

平面トラスエディターについて

Ver. 1.0(2025/05/15)

1. 本プログラムの概要

本プログラム Truss2DEditor は、有限要素法（FEM）による平面トラス解析のために必要なデータ、すなわち

- 1) 節点データ（節点の x,y 座標）,
- 2) 要素データ（要素を構成する両端点の節点番号）,
- 3) 材料データ（要素の縦弾性係数, 断面積）,
- 4) 拘束データ（拘束した節点の節点番号, x,y 変位拘束の有無）,
- 5) 荷重データ（荷重を負荷する節点番号, 荷重の x,y 成分）

を GUI（Graphical User Interface）を用いて生成するものである。生成されたデータは名前をつけてファイルとして保存され、この保存データを、有限要素法による平面トラス解析プログラムが読み込んで FEM 解析を行う。

2. データ生成の手順

ここでは、図 1 のように、節点 1 と節点 3 を完全拘束（ x,y 方向への移動を許さない）し、節点 2 に x 方向に 1000 N の荷重を負荷するトラスを例に挙げて本プログラムによるデータ作成手順を示す。なお、図 1 の 2 本のトラス要素のそれぞれの材料は同一とし、縦弾性係数 E および断面積 A は

$$E = 100 \times 10^9 [\text{N/m}^2],$$

$$A = 0.0001 [\text{m}^2]$$

とする。

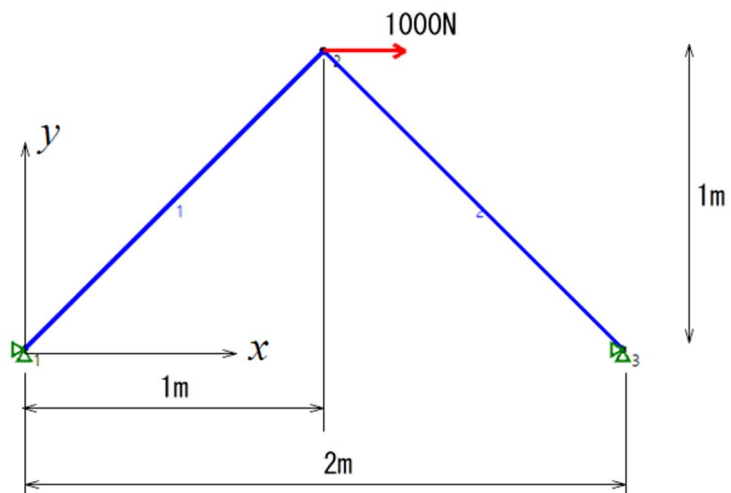


図 1 データ作成のための例題

2. 1 起動画面

本プログラムの起動直後の画面は図 2 のようになっている。以下に画面の説明を行う。

- ① 各種データタブは、節点データ、要素データ、材料データ、拘束データおよび荷重データの 5 個のタブから構成される。
- ② 各種タブの中のデータは、エクセルのような表形式で表示される。
- ③ 作図設定のための 5 個のボタンは、マウスを用いた節点表示、要素作成、拘束点の指定、荷重節点の指定などを行うためのボタンであり、GUI によって作業を進める。
- ④ ファイル処理メニューは、本プログラムで生成したファイルの読み込み、書き出しおよび FEM のた

めのファイルの出力を行う。

- ⑤ 作図領域は、節点表示、要素作成、拘束節点の指定、荷重節点の指定などの作業過程を図示する領域である。

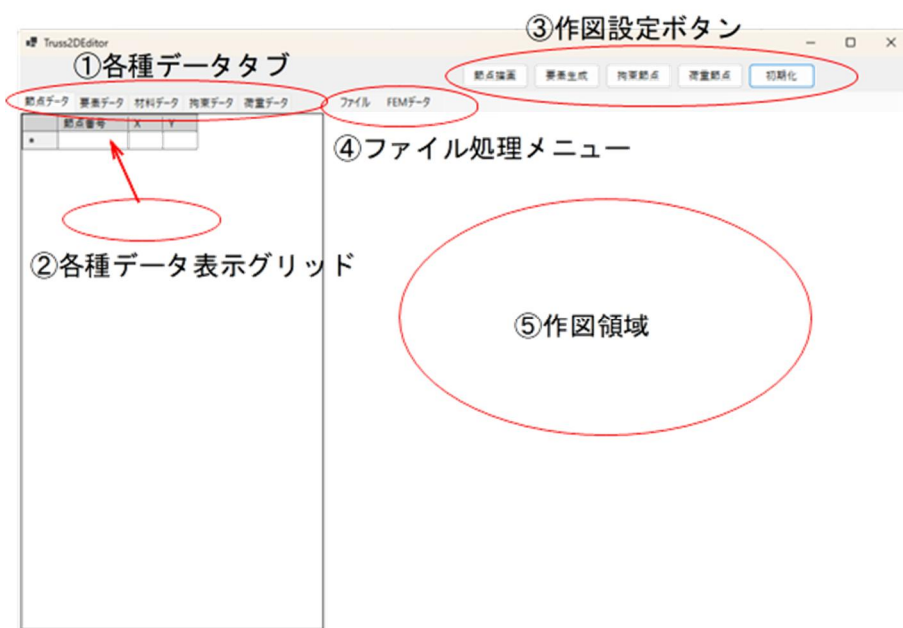


図 2 起動直後の画面

2. 2 節点入力

図 1 の解析例では、総節点数は 3 である。節点 1 を (x, y) 座標の原点に設定すると、各節点の座標は、節点番号（番号づけは任意）順に

1, 0, 0

2, 1, 1

3, 2, 0

である。これを、図 3 のように、キーボードから節点データタブに入力する。このとき、節点番号の列には番号が 1 から自動的に挿入されるので、ユーザーは節点番号を入力する必要はない。

節点の座標の入力が終了したら、③の作図ボタンの「節点描画」ボタンを押す。すると、⑤の作図領域に図 4 のよう

節点データ	要素データ	材料データ	拘束データ	荷重データ
節点番号	X	Y		
1	0	0		
2	1	1		
3	2	0		
*				

図 3 節点データタブへの座標入力

に 3 つの節点が表示される。

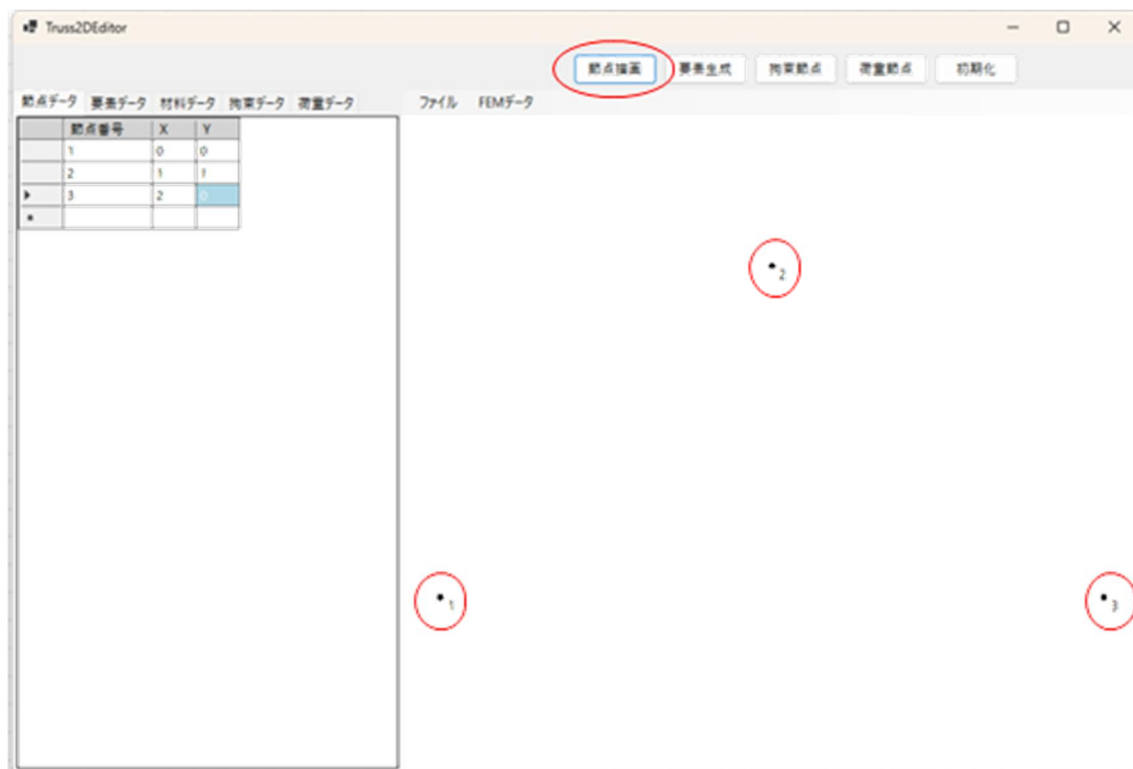


図 4 節点描画

2. 3 要素作成

節点の入力を終えて、それらを画面に表示したら、次は、要素の作成に進む。要素を作成するには、「要素生成」ボタンを押し、要素の端点となる 2 節点をマウスでクリックすればよい。

たとえば、節点 1 と節点 2 を端点とする要素を作成する場合を例示する。

まず、「要素生成」ボタンを押すと、図

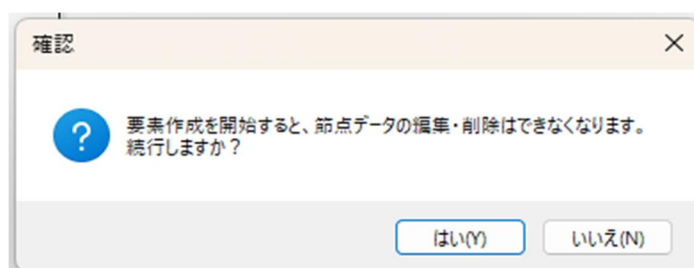


図 5 要素作成確認画面

5 のような要素作成のための確認画面が現れるので「はい (Y)」を選択する。次に、節点 1 を左クリックすると、節点 1 を始点、現在のマウスポインタを終点とする線が表示されるので、節点 2 の付近にポインタを近づけて左クリックする。このとき、図 6 のように、材料番号(1 から始まる)の入力を促すメッセージボックスが現れるので、(材料番号 1 をデフォルトとして) リターンキー押す。

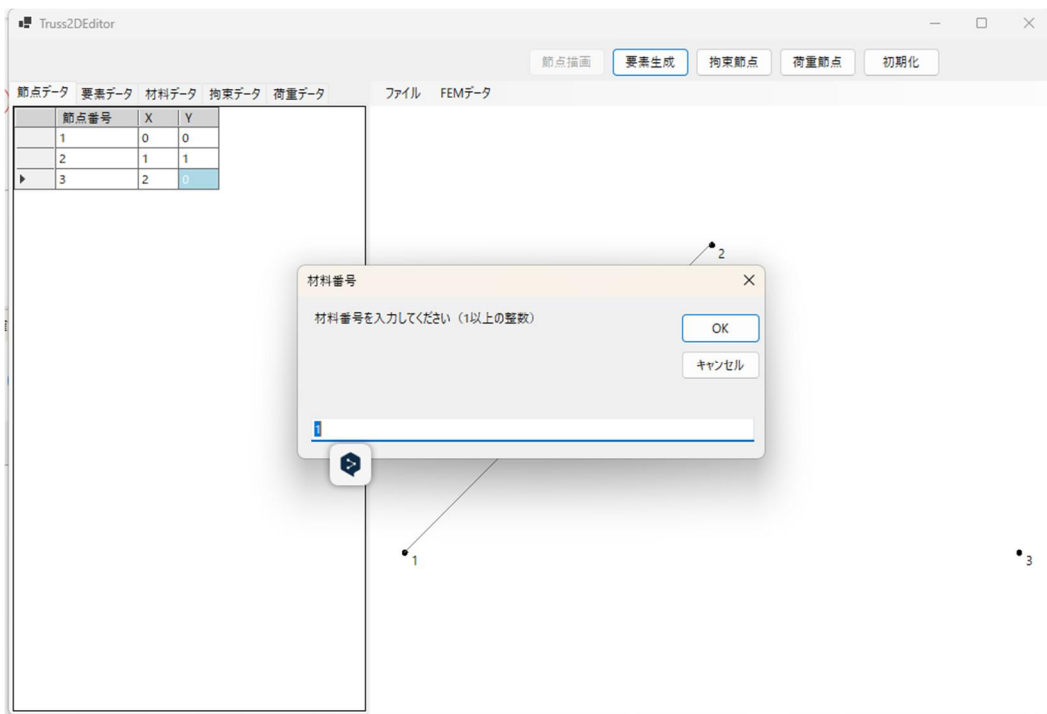


図 6 材料番号の入力

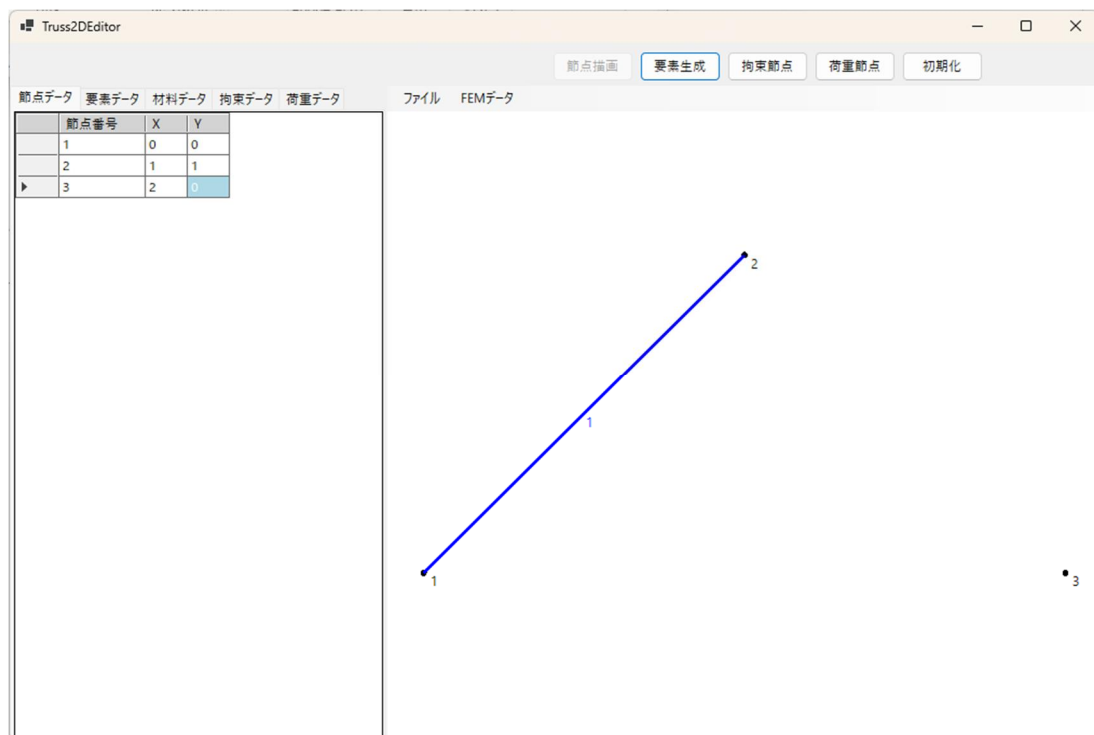


図 7 要素の作成

すると、図 7 のように、節点 1 および節点 2 を端点とする要素 1 が生成されたことを表示する青い線が描かれる。同様に、節点 2 および節点 3 を端点とする要素 2 を作成すればよい。

これらの作業が正しく行われたかどうかは「要素データ」タブを確認すればよく、図8のような要素データが表示されるはずである。

また、要素作成を誤った場合には、図8の要素データタブを表示したあとに、左端の列（▶マークのある列）の該当行を選んでキーボードの「Delete」（削除）キーを押せばよい。

なお、材料データについては、

節点データ	要素データ	材料データ	拘束データ	荷重データ
	要素番号	始点(ii)	終点(jj)	材料番号
▶	1	1	2	1
	2	2	3	1
*				

図8 要素データの確認

節点データ	要素データ	材料データ	拘束データ	荷重データ
	材料番号	ヤング率	断面積	
▶	1	206000000000	0.0001	
*				

(a)

→

節点データ	要素データ	材料データ	拘束データ	荷重データ
	材料番号	ヤング率	断面積	
▶	1	100e9	0.0001	
▶▶				

(b)

図9 材料データ

図9(a)のように、デフォルトでは、材料番号1に対して、軟鋼材料を想定して $E = 100 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ 、 $A = 0.0001 \text{ m}^2$ と設定しているので、図9(b)のように、断面積はそのまま、縦弾性係数（ヤング率）は $E = 100 \text{ e}9 (= 100 \times 10^9) \text{ N/m}^2$ と入力する。

トラス構造の部材が1つだけの場合には、材料番号を1だけの設定でよいが、複数の材料から成る場合には、GUIで要素作成をする場合に材料番号2を入力する必要がある。また、このときには、材料データタブに材料番号2を入力し、続けてその横の列に、ヤング率や断面積を入力する。

2.4 拘束節点の指定

力学的に意味のある問題とするには、トラス構造の節点のどこかを拘束する必要がある。ここでは、拘束節点を指定する手順を述べる。

2.3節の材料データの書き換えを行ったあとに、「拘束節点」のボタンを押し、続いて拘束したい節点（本問題では節点1と節点3を完全拘束（x,y方向の変位を拘束）するものとする）付近にマウスカーソルを移動して左クリックする。すると、図10のように、x方向の拘束の有無を尋ねられるので、1（デフォルト）の入力のままにして「OK」を押す。続いてy方向についても同様に1のままにしてOKを押すと、図11のように節点1および節点3に拘束を表す三角形記号△などが表示される。

また、拘束データタブの内容を確認すると、図12のようにになっている。要素作成データと同様、拘束節点を誤って設定した場合、この拘束データタブを利用して拘束節点を削除することもできる。

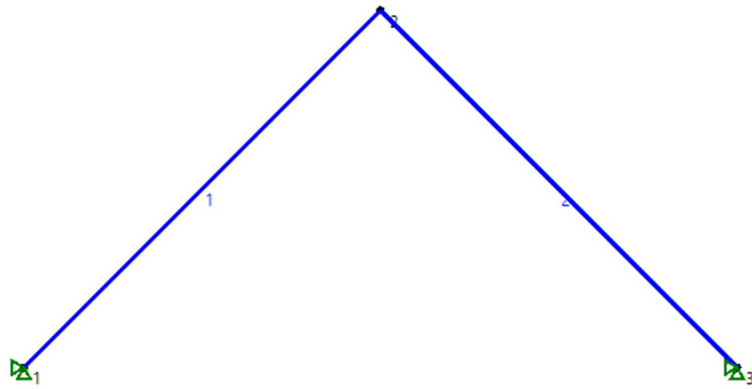


図 10 拘束節点記号の表示

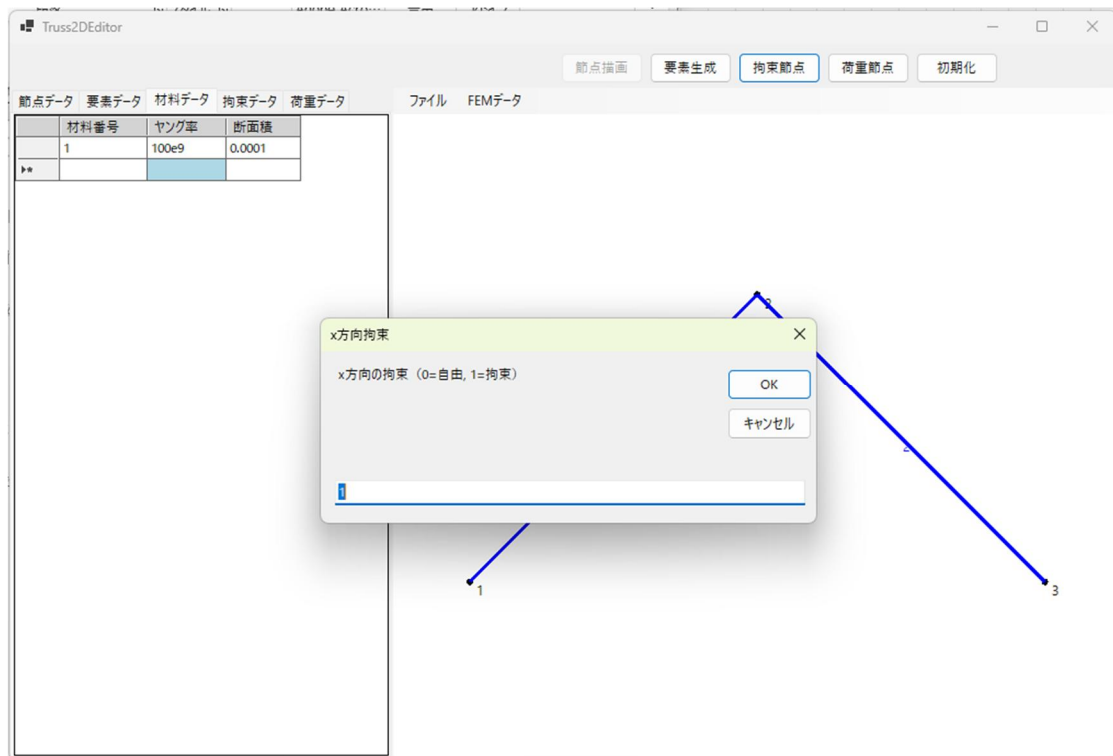


図 11 拘束節点の指定と拘束方向の入力

節点データ	要素データ	材料データ	拘束データ	荷重データ
	節点番号	拘束X	拘束Y	
▶	1	1	1	
	3	1	1	
*				

図 12 拘束データ

2. 5 荷重節点の指定

荷重節点の式には「荷重節点」ボタンを押せばよい。その後、節点 2 付近にマウスカーソルを移動してマウスボタンを左クリックすると、 x, y 方向の荷重値の入力を促すメッセージボックスが表示されるので、 x 方向荷重値として 1000N, y 方向荷重値として 0 を入力する。その結果、図 13 のような荷重ベクトルを表示する画面が得られる。

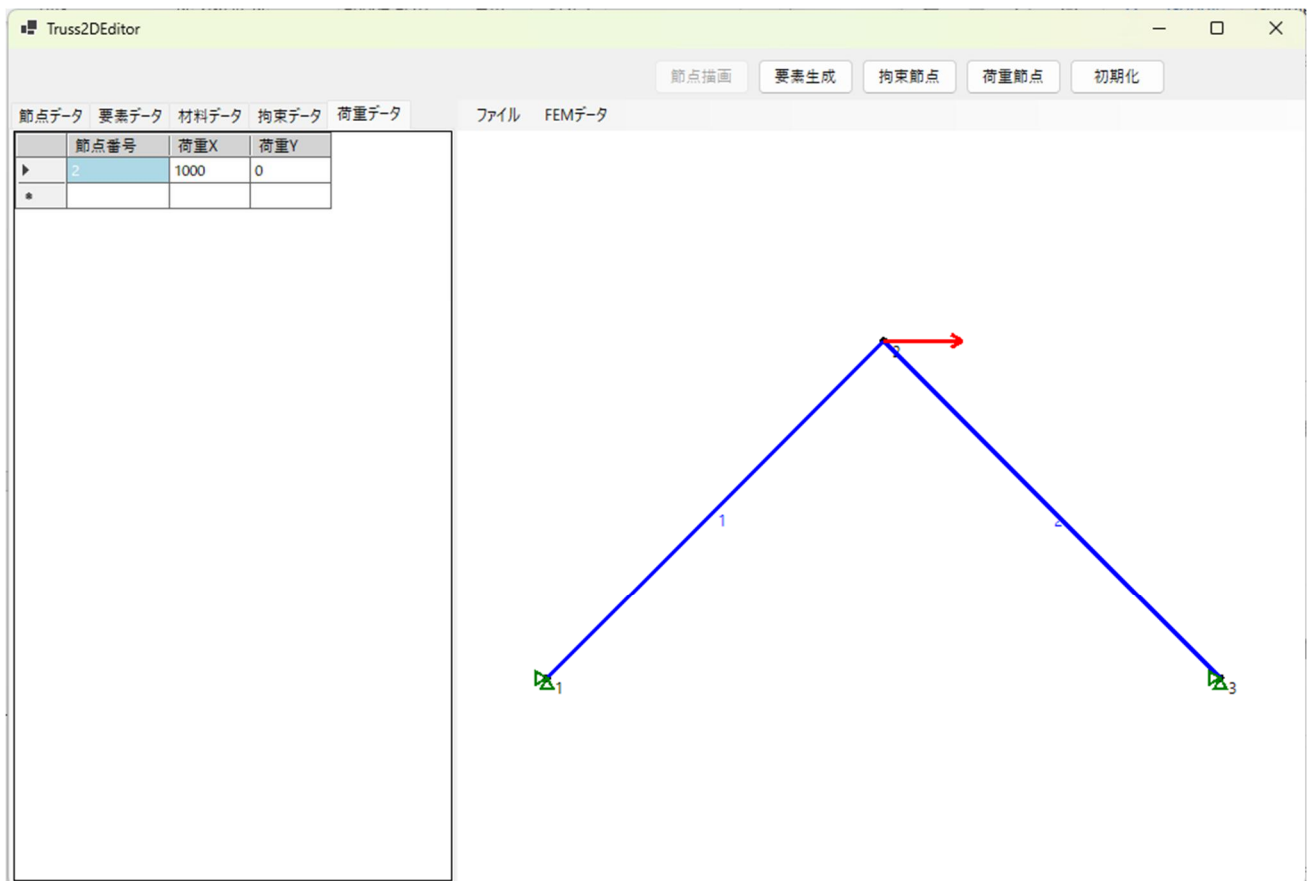


図 13 荷重節点の指定

なお、「初期化」ボタンを押すと、以上の入力結果をすべてキャンセルすることも可能である。これは、トラス構造に対する入力をやり直したい場合などに利用すればよい。

2. 6 FEM データ出力とファイル入出力

最後に、作成データのファイルの入出力処理について説明する。以上のトラスの例題について、生成されたデータを整理して示すと

1) 基本データ：総節点数，総要素数，拘束節点数，荷重節点数

=>3, 2, 2, 1

2) 節点データ：節点番号，x座標，y座標（節点の数だけ必要）

=>1, 0, 0

2, 1, 1

3, 2, 0

3) 要素データ：(要素番号，要素端点の節点番号（2 個），縦弾性係数，断面積），
要素の数だけ必要

=>1, 1, 2, 100e9, 0.0001

2, 2, 3, 100e9, 0.0001

4) 拘束データ：拘束節点番号，x 拘束の有無（1 か 0），y 拘束の有無（1 か 0）

=>1, 1, 1

3, 1 1

5) 荷重データ：荷重節点番号，x 方向荷重の大きさ，y 方向荷重の大きさ

=>2, 1000, 0

6) データへのコメント：(これは，本プログラムによって下記のコメントを添えている)

=>Truss2D-Problem

となる。

これらのデータを，FEM 解析のために必要なテキストファイルとして出力するには，図 14 のよう

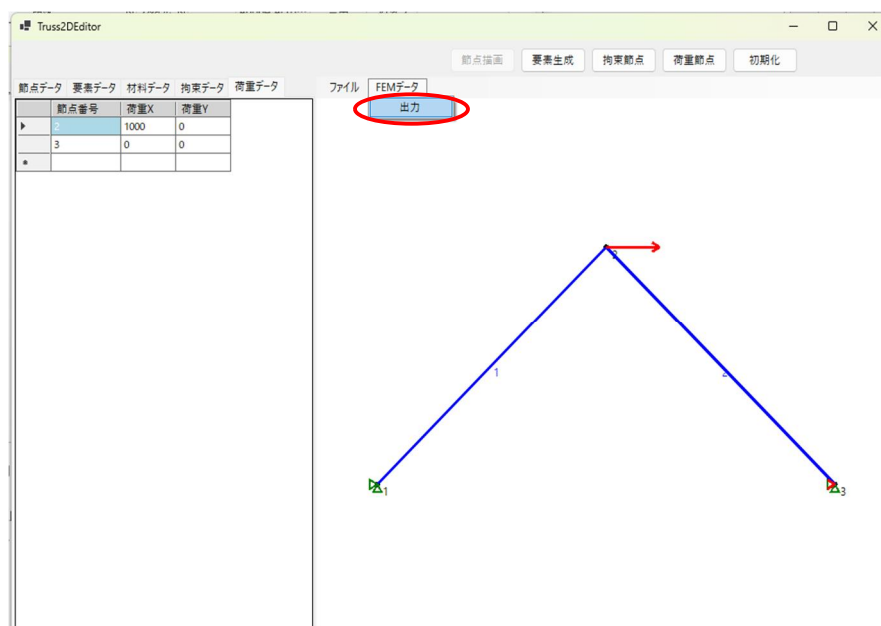


図 14 FEM データ出力

に、ツールメニュー「FEM データ」=>「出力」とたどり、ファイルダイアログボックスでファイル名を入力すればよい。たとえば、ファイル名の拡張子として、*.t2d とすれば紛れが少ないかも知れない。

さらに、データ作成の途中で一旦、作成作業を中断してこれまでのデータをファイルにセーブしておくこともでき、これには、ツールメニュー「ファイル」=>「書き出し」とすればよい。これは、作業中のデータを CSV 形式で一時的に保存するためのメニューである。後ほど、このデータ作成の作業を継続したい場合には、本プログラムを起動後に、ツールメニュー「ファイル」=>「読み込み」とすればよい。

2. 7 単位について

以上の例では、節点座標を表す長さの単位は m (メートル)、力の単位は N (ニュートン) としている。したがって、首尾一貫した計算を行うには、材料データの縦弾性係数 (ヤング率) は N および m の単位を有していなければならない。つまり、 $E=100 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ とし、同様に、断面積 A についても m^2 の単位で与える必要がある。

2. 8 その他

以上、平面トラス問題のためのデータ作成手順を示したが、この他にもマウスセンターホイールの回転による図形の拡大縮小機能、およびセンターホイールを押し続けて図形をドラッグ (移動) する機能がある。これは、節点数や要素数の多い場合に役立つものと思われる。

平面トラスの有限要素解析プログラム tr2dg も別途作成しているので、本プログラムをこの FEM プログラムと併せて利用すれば、シームレスに有限要素解析を実行できる。

3. 練習問題

【問題 1】

右図のようなトラス構造を作成し、
FEM のためのデータファイルを出力し
よう。各節点の座標は、mm で表し

1, 0.0, 0.0
2, 2000.0, 0.0
3, 0.0, 1000.0
4, 1000.0, 1000.0
5, 2000.0, 1000.0
6, 0.0, 2000.0
7, 1000.0, 2000.0
8, 2000.0, 2000.0
9, 1000.0, 3000.0

とする。（実数型変数であることを明示
するために、ここでは、座標には小数点
をつけている。）

縦弾性係数 E は N/mm^2 を単位として

$$E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2,$$

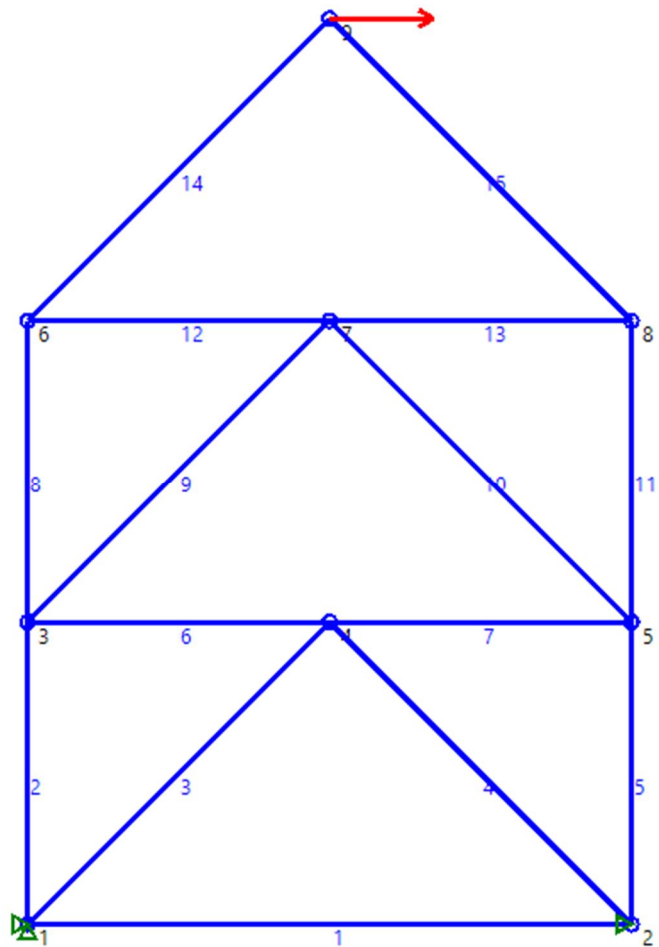
断面積 A は

$$A = 10 \text{ mm}^2$$

とする。また、節点 1 は、 x, y 方向完全
拘束、節点 2 は、 y 方向のみの拘束（ x
方向は移動可）とする。

さらに、節点 9 には x 方向荷重 980 N を負荷する。

（与えた図にとらわれずに、節点番号、要素番号は任意に付与してもよい。図は参考程度に考えてよい。）



参考文献

- 1) 堀辺, Visual Basic でわかるやさしい有限要素解析, 森北出版 (2008).
- 2) 戸川, 有限要素法概論, 培風館 (1980).
- 3) 朝井, 3 ステップでしっかり学ぶ Visual Basic 入門, 技術評論社 (2024).