

# Ansys Twin Builder basicセミナー

## 制御シミュレーション編 【演習問題 1】

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バネ-マス-ダンパー系モデルの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

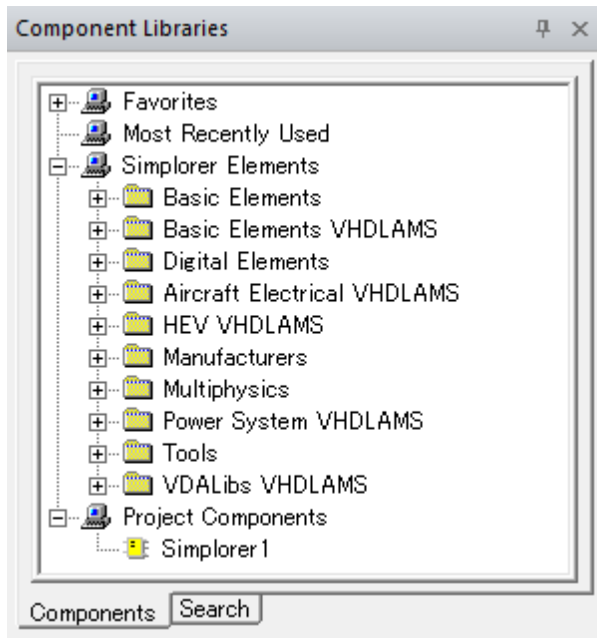
Ansys Twin Builder Pro



## 演習問題 1 バネ-マス-ダンパーモデルのPID制御

# Twin Builderコンポーネント

## Simplorer Elements



## Basic Elements

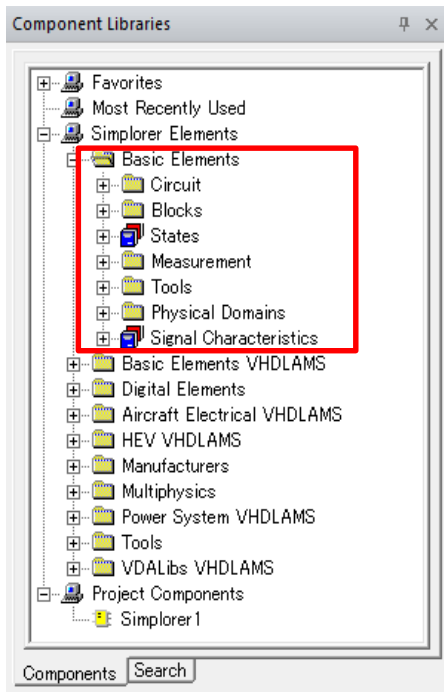
- 基本的な要素ライブラリ

## 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

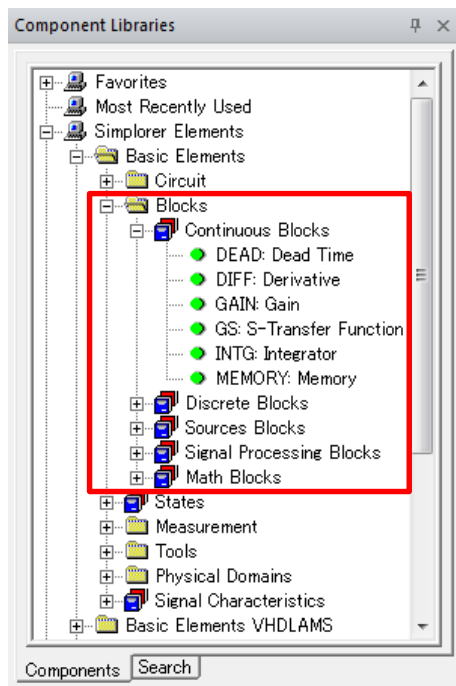
- メカニカル要素のモデリング

### Signal Characteristics

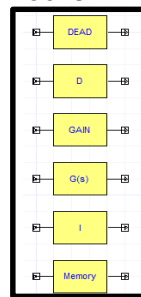
- 信号処理

# Twin Builderコンポーネント

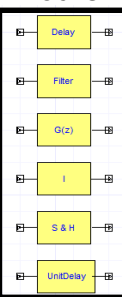
## Blocksコンポーネント



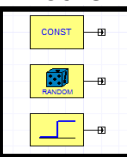
Continuous  
Blocks



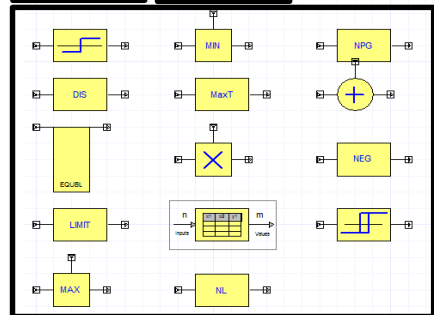
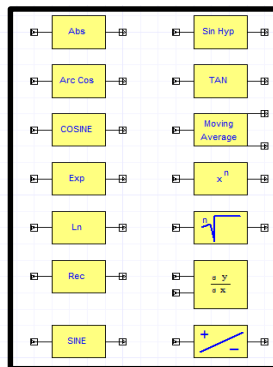
Discrete  
Blocks



Sources  
Blocks



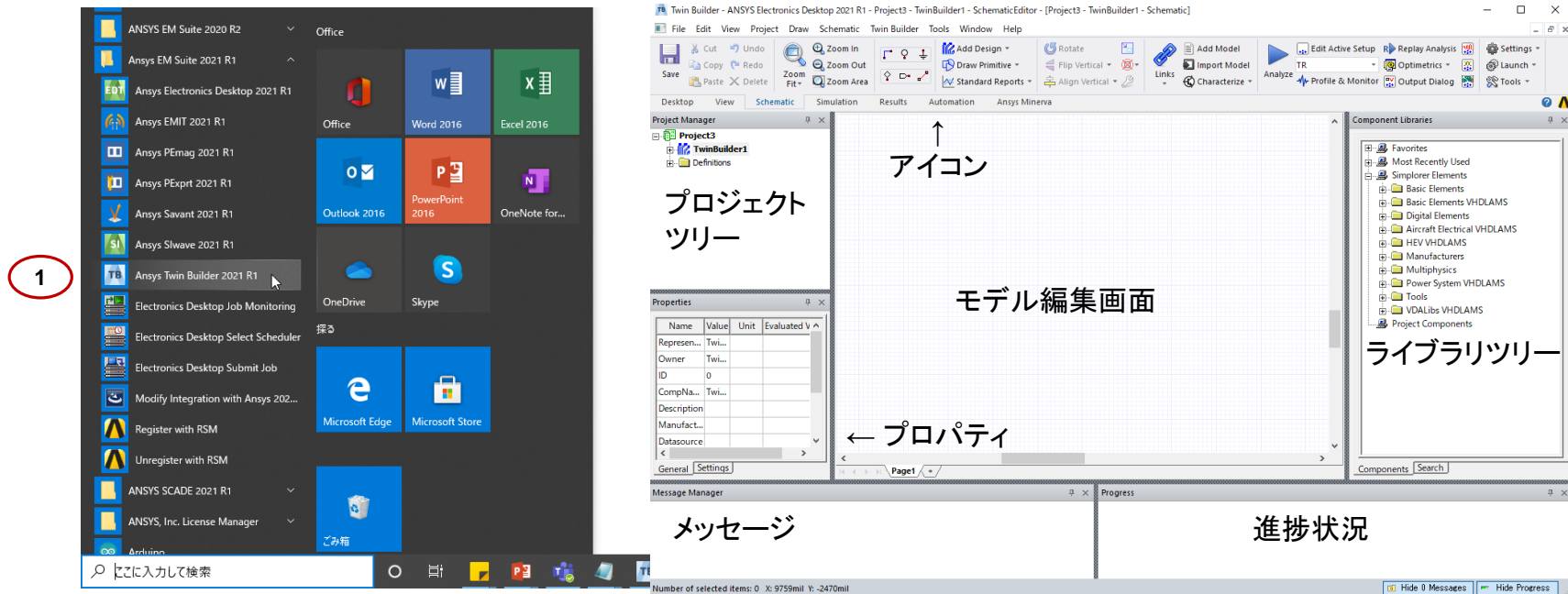
Math  
Blocks



Signal Processing Blocks

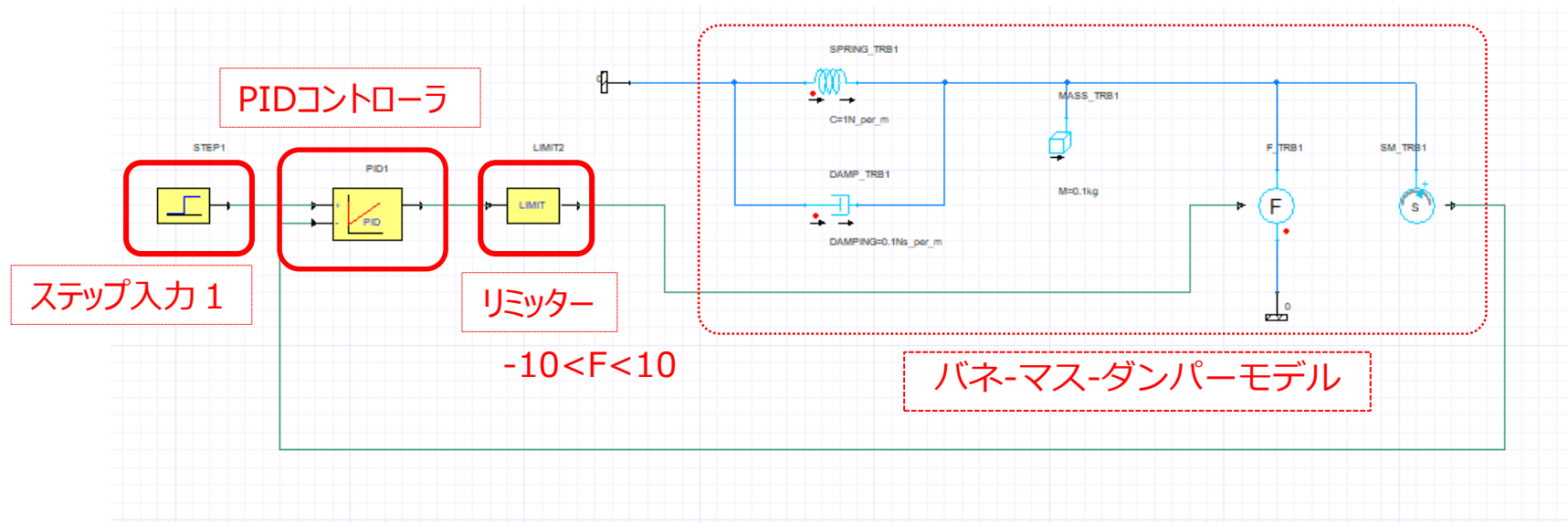
# Ansys Twin Builderの起動

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



# バネ-マス-ダンパーモデルのPID制御

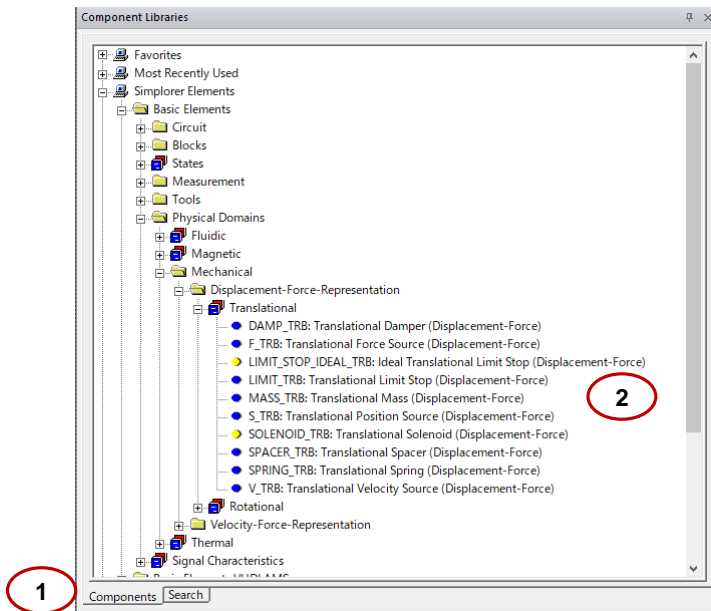
以下のようなバネ-マス-ダンパーのモデルにPIDコントローラが接続されたモデルを作成していきます。





# 物理コンポーネントの配置

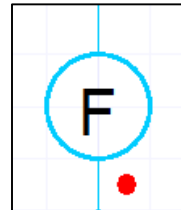
1. [Component Libraries] → [Components] タブを選択
2. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Physical Domains] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translational]



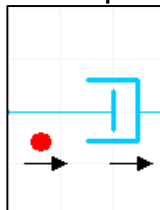
Spring



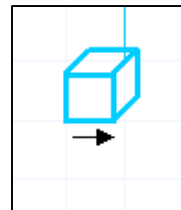
Force Source



Damper



Mass



# 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, F\_TRBを配置

ANSYS Electronics Desktop 2021 R1 - Project3 - TwinBuilder1 - SchematicEditor - [Project3 - TwinBuilder1 - Schematic]

File Edit View Project Draw Schematic Twin Builder Tools Window Help

Save Cut Copy Paste X Delete Undo Zoom In Zoom Out Zoom Fit Zoom Area Add Design Draw Primitive Standard Reports Rotate Flip Vertical Align Vertical Add Model Import Model Links Characterize Analyze Edit Active Setup TR Profile & Monitor Replay Analysis Optometrics Settings Launch Output Dialog Tools

Desktop View Schematic Simulation Results Automation Ansys Minerva

Project Manager

Project3\*  
TwinBuilder1\*  
Definitions

Properties

DAMP\_TRB1

MASS\_TRB1

F\_TRB1

SPRING\_TRB1

Component Libraries

Favorites  
Most Recently Used  
Simplorer Elements  
Basic Elements  
Circuit  
Blocks  
States  
Measurement  
Tools  
Physical Domains  
Fluidic  
Magnetic  
Mechanical  
Displacement-Force-Representation  
Translational  
Rotational  
Velocity-Force-Representation  
Thermal  
Signal Characteristics

ブロックの操作

全体表示 → Zoom In Zoom Out Zoom Fit Zoom Area ← 拡大 縮小 領域拡大

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

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

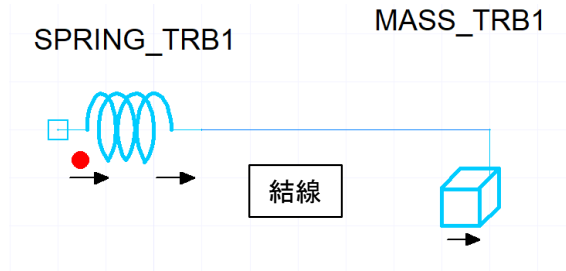
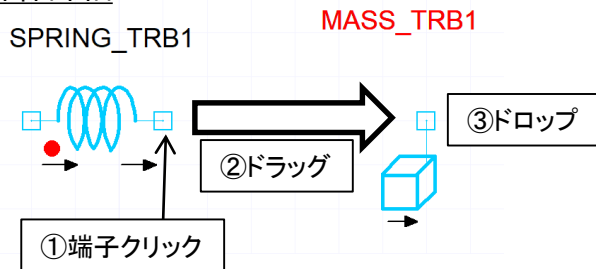
左右反転 → Flip Horizontal

Align Vertical

# コンポーネント間の結線

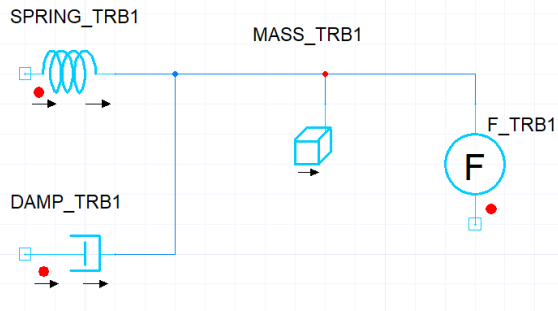
## 1. 端子をクリックし,ドラッグ&ドロップ

### 接続操作詳細



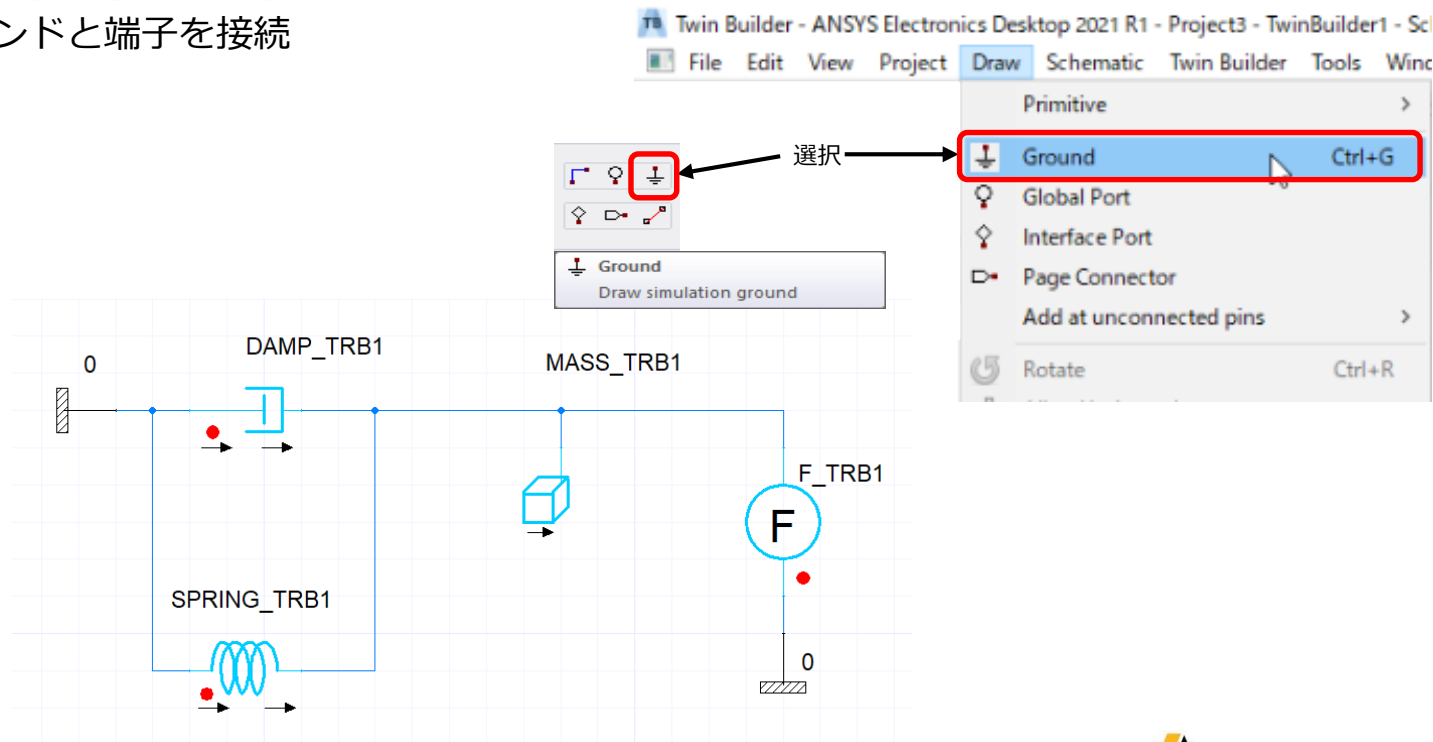
※参考:Ctrlキー + Zキーにより1つ前の段階に戻る

## 2. 同様の操作で全ての端子を接続



# グランド配置

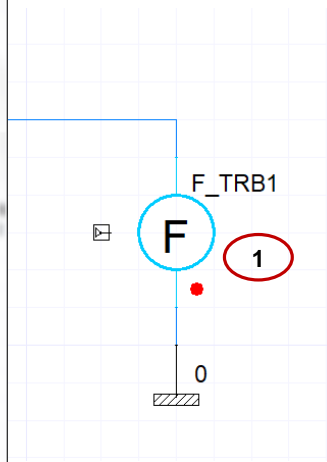
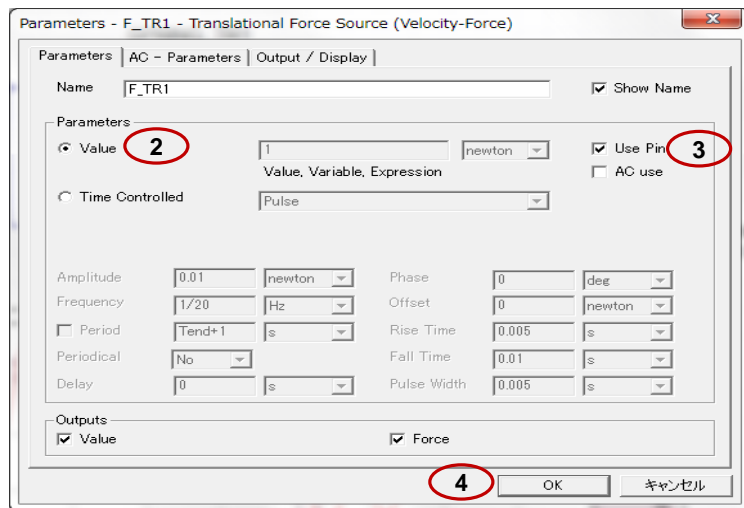
1. [Draw] → [Ground] あるいはGroundアイコンを選択し、グランドを配置
2. グランドと端子を接続



# コンポーネントの設定

質点の変位を検知し、フィードバックして外力を作用させられるように部品プロパティを修正

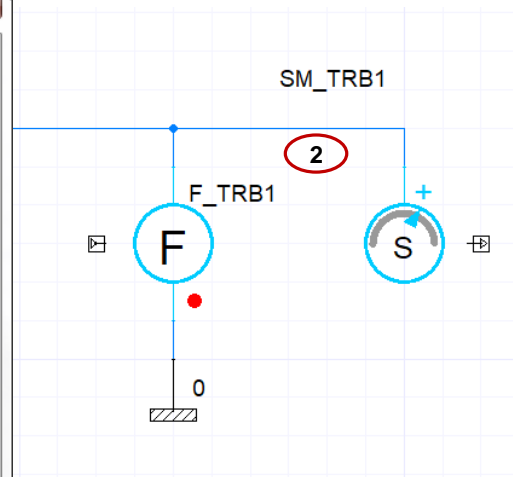
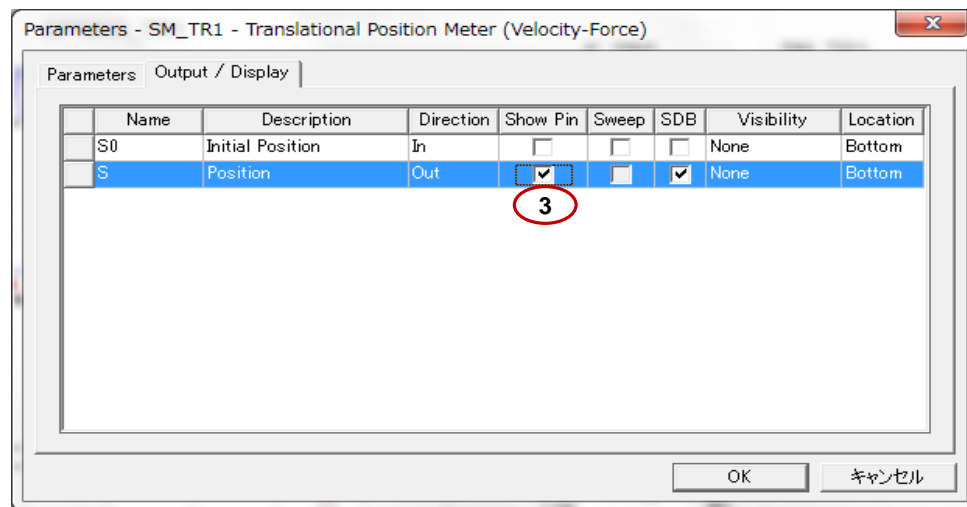
1. 外力 F\_TRB1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. Valueをチェック
3. Use Pinをチェック
4. [OK] をクリック



# センサーの配置

質点の変位を検知するためにポテンシオメータを配置

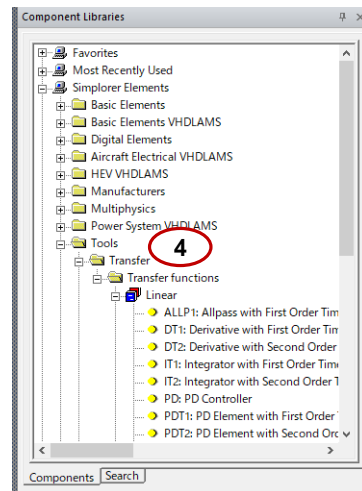
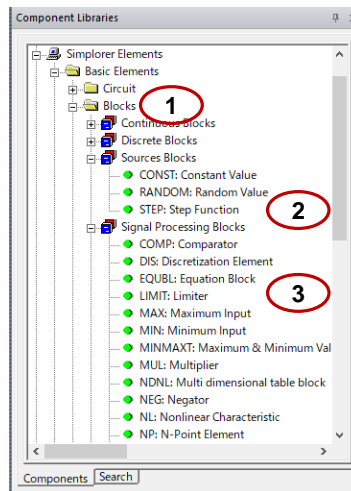
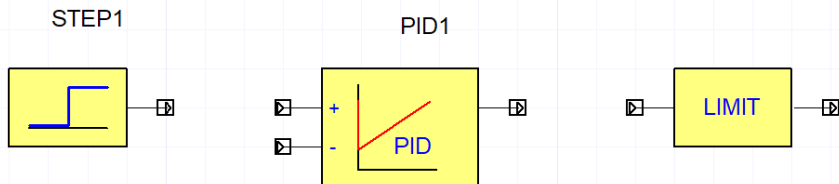
1. [Component Libraries] → [Components] タブを選択
2. [Simplorer Elements] → [Basic Elements] → [Measurement] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translational] → [SM\_TRB] を配置し結線
3. SM\_TRB1をダブルクリックし、 [Output/Display] タブのShow Pin をOnにし、端子を表示



# 制御用コンポーネントの配置

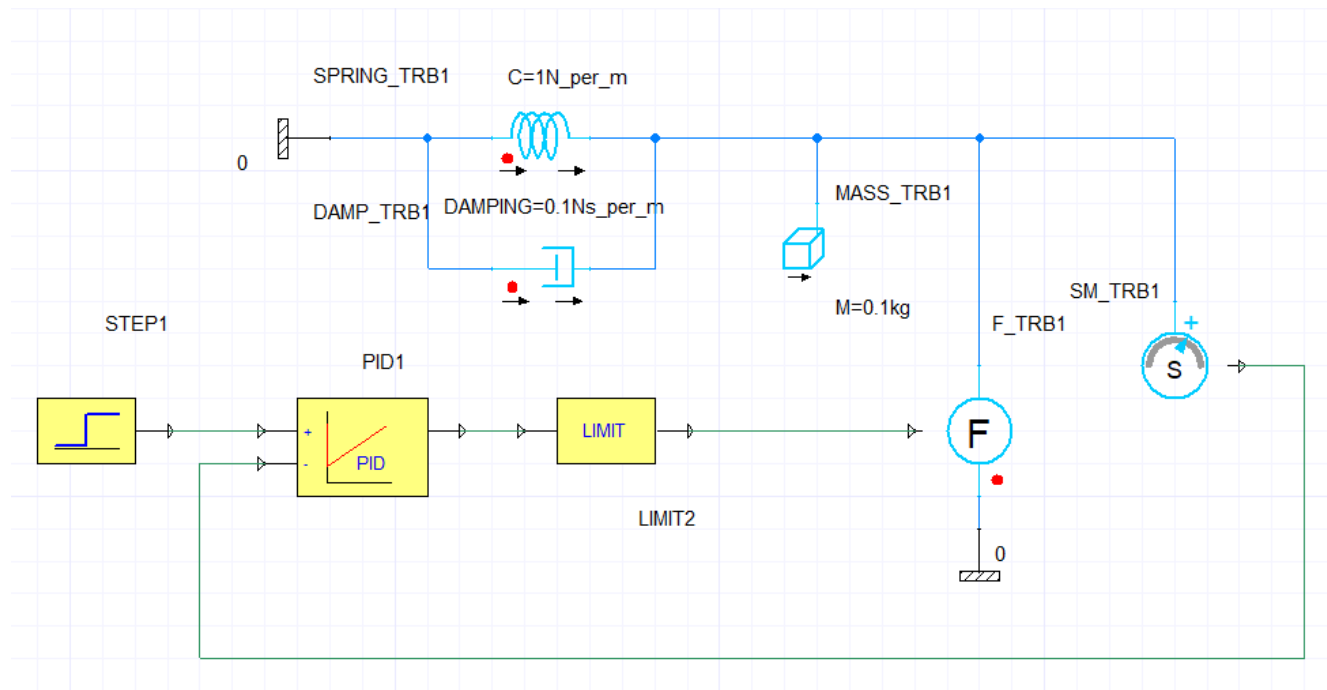
STEPブロック, PIDブロック, LIMITブロックを配置

1. [Simplorer elements] → [Basic Elements] → [Blocks]
2. STEP: [Sources Blocks] → [STEP]
3. LIMIT: [Signal Processing Blocks] → [LIMIT]
4. [Simplorer elements] → [Tools] → [Transfer] → [Transfer functions]
5. PID: [Linear] → [PID]



# コンポーネントの結線

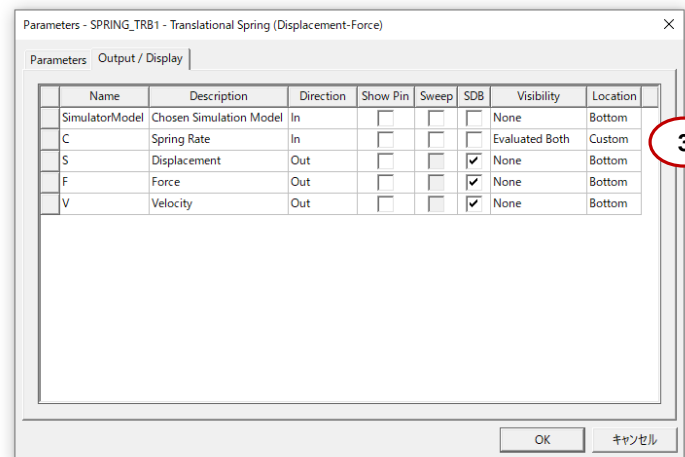
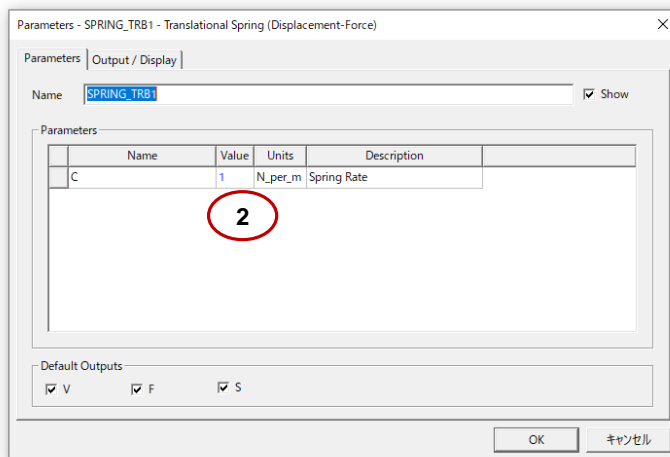
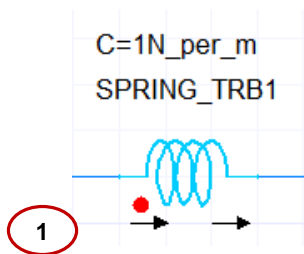
すべてコンポーネントブロックを以下のように結線します。





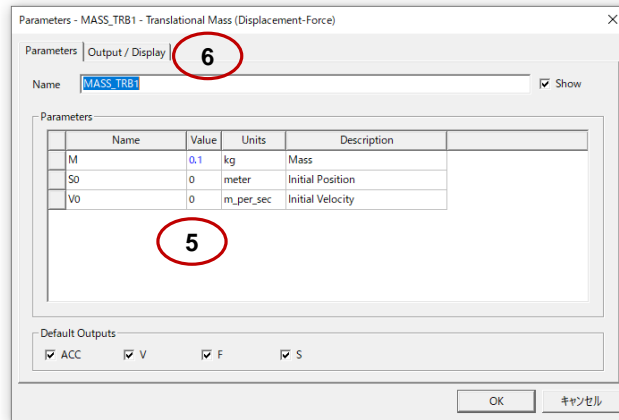
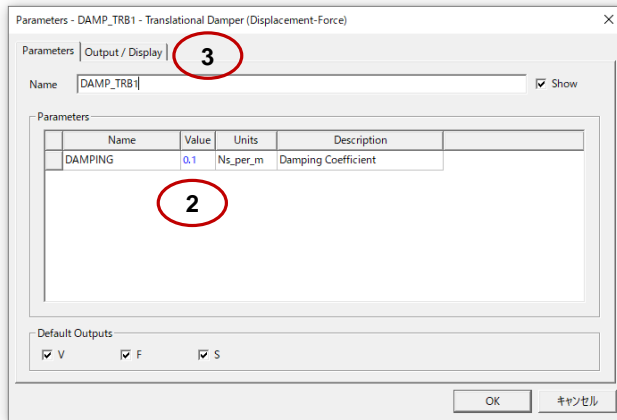
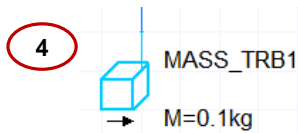
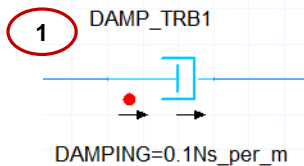
# プロパティ設定

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  $C=1.0$  [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)



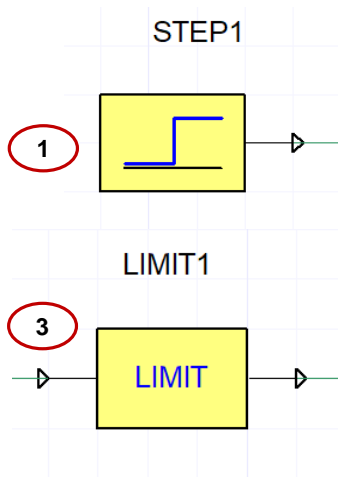
# プロパティ設定

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=0.1 [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=0.1 [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. 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1 [s] を設定, Final Valueに1を設定
3. LIMIT1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
4. ULに 10 を設定, LLに-10を設定 ※ULとLLはUpper LimitとLower Limitの意味



Parameters - STEP1 - Step Function

Parameters | AC - Parameters | Output / Display |

Name: STEP1 ☒ Show Name

Parameters

Step Time	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 - LIMIT1 - Limiter

Parameters | Output / Display |

Name: LIMIT1 ☒ Show

Parameters

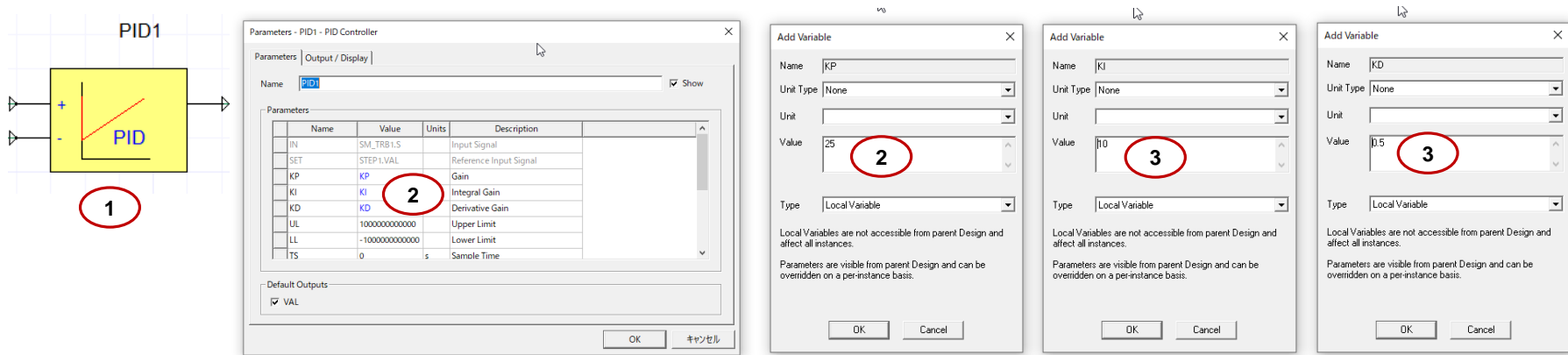
Name	Value	Units	Description
INPUT	PID1.VAL		Input Signal
UL	10		Upper Limit of Output Signal
LL	-10		Lower Limit of Output Signal
TS	0	s	Sample Time

Default Outputs ☒ VAL

OK キャンセル

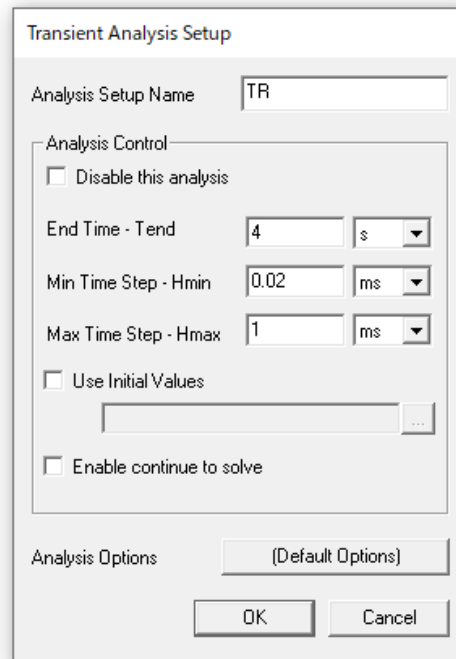
# プロパティ設定

1. PID1 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25と入力する。
3. 同様にKIとKDにもKI,KDと入力してEnterキーを押して、Add VariableボックスのValueにそれぞれ10, 0.5と入力する。



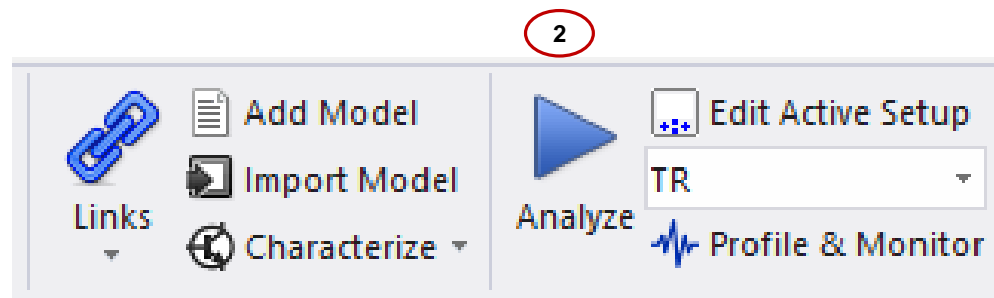
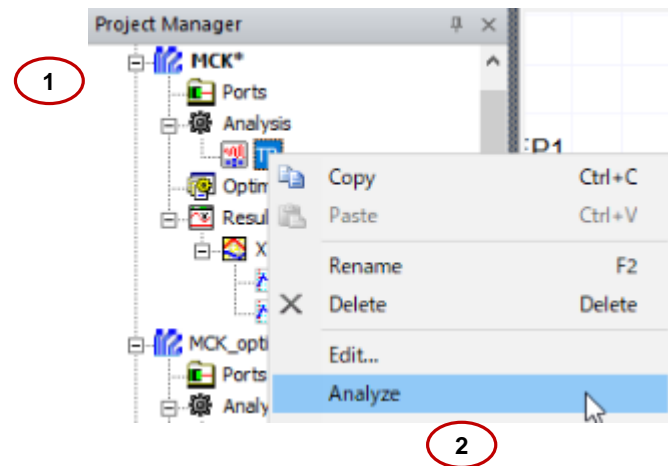
# 計算条件の設定

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...]
3. 計算条件を設定
  1. 計算終了時間  $T_{end}=4$  [s]
  2. 最小計算時間刻み  $H_{min}=0.02$  [ms]
  3. 最大計算時間刻み  $H_{max}=1$  [ms]



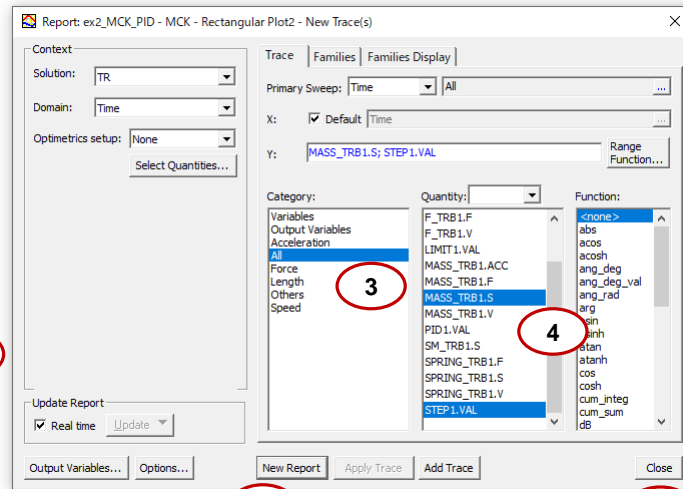
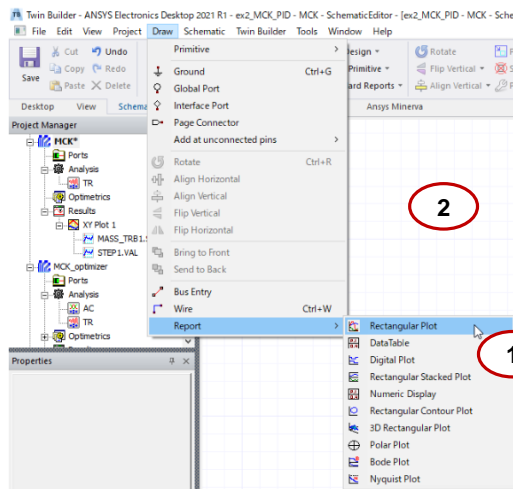
# シミュレーションの実行

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



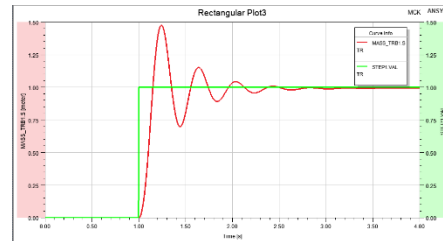
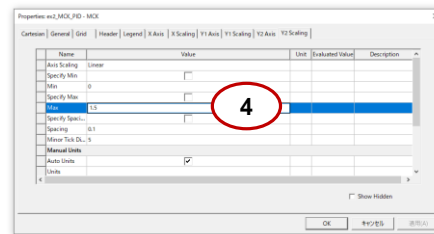
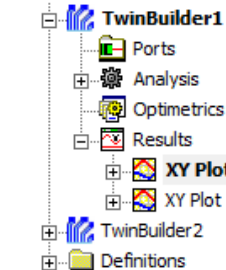
# シミュレーション結果の表示

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1.5に指定します。
5. [OK]をクリックします。

Project Manager

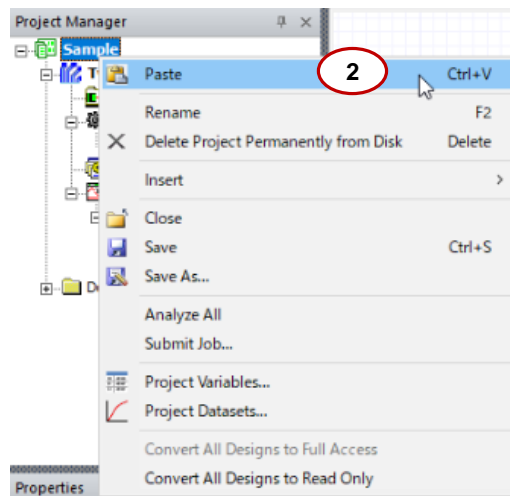
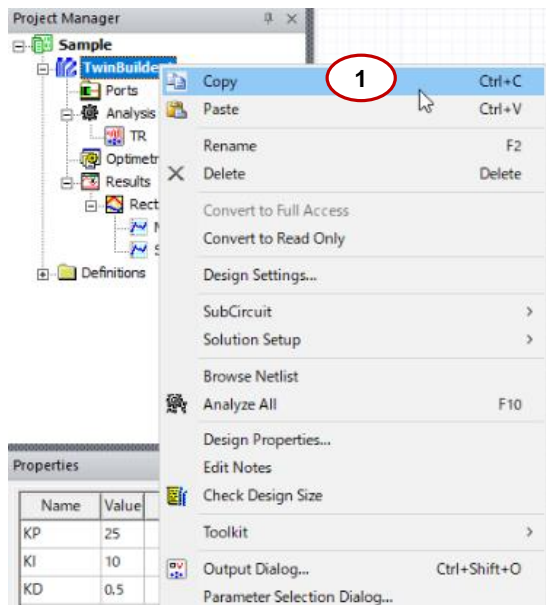
Sample





# モデルの複写

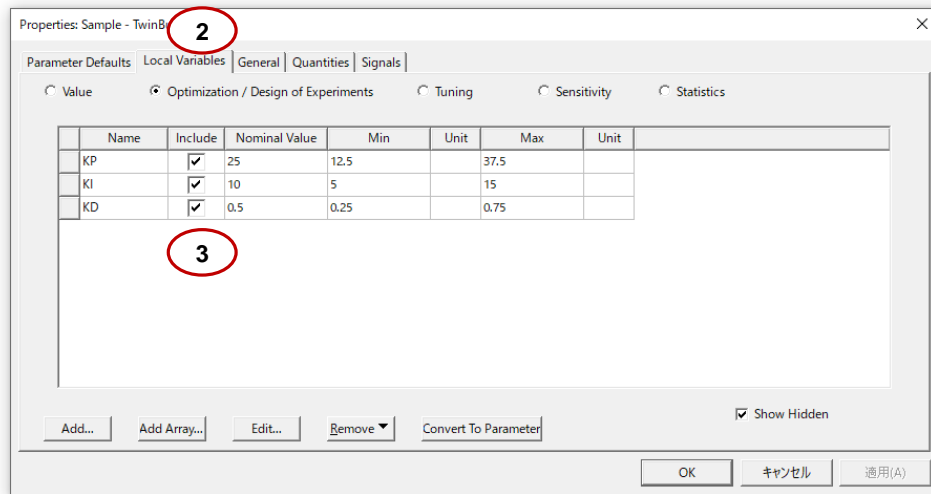
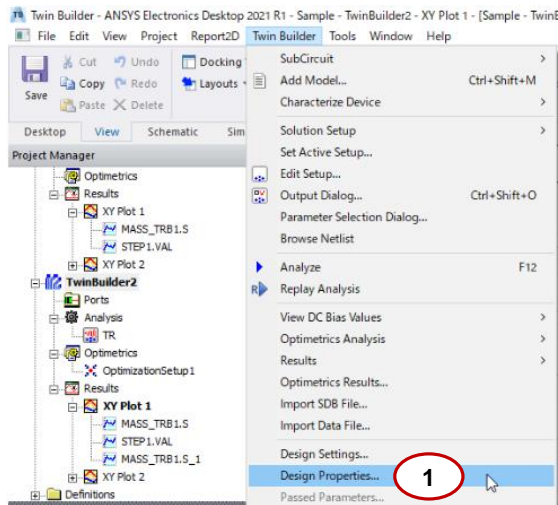
1. プロジェクトツリーからTwinBuilder1を右クリックしてCopyを選択
2. プロジェクト名を右クリックしてPaste を選択
3. TwinBuilder2をダブルクリックしてモデルを表示



# 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。

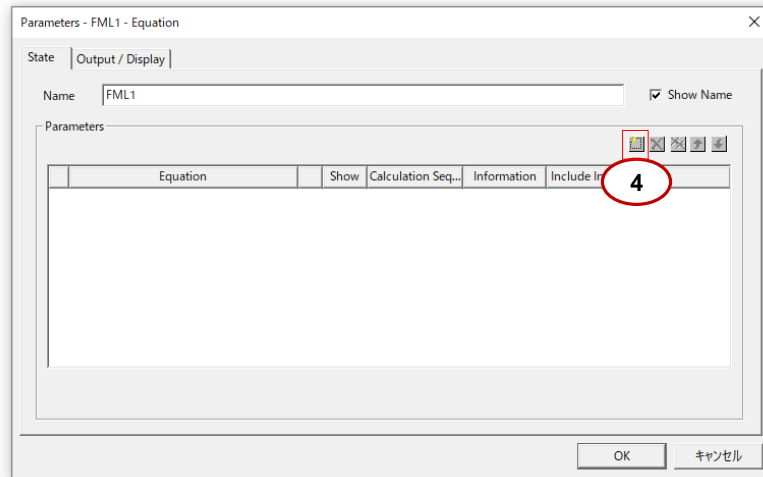
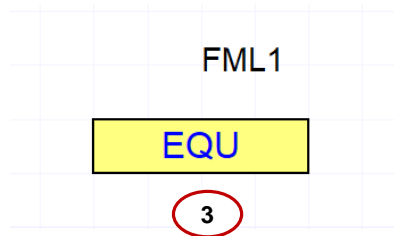
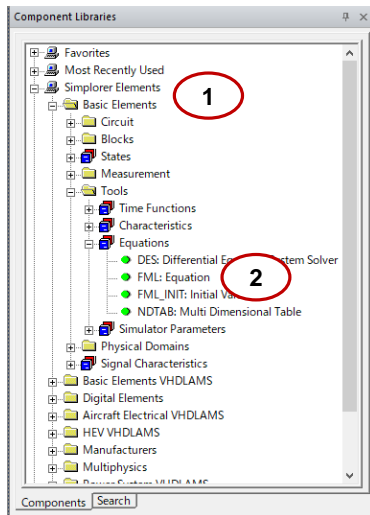
1. メニューバー：[Twin Builder] → [Design Properties] をクリック
2. Local Variablesタブに移り, Optimization/Design of Experimentsチェックボタンをクリック
3. KP, KI, KDのincludeチェックボックスにチェックをいれます。



# 最適化の設定

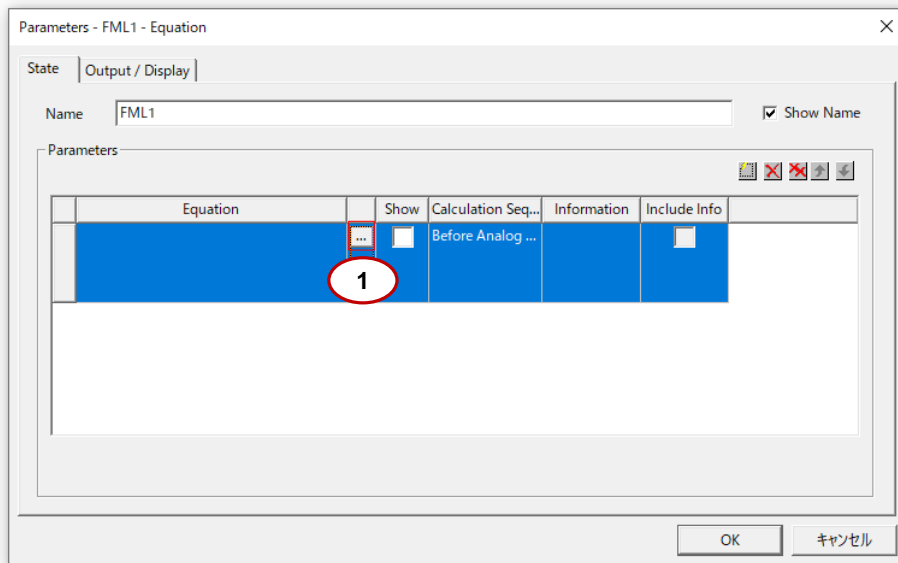
モデル編集画面にEquationブロックを配置して目的関数を指定します。

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

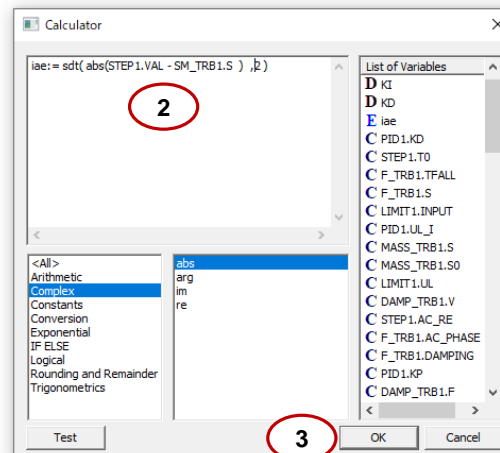
1. Equationの登録ボタンをクリックします。
2. Calculatorで目的関数の式を定義します。
3. OKボタンをクリックします。



以下の式(目的関数)を入力します

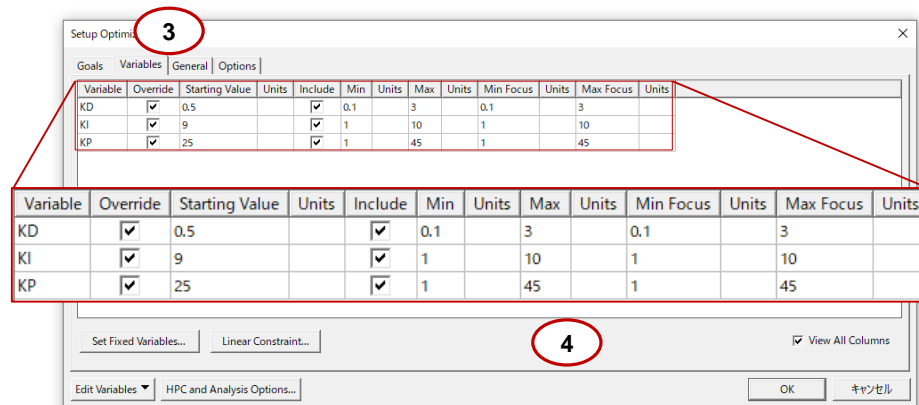
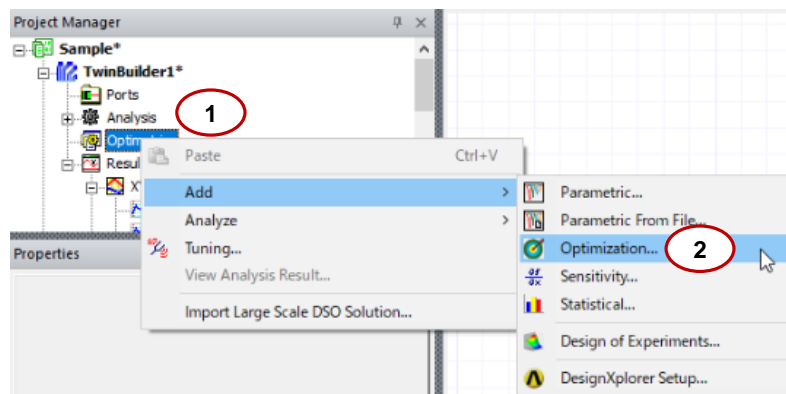
$iae := sdt(abs(STEP1.VAL - SM\_TRB1.S), 2)$

※ 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。



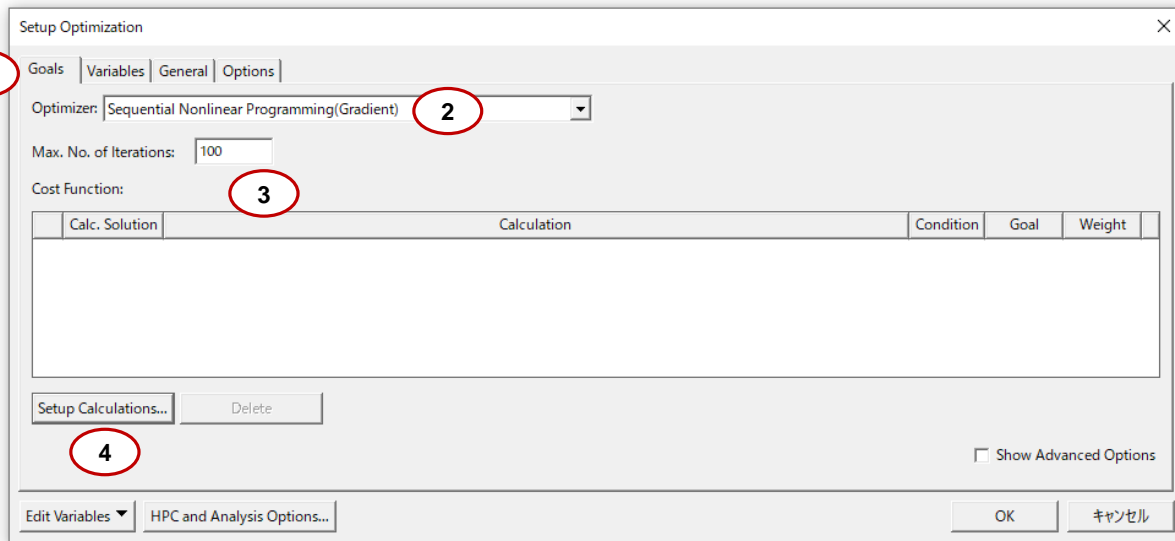
# 最適化の設定

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. KD,KI,KPパラメータの設定を以下のように指定します。



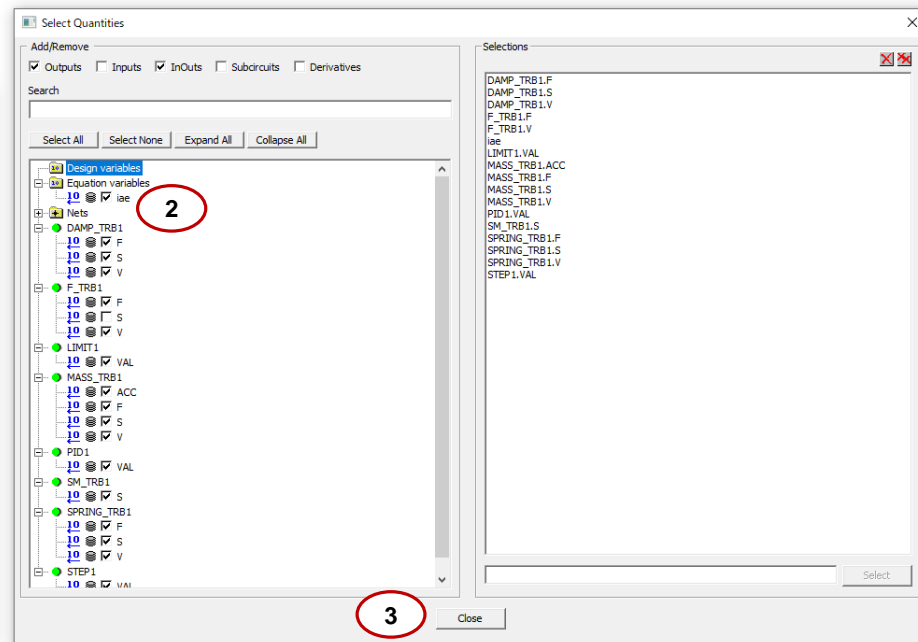
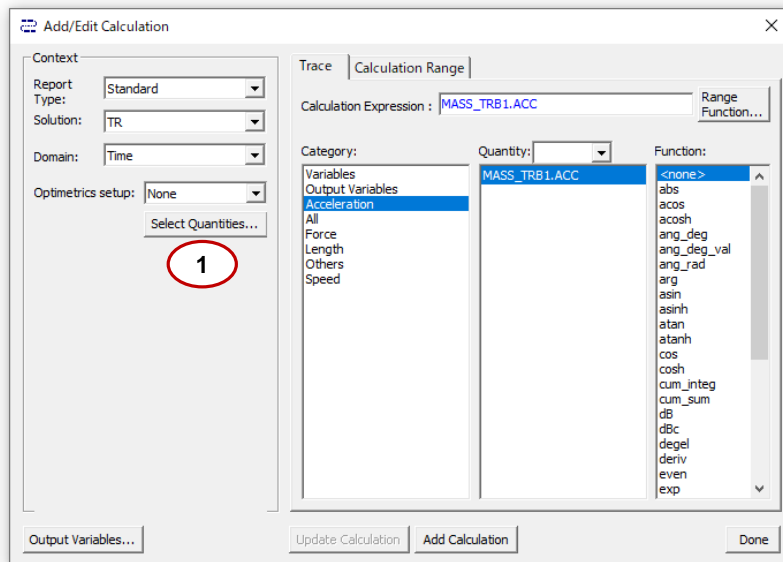
# 最適化の設定

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.



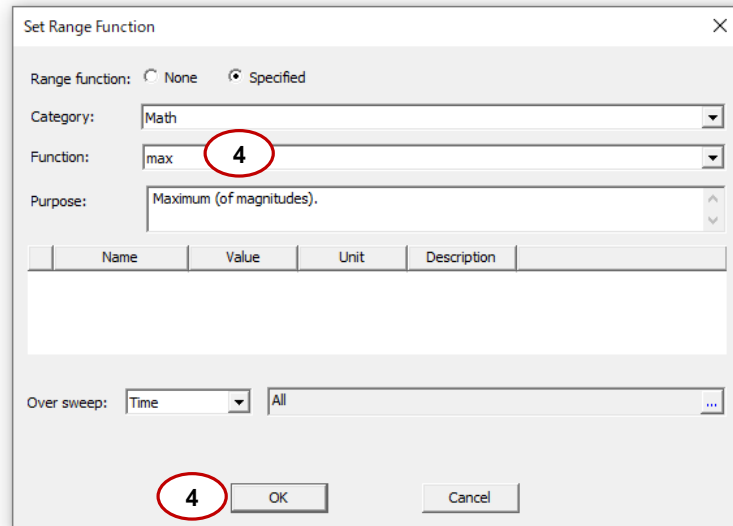
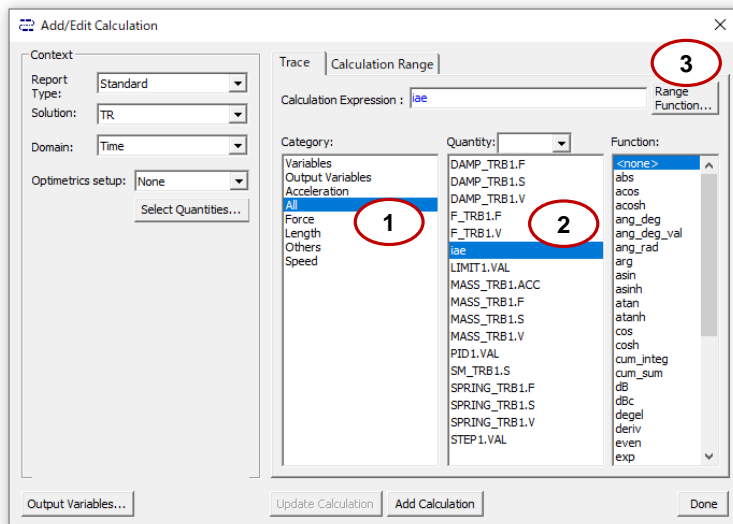
# 最適化の設定

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

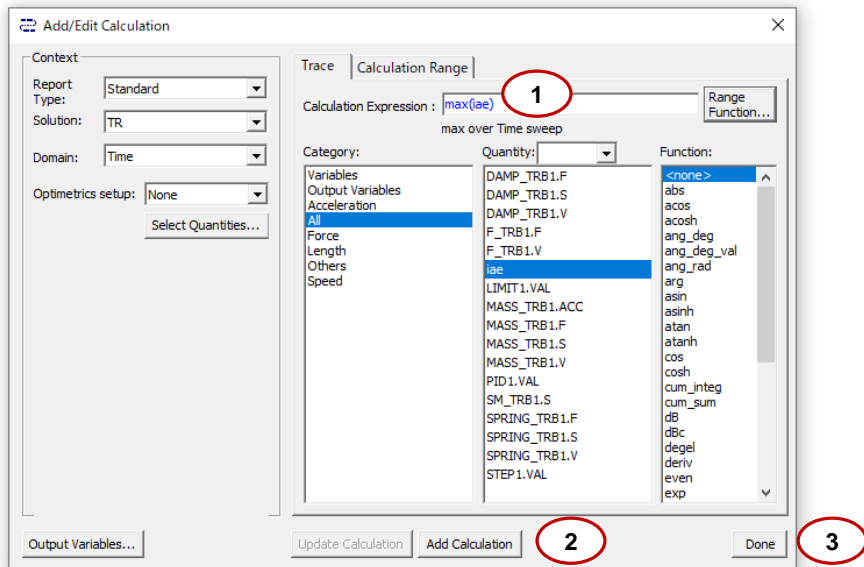
1. Category:Allを選択します.
2. Quantity:iaeを選択します.
3. [Range Function...]ボタンをクリックします.
4. Function: Maxの設定になっていることを確認して[OK]ボタンをクリックします.





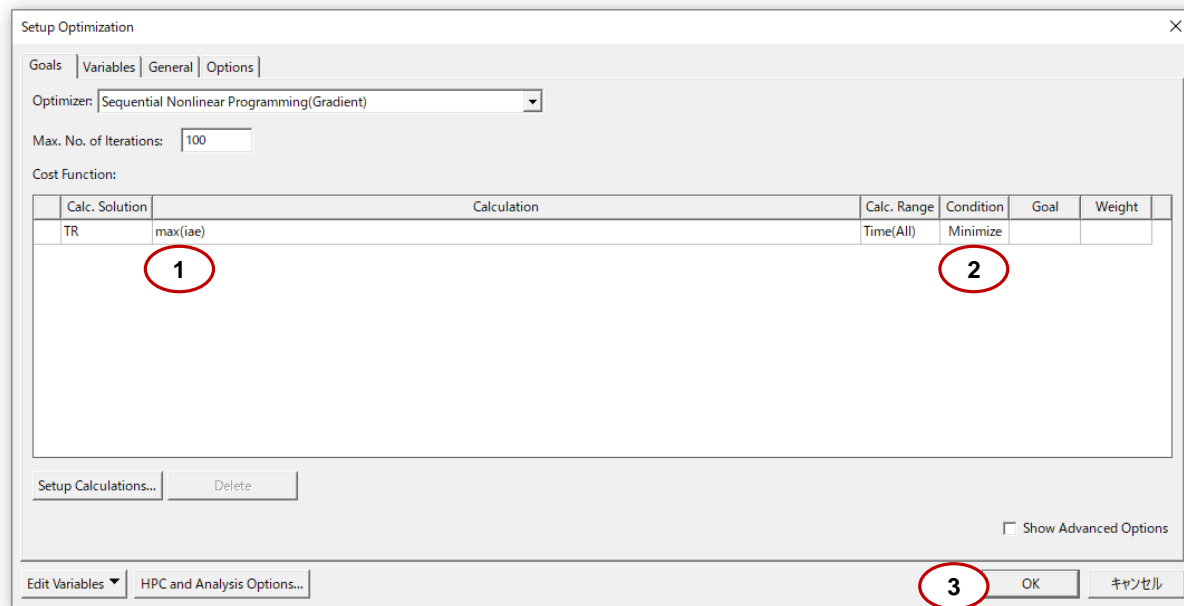
# 最適化の設定

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.



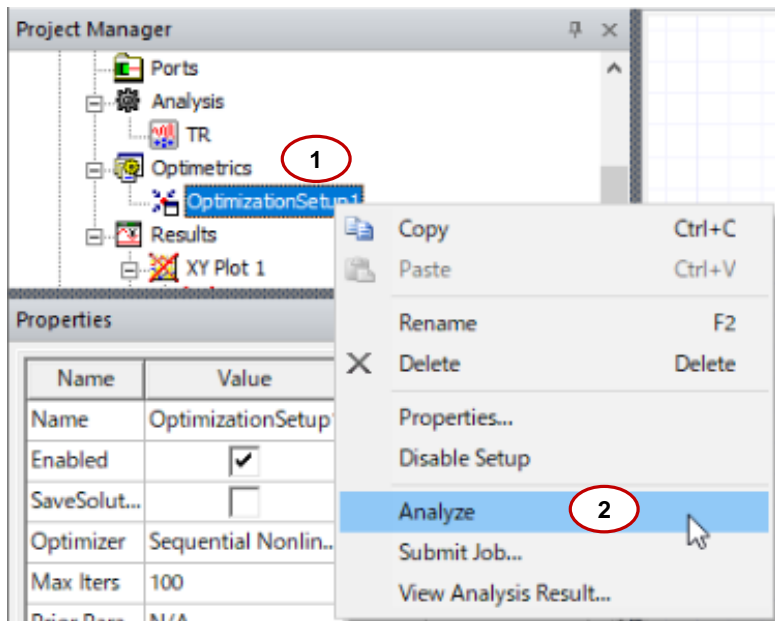
# 最適化の設定

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。



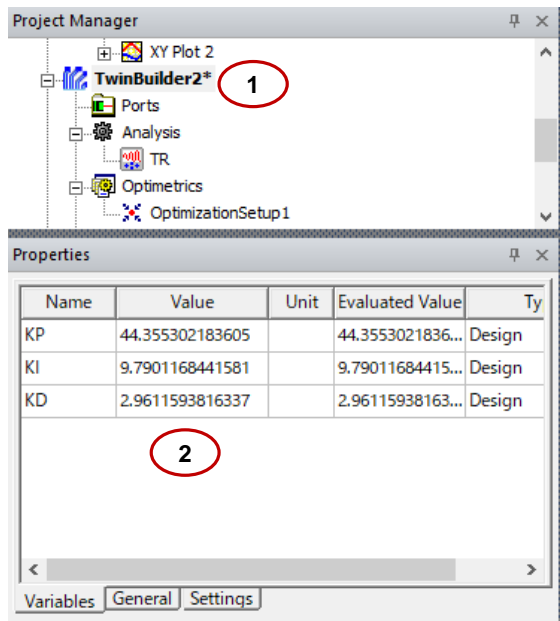
# 最適化シミュレーションの実施

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.



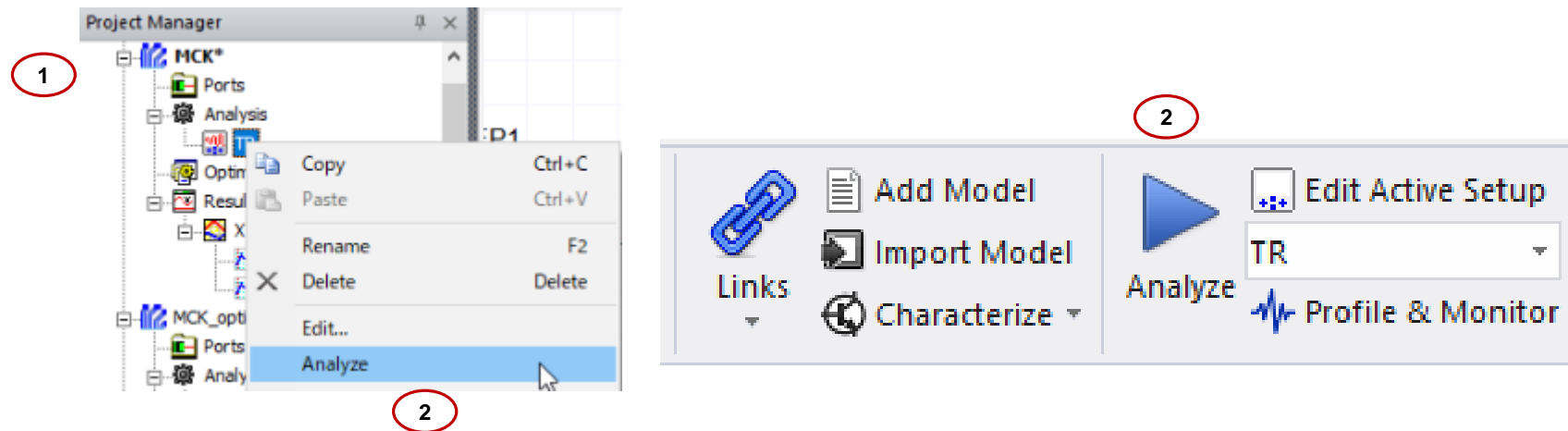
# パラメータの確認

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。



# シミュレーションの実行

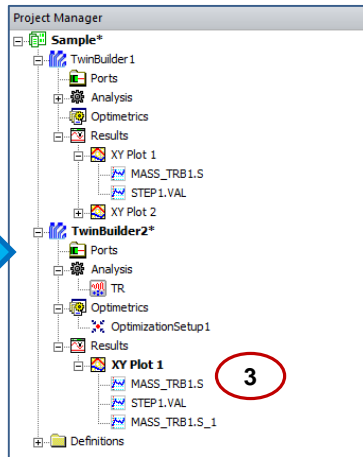
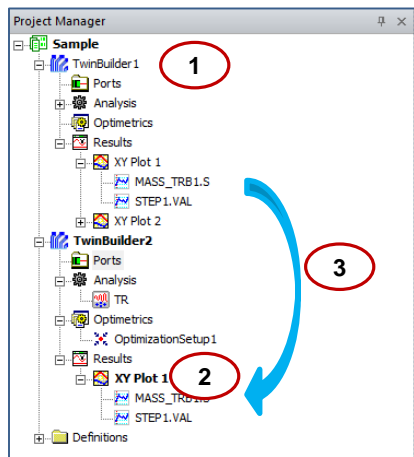
1. プロジェクトツリーを表示
2. [Analysis] → [TR] を右クリックで [Analyze]をクリック, またはアイコンのAnalyze ボタンをクリックします.



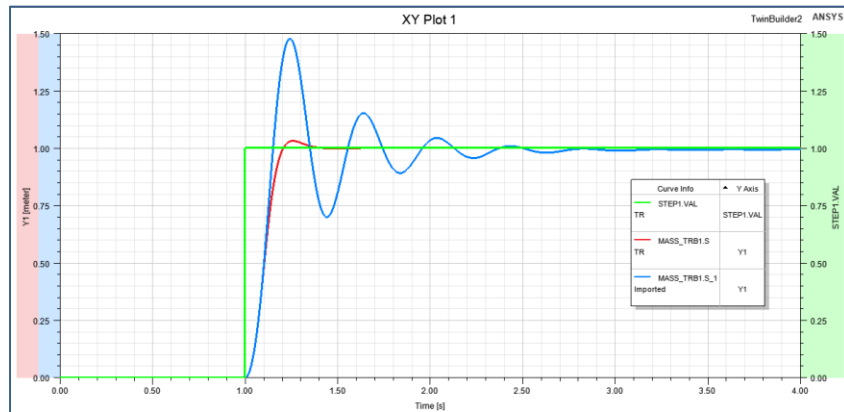
# シミュレーション結果の表示

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