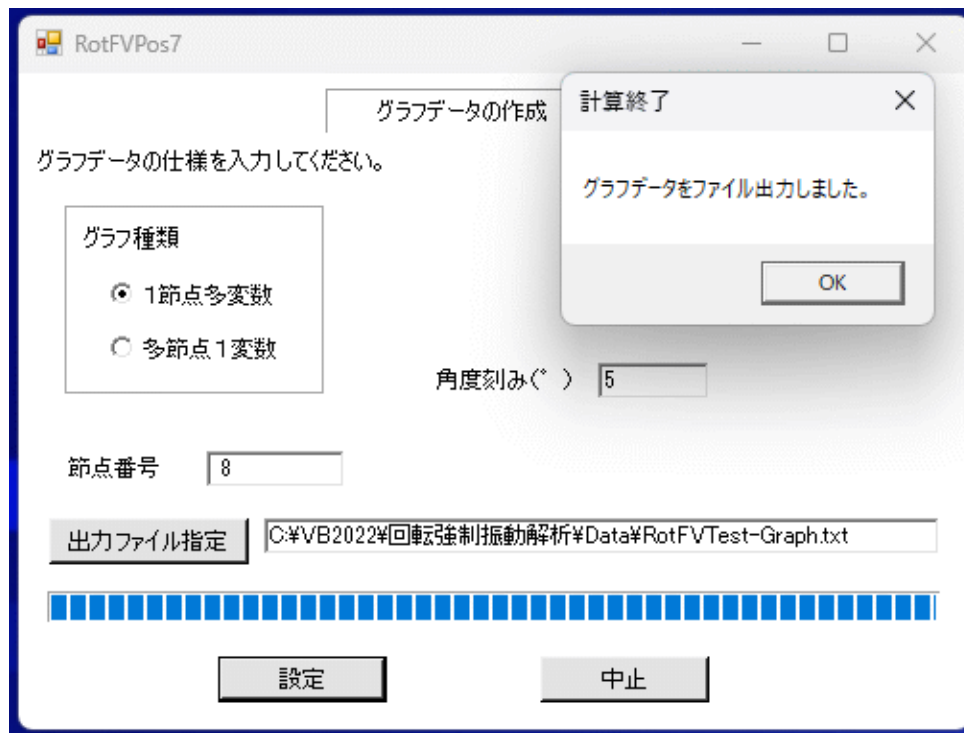


図6-18 グラフデータの計算終了画面（1節点多変数）

図6-19のグラフデータを使用して、グラフ作画ソフトで作成したグラフ例を図6-20に示します。図6-20は δY 、 δZ 、全 δ の回転角系列変化グラフとなっています。

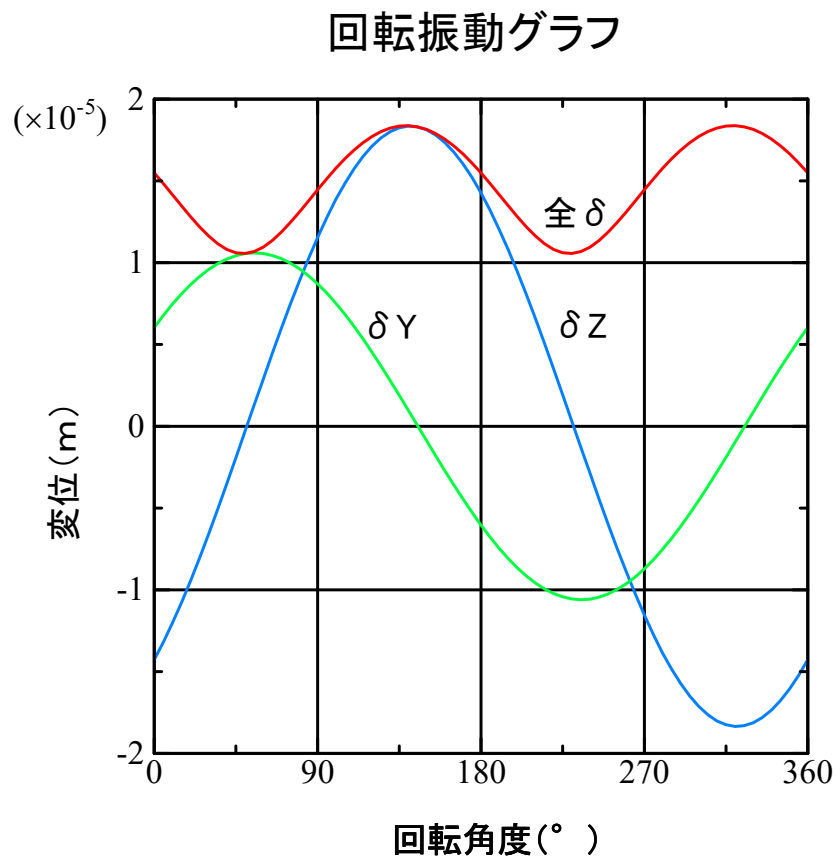


図6-20 グラフ例（1節点多変数）

注）Plots32 使用

<<回転強制振動解析結果のグラフデータ>>

回転強制振動テストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest.dat

[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest.rep

節点番号, 8

角度、 δY 、 δZ 、全 δ

0,	6.037827E-06,	-1.426568E-05,	1.54908E-05
5,	6.774099E-06,	-1.320549E-05,	1.484161E-05
10,	7.458815E-06,	-1.20448E-05,	1.416726E-05
15,	8.086764E-06,	-1.079245E-05,	1.348602E-05
20,	8.653169E-06,	-9.457958E-06,	1.281914E-05
25,	9.153718E-06,	-8.051486E-06,	1.219086E-05
30,	9.584602E-06,	-6.583736E-06,	1.162799E-05
35,	9.942541E-06,	-5.06588E-06,	1.115873E-05
40,	1.022481E-05,	-3.509462E-06,	1.081032E-05
45,	1.042926E-05,	-1.926351E-06,	1.060568E-05
50,	1.055434E-05,	-3.285622E-07,	1.055946E-05
55,	1.05991E-05,	1.271718E-06,	1.067512E-05
60,	1.056319E-05,	2.86232E-06,	1.094412E-05
65,	1.044689E-05,	4.431138E-06,	1.134779E-05
70,	1.025108E-05,	5.966232E-06,	1.186088E-05
75,	9.97725E-06,	7.45592E-06,	1.245537E-05
80,	9.627489E-06,	8.888864E-06,	1.310345E-05
85,	9.204458E-06,	1.025416E-05,	1.377933E-05
90,	8.711377E-06,	1.154141E-05,	1.446002E-05
95,	8.151996E-06,	1.274083E-05,	1.51256E-05
100,	7.530573E-06,	1.384328E-05,	1.575899E-05
...
...
275,	-8.151996E-06,	-1.274084E-05,	1.512561E-05
280,	-7.530573E-06,	-1.384328E-05,	1.5759E-05
285,	-6.851838E-06,	-1.484037E-05,	1.634578E-05
290,	-6.120957E-06,	-1.572453E-05,	1.687386E-05
295,	-5.343491E-06,	-1.648901E-05,	1.733322E-05
300,	-4.525359E-06,	-1.7128E-05,	1.771573E-05
305,	-3.672786E-06,	-1.763662E-05,	1.801499E-05
310,	-2.79226E-06,	-1.801103E-05,	1.822619E-05
315,	-1.890484E-06,	-1.824837E-05,	1.834603E-05
320,	-9.743152E-07,	-1.834682E-05,	1.837267E-05
325,	-5.073608E-08,	-1.830564E-05,	1.830571E-05
330,	8.732291E-07,	-1.812514E-05,	1.814617E-05
335,	1.790549E-06,	-1.78067E-05,	1.78965E-05
340,	2.694241E-06,	-1.735274E-05,	1.756065E-05
345,	3.577428E-06,	-1.676672E-05,	1.714412E-05
350,	4.433389E-06,	-1.605309E-05,	1.665403E-05
355,	5.25561E-06,	-1.521729E-05,	1.609929E-05
360,	6.037832E-06,	-1.426566E-05,	1.549079E-05

END

図6-19 グラフデータ例（1節点多変数）

6.10 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6-21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。

6.11 グラフ用節点データ入力画面（多節点1変数）

図6-22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6-23の計算終了確認のダイアログボックスが出ます。

◇図6-24にグラフデータ例を示します。同図のように、3つの節点の全 δ について、全角度系列データが出力されています。

図6-21 グラフデータの仕様設定画面（多節点1変数）

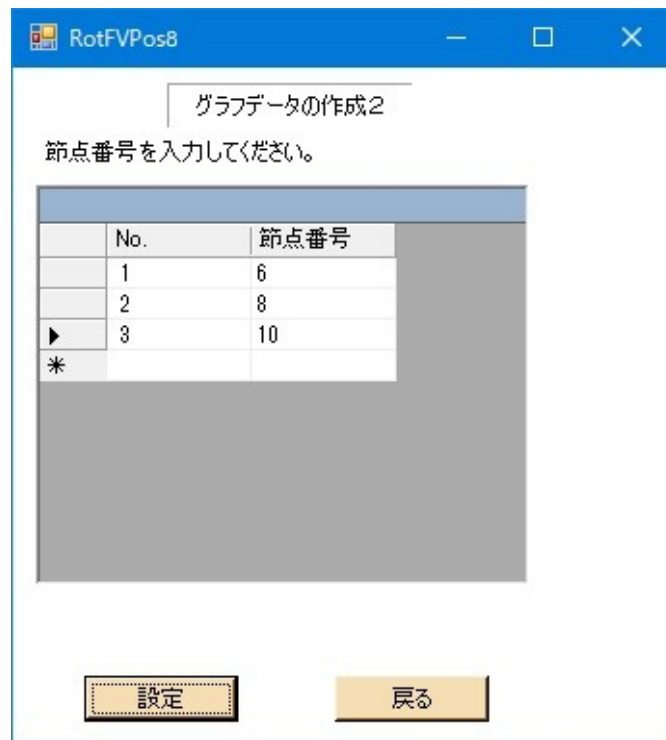


図6-22 グラフ用節点データ入力画面（多節点1変数）

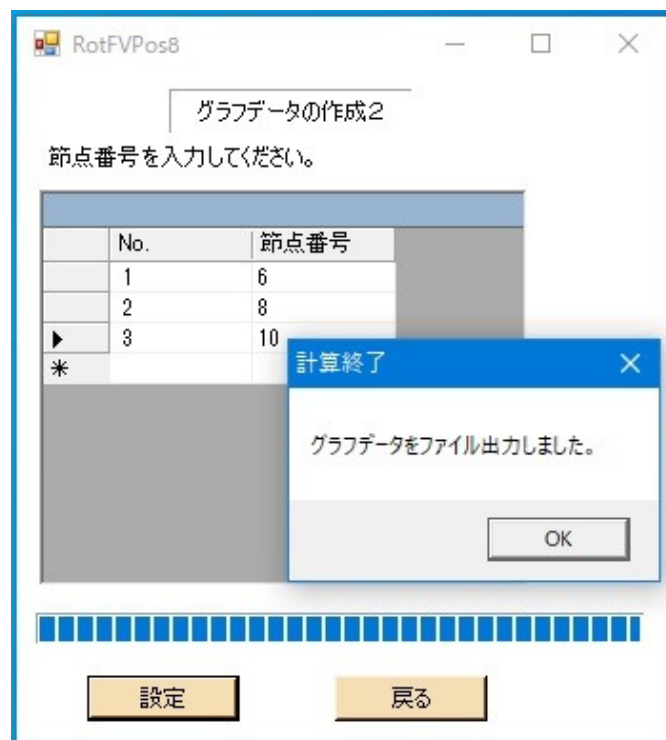


図6-23 グラフデータの計算終了画面（多節点1変数）

図6-24のグラフデータを使用して、グラフ作画ソフトで作成したグラフ例を図6-25に示します。図6-25は3節点の全 δ の時系列変化グラフとなっています。

<<回転強制振動解析結果のグラフデータ 2>>

回転強制振動テストモデル

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest.dat

[解析結果ファイル], C:\¥VB2022¥回転強制振動解析¥Data¥RotFVTest.rep

節点の数, 3

対象変数, 全 δ

角度、節点6、節点8、節点10

0,	8.614627E-06,	1.54908E-05,	1.100333E-05
5,	8.111857E-06,	1.484161E-05,	1.056582E-05
10,	7.59771E-06,	1.416726E-05,	1.011297E-05
15,	7.087041E-06,	1.348602E-05,	9.65737E-06
20,	6.597949E-06,	1.281914E-05,	9.213477E-06
25,	6.152145E-06,	1.219086E-05,	8.797541E-06
30,	5.774664E-06,	1.162799E-05,	8.427226E-06
35,	5.492114E-06,	1.115873E-05,	8.120726E-06
40,	5.328722E-06,	1.081032E-05,	7.895251E-06
45,	5.300607E-06,	1.060568E-05,	7.764942E-06
50,	5.410707E-06,	1.055946E-05,	7.738609E-06
55,	5.64779E-06,	1.067512E-05,	7.818106E-06
60,	5.990159E-06,	1.094412E-05,	7.997924E-06
65,	6.411563E-06,	1.134779E-05,	8.266299E-06
70,	6.886011E-06,	1.186088E-05,	8.607257E-06
75,	7.390354E-06,	1.245537E-05,	9.002862E-06
80,	7.905057E-06,	1.310345E-05,	9.435039E-06
85,	8.414017E-06,	1.377933E-05,	9.886762E-06
90,	8.90406E-06,	1.446002E-05,	1.034266E-05
95,	9.364393E-06,	1.51256E-05,	1.078923E-05
100,	9.786158E-06,	1.575899E-05,	1.12148E-05
.....			
.....			
280,	9.786158E-06,	1.5759E-05,	1.121481E-05
285,	1.016208E-05,	1.634578E-05,	1.160944E-05
290,	1.048624E-05,	1.687386E-05,	1.196478E-05
295,	1.075385E-05,	1.733322E-05,	1.227385E-05
300,	1.096117E-05,	1.771573E-05,	1.2531E-05
305,	1.110544E-05,	1.801499E-05,	1.273176E-05
310,	1.118476E-05,	1.822619E-05,	1.28728E-05
315,	1.119811E-05,	1.834603E-05,	1.295182E-05
320,	1.114533E-05,	1.837267E-05,	1.296757E-05
325,	1.102708E-05,	1.830571E-05,	1.29198E-05
330,	1.084491E-05,	1.814617E-05,	1.280926E-05
335,	1.060122E-05,	1.78965E-05,	1.263773E-05
340,	1.029936E-05,	1.756065E-05,	1.240802E-05
345,	9.94368E-06,	1.714412E-05,	1.212404E-05
350,	9.539609E-06,	1.665403E-05,	1.179085E-05
355,	9.093861E-06,	1.609929E-05,	1.141472E-05
360,	8.614624E-06,	1.549079E-05,	1.100333E-05

END

図6-24 グラフデータ例（多節点1変数）

回転振動グラフ2

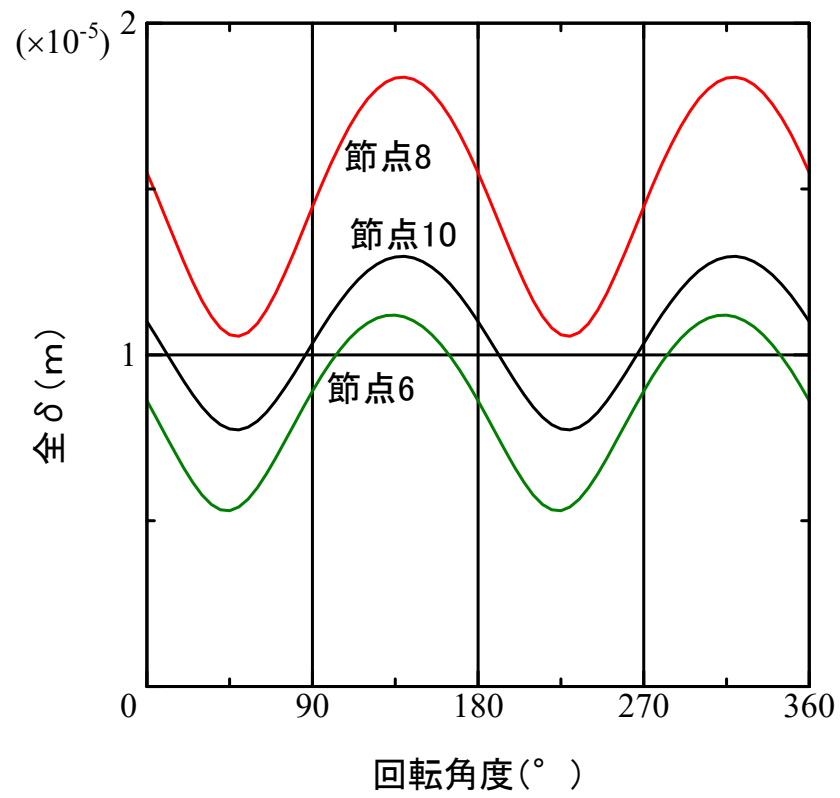


図6-25 グラフ例 2 (多節点 1 変数) 注) Plots32 利用

[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」、スピーゲル 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) 「Templates for the Solution of Algebraic Eigenvalue Problems」、Zhaojun Bai他、
Society for Industrial and Applied Mathematics、2000
- B5) 「コンピュータグラフィックス講義」、青木 由直、
コロナ社、2000
- B6) 「Visual Basicによる工学計算プログラム」、黒田 英夫、
CQ出版社、2001
- B7) 「Visual Basicによる数値解析プログラム」、黒田 英夫、
CQ出版社、2002
- B8) 「Visual Basicによる固有値計算&振動解析プログラム」、黒田 英夫、
CQ出版社、2003
- B9) 「Web用3D-CG言語 X3D XML版」、赤間 世紀、
工学社、2007

<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) 「流体解析への有限要素法の応用」、J.J.Connor 他、奥村 敏恵 監訳
サイエンス社、1981

- C4) 「マイコンによる有限要素解析」、戸川 隼人、
(株) 培風館、1982
- C5) 「流れと熱伝導の有限要素法入門」、矢川 元基、
(株) 培風館、1983
- C6) 「有限要素法による熱応力・クリープ・熱伝導解析」、矢川 元基 他、
(株) サイエンス社、1987
- C7) 「有限要素法による振動解析」、戸川 隼人、
サイエンス社、1997
- C8) 「The Finite Element Method (Linear Static and Dynamic Finite Element
Analysis)」、Thomas J.R. Hughes、Dover Publications、2000
- 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) 「回転機械の力学」、山本敏男 他、
コロナ社、2004
- C11) 「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