

# Ansys Twin Builder basicセミナー

## 制御シミュレーション編 【演習問題2】

サイバネットシステム株式会社



- ・はじめに

本資料はAnsys Twin Builder Basicセミナー制御編の本編で取り扱ったDCモーターモデルのPID制御に関する操作手順を紹介したのになります。

※一部TwinBuilderの基本機能/基本操作についても解説しております。

- ・本セミナーで使用するライセンス

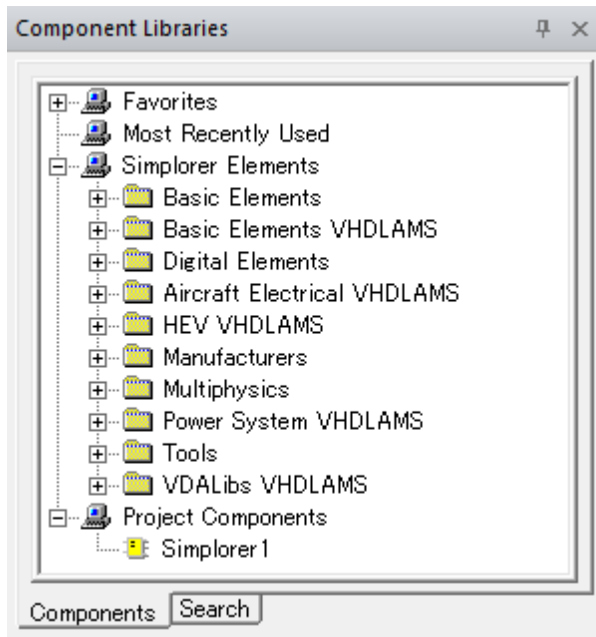
Ansys Twin Builder Pro



## 演習問題 2 DCモータのPID制御

# Twin Builderコンポーネント

## Simplorer Elements



## Basic Elements

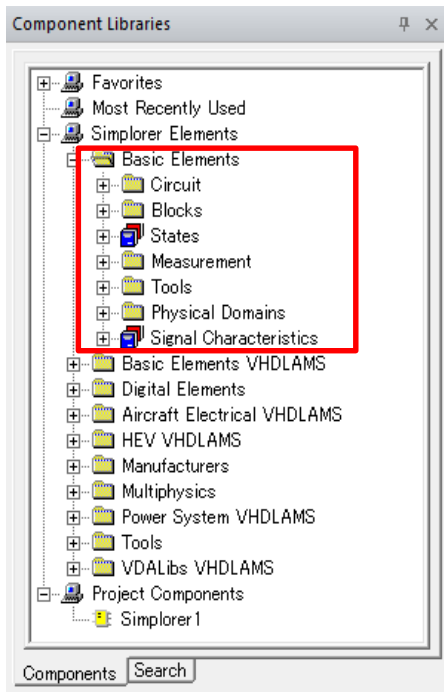
- 基本的な要素ライブラリ

## Multiphysics

- マルチフィジックスライブラリ
- 機械システム、センサー、油圧要素から成ります

# Twin Builderコンポーネント

## Basic Elements



### Circuit

- 回路要素によるモデリング

### Blocks

- ブロック線図によるモデリング

### States

- 状態遷移によるモデリング

### Measurement

- 計測器によるメーターを提供

### Tools

- モデリングツール

### Physical Domains

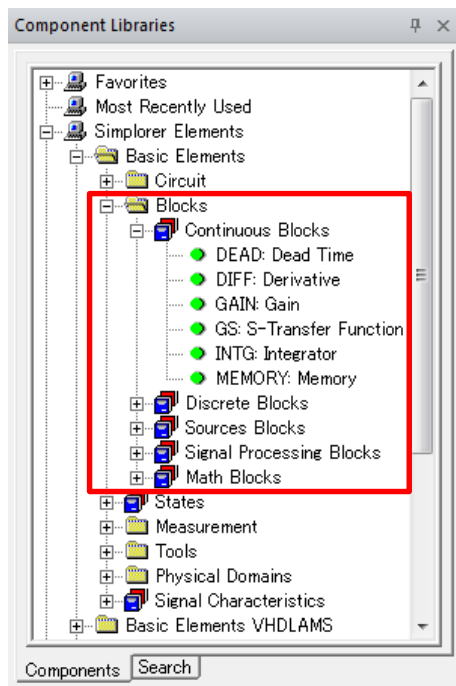
- メカニカル要素のモデリング

### Signal Characteristics

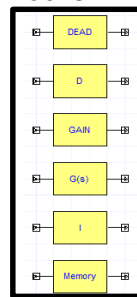
- 信号処理

# Twin Builderコンポーネント

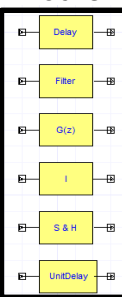
## Blocksコンポーネント



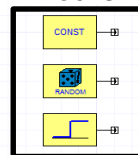
Continuous  
Blocks



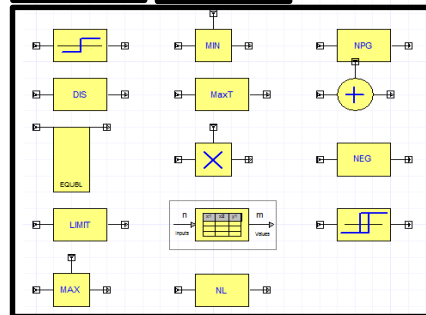
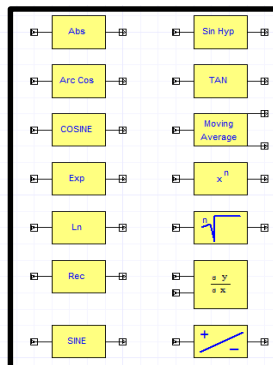
Discrete  
Blocks



Sources  
Blocks



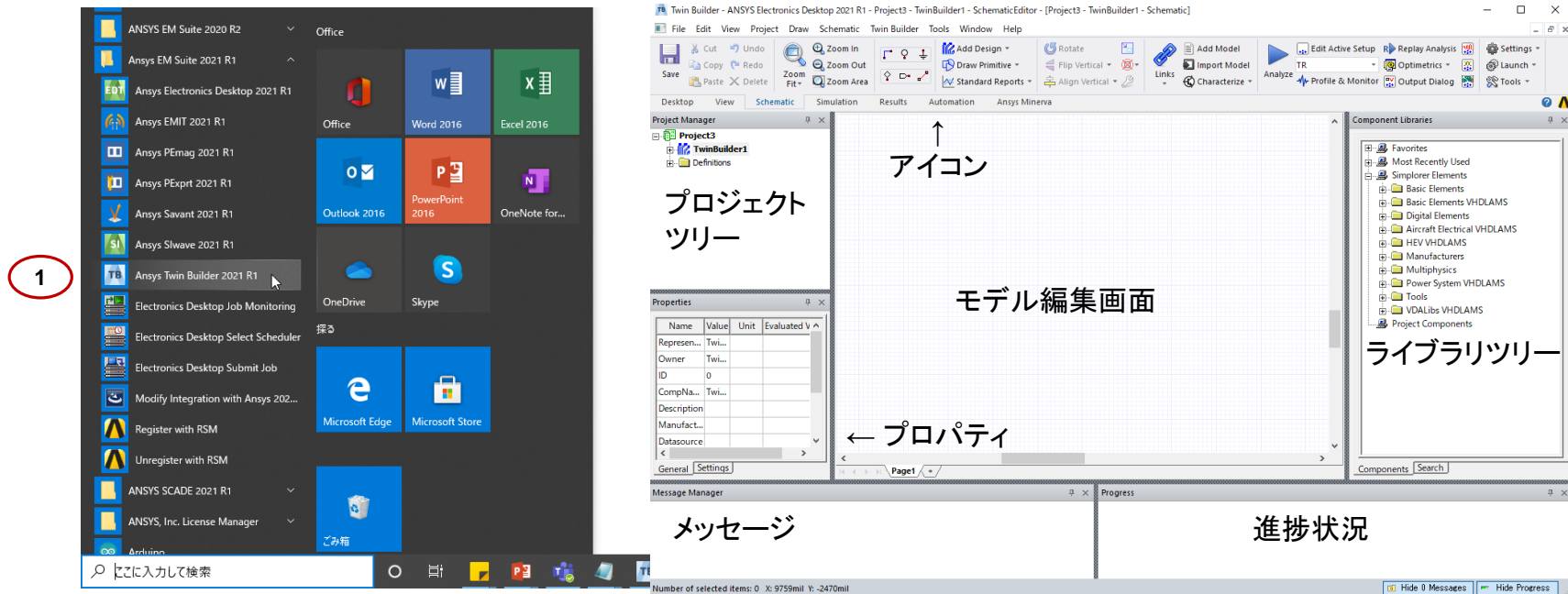
Math  
Blocks



Signal Processing Blocks

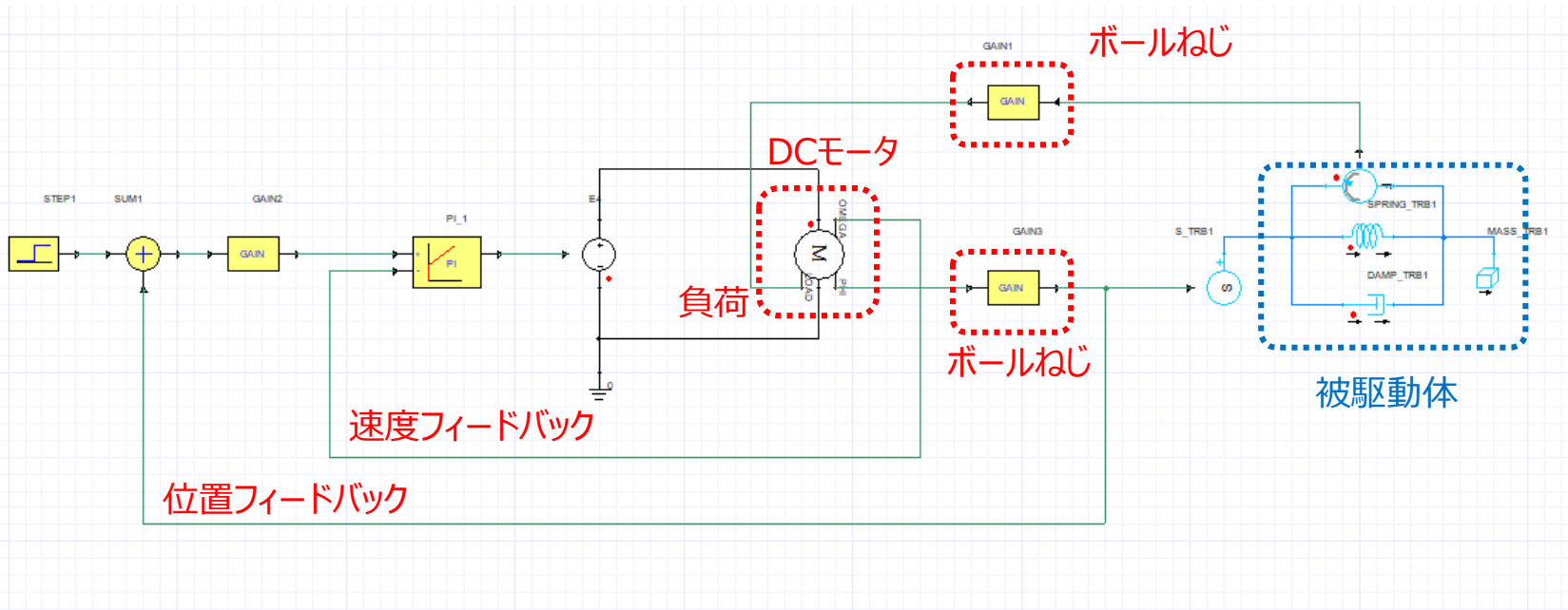
# Ansys Twin Builderの起動

1. [スタート]→[ANSYS EMSuite Suite 2021 R1]→[ANSYS Twin Builder 2021 R1]



# DCモーターモデルのPID制御

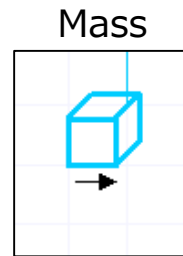
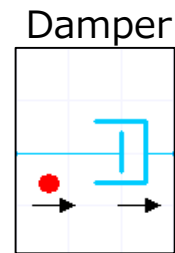
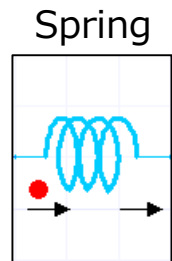
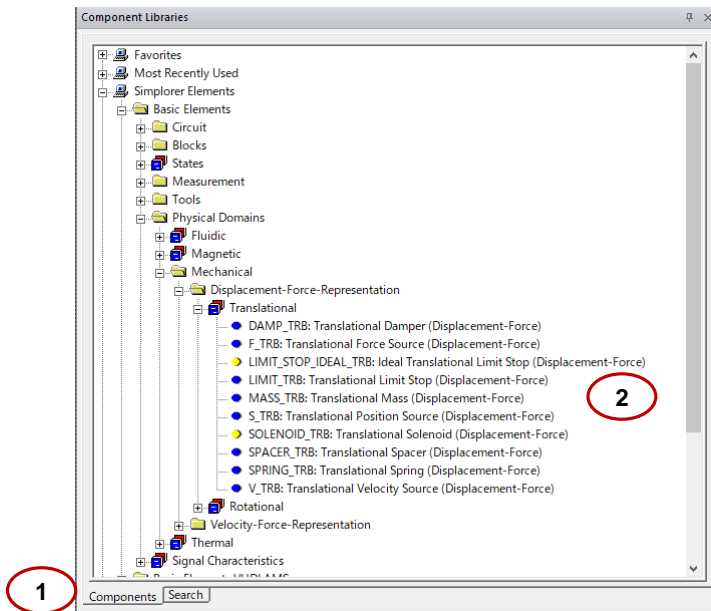
以下のようなDCモーターモデルに被駆動体とPIコントローラが接続されたモデルを作成していきます。





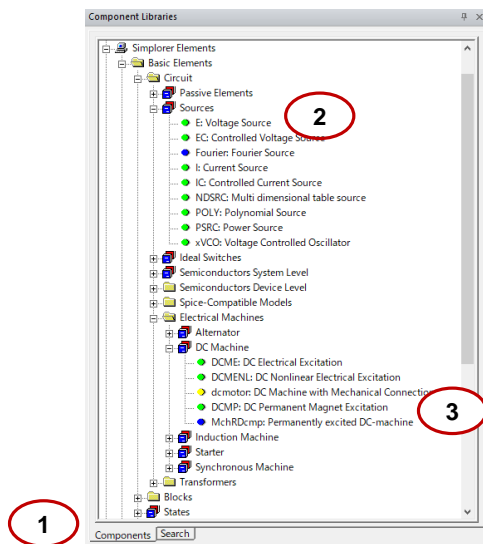
# 物理コンポーネントの配置

1. [Component Libraries] → [Components] タブを選択
2. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Physical Domains] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translational]

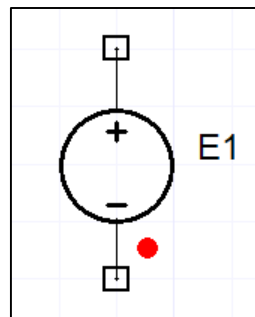


# 物理コンポーネントの配置

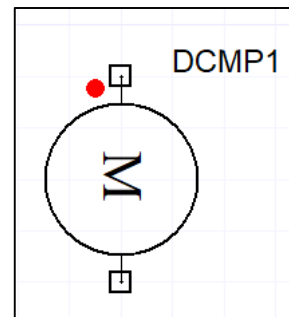
1. [Component Libraries] → [Components] タブを選択
2. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Circuit] → [Source] → [E:Voltage Source]
3. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Circuit] → [Electrical Machine] → [DC Machine] → [DCMP:DC Permanent Magnet Excitation]



Voltage Source



DC Motor



# 物理コンポーネントの配置

## 1. ドラッグ&ドロップで、SPRING\_TRB, DAMP\_TRB, MASS\_TRBを配置

ブロックの操作

全体表示 → Zoom In, Zoom Out, Zoom Fit, Zoom Area

拡大 → Zoom In

縮小 → Zoom Out

領域拡大 → Zoom Area

移動 → Pan, Redraw, Zoom Previous, Fit Border

配置した後、ESCキー、または、右クリックによりFinishでモードを終了します

操作	ショートカット
Place and Finish	Enter
Finish	Space
Zoom In	Ctrl+E
Zoom Out	Ctrl+F
Zoom Area	Ctrl+Q
Fit Drawing	Ctrl+D

ブロックの回転

回転 → Rotate

上下反転 → Flip Vertical

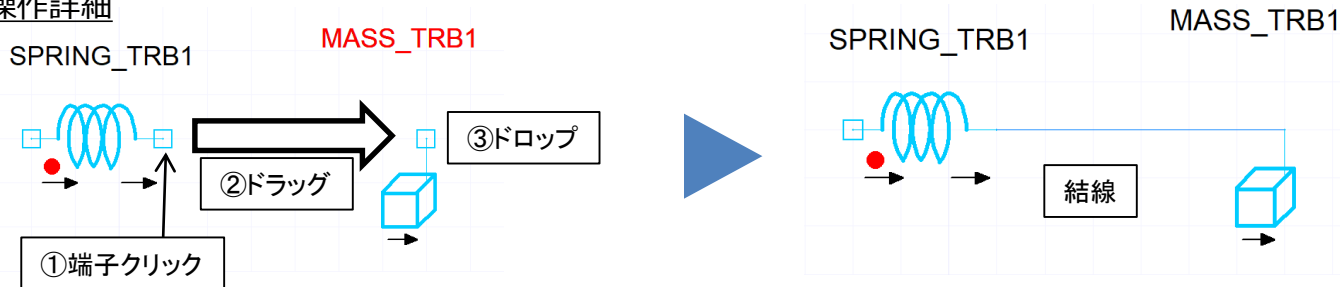
左右反転 → Flip Horizontal

Align Vertical

# コンポーネント間の結線

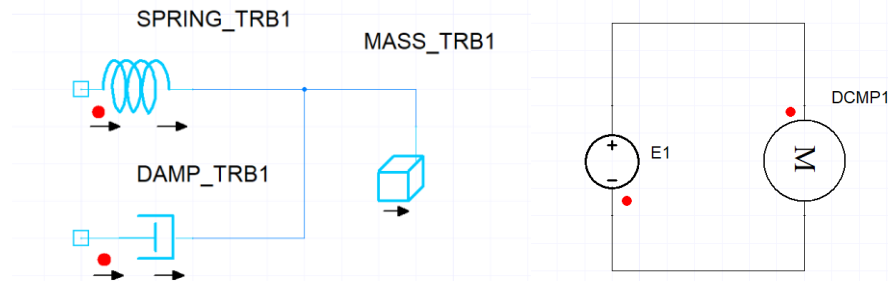
## 1. 端子をクリックし,ドラッグ&ドロップ

### 接続操作詳細



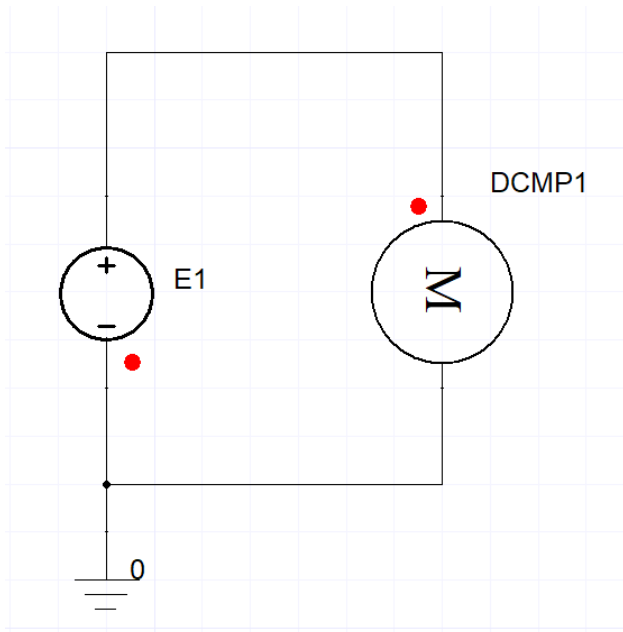
※参考:Ctrlキー + Zキーにより1つ前の段階に戻る

## 2. 同様の操作で全ての端子を接続



# グランド配置

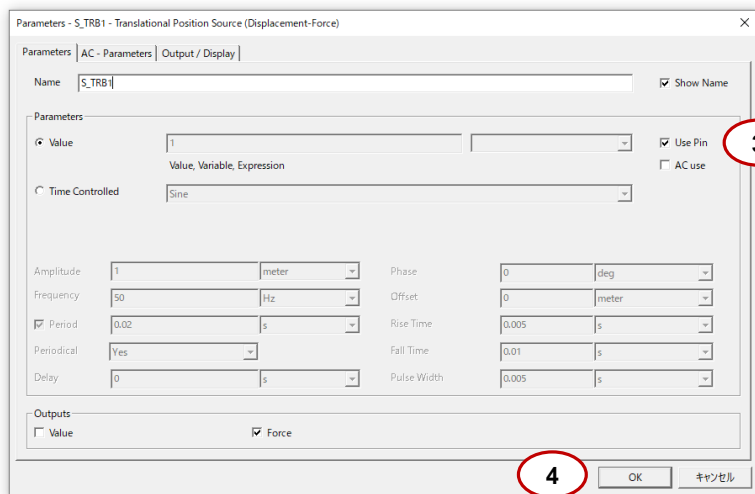
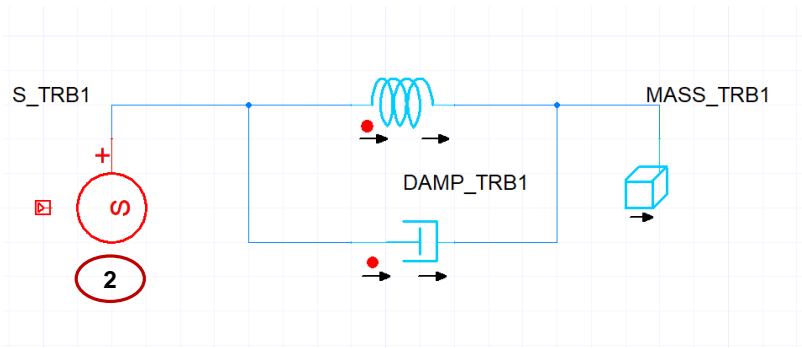
1. [Draw] → [Ground] あるいはGroundアイコンを選択し、グランドを配置
2. グランドと端子を接続



# コンポーネントの設定

モーターの回転量/併進量を被駆動体への荷重とするためPosition Sourceを追加して入力ピンを使用する指定をします。

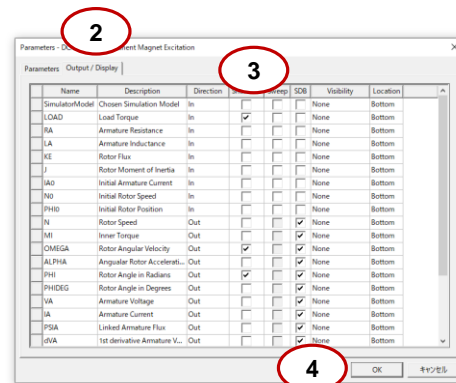
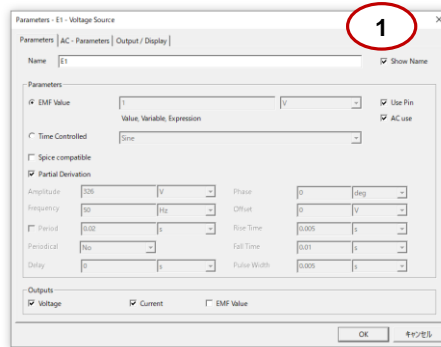
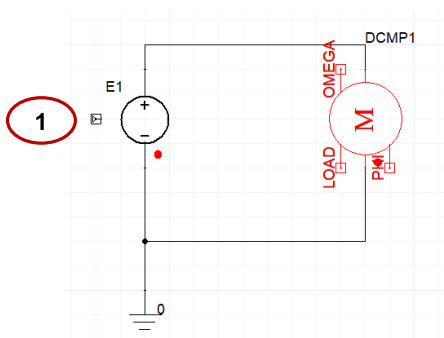
1. [Simplorer Elements] → [Basic Elements] → [Physical Domains] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translation] → [S\_TRB]
2. S\_TRB1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
3. Use Pinをチェック
4. [OK] をクリック



# コンポーネントの設定

モーターの回転量/併進量と回転速度をコントローラにフィードバックする為、出力端子を使う指定をしておきます。またモータへの負荷を与えられるように入力端子を使用できる指定をしておきます。また同様にコントローラから電源への操作量(電圧)を入力できるように電源の入力端子も使できる指定をしておきます。

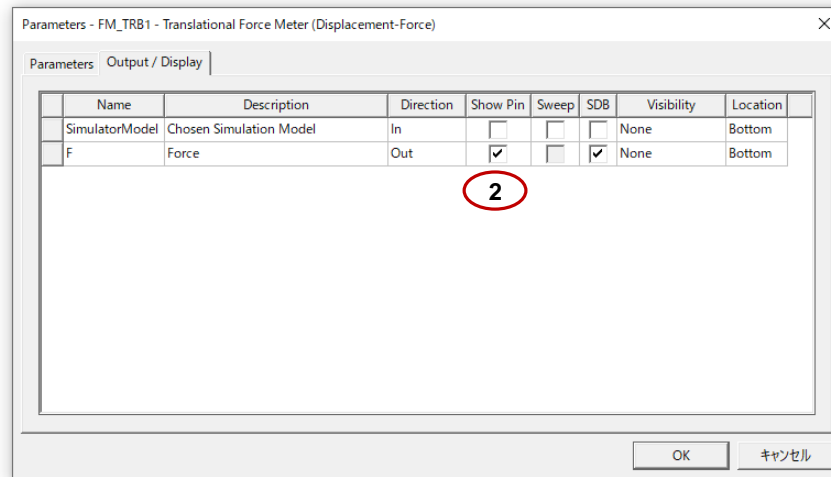
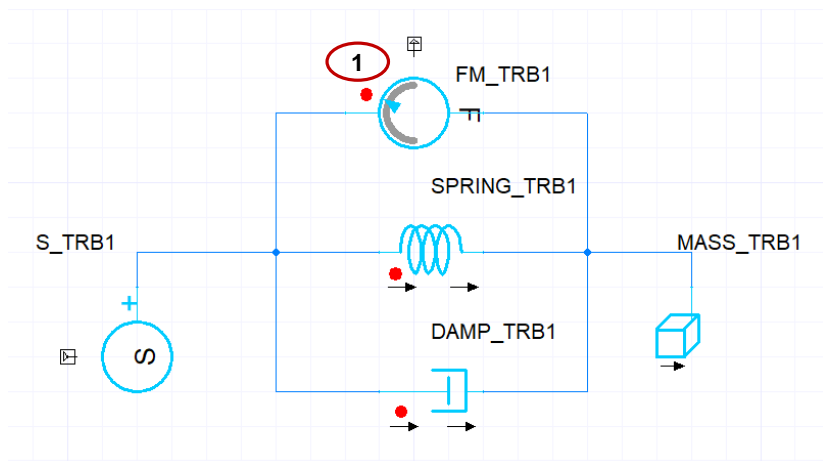
1. 電源のE1をダブルクリックしてUse Pinにチェックを入れて[OK]ボタンをクリックします。
2. DCモータのDCMP1をダブルクリックして[Output/Display]タブへ移動します。
3. LOAD,OMEGA,PHIのShow Pinにチェックを入れます。
4. [OK]ボタンをクリックします。



# センサーの配置

被駆動の運動をモータへの負荷とするためForce Meterを配置

1. [Simplorer Elements] → [Basic Elements] → [Measurement] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translational] → [FM\_TRB] を配置し結線
2. FM\_TRB1をダブルクリックし、 [Output/Display] タブのShow Pin をOnにし、端子を表示

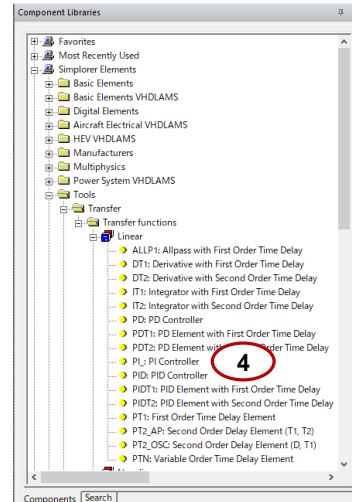
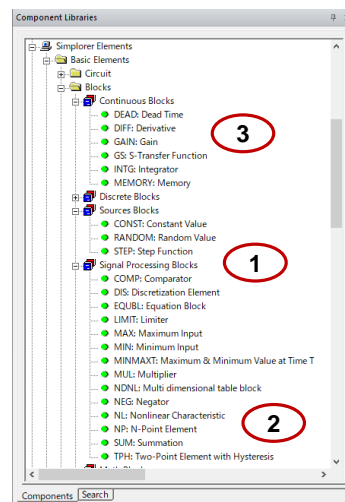
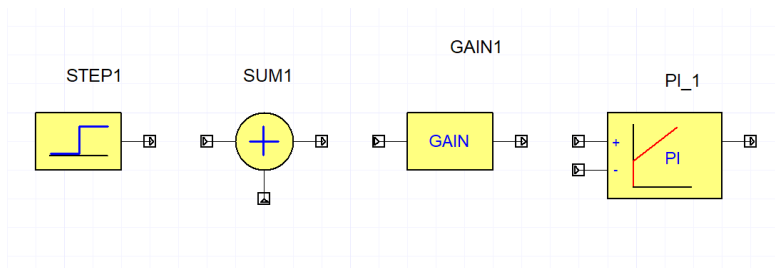




# 制御用コンポーネントの配置

STEPブロック, SUMブロック, GAINブロック, PIDブロックを配置

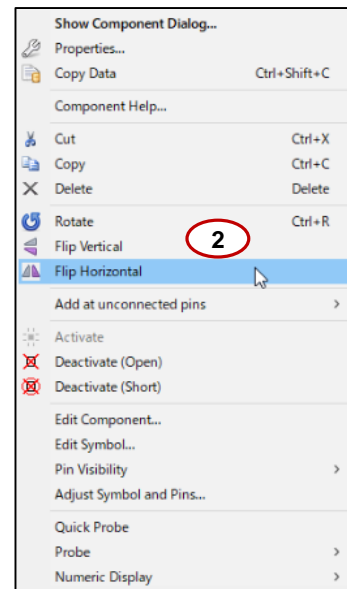
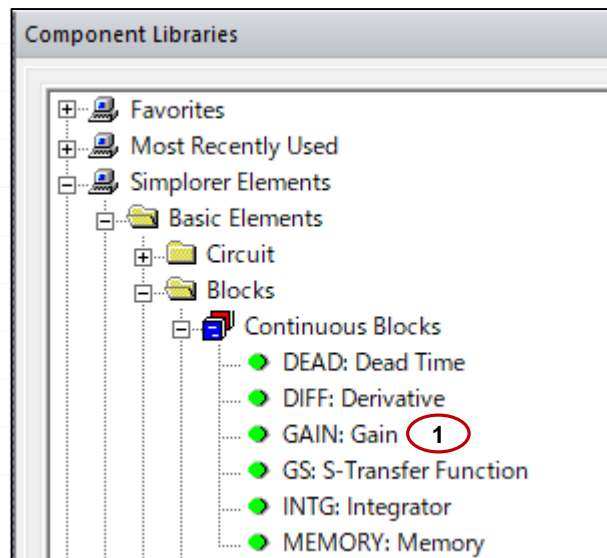
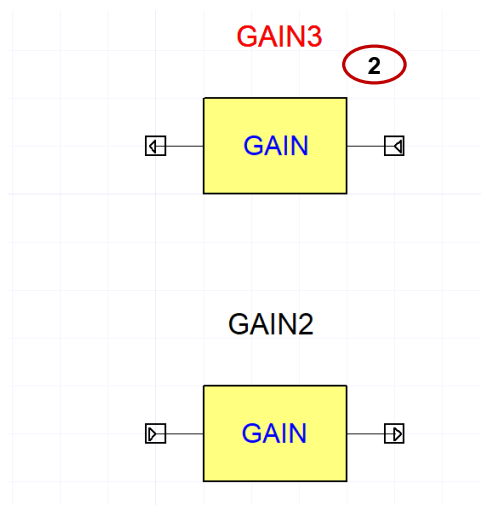
1. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Blocks] → [Sources Blocks] → [STEP]
2. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Blocks] → [Signal Processing Block] → [SUM]
3. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Blocks] → [Continuous Blocks] → [GAIN]
4. [Simplorer elements] → [Tools] → [Transfer] → [Transfer functions] → [Linear] → [PI]



# ボールねじ用コンポーネントの配置

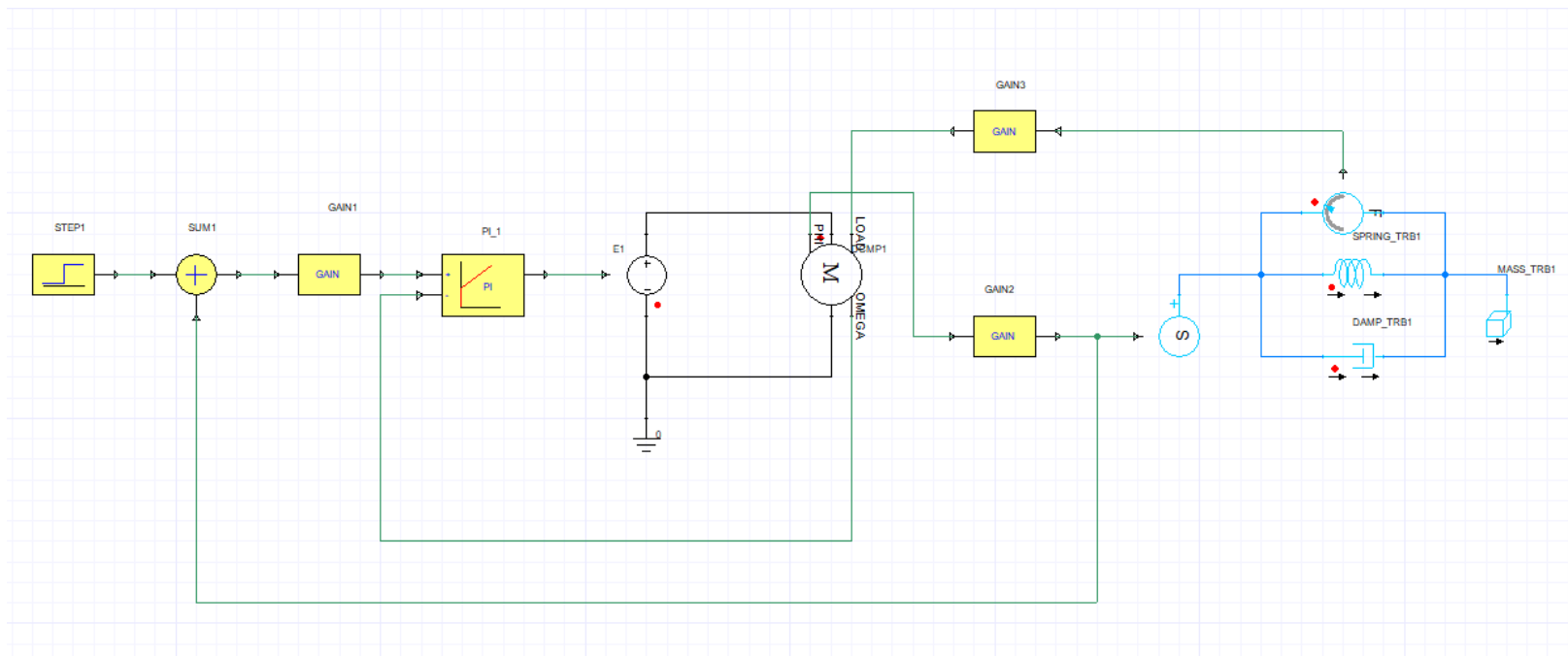
GAINブロックを2つ配置

1. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Blocks] → [Continuous Blocks] → [GAIN]
2. GAIN3ブロックを右クリックしてFlip Horizontal をクリック(向きを反転)します。



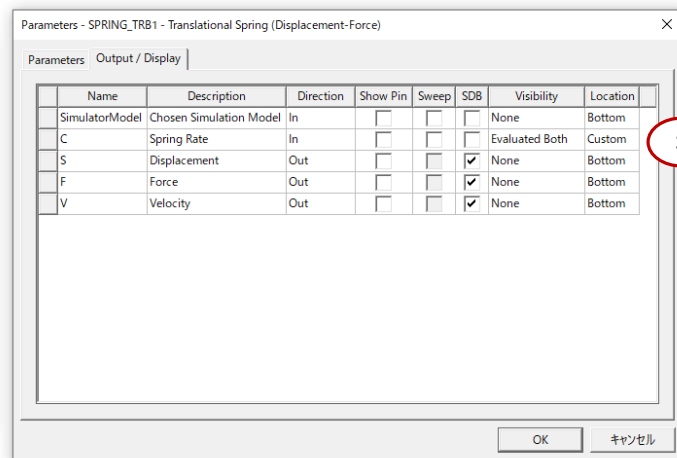
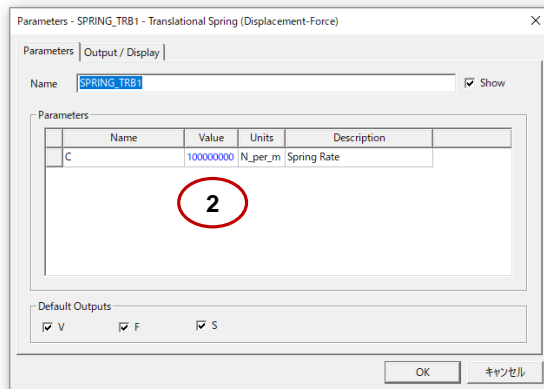
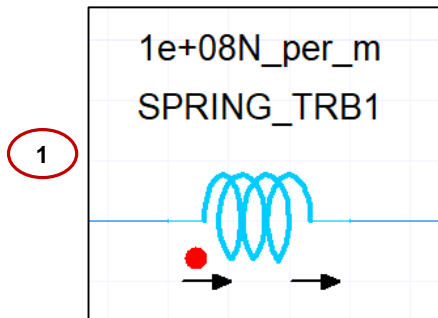
# コンポーネントの結線

すべてコンポーネントブロックを以下のように結線します。



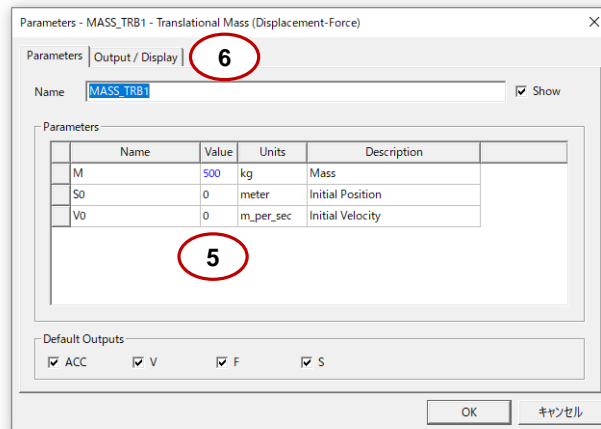
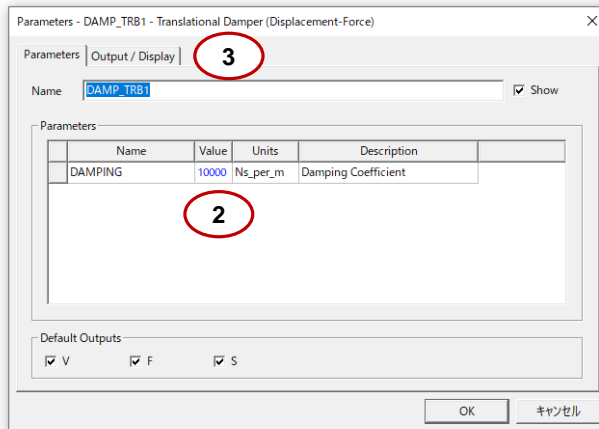
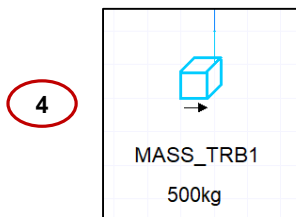
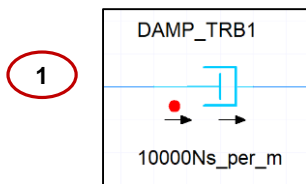
# プロパティ設定

1. バネSPRING\_TRB1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. バネ定数に  $C=1.0e8$  [N\_per\_m]を設定
3. [Output/Display] タブのC: Visibility欄で [Evaluated Both] を選択  
(この操作でタグをダブルクリックして値の入力変更が可能)



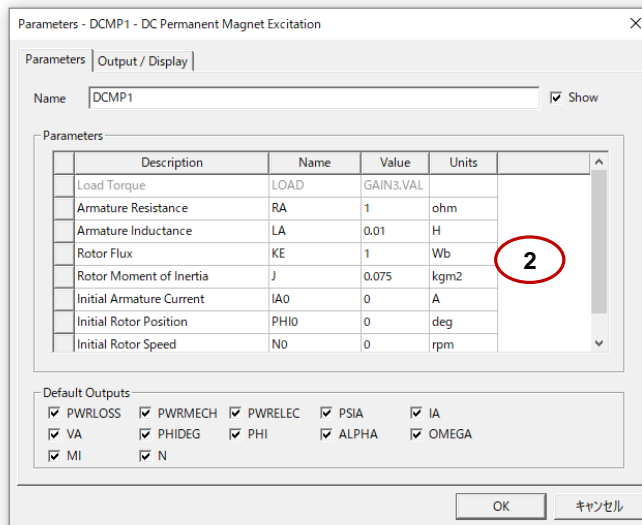
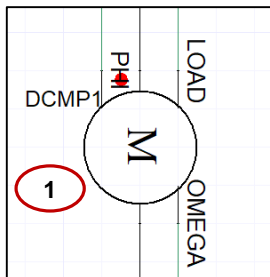
# プロパティ設定

1. ダンパ DAMP\_TRB1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. 減衰値に DAMPING= $1e4$  [Ns/m] を設定
3. [Output/Display] タブのDAMPING: Visibility欄で [Evaluated Both] を選択
4. 質量 MASS\_TRB1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
5. 質量に  $M=500$  [kg] を設定
6. [Output/Display] タブのM: Visibility欄で [Evaluated Both] を選択



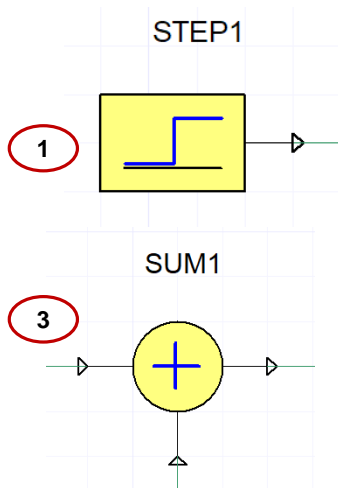
# プロパティ設定

1. DCモーターのDCMP1をダブルクリックします.
2. DCモーターパラメータのValueにそれぞれ以下の値を入力します.  
RA(巻線抵抗) : 1 [ohm], LA(巻線コイルのインダクタンス) : 0.01 [H]  
KE(逆起電力定数) : 1 [Wb], J(回転イナーシャ) : 0.075 [kgm2]



# プロパティ設定

1. STEP1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. Step Timeに0.1 [s] を設定, Final Valueに1を設定
3. SUM1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
4. INPUT[0]のSign(符号)を+, INPUT[1]のSign(符号)を-を選択します。



Parameters - STEP1 - Step Function

Parameters | AC - Parameters | Output / Display |

Name: STEP1 ☒ Show Name

Parameters

Step Time: 0.1 s

Final Value: 1

Init Value: 0

Sample Time: ☒ Use System Sample Time 0 s ☐ Use Pin

Outputs

☒ Block Output Signal

OK キャンセル

Parameters - SUM1 - Summation

Parameters | Output / Display |

Name: SUM1 ☒ Show Name

Parameters

Name	Use Pin	Sign	Input Signal
INPUT[0]	<input checked="" type="checkbox"/>	+	STEP1.VAL
INPUT[1]	<input checked="" type="checkbox"/>	-	GAIN2.VAL
INPUT[2]	<input type="checkbox"/>	+	_Empty
INPUT[3]	<input type="checkbox"/>	+	_Empty
INPUT[4]	<input type="checkbox"/>	+	_Empty
INPUT[5]	<input type="checkbox"/>	+	_Empty
IN[0] ITT[6]	<input type="checkbox"/>	+	_Empty

Sample Time: ☒ Use System Sample Time 0 s ☐ Use Pin

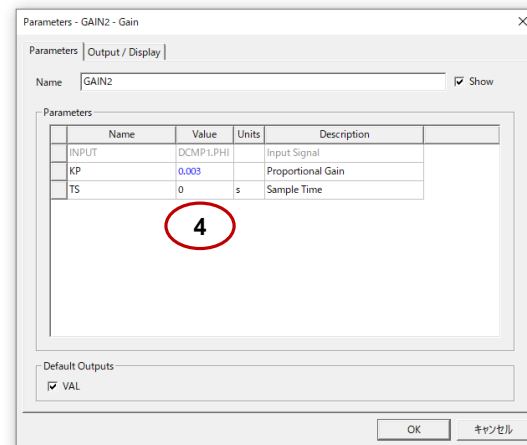
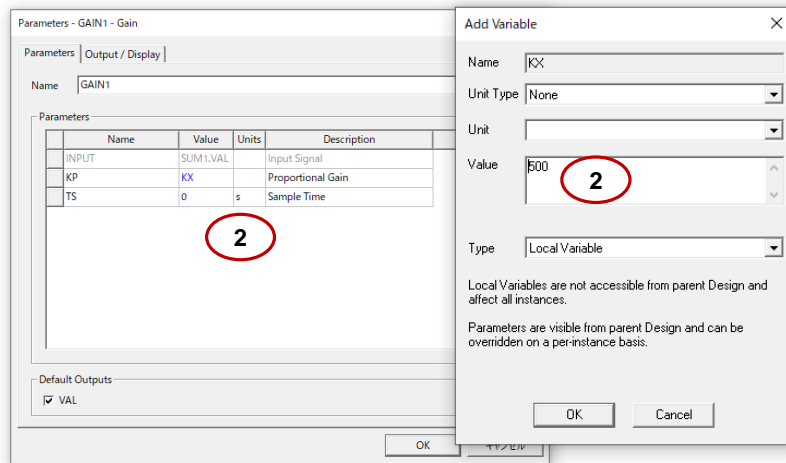
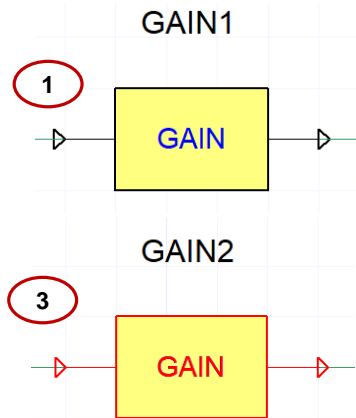
Outputs

☒ Block Output Signal

OK キャンセル

# プロパティ設定

1. GAIN1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. KPにKX(最適化を実施するため上書き可能なパラメータ)として設定します。  
Add VariableダイアログのValueに500を設定します。
3. GAIN2をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
4. KPに0.003を設定します。(※GAIN3も同様の設定を行います。)





# プロパティ設定

1. PI\_1ブロックをダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. KPにKPと入力しEnterキーを押す。続けて現れるAdd VariableボックスのValueに1と入力する。
3. 同様にKIもKIと入力してEnterキーを押し、Add VariableボックスのValueに50と入力する。

The image shows the ANSYS software interface with a PI\_1 block highlighted by a red circle labeled '1'. The block is a yellow rectangle with a blue 'PI' label and a red line graph. The 'Parameters - PI\_1 - PI Controller' dialog box is open, showing the 'Parameters' tab. The 'Name' field is 'PI\_1'. The 'Parameters' table is visible, with the 'KP' row highlighted by a red circle labeled '2'. The 'Add Variable' dialog box is open, showing the 'Name' field as 'KP' and the 'Value' field as '1', with a red circle labeled '2' around the '1'. The 'Add Variable' dialog box is also open, showing the 'Name' field as 'KI' and the 'Value' field as '50', with a red circle labeled '3' around the '50'.

Name	Value	Units	Description
IN	DCMP1.OMEGA		Input Signal
SET	GAIN1.VA		Reference Input Signal
KP	KP		Gain
KI	KI		Integral Gain
UL	7000		Upper Limit
LL	-7000		Lower Limit
TS	0	s	Sample Time
IO	0		Initial Integral Value
UL_I	0		Upper Integral Limit
LL_I	0		Lower Integral Limit

Default Outputs  
☒ VAL

OK キャンセル

Add Variable

Name: KP  
Unit Type: None  
Unit:   
Value: 1  
Type: Local Variable

Local Variables are not accessible from parent Design and affect all instances.  
Parameters are visible from parent Design and can be overridden on a per-instance basis.

OK Cancel

Add Variable

Name: KI  
Unit Type: None  
Unit:   
Value: 50  
Type: Local Variable

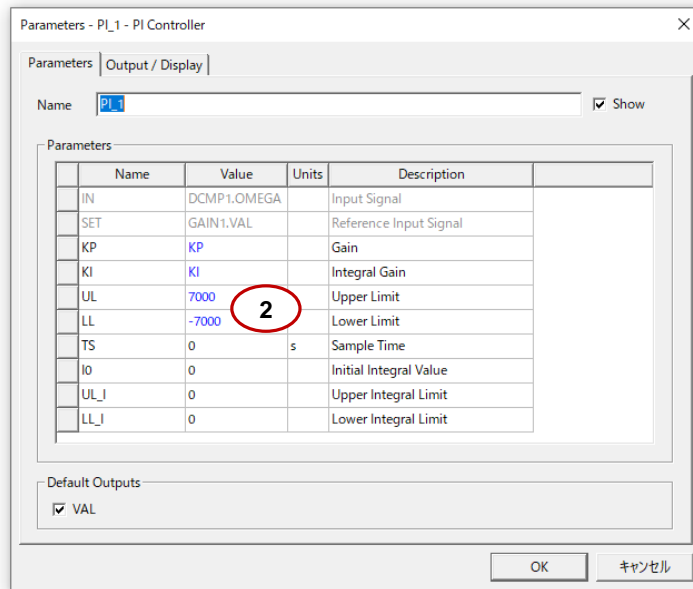
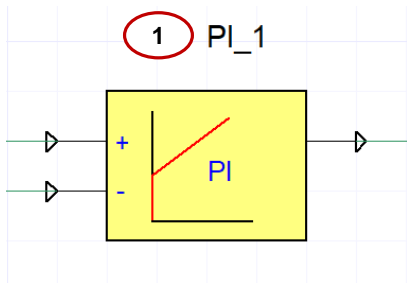
Local Variables are not accessible from parent Design and affect all instances.  
Parameters are visible from parent Design and can be overridden on a per-instance basis.

OK Cancel

# プロパティ設定

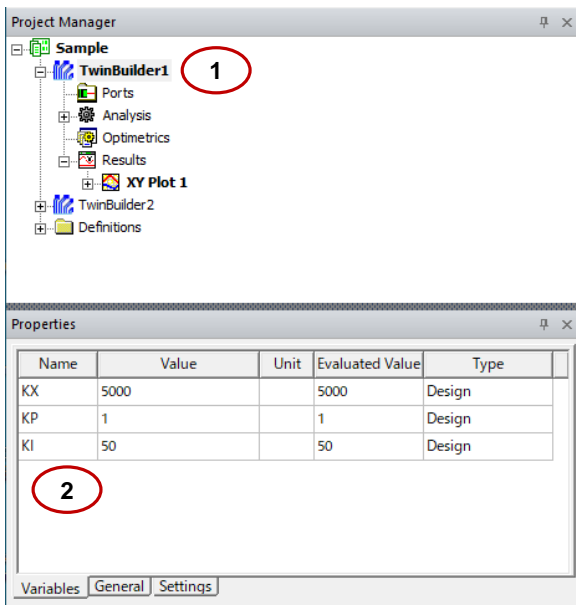
PIコントローラに制限値を設定しておきます。

1. PI\_1ブロックをダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. UL(Upper Limit)に7000, LL(Lower Limit)に-7000と指定しておきます。



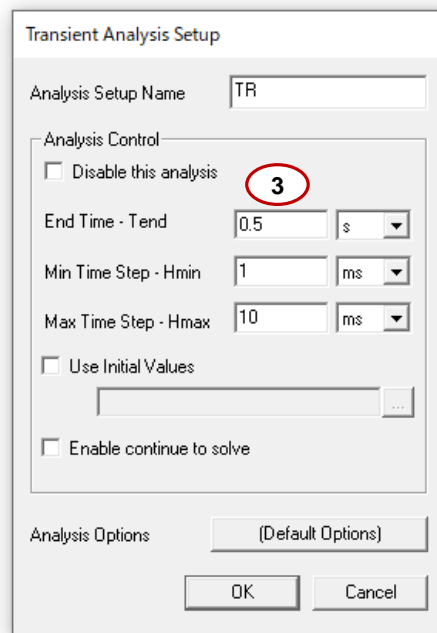
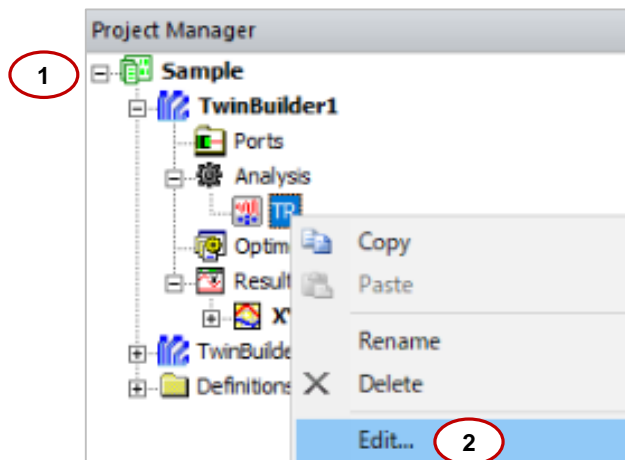
# パラメータの確認

1. プロジェクトツリーを表示して[TwinBuilder1] をクリックします。
2. プロパティウィンドウに設定したPゲイン(KX)とPI制御器の(KP,KI)パラメータが表示されます。



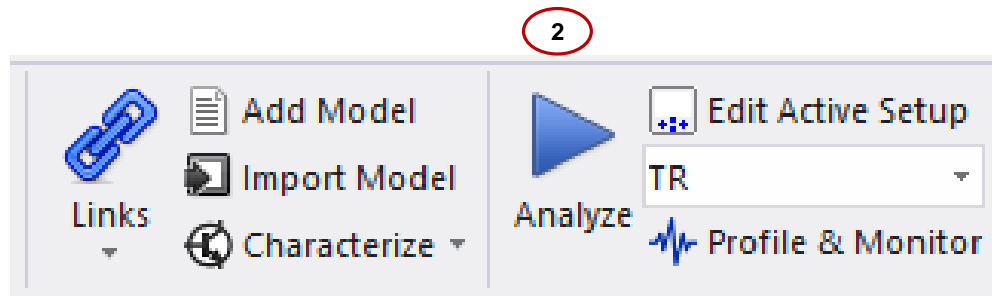
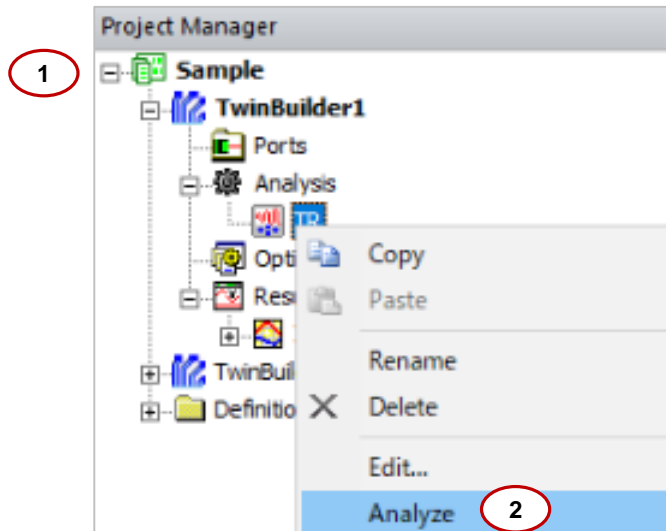
# 計算条件の設定

1. プロジェクトツリーを表示
2. [Analysis] → [TR] をダブルクリック または 右クリックで [Edit...]をクリックします.
3. 計算条件を設定
  1. 計算終了時間  $T_{end}=0.5$  [s]
  2. 最小計算時間刻み  $H_{min}=1$  [ms]
  3. 最大計算時間刻み  $H_{max}=10$  [ms]



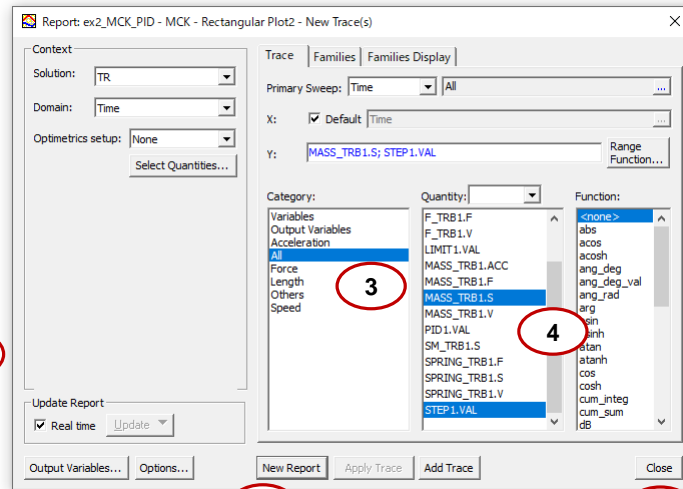
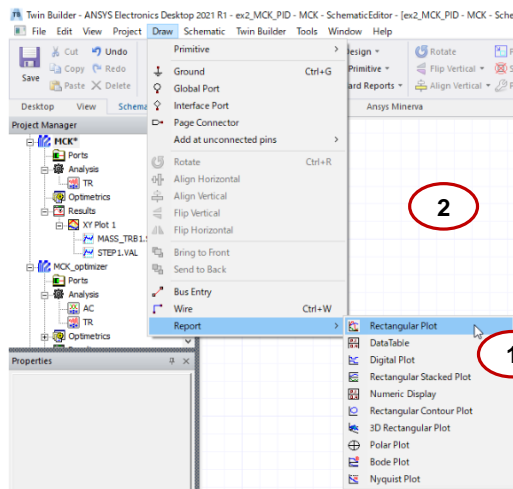
# シミュレーションの実行

1. プロジェクトツリーを表示
2. [Analysis] → [TR] を右クリックで [Analyze]をクリック, またはアイコンのAnalyze ボタンをクリックします.



# シミュレーション結果の表示

1. [Draw] → [Report] → [Rectangular Plot] を選択
2. 画面上にプロット枠を配置(モデル編集画面上をクリック)
3. [Category] から [All] を選択
4. 質量の位置[MASS\_TRB1.S]と目標値[STEP1.VAL]を選択
5. [New Report] をクリック
6. [Close] をクリック



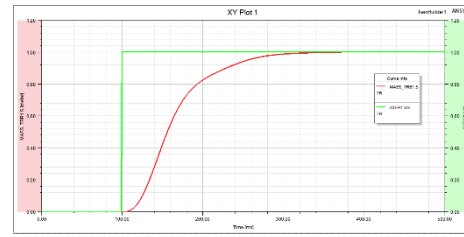
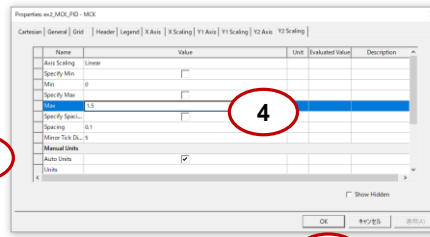
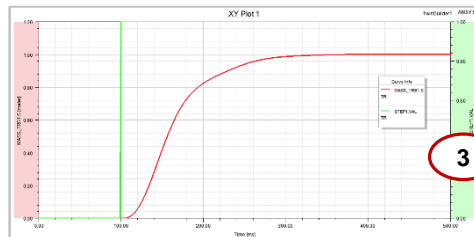
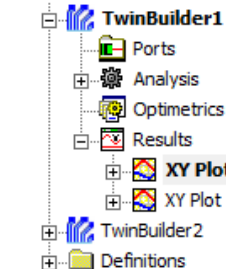
# シミュレーション結果の表示

グラフの座標軸を揃えておきます。

1. プロジェクトツリーを表示
2. [Results] → [XY Plot1]をダブルクリックします。
3. 表示されたグラフの右側の座標軸(STEP1.VAL)側をダブルクリックします。
4. 表示されたダイアログのY2 Scaling1タブのMaxの値を1.2に指定します。
5. [OK]をクリックします。

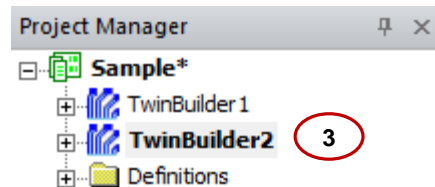
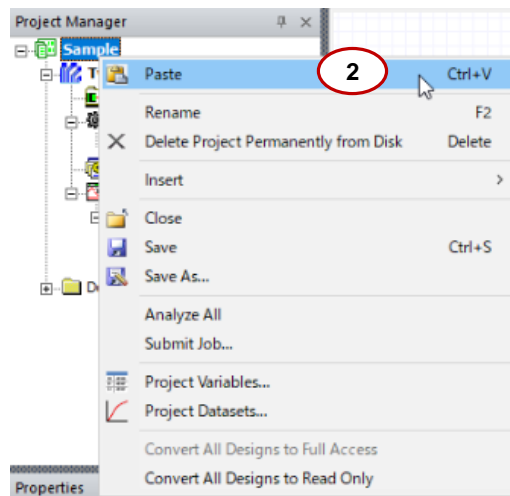
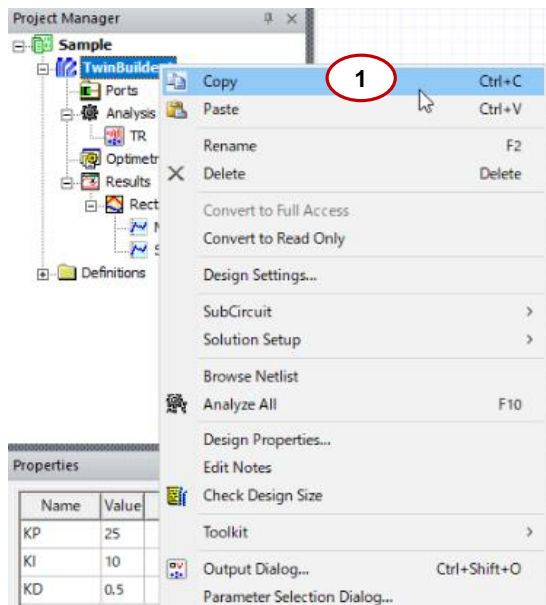
Project Manager

Sample



# モデルの複写

1. プロジェクトツリーからTwinBuilder1を右クリックしてCopyを選択
2. プロジェクト名を右クリックしてPaste を選択
3. TwinBuilder2をダブルクリックしてモデルを表示

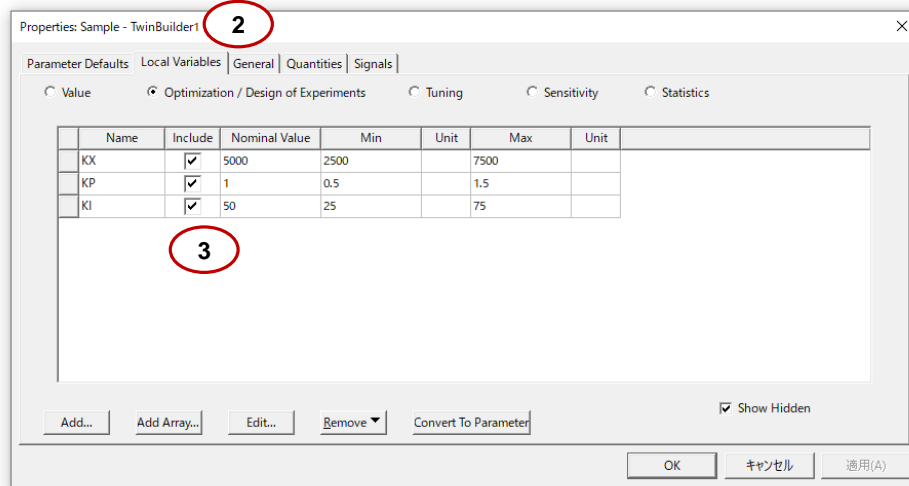
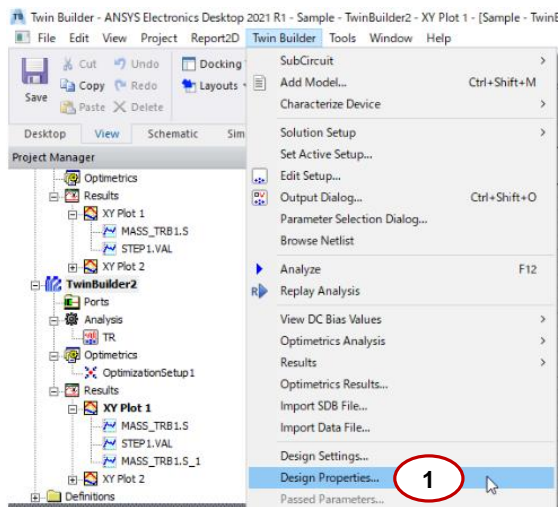




# 最適化の設定

TwinBuilder2のシステムに最適化の設定を追加していきます。  
最適化解析に使用するパラメータを宣言します。

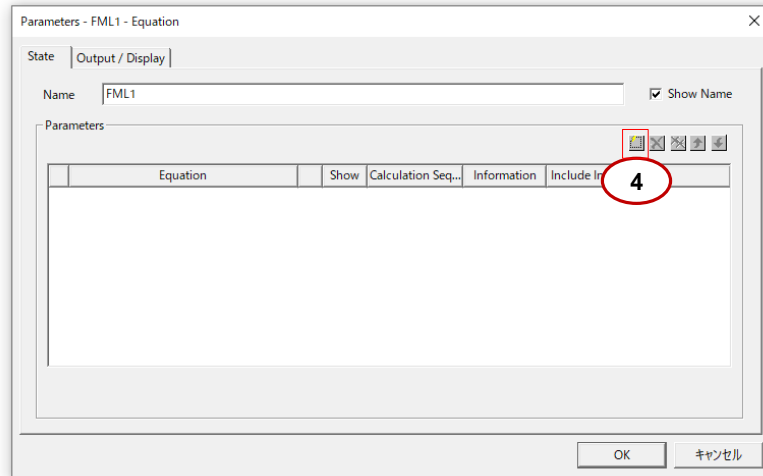
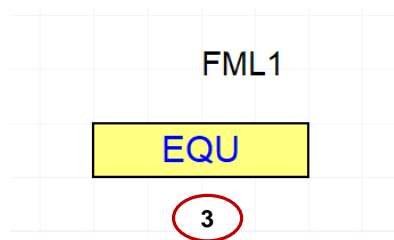
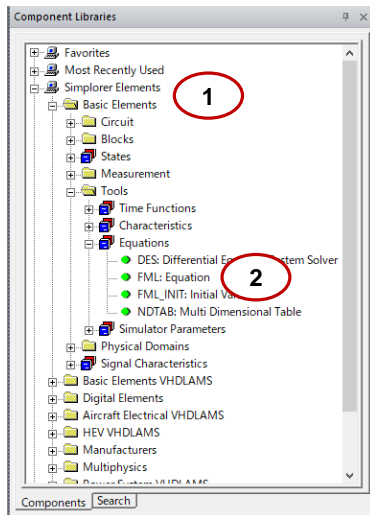
1. メニューバー：[Twin Builder] → [Design Properties] をクリック
2. Local Variablesタブに移り, Optimization/Design of Experimentsチェックボタンをクリック
3. KX, KP, KIのincludeチェックボックスにチェックをいれます。



# 最適化の設定

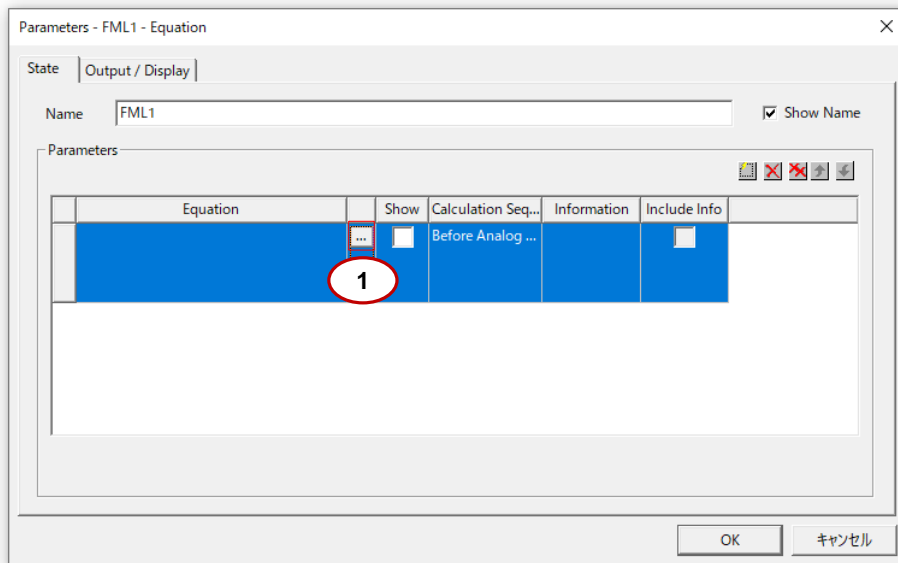
モデル編集画面にEquationブロックを配置して目的関数を指定します。

1. [Simplorer elements] → [Basic elements] → [Tools] → [Equations]
2. Equation:[Equations] → [FML]
3. FML1ブロックをダブルクリックします。
4. ダイアログの式を追加するボタンをクリックします。



# 最適化の設定

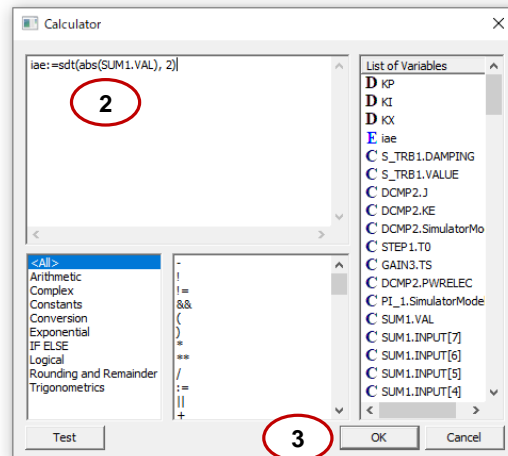
1. Equationの登録ボタンをクリックします。
2. Calculatorで目的関数の式を定義します。
3. OKボタンをクリックします。



以下の式(目的関数)を入力します

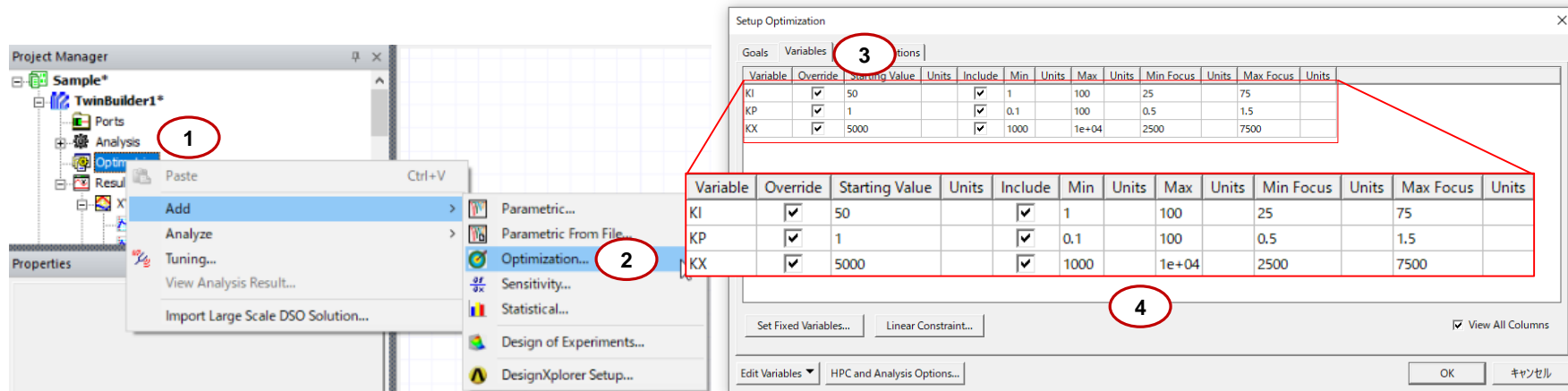
$iae := sdt(abs(SUM1.VAL), 2)$

※ 被積分関数の絶対値を取り、その値を全時間  
にわたって台形積分した値をiaeの変数に収める。  
⇒ このiaeの値が最小になるようにKPとKIとKD  
の値を最適化を実施して求めます。



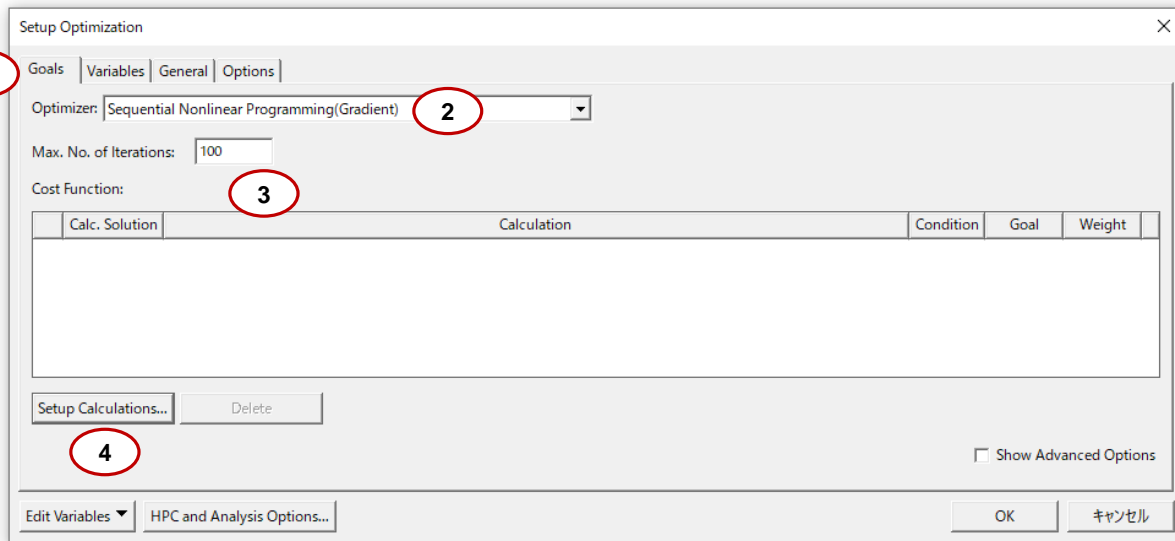
# 最適化の設定

1. プロジェクトツリーを表示
2. [Optimetrics] 右クリック [Add] → [Optimization...]をクリックします。
3. Variableタブをクリックします。
4. KI,KP,KXパラメータの設定を以下のように指定します。



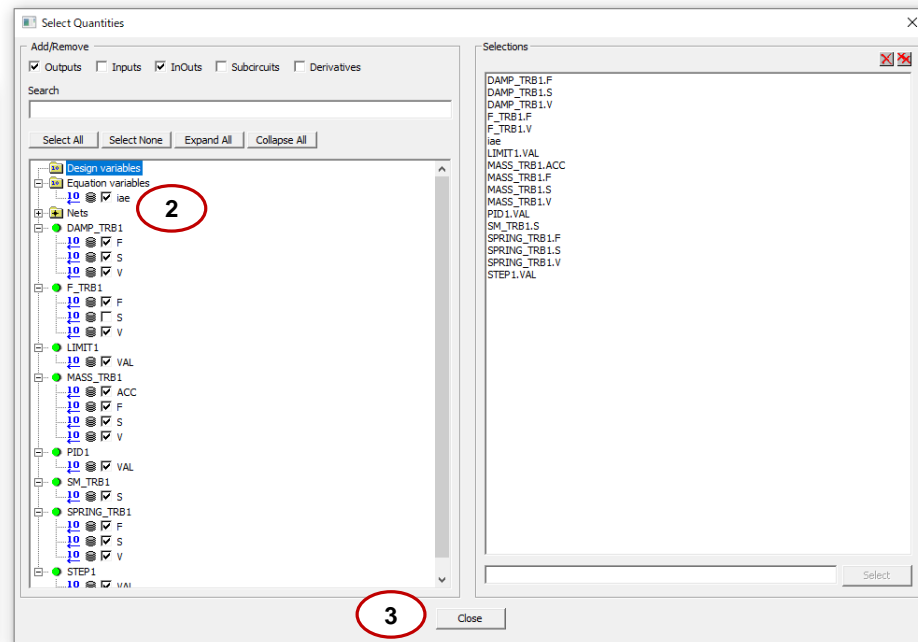
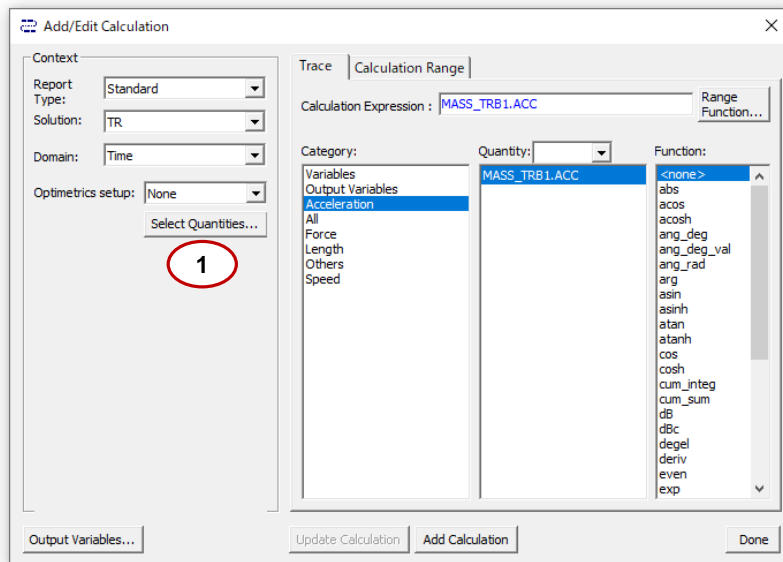
# 最適化の設定

1. [Goals]タブをクリックします.
2. Optimizer: "Sequential Nonlinear Programming(Gradient)"を選択します
3. Max. No. of Iterations: 100に指定します
4. [Setup Calculations...]ボタンをクリックします.



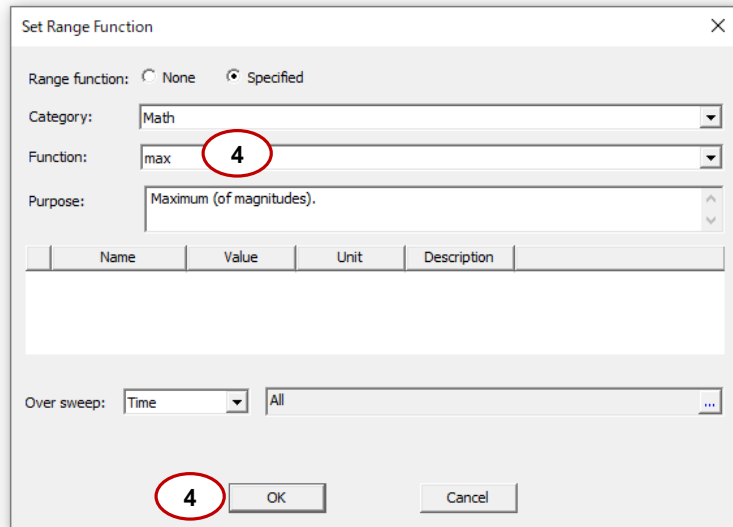
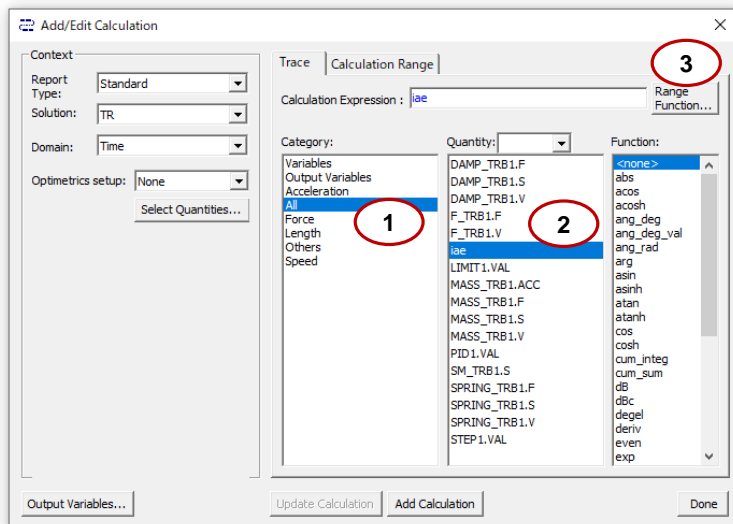
# 最適化の設定

1. [Select Quantities...]ボタンをクリックします。
2. [Equation variables] > [iae]にチェック☑をいれます。
3. [Close]ボタンをクリックします。



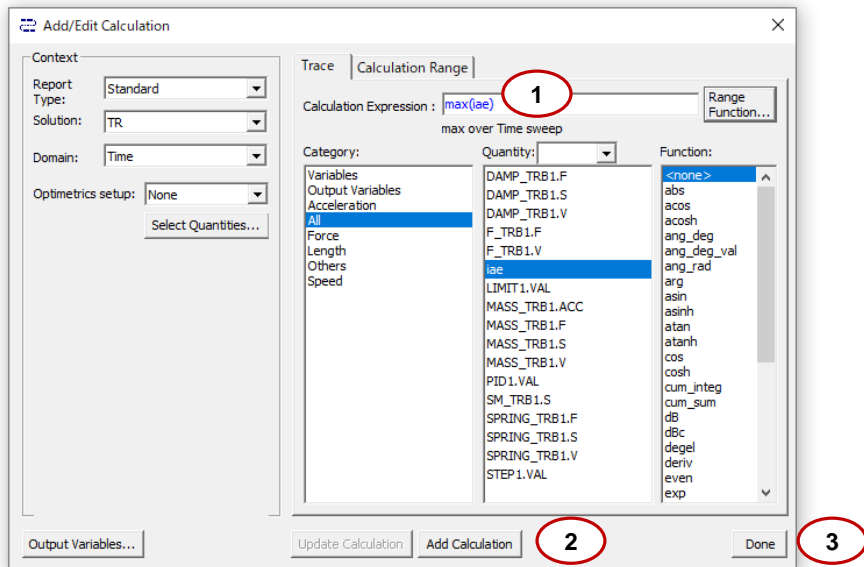
# 最適化の設定

1. Category: Allを選択します。
2. Quantity: iaeを選択します。
3. [Range Function...]ボタンをクリックします。
4. Function: Maxの設定になっていることを確認して[OK]ボタンをクリックします。



# 最適化の設定

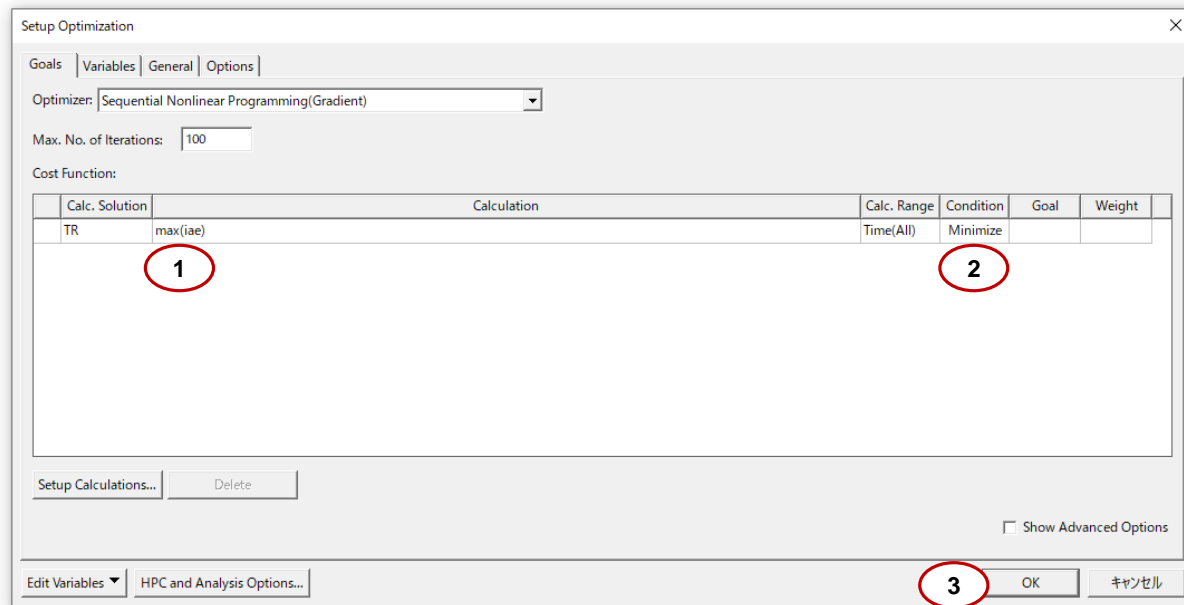
1. Calculation Expression :  $\max(\text{iae})$  となっていることを確認します.
2. [Add Calculation]ボタンをクリックします.
3. [Done]ボタンをクリックします.





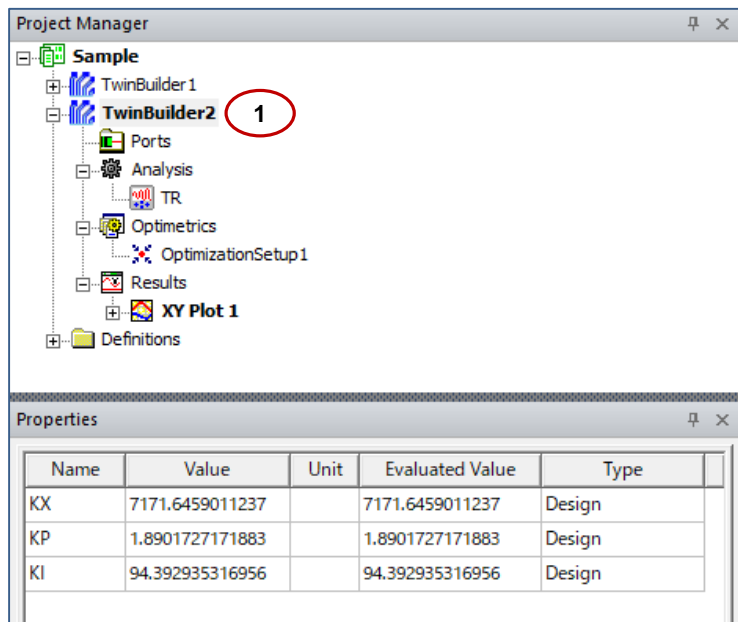
# 最適化の設定

1.  $\max(\text{iae})$ が登録されていることを確認します.
2. Conditionのセルをクリックして、表示されたメニューから"Minimize"を選択します.
3. [OK]ボタンをクリックします.



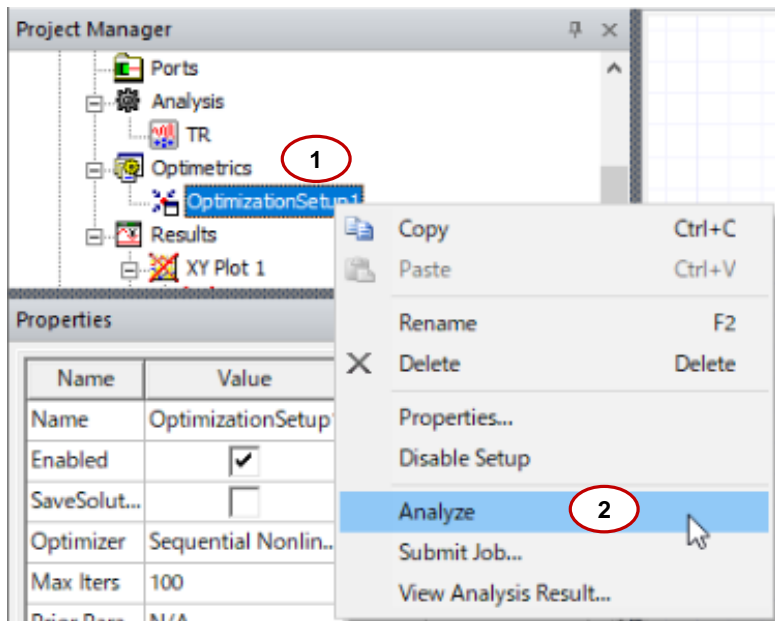
# パラメータの確認

1. プロジェクトツリーを表示して[TwinBuilder2] をクリックします。
2. プロパティウィンドウに最適化で求めたPIDパラメータが表示されます。



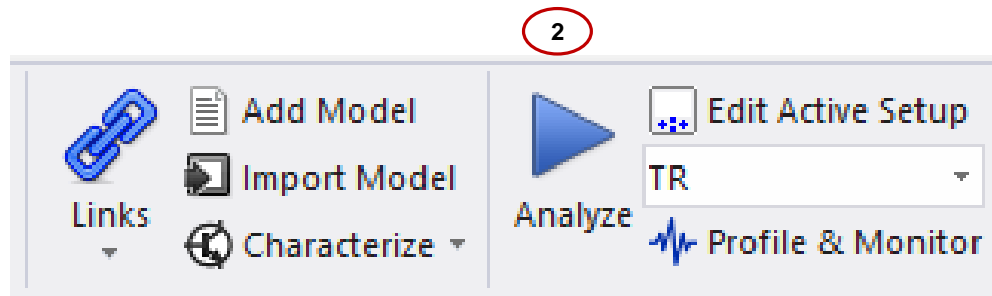
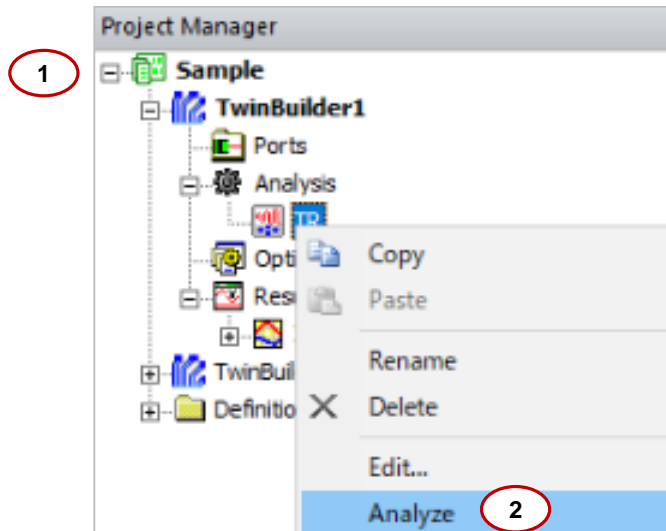
# 最適化シミュレーションの実施

1. プロジェクトツリーを表示
2. [Optimetrics] → [Optimizationsetup1]を右クリックして, Analyzeをクリックします.



# シミュレーションの実行

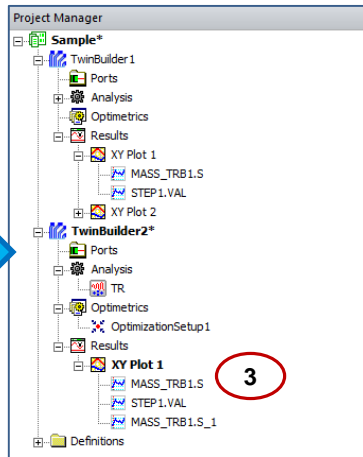
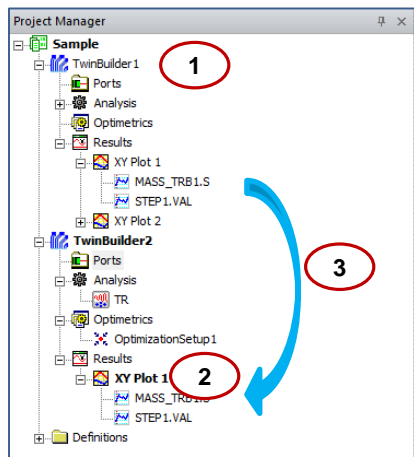
1. プロジェクトツリーを表示
2. [Analysis] → [TR] を右クリックで [Analyze]をクリック, またはアイコンのAnalyze ボタンをクリックします.



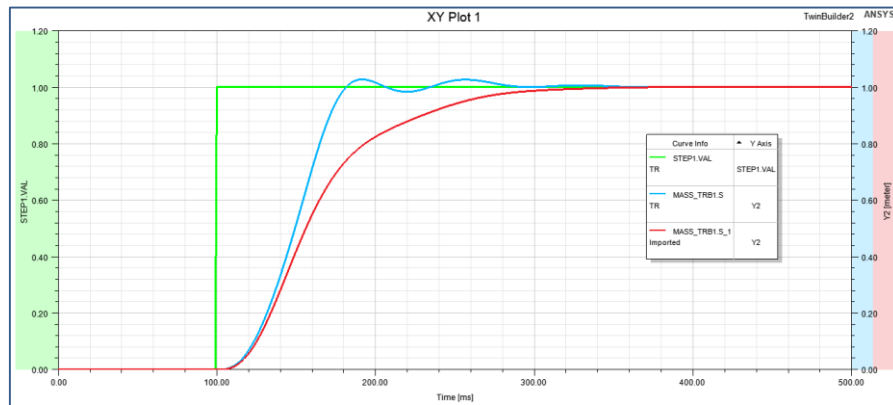
# シミュレーション結果の表示

TwinBuilder1のシステムで計算した結果と比較します。

1. プロジェクトツリーを表示
2. TwinBuilder2の[Results] → [XY Plot1]をダブルクリックします。
3. TwinBuilder1の[Results] → [XY Plot1] → [MASS\_TRB1.S]をドラック&ドロップでTwinBuilder2の[Results] → [XY Plot1]の中へ入れます。



最適化前と最適化後の結果比較





サイバネットシステム株式会社  
〒101-0022  
東京都千代田区神田練塀町3番地 富士ソフトビル