



## 第6章 ソルバー（静的解析） (Ver. 3.00)

静的解析ソルバーはSPACEから実行され、その解析過程をアニメーションなどで表示する機能を有する。解析手法の選択やどのように非線形解析を行うかについては、SPACEのダイアログで設定する。静的解析ソルバーは、以下の手続きにより開始される。

まず、SPACEのメニューから、ソルバーの中の静的解析メニュー下にある次のメニューを選択するか（図6-1）もしくは静的解析ツールボタン\*1を押す。

1. 線形解析
2. 幾何学的非線形弾性解析
3. 弾塑性解析
4. 幾何学的非線形弾塑性解析
5. 線形座屈解析

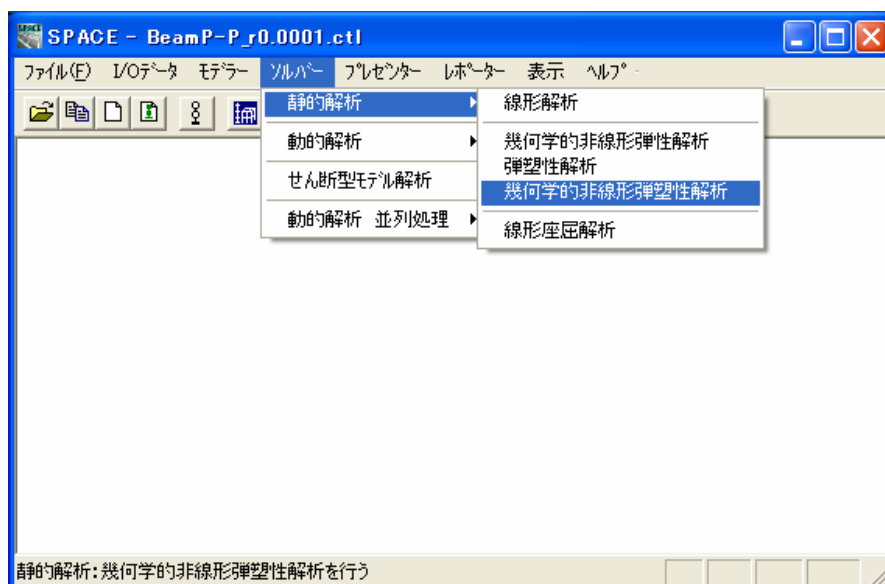


図 6-1 「静的解析」メニュー

解析項目を選択すると、まず、ソルバーで必要となるファイルのチェックが求められる。ダイアログが提示され、各ファイルの名前と入力・出力許可が適切であるかどうか、解析種類は適切であるかどうかを確認する（図6-2参照）。

### 6.1 静的解析の起動



\*1

ツールボタンで起動した場合は、常に、線形解析が選択されるため、その他の解析を選択したい時は、制御パネルで指定し直す必要がある（6.4.3節参照）。

#### ダイアログ内で使用する用語

**エディットボックス**：数値もしくは記号データを入力する領域

**ラジオボタン**：数個の丸印から、マウスで必要な要素をひとつ選択する。

**コンボボックス**：矢印記号をマウスで押すとプルダウンメニューが表示され、その中のひとつを選択する。

**チェックボックス**：四角のボックスに、マウスでクリックし、チェックマークを入れて適用する。

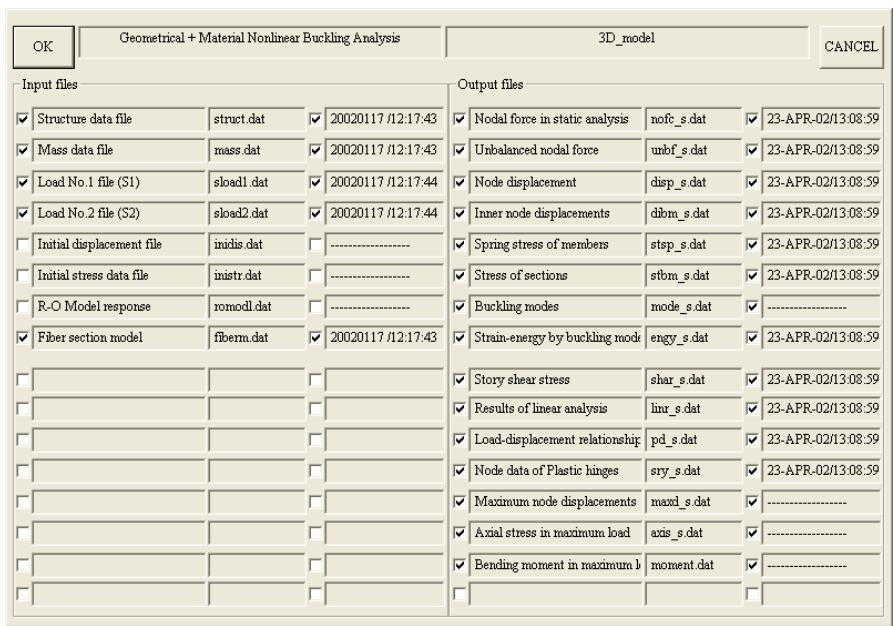


図 6-2 「ファイルの入出力チェック」ダイアログ

ユーザーは、このダイアログでファイルの正誤や、出力許可を確認し、変更がなければ OK ボタンを押す。その後、静的解析ソルバーが起動され、解析の実行画面である図 6-3 が表示される。

## 6.2 マウスの 操作法

ソルバーにはプレゼンターの簡易機能を持っており、計算をしながら、その計算経過をリアルタイムに表示することができる。

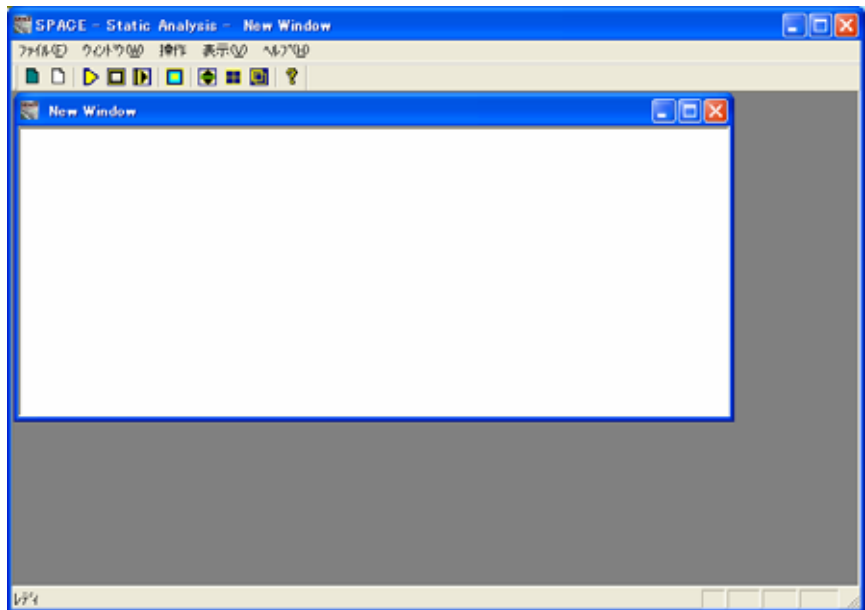


図 6-3 ソルバーの起動画面

静的解析ソルバーが起動した後（図 6-3 参照）、ソルバーシステムのメニューを用いて、任意のウインドウに図形を描画する。新しいウインドウを開きたい場合は、[ファイル] - [新規作成]を選択するか、もしくは新規画面の作成ボタン\*2をクリックすれば良い。この状態のウインドウは、まだニュートラルであり、どのような図形を割り付けるかは決定していない。そこで、このウインドウ上で右ボタンをクリックするとショートカットメニューが出現し、描画機能をウインドウに割り付けることになる。

以上のように、本システムでは、ほとんどマウス操作を用いて操作する。以下でマウスの一般的な使用法について述べる。マウスは左ボタンか右ボタンを押す場合、さらに、Shift キーか Ctrl キーを押しながら、左ボタンか右ボタンを押す場合がある。それらの機能は、状況によって異なる反応を示すが、ここでは、一般的な状態について述べる。

左ボタン、あるいは、Shift キーか Ctrl キーを押しながら左ボタンを操作する場合は、透視図形の状態を変化させる機能となる。図形が表示されているウインドウに対し、

1. 左ボタンを押しながらマウスを上下に移動させると、透視図は、拡大・縮小する。
2. Shift キーを押しながら同時に左ボタンを押し、マウスを上下・左右に移動させると、図形は、X 軸および Y 軸を中心に回転する。
3. Ctrl キーを押しながら同時に左ボタンを押し、マウスを上下・左右に移動させると、図形は Z 軸を中心に回転する。

図形を拡大・縮小する場合、急激に倍率を変化させると計算上、ゼロ割り算をする可能性があり、例外規定によってシステムがダウンすることがある。拡大・縮小する場合は注意して、ゆっくりと操作されたい。



\*2

#### マウス操作追加

Shift キーを押しながら同時に左ボタンをダブルクリックしたまま押し、マウスを上下・左右に移動させると、構造図は座標系で Z 方向と X 方向に移動する。

同じく Ctrl キーを押しながら同時に左ボタンをダブルクリックしたまま押し、マウスを上下・左右に移動させると、構造図は座標系で Z 方向と Y 方向に移動する。

### 6.3 ツールバー

ソルバーが起動されると、メニューの下にツールバーが表示される。ここでは、このツールバー内のボタンの機能について説明する。ボタンの機能は左より



図 6-4 ツールバー

- 1．制御画面の表示
- 2．新規画面の作成
- 3．解析の開始
- 4．解析の停止
- 5．停止状態からの解析再開
- 6．停止した解析の途中終了処理
- 7．変位など各種大きさの倍率設定ダイアログの表示
- 8．ウインドウのタイル表示
- 9．ウインドウのカスケード表示
- 10．ソルバーのバージョン情報

である（図 6-4 参照）。

1．**制御画面表示ボタン**\*3 を押すと、「**制御パネル**」ダイアログが表示される。このダイアログから静的解析を制御することができ、最終的な静的解析の設定を行う。2．**新規画面の作成ボタン**\*2 を押すと、新しい画面が開く。ただし、ここには何も表示されておらず、ここに図形やグラフを、ショートカットメニューを用いて割り付けていくことになる。3．**解析の開始ボタン**\*4 を押すと、静的解析が開始される。解析を途中で停止させるには、4．**解析の停止ボタン**\*5 を押す必要がある。再度、この停止した状態から解析を再開させるには、5．**停止状態からの解析再開ボタン**\*6 を押せば良い。停止した状態で、解析を終了したい場合は、6．**停止した解析の途中終了処理ボタン**\*7 を押すことになる。正しい方法で、解析を中止しなければ、システムに拒否されることになる。

変位の表示が大きすぎたり、逆に、小さすぎたりする場合は、7．**変位など各種大きさの倍率設定ダイアログ表示ボタン**\*8 を押し、以下のような項目を持ったダイアログ（図 6-5 参照）から、該当する項目の値を設定し直す。その後 OK ボタンを押すと、変更した項目の表示が変化する。以下にダイアログの中に示された変更可能な項目の一覧を示す。

- (1) 変位
- (2) モード
- (3) グラフの円
- (4) 矢印
- (5) モーメント
- (6) せん断力

\*3



\*2



\*4



\*5



\*6



\*7



\*8



倍率設定を行う場合は、必ず処理を一端停止されたい。

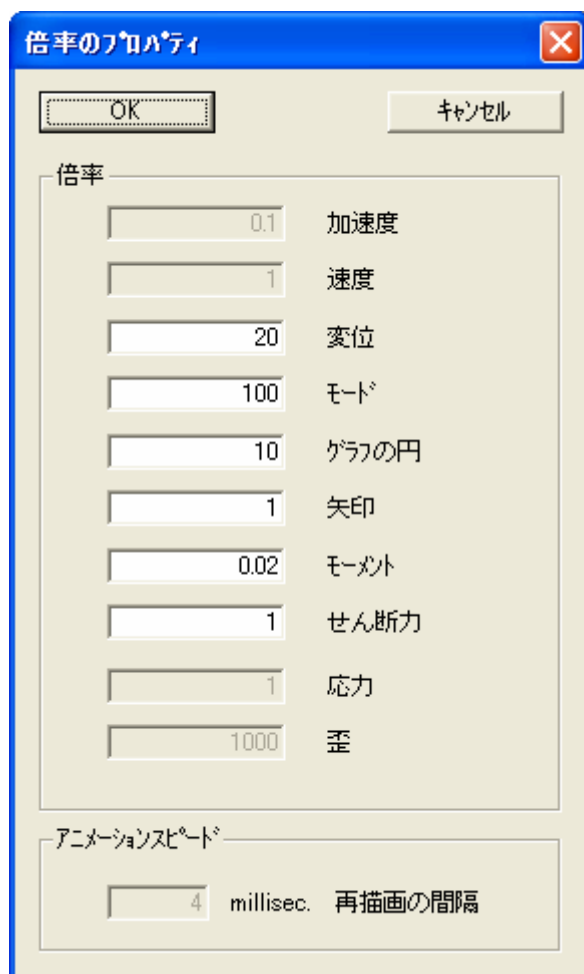


図 6-5 「倍率のプロパティ」ダイアログ

(1)の変位は正確な倍率を表すが、(2)のモードは大きさを調節するパラメータである。(3)のグラフの円は、軸力、曲げモーメント、塑性関数などを円で表す場合における円の大きさを調節するパラメータであり、(4)の矢印は、反力や外力などの矢印の大きさを調節するパラメータである。(5)のモーメントと(6)のせん断力は、曲げモーメントとせん断力をグラフとして表現する場合で、各グラフの大きさを調節するパラメータである。

8．ウィンドウのタイル表示\*9と9．ウィンドウのカスケード表示ボタン\*10は、表示ウィンドウが多くなったとき、整理して表示する機能である。ウィンドウを多数出現させて、試してみると良い。

ツールバーの最後にある10．ソルバーのバージョン情報ボタン\*11は、名前通りの機能であり、バージョン情報が記述されている。

\*9



\*10



\*11



ソルバーにはプレゼンターの簡易機能を持っており、計算しながら、その経過をリアルタイムに表示させることができる。もちろん、その機能を使うか使わないかの判断はユーザーが決めれば良く、経過表示を必要としない場合は、6.4.3 節の制御パネルの設定のみ行えばよい。

ここでは、簡易プレゼンターの操作法について説明する。操作法の第一歩は、開いたウインドウに図形やグラフを割り付けるところからであり、ウインドウ上でマウス右ボタンを押すことによって出現するショートカットメニューで行う。

最初に、このメニュー項目の一覧を示し、後に、それらがどのような機能かを説明する。

- 1．プロパティ

2．解析画面

3．荷重と変位

荷重と変位の関係

節点における波形

4．制御画面

内容については、一般にユーザーが使用と思われる順番にしたがって以下に説明する。まず、[ファイル] - [新規作成]を選択するか、もしくは新規画面の作成ボタン\*2をクリックし、新しいウインドウを開く。この新しいウインドウに対し、メニューを用いて機能を割り付け、メニューに示される機能を用いて構造物の静的解析経過を表示させる。

6.4 メニューによる  
ウインドウの表  
示・機能の割り付け

ショートカット  
メニュー一覧



[ウインドウ] - [解析画面]を選択するか、右ボタンを押してショートカットメニューを表示させ、[解析画面]を選択する。本システムを使用して解析経過を表示する場合、この[解析画面]が最初に選択される。このメニューを選択すると、システムは静的解析における構造データを自動的に入力する。入力後、構造物がワイヤフレームの透視図として表示される。

次に、このウインドウの表示に各種の機能を持たせることにする。まず、ダイアログを呼び出すために、このウインドウをアクティブにした後、右ボタンを押してショートカットメニューを表示させる。このメニューの中から[プロパティ]を選択するとダイアログが表示されるので、その中で各種の設定を行う。以下に、「解析表示選択」ダイアログの項目にしたがって説明を行う（図 6-6 参照）。

ダイアログの内容は、以下のようなものである。

6.4.1 解析画面

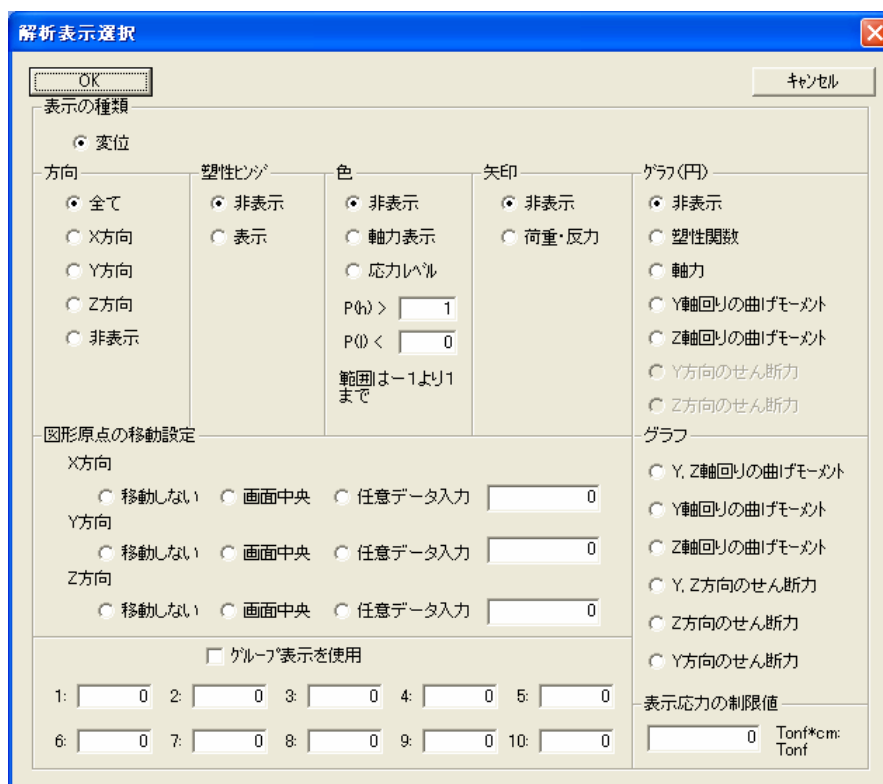


図 6-6 「解析表示選択」ダイアログ

## 1. 表示の種類：

変位：変位を表示する。（デフォルト）

ここでは、この項目しか選択できない。

## 2. 変位描画方向：

**変位の描画制限を設定する。**たとえば、上下方向の変位のみを分析したい場合は、この機能を用いることによって、上下方向以外の変位を無視して描画することができる。ただし、描画の方向は、**構造データ**で設定した全体座標系における方向である。

全て：すべての方向の成分を表示する。

（デフォルト）

X 方向：X 方向の成分を表示する。

（他の変位成分は無視する）

Y 方向：Y 方向の成分を表示する。

（他の変位成分は無視する）

Z 方向：Z 方向の成分を表示する。

解析表示  
プロパティ

変位の描画制限  
の設定

（他の変位成分は無視する）

非表示：すべての方向の成分を表示しない。

（曲げモーメント等の応力状態を分析したい場合なので、変形状態が不必要なとき、この機能を用いる）

### 3．塑性ヒンジ：

部材に塑性ヒンジが出現する場合、これを表示するか否かの選択が可能である。

塑性ヒンジの表示

非表示：ヒンジを表示しない。（デフォルト）

表示：画面では、ヒンジを赤の太線で表示する。

ファイバーモデルでは、黄色で断面の一部に塑性が生じ、赤色は断面内の 80% のファイバーが塑性化していることを意味する。

### 4．色：

部材の軸力を 100 段階に分割し、その状態に合わせて色を表示する。軸力の色は、部材に存在する軸力を塑性軸力  $N_p$  で無次元化したものを 100 段階に分割して表示している。無応力状態は白であり、純色の赤と青が塑性軸力  $N_p$  に一致する圧縮力であり、引張力である。

部材軸力の色表示

非表示：部材に色を付けない。（デフォルト）

軸力表示：軸力を色で示す。

（赤系統：圧縮、青系統：引張）

応力レベル：設定した範囲の軸力に対し、色を部材に付ける。構造物の中で、各部材がどの程度の応力を負担しているか、あるいは、部材耐力の何割程度応力が存在するかを定性的に調査するための項目である。ここでは、塑性関数の割合で指定する。したがって、 $f(N,M)$  は、 $0 < x < 1$  の範囲でなくてはならない。範囲外の部材は、青色で示され、範囲内は、 $f(N,M) > x$  は赤で、 $f(N,M) < x$  は白で表示される。

$f(N,M) > :$  この範囲で指定した応力を赤で表示する。

ここに、下限値をセットする。部材内の 2 箇所以上で塑性関数をチェックしている場合、その中のひとつでも、この範囲に入ると赤色となる。

$f(N,M) < :$  この範囲で指定した応力を白で表示する。



ここに、上限値をセットする。部材内の2箇所以上で塑性関数をチェックしている場合、全てが、この範囲であるとき白色となる。その他は青で表示される。

### 5. グラフ：

ここでの機能は、塑性関数や、曲げモーメント、せん断力等を表示するもので、その大きさを白い円で示すものと、**グラフで示すもの**が用意されている。円でその大きさを示すものは、各値の大きさを円の大きさで表す。ここで、曲げモーメントの円は、塑性モーメント  $M_p$  で、軸力の円は、塑性軸力  $N_p$  で無次元化されている。

非表示：表示しない。（デフォルト）

### 円で表示

塑性関数：塑性ヒンジに至るまでの割合を円の大きさで表示し、塑性ヒンジが発生すると赤色となる。

軸力：軸力の大きさを円の大きさで示す。ただし、表示される円の大きさは、塑性軸力  $N_p$  で無次元化されている。

Y 軸回りの曲げモーメント：

Y 軸に関する曲げモーメントの大きさを円の大きさで示す。ただし、表示される円の大きさは、塑性モーメント  $M_{yp}$  で無次元化されている。

Z 軸回りの曲げモーメント：

Z 軸に関する曲げモーメントの大きさを円の大きさで示す。ただし、表示される円の大きさは、塑性モーメント  $M_{zp}$  で無次元化されている。

### グラフで表示

Y、Z 軸回りの曲げモーメント：

Y 軸回りの曲げモーメント（緑色表示）と Z 軸回りの曲げモーメント（青色表示）を色で区別して表示する。

Y 軸回りの曲げモーメント：

Y 軸回りの曲げモーメントを表示する。（緑色表示）

Z 軸回りの曲げモーメント：

Z 軸回りの曲げモーメントを表示する。（青色表示）

Y、Z 方向のせん断力：

グラフ  
円表示

グラフで表示

Y 方向のせん断力と Z 方向のせん断力を表示する。  
 Z 方向のせん断力：Z 方向のせん断力を表示する。  
 Y 方向のせん断力：Y 方向のせん断力を表示する。

#### 6. 矢印：

矢印

反力、荷重の大きさを矢印で表示する。また、計算過程で生じる不釣合力を表示して、数値計算の精度を確かめることができる。矢印の大きさは、調節可能であり「倍率のプロパティ」ダイアログで設定する。各矢印の大きさは、力の相対的な大きさを示し、各々の力の大きさを比較することができる。

非表示：矢印を表示しない。（デフォルト）  
 荷重・反力：荷重・反力が矢印で表示される。

#### 7. 表示応力の制限値

表示応力の制限

曲げモーメントやせん断力をグラフ表示する場合、あまりに小さい値を表示すると図が煩雑となって見にくい場合がある。このようなとき、この機能を用いると良い。ここでは、図表示される下限値をセットする。曲げモーメントとせん断力について、表示の下限値をセットできるが、値の単位に注意されたい。

#### 8. 図形原点の移動設定：

図形原点の  
移動設定

図形の原点（画面中央）は、構造物の座標の原点を用いて描いている。したがって、何かの都合で構造物の原点が大きく図形からずれている場合に、この機能を用いて図形原点を修正する。図形の修正は、各方向について設定できる。

移動しない：ここをチェックすると、入力された座標の原点が画面中心に設定される。（デフォルト）  
 画面中央：図形の原点を構造物の座標の中心位置とする。  
 3 方向共にここをチェックすると図形の中心は、構造物の中心位置となる。  
 任意のデータ入力：構造物の座標の任意位置をセットすることによって、その値の位置を図形の原点にする。この機能によって、任意位置で構造物を分析することができる。

#### 9. グループ表示を使用：

グループ表示を  
使用

部材数が多い構造物では、全ての部材を描画すると画面

が複雑となって、詳しい分析を行うことが難しくなる。そこで、部材がグループ化されている\*ので、ここでは、このグループ単位で表示するか否かの選択が可能となっている。この機能を利用するためには、まず、この項目をチェックする。次に、下の入力領域にグループ番号をセットする。ここで指定された部材のみ表示されることになる。グループ番号の記入法は、以下のようなものである。

\*

部材のグルーピングは第4章 5.1 の構造データファイルにおける部材データのIGで設定する。

1. グループ番号をセットする。
2. グループ番号が連続している場合は、最初の入力領域に初めのグループ番号をセットし、次の入力領域にマイナスをつけて最後のグループ番号をセットする。これで、2つの値に挟まれたグループ番号が指定されたことになる。

荷重と変位関係を表示する。ショートカットメニューの[荷重と変位] - [荷重と変位の関係]を選択すると「波形描画する節点番号の選択」ダイアログが表示されるので、このダイアログの入力領域に節点と自由度番号をセットする。この機能を選択するためには、先に解析画面を表示しておく必要がある（図 6-7 参照）。

「波形描画する節点番号の選択」ダイアログは、以下の項目について、データをセットする。

#### 6.4.2 荷重と変位

##### 6.4.2.1 荷重と変位の関係

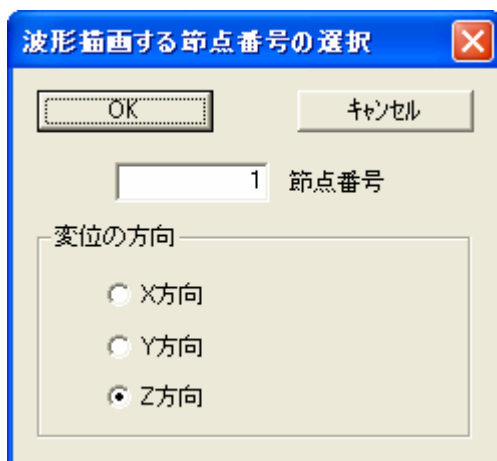


図 6-7 「波形描画する節点番号の選択」ダイアログ

1. 波形描画する節点番号の選択  
節点番号：表示させたい節点番号をセットする。

## 2. 方向：

次の3つから選択し、チェックする。

X方向の節点変位：X方向成分を表示する。

Y方向の節点変位：Y方向成分を表示する。

Z方向の節点変位：Z方向成分を表示する。

このダイアログで、OK ボタンを押すと、このウインドウは、荷重と変位の関係を示すグラフが表示される。このグラフでは、

1. 荷重パラメータ S1 - 指定した変位関係図

2. 荷重パラメータ S2 - 指定した変位関係図

が、表示される。

ツールバー上の**解析の開始**ボタン\*4を押すと、構造の変形状態に対応する位置が、上記のグラフ上に作成される。そのため、解析を実行する場合、任意点の荷重 変位関係図を表示しておく、現在の解析状態や変形状態が、どの程度の荷重によって生じているかを容易に知ることができる。

\*4



選択した節点の変位と解析ステップの関係をグラフで表示する。ショートカットメニューの[荷重と変位] - [節点における波形]を選択すると「波形描画する節点番号の選択」ダイアログが表示され、このダイアログによって節点と自由度を設定することができる。この機能を選択するためには、先に解析画面を表示しておく必要がある（図 6-8 参照）。

#### 6.4.2.2 節点における波形

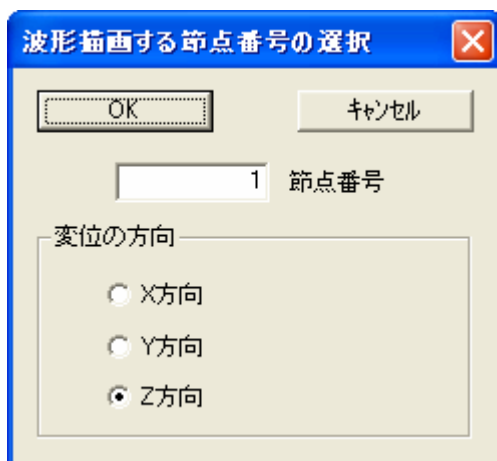


図 6-8 「波形描画する節点番号の選択」ダイアログ

## 1. 波形描画する節点番号の選択

節点番号：表示させたい節点番号をセットする。

## 2. 方向：

次の3つから選択し、チェックする。

X方向の節点変位：X方向成分を表示する。

Y方向の節点変位：Y方向成分を表示する。

Z方向の節点変位：Z方向成分を表示する。

このダイアログで、OKボタンを押すと、このウインドウに、指定した変位と解析ステップの関係を示すグラフが表示される。

ツールバー上の**解析の開始**ボタン\*4を押すと、構造の変形状態に対応する位置が、上記のグラフ上に作成される。



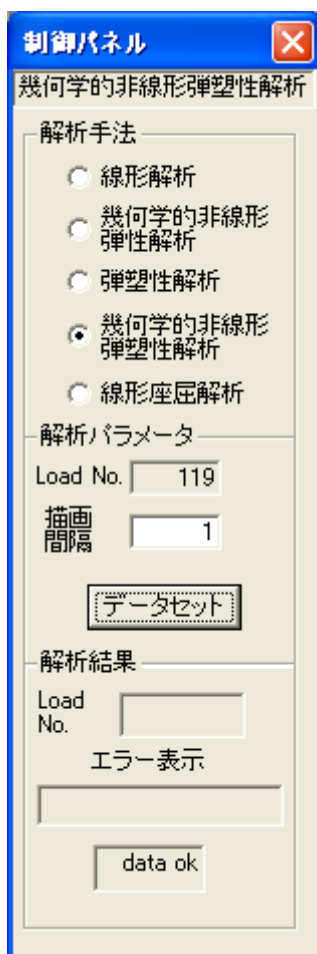
\*4

## 6.4.3 制御パネル

[ウインドウ] - [制御画面]を選択するか、**制御画面表示**ボタン\*3を押すと解析の設定を行う「**制御パネル**」ダイアログが表示される。ここで、解析方法を選択することにより、最終的な静的解析方法を決定することができる（図 6-9 参照）。



\*3



ツールボタンでソルバーが起動されるときは、解析種別は線形解析となる。他の解析を選択するときは**制御パネル**から解析種別を先に設定する必要がある。

図 6-9 「制御パネル」ダイアログ

- 1 . 解析手法：線形解析、幾何学的非線形弾性解析、弾塑性解析、幾何学的非線形弾塑性解析、線形座屈解析の中から静的解析の方法を選択する。
- 2 . 解析パラメータ：Load No.エディットボックスに、静的解析を行う総ステップ数が表示されており、描画間隔エディットボックスでは、何ステップごとに画面描画をするかを設定し直すことができる。描画間隔は、短いほどなめらかに表示される。
- 3 . 最後に**データセット**ボタンを押すことによって、静的解析のデータの設定を行う。ここで、一番下のエディットボックスに data OK と表示されれば、データの設定は正常にソルバーに渡されている。
- 4 . これで**解析の開始**ボタン\*4を押せば、解析が始まることになる。解析結果の Load No.エディットボックスには現在の解析ステップ数が表示される。

\*4

