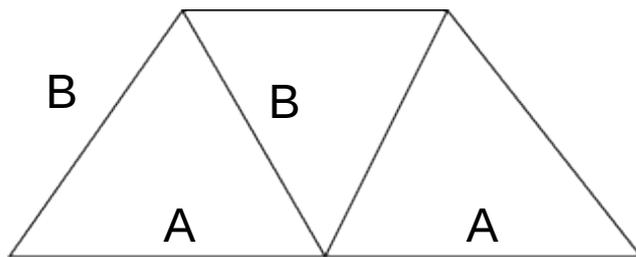


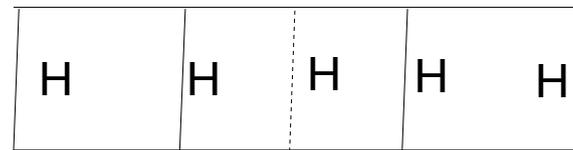
# 全学ゼミ「構造デザイン入門」 ～構造解析ソフトの紹介～

# 次回（11/15）解析演習までに準備すること

- 集合場所：計算機センターE26教室
- デザインをだいたい決定する（変更可）
- 側面図（横から），平面図（上から），下面図（下から）などを作成
  - 部材は線，接合部は点で表現
- 部材表：寸法，部材長さを決定（40m以下を確認）



側面図



平面図

部材表

部材	長さ	個数	小計
A	1.2m	2	2.4m
---			
H	0.5m	5	2.5m

合計 ??m

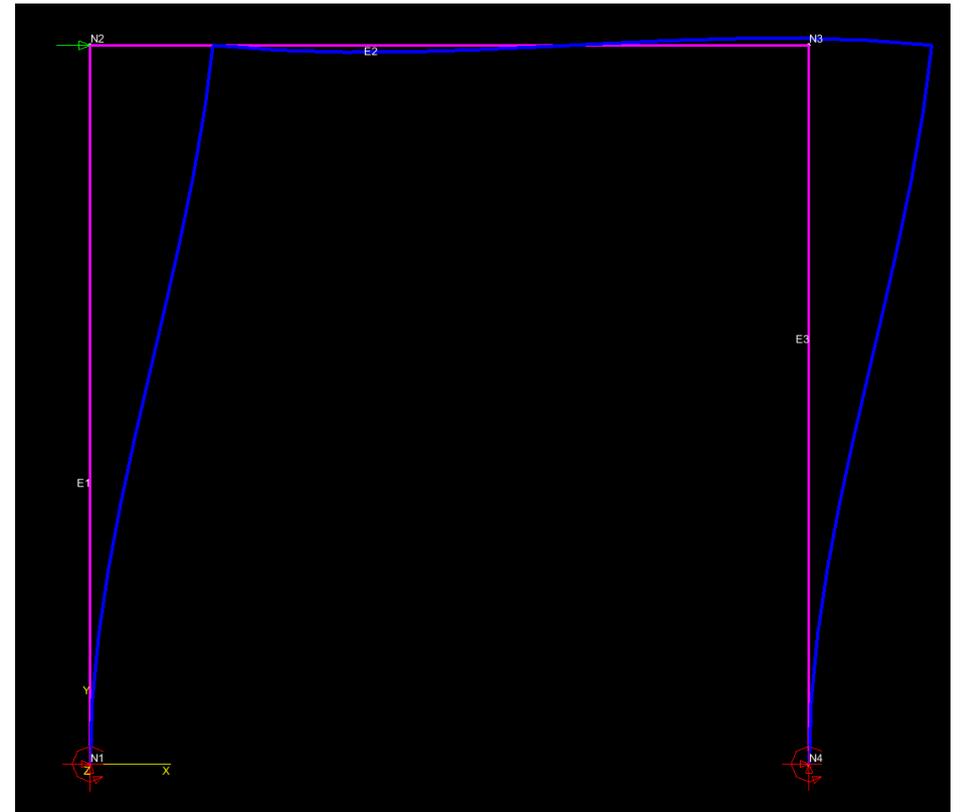
# 本日の内容

- 構造解析ソフトMastan2の紹介
- 設計のポイント
  - 破壊形式
    - 座屈（部材，全体）
    - ボルト破断
    - ボルト接合部材（ボルト孔近傍）の引張破断
  - 破壊荷重の決定
- Mastan2を用いた2017年度単純梁の解析事例
- 各グループで製作案を解析

# 構造解析ソフト

- MASTAN2

- 線材解析  
(断面力を計算)
- 部材を線材に置き換え
- 構造物全体を把握



# 解析手順

## 1. 構造物の形状作成

1. 節点の作成
2. 部材の作成（節点を結ぶ）

## 2. 部材の作成

1. 断面性能（断面積）決定
2. 材料（ヤング係数）決定

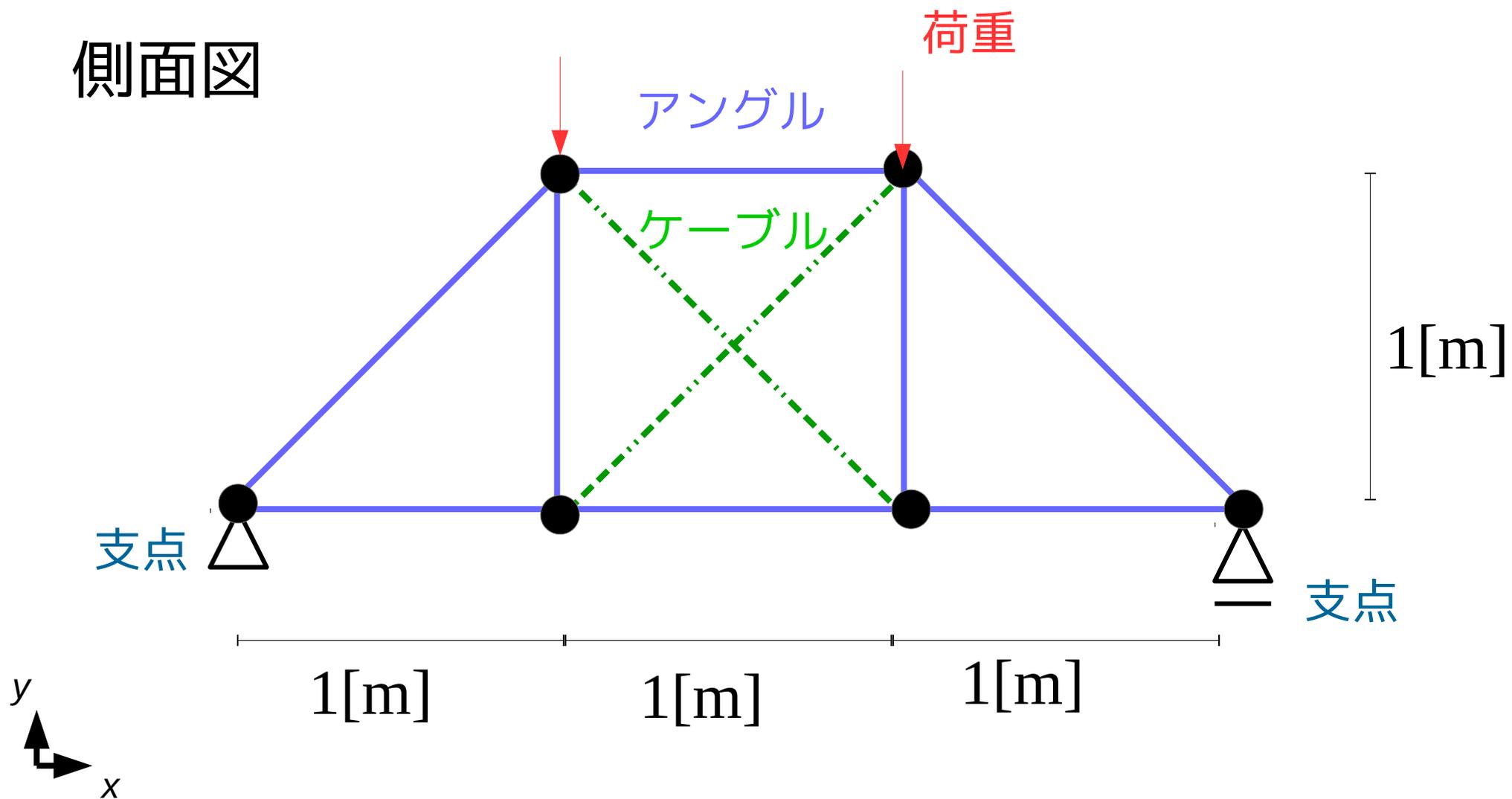
## 3. 境界条件

1. 支点の条件（ピン、ローラー）を設定
2. 力（集中力）の設定

## 4. 解析及び結果の分析

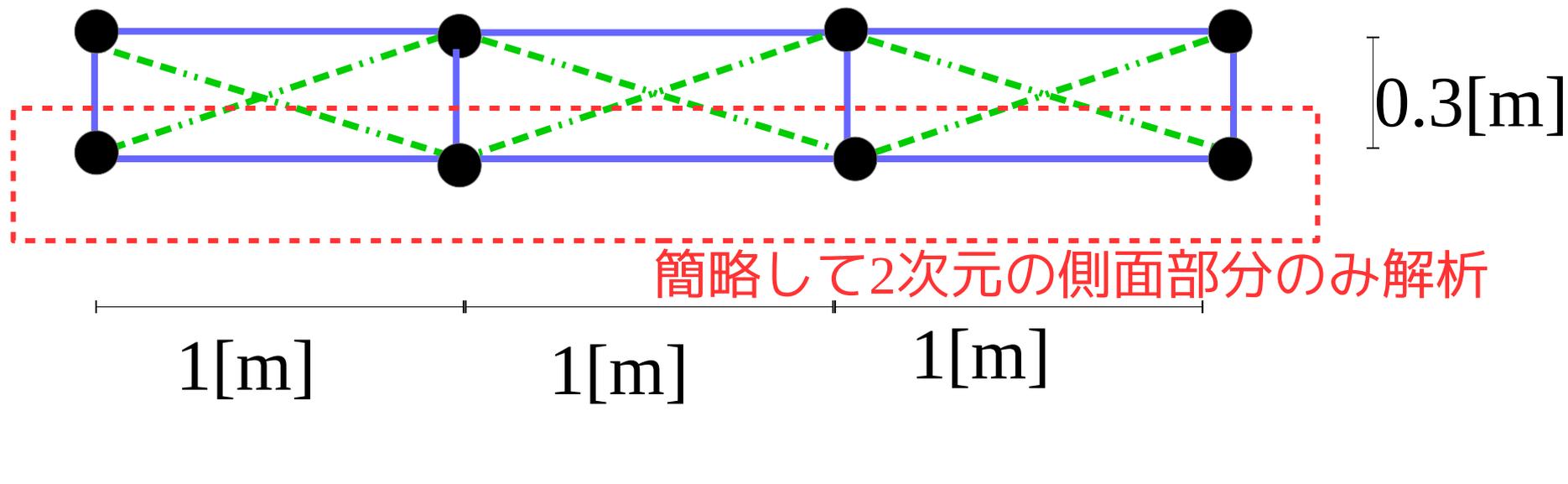
# 1.1 制作する単純梁

側面図



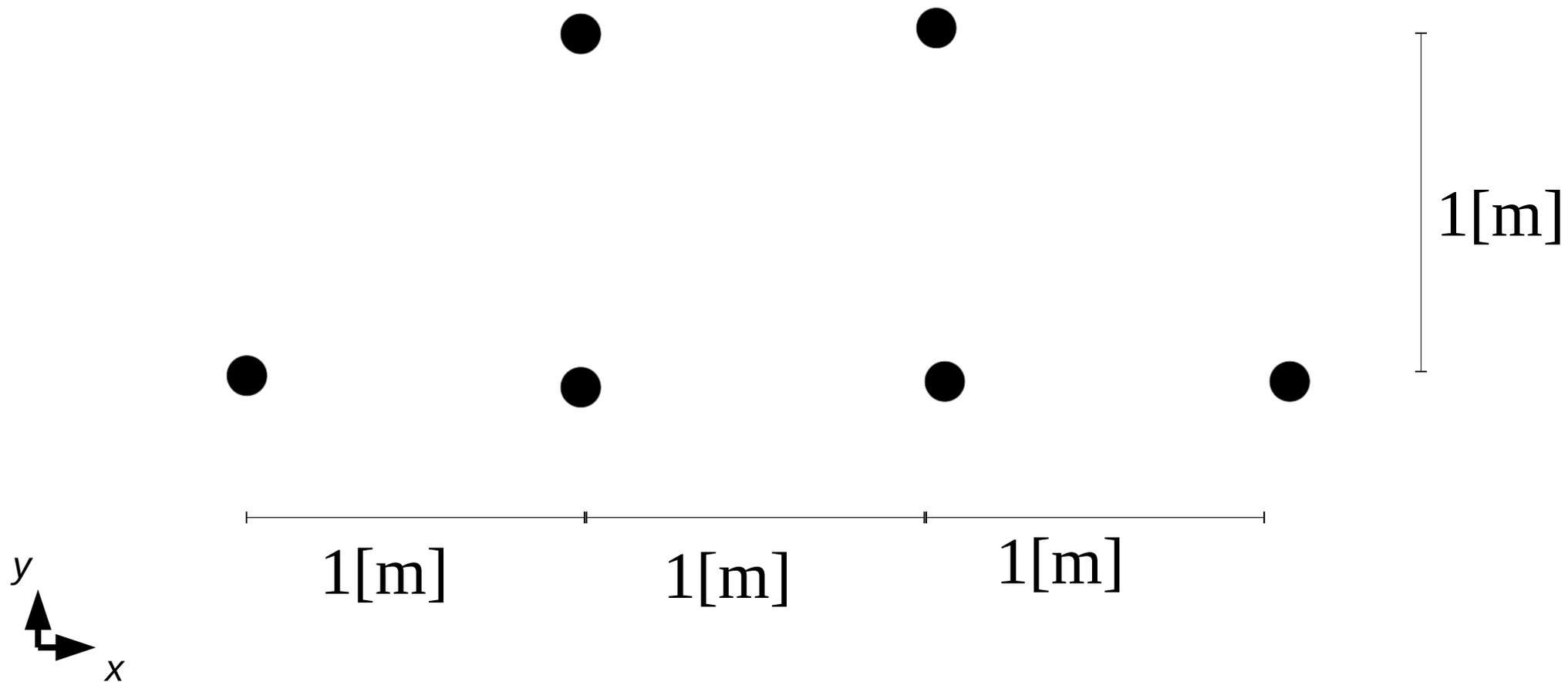
# 1.1 制作する単純梁

上面図



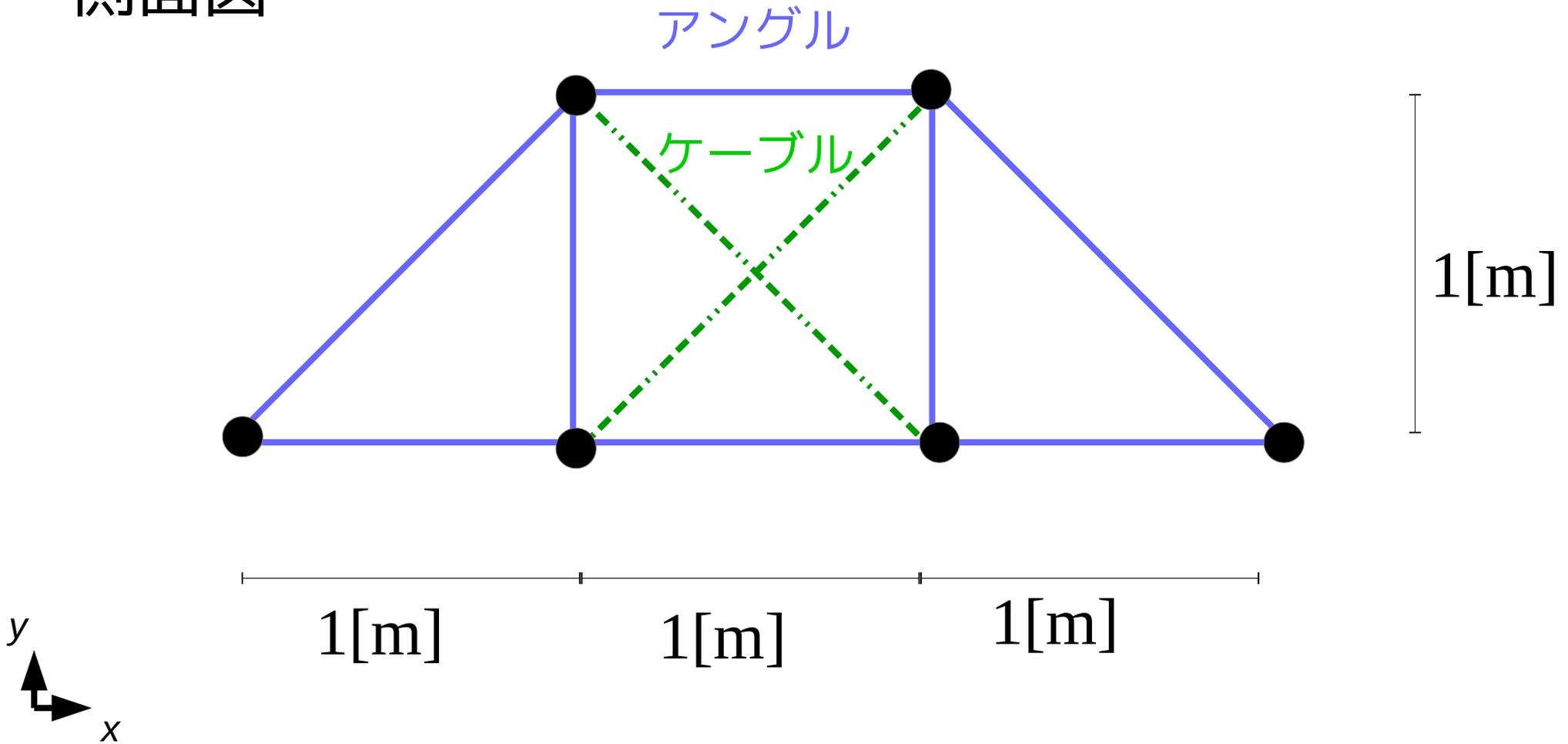
# 1.1 節点の作成

側面の部分

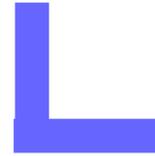


# 1.2 部材の作成

側面図



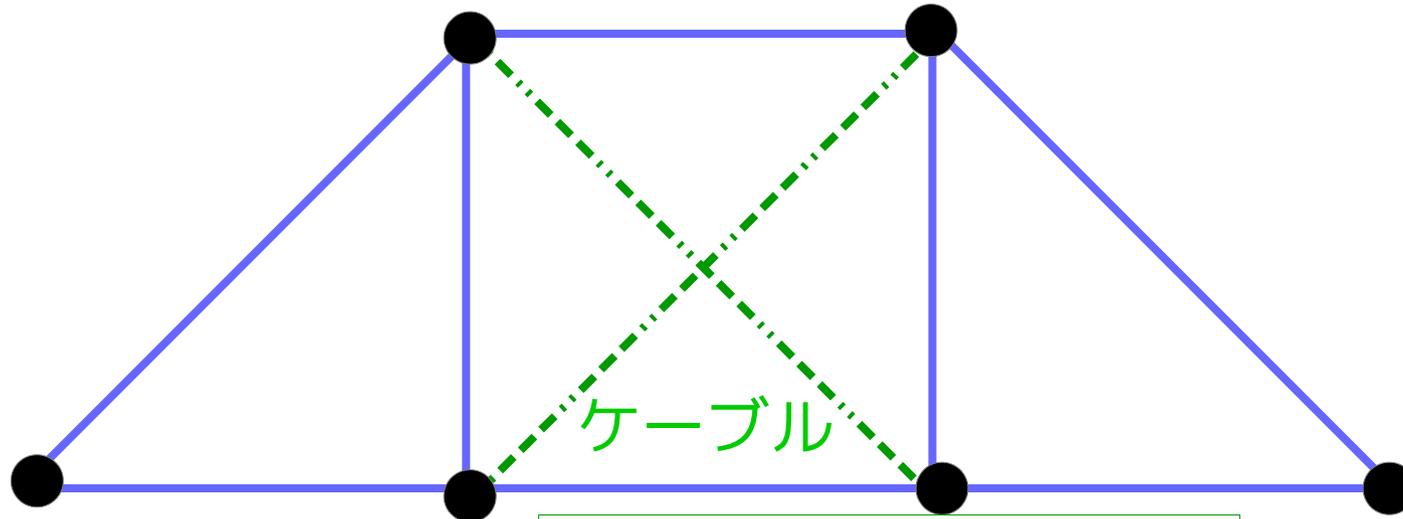
# 2.1 部材断面の設定



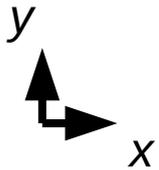
側面図

断面積  $A=171 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$

アングル



断面積  $A=7 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$



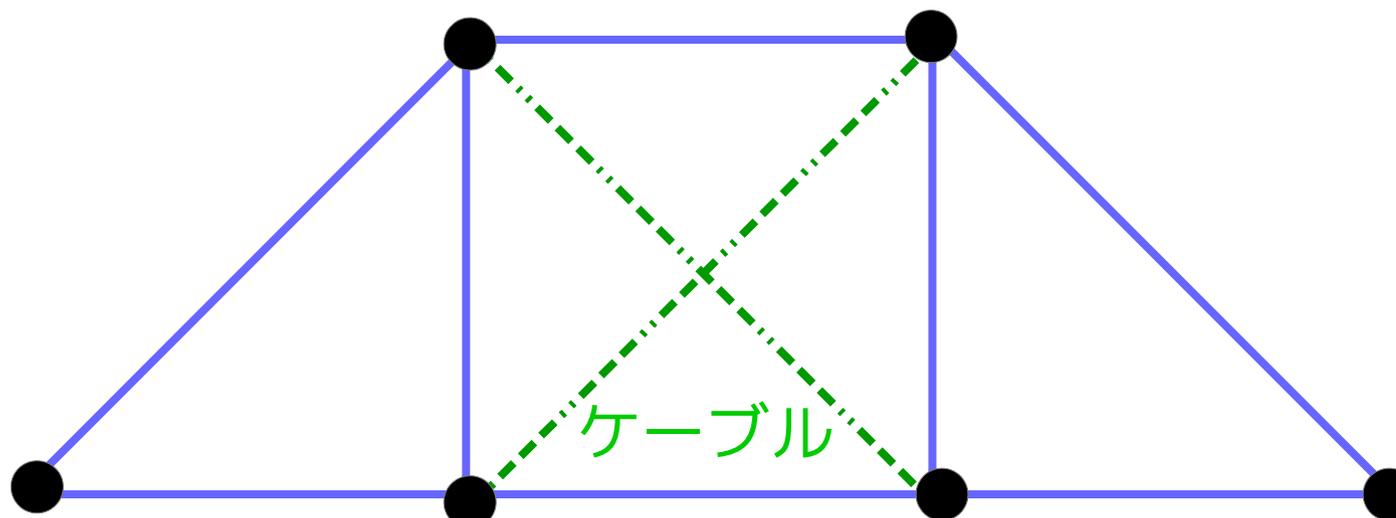
## 2.2 材料の設定



側面図

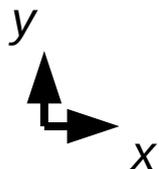
ヤング係数(アルミ)  $E=69 \times 10^9 [\text{N/m}^2]$

アングル



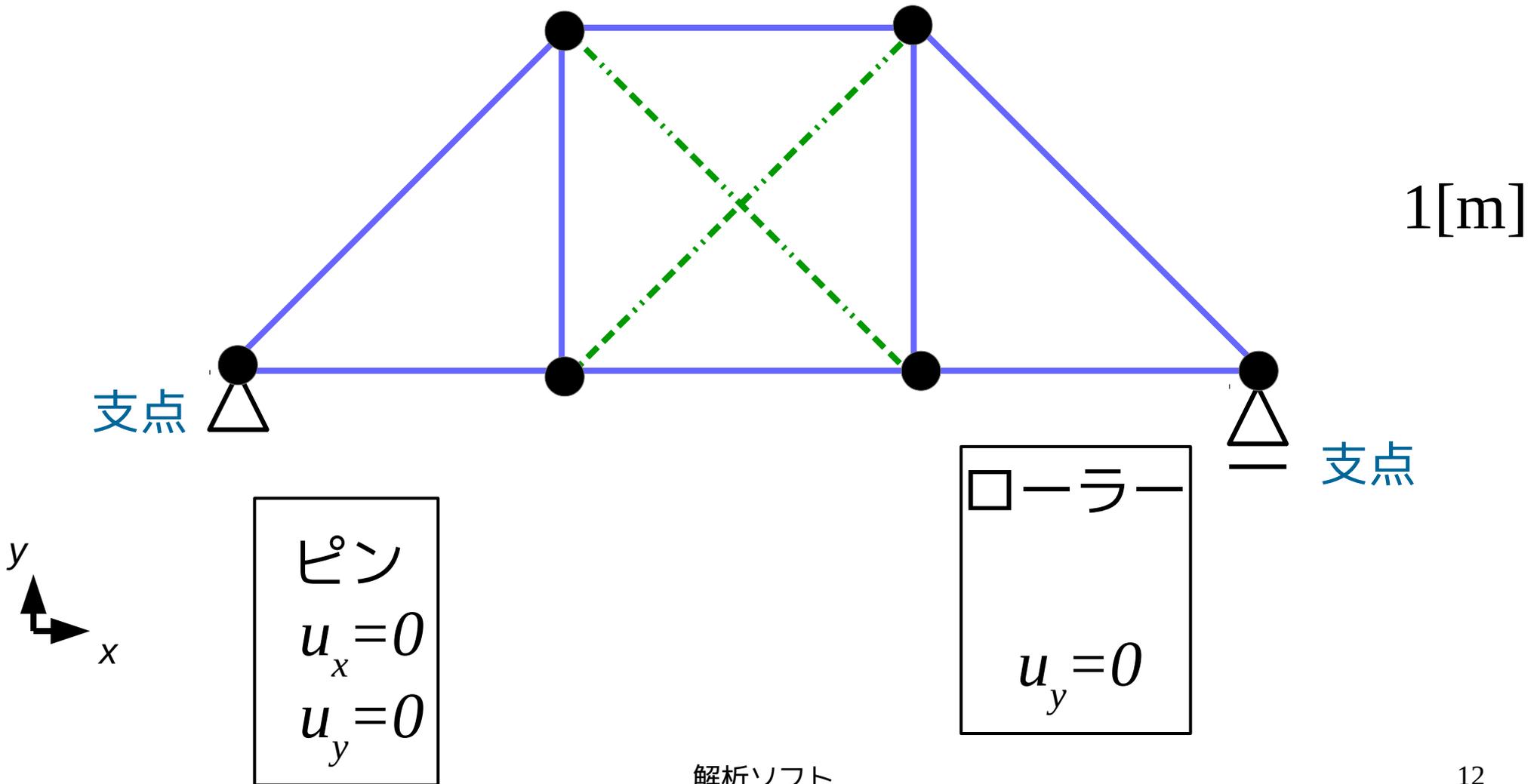
ケーブル

● ヤング係数(鋼)  $E=100 \times 10^9 [\text{N/m}^2]$



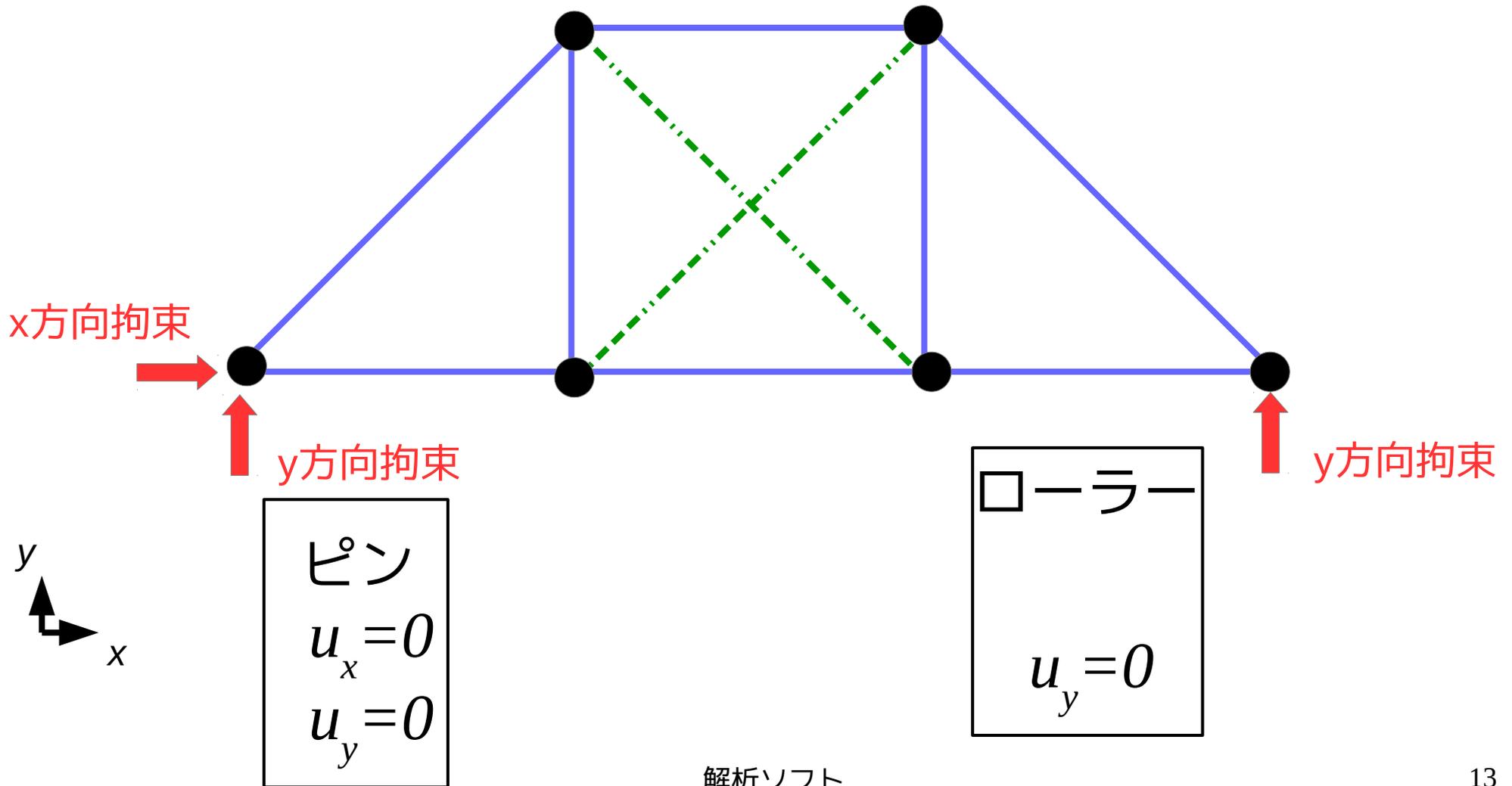
# 3.1 支点の条件の設定

側面図



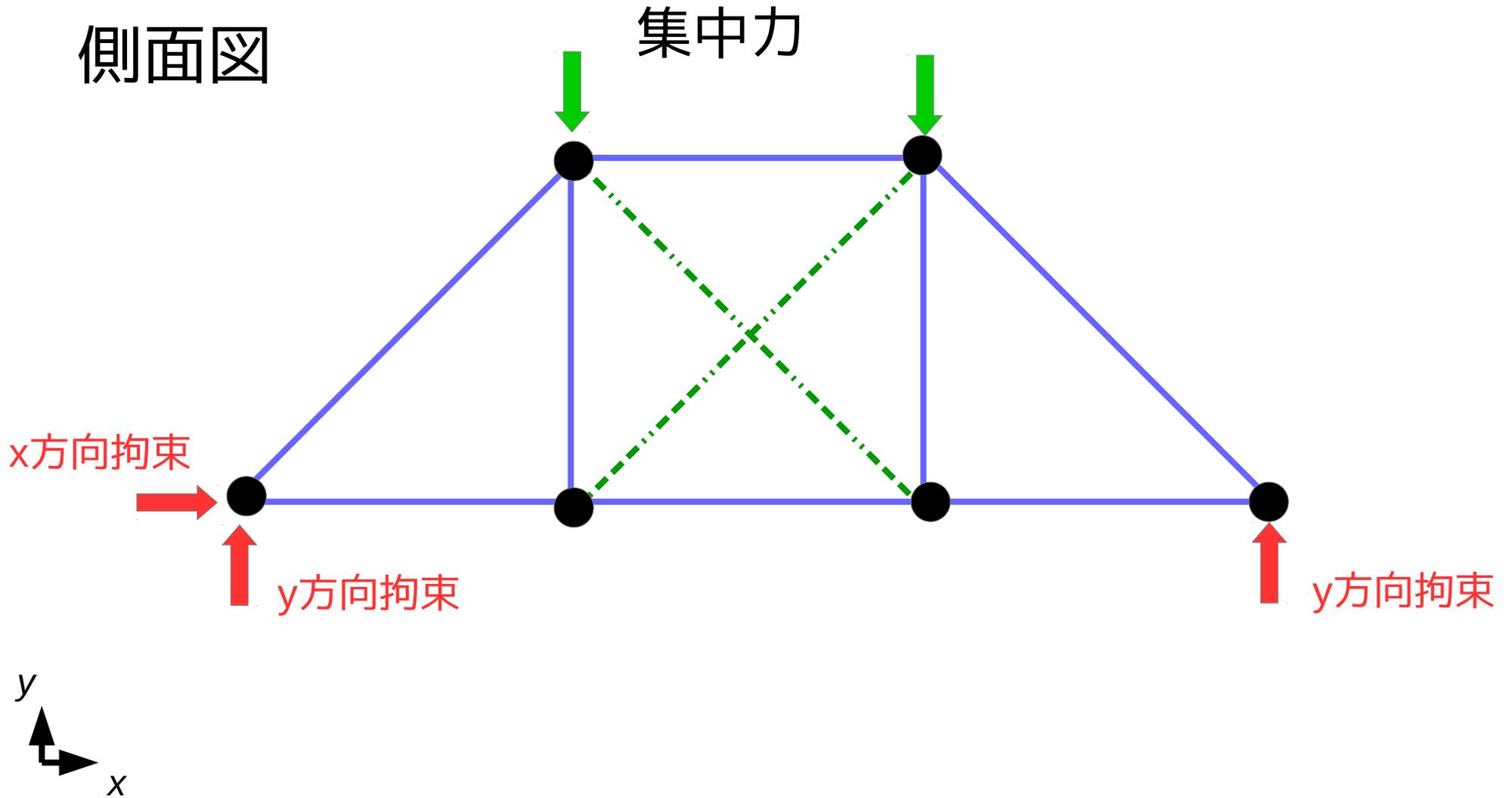
# 3.1 支点の条件の設定

側面図

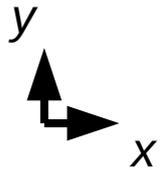
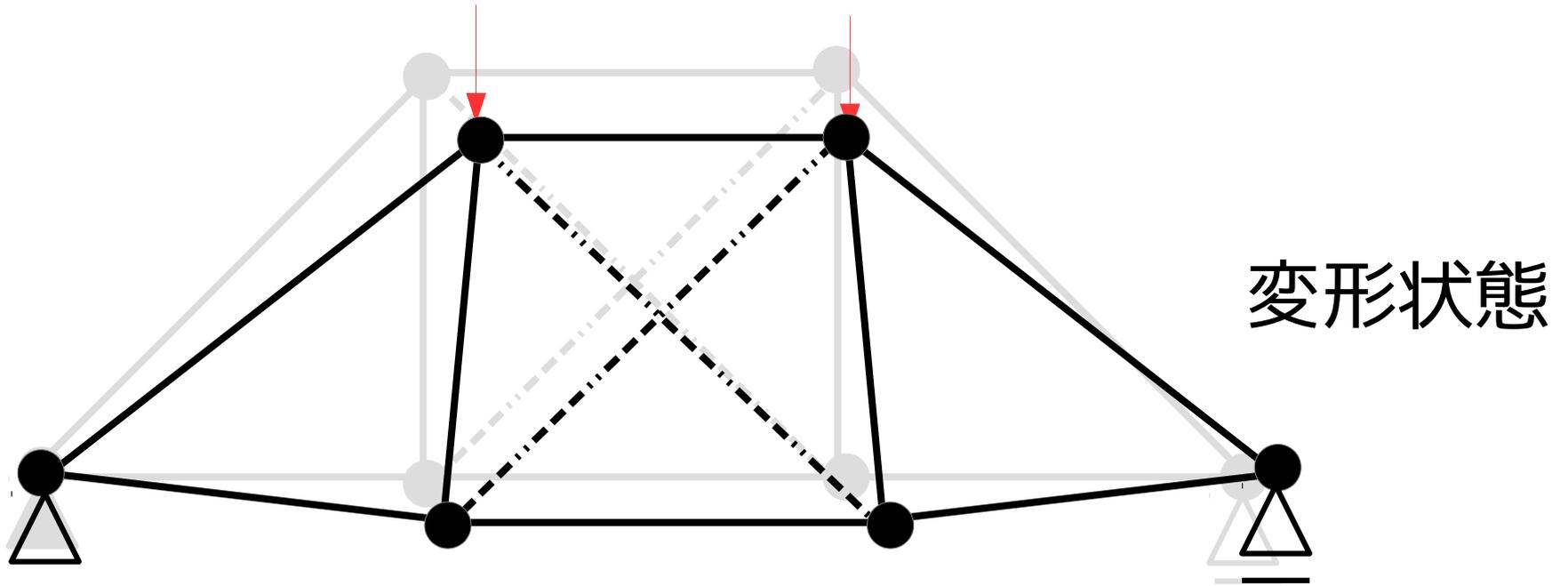


## 3.2 力の設定

側面図

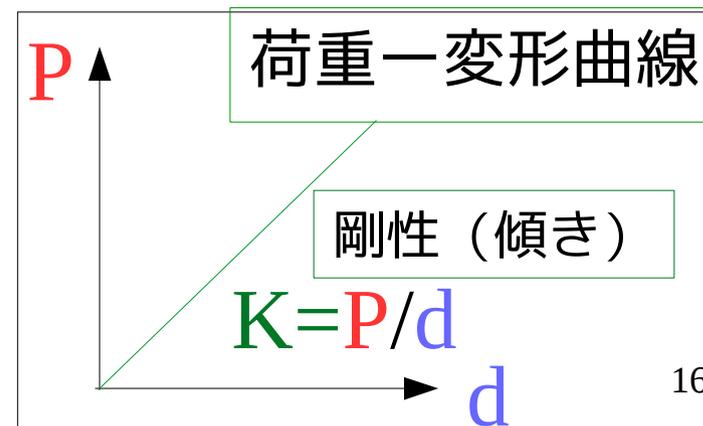
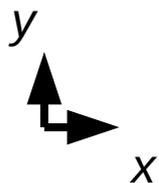
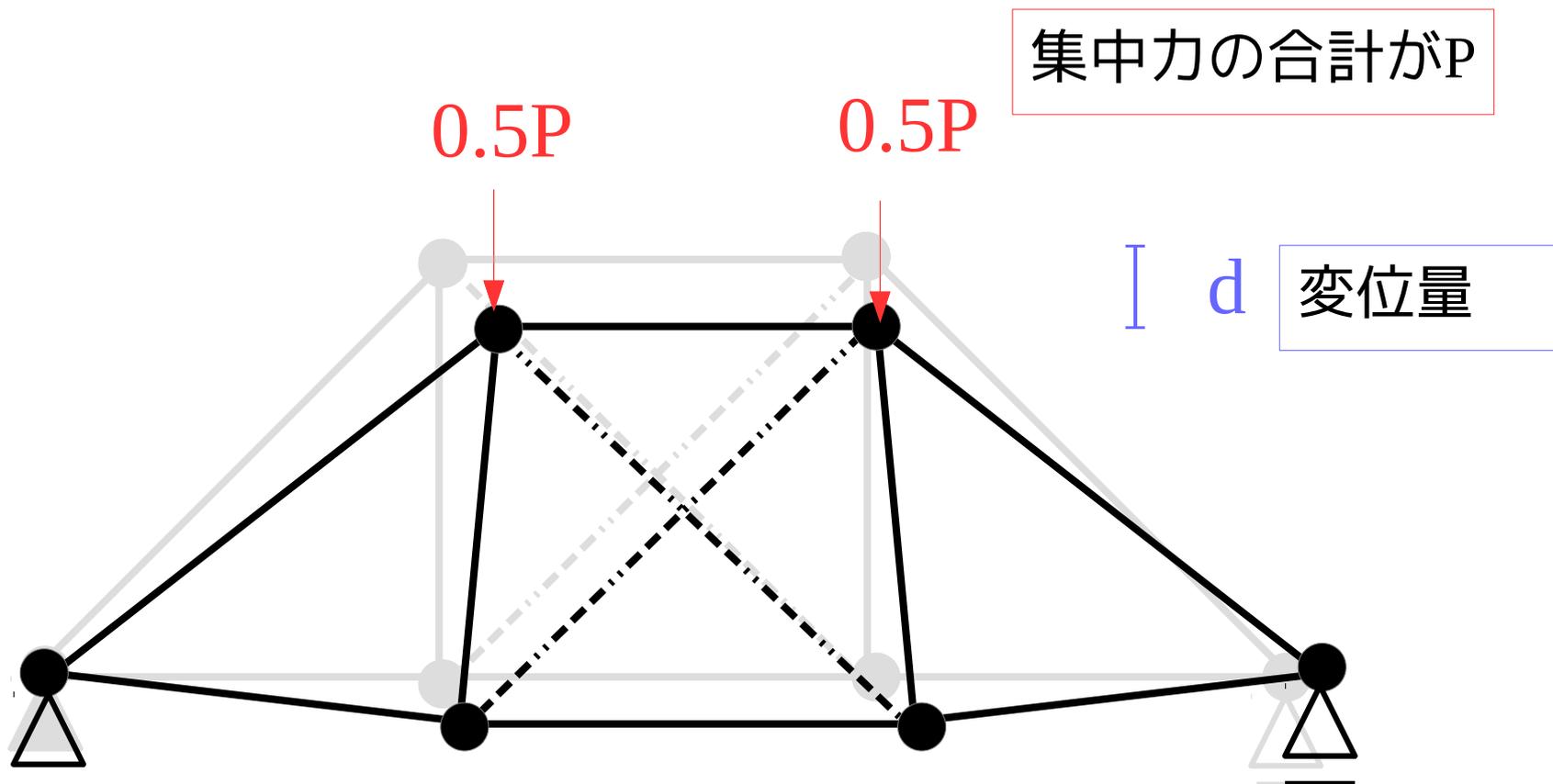


# 4 解析及び結果の分析



断面力の妥当性  
変形の妥当性

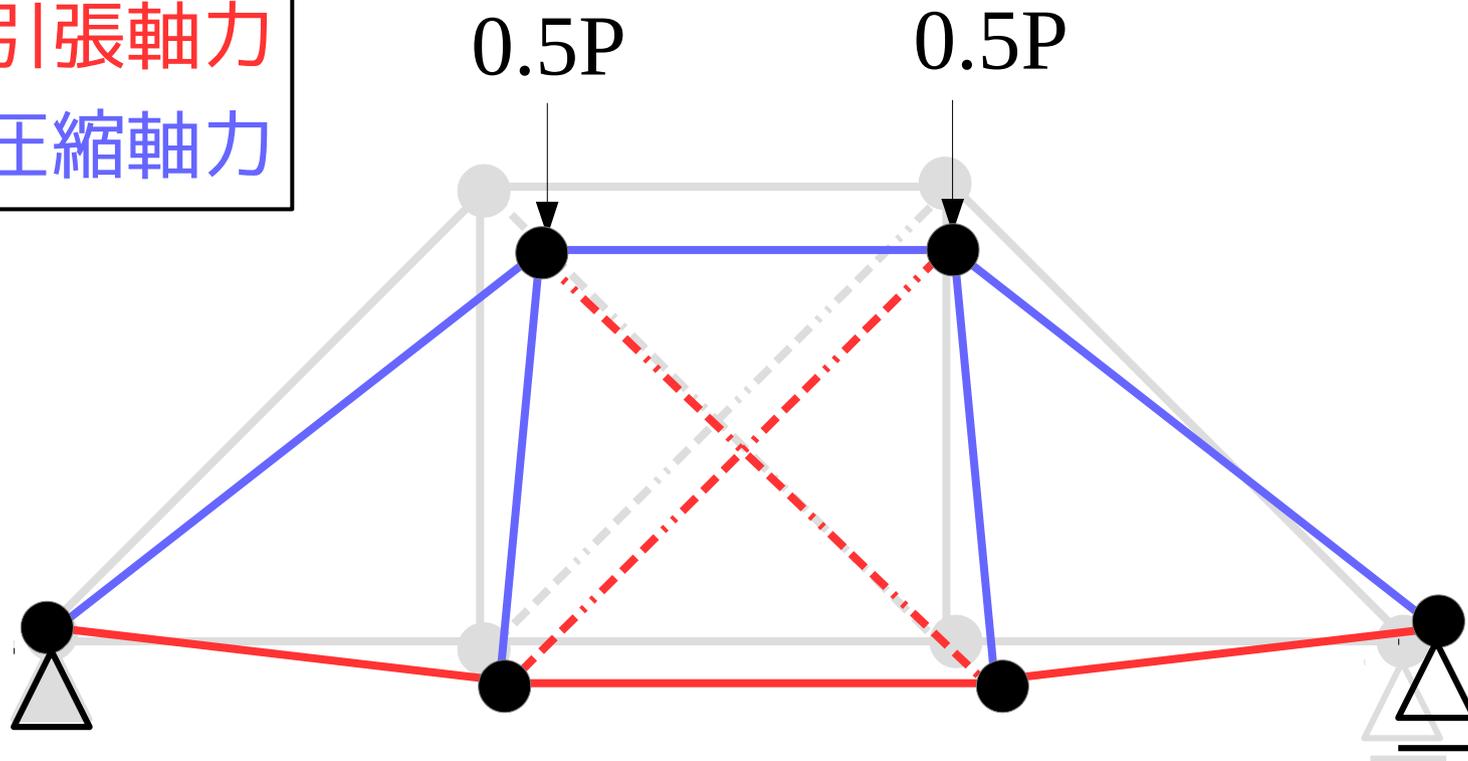
# 4.1 剛性



解析ソフト

# 4.1 軸力 $N$

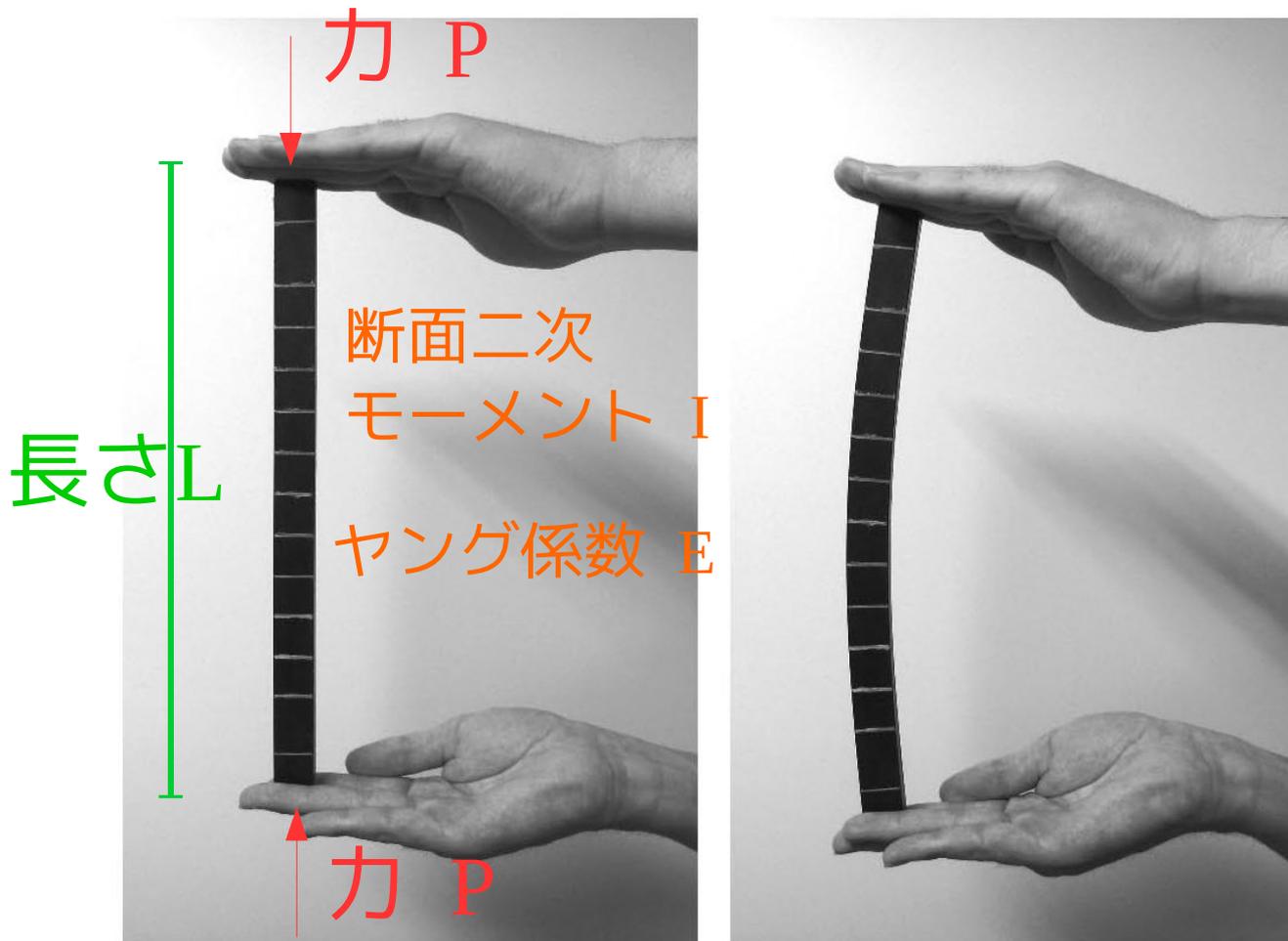
$N > 0$ : 引張軸力  
 $N < 0$ : 圧縮軸力



ケーブルは圧縮軸力を支えられない！！

## 4.2 破壊形式：圧縮軸力が大きい場合

- 部材の座屈(buckling)の発生



(a) まっすぐな状態

(b) 座屈

解析ソフト

$$P_{buckling} = \pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

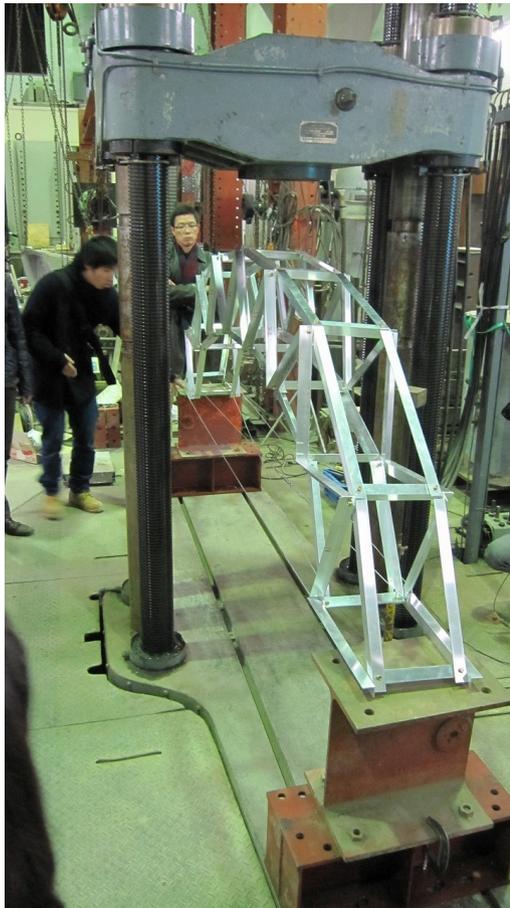
圧縮軸力  $N$  の大きさが  $P_{buckling}$  より大きいと座屈が生じる！

ヤング係数(アルミ)  
 $E=69 \times 10^9 [\text{N/m}^2]$

断面二次モーメント  
(アンガル)  
 $I=5947 \times 10^{-12} [\text{m}^4]$

## 4.2 破壊形式：圧縮軸力が大きい場合

- 全体の座屈(buckling)の発生



四角形を作らなければ考慮しなくてよい。  
(算定は難しいので省略)

## 4.2 破壊形式：引張軸力が大きい場合

- ボルト破断



ボルト一本当りは  
 $P_{\text{fracture}} = 4.6[\text{kN}]$   
の軸力で破壊する。

- ケーブル破断

ケーブル一本当りは  
 $P_{\text{fracture}} = 5[\text{kN}]$   
の軸力で破壊する。

- ボルト接合部材（ボルト孔近傍）の引張破断



8mmの孔を一つ空けると  
 $P_{\text{fracture}} = 24[\text{kN}]$   
の軸力で破壊する。孔の  
位置を端から充分（16mm）離す。

## 4.2 破壊形式：まとめ

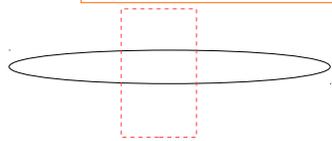
### • 引張軸力N

ボルト破断のcheck

$$P_{fracture} = 4.9[\text{kN}]$$

ケーブル破断のcheck

$$P_{fracture} = 5[\text{kN}] \times \text{本数}$$



1ループだと本数は2本

アングル孔(8mm)破断のcheck

$$P_{fracture} = 24[\text{kN}]$$

### • 圧縮軸力N

ボルト破断のcheck

$$P_{fracture} = 4.9[\text{kN}]$$

座屈のcheck

$$P_{buckling} = \pi^2 \frac{EI}{L^2}$$

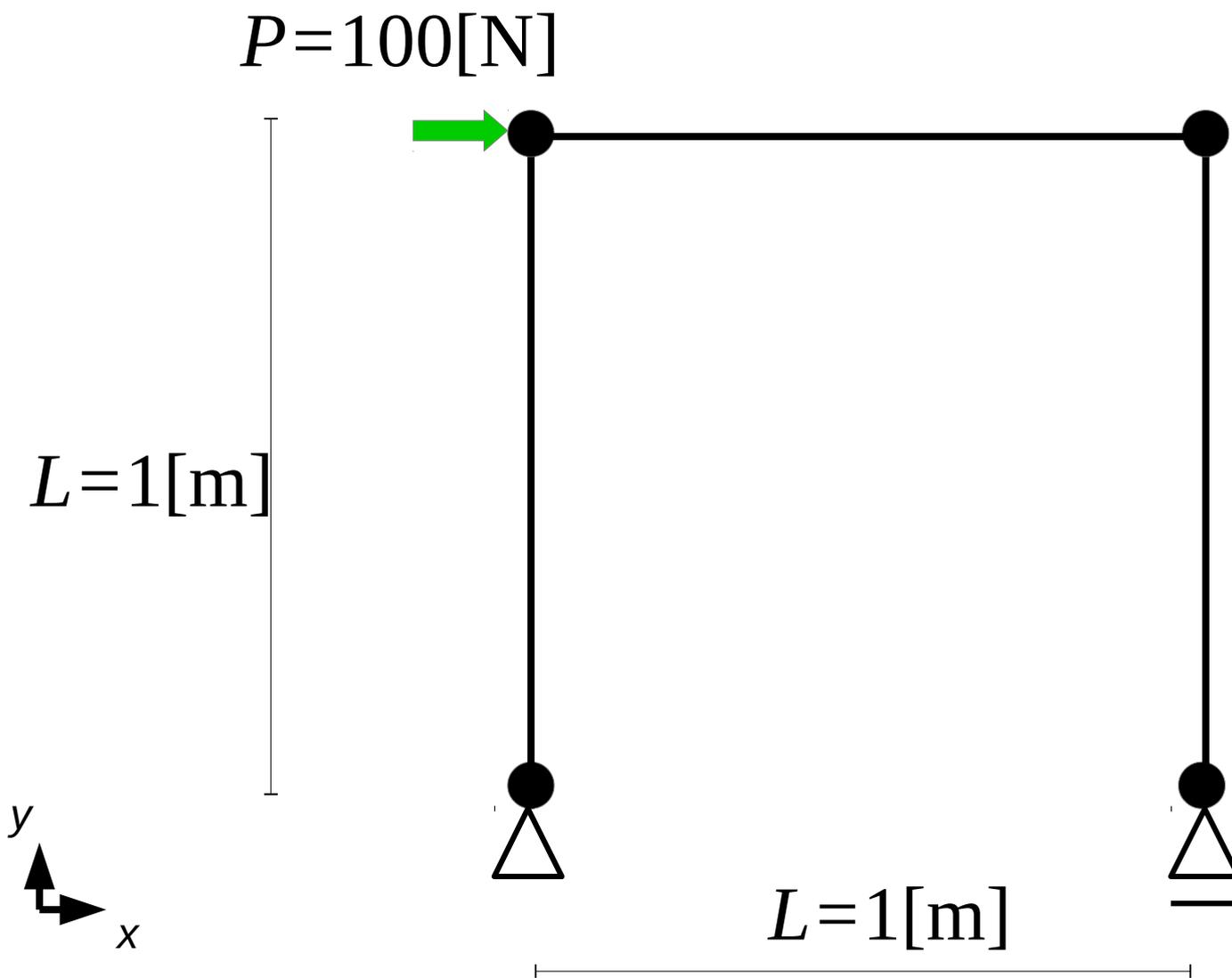
# MASTAN2の導入方法（PC, Mac）

1. <http://www.mastan2.com/download.html>? を開く
2. Windowsの場合：Version2 Download PC  
Macの場合：Version2 Download Intel Mac  
同意してzipファイルをダウンロード
3. zipファイルを解凍し、MASTAN2\_Installerを起動してダウンロードおよびインストール開始
4. 次へ、次へ、を次々にクリックしてインストール  
(ファイル容量が大きいので(431MB程度)なのでダウンロードに時間がかかります。)

# MASTAN2の導入(MATLAB使用)

1. <http://www.mastan2.com/download.html?> を開く
2. Version1 Download  
同意してzipファイルをダウンロード
3. MASTAN2フォルダーを作成する。MASTAN2フォルダー内にsrcフォルダーを作成し、zipファイルをそこに移動し、解凍する。
4. MASTAN2フォルダー内にfilesフォルダーを作成する。
5. MATLABを起動して、filesフォルダーに移動する。
6. `addpath( './src '`) とタイプして実行する。
7. `mastan2` とタイプして実行する。

# MASTAN 2 例題



全ての部材

$$E=205[\text{GPa}]$$

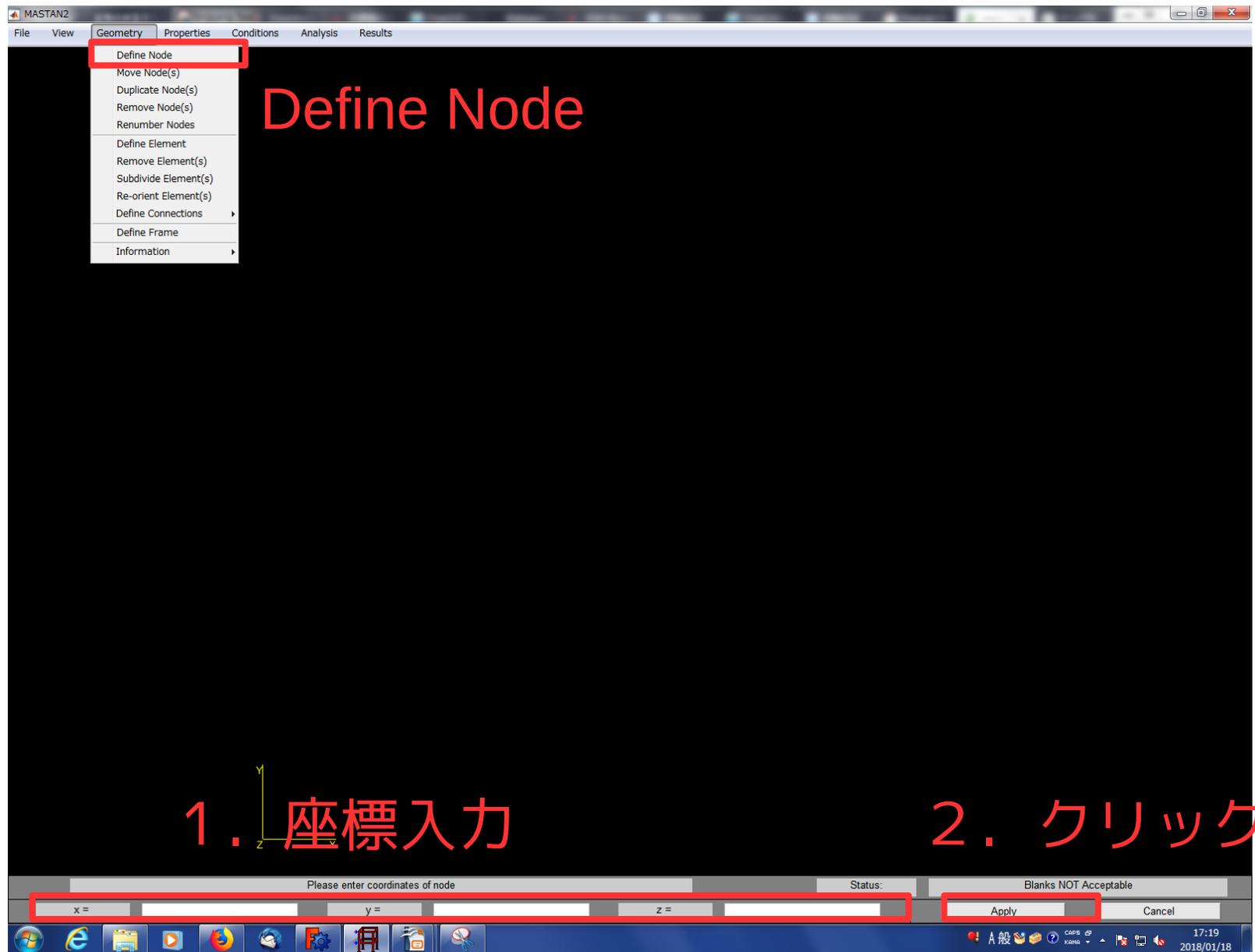
(鋼)

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

$$I_z=8.3 \times 10^{-10}[\text{m}^4]$$

(10mm角)

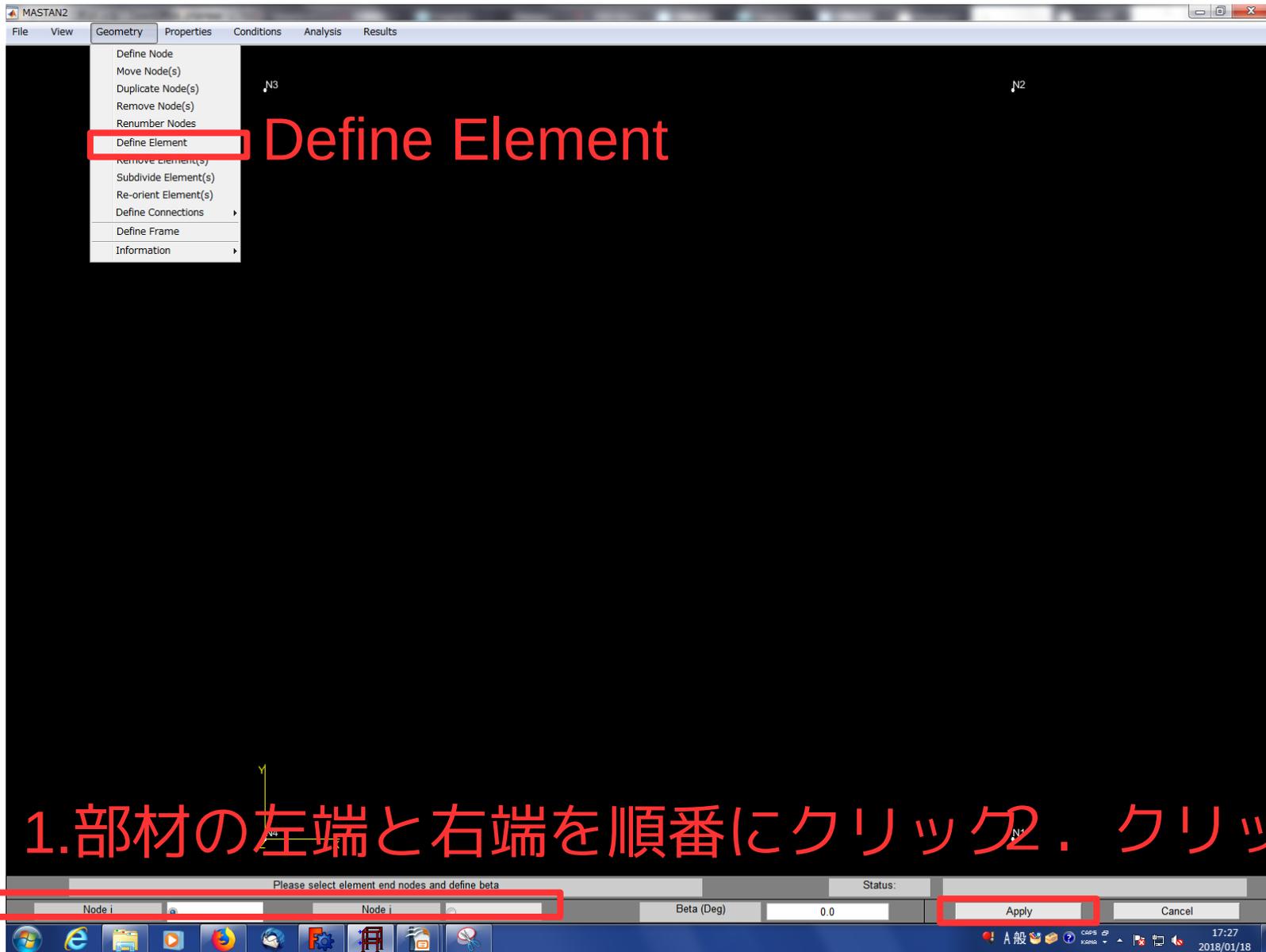
# 節点の設定



# 節点の設定



# 部材の作成



# 部材断面の設定

**Define Section**

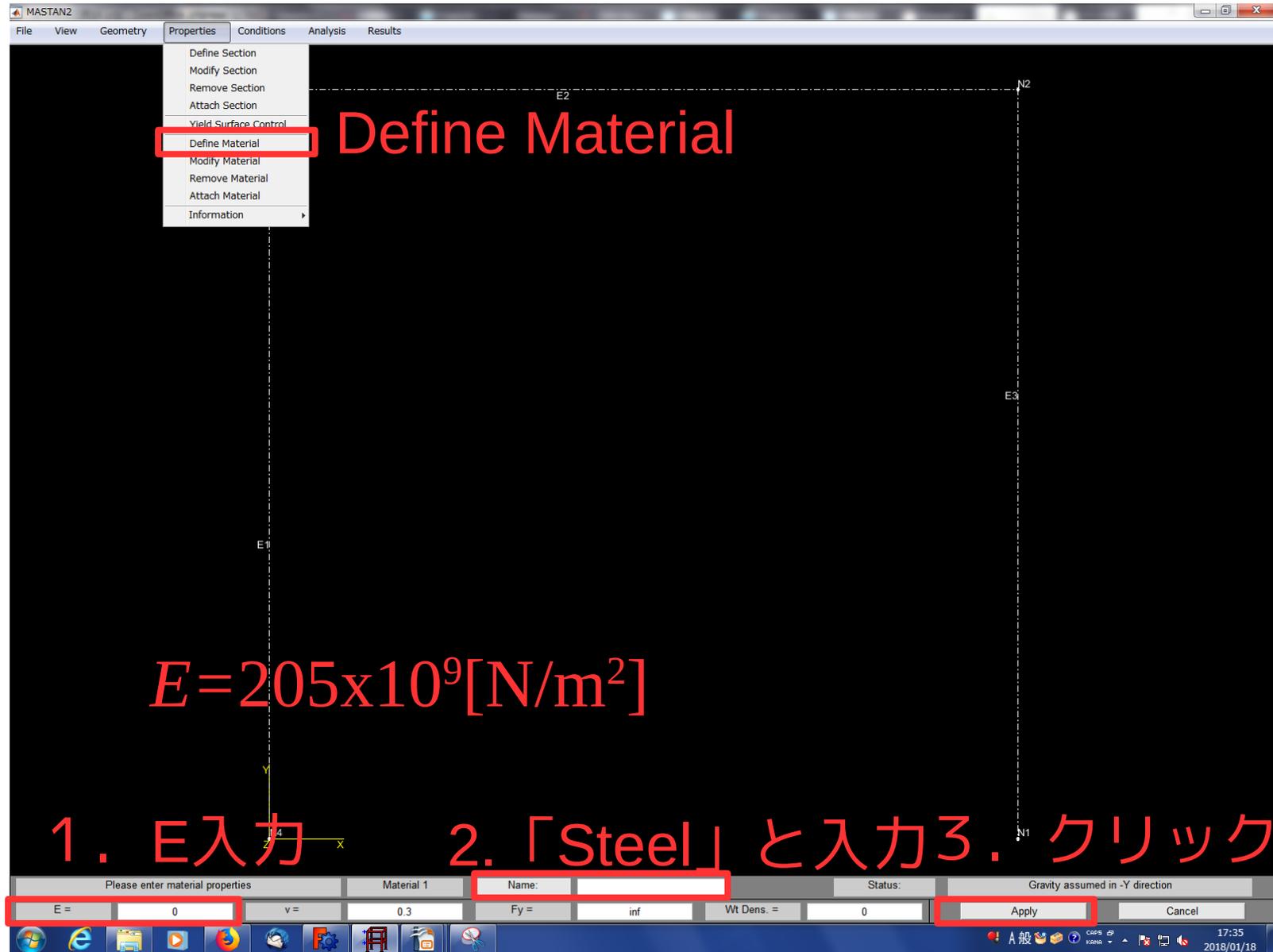
$A=0.0001[m^2]$

$I_z = 8.3 \times 10^{-10}[m^4]$

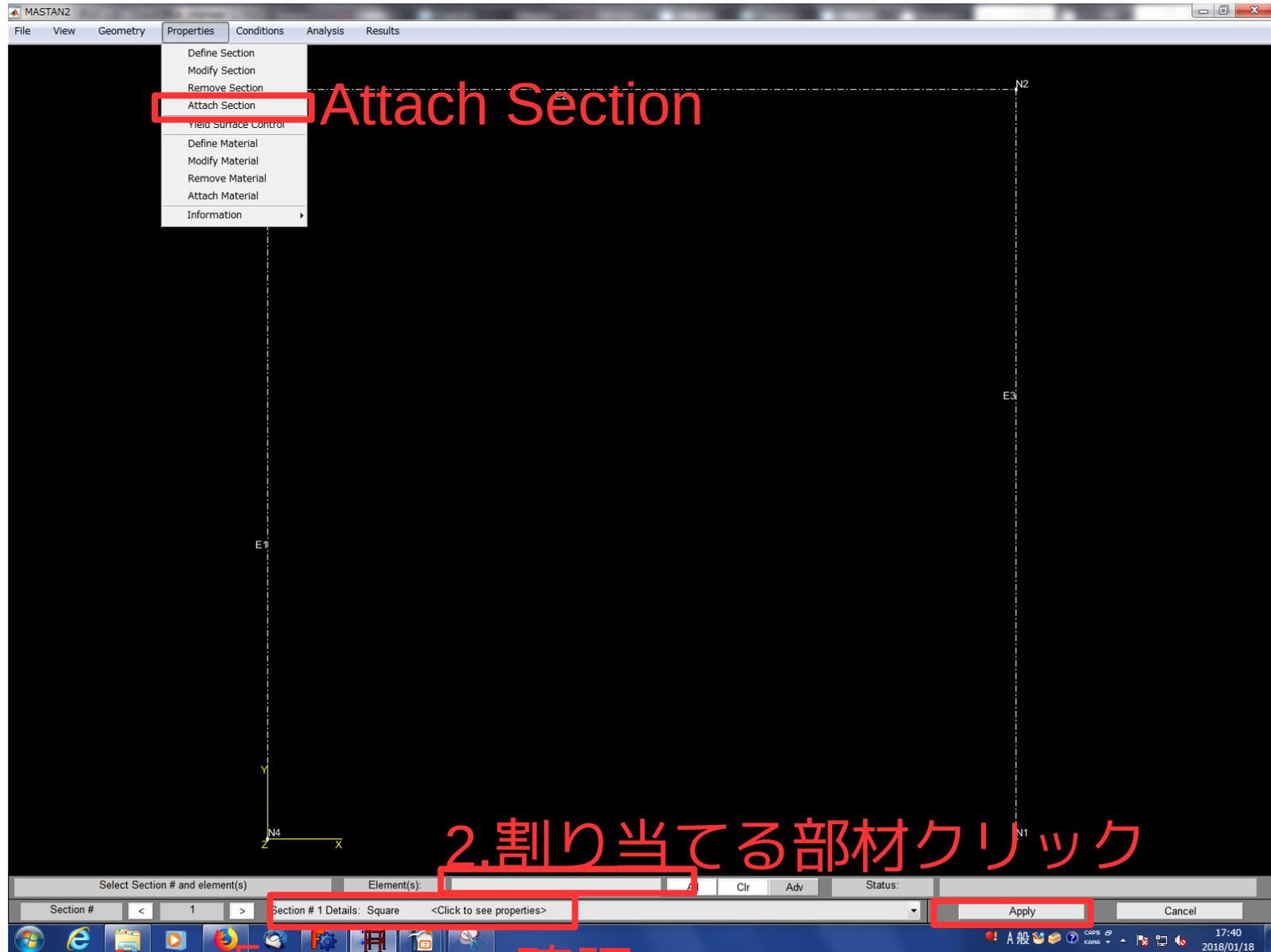
1. AとIを入力 2. 「Square」と入力 3. クリック

Please enter section properties				Section 1	Name:	Database	Status:		
Area =	0	Izz =	0	Iyy =	0	J =	0	Cw =	0
Zzz =	inf	Zyy =	inf	Ayy =	inf	Azz =	inf	Apply	Cancel

# 材料の設定



# 部材断面の割り当て

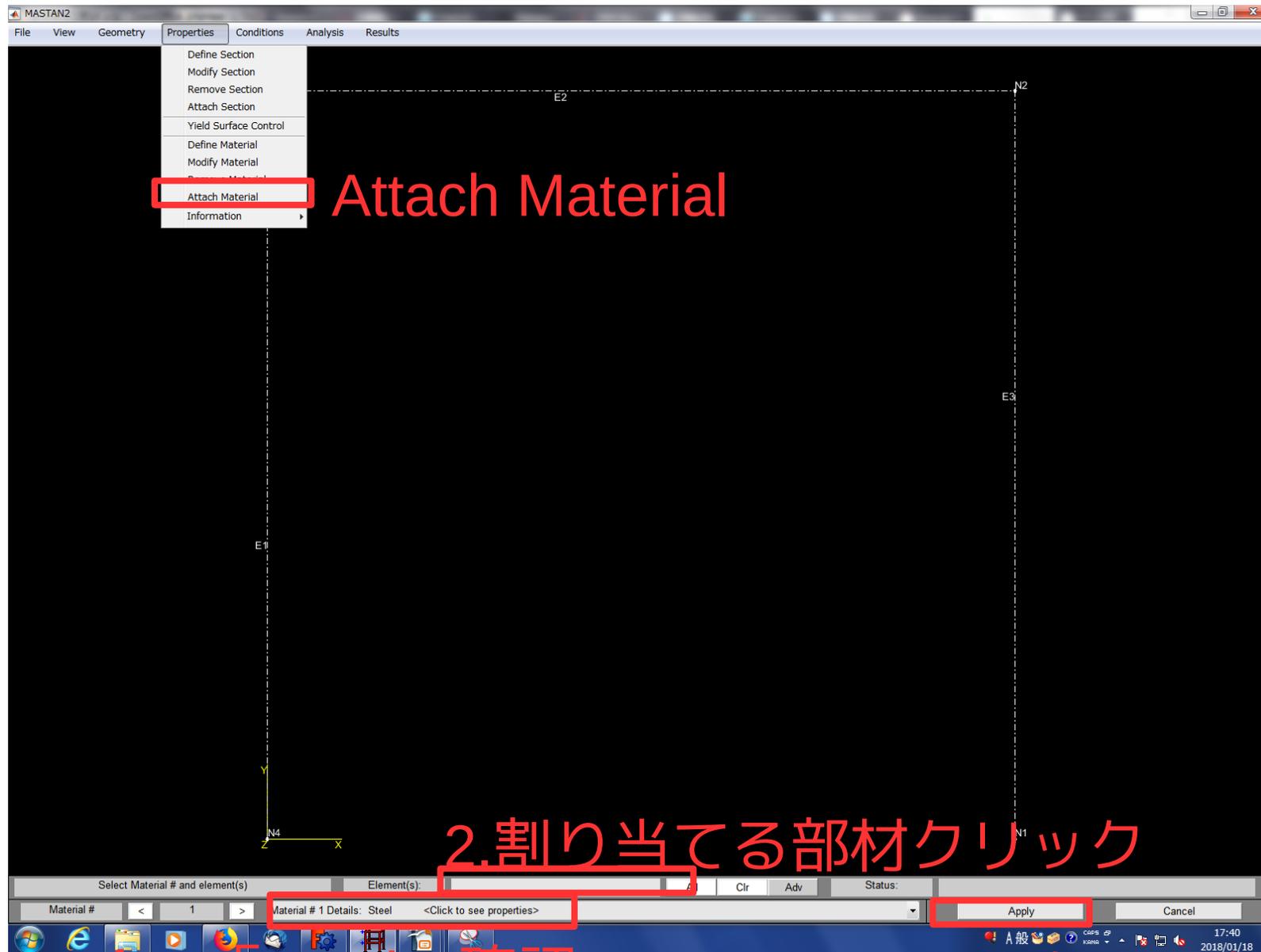


1. 「Square」確認

解析ソフト

3. クリック

# 材料の割り当て

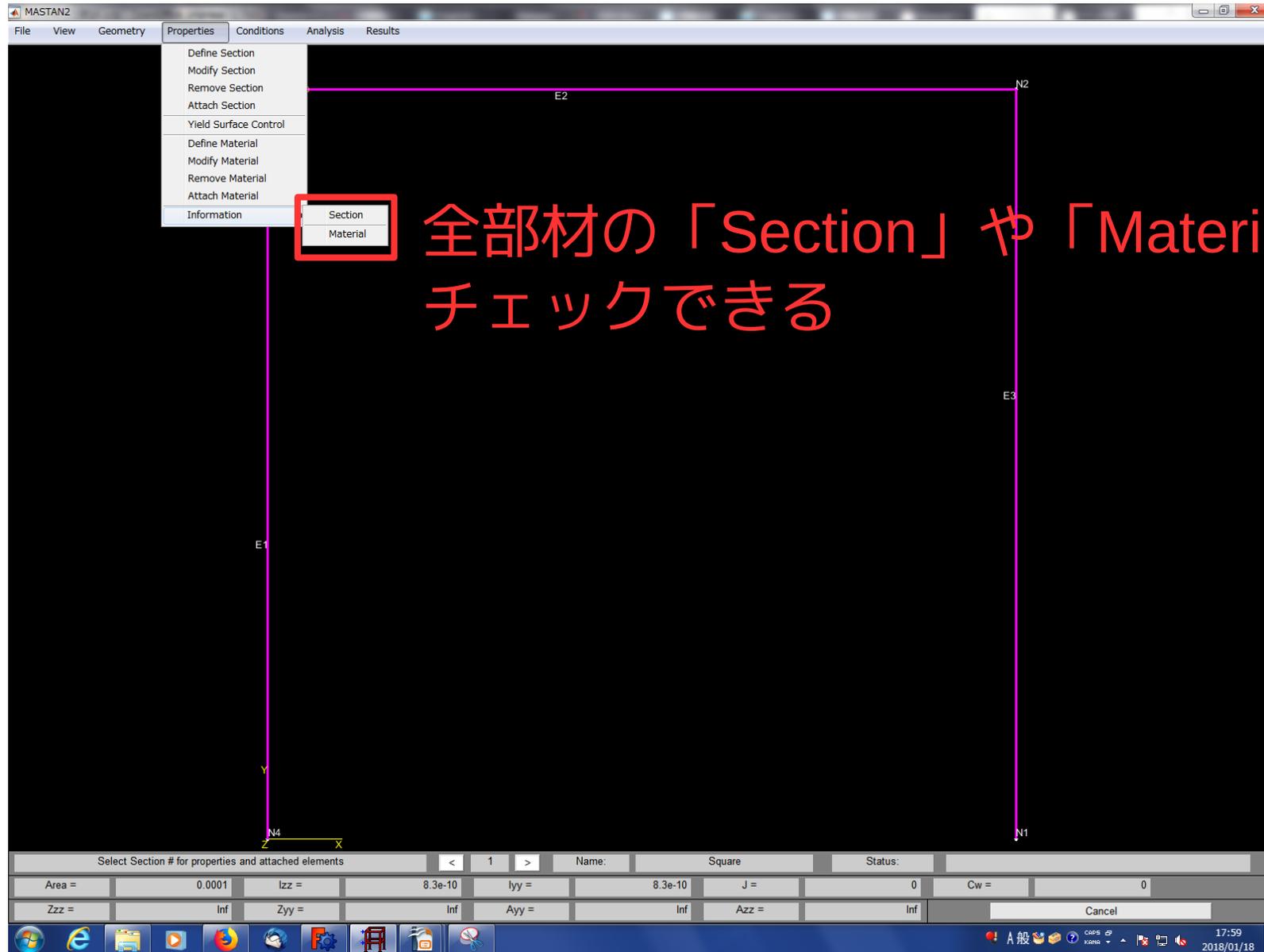


1. 「Steel」確認

解析ソフト

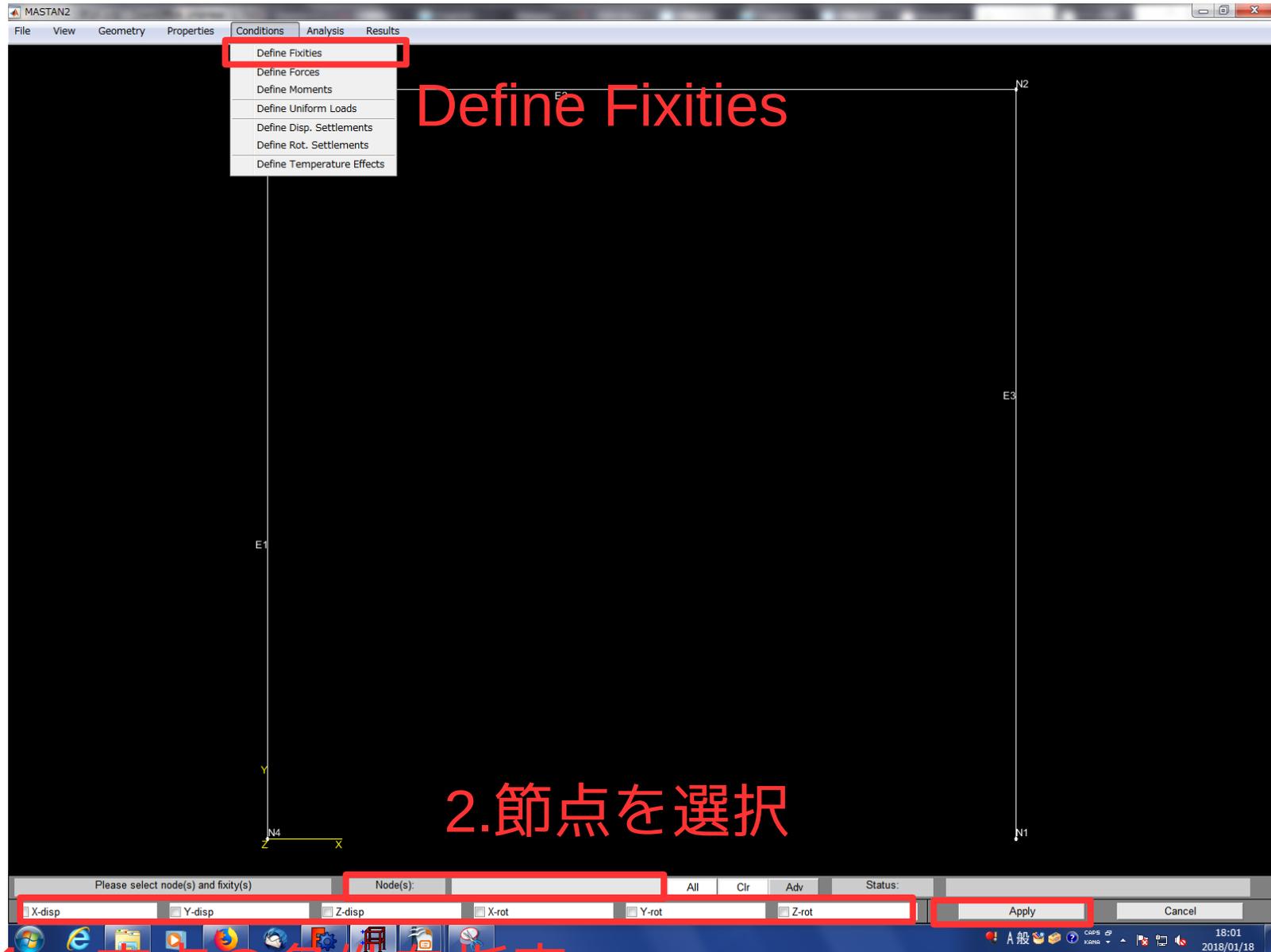
3. クリック

# 断面及び材料のチェック



全部材の「Section」や「Material」を  
チェックできる

# 支点の条件



Define Fixities

2. 節点を選択

1. 支点の条件を指定

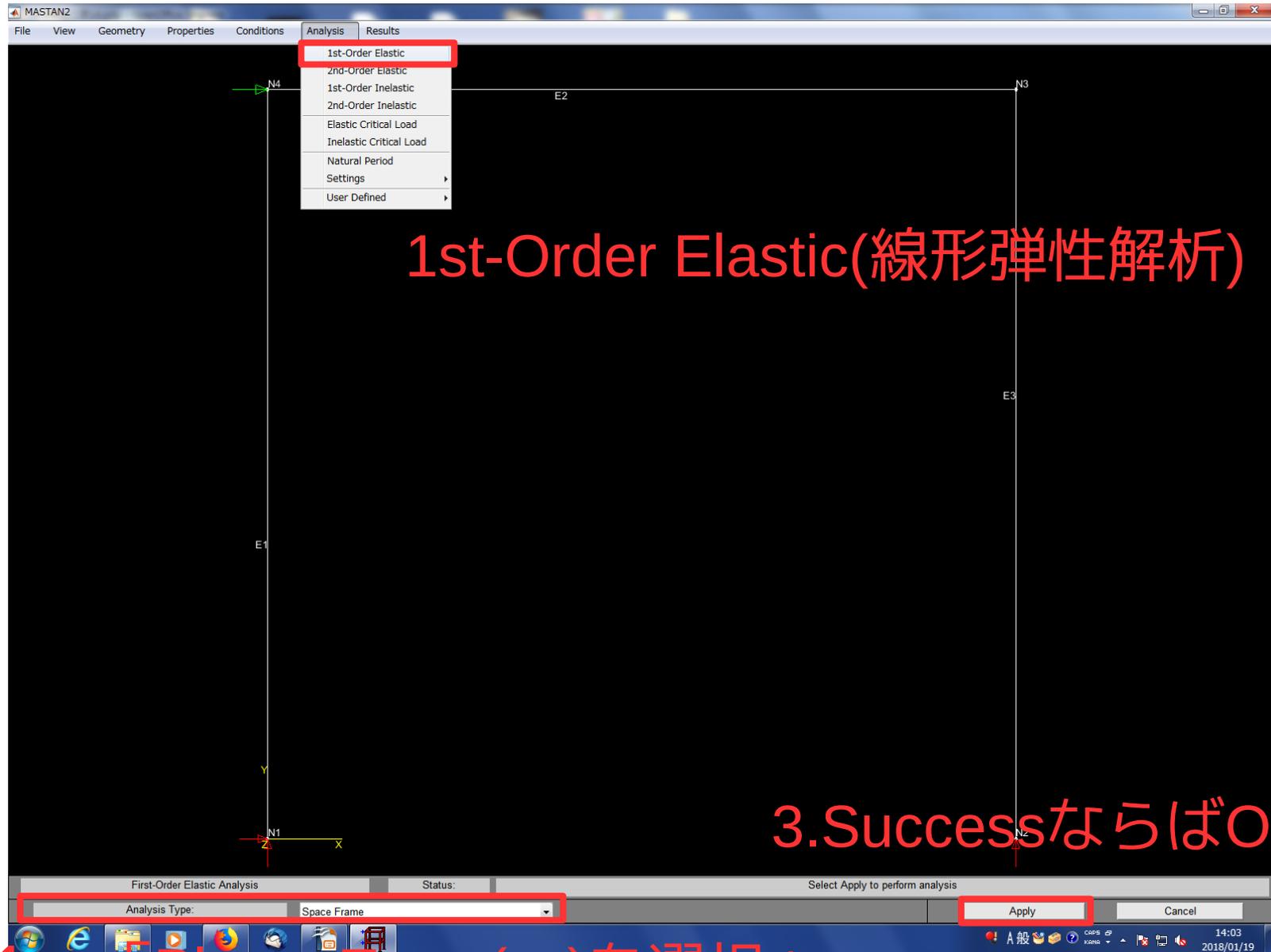
解析ソフト

3. クリック

# 力の設定



# 解析実行



1st-Order Elastic(線形弾性解析)

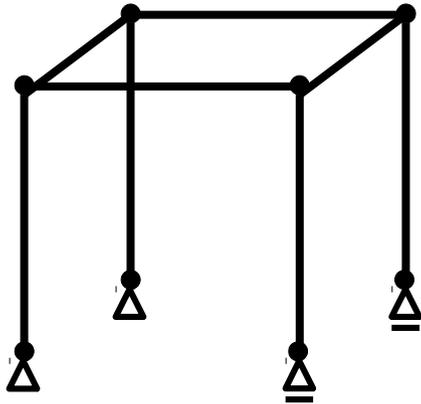
3.SuccessならばOK

1. 「Planar Truss(xy)を選択」  
解析ソフト

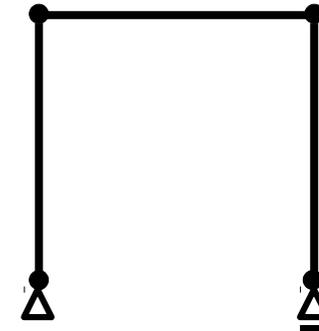
2. クリック

# Analysis Typeに関して

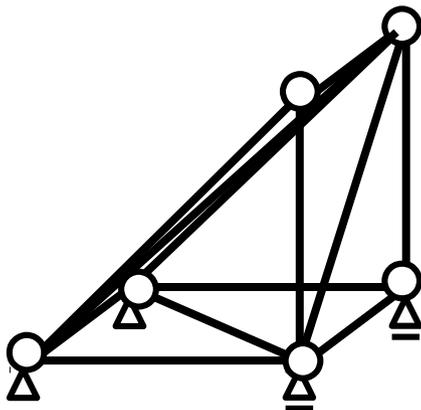
1. 「Space Frame」



2. 「Planar Frame(xy)」

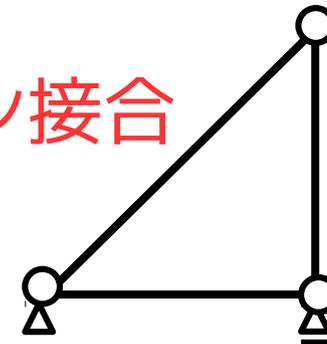


3. 「Space Truss」

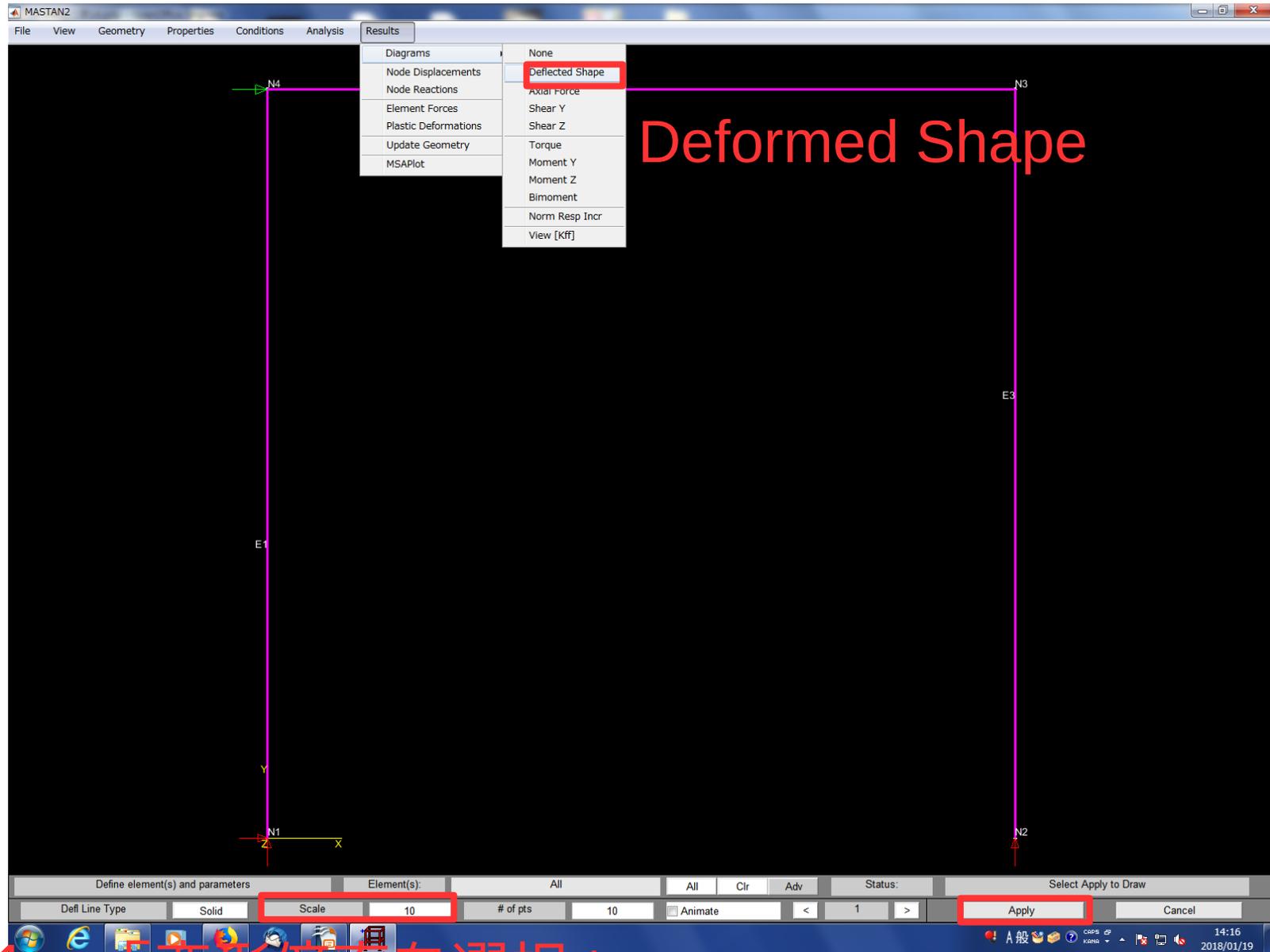


4. 「Planar Truss(xy)」

全ての節点がピン接合



# 結果を表示：変形

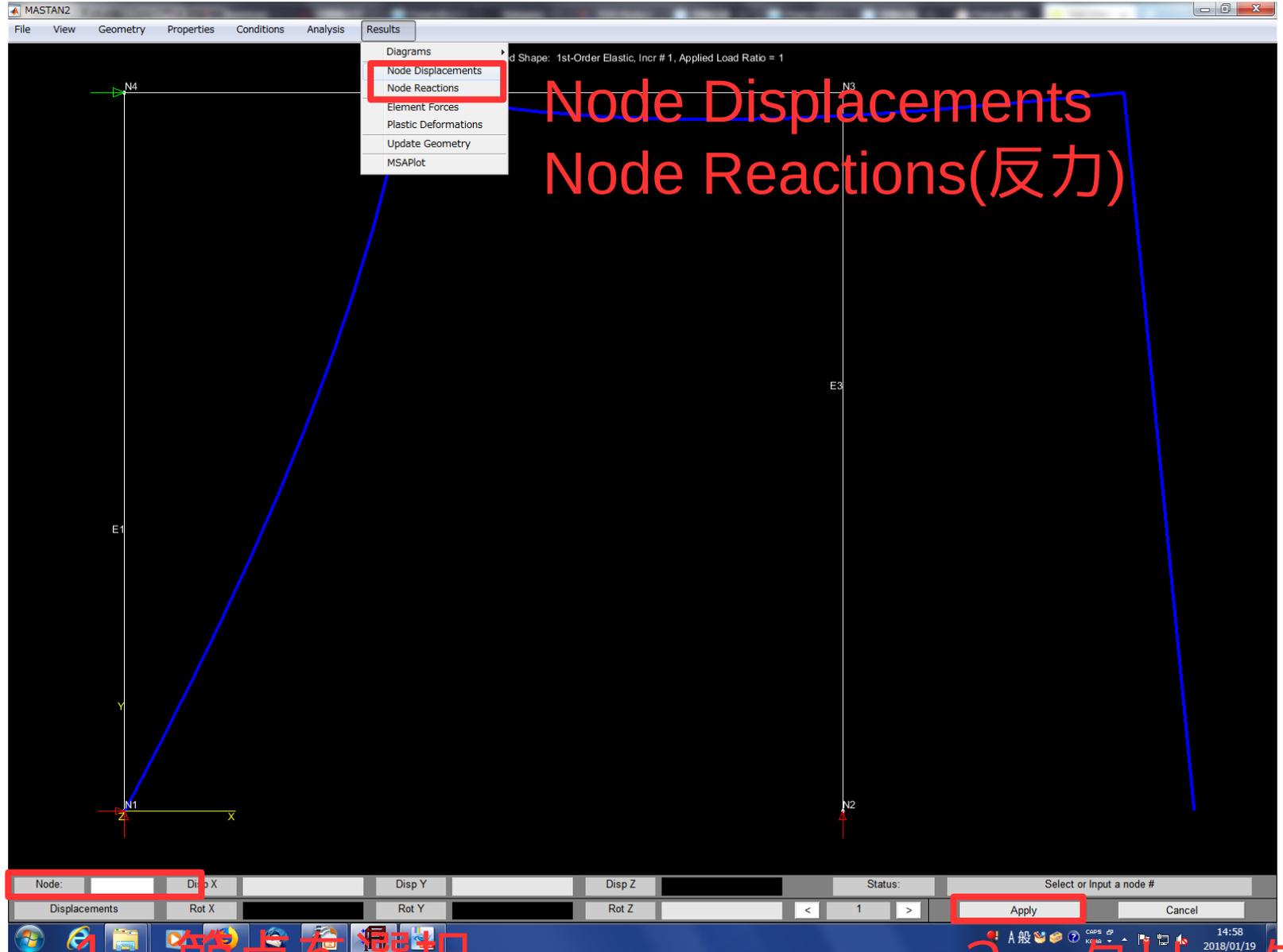


1. 「変形倍率を選択」

解析ソフト

2. クリック

# 変位の値を出力

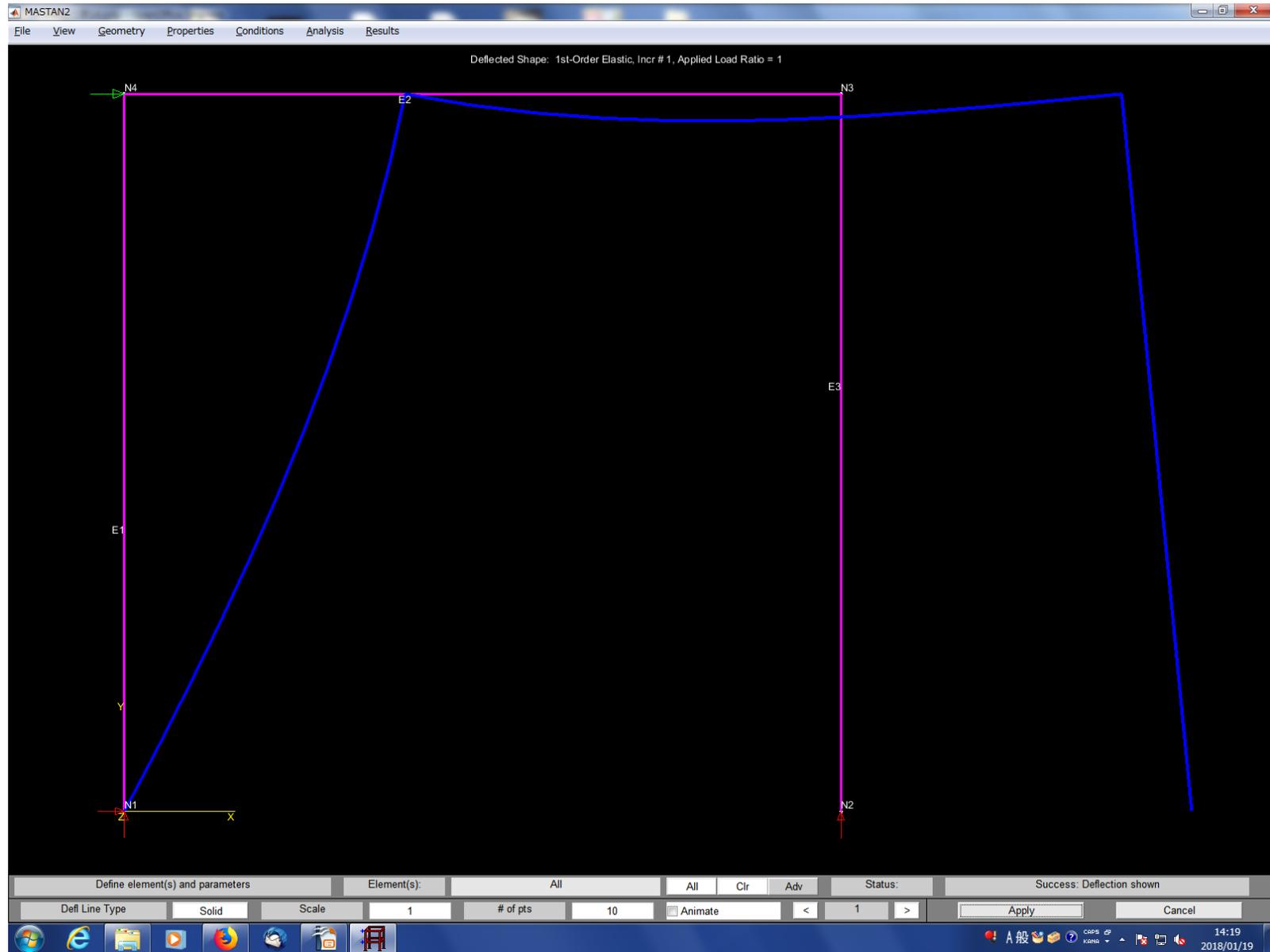


1. 節点を選択

2. クリック

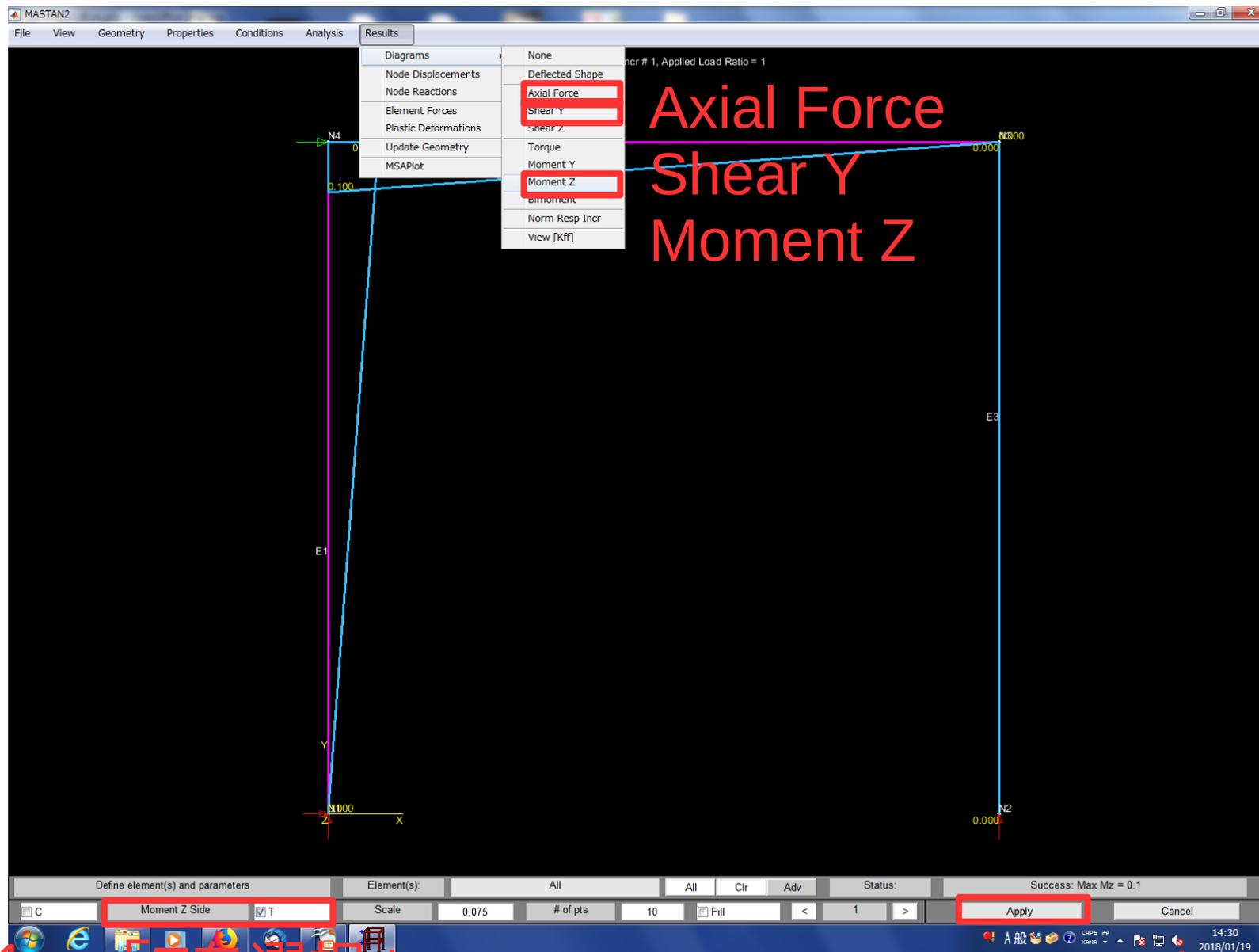
解析ソフト

# 結果を表示：変形



解析ソフト

# 断面力



1. 「T」を選択

解析ソフト

2. クリック

# 結果のレポート作成

The screenshot shows the MASTAN2 software interface. The 'File' menu is open, and the 'Create Report...' option is highlighted with a red box. The main window displays the 'General Information Categories' section, which includes the following data:

General Information Categories:

- (i) Number of Nodes = 4
- (ii) Number of Elements = 3
- (iii) Number of Sections = 1
- (iv) Number of Materials = 1
- (v) Number of Supports = 2
- (vi) Applied Loads

(i) Node Information

Coordinates

Node	X	Y	Z
1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	1.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
3	1.0000e+00	1.0000e+00	0.0000e+00
4	0.0000e+00	1.0000e+00	0.0000e+00

Fixities

Node	X	Y	Z	X Rot	Y Rot	Z Rot
1	FIXED	FIXED	FREE	FREE	FREE	FREE
2	FREE	FIXED	FREE	FREE	FREE	FREE
3	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE
4	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE

(ii) Element Information

Connectivity & Attributes

Element	Node i	Node j	Length	Beta (deg)	Section	Material
1	1	4	1.0000e+00	0.0000e+00	1	1
2	4	3	1.0000e+00	0.0000e+00	1	1
3	3	2	1.0000e+00	0.0000e+00	1	1

Connections

Element	Flexural Stiffness				Torsion	
	Node i	Node j	Node i	Node j	Warping	Restraint
1	kz	ky	kz	ky	Free	Free
2	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free
3	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Free	Free

(iii) Section Information

Select Requested Information and Apply

Category	Status
General Info.	<input checked="" type="checkbox"/>
Geometry	<input checked="" type="checkbox"/>
Properties	<input checked="" type="checkbox"/>
Conditions	<input checked="" type="checkbox"/>
Displacements	<input checked="" type="checkbox"/>
Element Results	<input checked="" type="checkbox"/>
Reactions	<input checked="" type="checkbox"/>

Success: Data printed to screen.

Save Text Clear Text

Incr # < 1 >

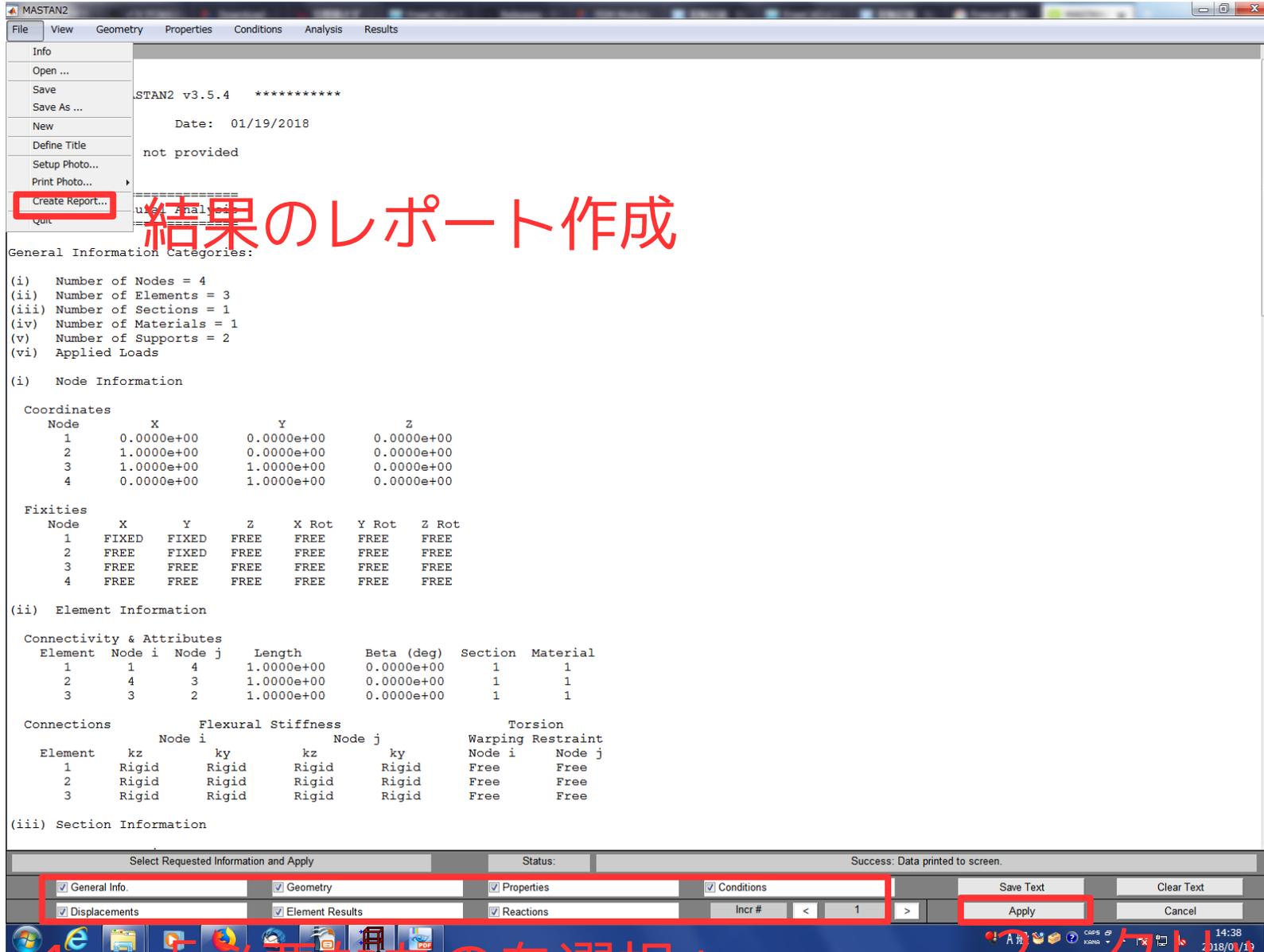
Apply Cancel

結果のレポート作成

1. 「必要なものを選択」

2. クリック

# 部材長さと軸力を抽出する



1. 「必要なものを選択」

2. クリック

解析ソフト

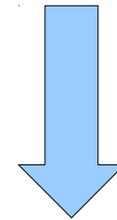
# 部材長さ と 軸力を抽出する

- ケーブルは引張力のみか確認
- 各部材の長さ $L$ から座屈荷重を計算する.  
(座屈でだいたい終局荷重が決定されるので他は無視しても良い.)
- 表作成

# 終局荷重決定

部材番号	荷重1[kN]当りの軸力 $N$	部材長さ $L$	座屈荷重 $P=\pi^2EI/L^2$	余裕度 $-P/N$
1	-3	1	9	3
2	-1	2	8	8
3	2	1	4	-
4	-2	1	7	3.5
5	2	1	5	-

圧縮荷重のみ  
計算



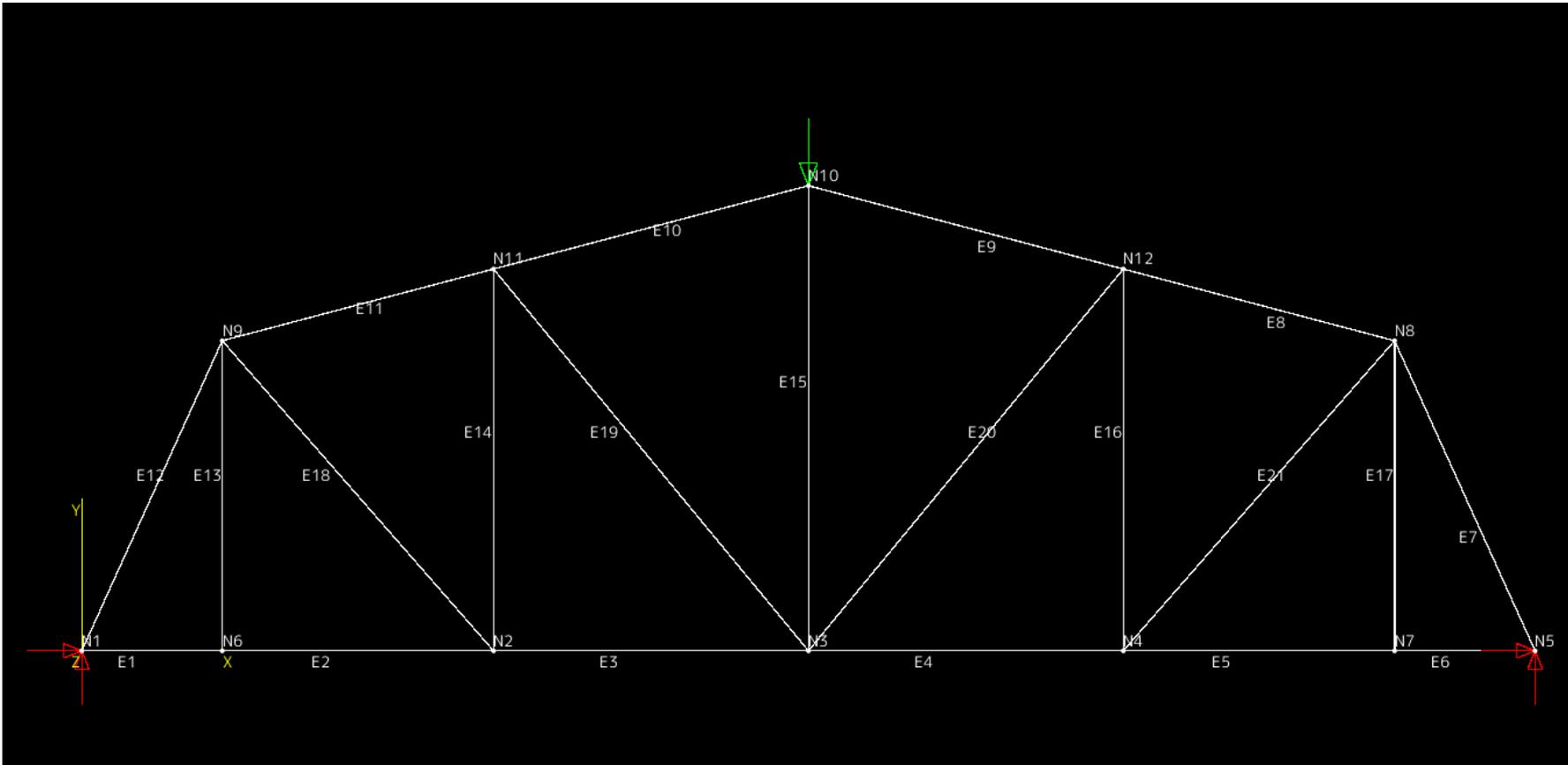
終局荷重

最小の余裕度  
× 1[kN]

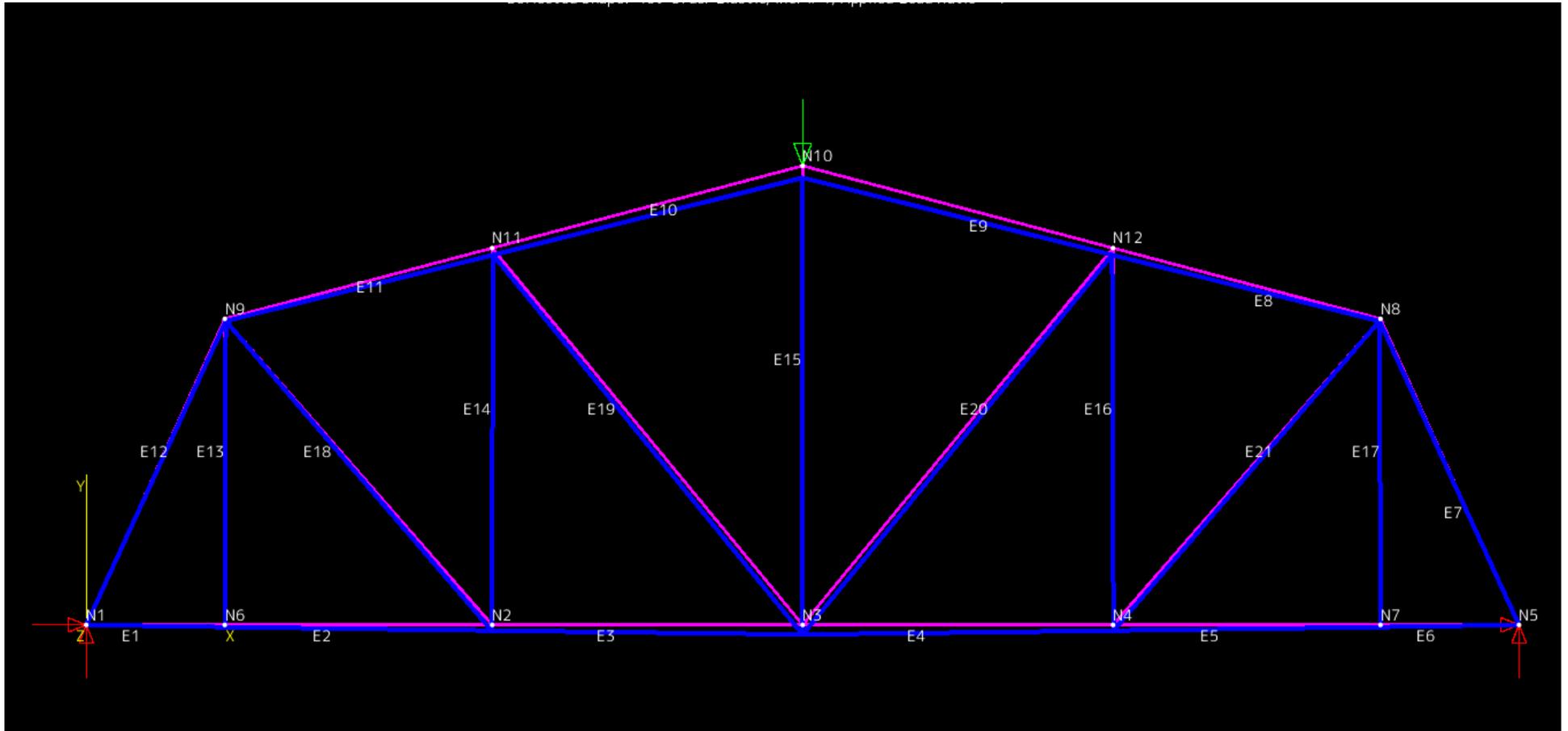
# 2017年度の作品A



# モデル

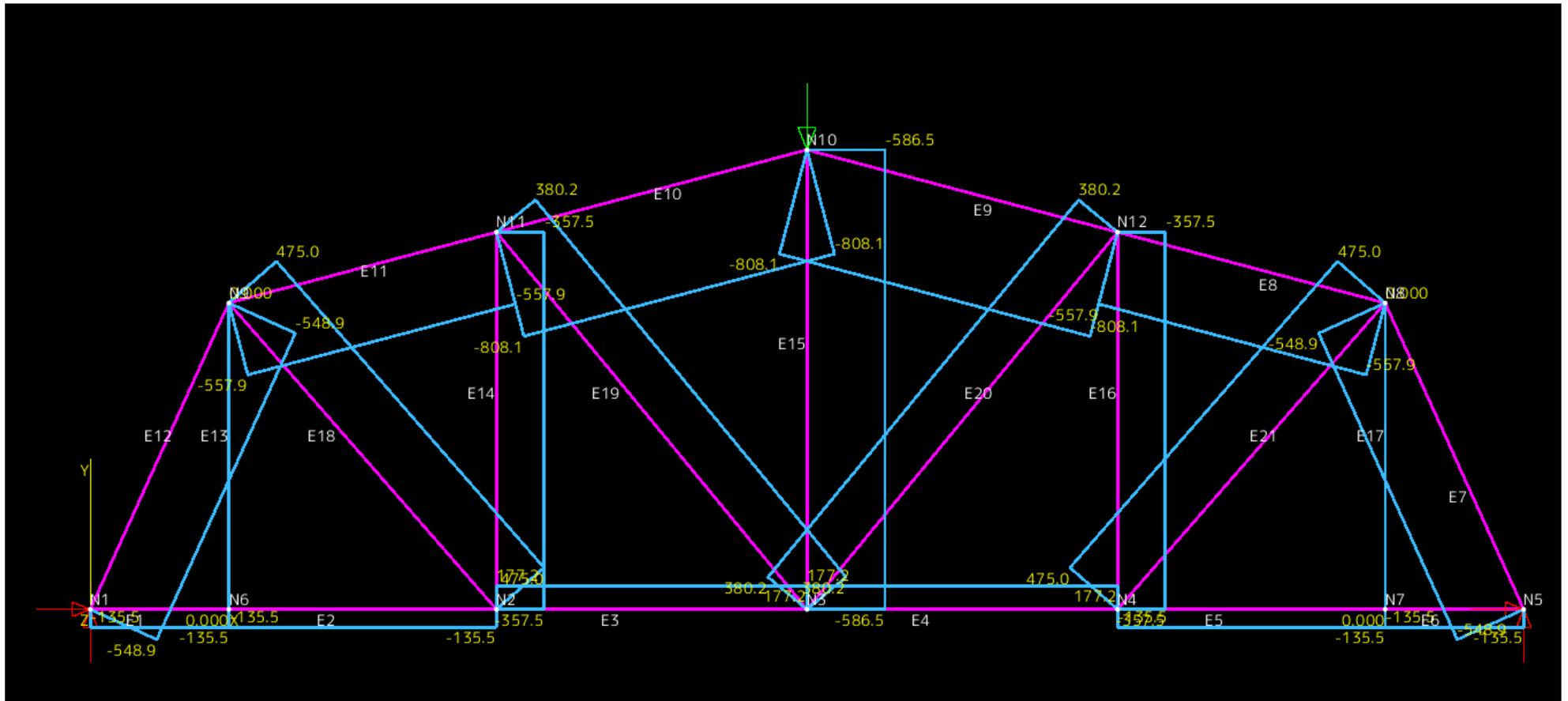


# 変形



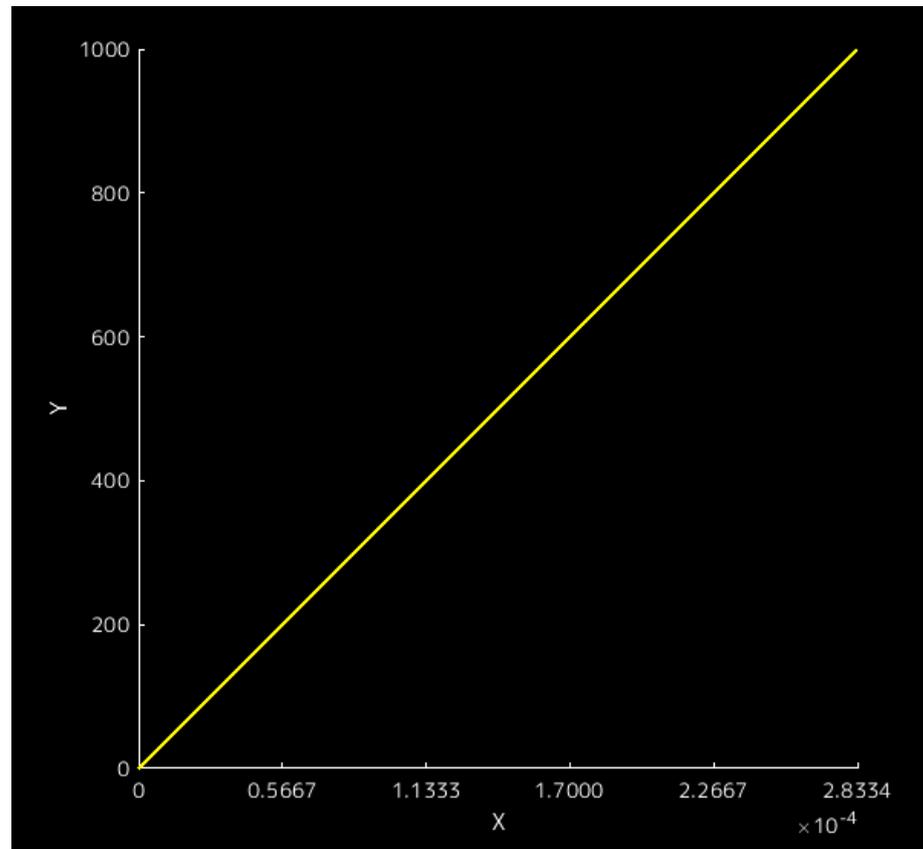
# 軸力

- 実験ではE10が座屈して終局荷重21[kN]
- E10 : -808[kN], L=0.67[m], Pcr=9000[kN]
- 予測終局荷重 :  $-9000 / (-808) \times 1[\text{kN}] \times 2\text{構造面} = 22[\text{kN}]$



# 荷重変形曲線

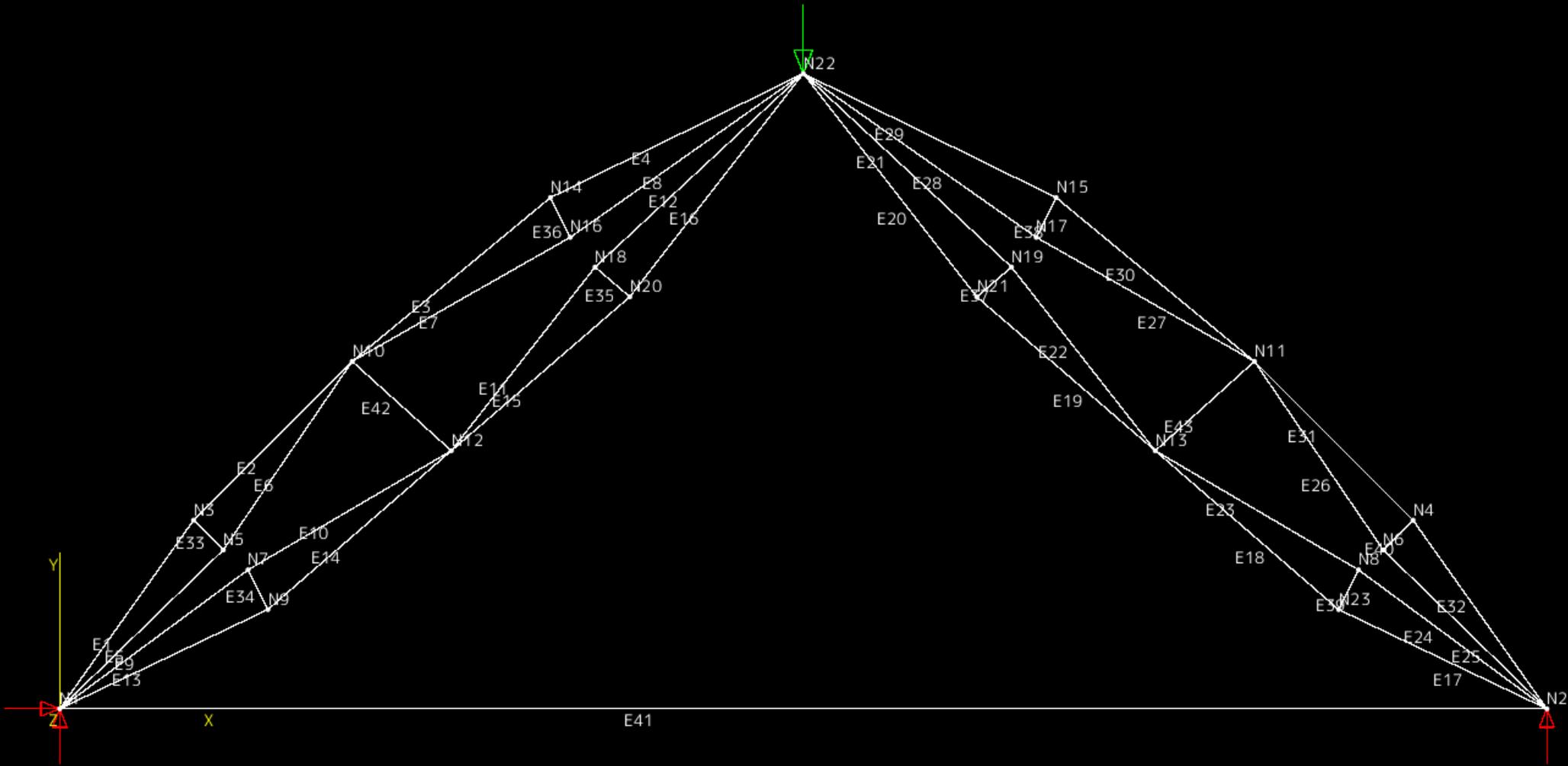
- 実験剛性K :  $21[\text{kN}]/40[\text{mm}]=0.525[\text{kN}/\text{mm}]$
- 予測剛性K :  $1[\text{kN}]\times 2/0.283[\text{mm}]=7[\text{kN}/\text{mm}]$



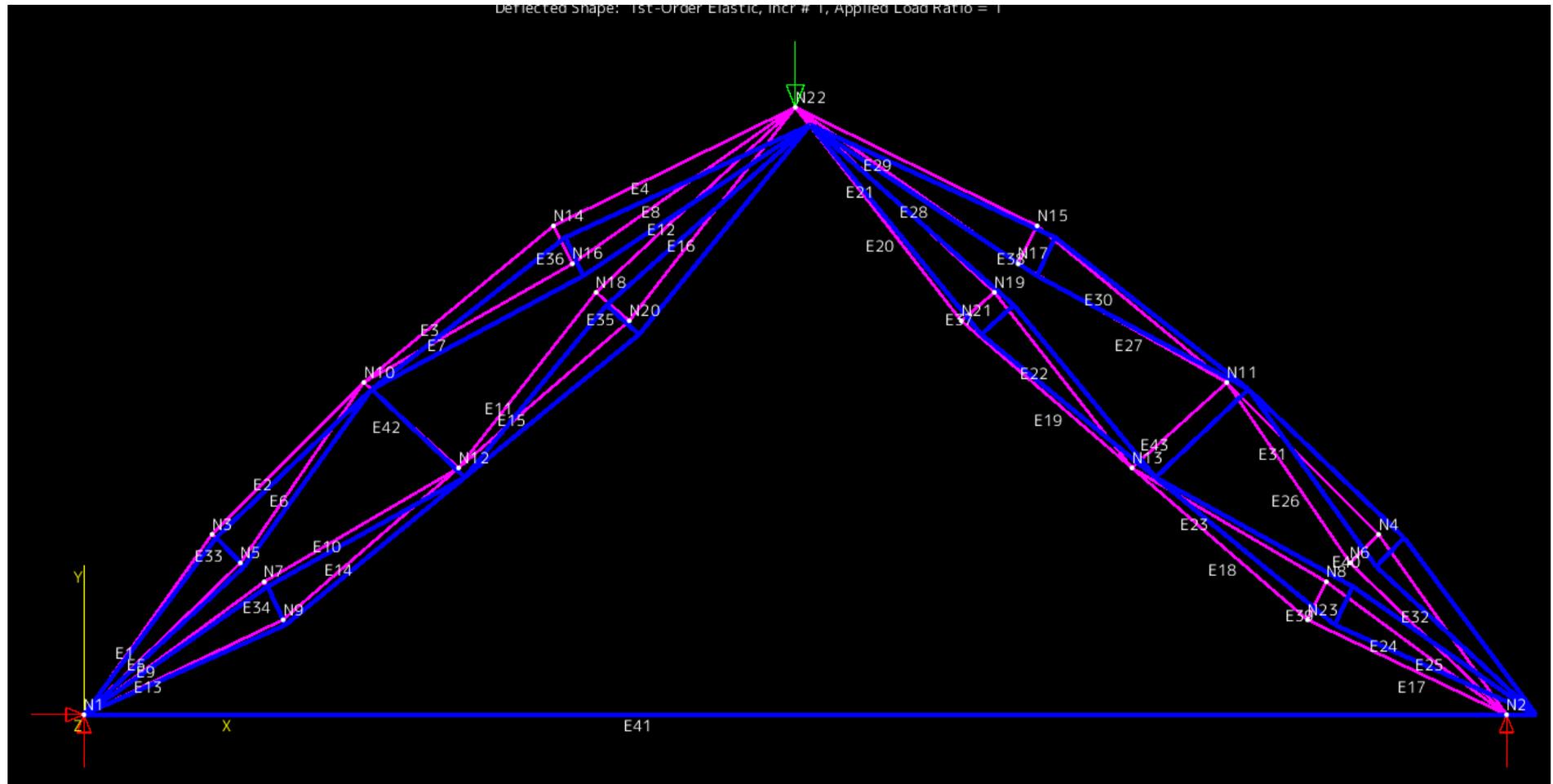
# 2017年度の作品C



# モデル

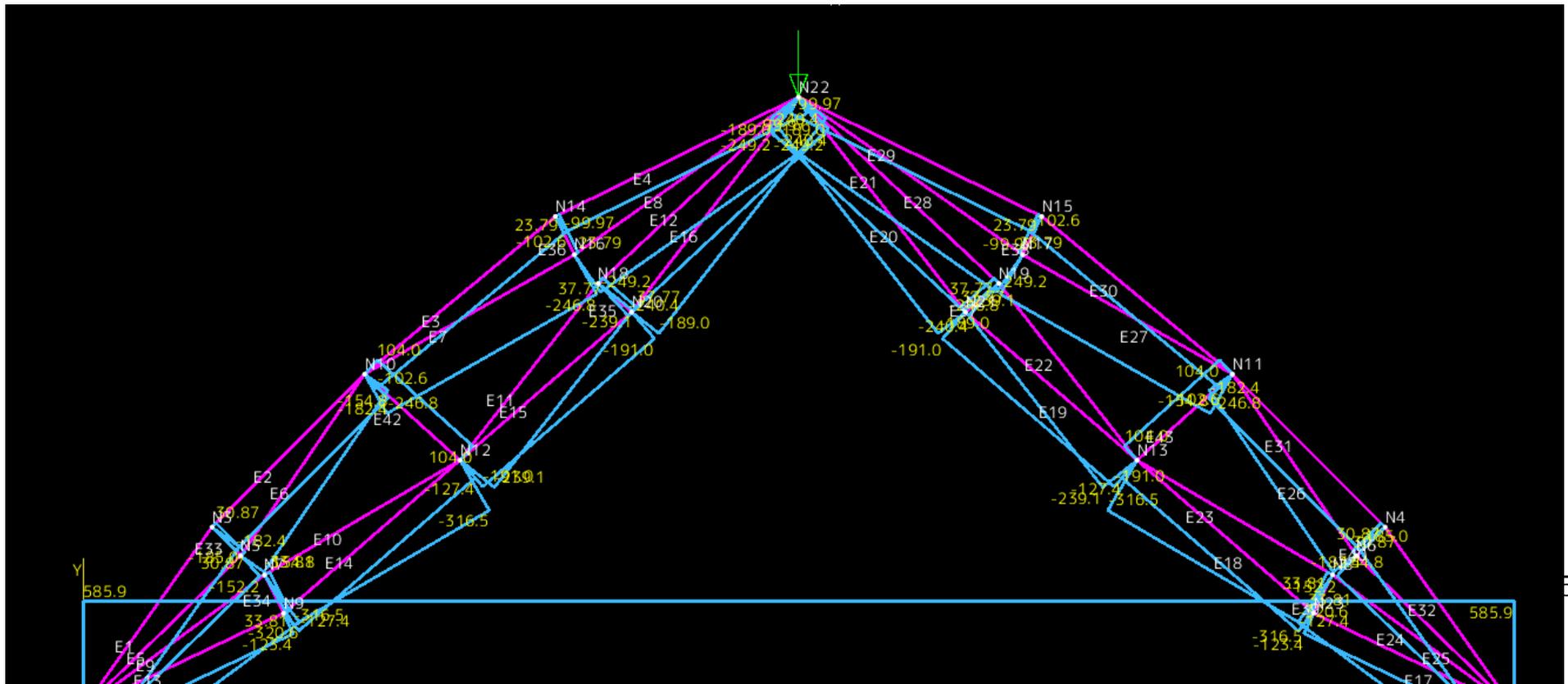


# 変形



# 軸力図

- 実際の梁では下のケーブルは8本あるので，40[kN]まで耐えられる．1構造面当り20[kN]なので， $20/0.585 \times 1[\text{kN}] \times 2$ 構造面=68[kN]までOK.
- 実際の終局荷重は38[kN],中央部分のボルト破断.
- 予測終局荷重： $-5000/(-316) \times 1[\text{kN}] \times 2$ 構面=32[kN]



# MASTAN2 manual

---

- <http://www.mastan2.com/tutorial.html>

## Photos and Text Reports

### *I. Printing Photos*

1. To print a photo of the main model window, select **Print Photo...** from the **File** menu. Note that the title is also printed at the base of the photo.

### *II. Creating Text Reports*

1. From the **File** menu select **Create Report...**
2. At the bottom menu bar, click on the check boxes just to the left of the desired information.
3. Click on the **Apply** button and this information is printed to the main text window. Use the scroll button to move up or down in the report. **MASTAN2**
4. To save the text report to a file that can be read and, in turn, printed by any word processor or text editor, click on the **Save Text** button and provide a destination folder and file name.
5. Click on the **Cancel** button to return to the main model window.

Note:

Information printed to the main text window will remain, even after the **Cancel** button is clicked, until the **Clear** button is clicked. In this way, additional information such as the results from a different analysis can be added later.

## Plotting with MSAPLOT

1. To use the plotting module that is provided with MASTAN2, select **MSAPlot** from the **Results** menu.

### *Part I. Axes Definition*

1. From the MSAPlot **Curves** menu select **Define X-Data**.
2. At the center of the bottom menu bar, click on the pop-up menu and select **Displacement**.
3. Click in the edit box to the right of **Node #** and type **4**.
4. Click on the **Apply** button (x-axis is now defined but nothing plotted).
5. Repeat steps 1 to 4, using **Define Y-Data** to monitor the **Applied Force or Moment** above the center column. Set **Node #** to **5**, **d.o.f.** to **y** (vertical force), and the scale to **-1** (to plot in upper right quadrant).

#### Notes:

1. In MSAPlot, all node and element numbers must be typed; clicking on a node or element in the MASTAN2 window will not automatically enter its number in a MSAPlot menu.
2. If an error is made while using **Define**, redefine the parameters and select **Apply**.
3. By also using **Define Z-Data**, MSAPlot can create three-dimensional plots.

## Plotting with MSAPLOT (cont.)

### *Part II. Generate a Curve*

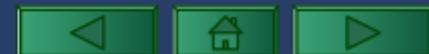
1. From the MSAPlot **Curves** menu select **Generate Curve(s)**.
2. Click in the edit box to the right of **Label** and type **1st-Order Elastic** (or some other description to appear in the plot's legend).
3. Click on the **Apply** button and the response curve is drawn. **MASTAN2**

### *Part III. Plot Attributes*

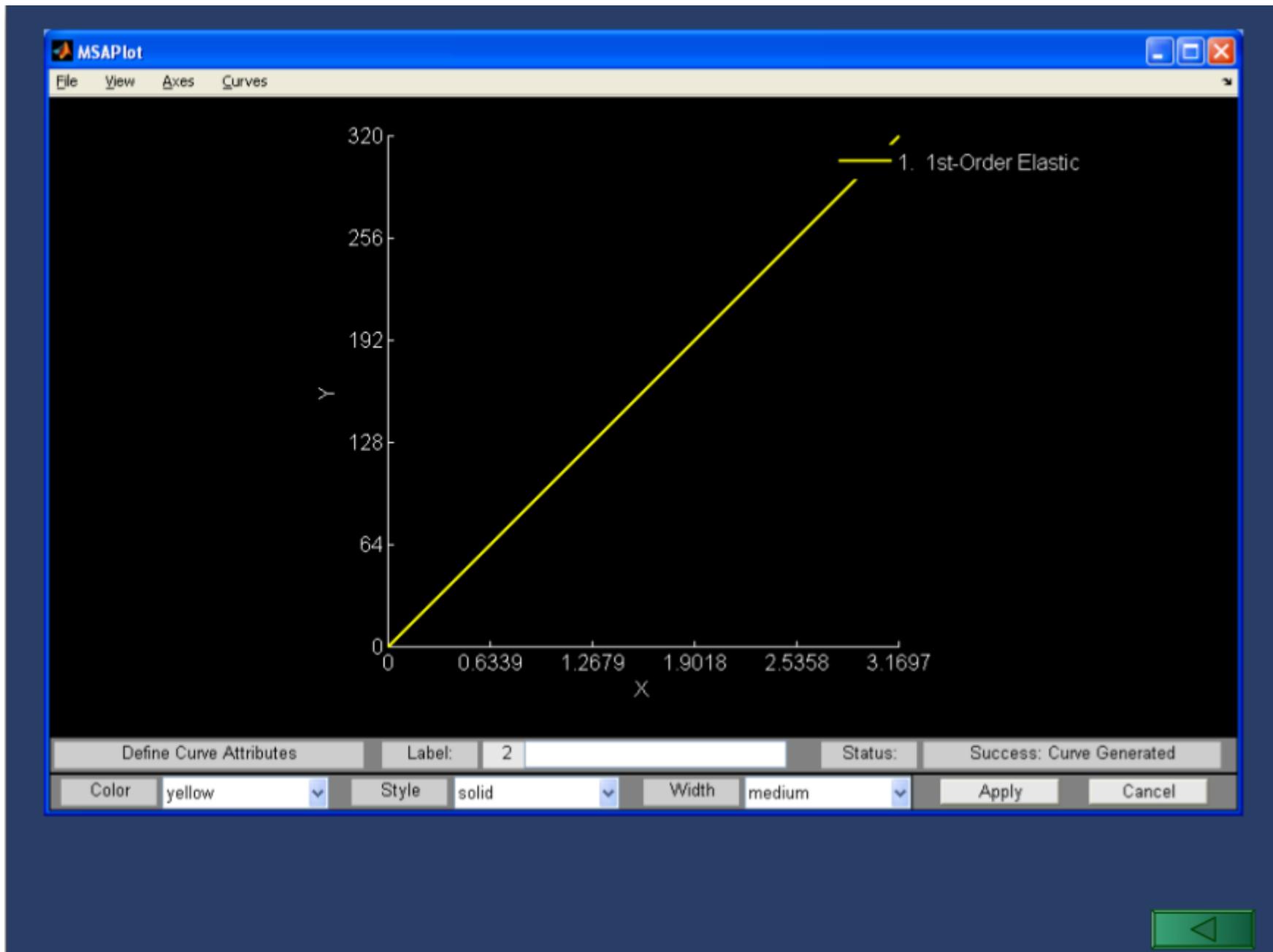
1. From the **Axes** menu select **Plot Title**.
2. At the bottom menu bar, click on edit box and enter a title.
3. Click on the **Apply** button.
4. From the **Axes** menu select **X-Attributes**.
5. Click on the edit box to the right of **Label** and change **X** to **Lateral Displacement (in.)**. Click on the edit box to the right of **Max:** and type **5**.
6. Click on the **Apply** button.
7. Repeat steps 4 to 6, using **Y-Attributes** to define the y-label as **P (kips)** and increasing the number of **Divisions** to **8**. **MASTAN2**

Note:

The legend can be dragged to anywhere on the screen by clicking on it and holding the mouse button down to move it.



# 荷重一変位曲線の作成3



# 今後の予定

- 1.グループ毎に設計、必要部材数の計算、図面作成、TAや小山助教にチェックしてもらう。
- 2.11月29日(木):本郷キャンパス11号館6Fにて、TAと顔合わせ。(そらまでにTA割り当て)
- 3.制作作業。本郷11号館地下2階。予め作業日程をgoogle calenderに入力。かなりの時間がかかるので注意。(2、3日は見込む。)
- 4.実験は12月27日(木曜日)午後6時から。終了後懇親会あり。
- 5.実験終了後、後日試験体解体をお願いします。