

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ものになります。

※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

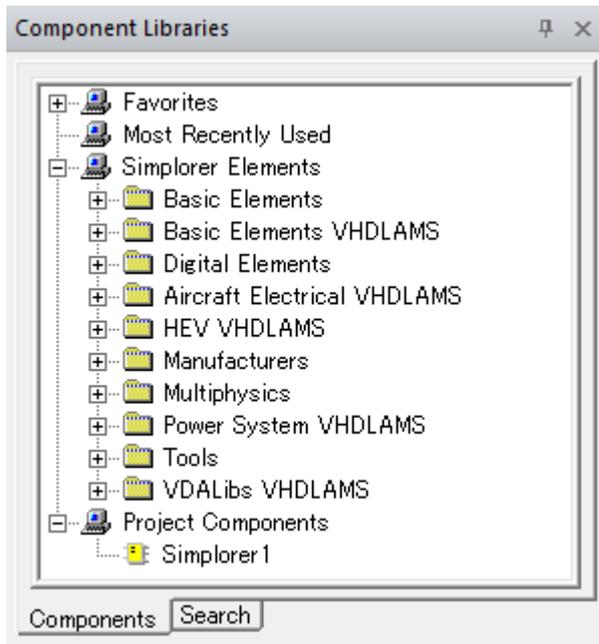
Ansys Twin Builder Pro



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

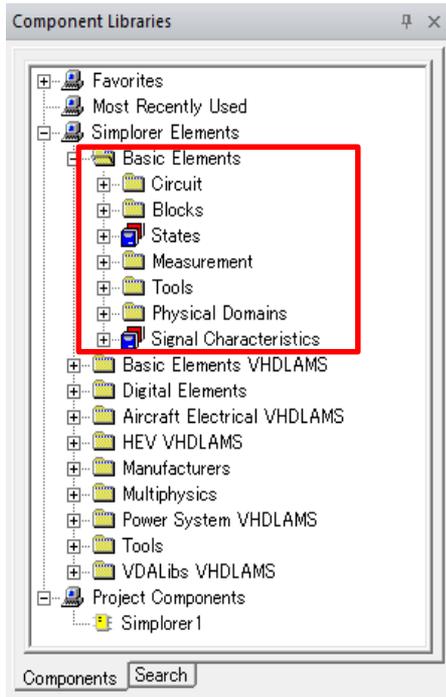
- 基本的な要素ライブラリ

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

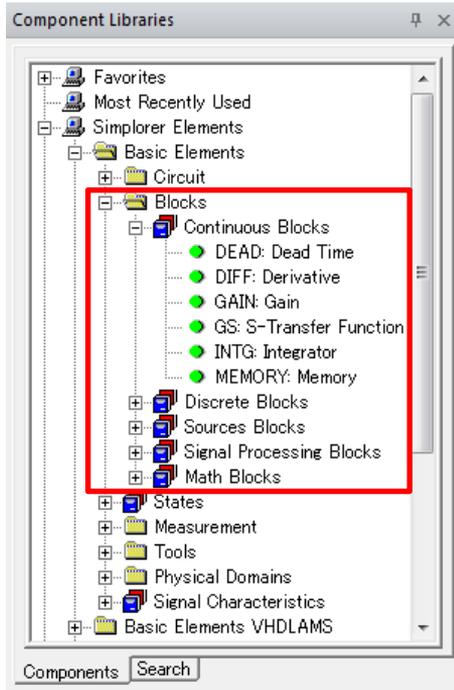
- メカニカル要素のモデリング

Signal Characteristics

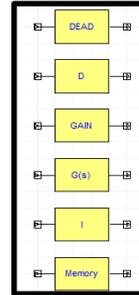
- 信号処理

Twin Builderコンポーネント

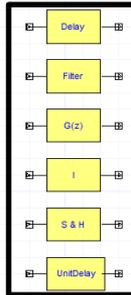
Blocksコンポーネント



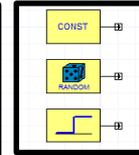
Continuous Blocks



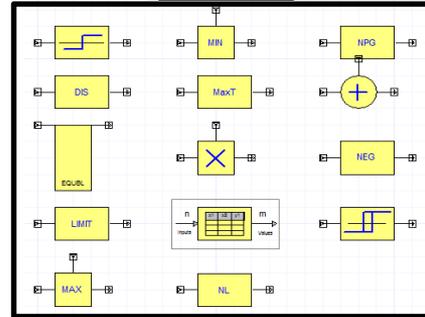
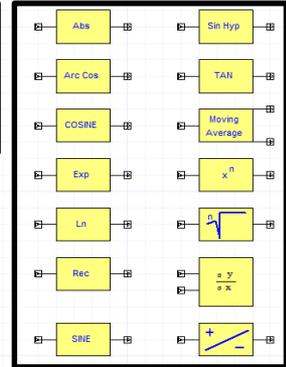
Discrete Blocks



Sources Blocks



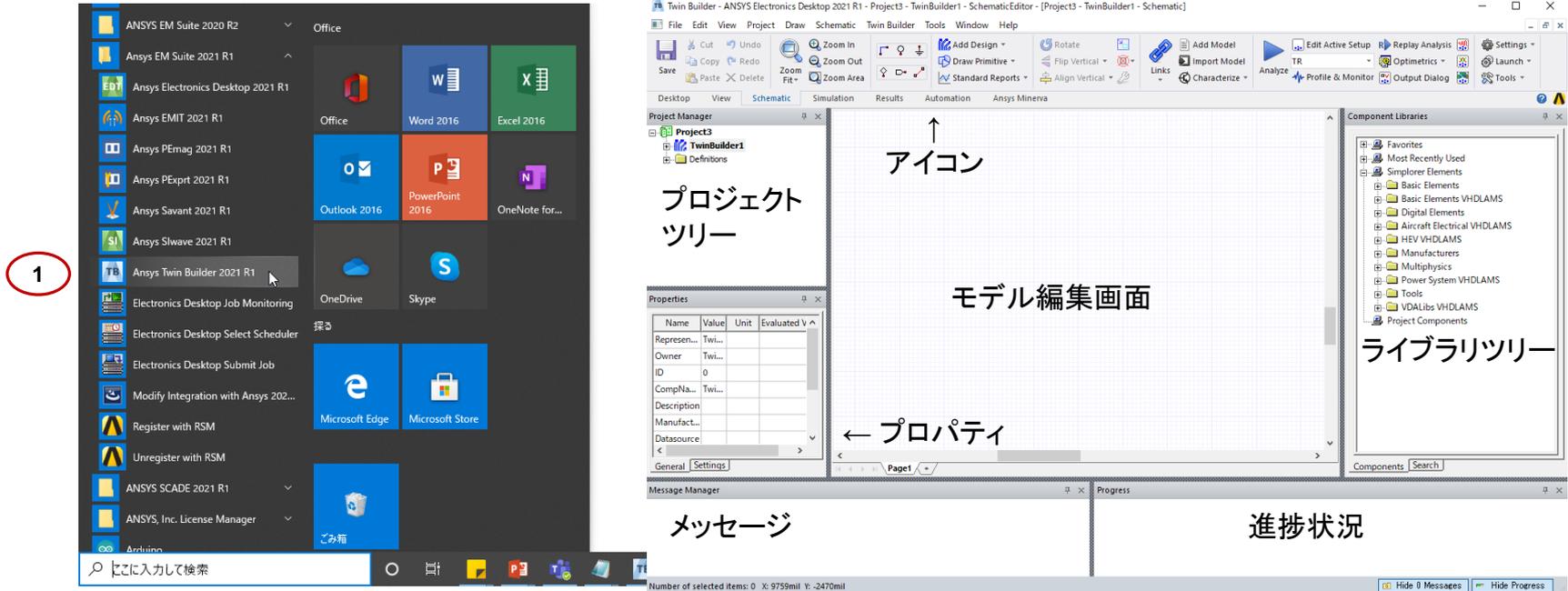
Math Blocks



Signal Processing Blocks

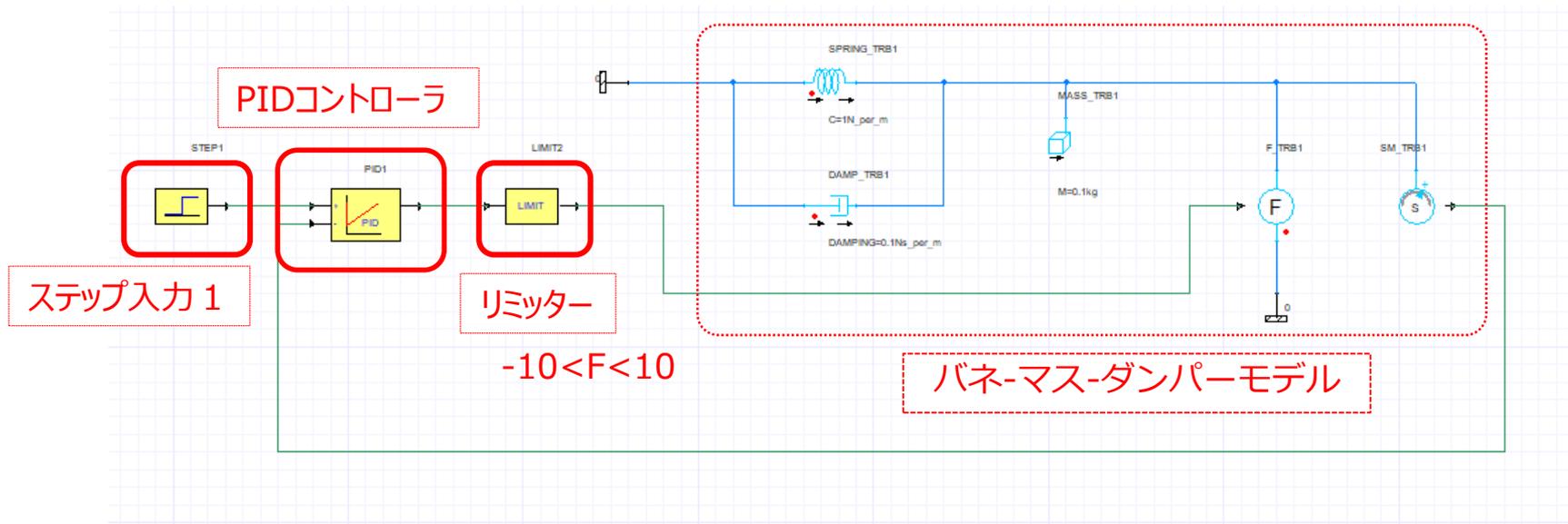
Ansys Twin Builderの起動

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. ドラッグ&ドロップで、SPRING_TRB, DAMP_TRB, MASS_TRB, F_TRBを配置

ブロックの操作

全体表示 → Zoom In (拡大) / Zoom Out (縮小) / Zoom Fit (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

ブロックの回転

回転 → Rotate

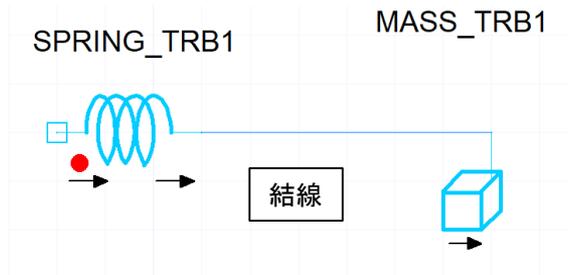
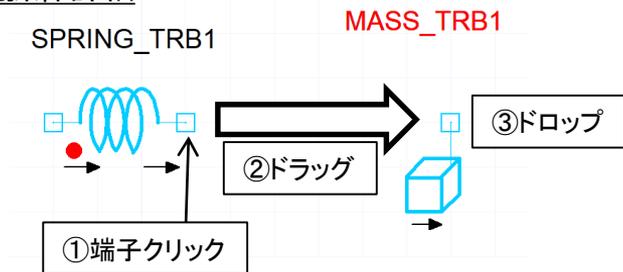
上下反転 → Flip Vertical / Flip Horizontal

左右反転 → Align Vertical

コンポーネント間の結線

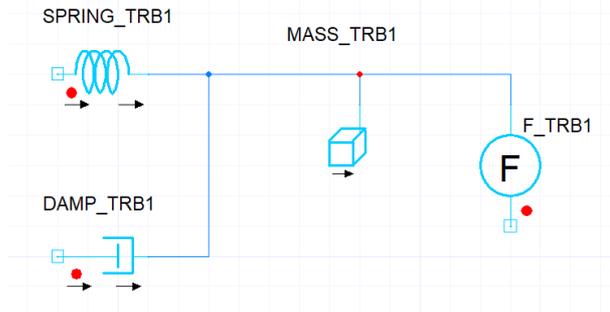
1. 端子をクリックし,ドラッグ&ドロップ

接続操作詳細



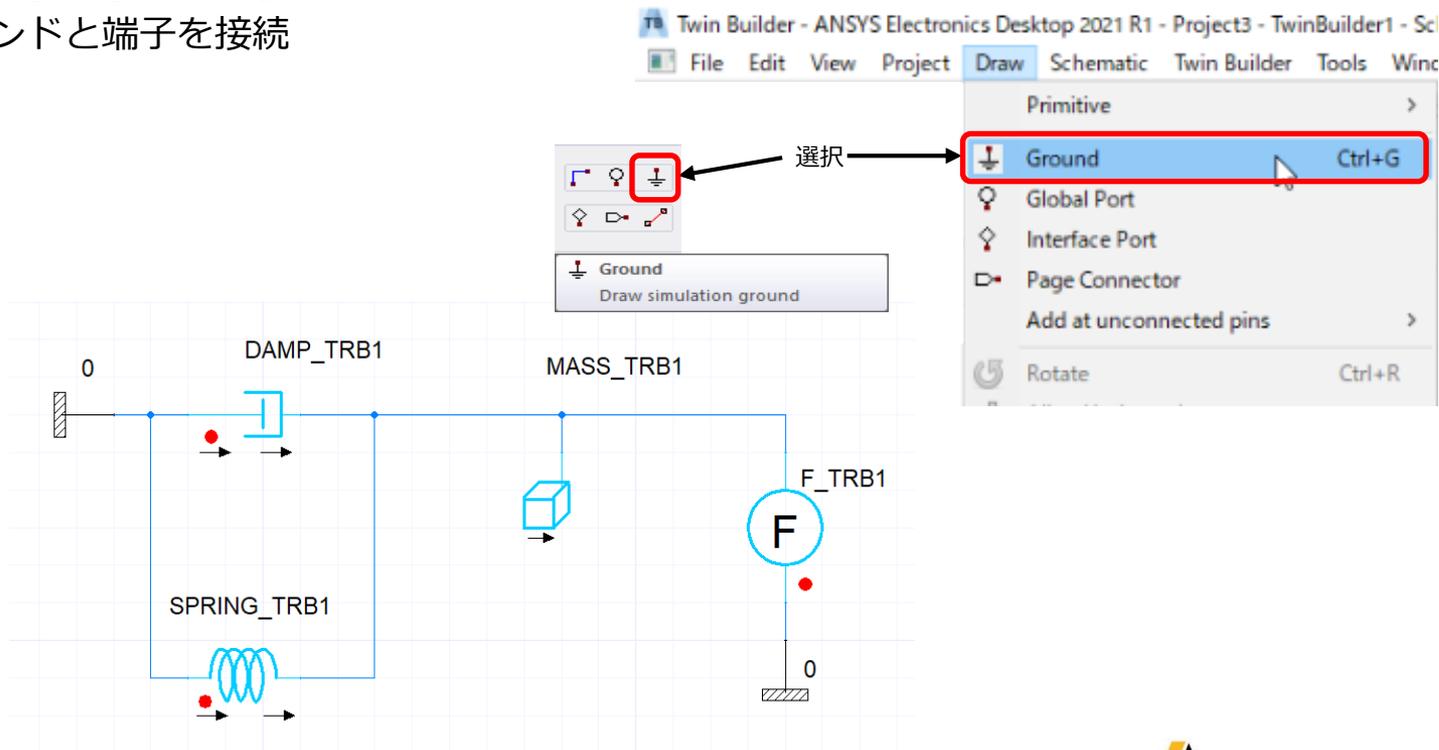
※参考:Ctrlキー + Zキーにより1つ前の段階に戻れる

2. 同様の操作で全ての端子を接続



グラウンド配置

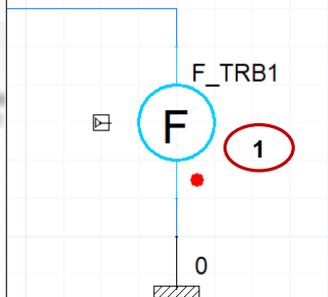
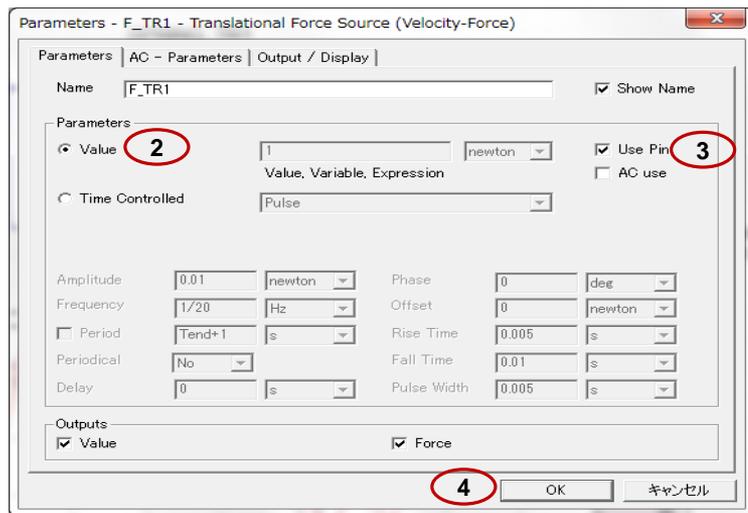
1. [Draw] → [Ground] あるいはGroundアイコンを選択し、グラウンドを配置
2. グラウンドと端子を接続



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

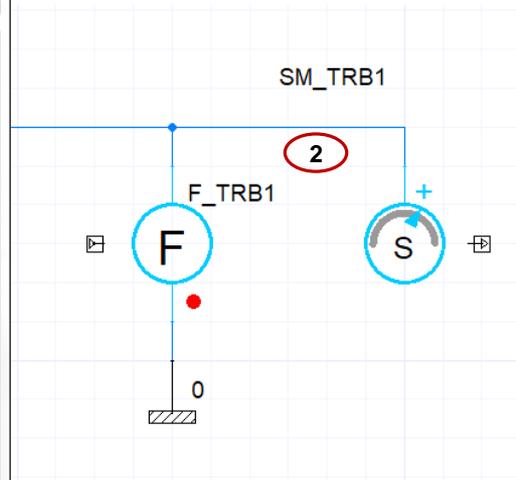
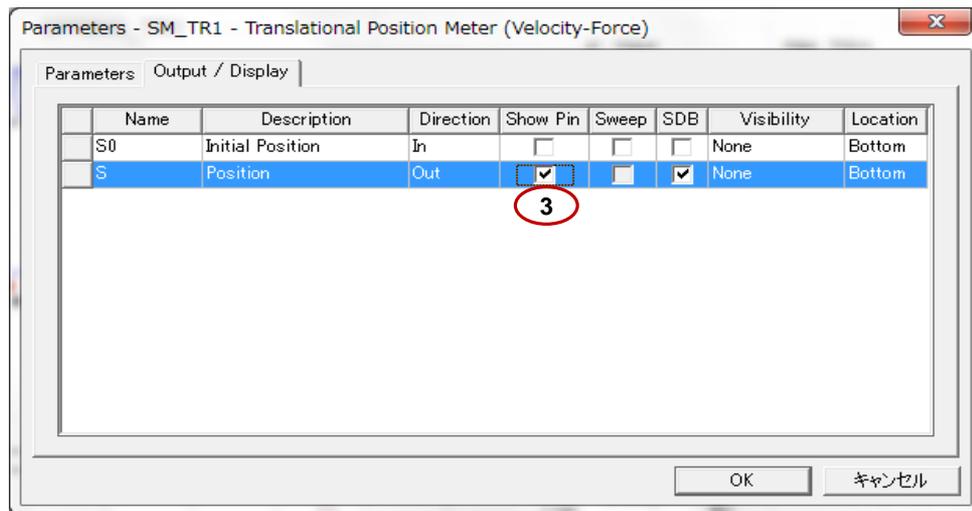
1. 外力 F_TRB1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
2. Valueをチェック
3. Use Pinをチェック
4. [OK] をクリック



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

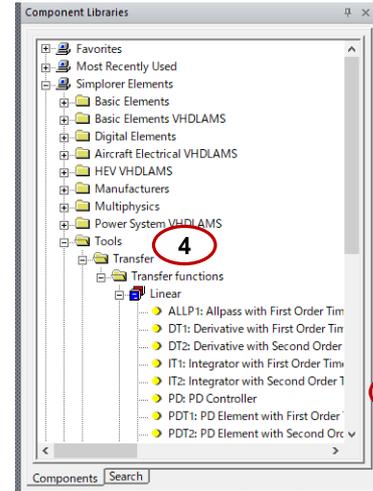
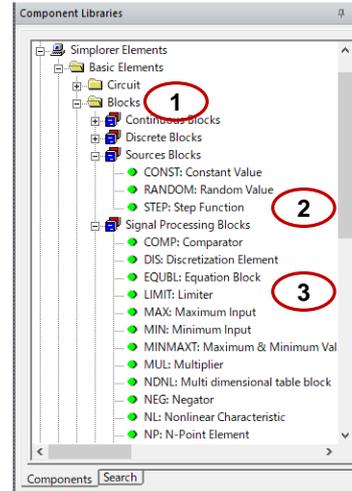
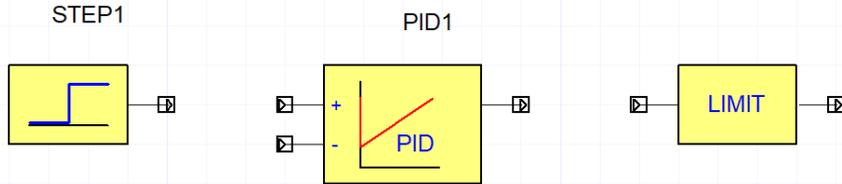
1. [Component Libraries] → [Components] タブを選択
2. [Simplorer Elements] → [Basic Elements] → [Measurement] → [Mechanical] → [Displacement-Force-Representation] → [Translational] → [SM_TRB] を配置し結線
3. SM_TRB1をダブルクリックし、 [Output/Display] タブのShow Pin をOnにし、端子を表示



制御用コンポーネントの配置

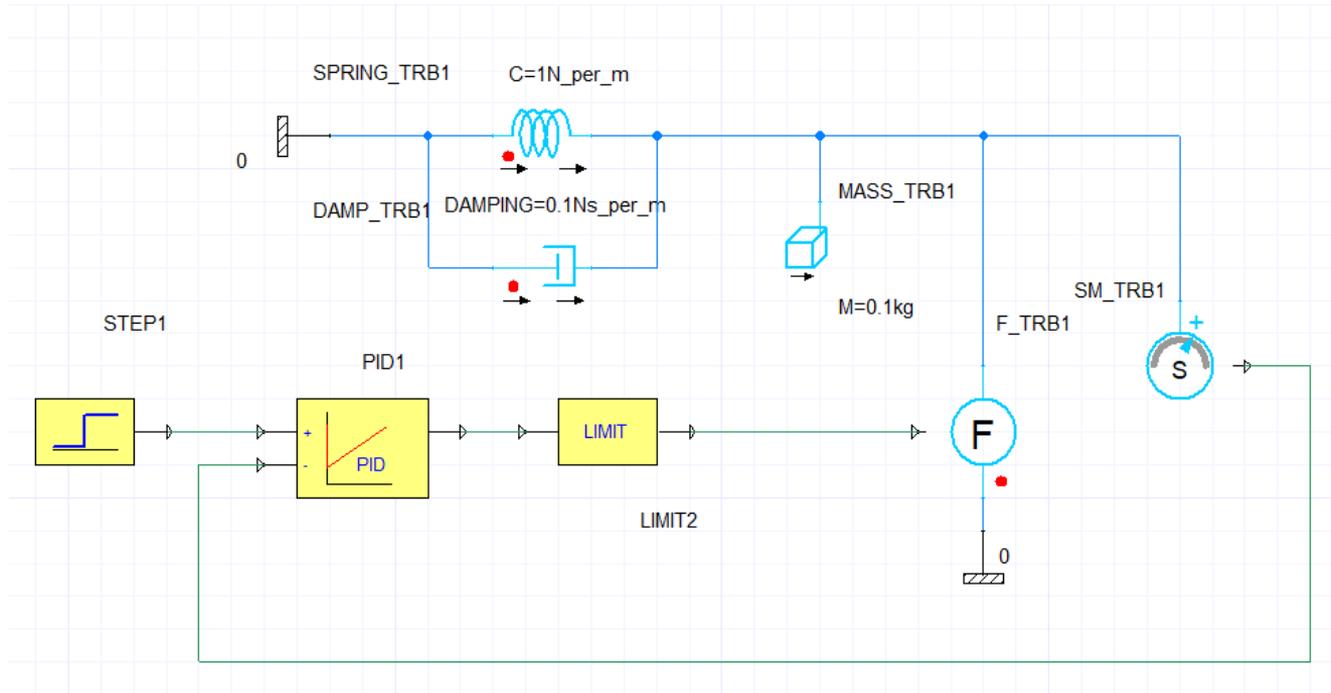
STEPブロック, PIDブロック, LIMITブロックを配置

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]



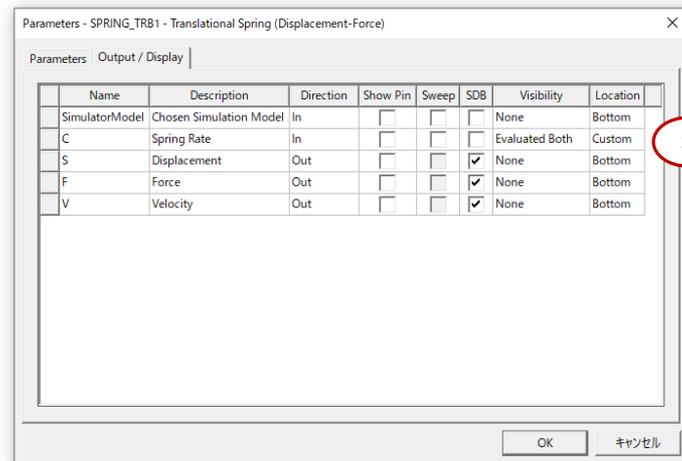
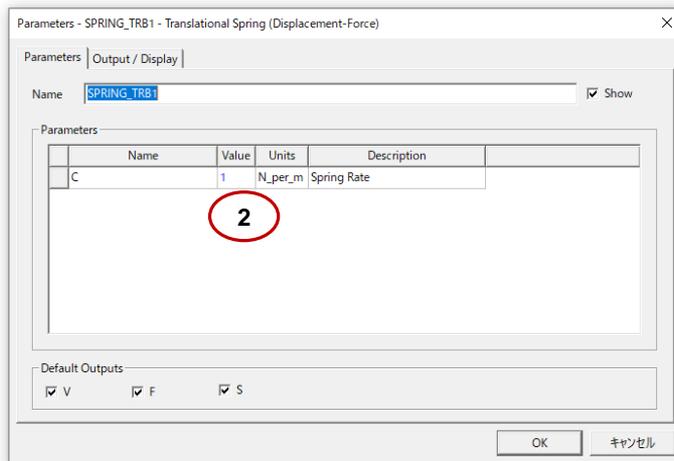
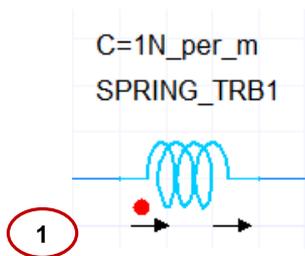
コンポーネントの結線

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。



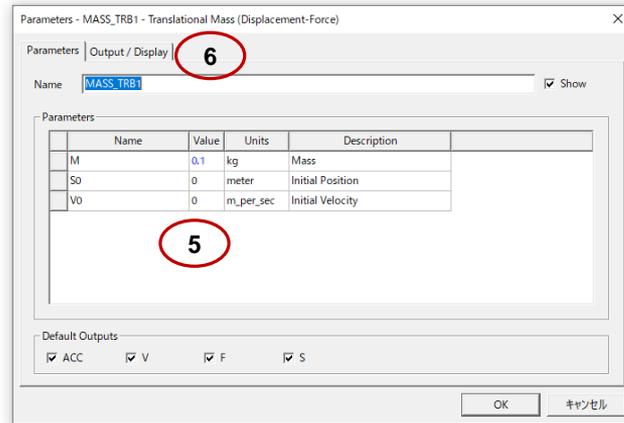
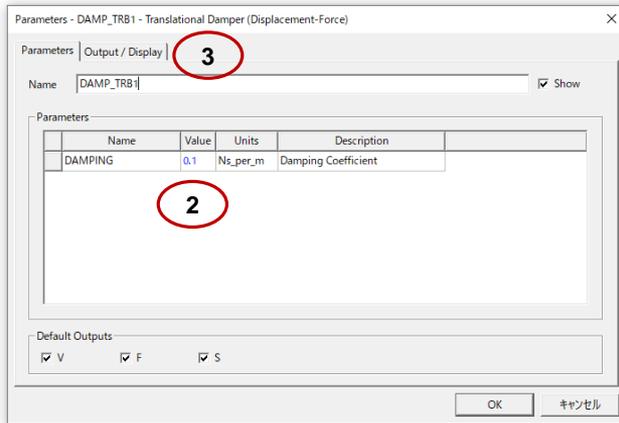
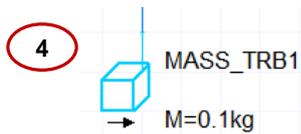
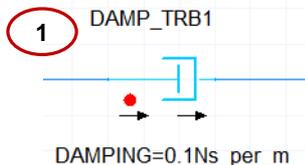
プロパティ設定

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
(この操作でタブをダブルクリックして値の入力変更が可能)



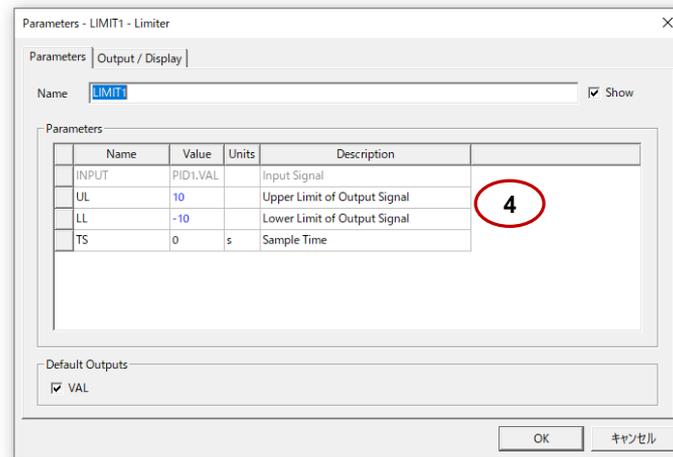
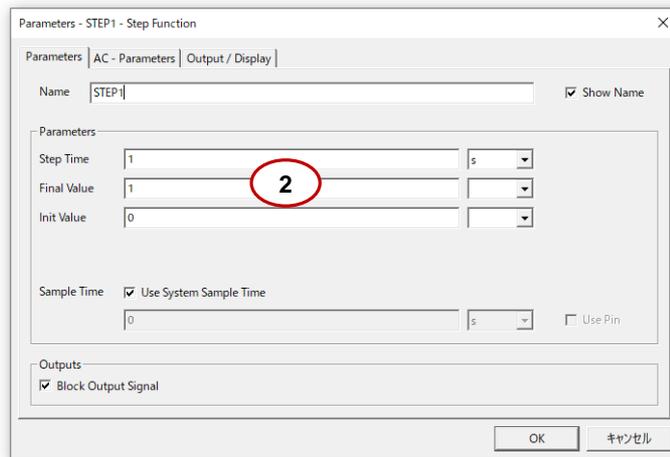
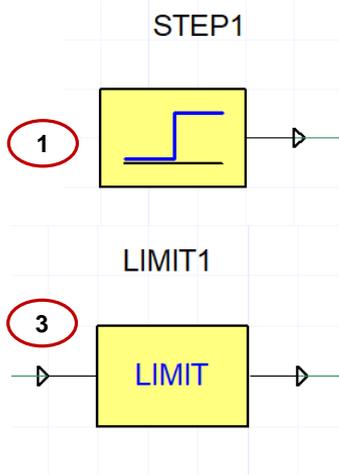
プロパティ設定

- 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
- 減衰値に DAMPING=0.1 [Ns/m] を設定
- [Output/Display] タブのDAMPING: Visibility欄で [Evaluated Both] を選択
- 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
- 質量に M=0.1 [kg] を設定
- [Output/Display] タブのM: Visibility欄で [Evaluated Both] を選択



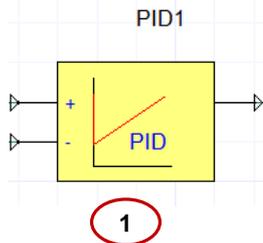
プロパティ設定

- STEP1 をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
- Step Timeに1 [s] を設定, Final Valueに1を設定
- LIMIT1をダブルクリックし、プロパティ設定画面を開く
- ULに 10 を設定, LLに-10を設定 ※ULとLLはUpper LimitとLower Limitの意味



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。



Parameters - PID1 - PID Controller

Parameters | Output / Display

Name: Show

Name	Value	Units	Description
IN	SM_TRB1.S		Input Signal
SET	STEP1.VAL		Reference Input Signal
KP	KP		Gain
KI	KI		Integral Gain
KD	KD		Derivative Gain
UL	1000000000000		Upper Limit
LL	-1000000000000		Lower Limit
ITS	0	s	Sample Time

Default Outputs

VAL

OK キャンセル

Add Variable

Name:

Unit Type:

Unit:

Value: **2**

Type:

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:

Unit Type:

Unit:

Value: **3**

Type:

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:

Unit Type:

Unit:

Value: **3**

Type:

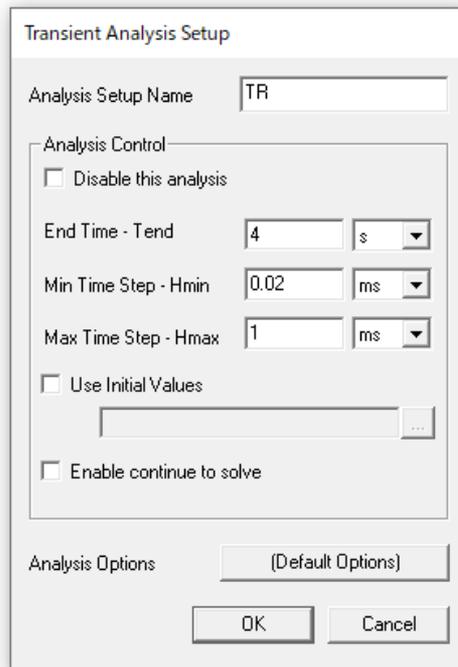
Local Variables are not accessible from parent Design and affect all instances.

Parameters are visible from parent Design and can be overridden on a per-instance basis.

OK Cancel

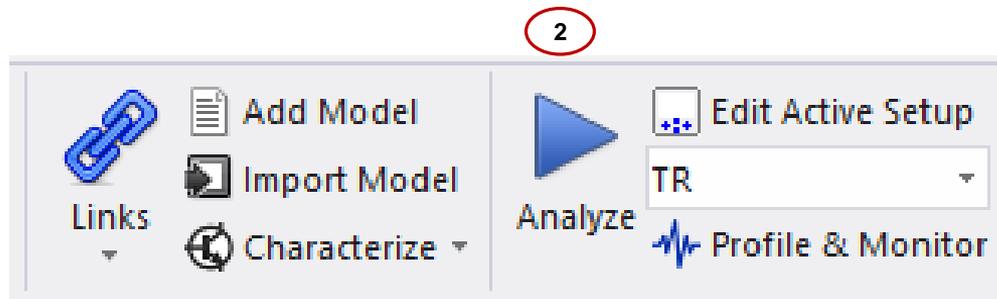
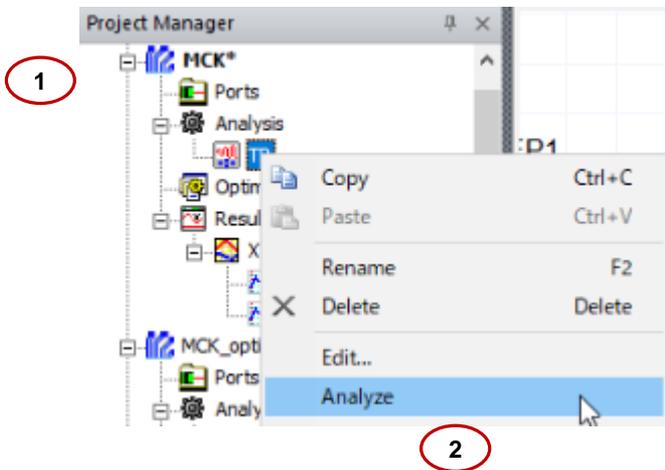
計算条件の設定

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 Tend=4 [s]
 2. 最小計算時間刻み Hmin=0.02 [ms]
 3. 最大計算時間刻み Hmax=1 [ms]



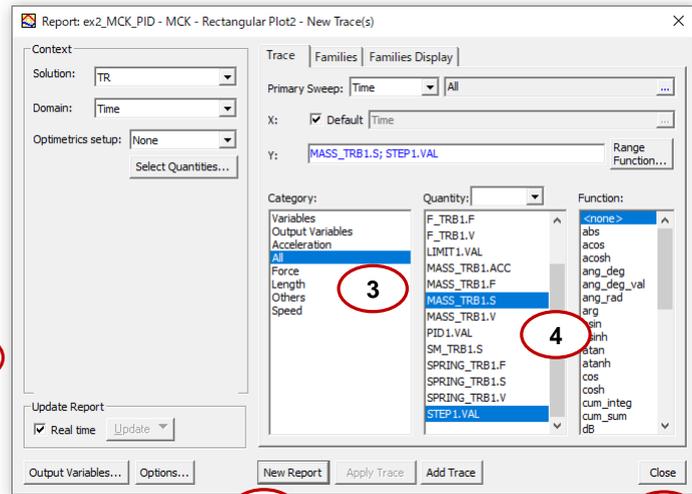
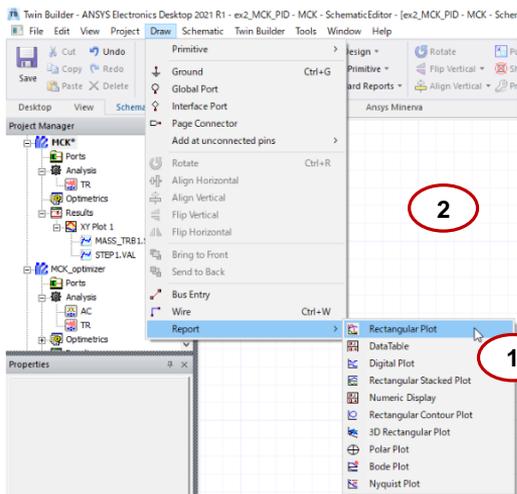
シミュレーションの実行

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

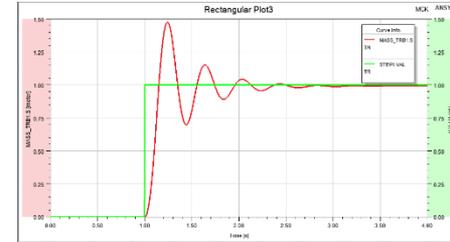
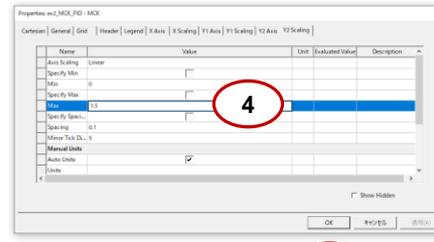
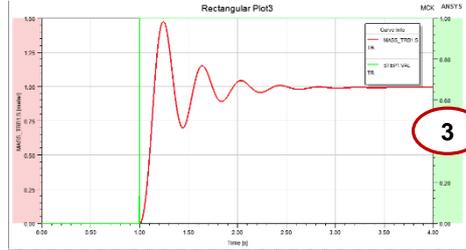
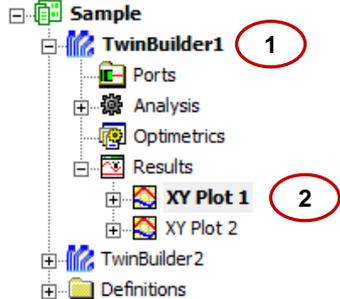


シミュレーション結果の表示

グラフの座標軸を揃えておきます。

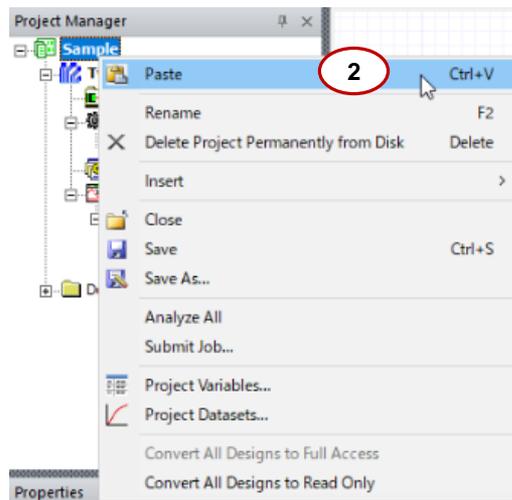
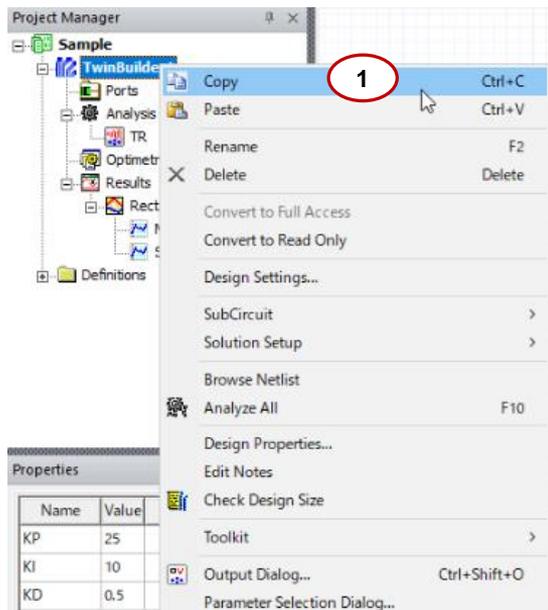
1. プロジェクトツリーを表示
2. [Results] → [XY Plot1]をダブルクリックします。
3. 表示されたグラフの右側の座標軸(STEP1.VAL)側をダブルクリックします。
4. 表示されたダイアログのY2 Scaling1タブのMaxの値を1.5に指定します。
5. [OK]をクリックします。

Project Manager



モデルの複写

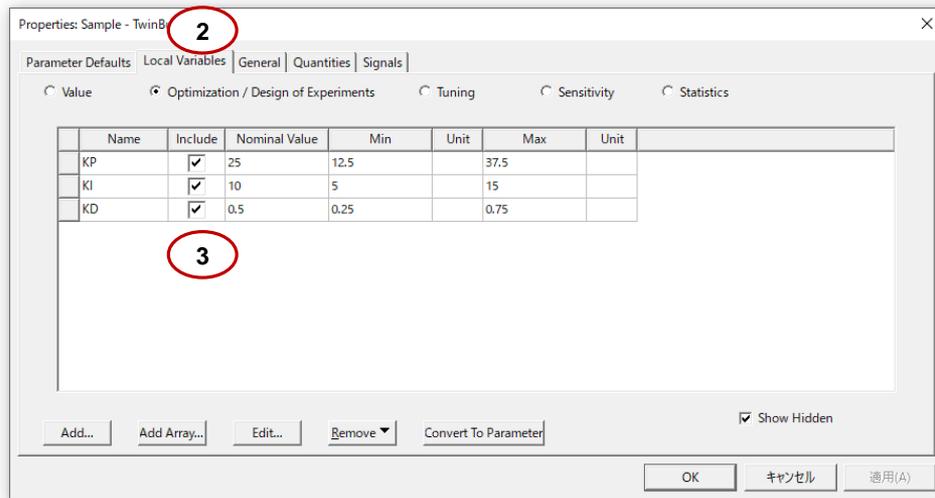
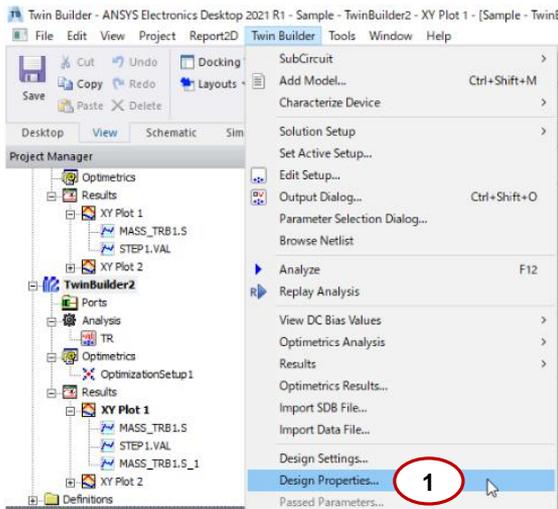
1. プロジェクトツリーからTwinBuilder1を右クリックしてCopyを選択
2. プロジェクト名を右クリックしてPaste を選択
3. TwinBuilder2をダブルクリックしてモデルを表示



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。

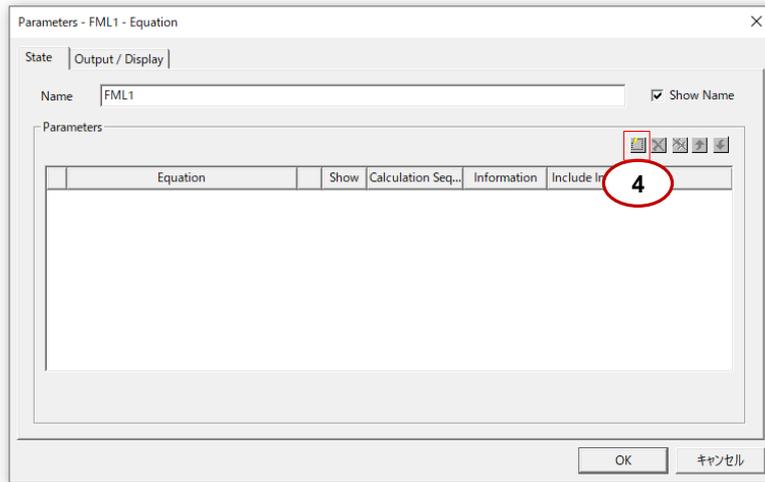
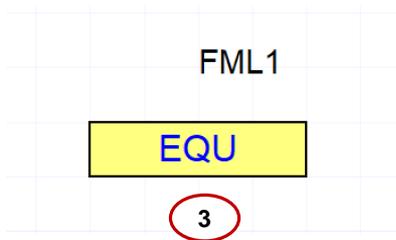
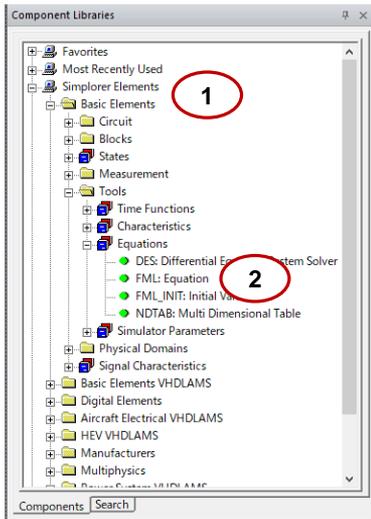
1. メニューバー：[Twin Builder] → [Design Properties] をクリック
2. Local Variablesタブに移り, Optimization/Design of Experimentsチェックボタンをクリック
3. KP,KI,KDのincludeチェックボックスにチェックをいれます。



最適化の設定

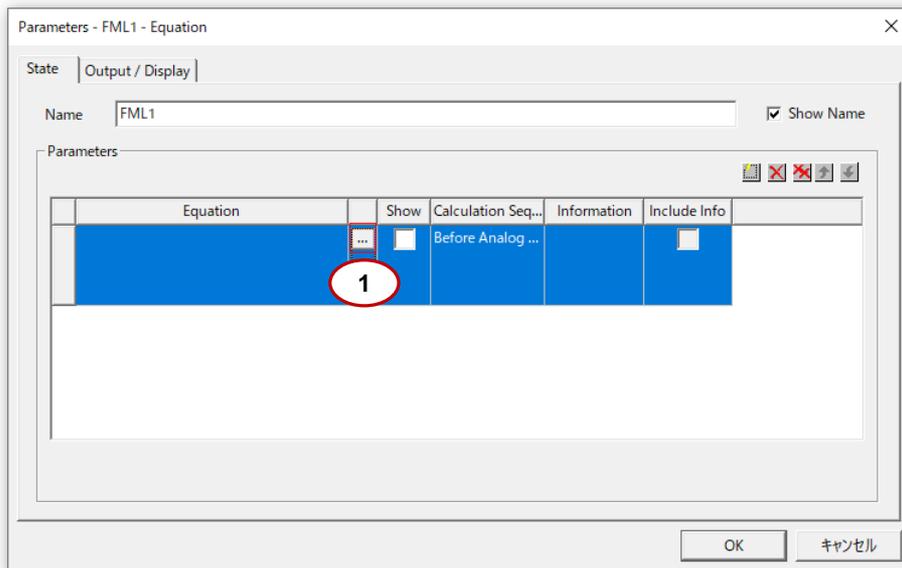
モデル編集画面にEquationブロックを配置して目的関数を指定します。

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

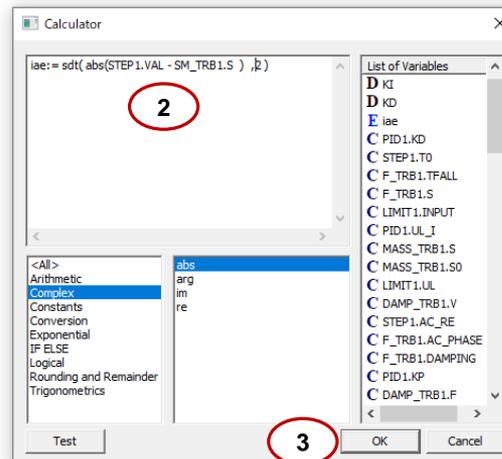
1. Equationの登録ボタンをクリックします。
2. Calculatorで目的関数の式を定義します。
3. OKボタンをクリックします。



以下の式(目的関数)を入力します

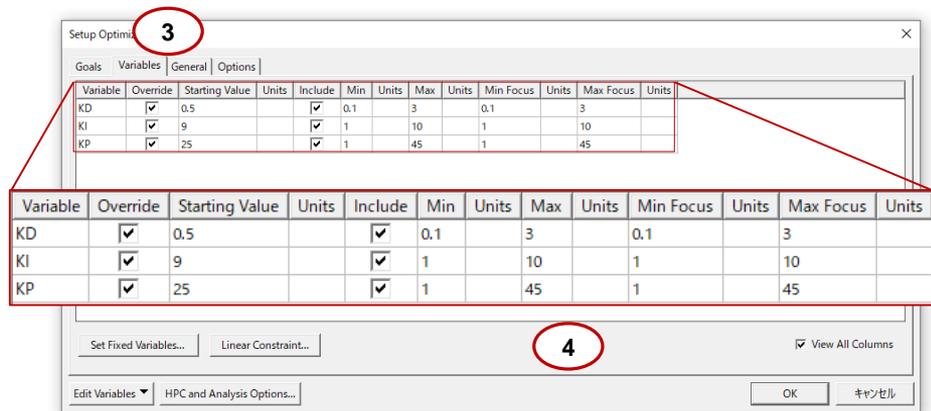
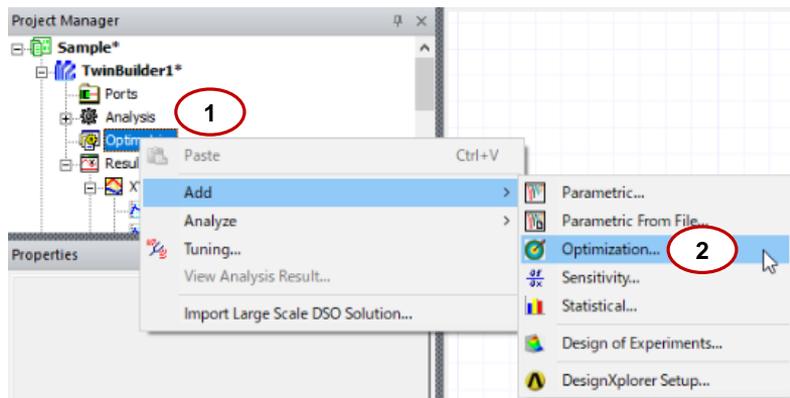
$iae = sdt(abs(STEP1.VAL - SM_TRB1.S), 2)$

※ 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。



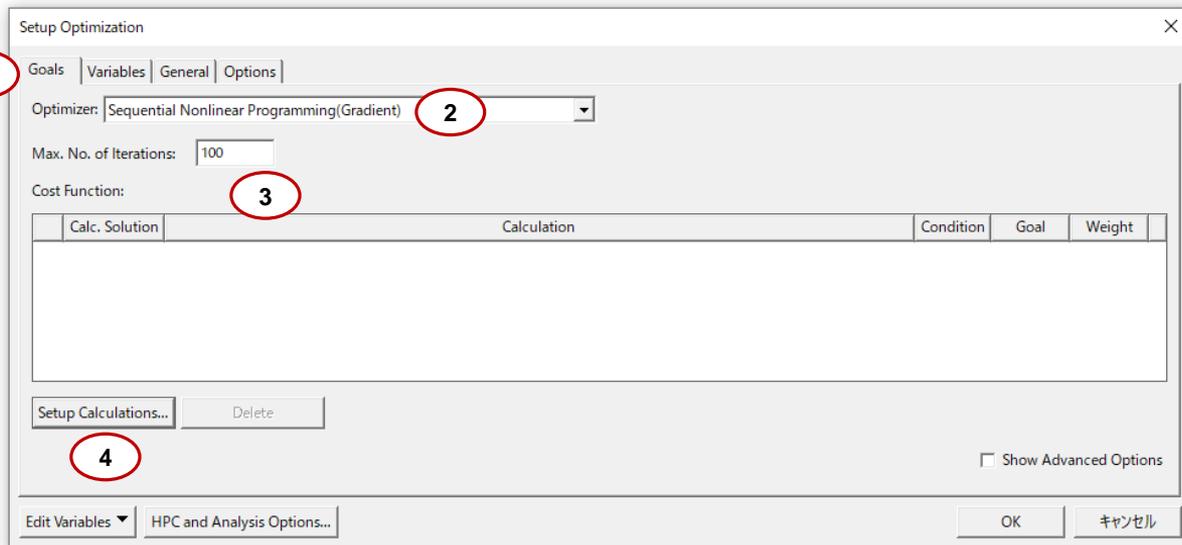
最適化の設定

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。



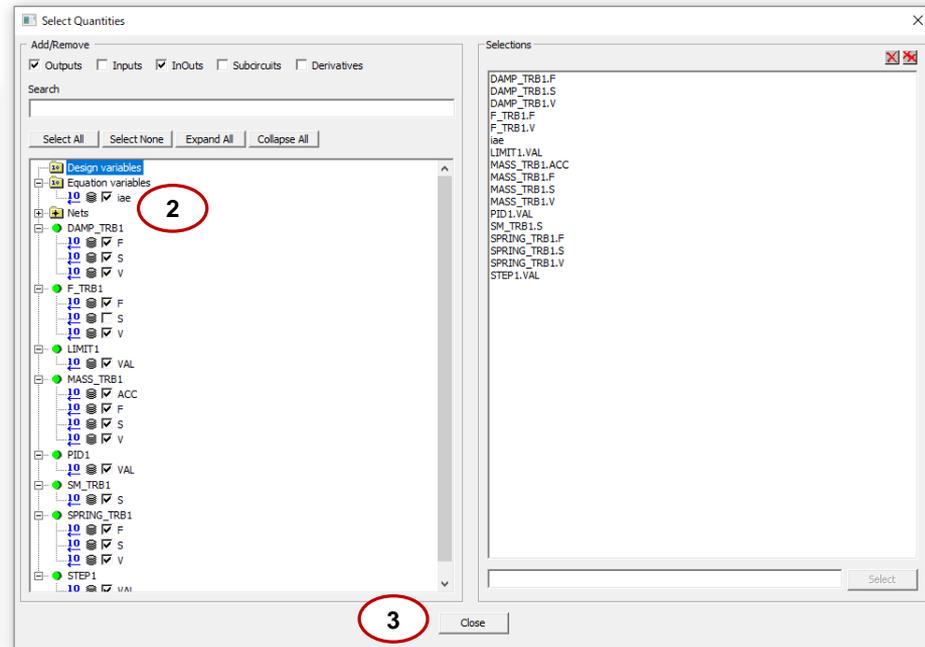
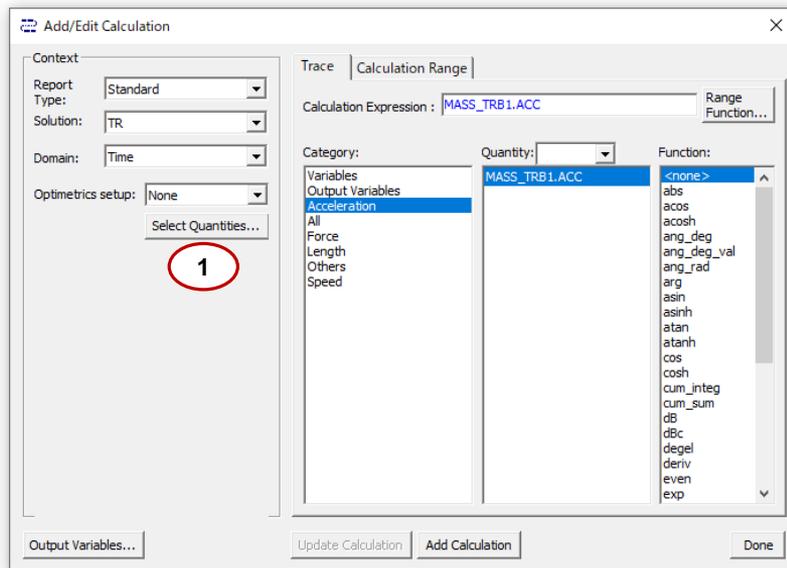
最適化の設定

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.



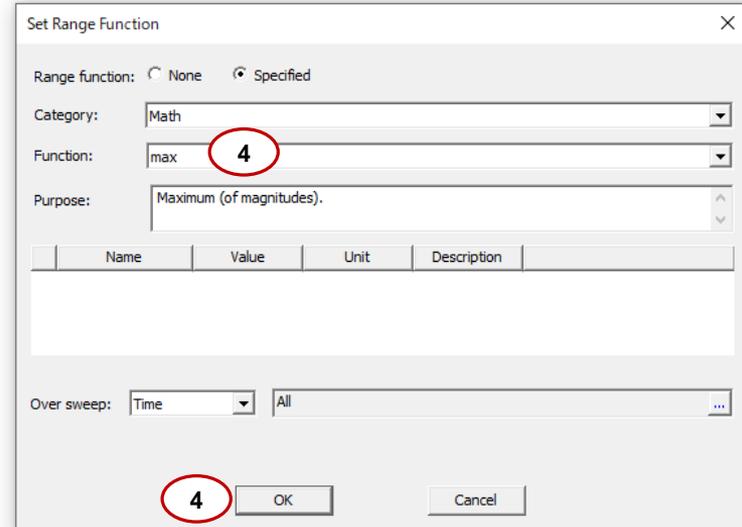
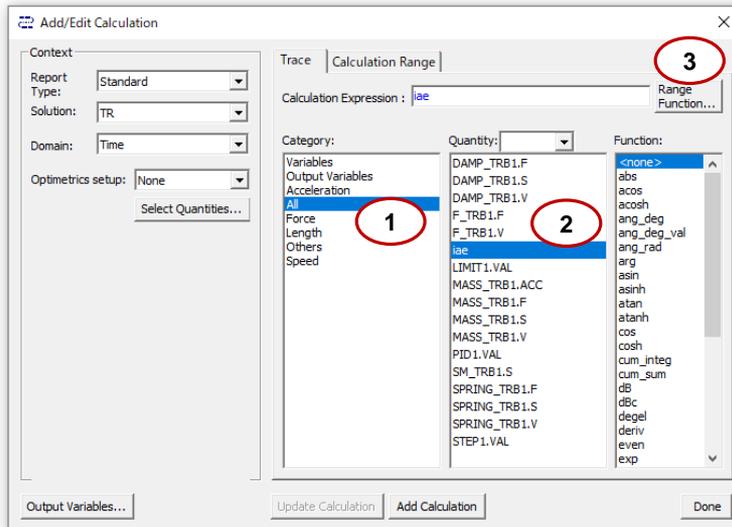
最適化の設定

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。



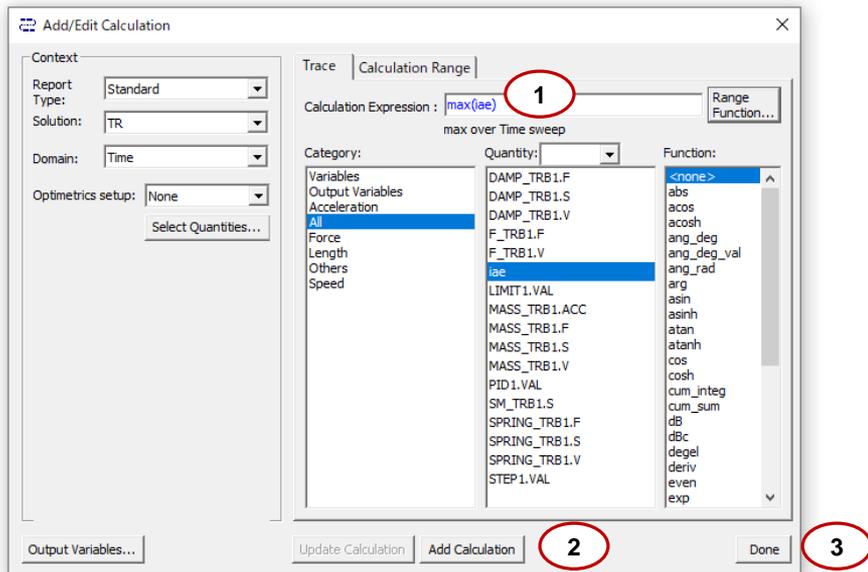
最適化の設定

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。



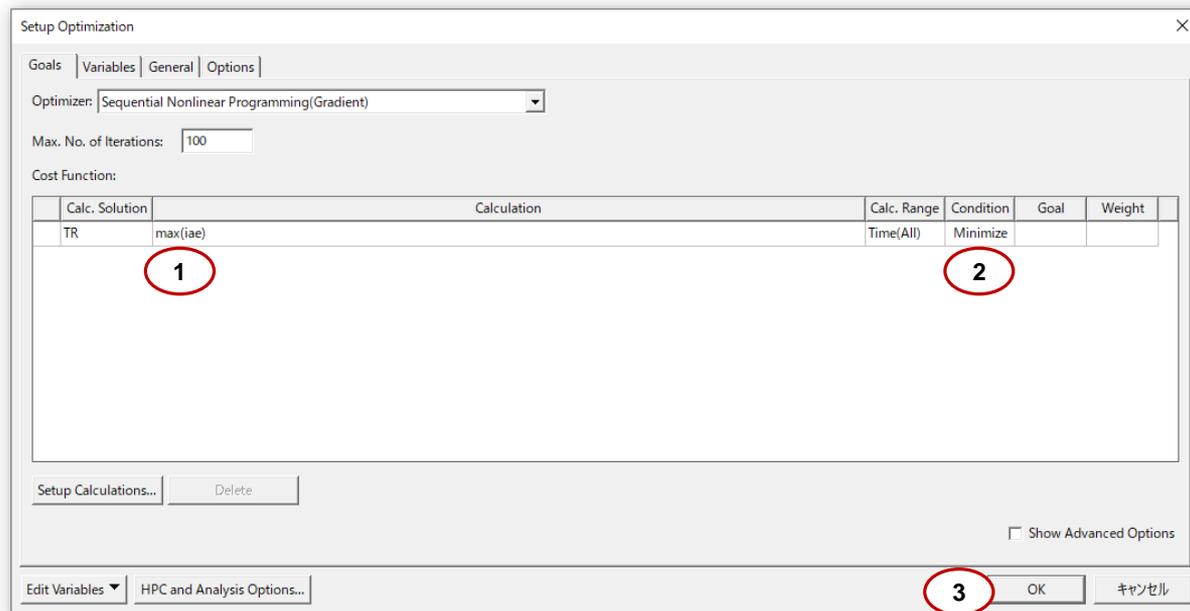
最適化の設定

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.



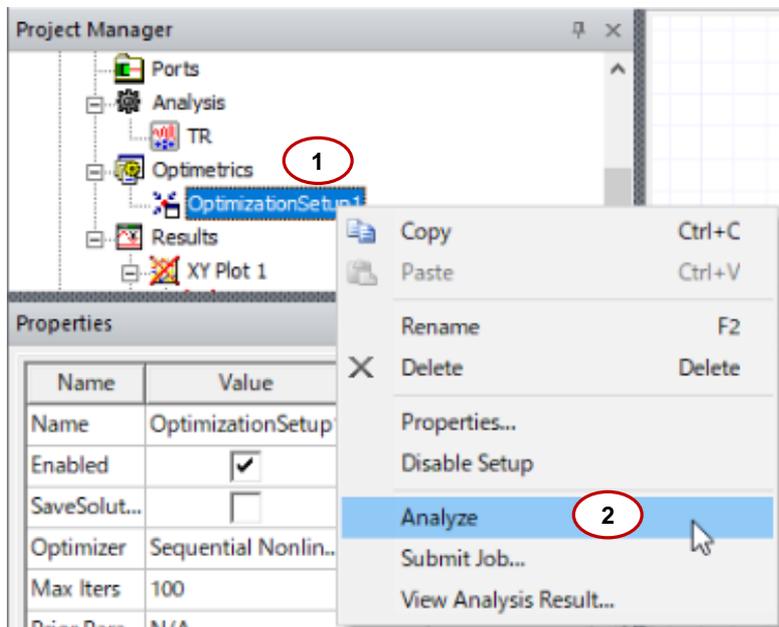
最適化の設定

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。



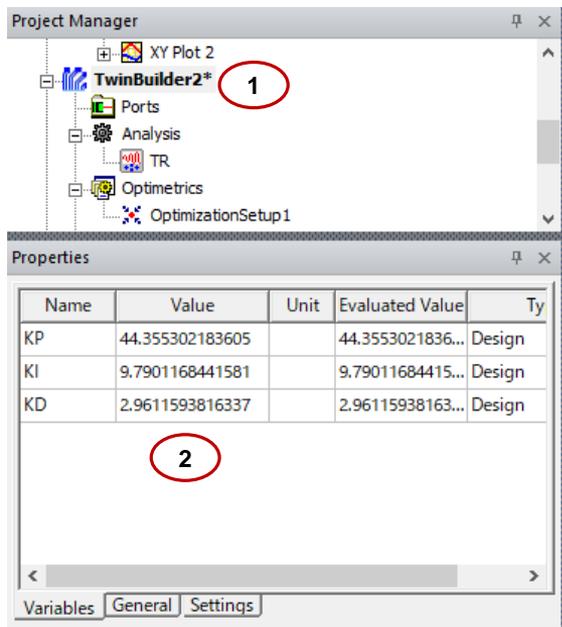
最適化シミュレーションの実施

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.



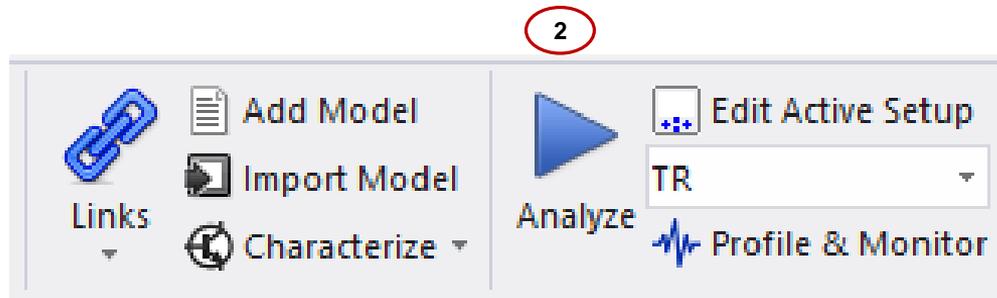
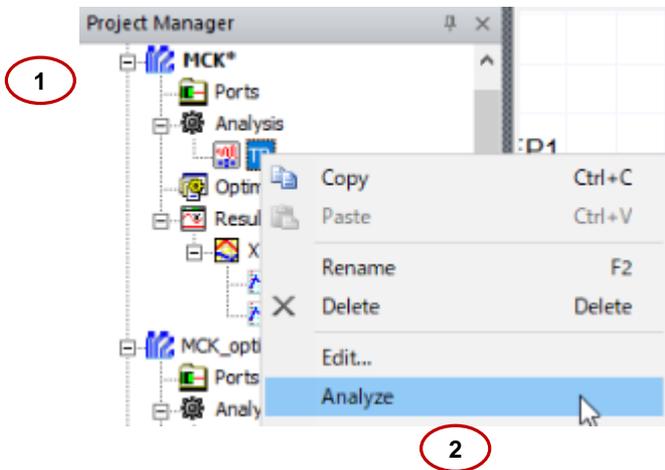
パラメータの確認

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

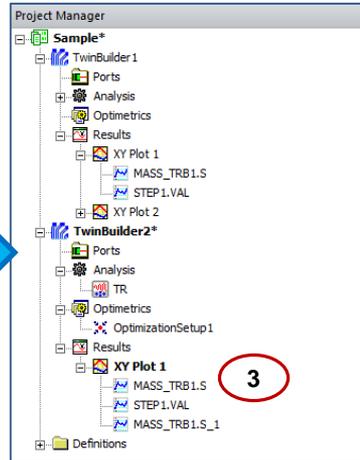
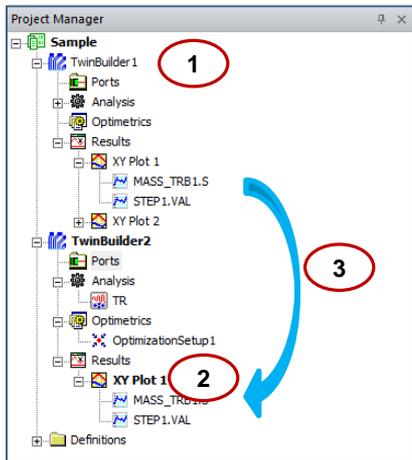
1. プロジェクトツリーを表示
2. [Analysis] → [TR] を右クリックで [Analyze]をクリック, またはアイコンのAnalyze ボタンをクリックします.



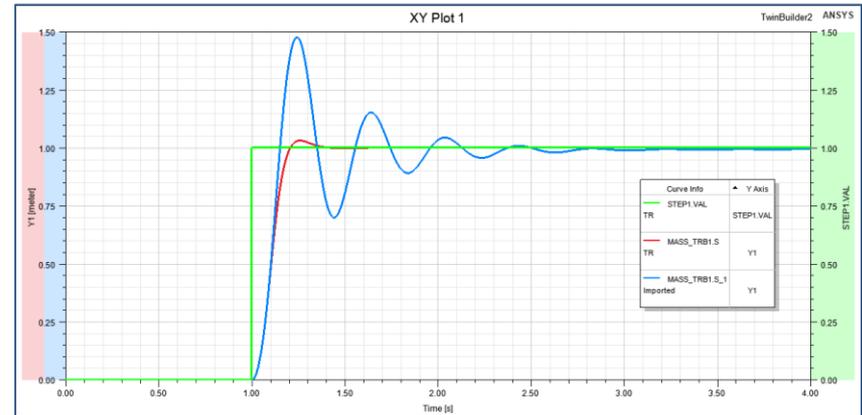
シミュレーション結果の表示

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