
* 「部材 3 D 熱変形解析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

汎用的な部材 3 D 熱変形解析ソフトを提供します。このソフトは、有限要素法により、温度歪みを有する部材 3 次元体弾性問題を解くもので、外力荷重も同時に負荷できます。ただし、拘束・荷重条件を含む部材 3 次元構造データの作成には、算生会の「部材 3 次元体解析K」ソフトが必要です。ここで、3 次元体とはトラス（節点が回転自由接続）、ラーメン（節点が固定接続）、およびトラス・ラーメン混合を指します。

[備考] 本書の解析事例の計算時間は、下記仕様のパソコンによります。

CPU : 3GHz (64bit、4コア) RAM : 16GB

<目次>

	ページ
第1章 有限要素法 -----	2
第2章 プログラムの機能・構成 -----	5
第3章 データの準備 -----	8
第4章 「データ」処理プログラム -----	11
第5章 「計算」プログラム -----	16
第6章 「後処理」プログラム -----	29
[参考文献] -----	41

第1章 有限要素法

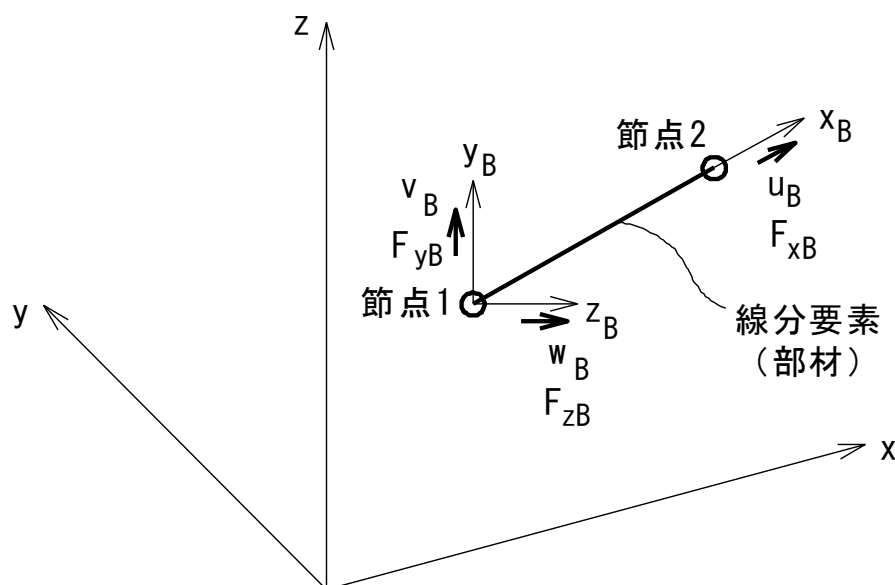
有限要素法の構造解析については、算生会「部材3次元体解析」ソフトの説明書を参照してください。ここでは、熱変形解析を主体に説明します。

1.1 使用要素

本ソフトはトラス構造、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。それらの要素の詳細な説明は、構造解析の説明書を参照してください。各節点の変位は、トラスで u, v, w の3つ、ラーメンでは $u, v, w, \theta_x, \theta_y, \theta_z$ の6つです。

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

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



x, y, z : 全体座標系

各方向変位と力を u, v, w と F_x, F_y, F_z とする。

x_B, y_B, z_B : 部材座標系

部材軸方向を x_B とする。

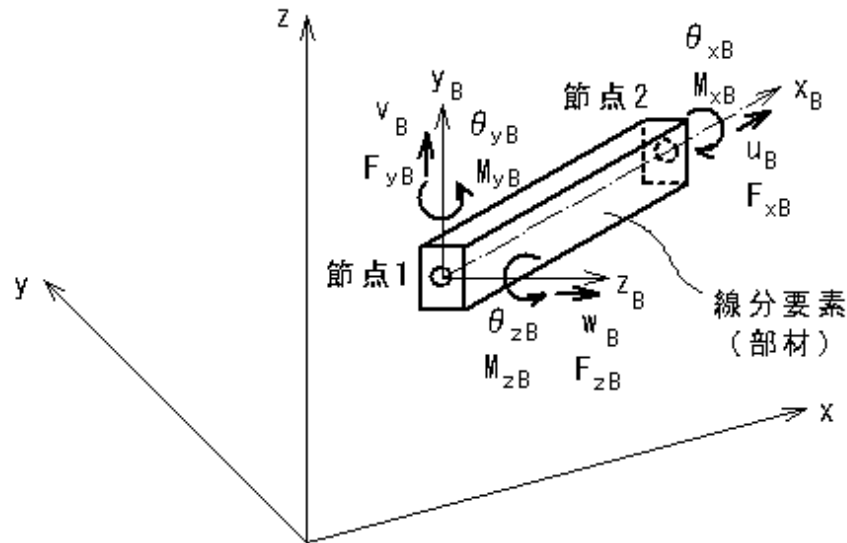
各方向変位、力等は上記変数に添え字Bを付して表わす。

線分要素の物性

E : ヤング率

γ : 比重量 (重力)、 A : 断面積、 L : 長さ

図1-1 トラス用の線分要素



x 、 y 、 z ：全体座標系

各方向変位と力を u 、 v 、 w と F_x 、 F_y 、 F_z とする。

各方向の回転変位を θ_x 、 θ_y 、 θ_z 、とモーメントを

M_x 、 M_y 、 M_z とする（右回りが正）。

x_B 、 y_B 、 z_B ：部材座標系

部材軸方向を x_B とする。

各方向変位、力等は上記変数に添え字 B を付して表わす。

線分要素の物性

E ：ヤング率、 ν ：ポアソン比

γ ：比重（重力）、 A ：断面積、 L ：長さ

I_{yB} ： y_B 軸回りの断面2次モーメント

I_{zB} ： z_B 軸回りの断面2次モーメント

K ：サンプナン振り定数

図1-2 ラーメン用の線分要素

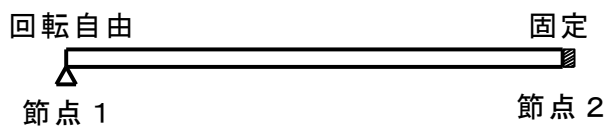


図1-3 左端回転自由・右端固定の要素

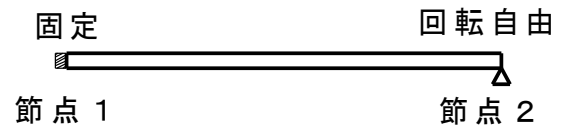


図1-4 左端固定・右端回転自由の要素

1.2 熱変形の解析

構造の温度が変化すると、熱膨張の差によって熱歪みが生じます。有限要素法では、この熱歪みを初期歪みとして扱い、それによって生じる力を節点荷重に換算して作用させます。

まず、要素の初期歪みは次の式で表わされます。

$$\varepsilon_{xB0} = -\alpha T \quad (1-1)$$

ただし、 ε_{xB0} ：要素X軸方向の初期歪み

α ：熱膨張係数

T ：初期温度に対する温度差。

ここで、初期温度とは、歪みのない状態の温度を意味する。

また、要素両端節点の温度が異なる場合は、平均値を用いる。

次に、上記の初期歪みによって生じる初期応力は次式で表わされます。

$$\sigma_{xB0} = E \varepsilon_{xB0} = -E \alpha T \quad (1-2)$$

ただし、 σ_{xB0} ：初期応力

E ：ヤング率

(1-2) 式の初期応力から等価節点荷重は次式で計算されます。

$$F_{xB1,0} = A \sigma_{xB0} = -AE \alpha T \quad (1-3)$$

$$F_{xB2,0} = -A \sigma_{xB0} = AE \alpha T \quad (1-4)$$

ただし、 $F_{xB1,0}$ ：節点1の等価荷重

$F_{xB2,0}$ ：節点2の等価荷重

A ：要素の断面積

(1-3) 式、(1-4) 式の等価節点荷重は、要素X軸方向のものなので、これらを全体XYZ軸座標系に換算して方程式に入れます。その後は通常の構造解析を行ないます。

また、要素の軸応力は、初期応力分を補正して次式で計算します。

$$\sigma_{xB} = F_{xB}/A + \sigma_{xB0} \quad (1-5)$$

ただし、 σ_{xB} ：軸応力

F_{xB} ：変位による軸力

第2章 プログラムの機能・構成

[VBプロジェクト名] B a r s 3 H e a t

本ソフトは、部材3次元構造の熱変形解析を行ないます。なお、取り扱う初期歪みは、この熱負荷によるものだけです。

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「データ」、「計算」、「後処理」、「終了」の4つです。「データ」メニューでは使用する構造データファイルを指定し、かつ温度条件を設定して、解析用データを作成します。「計算」メニューでは解析計算を実行し、「後処理」メニューでは計算結果の図を作画します。そして、ソフトを終了させる際は、「終了」をクリックします。

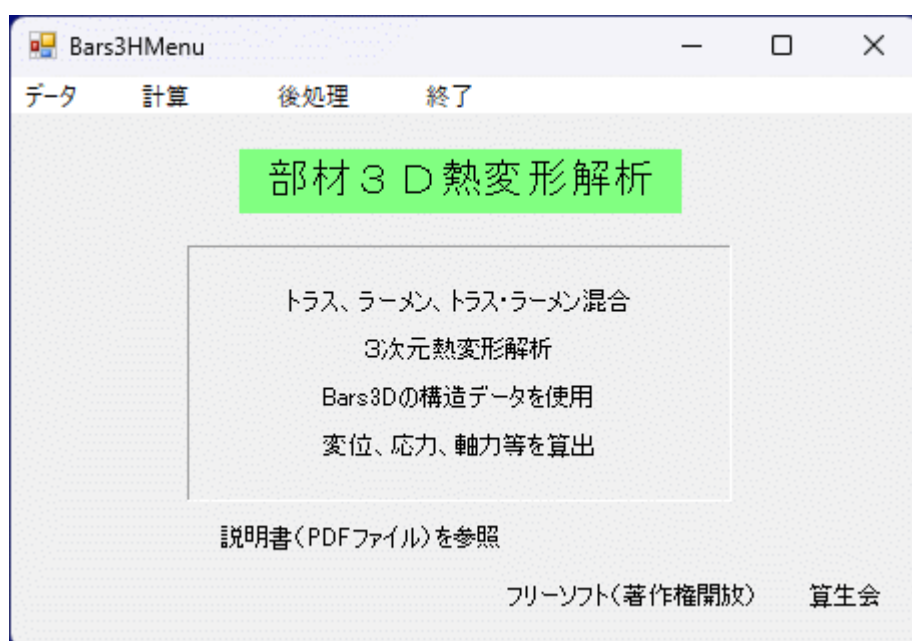


図2-1 「B a r s 3 H e a t」メニュー画面

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 Bars3HMenuモジュール* で制御し、その下に「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。

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」の3種類を使用します。「構造データファイル」は、あらかじめ部材3次元体解析 (B a r s 3 D) で作成しておく必要があります。その他に、本図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。

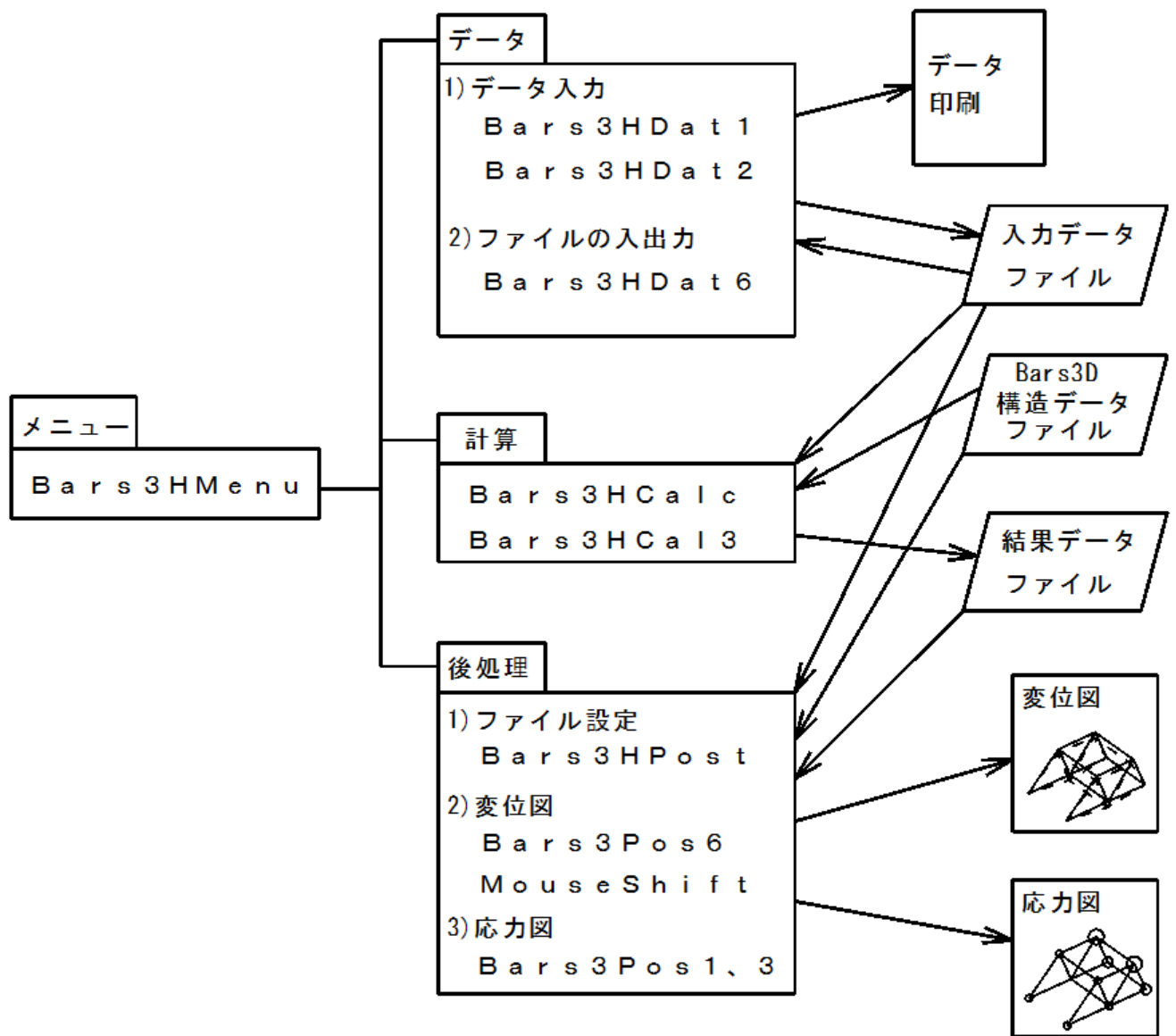


図2-2 「Bars3Heat」ソフトのプログラム構成

表2-1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Bars3HData1とBars3HData2は、各種データを画面入力するためのものです。特に、Bars3HData2では、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2-1 「B a r s 3 H e a t」ソフトのファイルリスト

[全般]

ファイル名	内 容
Bars3HCom. vb	共通変数の宣言とサブルーチンの定義
Bars3HMenu. vb	メニューの提示・選択

[データ]

ファイル名	内 容
Bars3HDat1. vb	データ仕様の入力
Bars3HDat2. vb	各データの入力
Bars3HDat6. vb	データファイルの入出力

[計算]

ファイル名	内 容
Bars3HCal c. vb	計算に使用するファイルの設定
Bars3HCal 3. vb	解析計算の実行

[後処理]

ファイル名	内 容
Bars3HPost. vb	後処理に使用するファイルの設定
Bars3Pos1. vb	応力図の指定
Bars3Pos3. vb	応力図の作画
Bars3Pos6. vb	変位図の作画
MouseShift. vb	マウス回転操作の説明（各 3 次元図に共通）

第3章 データの準備

構造データについては、「部材 3 次元体解析 (B a r s 3 D)」ソフトで準備してください。その際、構造の拘束条件を正しく設定しておく必要があります。また、外部荷重を負荷することができます。

熱変形解析では、さらに表3-1のデータを準備する必要があります。同表の節点温度データについては、全節点を同一温度に設定する場合は問題ありませんが、各節点温度を変える場合はそれぞれの節点温度の値を準備します。

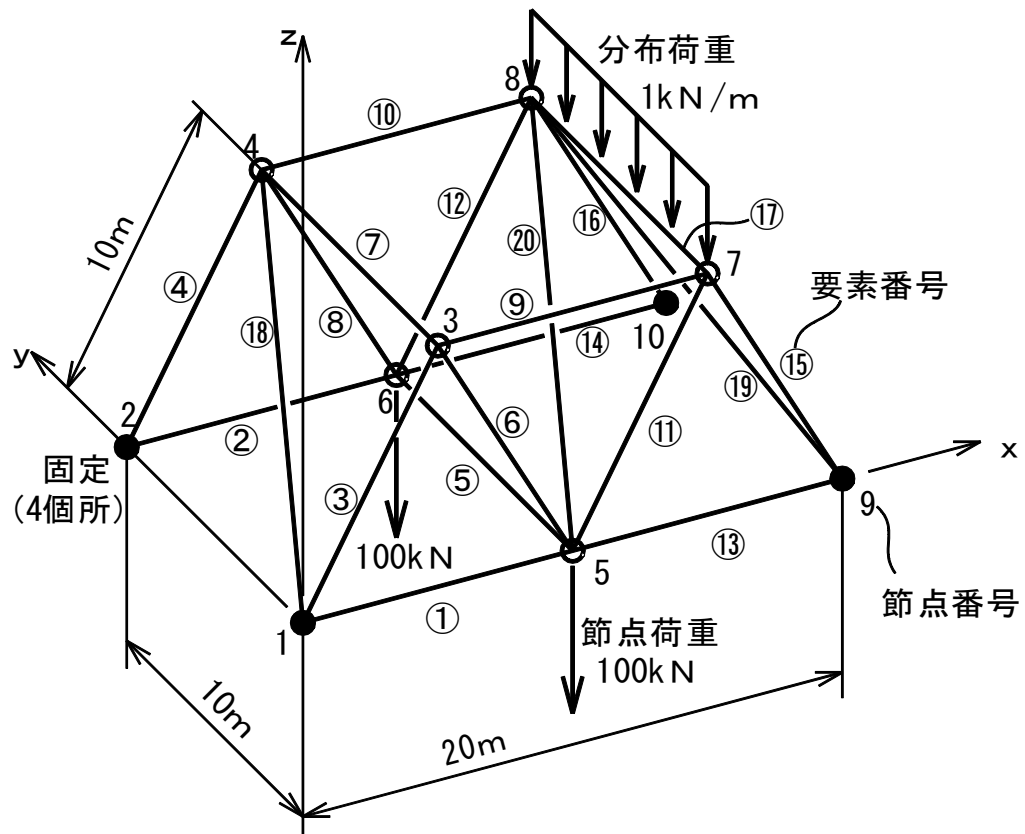
表3-1 熱応力解析用に準備するデータ

データ項目	内容
①線膨張係数	使用材料の線膨張係数
②初期節点温度	歪みのない状態の全節点の個別温度
③負荷節点温度	熱歪みのある状態の全節点の個別温度

以降では、図3-1、3-2に示すテスト用構造モデルを例にとって説明します。図3-1はトラス構造モデル、図3-2はラーメン構造モデル（初期データ用）です。いずれも10個の節点があり、4隅の節点1, 2, 9, 10が固定されています。そして、同図の下側には、部材条件、初期節点温度、負荷節点温度が記載されています。それ故、本テストモデルは、一律の初期温度20℃に対して一律に100℃まで上昇させたときに、どのような弾性挙動を示すか解析する問題です。ただし、図3-1のトラス構造モデルでは、図示の外部荷重を負荷させたまま熱変形解析を行います。

また、図3-2のラーメン構造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）。



[部材条件] 全部材共通

ヤング率 : $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

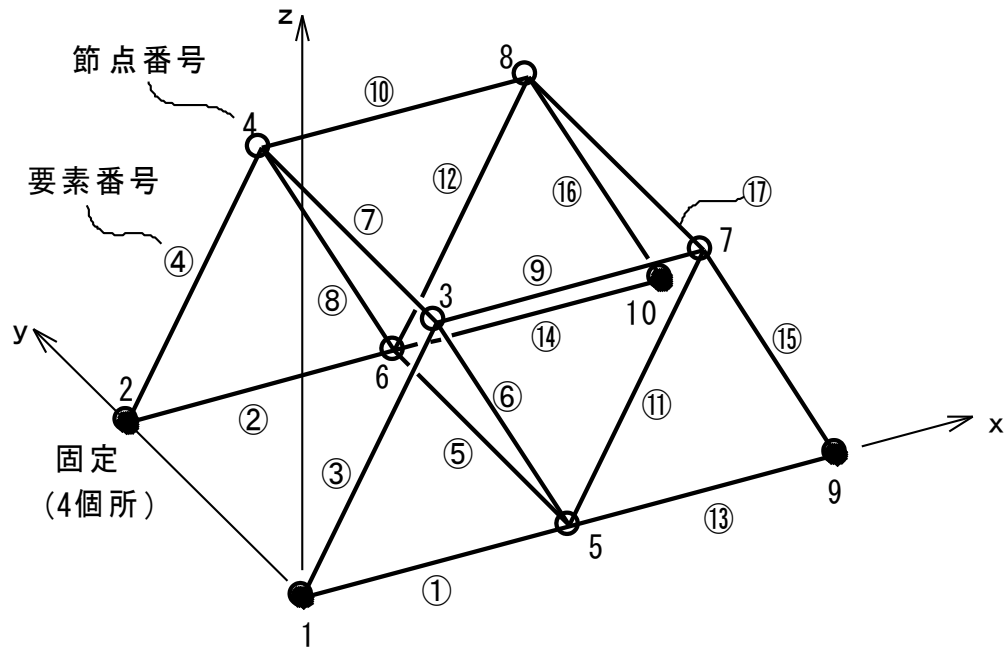
比重量 : 78 kN/m^3

断面積 : 0.0112 m^2

[初期節点温度] 20°C 一律

[負荷節点温度] 100°C 一律

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

線膨張係数 : 1.07×10^{-5}

断面積 : 0.0112 m^2 長さ : 10m

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

(第2軸) : $3.57 \times 10^{-6} \text{ m}^4$

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

〔初期節点温度〕 20°C 一律

〔負荷節点温度〕 100°C 一律

図3-2 ラーメン構造テストモデル (初期データ用)

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、5つのサブメニューがあります。全く新たにデータを作成する場合は「データ入力・修正」を選択しますが、既存ファイルを修正して新たなファイルを作成する場合は先に「ファイル読み込み」を行ないます。

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。

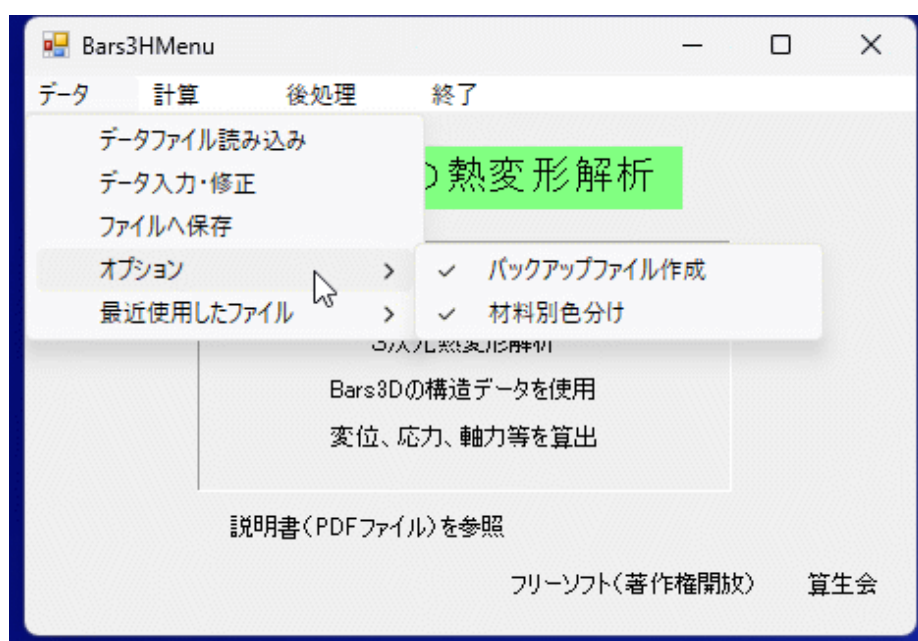


図4-1 「データ」サブメニュー画面

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。同図では図3-1のテストモデルを取り上げており、以降も同じです。本画面の入力について、以下に補足説明します。

①タイトルは、任意の題名を入力します。

②次に「Bars3D構造ファイル名」を設定します。

◇「Bars3D構造ファイル名」とは、部材3次元体解析（Bars3D）による構造データファイルのことで、事前に作成しておきます。

◇「Bars3D構造ファイル名」をクリックすると、コモンダイアログでファイルを開く画面となり、既存のBars3Dデータファイルを選択できます。

③本画面の「設定」ボタンをクリックすると、各データの入力画面に移ります。

④各データ入力終了すると、本画面に戻るので、そこで「すべて確定」ボタンをクリックすると入力データが確定します。

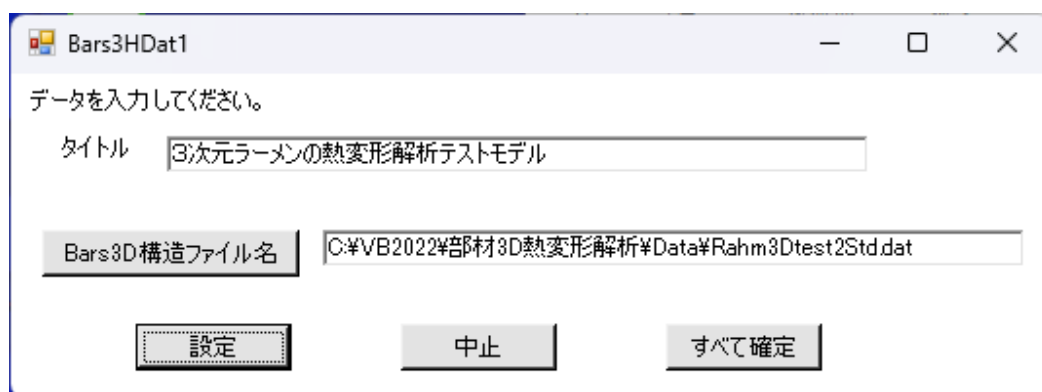


図4-2 データ仕様入力画面

4.4 線膨張係数データ入力画面

図4-3に線膨張係数データ入力画面を示します。

①材料の線膨張係数を入力します。

②「コピー」、「貼り付け」ボタンにより、通常のクリップボード利用ができます。
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。

4.5 初期節点温度データ入力画面

図4-4に初期節点温度データ入力画面を示します。

①全節点について、初期温度を入力します。

◇全節点で同一温度を設定する場合は、図4-4で「一括設定」ボタンをクリックします。そうすると、図4-5の一括設定温度の入力画面となりますので、一律の温度を入力し、「OK」ボタンをクリックします。

②すべての節点温度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負荷節点温度データ入力画面に移ります。

Bars3Hdat2

線膨張係数の入力

材料番号	線膨張係数
▶ 1	1.07E-05
*	

コピー

貼り付け

取り消し

設定 戻る

図4-3 線膨張係数データ入力画面

Bars3Hdat2

初期節点温度の入力

注)歪みなしの状態

節点番号	初期温度
▶ 1	20
2	20
3	20
4	20
5	20
6	20
7	20
8	20
9	20
10	20
11	20
12	20
13	20
14	20
15	20
16	20

コピー

貼り付け

取り消し

設定 戻る 一括設定

図4-4 初期節点温度データ入力画面

節点温度入力

一括設定の節点温度を入力してください。

OK

キャンセル

50

図4-5 一括設定温度の入力画面

4.6 負荷節点温度データ入力画面

図4-6に負荷節点温度データ入力画面を示します。

- ①全節点について、負荷温度を入力します。

◇本画面の操作については、4.5節の初期節点温度データ入力画面と全く同様です。

- ②すべての負荷節点温度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のデータ仕様入力画面に戻ります。

Bars3HData2

負荷節点温度の入力

(注)熱歪みのある状態

節点番号	負荷温度
1	100
2	100
3	100
4	100
5	100
6	100
7	100
8	100
9	100
10	100
11	100
12	100
13	100
14	100
15	100
16	100

コピー

貼り付け

取り消し

設定 戻る 一括設定

図4-6 負荷節点温度データ入力画面

4.7 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。デフォルトのファイル名は、Bars3D構造ファイルのベース名（拡張子を削除した部分）の後に「H」が付加されたもので、拡張子は同じく「.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。

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4-7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, Bars3Heat
3次元ラーメンの熱変形解析テストモデル
[Bars3D構造ファイル], C:\¥VB2022¥部材3D熱変形解析¥Data¥Rahm3Dtest2Std. dat
<材料番号、線膨張係数>
1, 1.07E-05
<節点番号、初期温度、負荷温度>
1, 20, 100
2, 20, 100
3, 20, 100
4, 20, 100
5, 20, 100
6, 20, 100
7, 20, 100
. . . . .
. . . . .
57, 20, 100
58, 20, 100
59, 20, 100
60, 20, 100
61, 20, 100
```

図4-7 入力データファイル例

4.8 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「構造解析の実行」をクリックすると、次の「計算」ファイル設定画面に移ります。

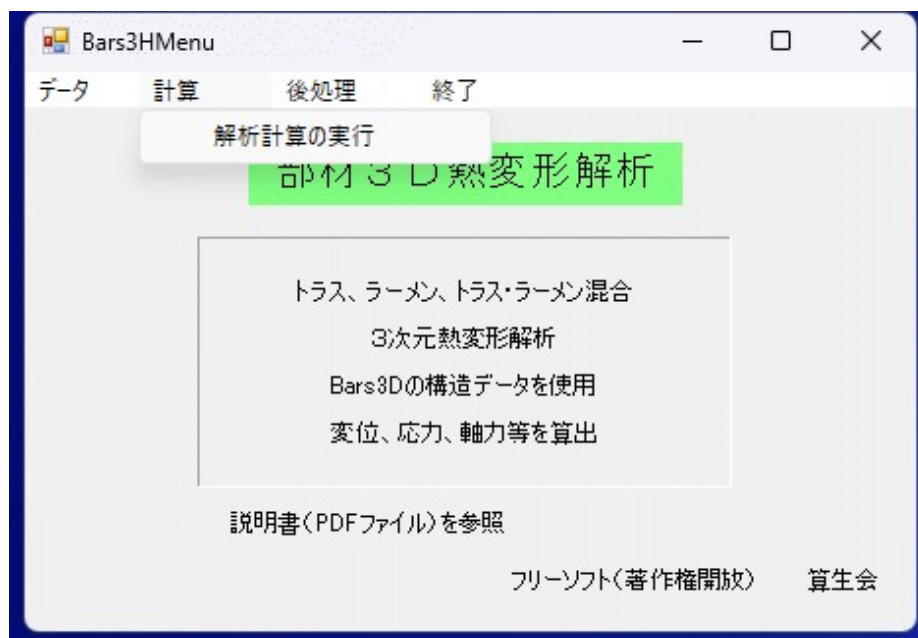


図5-1 「計算」サブメニュー画面

5.2 「計算」ファイル設定

図5-2に「計算」ファイル設定画面を示します。

- 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、再び「計算」ファイル設定画面に戻ると、「入力ファイル指定」のテキストボックスには選定済み入力ファイル名が、また「出力ファイル指定」の方には入力ファイル名の拡張子を「.rep」に変更したファイル名が表示されます。もし、他のファイル名に変更したい場合は、テキストボックスで修正できます。
- ②本画面で「設定」ボタンをクリックすると、計算が開始されます。

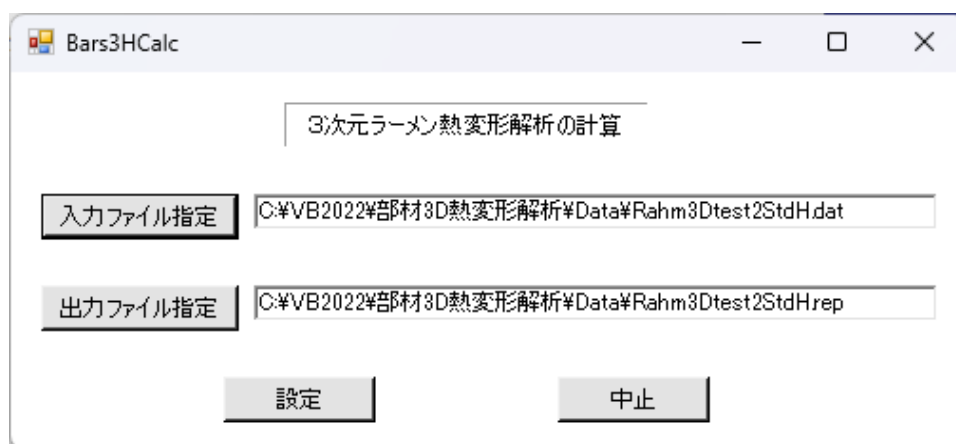


図5-2 「計算」ファイル設定画面

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、本テスト構造モデルでは0sとなっており、1s未満で終了しています。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。

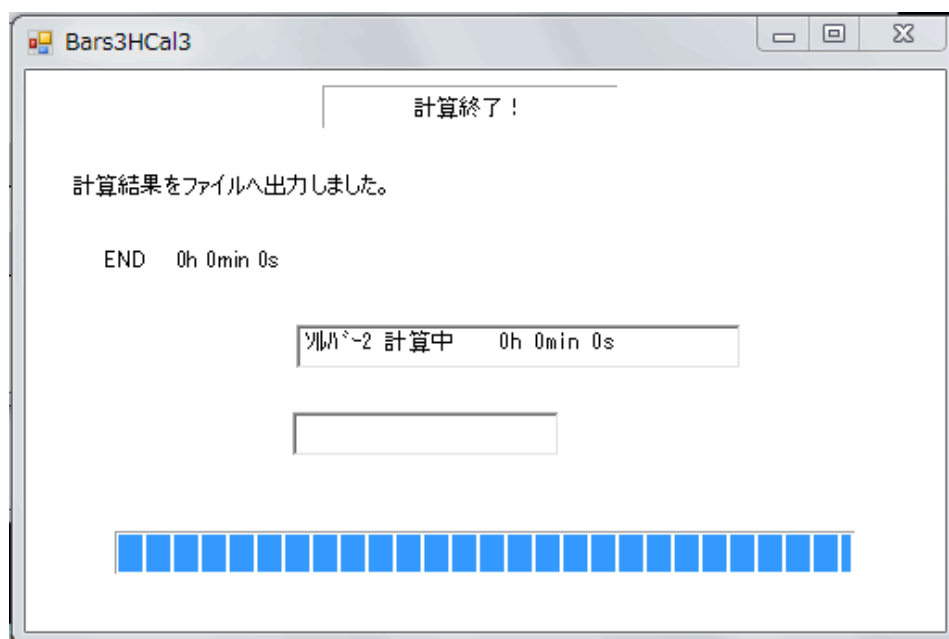


図5-3 計算終了画面

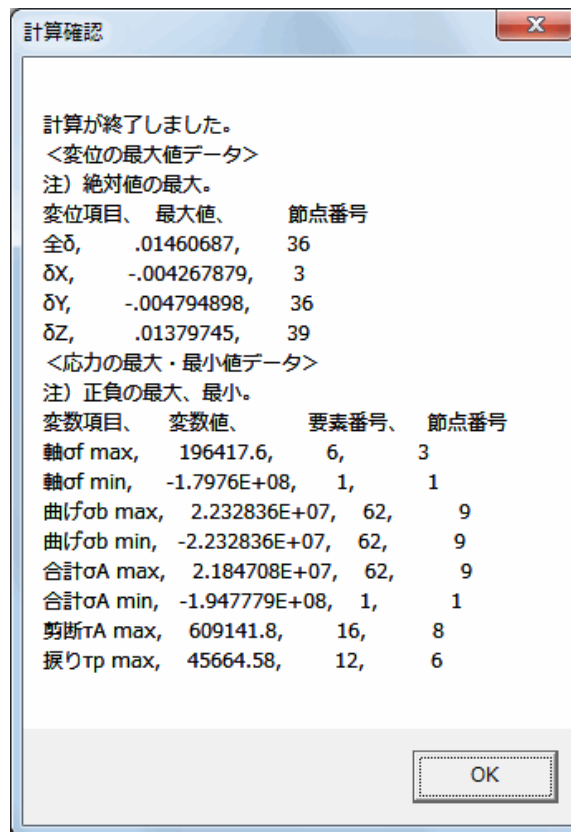


図5-4 計算確認ダイアログ画面（ラーメンの場合）

5.4 計算結果（トラス）

上記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にトラス構造の結果ファイルへの出力例を示します。同図の○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①バンド幅が15と出力されています。
- ②保存配列のインデックス数が321と出力されています。このインデックス数は、FEM行列（ハーフバンド）の要素の内、実際に保存された個数を意味します。
- ③変位等の出力では、すべての節点について、各変位（ δX 、 δY 、 δZ ）が出力されています。
- ④変位の最大値データが出力されています。
 - ◇全 δ は、 δX 、 δY 、 δZ を合成した変位です。
 - ◇本例では、全 δ は節点番号4における0.0154mが最大です。
- ⑤次に応力・軸力等の出力では、要素No.、節点No.、軸応力 σ_{ff} 、軸力、剪断 FyB 、 FzB 、合成剪断応力 τA が出力されています。
 - ◇軸応力と軸力は、引張を正、圧縮を負としています。
- ⑥応力・軸力等の最大値、最小値データが出力されています。
 - ◇各変数の最大値、最小値と要素番号、節点番号が出力されています。
 - ◇本例では、軸 $\sigma_{f \max}$ は要素番号6の節点番号3において7.066MPa（引張）、 $\sigma_{f \min}$ は要素番号2の節点番号2において-179.9MPa（圧縮）になっています。
- ⑦全節点の荷重が出力されています。
 - ◇熱負荷と外力荷重（自重を含む）を合わせたものが出力されます。
- ⑧拘束節点の反力が出力されています。
- ⑨支点（節点番号）2の反力では、 F_x が2.065MNとなっています。
- ⑩他方の支点（節点番号）10の反力は、 F_x が支点1と反対方向に同じ大きさです。
- ⑪最後に計算時間も出力されます（本例では0s）。

<<部材 3 D 熱変形解析結果>>

3 次元トラスの熱変形解析テストモデル・・・材料数 3

[入力データファイル], C:\¥VB2022¥部材3D熱変形解析¥Data¥Trus3Dtest2-3MH.dat

*** 計算結果 ***

バンド幅, 15

保存配列のインデックス数, 321

** 変位等の出力 **

<節点番号, δX , δY , δZ >

1,	0,	0,	0
2,	0,	0,	0
3,	-.004099893,	.0004288889,	.01178225
4,	-.004097998,	.008988889,	.01175489
5,	-3.068491E-06,	.0007208294,	.003893583
6,	-6.859437E-06,	.009280829,	.003871697
7,	.004096825,	.0004563248,	.0117663
8,	.004091138,	.009016325,	.01171925
9,	0,	0,	0
10,	0,	0,	0

<変位の最大値データ>

注) 絶対値の最大。

変位項目、	最大値、	節点番号
全 δ ,	.01535484,	4
δX ,	-.004099893,	3
δY ,	.009280829,	6
δZ ,	.01178225,	3

** 応力・軸力等の出力 **

<要素No.、節点No.、 σf 、軸力、 FyB 、 FzB 、 τA >

1,	1,	-1.798244E+08,	-2014034,	4368,	0,	690300
1,	5,	-1.798244E+08,	-2014034,	4368,	0,	690300
2,	2,	-1.79904E+08,	-2014925,	4368,	0,	690300
2,	6,	-1.79904E+08,	-2014925,	4368,	0,	690300
3,	1,	-8867160,	-99312.19,	2184,	0,	345150
3,	3,	-8191680,	-91746.81,	2184,	0,	345150
4,	2,	-9344809,	-104661.9,	2184,	0,	345150
4,	4,	-8669329,	-97096.48,	2184,	0,	345150
5,	5,	-4.751129,	-.05321264,	4368,	0,	690300
5,	6,	-4.751129,	-.05321264,	4368,	0,	690300
6,	3,	7065824,	79137.23,	2184,	.0006162917,	345150
6,	5,	6390344,	71571.85,	2184,	.0006162917,	345150

.....
.....

図5-5 (1/2) 結果ファイルへの出力例 (トラス)

```

16, 8, -9245509, -103549.7, 2184, .0006162917, 345150
16, 10, -9920989, -111115.1, 2184, .0006162917, 345150
17, 7, -4.751129, -.05321264, 9368, 0, 1480479
17, 8, -4.751129, -.05321264, 9368, 0, 1480479
18, 1, -337744.8, -3782.741, 4883.572, -.0001301765, 771778.9
18, 4, 337735.3, 3782.635, 4883.572, -.0001301765, 771778.9
19, 8, 337735.2, 3782.634, 4883.572, .001171589, 771778.8
19, 9, -337744.8, -3782.741, 4883.572, .001171589, 771778.8
20, 5, -337744.8, -3782.741, 4883.572, -.0001301765, 771778.9
20, 8, 337735.3, 3782.635, 4883.572, -.0001301765, 771778.9

```

<応力・軸力等の最大・最小値データ>

⑥

注) 正負の最大、最小。

変数項目、	変数值、	要素番号、	節点番号
軸 σ_f max,	7065824,	6,	3
軸 σ_f min,	-1.79904E+08,	2,	2
軸力 max,	79137.23,	6,	3
軸力 min,	-2014925,	2,	2
剪断 F_yB max,	9368,	17,	7
剪断 F_yB min,	2184,	3,	1
剪断 F_zB max,	.001171589,	19,	8
剪断 F_zB min,	-.0001301765,	18,	1
剪断 τ_A max,	1480479,	17,	7

* * 全節点の荷重出力 * *

⑦

<節点番号, F_x 、 F_y 、 F_z >

```

1, -3731811, -1423642, -2991354
2, -3019990, 0, -1752302
3, -2013312, -2013312, 3469661
4, -1301491, 3436954, 4696358
5, -711821.1, -3436954, -4848024
6, -1.74623E-10, 2013312, -3608973
7, 2013312, -2013312, 3464661
8, 2013312, 4860596, 5918055
9, 3731811, -1423642, -2991354
10, 3019990, -6.998506E-12, -1752302

```

* * 拘束節点の反力 * *

⑧

<節点番号, F_x 、 F_y 、 F_z >

```

1, 2061799, 9.324565E-05, 97643.44
2, 2065366, 0, 96099.13
9, -2061799, .0001864892, 100143.4
10, -2065366, 6.998506E-12, 101687.7
END 0h 0min 0s

```

⑨

⑩

⑪

図5-5 (2/2) 結果ファイルへの出力例 (トラス)

5.5 計算結果（ラーメン）

図5-6にラーメン構造の結果ファイルへの出力例を示します。同図の○印を付した数字の部分について補足説明します。

- ①バンド幅が66と出力されています。
- ②保存配列のインデックス数が11793と出力されています。このインデックス数は、F E M行列（ハーフバンド）の要素の内、実際に保存された個数を意味します。
- ③変位等の出力では、すべての節点について、各変位（ δX 、 δY 、 δZ 、 θx 、 θy 、 θz ）が出力されています。
- ④変位の最大値データが出力されています。
 - ◇全 δ は、 δX 、 δY 、 δZ を合成した変位です。
 - ◇本例では、全 δ は節点番号36における0.0146mが最大です。
- ⑤次に応力・軸力等の出力では、要素No.、節点No.、軸応力 σf_f 、軸力、剪断 FyB 、 FzB 、振りモーメント MxB 、曲げモーメント MyB 、 MzB 、曲げ応力 σbU 、 σbL 、合計応力 σAU 、 σAL 、合成剪断応力 τA 、および振り応力 τp が出力されています。
 - ◇軸応力と軸力は、引張を正、圧縮を負としています。
 - ◇曲げ応力と合計応力は、添え字U、Lが最大値、最小値を意味します。
- ⑥応力・軸力等の最大値、最小値データが出力されています。
 - ◇各変数の最大値、最小値と要素番号、節点番号が出力されています。
 - ◇本例では、軸 $\sigma f \max$ は要素番号6の節点番号3において0.196MPa（引張）、 $\sigma f \min$ は要素番号1の節点番号1において-179.8MPa（圧縮）になっています。
 - ◇合計 $\sigma A \max$ は21.8MPa、 $\sigma A \min$ は-194.8MPaになっています。
- ⑦全節点の荷重が出力されています。
 - ◇熱負荷と外力荷重（自重を含む）を合わせたものが出力されます。ただし、本例では外力荷重はありません。
- ⑧拘束節点の反力が出力されています。
- ⑨支点（節点番号）1の反力では、 Fx が2.019MNとなっています。
- ⑩他方の支点（節点番号）9の反力は、 Fx が支点1と反対方向に同じ大きさです。
 - ◇本例では、構造および熱負荷が対称だから当然のことです。
- ⑪最後に計算時間も出力されます（本例では0s）。

<<部材 3 D 熱変形解析結果>>

3 次元ラーメンの熱変形解析テストモデル

[入力データファイル] , C:\¥VB2022¥部材3D熱変形解析¥Data¥Rahm3Dtest2StdH. dat

*** 計算結果 ***

バンド幅, 66

①

保存配列のインデックス数, 11793

②

** 変位等の出力 **

③

<節点番号, δX 、 δY 、 δZ 、 θx 、 θy 、 θz >

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

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

3, -.004267879, -.004279952, .01232176, 1.701989E-05, -.0005902766,
-.0002059745

4, -.004267879, .00427989, .01232176, -1.701994E-05, -.0005902766,
.0002059684

5, -2.078126E-13, -.004279864, .004891003, 2.572195E-06, 3.217784E-
12, -1.12027E-09

.....

.....

57, .001494965, .001992769, .005791958, -.0004880208, .001331026,
-.0003798413

58, 2.706489E-05, .000613543, .002480034,
-.0003638881, .0009244845, -.0002591341

59, .003881685, -.002140026, .01235367, 8.509955E-06, .0005902766,
.0001029862

60, .00375295, -6.552531E-08, .01236431, -1.073638E-

11, .0005902766, 1.696861E-09

61, .003881679, .002139895, .01235367, -8.50996E-06, .0005902767,
-.0001029853

<変位の最大値データ>

④

注) 絶対値の最大。

変位項目、 最大値、 節点番号

全 δ , .01460687, 36

δX , -.004267879, 3

δY , -.004794898, 36

δZ , .01379745, 39

θx , .00048804, 54

θy , -.001331026, 18

θz , .0006419798, 48

図5-6 (1/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

＊ ＊ 応力・軸力等の出力 ＊ ＊

⑤

<要素No.、節点No.、 σ_f 、軸力、 F_{yB} 、 F_{zB} 、 M_{xB} 、 M_{yB} 、 M_{zB} 、 σ_{bU} 、 σ_{bL} 、 σ_{AU} 、 σ_{AL} 、 τ_A 、 τ_p >

```

1, 1, -1.7976E+08, -2013312, -2736.223, -38.50331, -.03157864, 192.5167, -
13681.12, 1.501787E+07, -1.501787E+07, -1.647421E+08, -1.947779E+08,
430768.6, 632.8384
1, 11, -1.7976E+08, -2013312, 2736.223, 38.50331, .03157864, -96.25837,
6840.558, 7508936, -7508936, -1.722511E+08, -1.872689E+08, 430768.6,
632.8384
2, 2, -1.7976E+08, -2013312, -2736.223, 38.50322, .0315773, -192.516, -
13681.12, 1.501786E+07, -1.501786E+07, -1.647421E+08, -1.947779E+08,
430768.6, 632.8116
2, 14, -1.7976E+08, -2013312, 2736.223, -38.50322, -.0315773, 96.25796,
6840.558, 7508930, -7508930, -1.722511E+08, -1.872689E+08, 430768.6,
632.8116
. . . . .
. . . . .
67, 60, -3315.532, -37.13396, .0001200488, .0003053587, -1.206271E-06,
30.88337, 158.6937, 574902.5, -574902.5, 571586.9, -578218.1, .04133879,
.02417376
67, 61, -3315.532, -37.13396, -.0001200488, -.0003053587, 1.206271E-06, -
30.88413, -158.6934, 574912.9, -574912.9, 571597.3, -578228.4, .04133879,
.02417376
68, 61, -3315.532, -37.13396, .0001200489, .0003053587, -1.206271E-06,
30.88413, 158.6934, 574912.9, -574912.9, 571597.3, -578228.4, .0413388,
.02417376
68, 8, -3315.532, -37.13396, -.0001200489, -.0003053587, 1.206271E-06, -
30.88489, -158.6931, 574923.3, -574923.3, 571607.8, -578238.9, .0413388,
.02417376

```

<応力・軸力等の最大・最小値データ>

⑥

注) 正負の最大、最小。

変数項目、	変数值、	要素番号、	節点番号
軸 σ_f max,	196417.6,	6,	3
軸 σ_f min,	-1.7976E+08,	1,	1
軸力 max,	2199.877,	6,	3
軸力 min,	-2013312,	1,	1
剪断 F_{yB} max,	3863.615,	16,	8
剪断 F_{yB} min,	-3863.615,	16,	56
剪断 F_{zB} max,	38.50341,	13,	5
剪断 F_{zB} min,	-38.50341,	13,	47
振り M_{xB} max,	2.278662,	12,	6
振り M_{xB} min,	-2.278662,	12,	44
曲げ M_{yB} max,	192.5167,	1,	1

図5-6 (2/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

曲げMyB min,	-192.5172,	13,	5
曲げMzB max,	22069.58,	65,	10
曲げMzB min,	-22069.58,	3,	1
曲げσb max,	2.232836E+07,	62,	9
曲げσb min,	-2.232836E+07,	62,	9
合計σA max,	2.184708E+07,	62,	9
合計σA min,	-1.947779E+08,	1,	1
剪断τA max,	609141.8,	16,	8
振りτp max,	45664.58,	12,	6

***** 全節点の荷重出力 *****

⑦

<節点番号, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz>

1,	-3019990,	0,	-1743566,	0,	0,	0
2,	-3019990,	0,	-1743566,	0,	0,	0
3,	-2013312,	-2013312,	3487133,	-2.910383E-11,	1.309672E-10,	2.273737E-13
4,	-2013312,	2013312,	3487133,	-4.3201E-11,	1.600711E-10,	2.273737E-13
5,	-1.808653E-09,	-2013312,	-3487133,	-4.527811E-11,	-5.820766E-11,	-4.547474E-13
.....						
.....						
57,	5.820766E-10,	9.730272E-13,	-2.328306E-10,	-7.588756E-13,	1.891749E-10,	1.78059E-13
58,	6.402843E-10,	1.076222E-14,	-1.164153E-10,	-4.683059E-14,	8.731149E-11,	-7.866971E-14
59,	-4.547474E-13,	0,	-1.74623E-10,	-1.164153E-10,	-3.907985E-14,	1.818989E-12
60,	-4.547474E-13,	-2.328306E-10,	1.74623E-10,	1.164153E-10,	-3.552714E-15,	1.364242E-12
61,	1.364242E-12,	1.862645E-09,	1.164153E-10,	1.164153E-10,	-8.171241E-14,	-2.728484E-12

***** 拘束節点の反力 *****

⑧

<節点番号, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz>

1,	2019353,	71.7141,	.0002125981,	-150.4353,	35750.7,	281.763	⑨
2,	2019353,	-71.71358,	-.0002126084,	150.4333,	35750.7,	-281.7611	
9,	-2019353,	71.71358,	9.208475E-05,	-150.4318,	-35750.7,	-281.7612	⑩
10,	-2019353,	-71.7141,	-9.209104E-05,	150.4368,	-35750.7,	281.7628	
END	0h 0min 0s						⑪

図5-6 (3/3) 結果ファイルへの出力例 (ラーメン)

5.6 計算結果（トラス・ラーメン混合）

トラス・ラーメン混合構造の結果ファイルへの出力例を図5-7に示します。形式はラーメンの場合とほとんど同じです。ただし、応力・軸力等の出力において、トラス要素の節点では、振りモーメント M_xB 、曲げモーメント M_yB 、 M_zB 、曲げ応力 σ_{bU} 、 σ_{bL} 、合計応力 σ_{AU} 、 σ_{AL} 、および振り応力 τ_p はすべて0が出力されます。

```
<<部材 3 D 熱変形解析結果>>
3 次元トラス・ラーメン混合の熱変形解析モデル
[入力データファイル] , C:\¥VB2022¥部材3D熱変形解析¥Data¥BarsC3Dtest2StdH. dat

-----
*** 計算結果 ***
バンド幅, 66
保存配列のインデックス数, 11793

-----
** 変位等の出力 **
<節点番号,  $\delta X$ 、 $\delta Y$ 、 $\delta Z$ 、 $\theta x$ 、 $\theta y$ 、 $\theta z$ >
1, 0, 0, 0, 0, 0, 0
2, 0, 0, 0, 0, 0, 0
3, -.004260803, -.004470734, .01231881, 1.751903E-05, -.0005537579,
-.0002122944
4, -.004267843, .004089092, .01232177, -1.635886E-05,
-.0005902676, .0001425934
5, 5.682914E-06, -.004462632, .004891996, 7.191459E-08, 9.307687E-05,
8.499387E-06
. . . . .
57, .001494985, .001327598, .00579195, -.0003079824, .00133103, -.00029391
58, 2.707289E-05, .0004052568, .002480028, -.0002302274, .0009244877,
-.0001909712
59, .003996463, -.003457004, .0123354, 1.042693E-06, .0005902598, 9.689378E-
05
60, .003828242, -.001317015, .01233639, -4.016001E-07, .0005902656,
3.030409E-05
61, .003881835, .0008229734, .01233262, -2.774331E-06, .0005902713, -
8.05571E-05

-----
<変位の最大値データ>
注) 絶対値の最大。
変位項目、 最大値、 節点番号
全  $\delta$  , .01436525, 39
 $\delta X$  , .004275818, 7
 $\delta Y$  , -.005596993, 7
 $\delta Z$  , .01379744, 39
 $\theta x$  , .000680954, 53
 $\theta y$  , .001387196, 53
 $\theta z$  , -.0006715197, 12
-----
```

図5-7 (1/3) 結果ファイルへの出力例（トラス・ラーメン混合）

＊ ＊ 応力・軸力等の出力 ＊ ＊

<要素No.、節点No.、 σf 、軸力、 FyB 、 FzB 、 MxB 、 MyB 、 MzB 、 σbU 、 σbL 、 σAU 、 σAL 、 τA 、 τp >

```

1, 1, -1.796407E+08, -2011975, -2997.133, -40.52995, -.0008828899, 202.0125,
-14551.74, 1.593503E+07, -1.593503E+07, -1.637056E+08, -1.955757E+08, 471912,
17.69318
1, 11, -1.796407E+08, -2011975, 2997.133, 40.52995, .0008828899, -100.6877,
7058.909, 7767597, -7767597, -1.718731E+08, -1.874083E+08, 471912, 17.69318
2, 2, -1.797599E+08, -2013311, -2736.273, 37.8271, -.01087234, -187.5214, -
13681.29, 1.494816E+07, -1.494816E+07, -1.648117E+08, -1.94708E+08, 430804.4,
217.8826
2, 14, -1.797599E+08, -2013311, 2736.273, -37.8271, .01087234, 92.95364,
6840.605, 7462759, -7462759, -1.722971E+08, -1.872226E+08, 430804.4,
217.8826
. . . . .
67, 60, -947.3807, -10.61066, -6.925407, 5.310456, -.0002807883, 26.60699,
35.58993, 404188.7, -404188.7, 403241.3, -405136.1, 1210.102, 5.62702
67, 61, -947.3807, -10.61066, 6.925407, -5.310456, .0002807883, -39.88313, -
52.90345, 605466.8, -605466.8, 604519.4, -606414.1, 1210.102, 5.62702
68, 61, -947.3807, -10.61066, -6.925407, 5.310456, -.0002807883, 39.88313,
52.90345, 605466.8, -605466.8, 604519.4, -606414.1, 1210.102, 5.627019
68, 8, -947.3807, -10.61066, 6.925407, -5.310456, .0002807883, -53.15926, -
70.21696, 806744.8, -806744.8, 805797.4, -807692.1, 1210.102, 5.627019

```

<応力・軸力等の最大・最小値データ>

注) 正負の最大、最小。

変数項目、	変数値、	要素番号、	節点番号
軸 σf max,	387384.1,	11,	5
軸 σf min,	-1.798793E+08,	13,	5
軸力 max,	4338.702,	11,	5
軸力 min,	-2014649,	13,	5
剪断 FyB max,	3961.515,	3,	17
剪断 FyB min,	-3961.515,	3,	1
剪断 FzB max,	40.52995,	1,	11
剪断 FzB min,	-40.52995,	1,	1
捩り MxB max,	2.468625,	16,	8
捩り MxB min,	-2.468625,	16,	56
曲げ MyB max,	203.2869,	20,	5
曲げ MyB min,	-199.4637,	56,	9
曲げ MzB max,	22069.66,	65,	10
曲げ MzB min,	-22388.82,	3,	1
曲げ σb max,	2.272843E+07,	3,	1
曲げ σb min,	-2.272843E+07,	3,	1
合計 σA max,	2.226774E+07,	3,	1
合計 σA min,	-1.963754E+08,	20,	5
剪断 τA max,	624546.4,	3,	1
捩り τp max,	49471.44,	16,	8

図5-7 (2/3) 結果ファイルへの出力例 (トラス・ラーメン混合)

*** 全節点の荷重出力 ***

<節点番号, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz>

```

1, -3019990, 0, -1743566, 0, 0, 0
2, -3019990, 0, -1743566, 0, 0, 0
3, -2013312, -2013312, 3487133, 5.911716E-11, 2.764864E-10, 1.364242E-12
4, -2013312, 2013312, 3487133, -4.729372E-11, 1.164153E-10, -2.273737E-13
5, -1.318767E-11, -2013312, -3487133, -4.249316E-11, 1.164153E-10, -9.094947E-13
. . . . .
57, 2.328306E-10, 4.994477E-13, -2.561137E-09, -4.523326E-13, 1.455192E-11, -
1.228392E-13
58, 2.328306E-10, -2.119659E-14, -1.164153E-10, -2.029002E-13, -6.548362E-11, -
1.013495E-13
59, -1.477929E-12, 9.313226E-10, 1.164153E-10, 2.328306E-10, 9.419548E-15, -
9.094947E-13
60, 9.094947E-13, -4.656613E-10, 1.164153E-10, 2.328306E-10, -1.421085E-14, -
4.547474E-13
61, 4.547474E-13, 0, -1.164153E-10, 1.164153E-10, 1.74083E-13, -1.364242E-12

```

*** 拘束節点の反力 ***

<節点番号, Fx, Fy, Fz, Mx, My, Mz>

```

1, 2017986, 75.29559, -509.5471, -157.3383, 36940.56, 295.3362
2, 2019349, -70.77206, -4.851874, 147.482, 35750.88, -274.3136
9, -2017977, 52.48754, 507.4416, -109.4009, -26652.82, -262.6353
10, -2019358, -57.01107, 6.957396, 98.202, -35750.64, 240.6204
END      0h 0min 0s

```

図5-7 (3/3) 結果ファイルへの出力例 (トラス・ラーメン混合)

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4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。

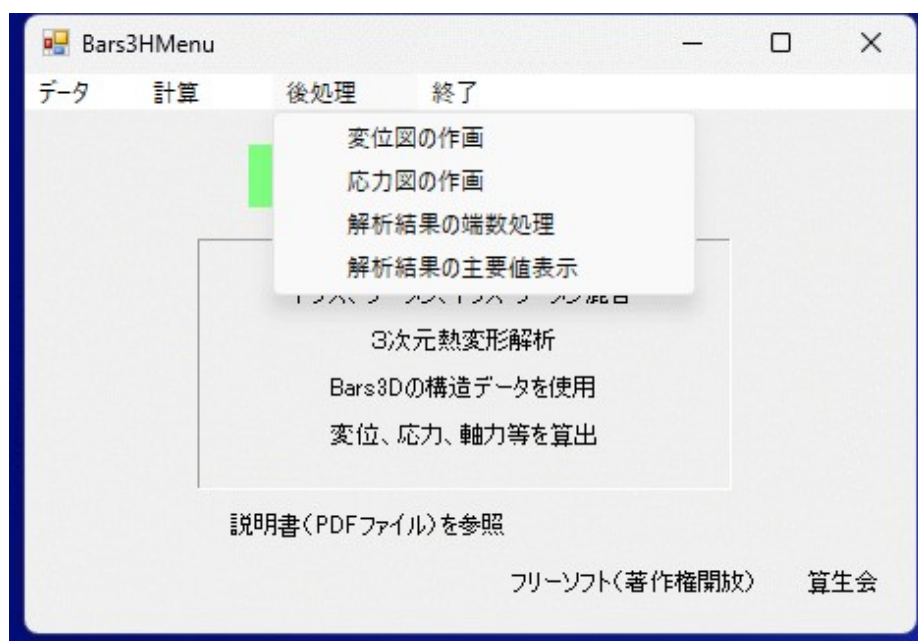


図6-1 「後処理」サブメニュー画面

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、他のサブメニューの場合は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」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、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できます。

本画面で、「設定」ボタンをクリックすると、変位図の場合は作画画面に移り、応力図の場合は同図の指定画面に移ります。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6-2 使用ファイル設定画面

6.3 変位図の作画画面

図6-3にラーメン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6-4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。
- ⑥「視点の高さ倍率」は、透視の視点の高さを調整するもので、小さくすると視点が下がり、大きくすると上がります。
- ⑦「変位線の幅」は1～3が可能で、初期値は2にしてあります。
- 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6-5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。
- ⑪Shift+マウスにより構造を回転することができます。

◇等高線図の任意の場所で、Shiftキーとマウス左ボタンを押したまま、回転したい方向へマウスを移動させ、そこでマウスボタンを離します。そうしますと、回転が実行されます。

◇図6-6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6-6と同じ説明図が表示されます。

⑫「ホーム」ボタンをクリックすると、初期の回転位置に戻ります。

⑬「標準・全画面切換」ボタンをクリックすると、標準画面と全画面を切り換えることができます。また、画面Formの右下コーナー等をマウスドラッグすることにより、標準画面と全画面の間で自由に拡大・縮小できます。

⑭マウス中ボタン、ホイールにより移動、拡大・縮小を行なうことができます。中ボタンを押したまま動かせば図形を移動できます。また、ホイールの回転により拡大・縮小ができます。

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。

◇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6-7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6-8のように選択領域が拡大されて表示されます。ただし、図6-8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。

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。

◇「通常画面」の作画が印刷されます。

⑰本画面を終了するには、「中止」ボタンをクリックします。

また、図6-9にトラス・ラーメン混合の変位図を示します。画面内容は上述のラーメンと同様です。

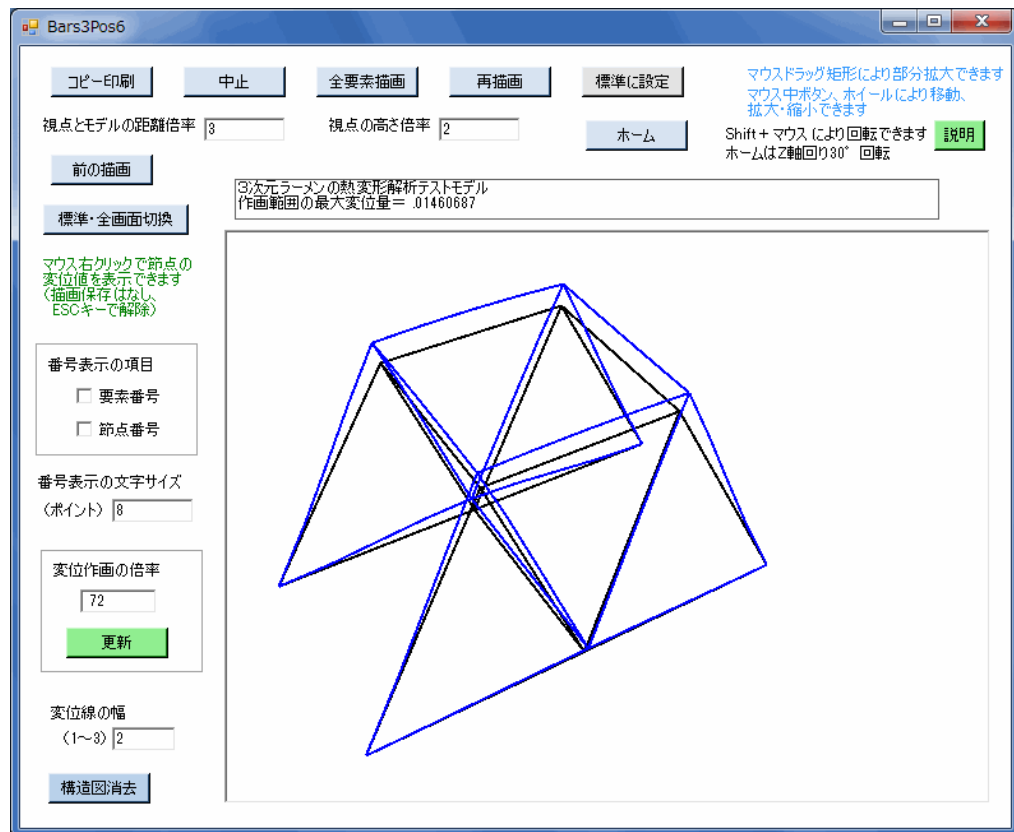


図6-3 変位図の作画画面（ラーメン）

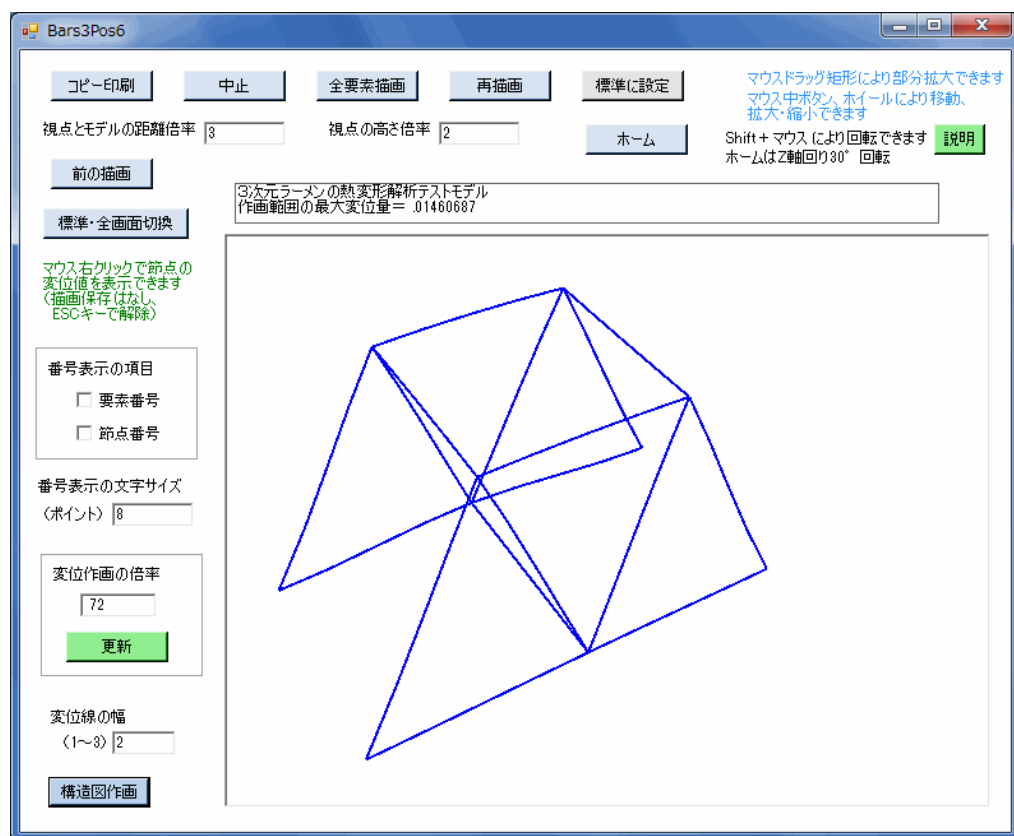


図6-4 変位図の作画画面（ラーメン、構造図消去）

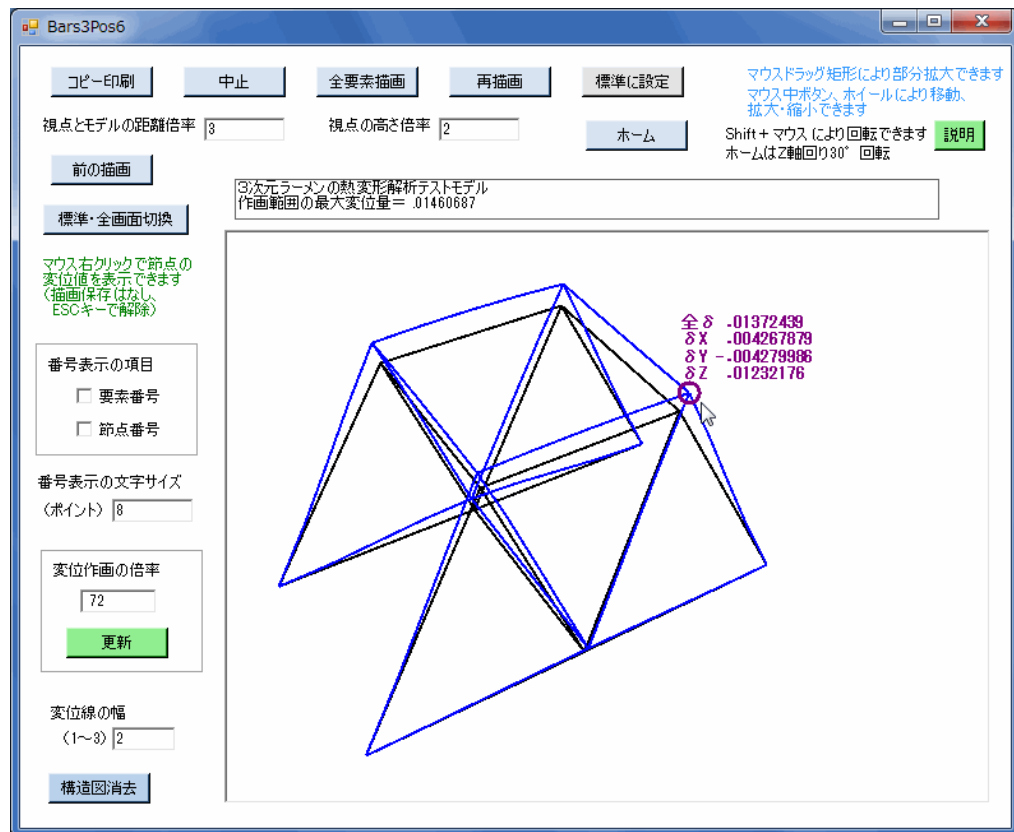


図6-5 変位図の作画画面（ラーメン、マウス右クリックの節点の変位値表示）

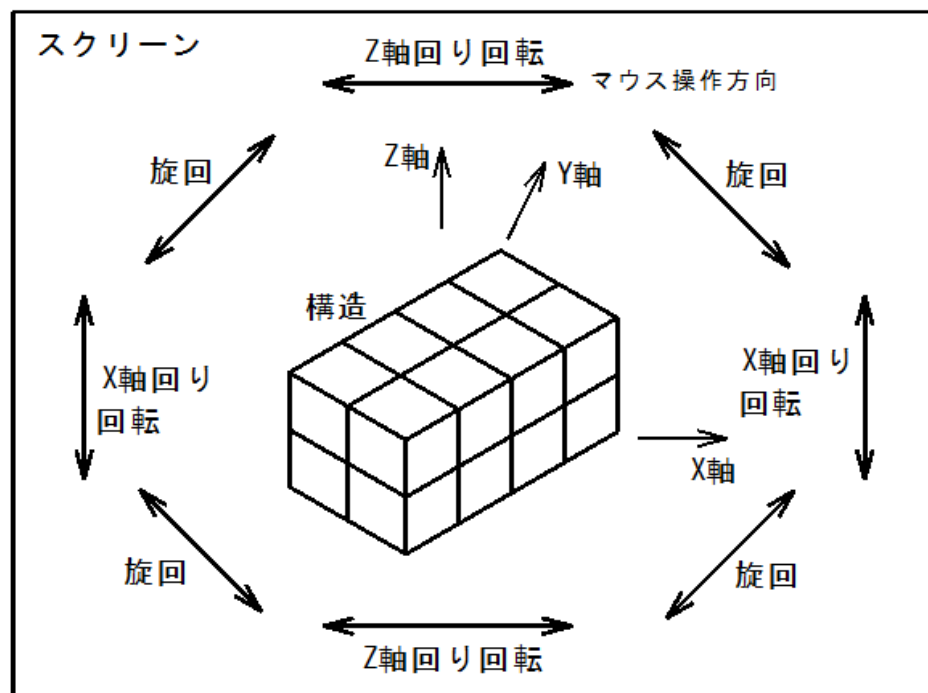


図6-6 マウスの移動方向と回転方向との関係（Shiftキー併用）

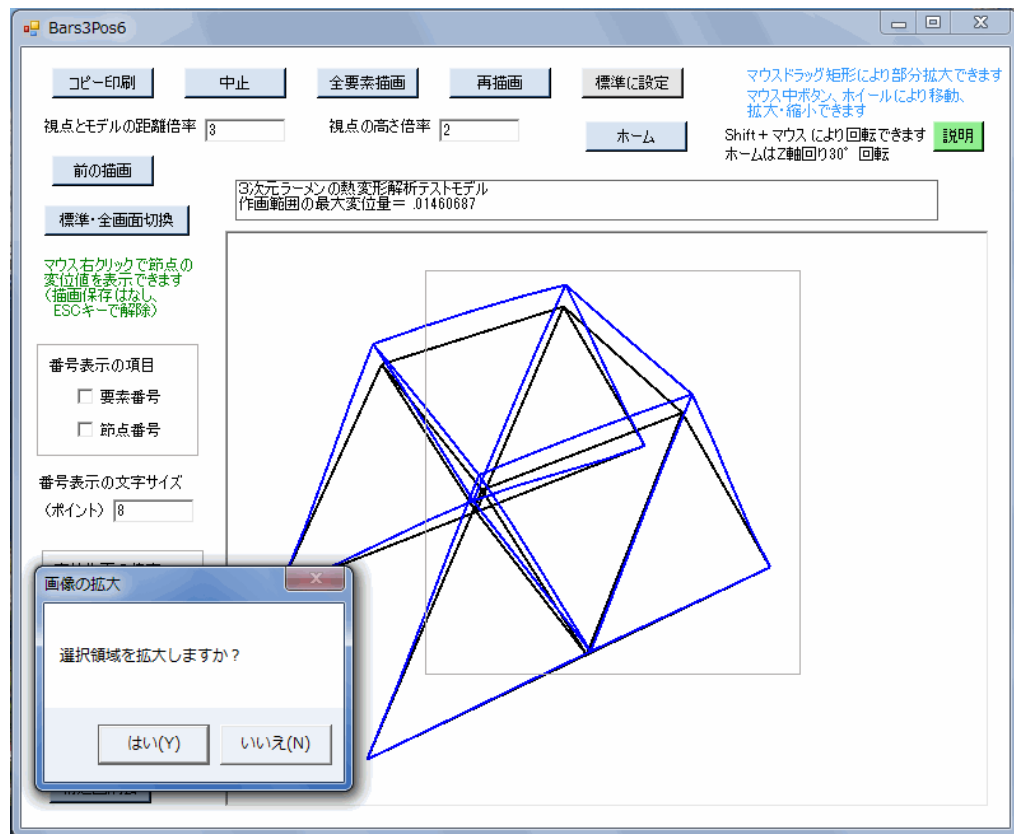


図6-7 変位図の拡大領域選択例（ラーメン）

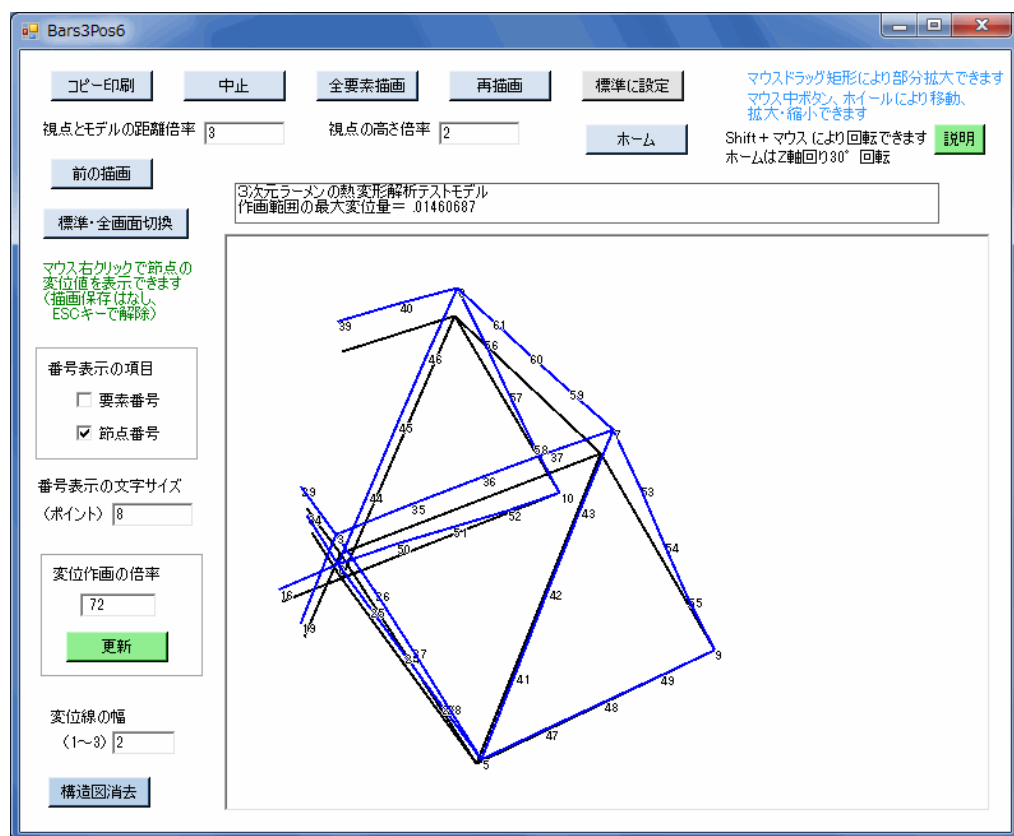


図6-8 変位図の部分拡大例（ラーメン）

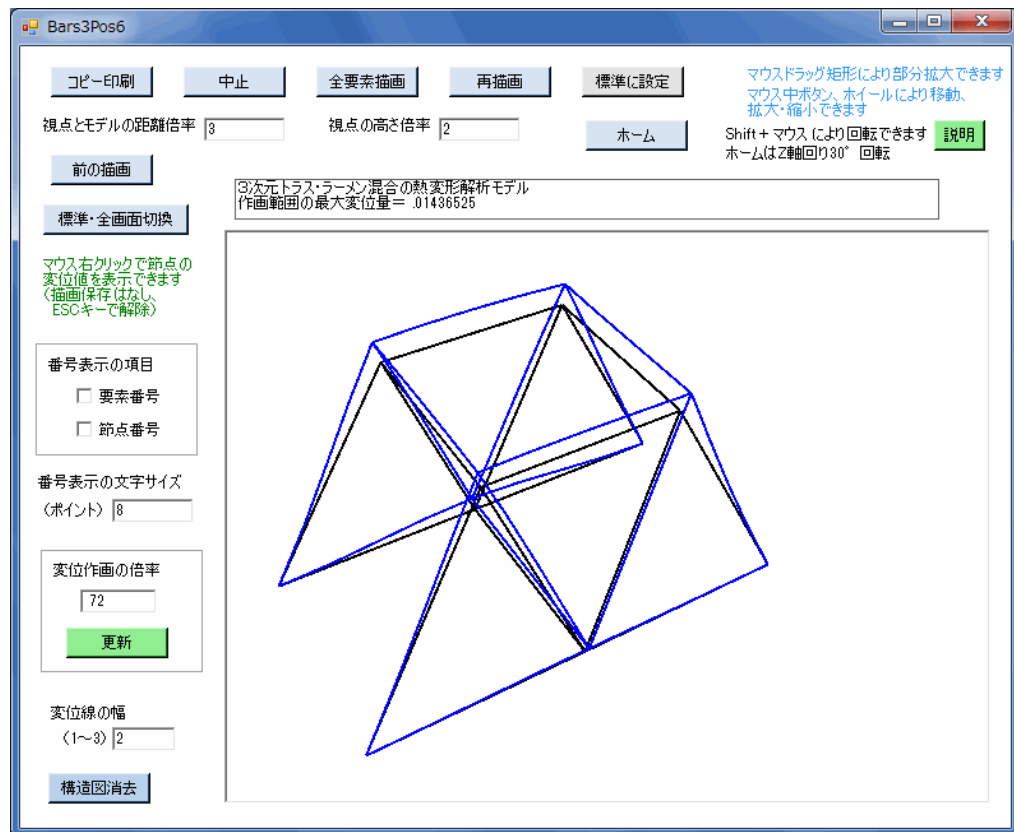


図6-9 変位図の作画画面（トラス・ラーメン混合）

6.4 応力図の指定画面

図6-10、6-11に応力図指定画面を示します。図6-10はトラスの場合、図6-11はラーメンとトラス・ラーメン混合の場合です。

①これらの画面で、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。

②本画面で、「最大・最小値データ」のボタンをクリックすると、最大・最小値データが表示されます。

◇図6-12にラーメンの最大・最小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応力図の作画画面に移ります。

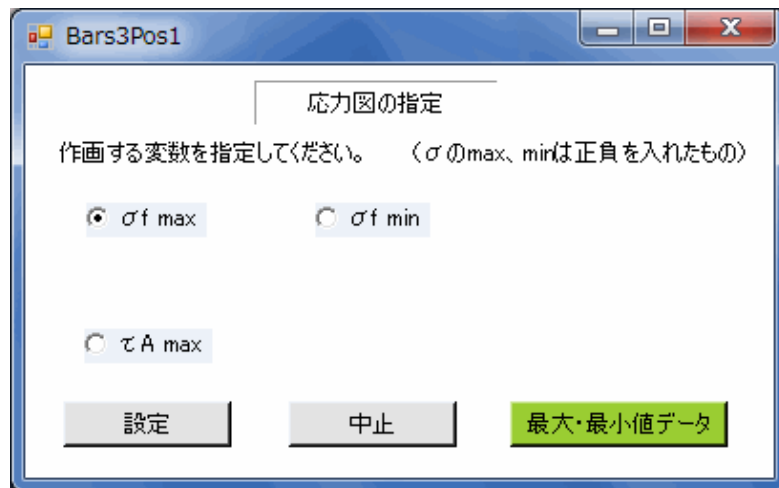


図6-10 応力図指定画面（トラスの場合）

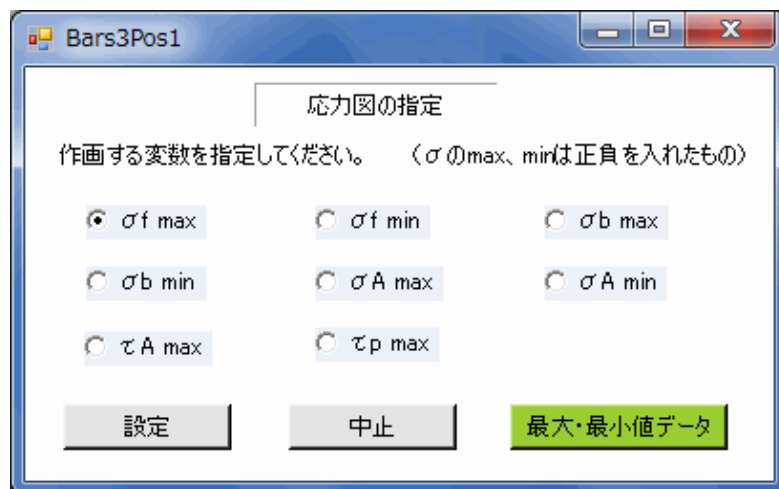


図6-11 応力図指定画面（ラーメンとトラス・ラーメン混合の場合）

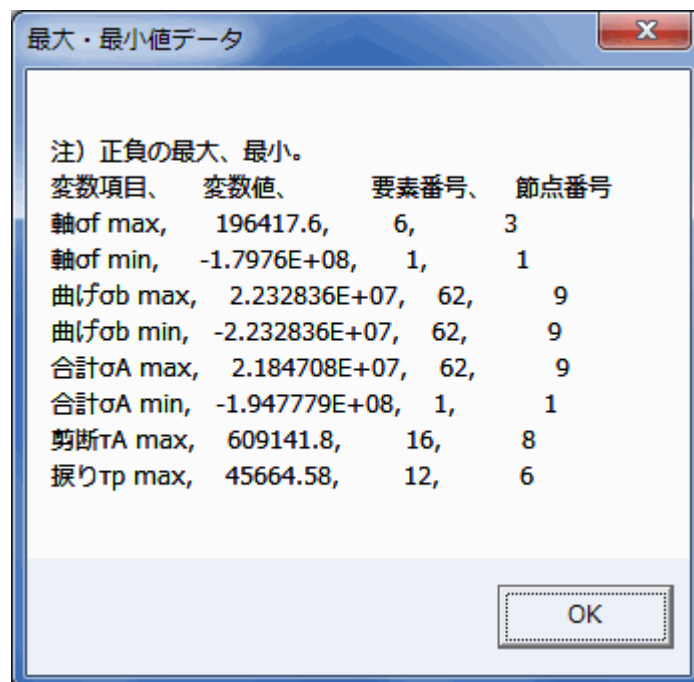


図6-12 最大・最小値データの表示例（ラーメンの場合）

6.5 応力図の作画画面

図6-13にラーメン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。

◇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「応力値の表示」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、「応力値の表示」と「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「標準モード」では、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6-14にトラス、図6-15にトラス・ラーメン混合の応力図を示します。画面内容は上述のラーメンと同様です。

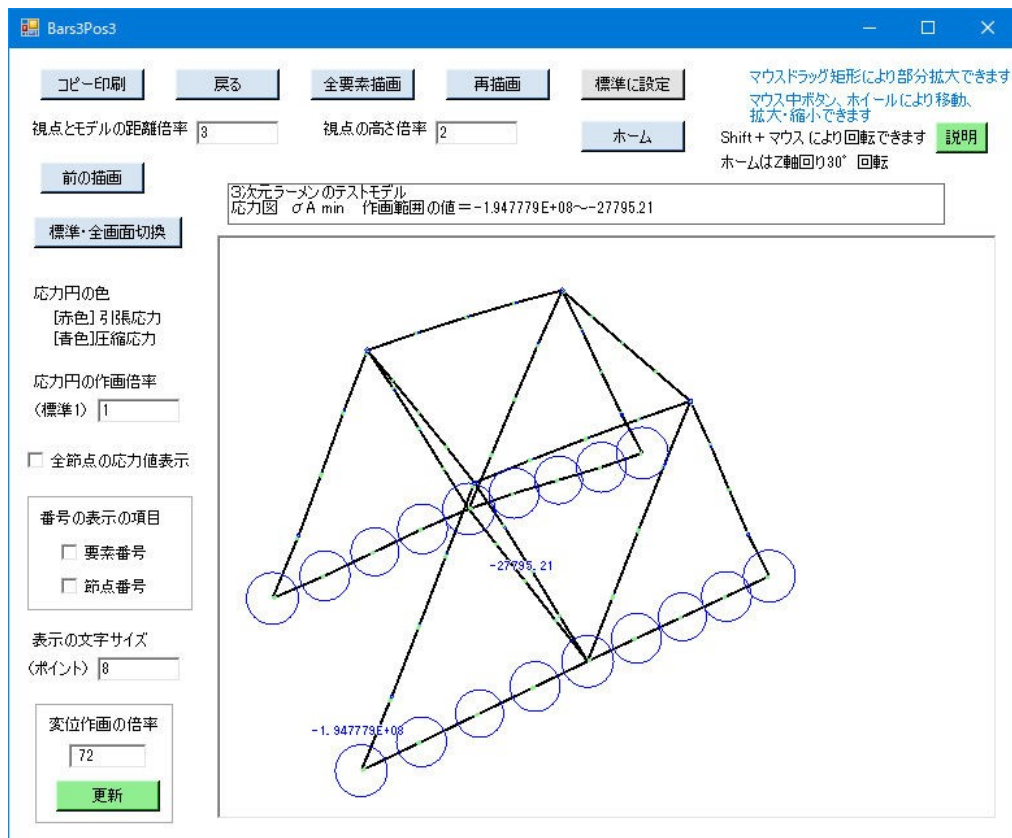


図6-13 応力図の作画画面（ラーメン）

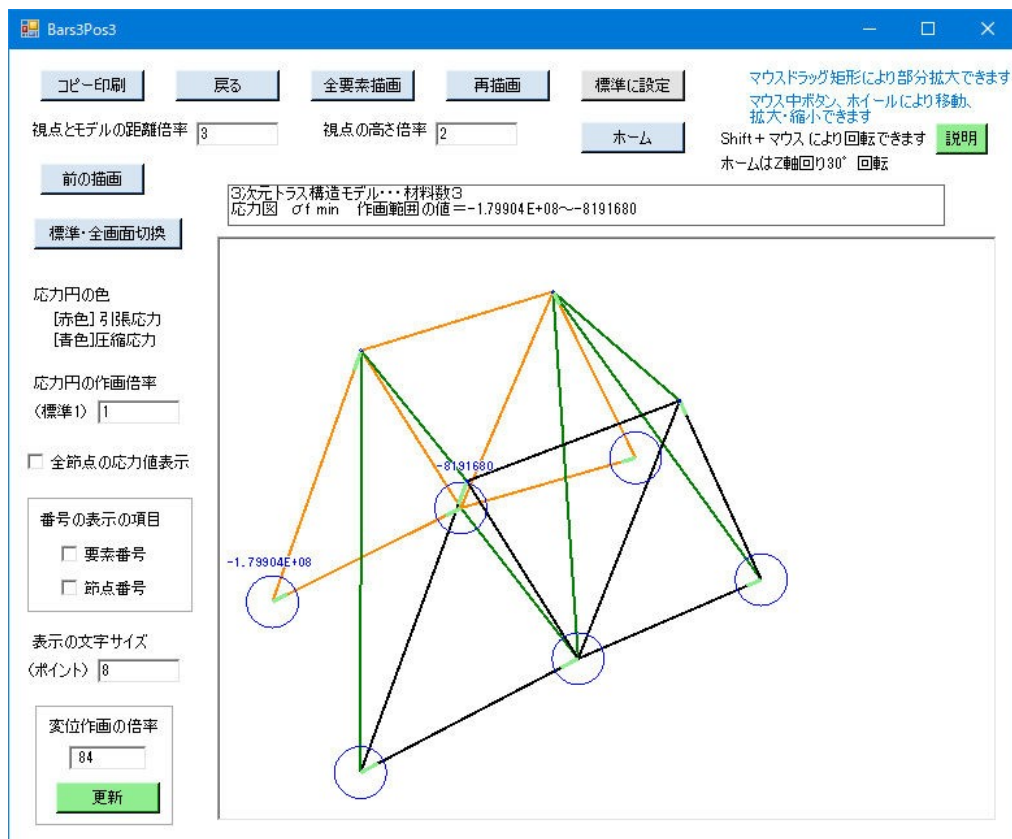


図6-14 応力図の作画画面（トラス）

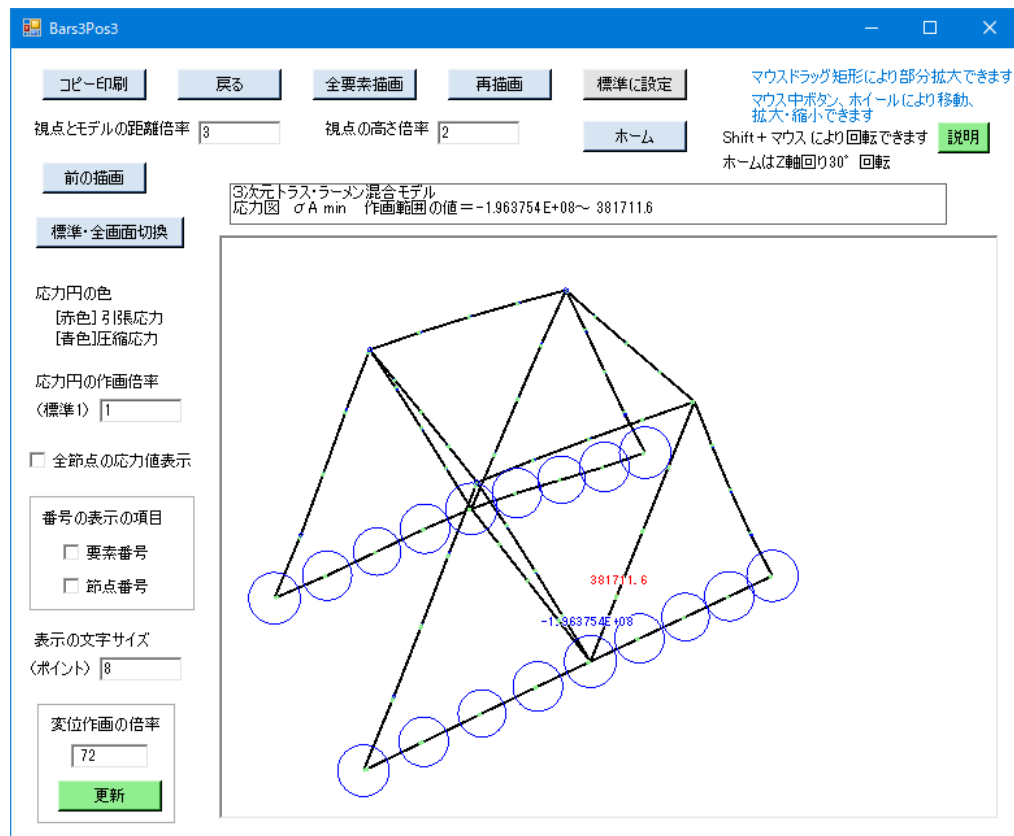


図6-15 応力図の作画画面（トラス・ラーメン混合）

6.6 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。

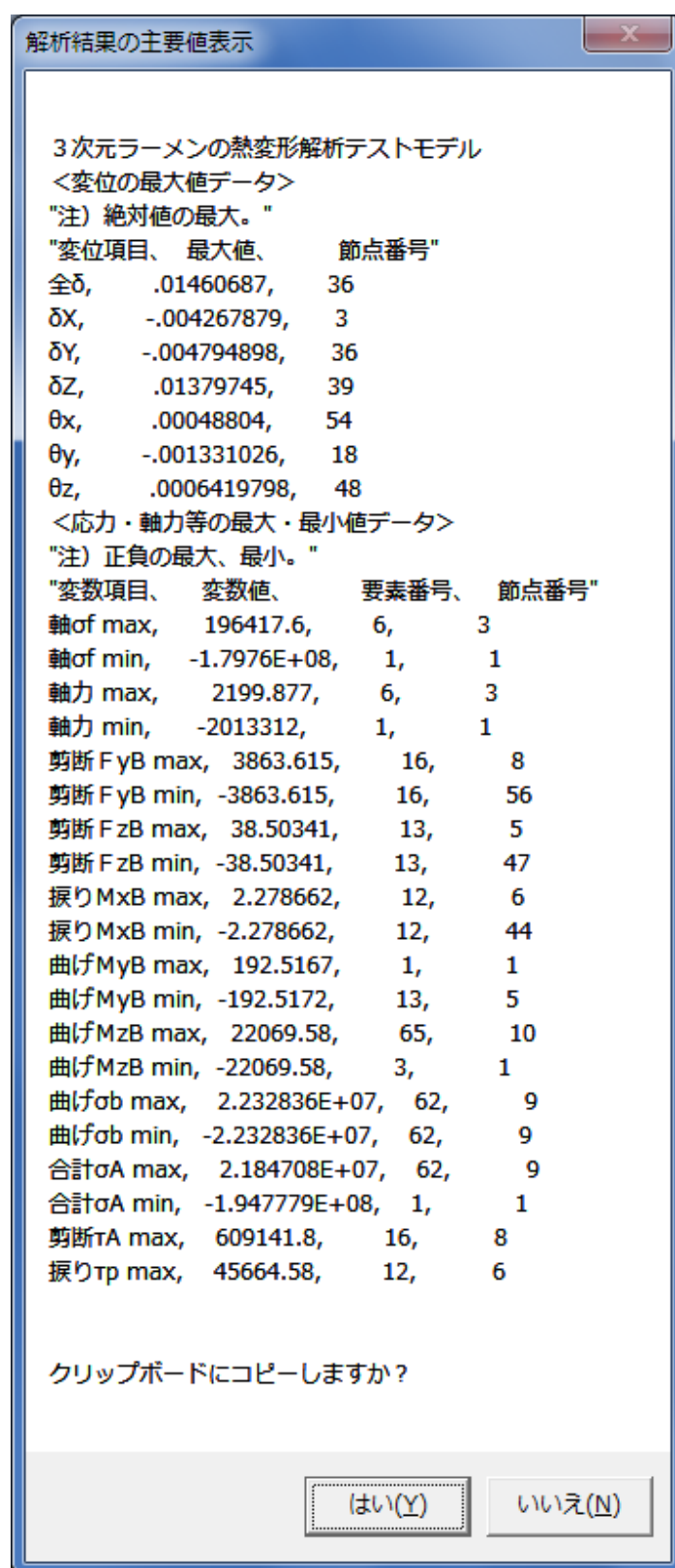


図6-16 解析結果の主要値表示の画面（ラーメンの場合）

[参考文献]

<A>BASIC言語

- A1) 「Microsoft Visual Basic プログラミング ガイド」、
マイクロソフト (株)、1997
- A2) 「実力アップ Visual Basic.NET 基礎編」、川口 輝久、
(株) 技術評論社、2003
- A3) 「Visual Basic 応用プログラミング」、林 晴比古、
ソフトバンク (株)、1997
- A4) 「Visual Basic for Windows プログラミング・パーツ」、河西 朝雄、
(株) ナツメ社、1994
- A5) 「かんたんプログラミング Visual Basic.NET 応用編」、田中 亨、
(株) オーム社、2002
- A6) 「Visual Basic リファレンス・ブック」、相沢 文雄、
(株) ナツメ社、1994
- A7) 「プログラミング Visual Basic.Net Vol.2 活用編」、Francesco Balena、
(株) ドキュメントシステム 訳、日経BPソフトプレス、2002
- A8) 「Visual Basic 2005 [実践] プログラミングテクニック」、谷尻 かおり、
技術評論社、2007

数値計算・統計解析・グラフィックス

- B1) 「数学公式・数表ハンドブック」、スpeerゲル 著、氏家 勝巳 訳、
マグローヒル ブック (株)、1984
- B2) 「数値解析とその応用」、名取 亮、
コロナ社、1992
- B3) 「線形計算」、名取 亮、
朝倉書店、1993
- B4) 「コンピュータグラフィックス講義」、青木 由直、
コロナ社、2000
- B5) 「Visual Basicによる工学計算プログラム」、黒田 英夫、
CQ出版社、2001
- B6) 「Visual Basicによる数値解析プログラム」、黒田 英夫、
CQ出版社、2002

<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) 「The Finite Element Method (Linear Static and Dynamic Finite Element
Analysis)」、Thomas J.R.Hughes、Dover Publications、2000

- C7) 「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
- C8) 機械工学便覧A5「材料力学」、日本機械学会編、
日本機械学会、2001
- C9) 「The Finite Element Method in Electromagnetics」、Jianming Jin
John Wiley & Sons、 2002