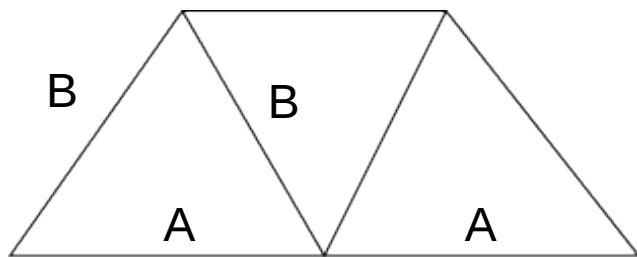


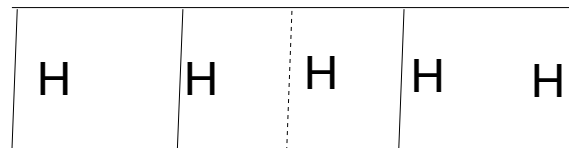
全学ゼミ「構造デザイン入門」 ～構造解析ソフトの紹介～

今回の解析演習までに準備すること

- 集合場所：計算機センターE38教室
- 模型の作成
- 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以下を部確認）



側面図



平面図

部材	長さ	個数	小計
A	1.2m	2	2.4m

H	0.5m	5	2.5m
		合計	??m

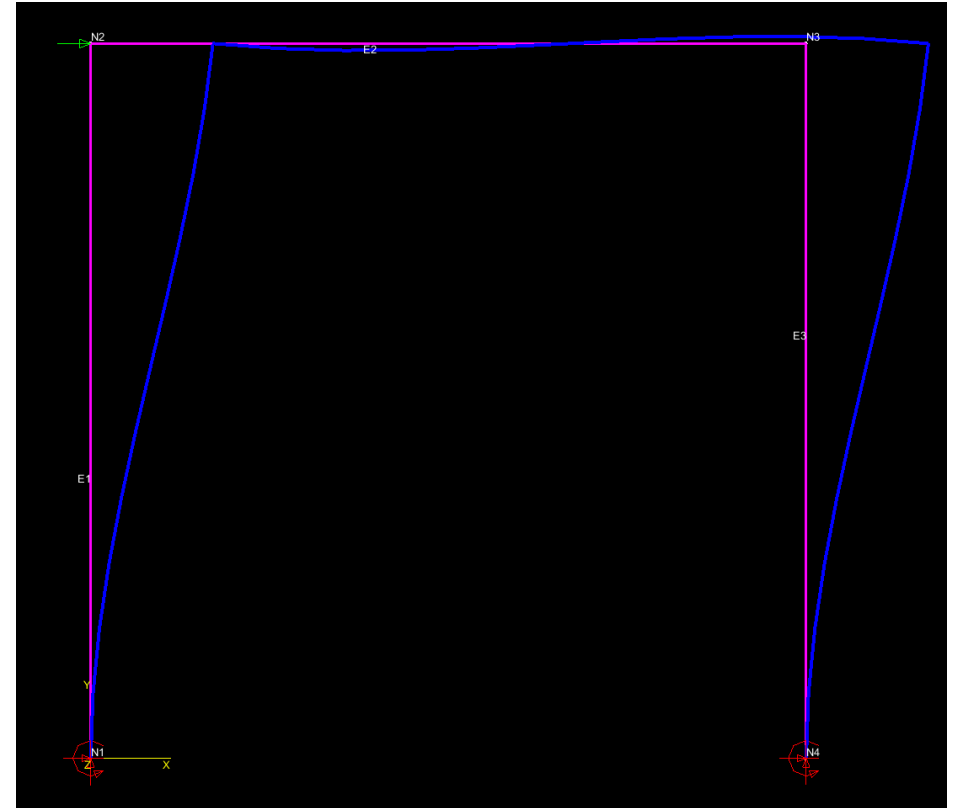
本日の内容

- 模型の批評
- 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

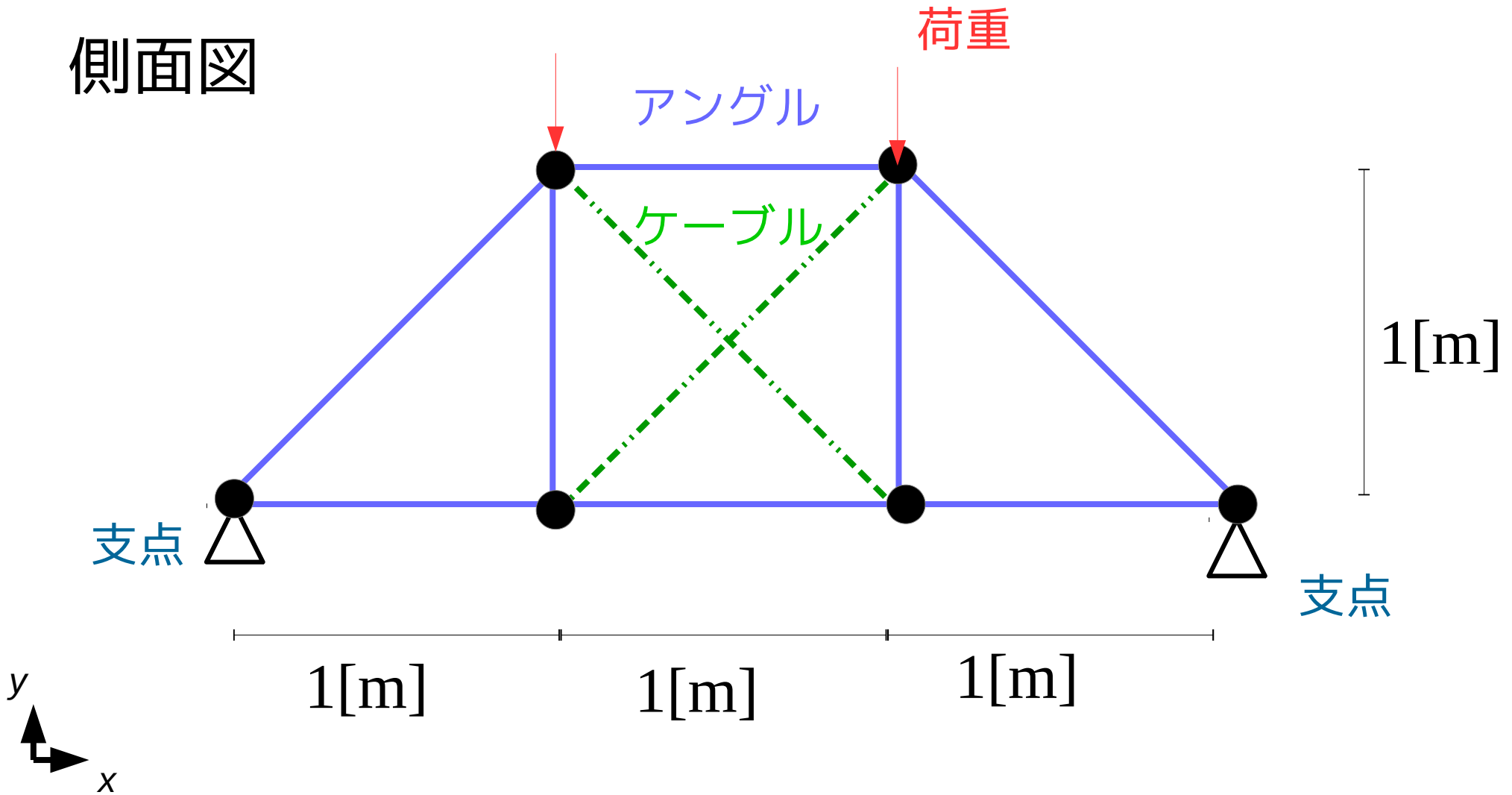
3. 境界条件

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

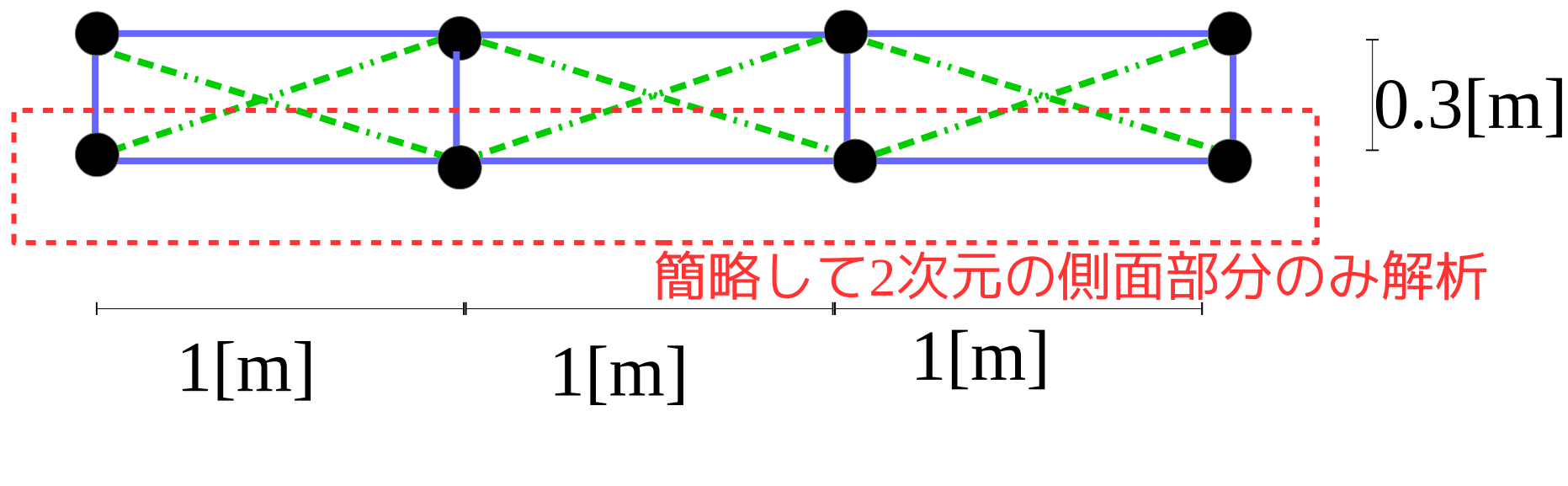
1.1 制作する単純梁

側面図



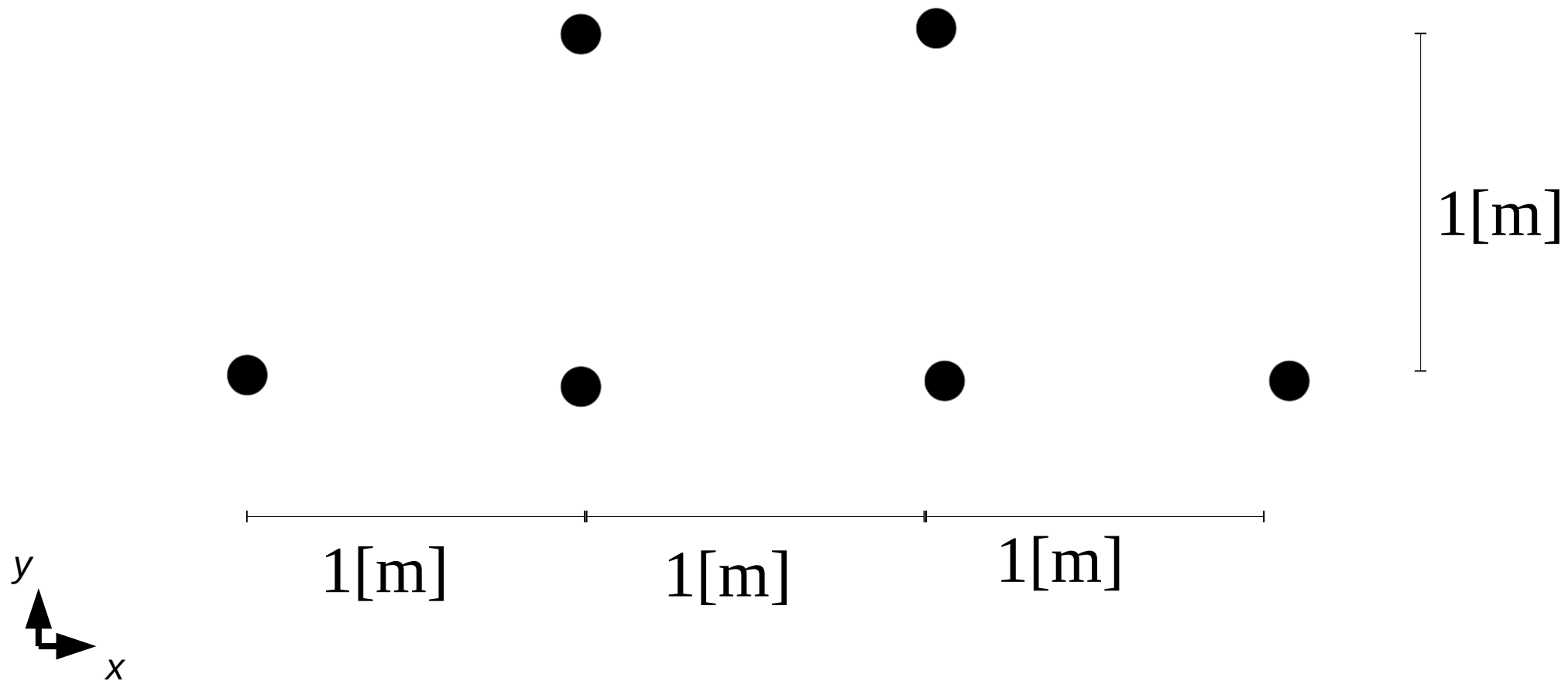
1.1 制作する単純梁

上面図



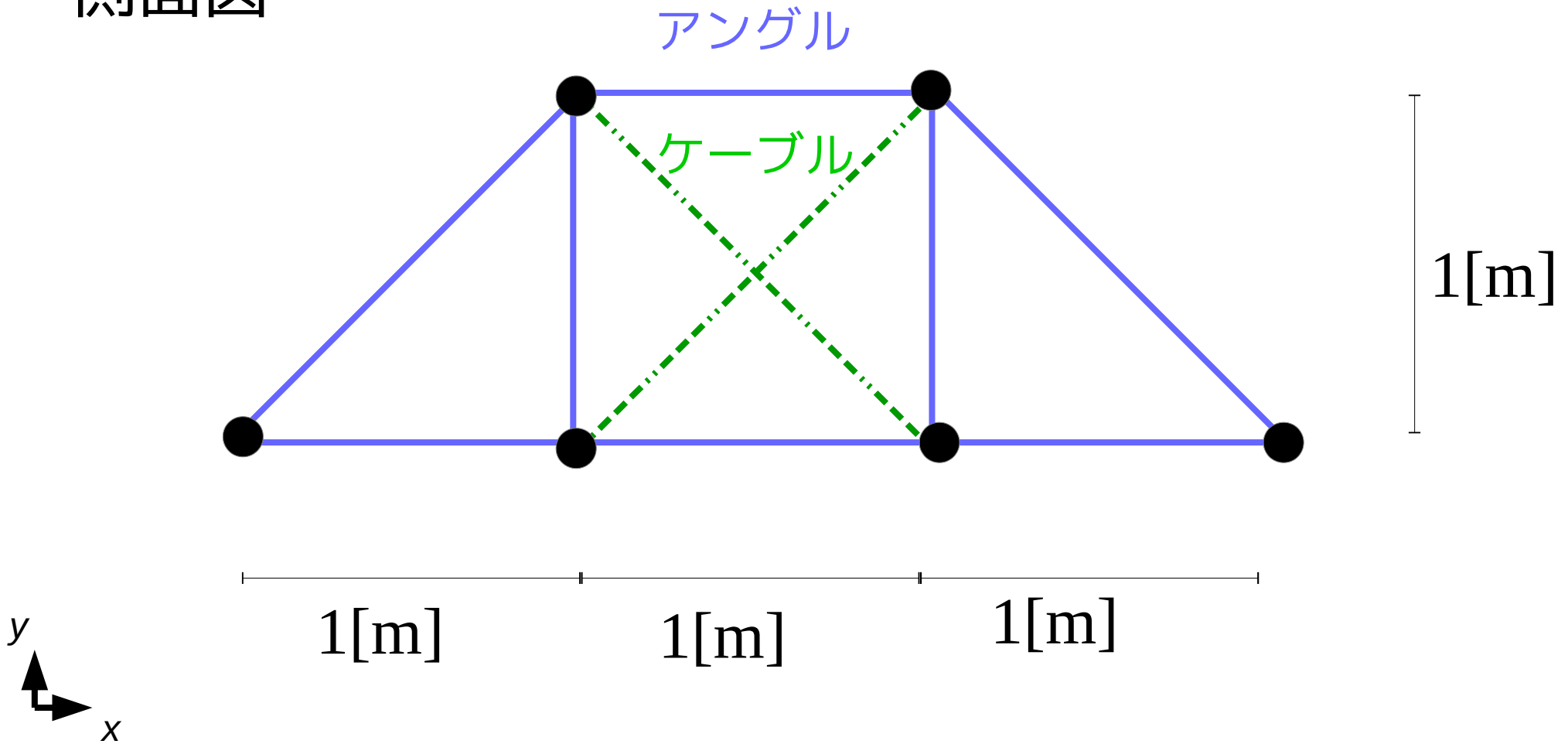
1.1 節点の作成

側面の部分



1.2 部材の作成

側面図



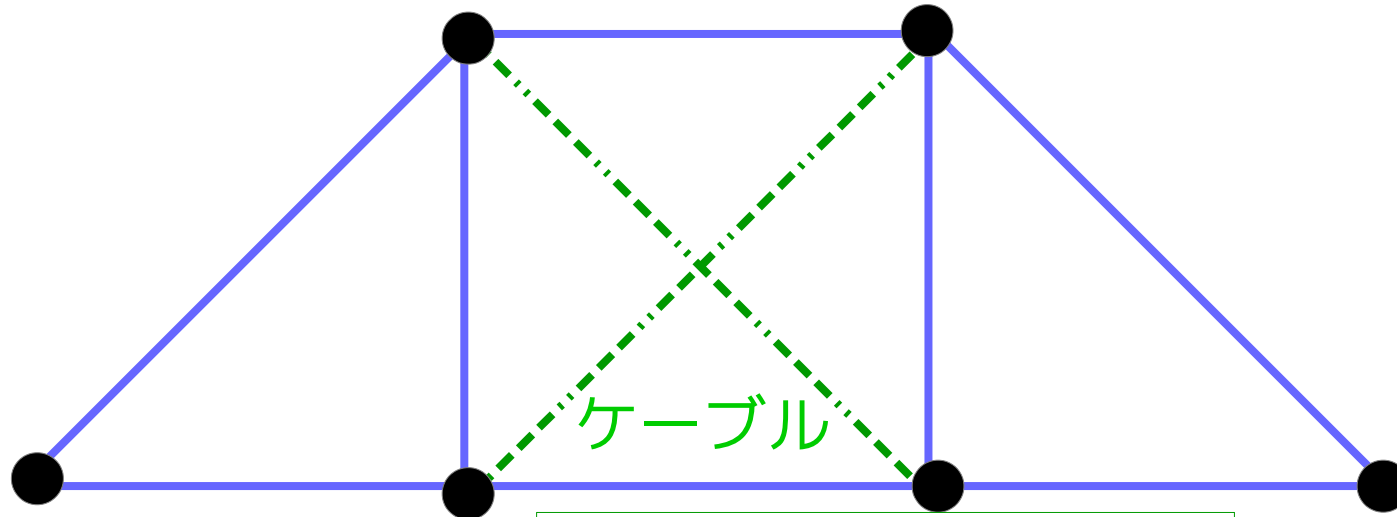
2.1 部材断面の設定



側面図

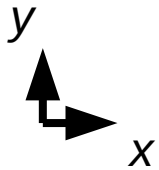
断面積 $A=171 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$

アングル



ケーブル

断面積 $A=7 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$



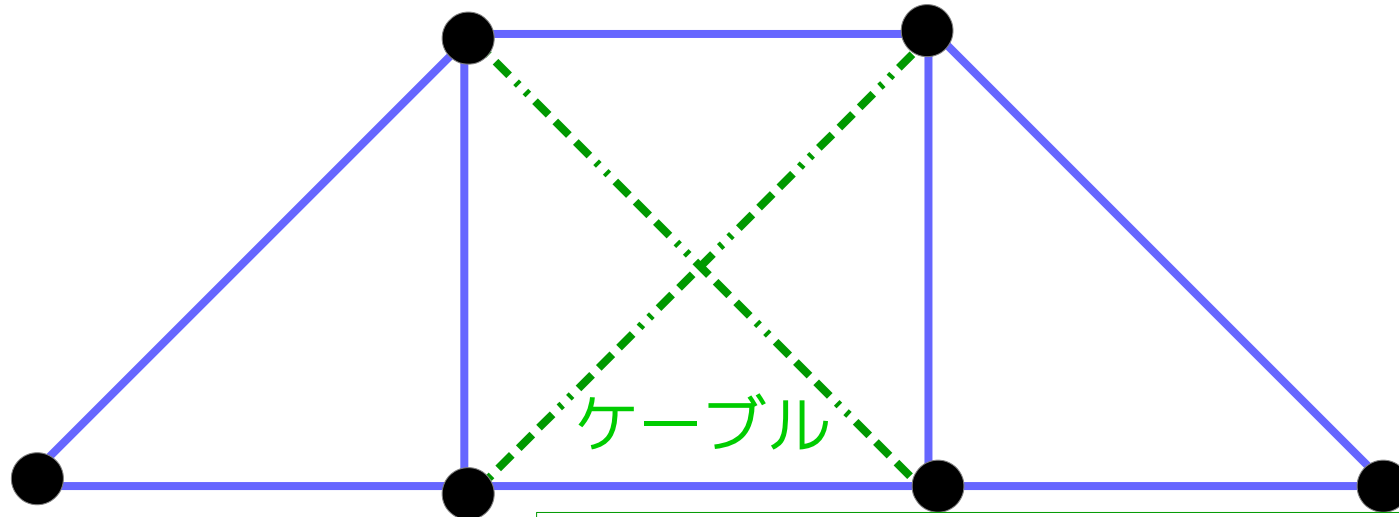
2.2 材料の設定



側面図

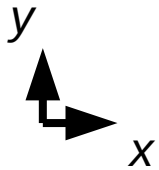
ヤング係数(アルミ) $E=69 \times 10^9 [\text{N/m}^2]$

アングル



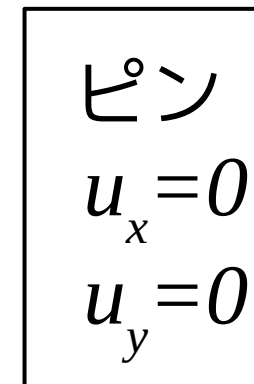
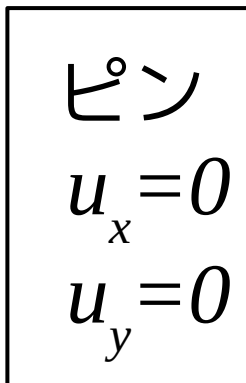
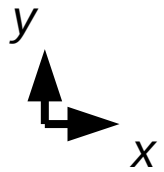
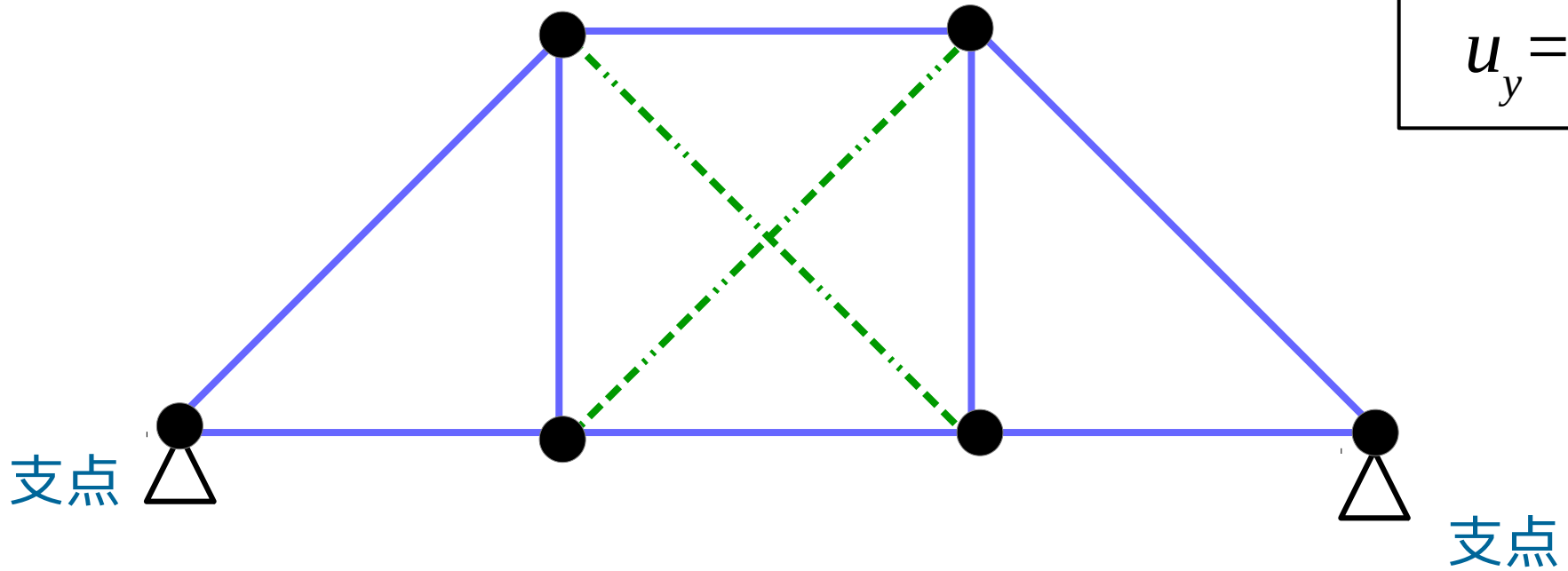
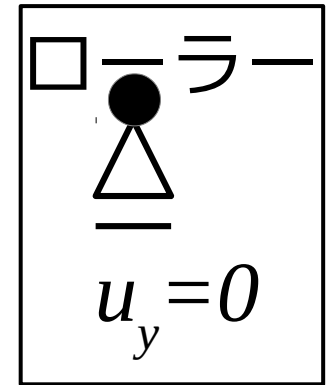
ケーブル

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



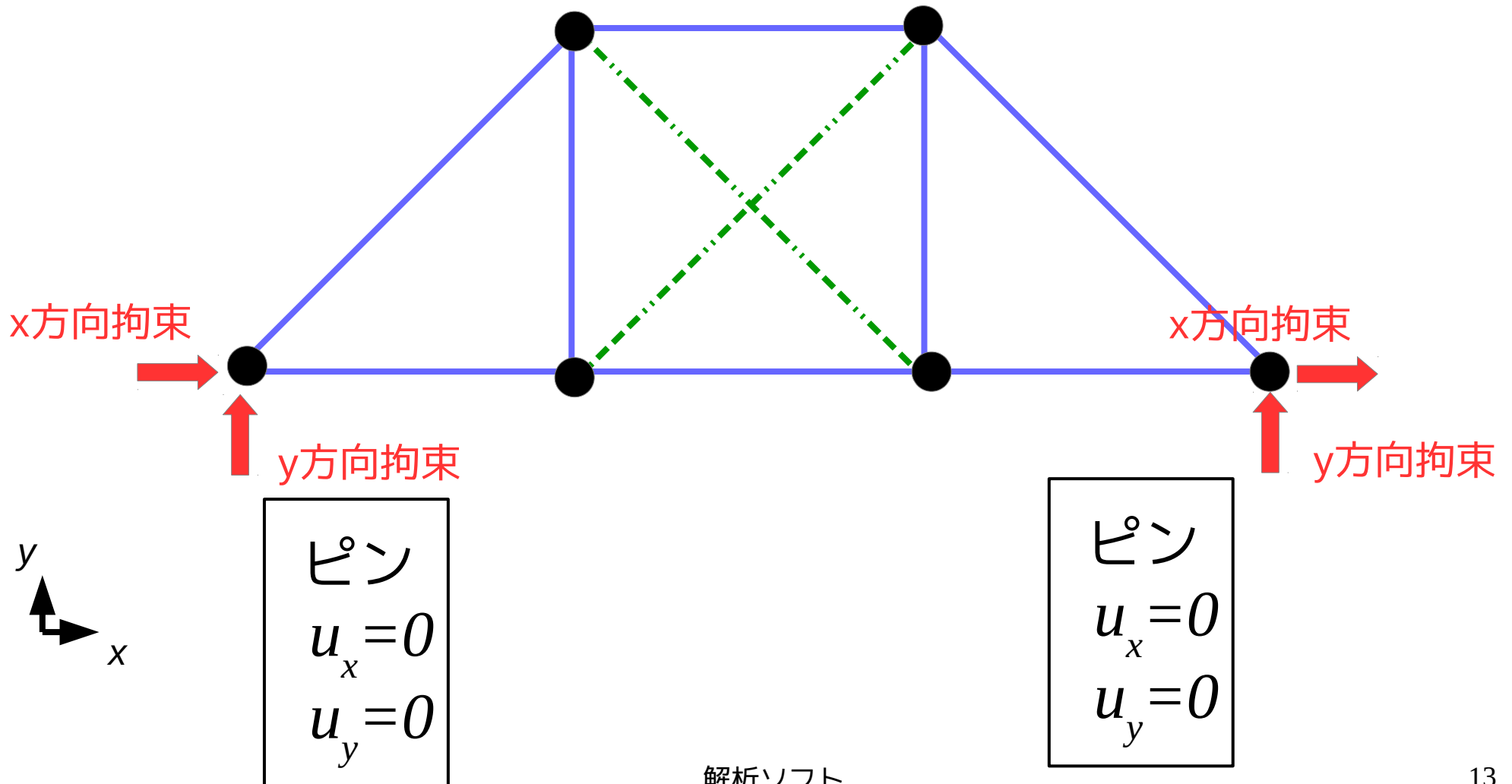
3.1 支点の条件の設定

側面図



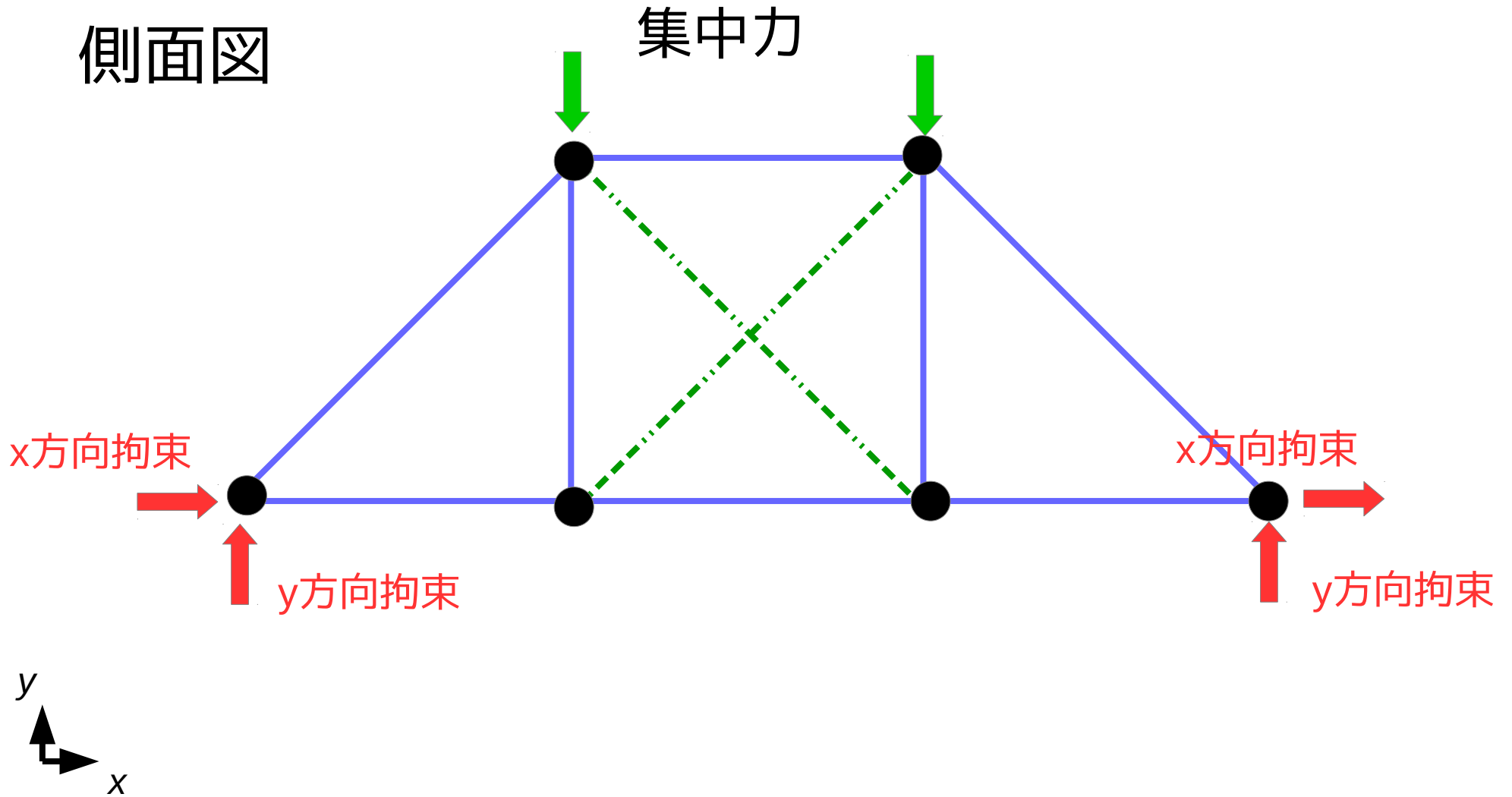
3.1 支点の条件の設定

側面図

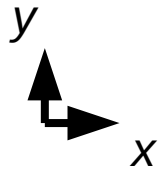
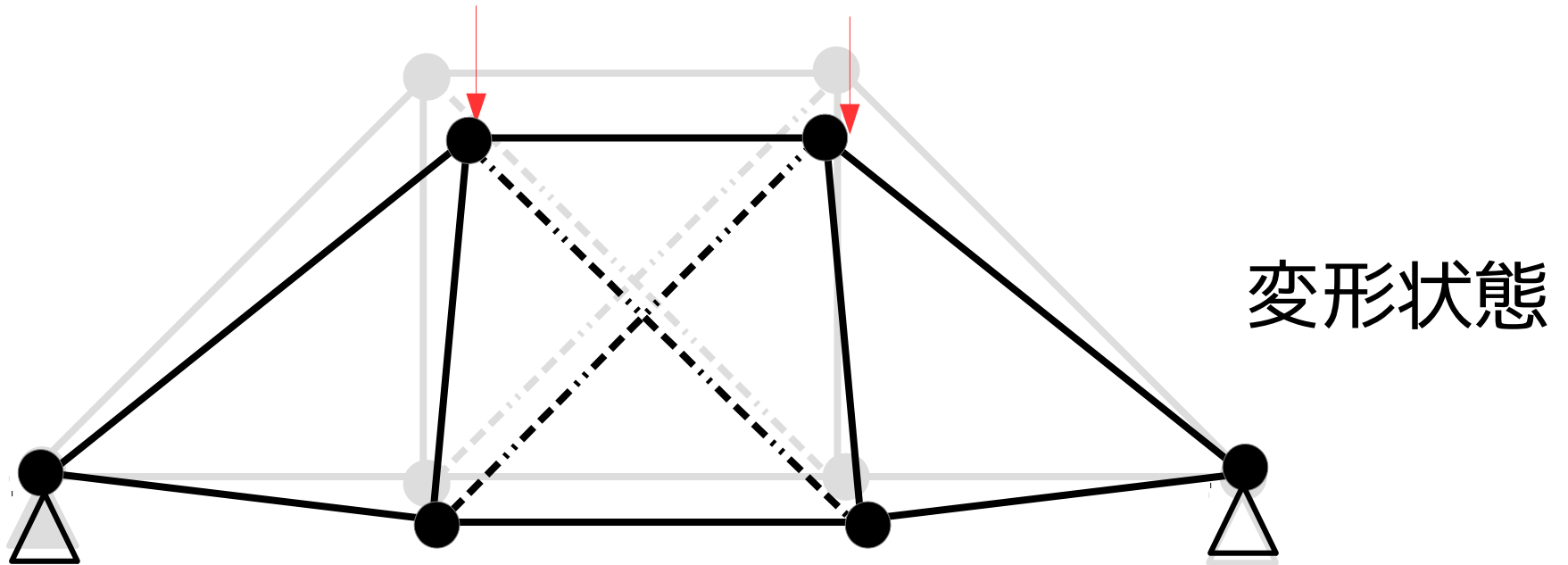


3.2 力の設定

側面図

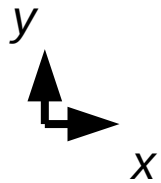
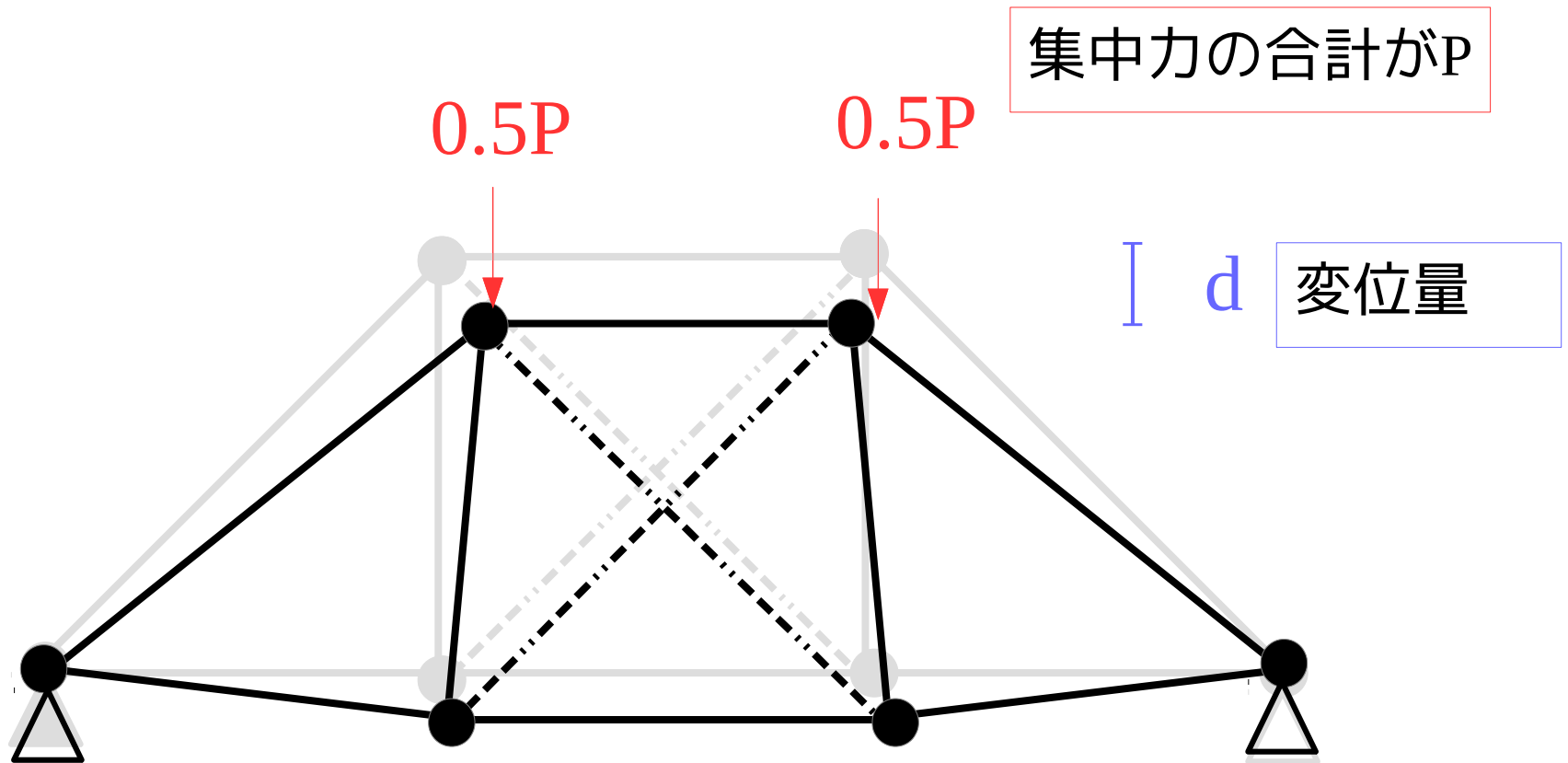


4 解析及び結果の分析

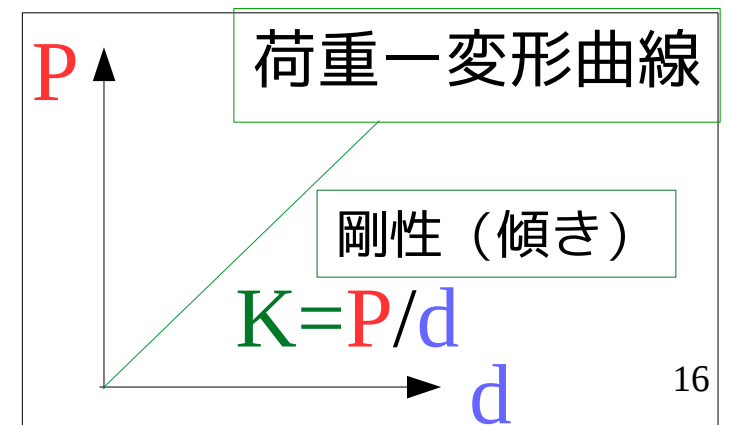


断面力の妥当性
変形の妥当性

4.1 剛性

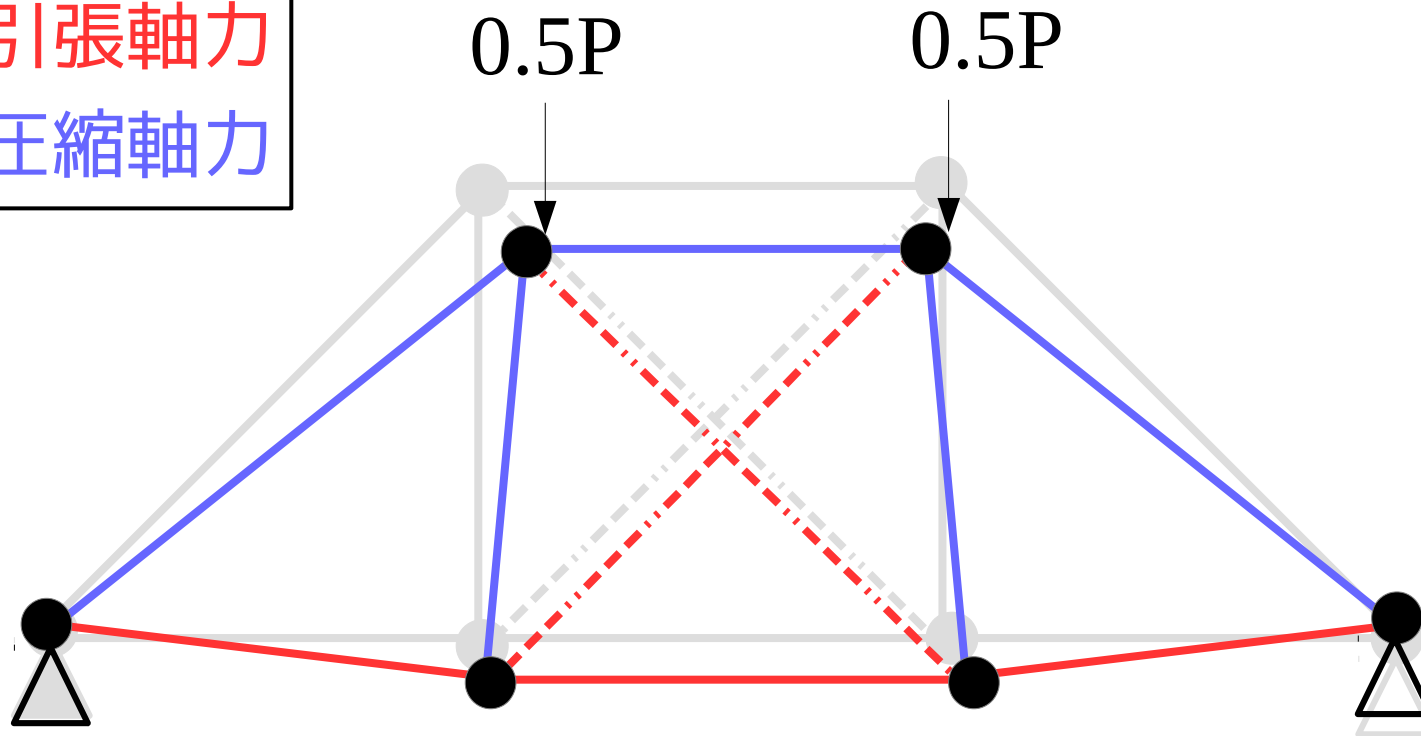


解析ソフト



4.1 軸力 N

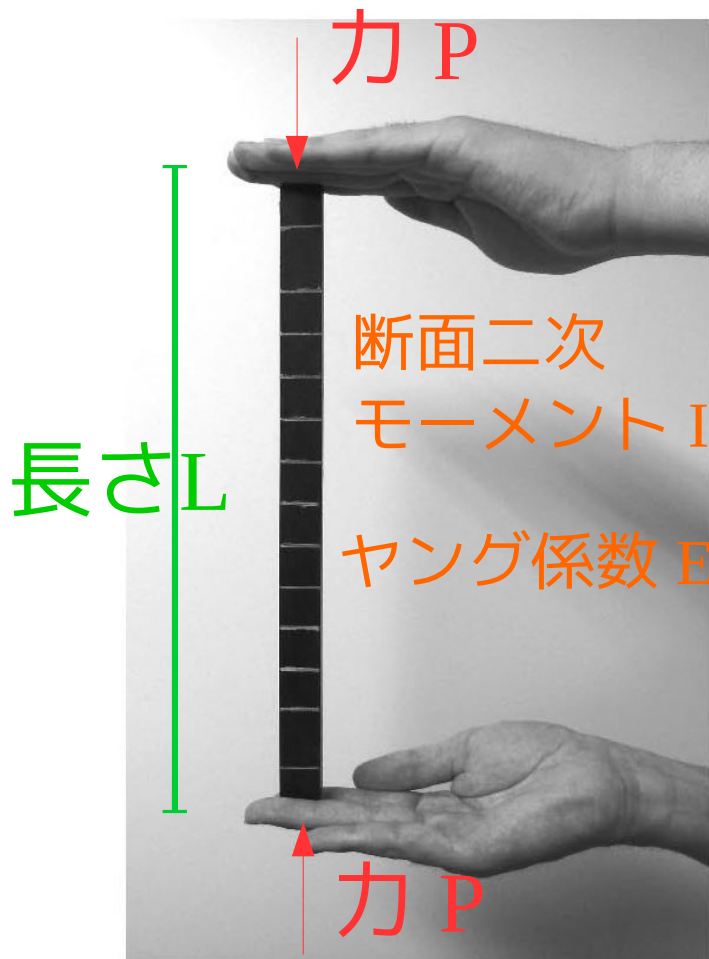
$N > 0$: 引張軸力
 $N < 0$: 圧縮軸力



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

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

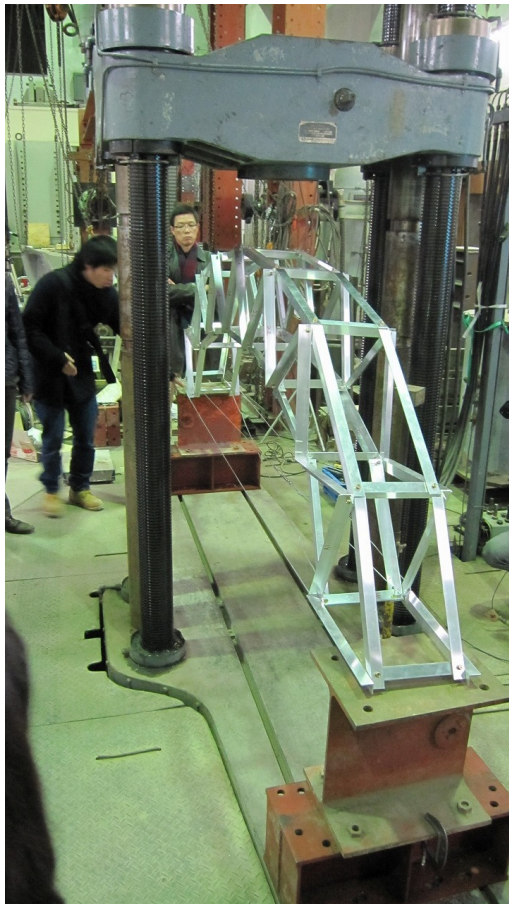
圧縮軸力 N の大きさが $P_{buckling}$ より大きいと座屈が生じる！

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

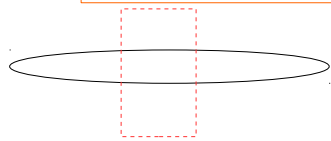
• 引張軸力N

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）

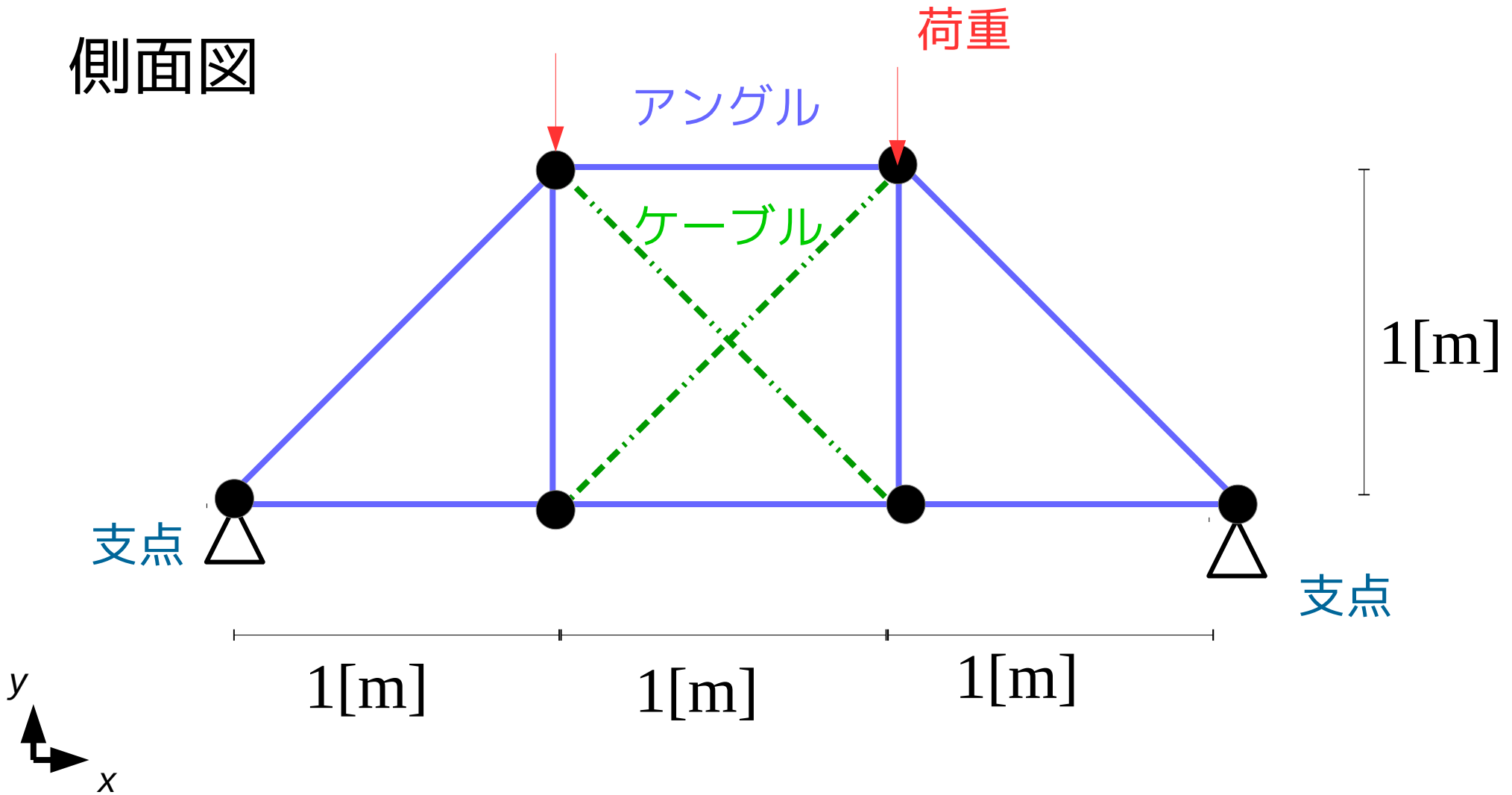
1. <http://www.mastan2.com/download.html> を開く
2. Windowsの場合：Version2 Download PC
Macの場合：Version2 Download Intel Mac
同意してzipファイルをダウンロード
3. zipファイルを解凍し、MASTAN2_Installerを起動してダウンロードおよびインストール開始
4. 次へ、次へ、を次々にクリックしてインストール
(ファイル容量が大きいので(431MB程度)なのでダウンロードに時間がかかります。)

MASTAN2の導入(MATLAB使用)

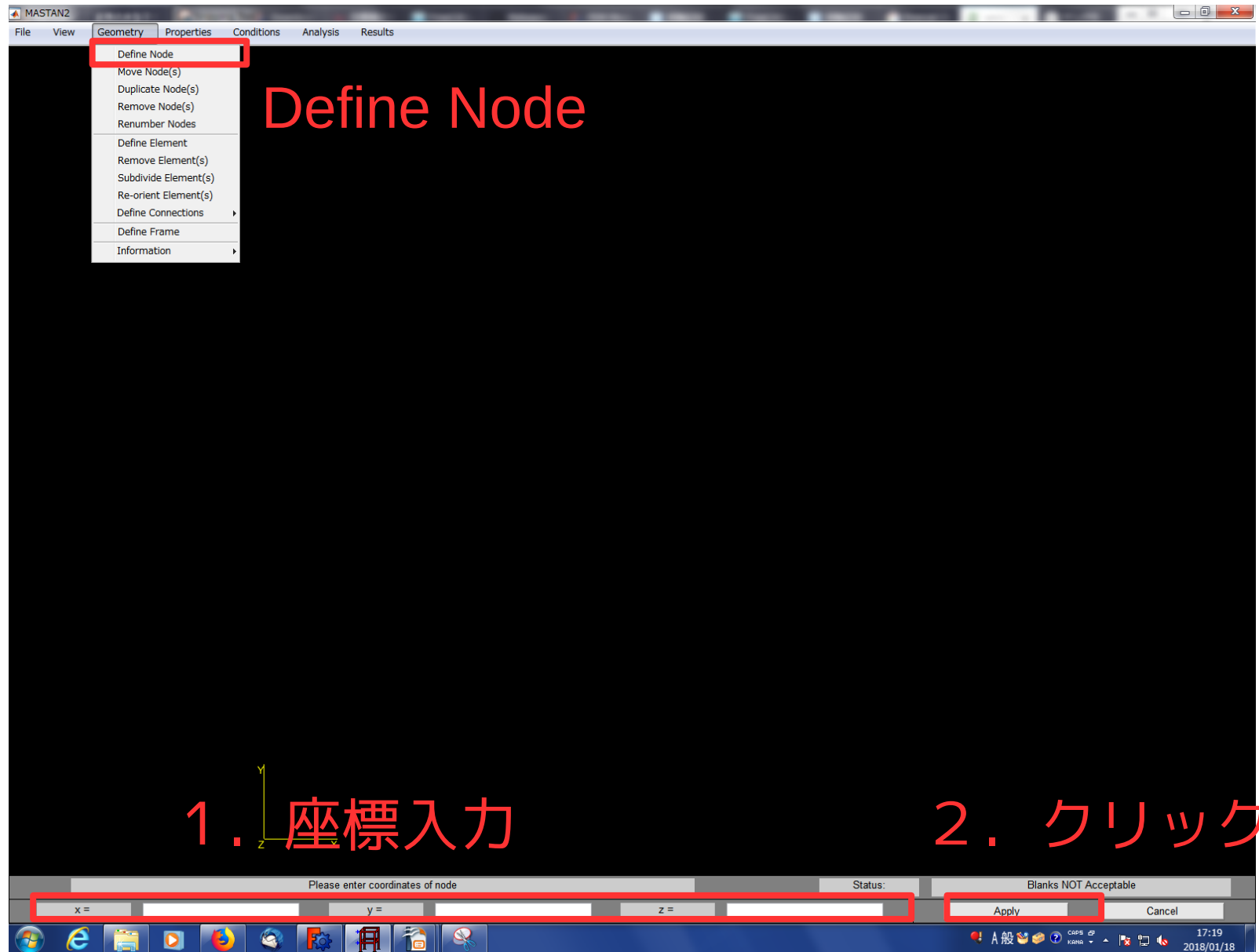
1. <http://www.mastan2.com/download.html> を開く
2. Version1 Download
同意してzipファイルをダウンロード
3. MASTAN2フォルダーを作成する。MASTAN2フォルダー内にsrcフォルダーを作成し、zipファイルをそこに移動し、解凍する。
4. MASTAN2フォルダー内にfilesフォルダーを作成する。
5. MATLABを起動して、filesフォルダーに移動する。
6. `addpath('./src '`) とタイプして実行する。
7. `mastan2` とタイプして実行する。

MASTAN 2 例題

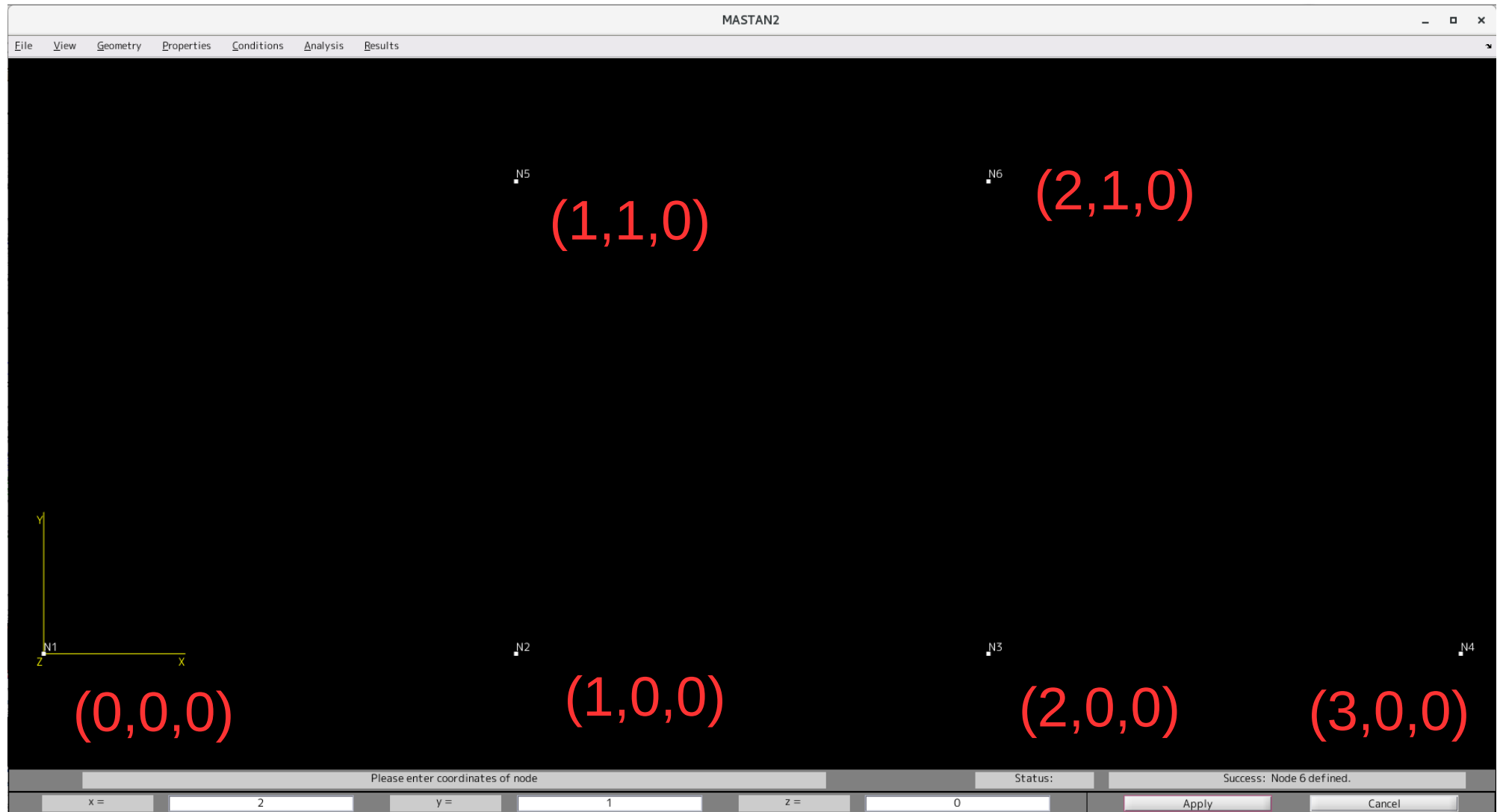
側面図



節点の設定



節点の設定



部材の作成

The screenshot shows the MASTAN2 software interface. The 'Geometry' menu is open, and 'Define Element' is highlighted with a red box. The main workspace displays a coordinate system with nodes N1 through N6. A dialog box at the bottom prompts the user to 'Please select element end nodes and define beta'. The dialog box has 'Node i' and 'Node j' fields, a 'Beta (Deg)' field set to 0.0, and 'Apply' and 'Cancel' buttons. The 'Apply' button is highlighted with a red box.

1. 部材の左端と右端を順番にクリック

2. クリック

部材断面の設定

Define Section

angle -> $A=171e-6[m^2]$

cable -> $A=7e-6[m^2]$

1. A入力

2. 「angle」または「cable」と入力

3. クリック

Please enter section properties		Section 3	Name:	Database	Status:
Area =	0	Izz =	0	Iyy =	0
J =	0	Cw =	0	Azz =	inf
Zzz =	inf	Zyy =	inf	Ayy =	inf

Apply Cancel

断面の設定

Define sectionを使って[angle]と[cable]の2種類を設定する. そしてAttach sectionで適宜選択する.

アングル

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



アルミ(aluminum)

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

ケーブル

断面積 $A=7 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$

鋼 (steel)

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

解析ソフト

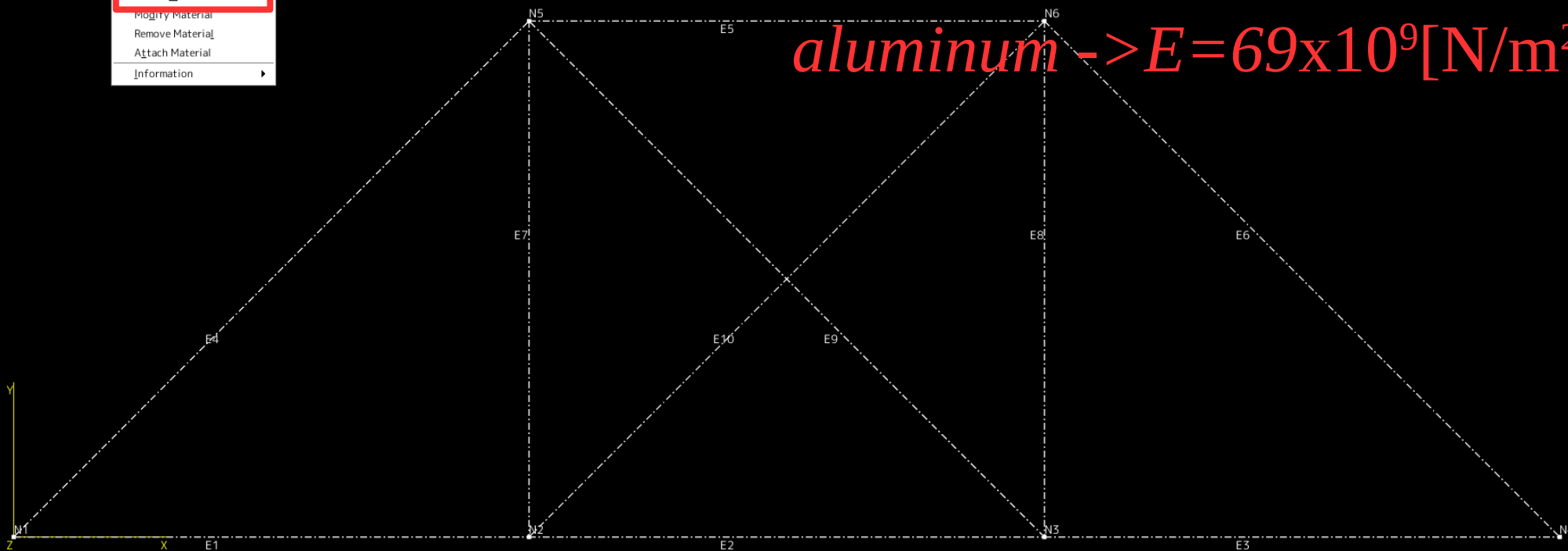
材料の設定

- Define Section
- Modify Section
- Remove Section
- Attach Section
- Yield Surface Control
- Define Material**
- Modify Material
- Remove Material
- Attach Material
- Information

Define Material

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

aluminum $\rightarrow E=69 \times 10^9 [\text{N/m}^2]$



1. E入力

2. 「aluminum」または「steel」と入力

Please enter material properties		Material 1	Name:		Status:	Gravity assumed in -Y direction		
E =	0	v =	0.3	Fy =	inf	Wt Dens. =	0	
							Apply	Cancel

3. クリック

2.1 材料の設定

Define materialを使って[aluminum]と[steel]の2種類を設定する。そしてAttach materialで適宜選択する。

アングル

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



アルミ(aluminum)

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

ケーブル

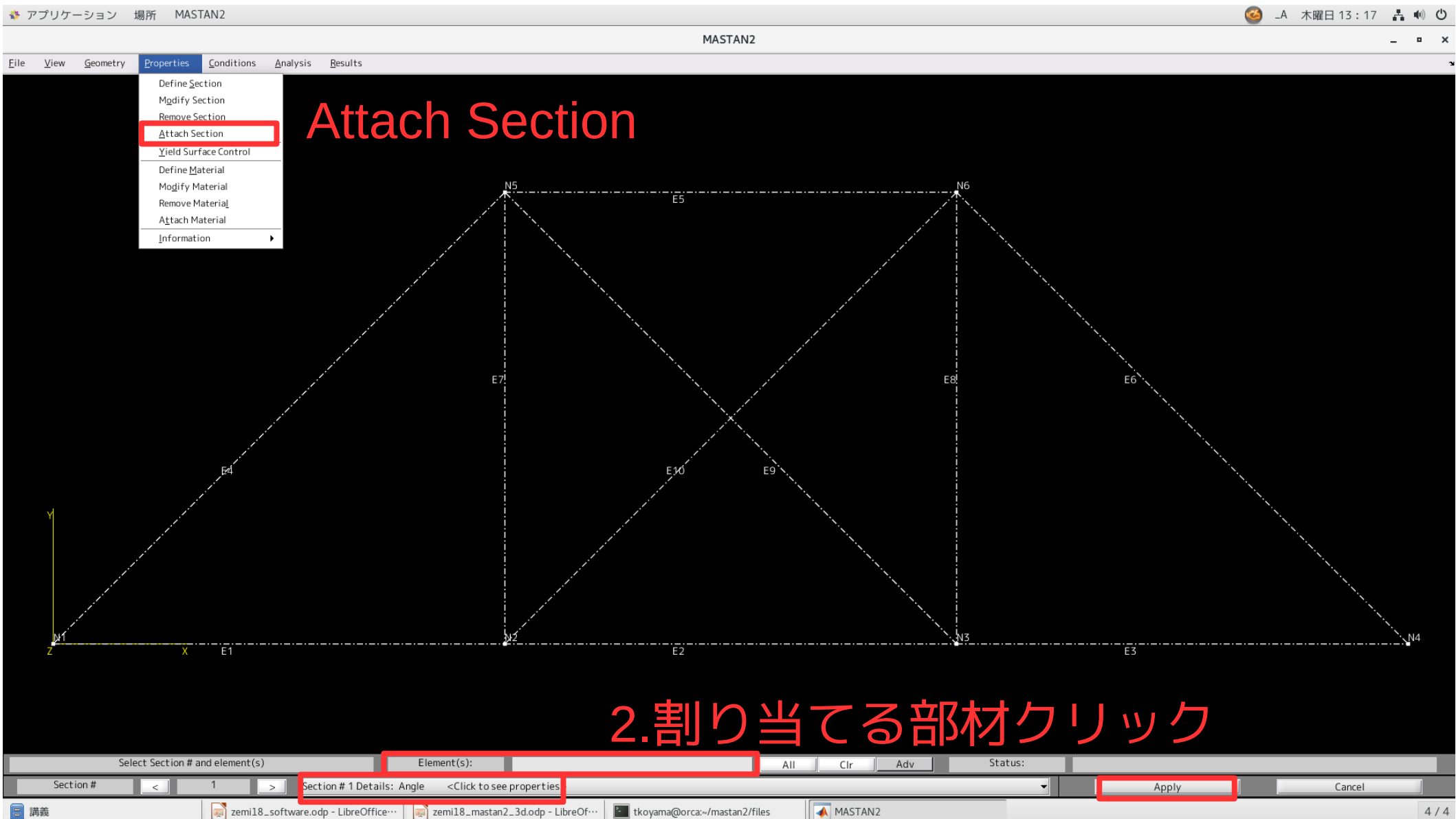
断面積 $A=7 \times 10^{-6} [\text{m}^2]$

鋼 (steel)

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

解析ソフト

部材断面の割り当て



Attach Section

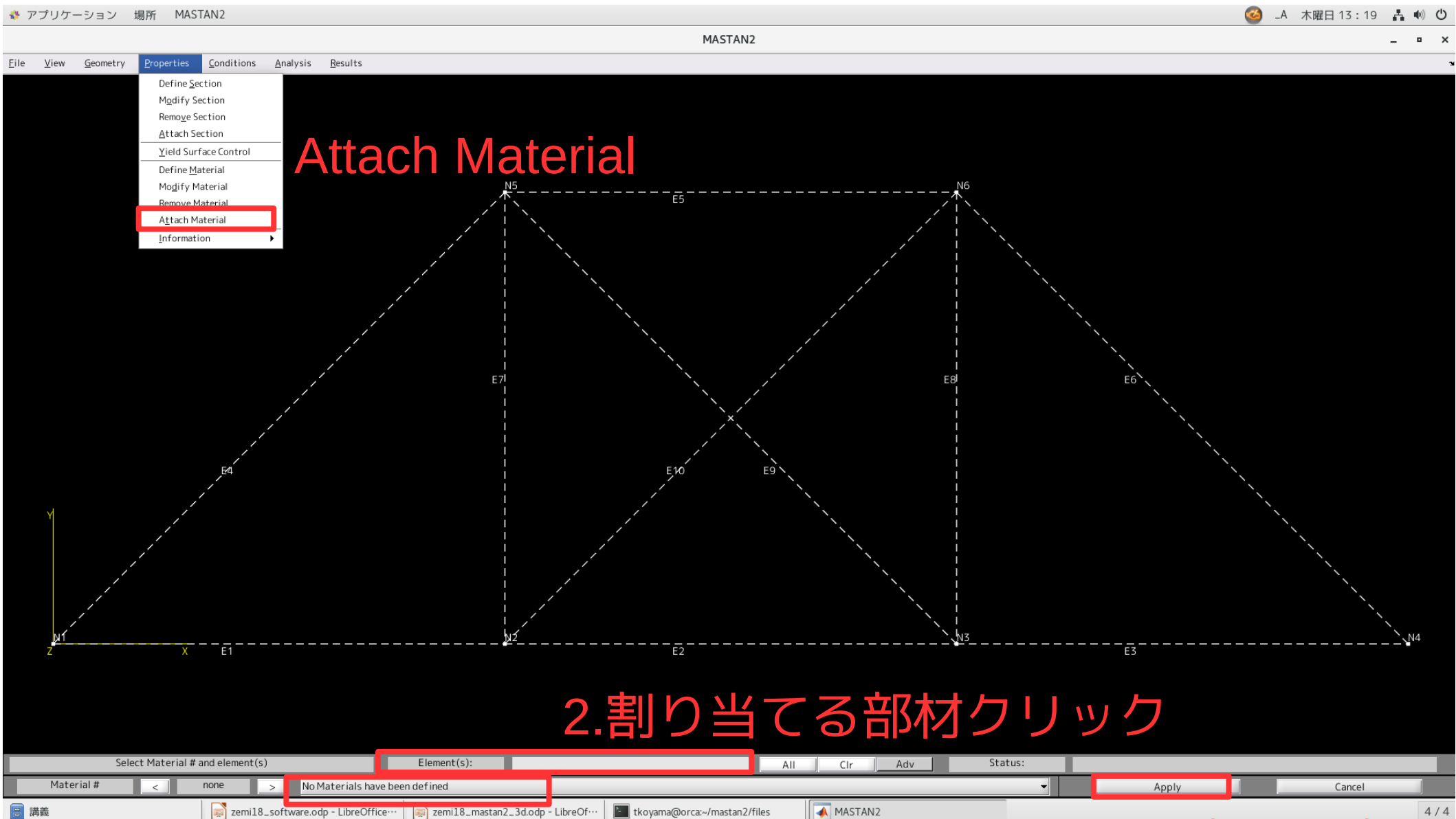
2.割り当てる部材をクリック

1. 「angle」または「cable」確認

3. クリック

解析ソフト

材料の割り当て



2.割り当てる部材をクリック

1. 「aluminum」または「steel」確認

3. クリック

解析ソフト

断面及び材料のチェック

The screenshot displays the MASTAN2 software interface. At the top, the title bar shows 'アプリケーション 場所 MASTAN2' and the system tray includes the date '木曜日 13:23'. The main menu bar contains 'File', 'View', 'Geometry', 'Properties', 'Conditions', 'Analysis', and 'Results'. The 'Properties' menu is open, showing options like 'Define Section', 'Modify Section', 'Remove Section', 'Attach Section', 'Yield Surface Control', 'Define Material', 'Modify Material', 'Remove Material', 'Attach Material', and 'Information'. A red box highlights the 'Section' and 'Material' options under the 'Information' submenu. Large red text overlaid on the image reads '全部材の「Section」や「Material」をチェックできる'. The main workspace shows a truss structure with nodes N1 through N6 and elements E1 through E10. A coordinate system with X, Y, and Z axes is visible at the bottom left. At the bottom, a status bar displays 'Select Section # for properties and attached elements' with a dropdown set to '1', and a table of material properties.

Area =	lzz =	lyy =	J =	Cw =
0.000171	0	0	0	0
Zzz =	Zyy =	Ayy =	Azz =	Cancel
Inf	Inf	Inf	Inf	

At the bottom of the window, the taskbar shows several open applications: '講義', 'zemi18_software.odp - LibreOffice...', 'zemi18_mastan2_3d.odp - LibreOf...', 'tkoyama@orca:~/mastan2/files', and 'MASTAN2'. The page number '4 / 4' is visible in the bottom right corner of the application window.

支点の条件

The screenshot shows the MASTAN2 software interface. The 'Conditions' menu is open, with 'Define Fixities' selected. The main window displays a truss structure with nodes N1 through N6 and elements E1 through E10. Red arrows point to nodes N1 and N4, with labels 'x方向拘束' (x-direction constraint) and 'y方向拘束' (y-direction constraint). The 'Define Fixities' dialog box is open, showing 'Node(s):' and 'Apply' buttons highlighted with red boxes.

1. 支点の条件を指定

解析ソフト

3. クリック

力の設定

The screenshot shows the MASTAN2 software interface. The main window displays a truss structure with nodes N1 through N6 and elements E1 through E10. Two downward-pointing green arrows represent forces of $P=0.5\text{[kN]}$ applied at nodes N5 and N6. A red text overlay reads "集中荷重の合計が1[kN]になるように" (so that the total concentrated load becomes 1[kN]). A "Define Forces" dialog box is open, with "Define Forces" selected. The dialog box has fields for "Node(s)", "PX =", "PY =", and "PZ =", all containing "0". The "Apply" button is highlighted. The status bar at the bottom shows "Please define node(s) and forces" and "P's refer to GLOBAL space".

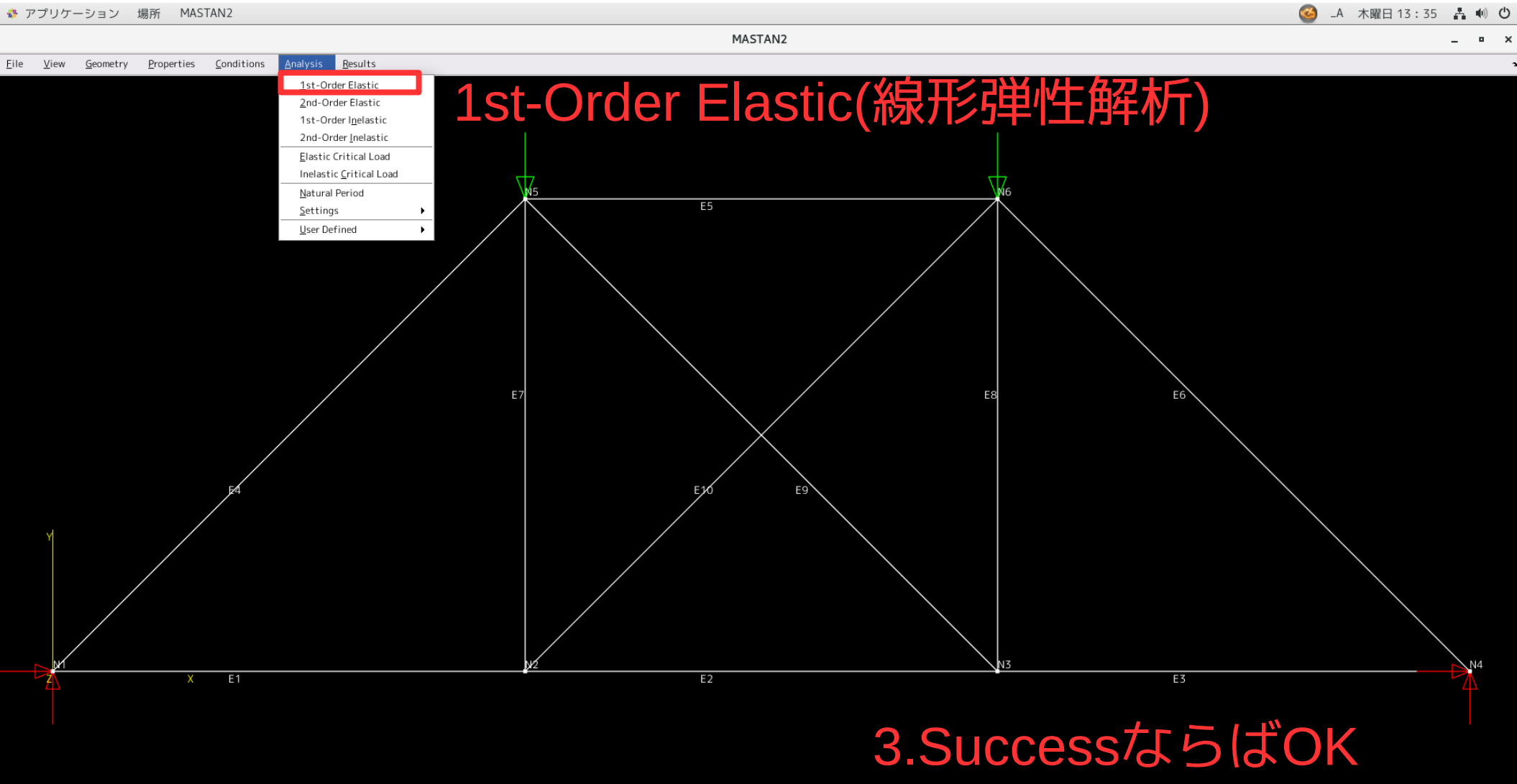
Define Forces
 $P=0.5\text{[kN]}$
 $P=0.5\text{[kN]}$
集中荷重の合計が1[kN]になるように

2. 節点を選択

1. 力を指定(-0.5e3)

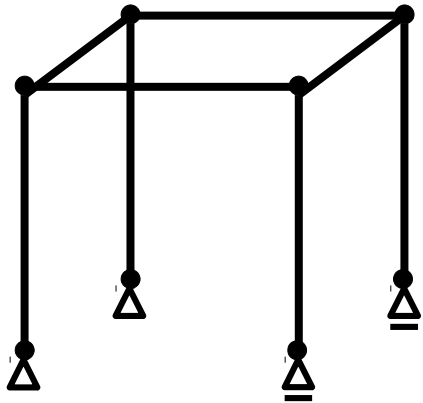
3. クリック

解析実行

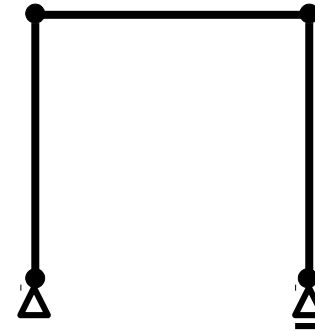


Analysis Typeに関して

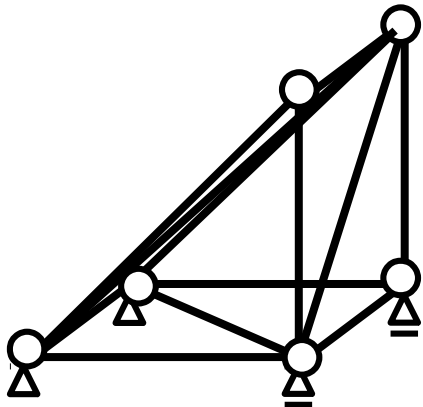
1. 「Space Frame」



2. 「Planar Frame(xy)」

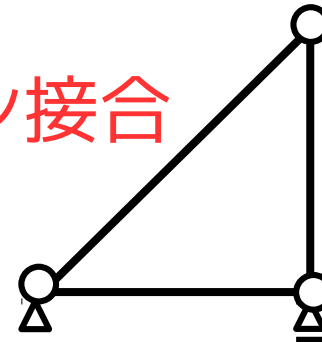


3. 「Space Truss」

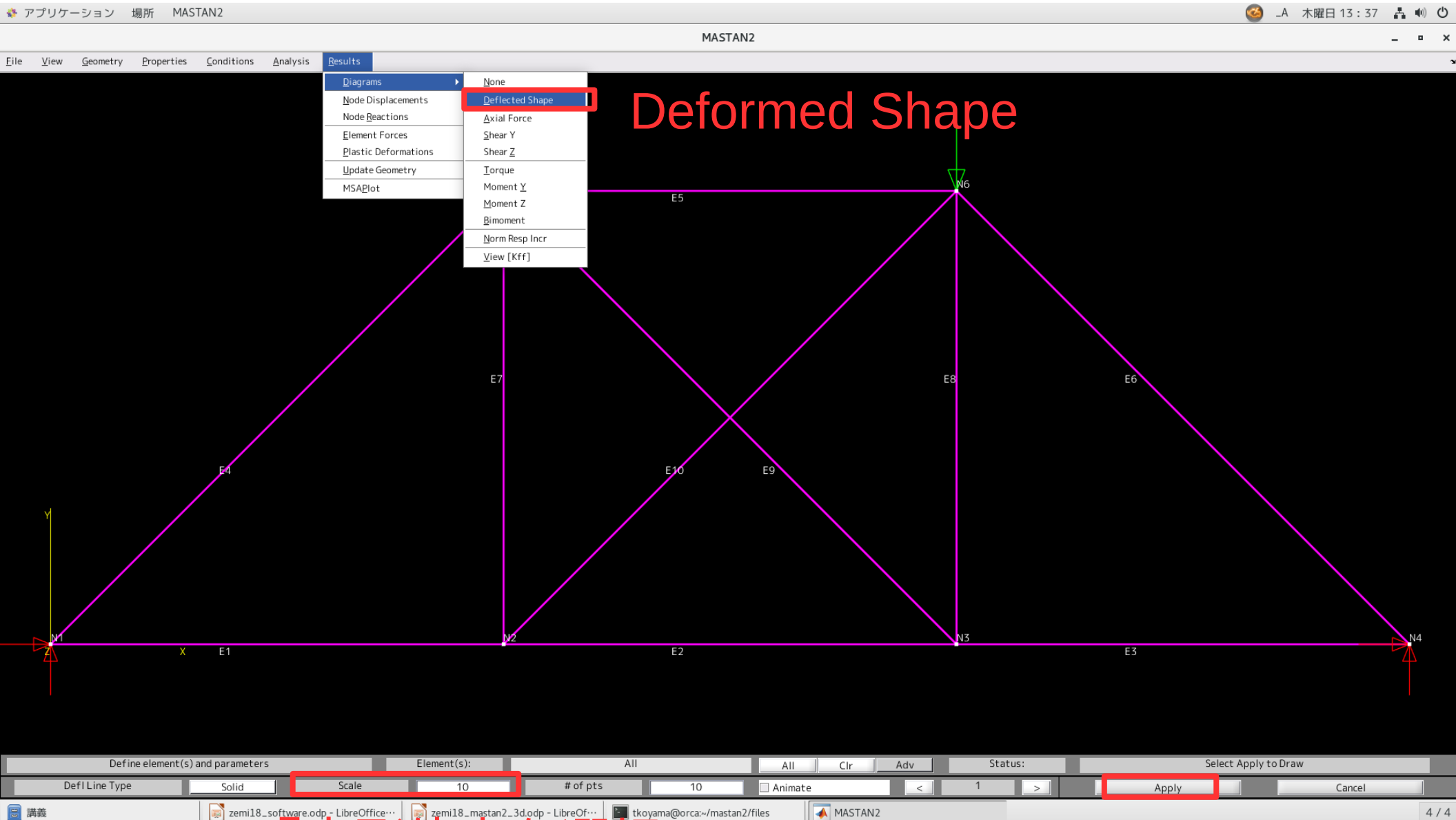


4. 「Planar Truss(xy)」

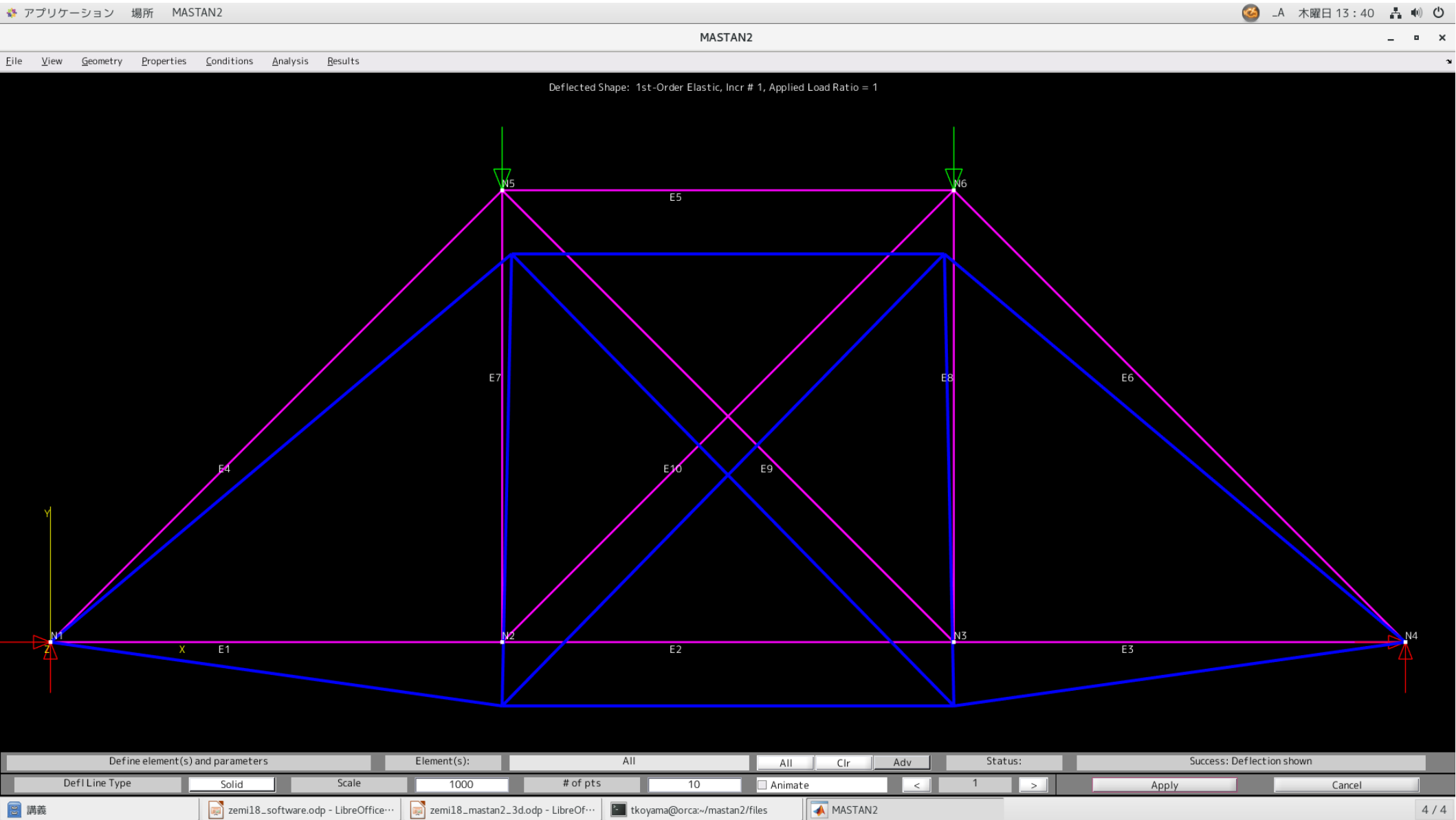
全ての節点がピン接合



結果を表示：変形



結果を表示：変形



変位の値を出力

The screenshot shows the MASTAN2 software interface. The title bar indicates the application is 'アプリケーション 場所 MASTAN2' and the window title is 'MASTAN2'. The menu bar includes 'File', 'View', 'Geometry', 'Properties', 'Conditions', 'Analysis', and 'Results'. The 'Results' menu is open, showing options: 'Displacements', 'Node Displacements', 'Node Reactions', 'Element Forces', 'Plastic Deformations', 'Update Geometry', and 'MSAPlot'. The 'Node Displacements' option is highlighted with a red box. The main workspace displays a truss structure with nodes N1 through N6 and elements E1 through E10. A blue truss is overlaid on the original white truss. A red box highlights the 'Node' field in the bottom table, which contains the value '1'. The 'Apply' button is also highlighted with a red box.

Node:	Disp X	Disp Y	Disp Z	Status:	Select or Input a node #
1					
Displacements	Rot X	Rot Y	Rot Z	< 1 >	Apply Cancel

Node Displacements

1. 節点を選択

2. クリック

軸力

アプリケーション 場所 MASTAN2

MASTAN2

File View Geometry Properties Conditions Analysis Results

Diagrams
Node Displacements
Node Reactions
Element Forces
Plastic Deformations
Update Geometry
MSAPlot

None
Deflected Shape
Axial Force
Shear Y
Shear Z
Torque
Moment Y
Moment Z
Bimoment
Norm Resp Incr
View [Kff]

Force: 1st-Order Elastic, Incr #1, Applied Load Ratio =

MASTAN2

Define element(s) and parameters

Element(s): All All Clr Adv Status: Success: Max P = -707.1

Pos Tension Sign Neg Scale: 0.225 # of pts: 1 Fill

講義 zemi18_software.odp - LibreOffice... zemi18_mastan2_3d.odp - LibreOffice... tkoyama@orca:~/mastan2/files MASTAN2 4 / 4

Axial Force(軸力)

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 following report content:

Date: 11/14/2019
provided

General Information Categories:

- (i) Number of Nodes = 6
- (ii) Number of Elements = 10
- (iii) Number of Sections = 2
- (iv) Number of Materials = 2
- (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	2.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
4	3.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
5	1.0000e+00	1.0000e+00	0.0000e+00
6	2.0000e+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	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE
3	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE
4	FIXED	FIXED	FREE	FREE	FREE	FREE
5	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE
6	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE	FREE

At the bottom of the window, the 'Select Requested Information and Apply' dialog is open, with 'General Info.', 'Geometry', 'Properties', and 'Conditions' checked. The 'Apply' button is highlighted with a red box.

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

アプリケーション 場所 MASTAN2

MASTAN2

File View Geometry Properties Conditions Analysis Results

#####

General Information:
Structure Analyzed as: Planar Truss
Analysis Type: First-Order Elastic

Analytical Results:

(ii) Element Results at Step # 1, Applied Load Ratio = 1.0000

Internal End Forces (Note: Refers to local coordinates)

Element	Node	Fx	Fy	Fz
1	1	1.6832e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	2	-1.6832e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	2	-3.3664e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	3	3.3664e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
3	3	1.6832e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	4	-1.6832e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
4	1	7.0711e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
	5	-7.0711e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
5	5	4.9495e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
	6	-4.9495e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
6	6	7.0711e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
	4	-7.0711e+02	0.0000e+00	0.0000e+00
7	5	-5.0496e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	2	5.0496e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
8	6	-5.0496e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	3	5.0496e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
9	3	7.1413e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	5	-7.1413e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
10	2	7.1413e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	6	-7.1413e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

Internal End Moments (Note: Refers to local coordinates)

Element	Node	Mx	My	Mz	B
1	1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
2	2	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	3	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
3	3	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	4	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
4	4	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00
	1	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

Select Requested Information and Apply

Status: Success: Data printed to screen.

General Info. Geometry Properties Conditions Displacements Element Results Reactions

Incr # 1 Apply

各部材の軸力

1. 「必要なものを選択」

2. クリック

解析ソフト

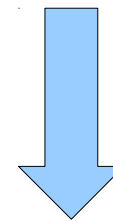
部材長さ と 軸力を抽出する

- 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



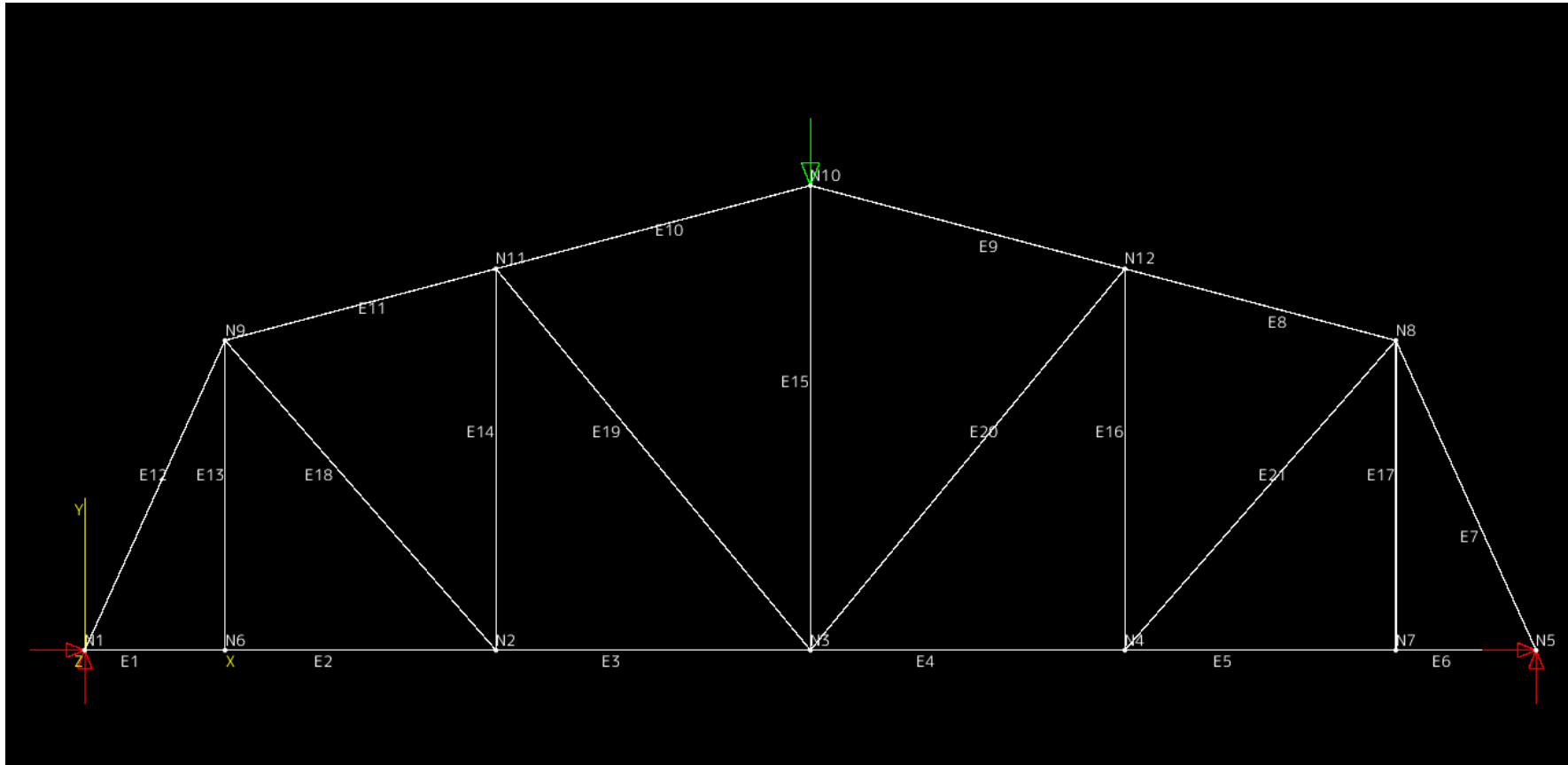
終局荷重

最小の余裕度
× 1[kN]

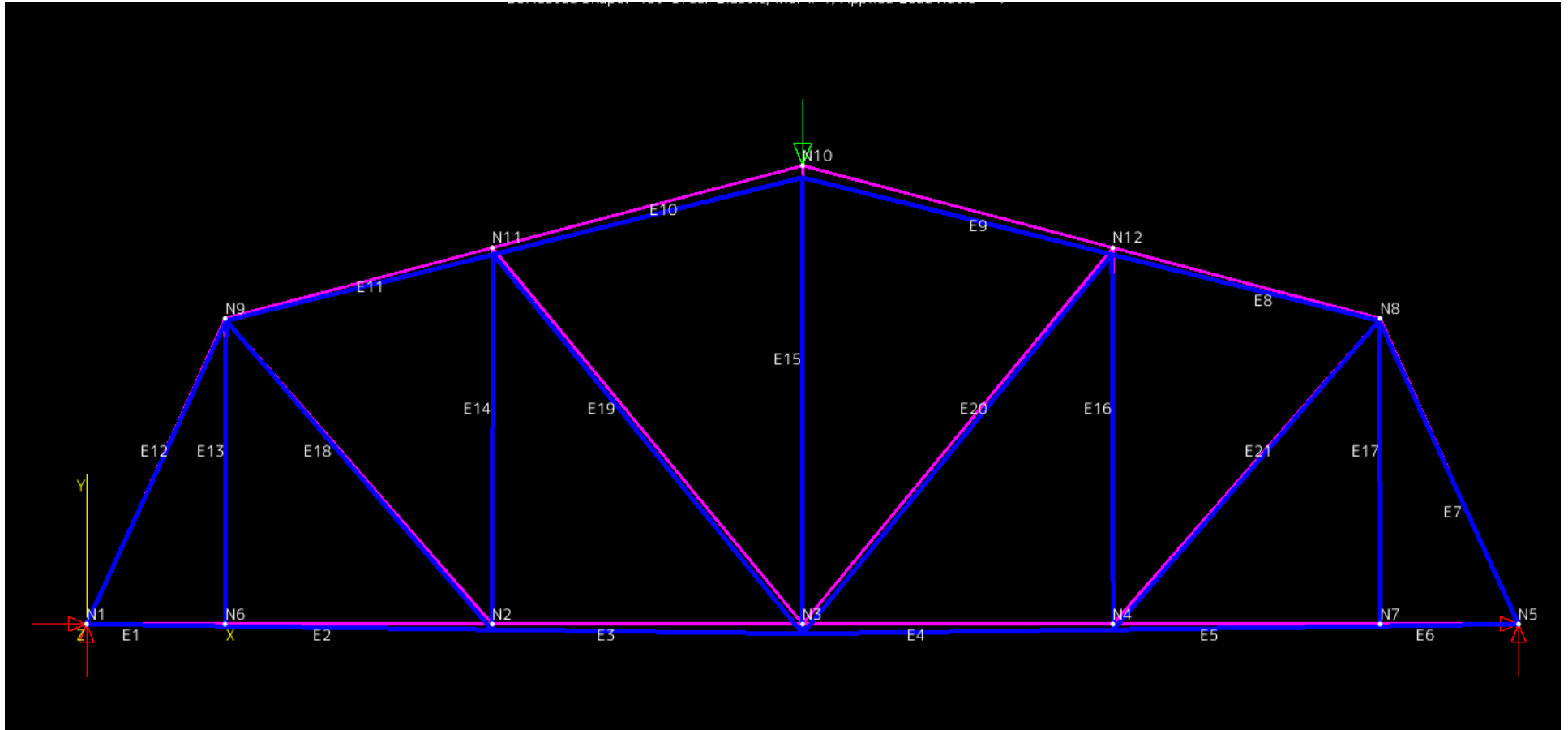
2017年度の作品A



モデル

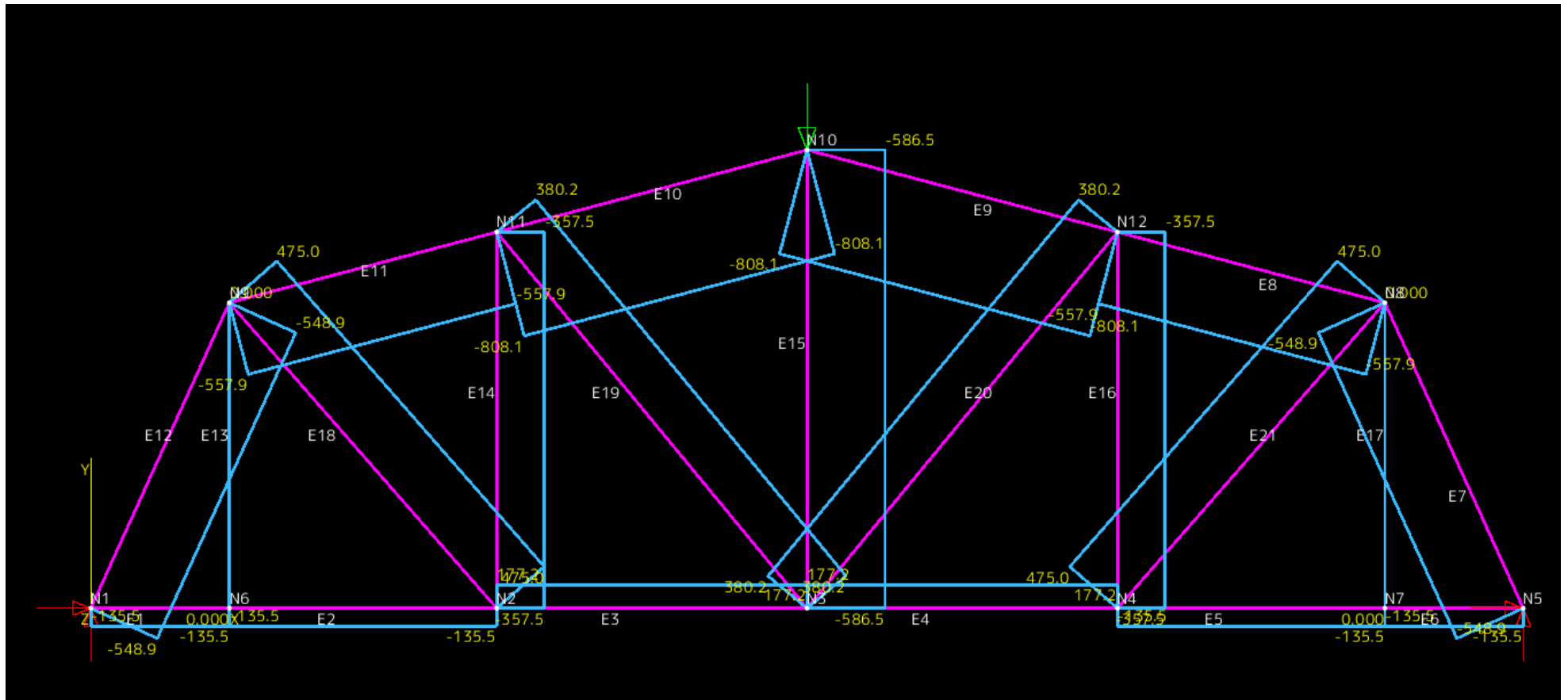


変形



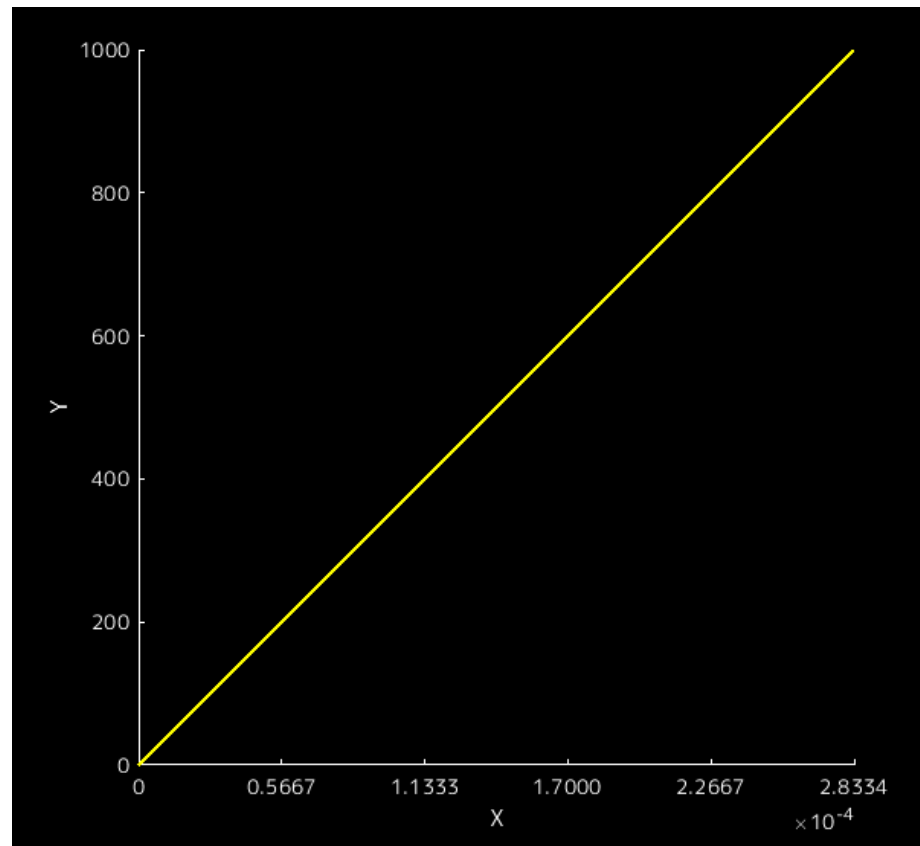
軸力

- 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

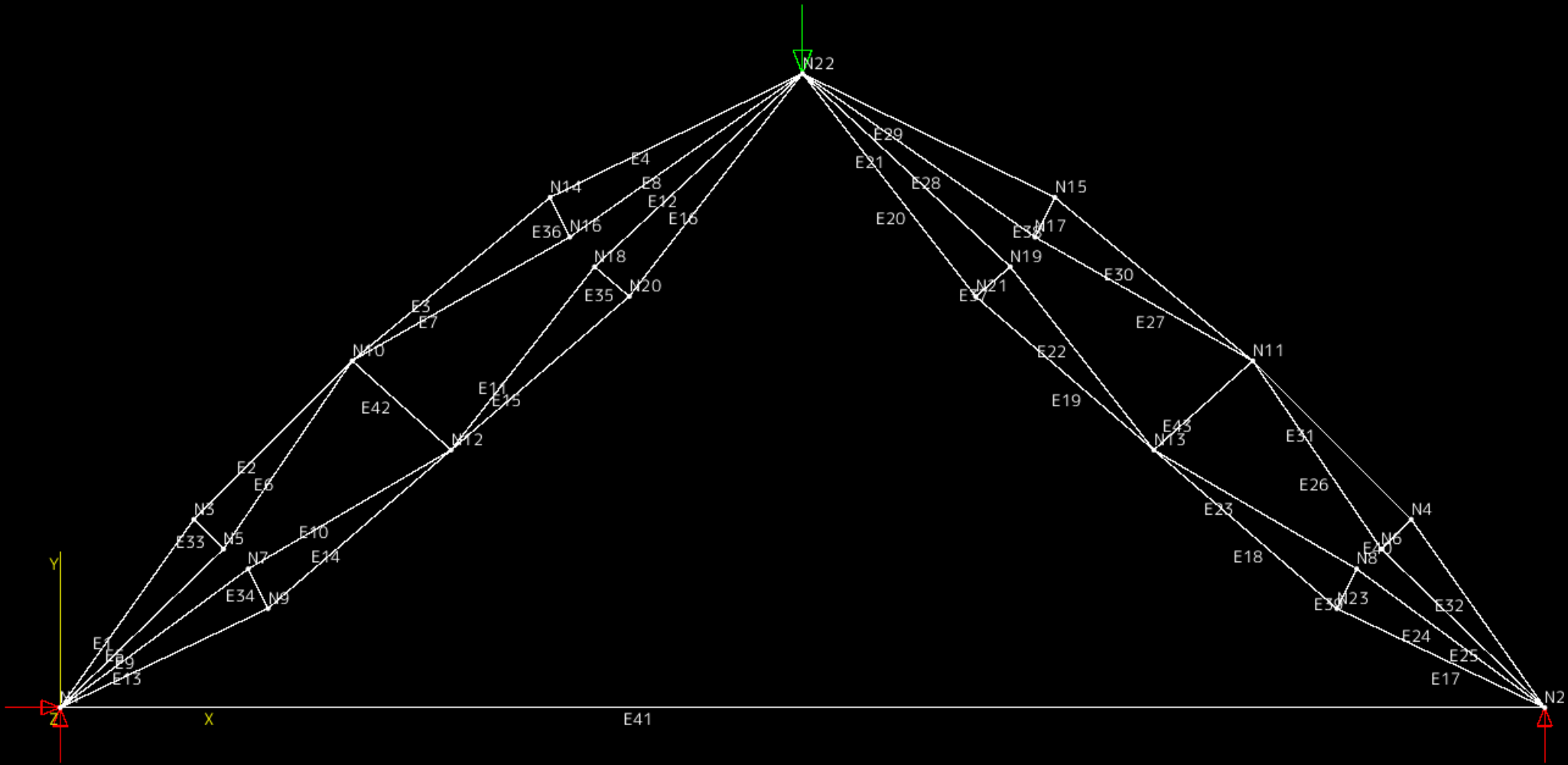
- 実験剛性 K : $21[\text{kN}]/40[\text{mm}]=0.525[\text{kN}/\text{mm}]$
- 予測剛性 K : $1[\text{kN}]\times 2/0.283[\text{mm}]=7[\text{kN}/\text{mm}]$



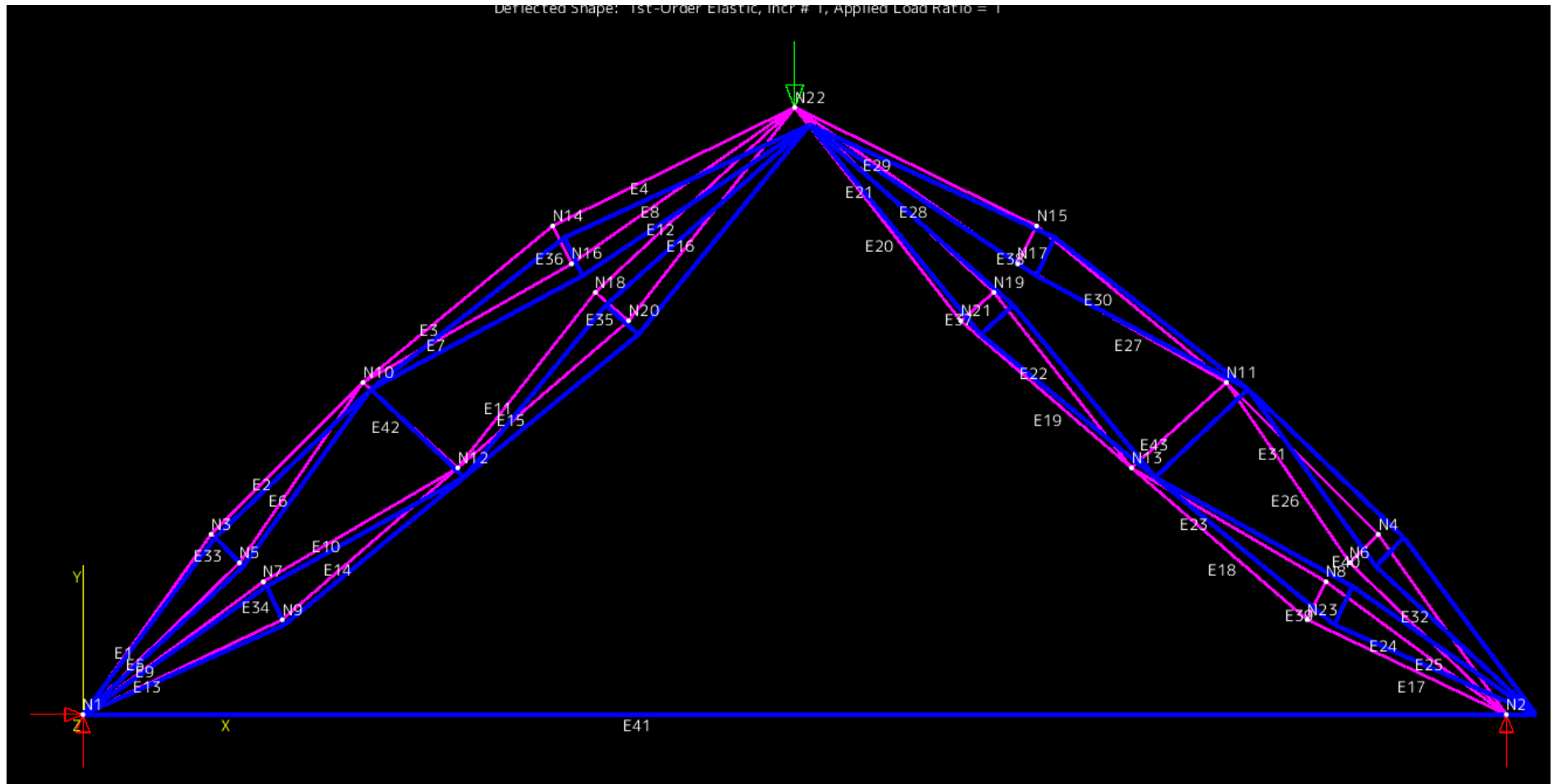
2017年度の作品C



モデル

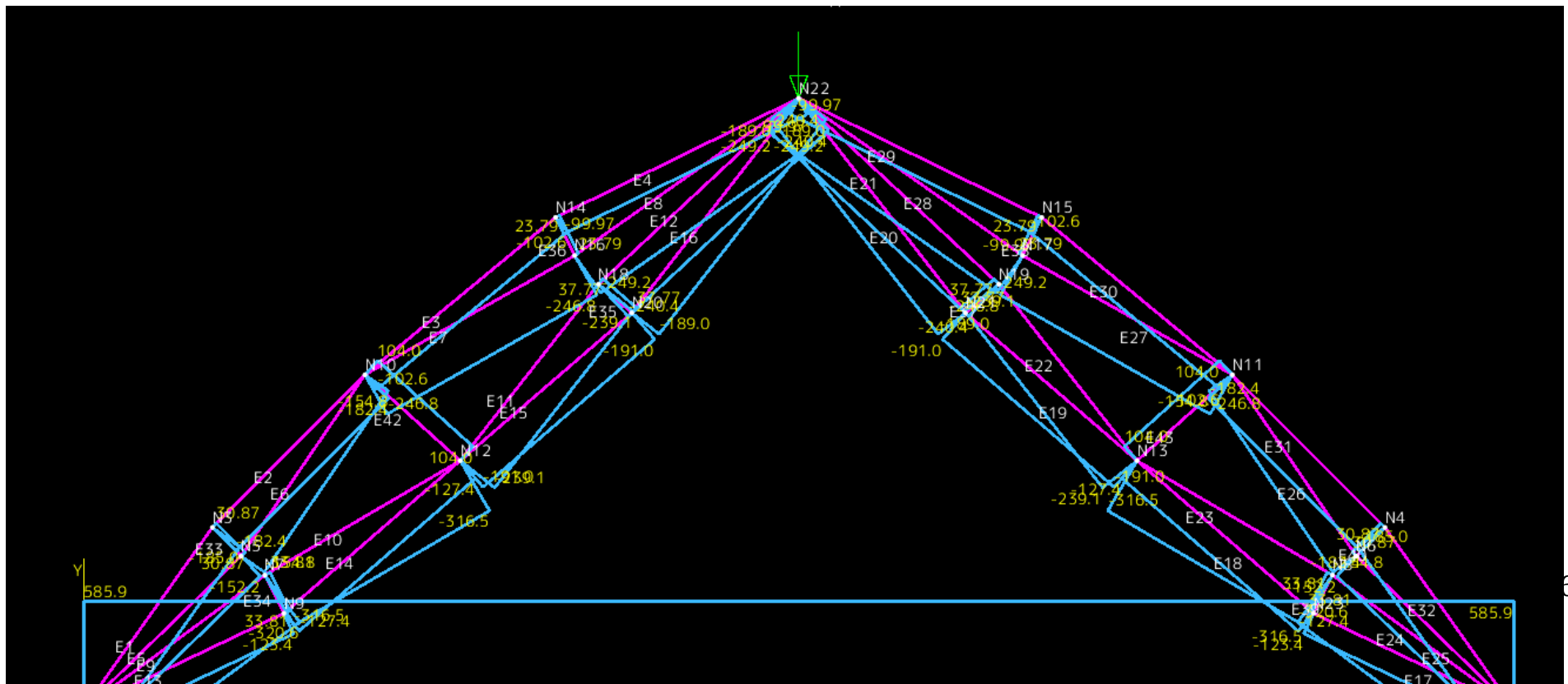


変形



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

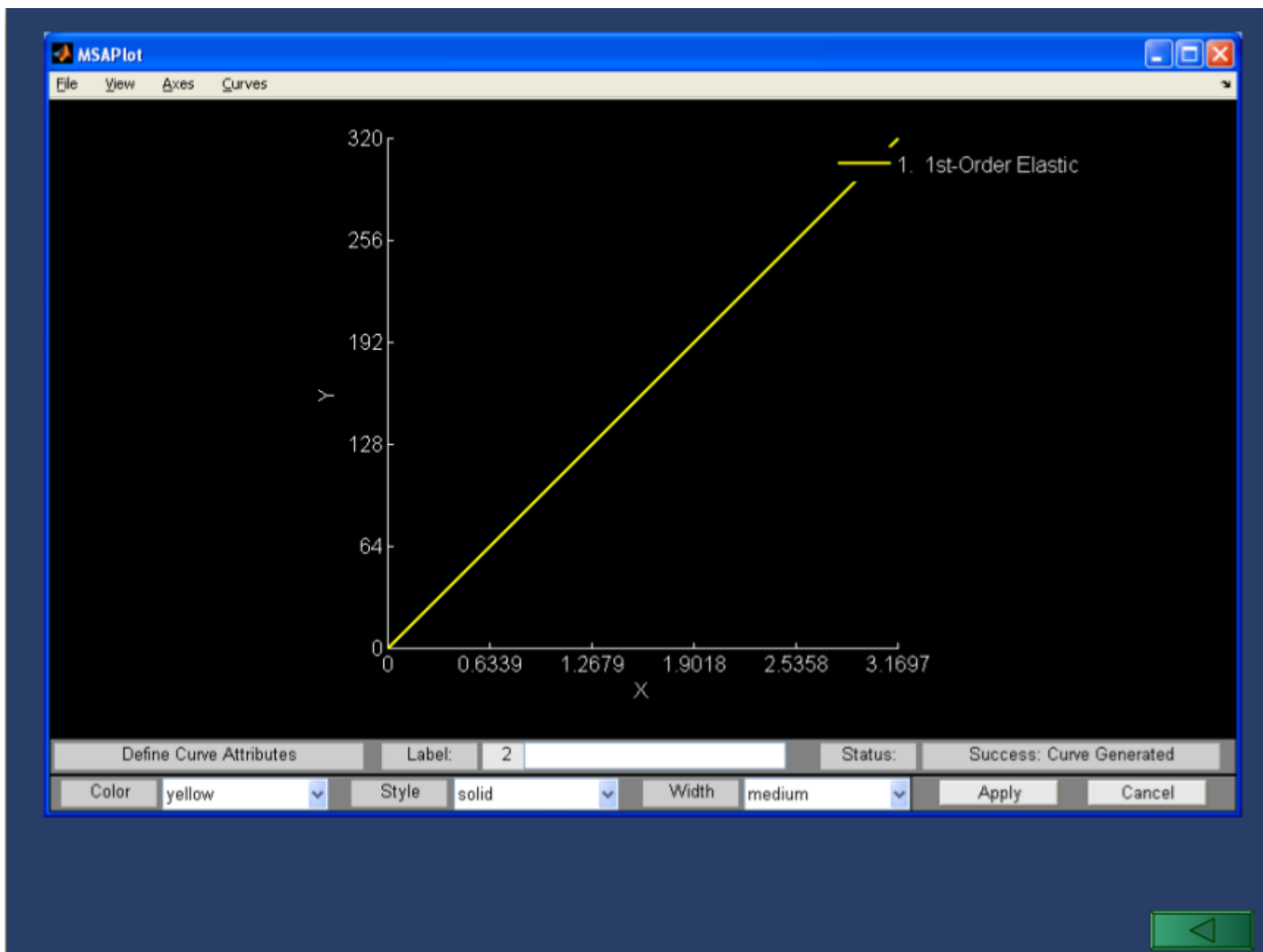
1. From the **Axes** menu select **Plot Title**.
2. At the bottom menu bar, click on edit box and enter a title.
3. Click on the **Apply** button.
4. From the **Axes** menu select **X-Attributes**.
5. Click on the edit box to the right of **Label** and change **X** to **Lateral Displacement (in.)**. 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28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26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。