

Robo-剣 Conference 2017/05/20(Sat)

- Robo-剣におけるMATLAB/Simulinkの活用 -

MathWorks Japan

三田宇洋

Robo-剣 Conference

- 2017年05月20日土曜日 講習会 13:00-18:00
- 会場: 県立青少年センター
-
- 2.ロボット作りへのMatlab活用(制御、画像処理など) 45分
- マスワークス 三田宇洋
- --講演概要--
- Matlabをロボットプログラミングでどのように活用すれば良いかを解説します。
-

3. MATLABとSimulinkの使い方

MATLABとは？

今回、競技参加者の皆さんに貸し出すツールは下記の通りです。

(1) MATLAB®

数値計算を得意とするインタープリター型スクリプト言語

(2) Simulink®

時間の概念を持つブロック線図環境のシミュレータ

(3) StateFlow®

状態遷移図、フローチャート等で表現されるシーケンス
制御ロジックを記述するSimulinkのオプション

(4) SimMechanics™

Simulink上での機構系(剛体)のモデリングオプション

(5) Simscape™

Simulink上での物理モデリングの基本環境

(6) Simulink® Coder™

Simulinkのモデルの等価Cコード自動生成

(7) Real-Time Windows Target

Simulinkのモデルのリアルタイム動作

(8) Image Acquisition Toolbox™

実画像データとMATLABのインターフェース

(9) DSP System Toolbox™

信号処理のオプションライブラリ

(10) Image processing Toolbox™

画像処理の基本

(11) Control System Toolbox

MATLABにおける制御工学

(12) Computer Vision System Toolbox

動画像の処理

(13) DSP System Toolbox

信号処理の基本

(14) MATLAB Coder

MATLABソースをコード生成する

(15) Simulink coder

Simulinkモデルをコード生成する

(16) Robotics System Toolbox

MATLABとROSをリンクする

MATLABをうまく使いこなそう

- ロボットモデル作成に効率の良いアプローチ
- 真似できるところは真似る。
 - 標準デモ
 - 参考文献(特にこれは参考にしよう)
 - 市販の文献
- MathWorks HPの情報を活用しよう。
 - FAQ
 - <http://www.mathworks.co.jp/support/product/technical-solutions-index.html>
 - MATLAB Central
 - <http://www.mathworks.co.jp/matlabcentral/>

この本も参考になります。

注: 文献[1],[2]と一部内容が重なります。

総合

MATLAB/Simulinkによるモデルベースデザイン入門

+ 共有



著者：三田 宇洋

出版社：オーム社, 2013

電話番号：03-3233-0641

ISBN：978-4-274-21402-8

本書では、プラントモデリング、シーケンス・フィードバック制御系設計、コード生成、SILS、ラピッドプロトタイピング等の観点から、MATLAB、Simulink、その他オプション製品を駆使したモデルベースデザインを解説しています。

高等教育の講義・企業研修のテキストで使えるように、イメージのしやすい題材としてDCモータを選び、講師の使いやすいテキストとなるよう、各章を独立したコンテンツとしており、適度な難易度の課題を実施していく形式となっています。モデルベースデザインの工程を、製品解説のプロセスであるV字プロセスと対応させながら、具体的に解説します。アドバンス編では、ブラシレスDCモータの例を解説します。

なお、本書内のサンプルプログラムは、[オーム社ホームページ](#)より提供しています。

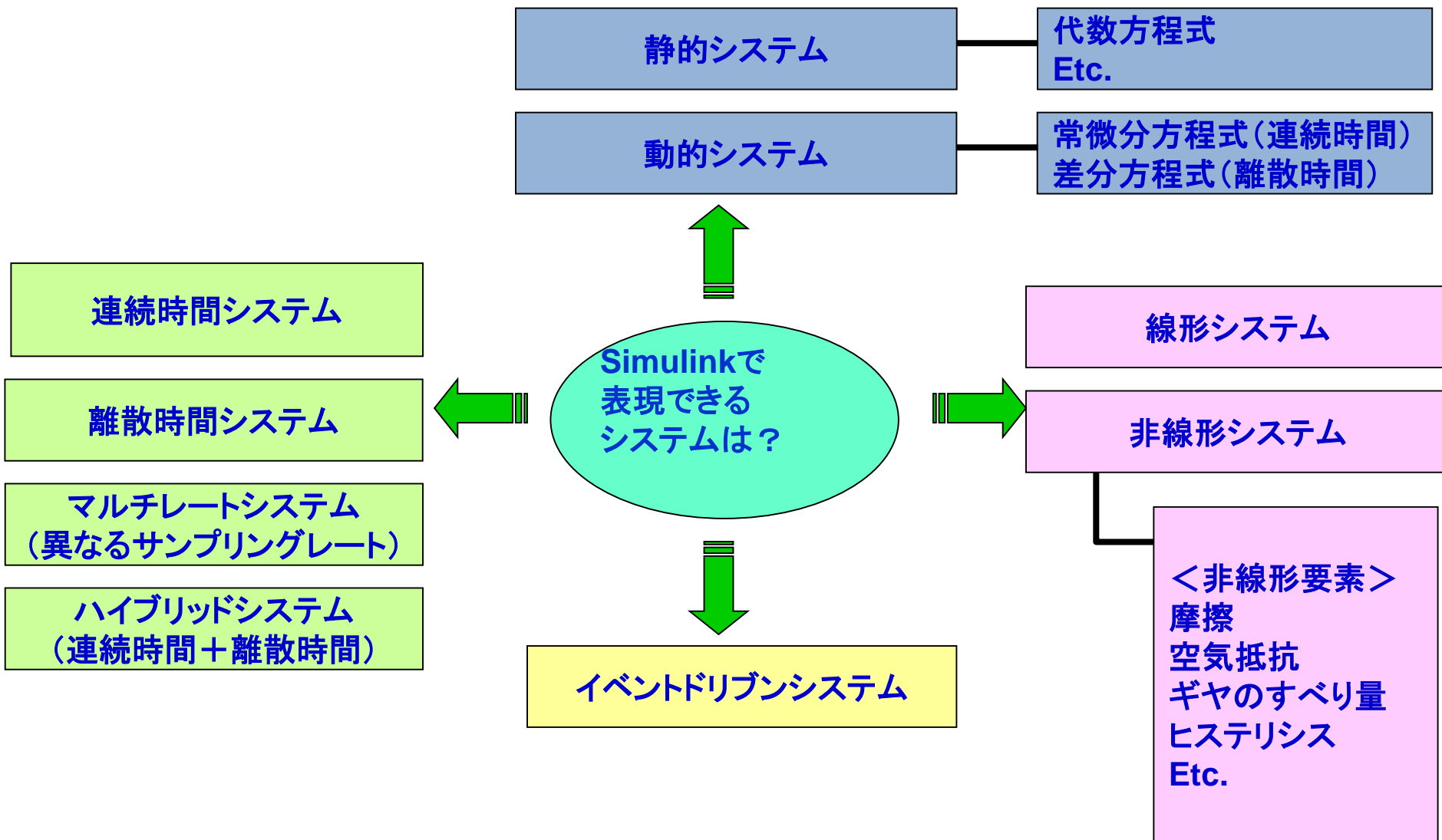


MATLABの特徴

- インタープリター型スクリプト言語
- 数学(行列・ベクトル、関数)計算が得意
- 数百もの数学関数

- この競技で予想される使い方
 - スクリプト 計算、パラメータ定義
 - 関数化

Simulinkの基本



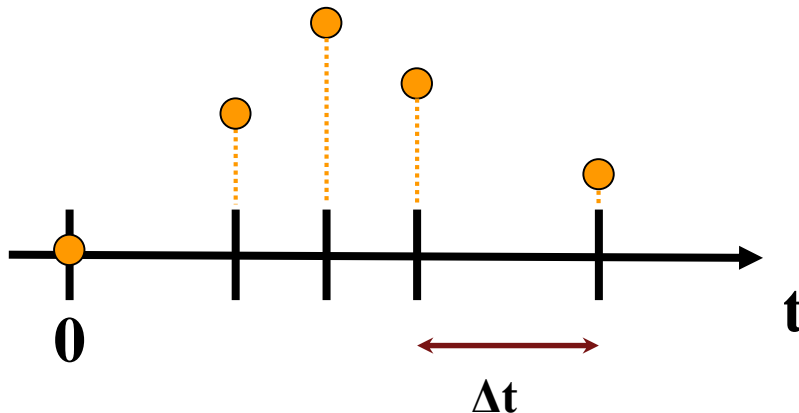
シミュレーションステップ

Simulinkは数値計算をベースにしたシミュレータ



各変数は有限の時間刻み(ステップサイズ)で計算

・ステップサイズ: Δt



・ 可変ステップ

- ステップサイズがシミュレーション中に自動調節される

・ 固定ステップ

- シミュレーション中にステップサイズが変化しない

モデリング(直接表現)

運動方程式は

$$m\ddot{x} = -(c\dot{x}) - (kx) + u$$

整理すると

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = u$$

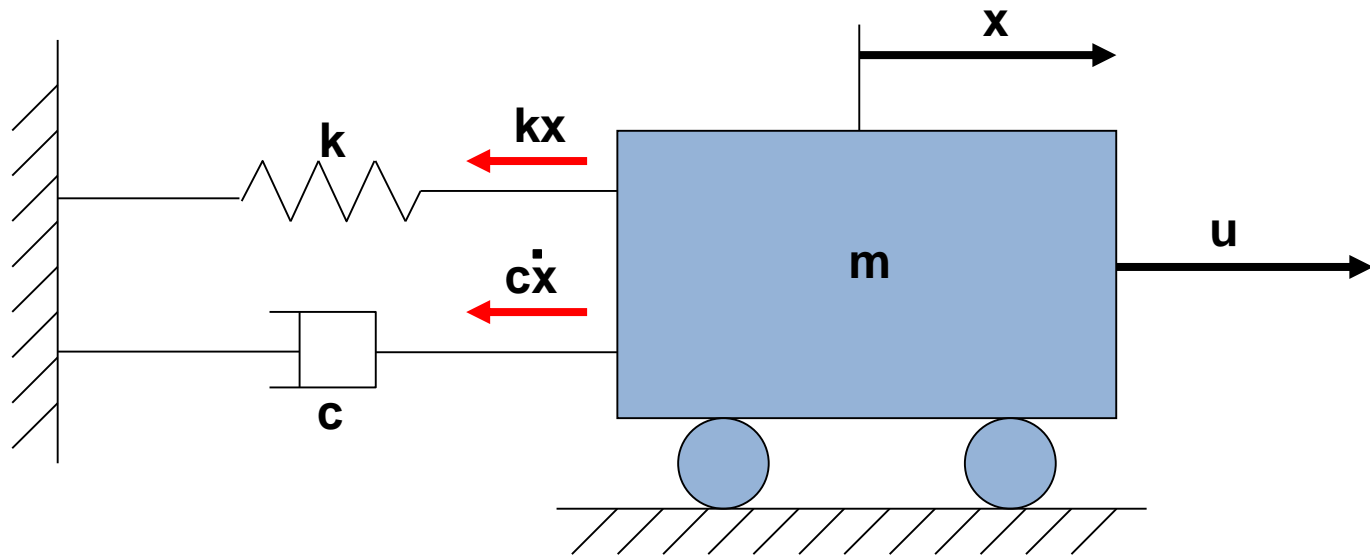
初期値は $\ddot{x}(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, x(0) = 0$ とする。

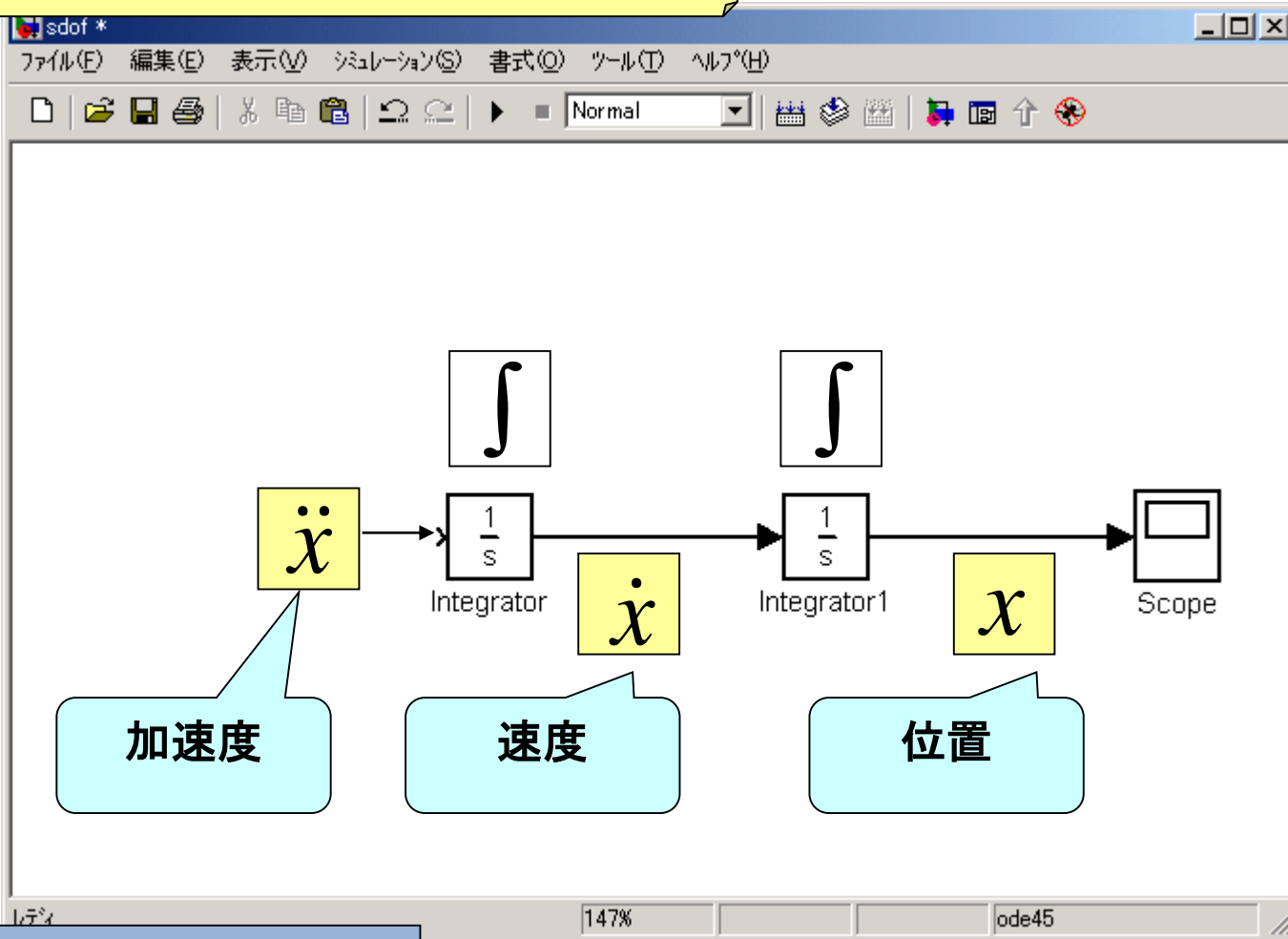
図 機械系ダイナミクスの例(1自由度振動系)

Simulink連続モデルの作成の基本原則

- STEP0 準備
 - 微分回数最大の変数を左辺に移項、残りを右辺に移項
- STEP1 微積分変数の位置関係
 - 式に登場する微分積分の関係を、積分器(Integrator)を使って表現する。
- STEP2 右辺 各項の要素 作成
 - 式の右辺に登場する項を、線を分岐させ作成する。
- STEP3 左辺と右辺の整合性
 - 右辺と左辺の整合性をモデルに表現する。

どんな複雑なモデルでも基本原則は変わらない。

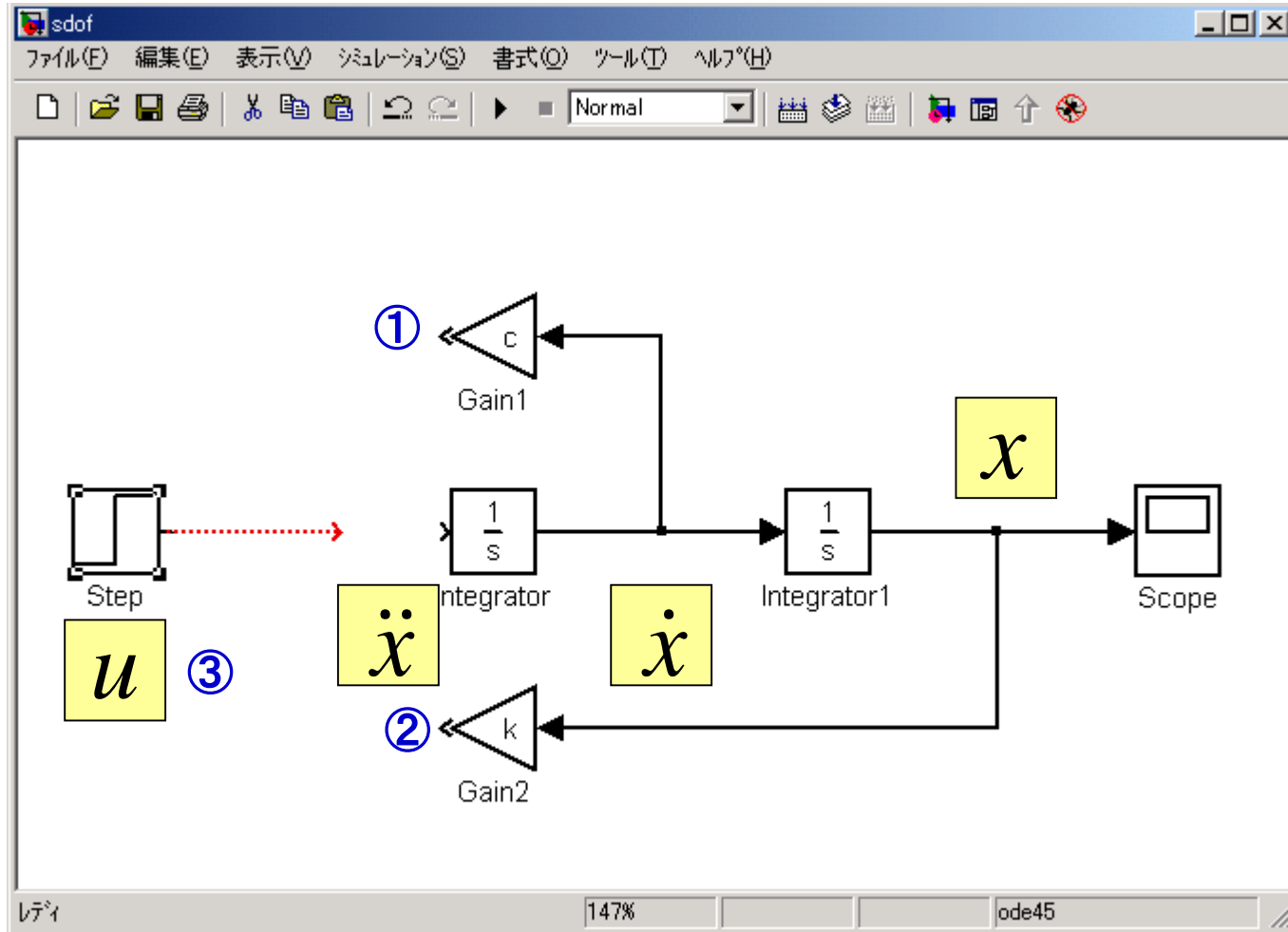
STEP1 微積分変数の位置関係



2階の微分方程式

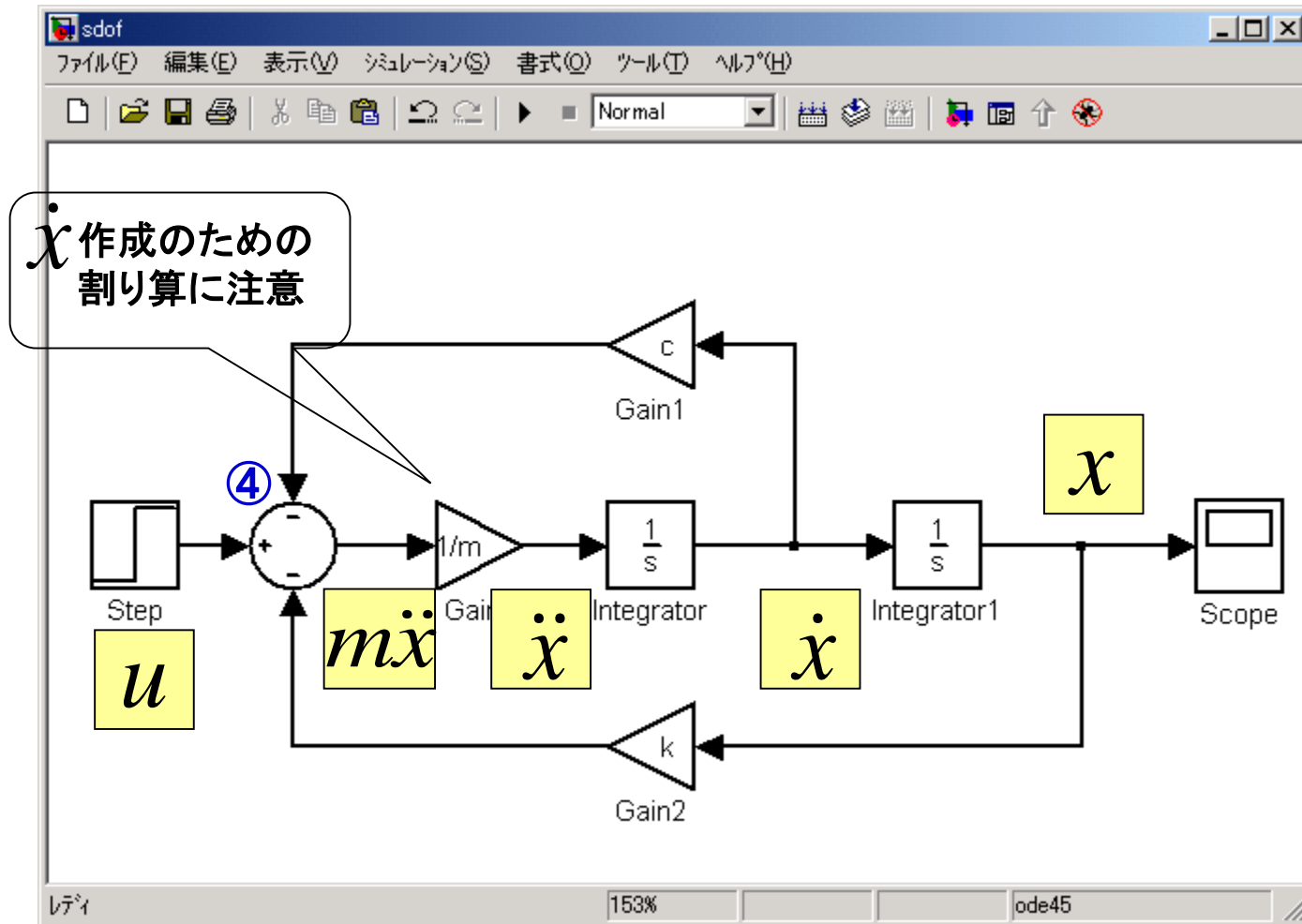
STEP2 右辺 各項の要素 作成

$$m\ddot{x} = -\underbrace{(c\dot{x})}_{\textcircled{1}} - \underbrace{(kx)}_{\textcircled{2}} + \underbrace{u}_{\textcircled{3}}$$

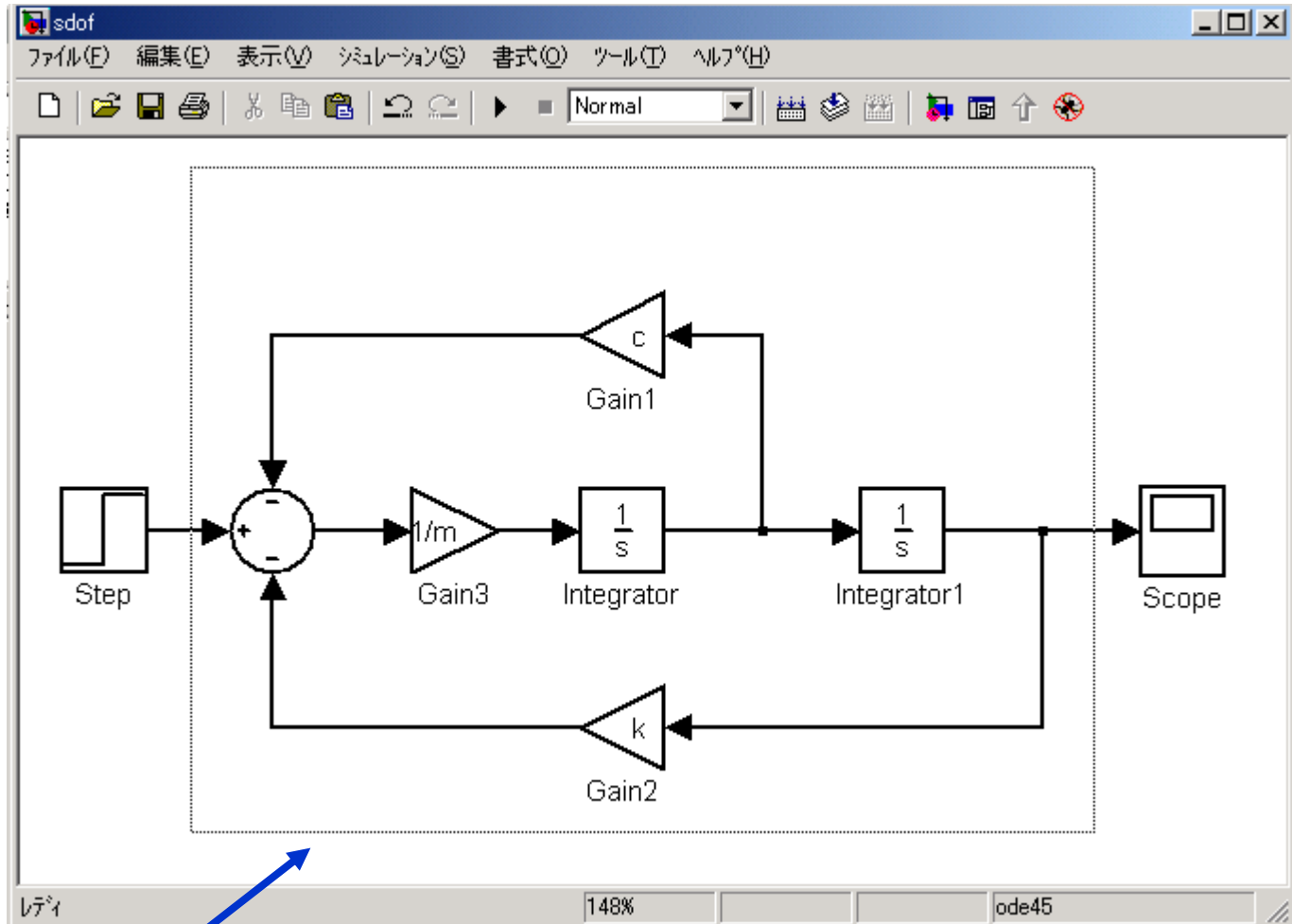


STEP3 左辺と右辺の整合性

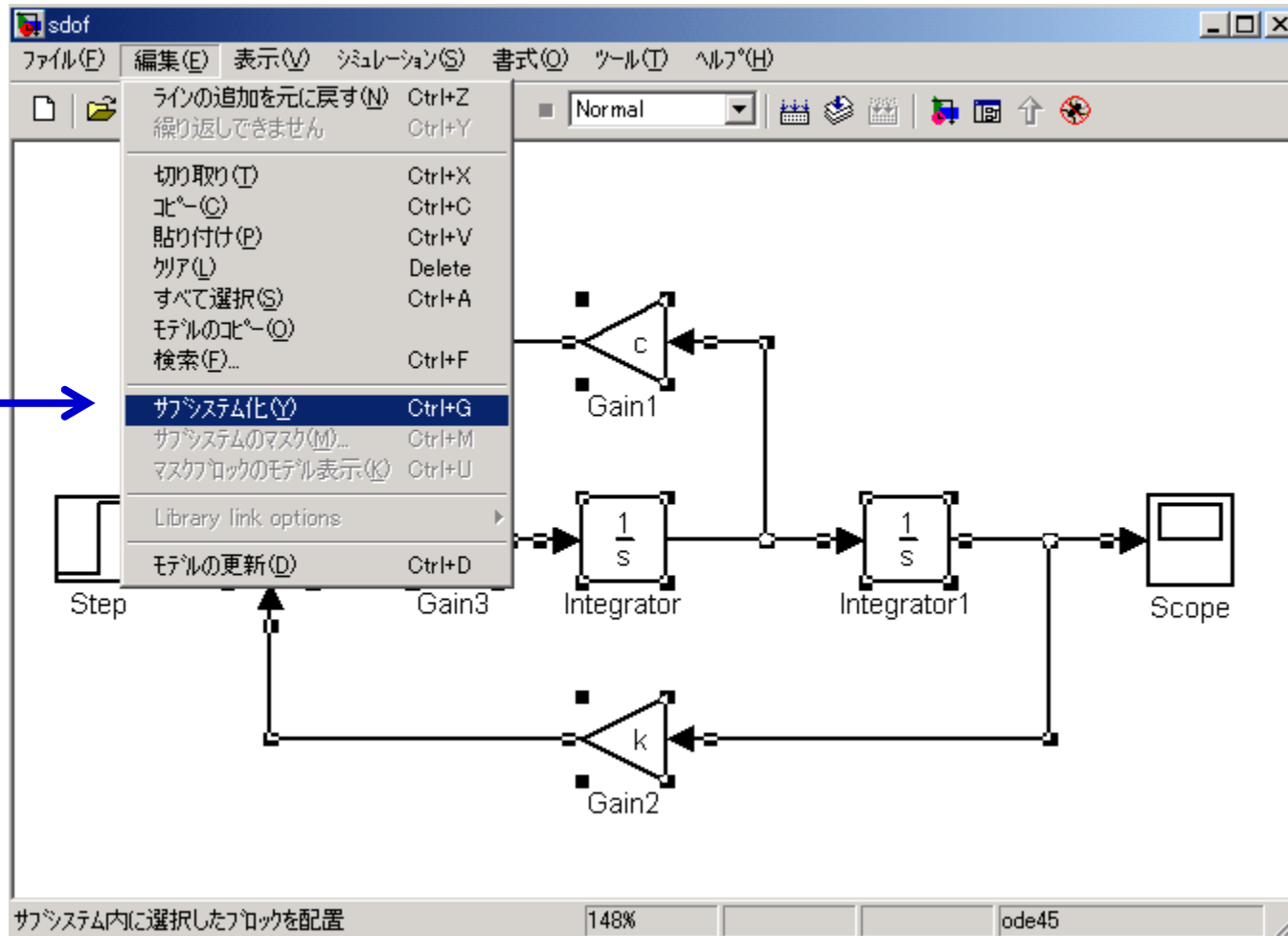
$$\textcircled{4} \quad \underline{m\ddot{x}} = -(c\dot{x}) - (kx) + u$$



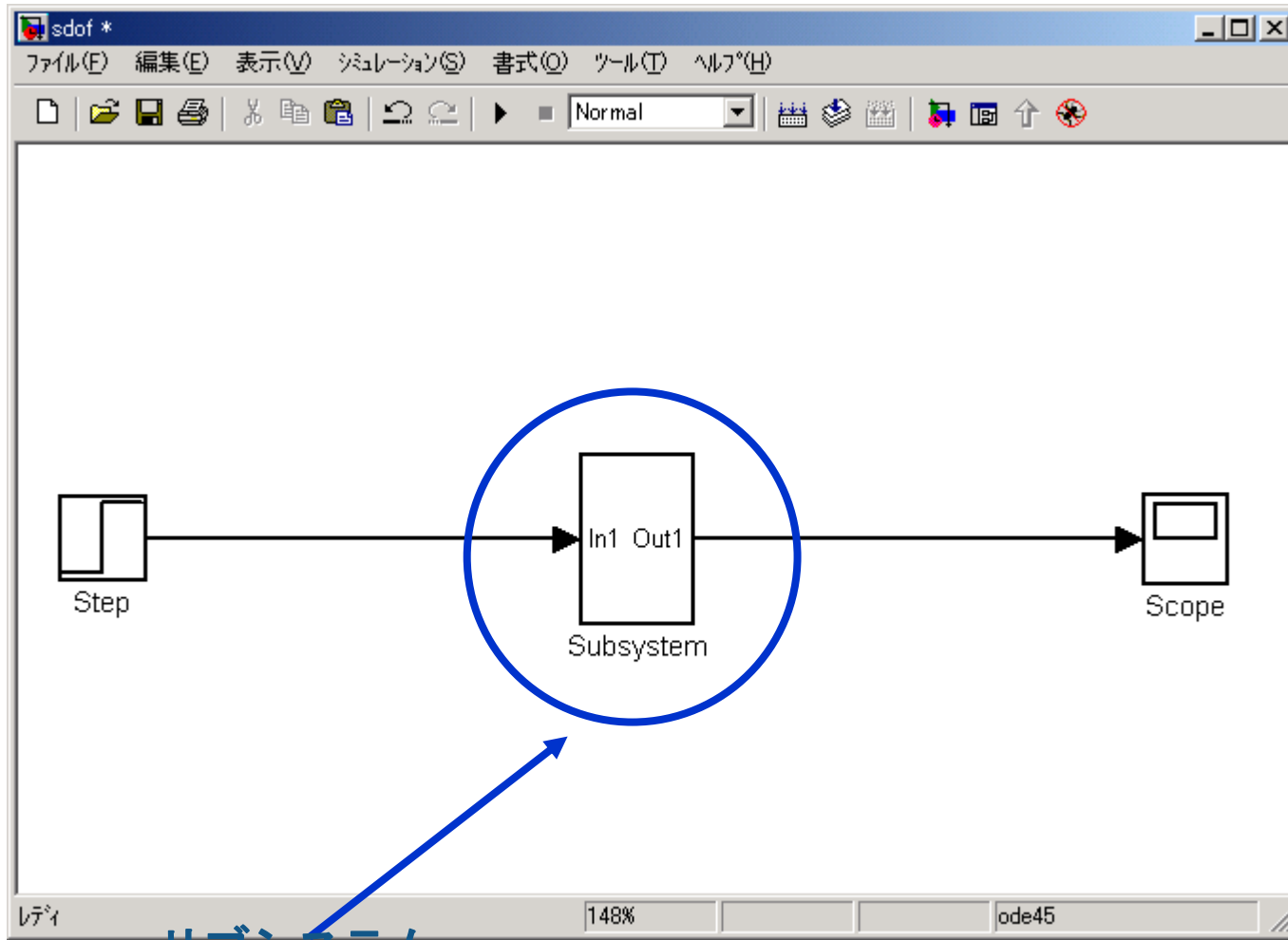
サブシステム化



サブシステム化したい箇所を選択(マウス左クリック 範囲指定)



編集 → サブシステム化



サブシステム

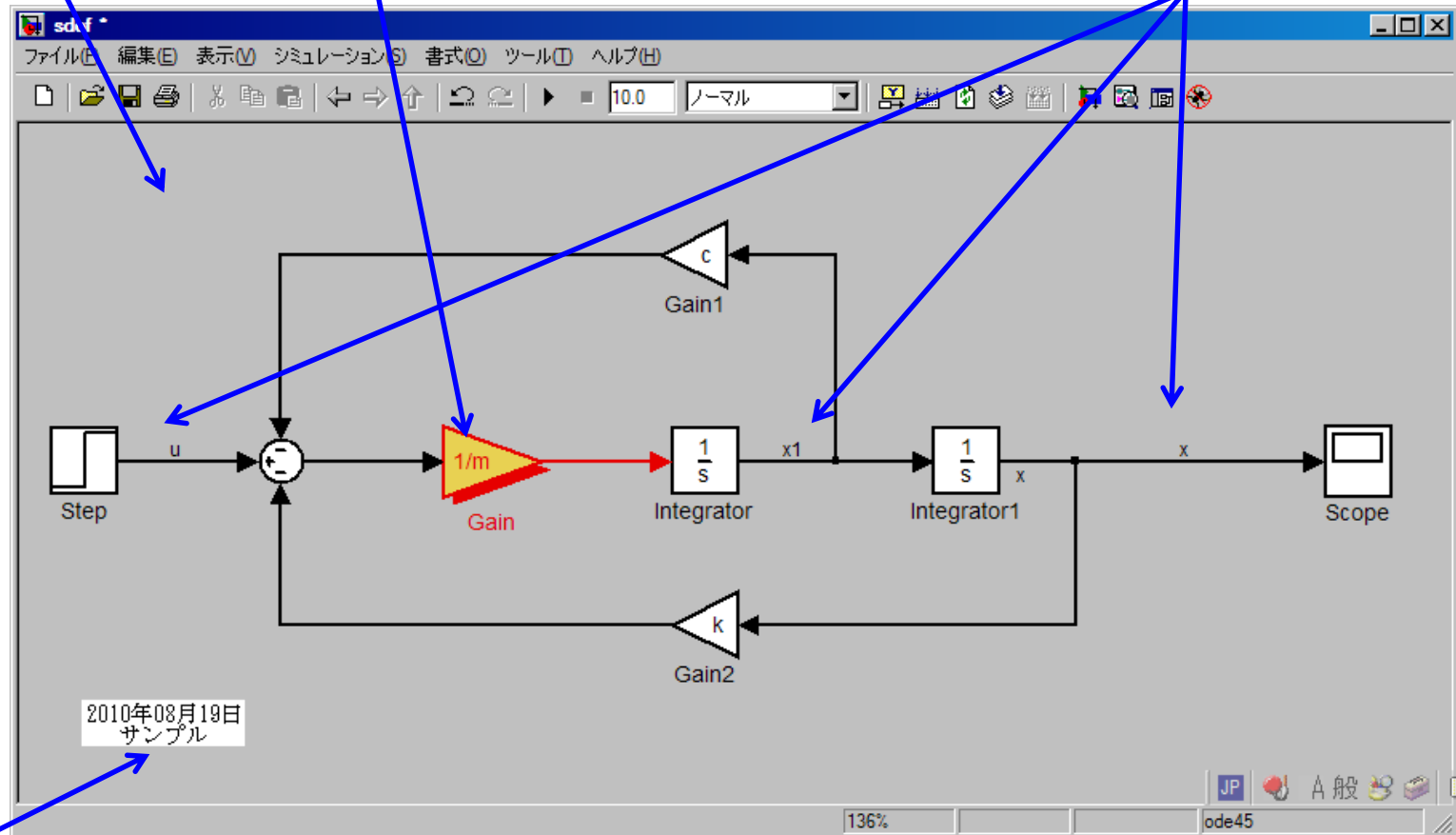
ダブルクリックでモデル表示

連続系 便利な機能 Tips

背景色の変更
(スクリーンカラー)

前景色、背景色
ドロップシャドウ

テキスト挿入

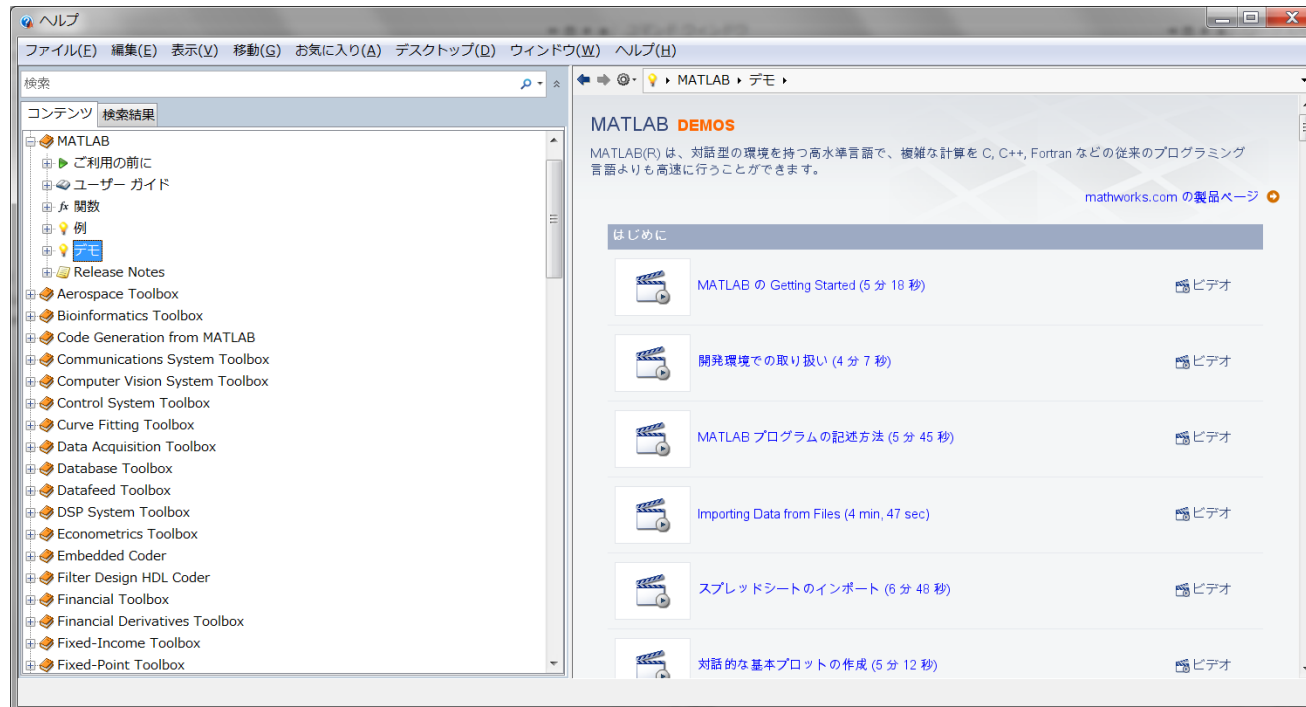


テキスト挿入

ロボットモデルに有益なデモ

- コマンドウィンドウから
- `>>demo[Enter]`

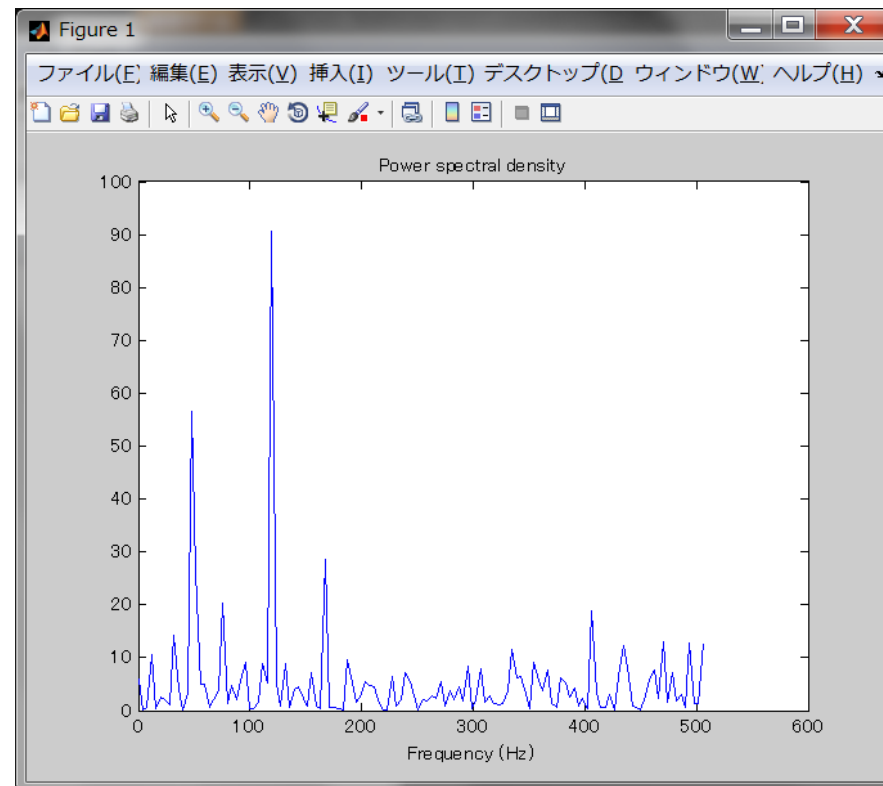
各ツールのユーザーガイド
関数
例
デモなどが見れる。



MATLAB

参考になりそうな標準デモ(1)

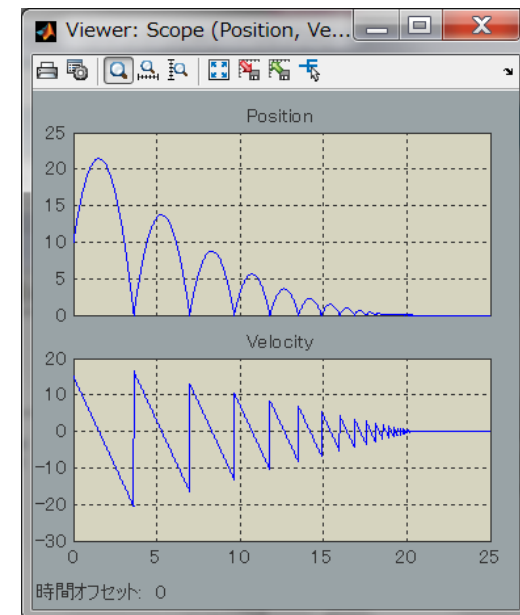
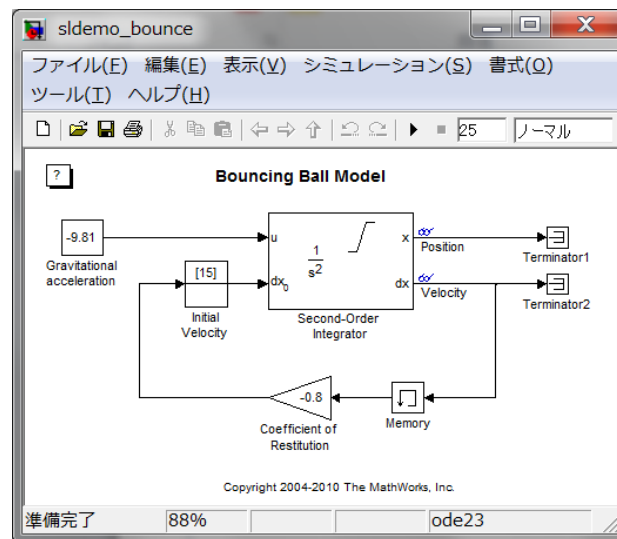
- デモ名 : スペクトル解析のための FFT
- ファイル名 : fftdemo.m



Simulink

参考になりそうな標準デモ(1)

- デモ名: 跳ねるボールのシミュレーション
- ファイル名: sldemo_bounce.mdl
- エッセンス: 連続系(sの世界)のモデリングが理解できる。



Stateflow

参考になりそうな標準デモ(1)

- デモ名: 列挙型のデータ型を使った CD プレーヤー/ラジオのモデル化
- ファイル名: sf_cdplayer.mdl
- エッセンス: Stateflowの基本的な
- 機能が網羅

The image displays five screenshots from the Stateflow software interface, illustrating the modeling of a CD player and radio. The screenshots show state transition diagrams, a GUI window, and code snippets.

Top Left: Stateflow (chart) sf_cdplayer/CdPlayerModeManager. This diagram shows the state transitions for the CD player mode manager, including states like Standby, ON, and DiscEject, and transitions triggered by events like [Pushes = OFF], [DiscChangePushPush], and [DiscEject].

Top Right: sfcdplayergui. This is the CD Player Helper GUI, featuring buttons for 'Insert Disc', 'Eject Disc', 'STOP', 'PLAY', 'REW', 'FF', 'OFF', 'CD', 'FM', and 'AM'.

Middle Left: sf_cdplayer. This diagram shows the state transitions for the radio player, including states like OFF, CurrentRadioMode, and DiscEject, and transitions triggered by events like [DiscEject], [Data Store Read], and [Data Store Write].

Middle Right: Stateflow (chart) sf_cdplayer/CdPla... This diagram shows the state transitions for the CD player, including states like Empty, Inserting, DiscPresent, and Discontinuing, and transitions triggered by events like [DiscEject], [Data Store Read], and [Data Store Write].

Bottom Left: Stateflow (chart) sf_cdplayer/UserRequest. This window shows the code for the user request modes:

```

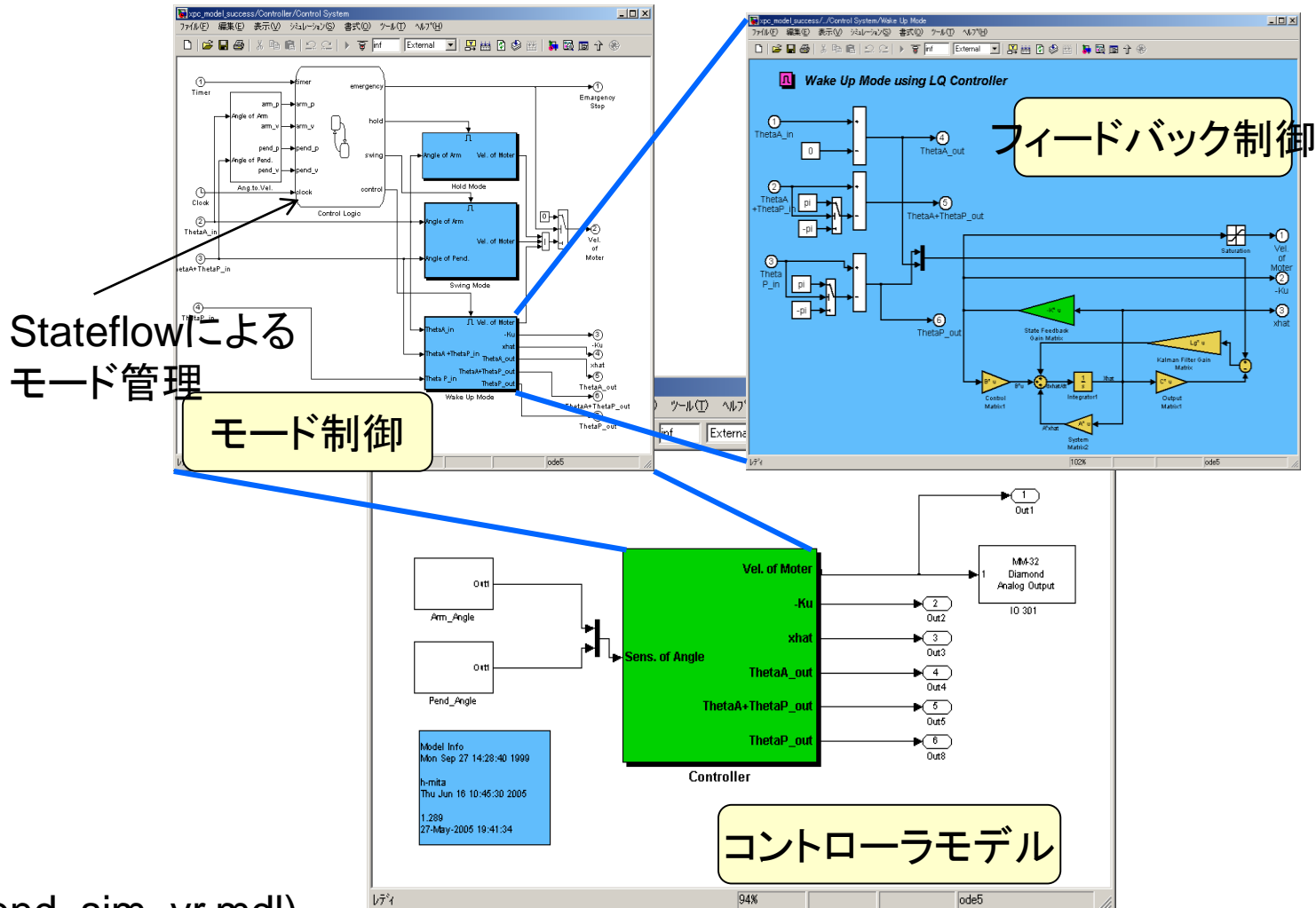
RR = RadioRequestMode(ml.sfcdplayerhelper('get_radio_request'));
CR = CdRequestMode(ml.sfcdplayerhelper('get_cd_request'));
DiscInsert = ml.sfcdplayerhelper('get_insert_disc');
DiscEject = ml.sfcdplayerhelper('get_eject_disc');
    
```

Bottom Right: Stateflow (chart) sf_cdplayer/CdPla... This diagram shows the state transitions for the CD player, including states like Empty, Inserting, DiscPresent, and Discontinuing, and transitions triggered by events like [DiscEject], [Data Store Read], and [Data Store Write].

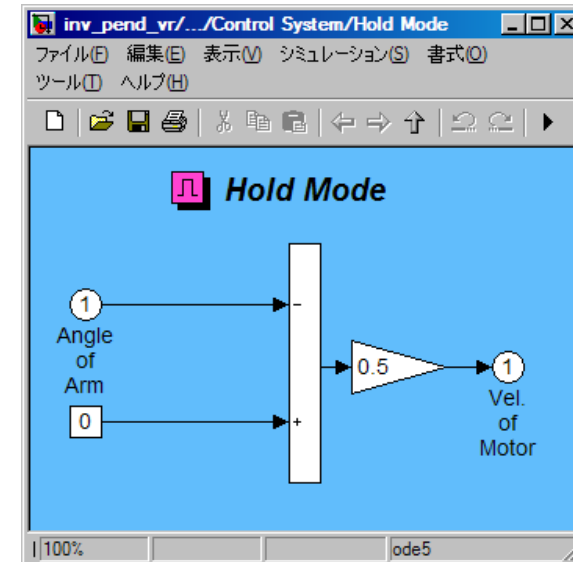
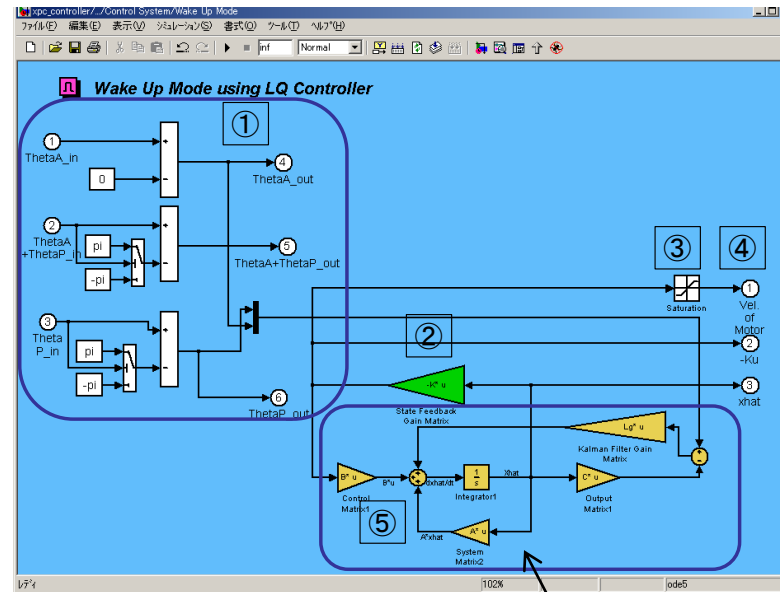
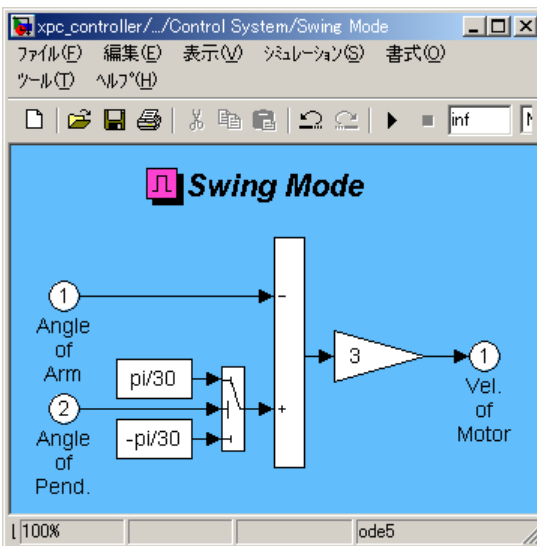
Stateflow

参考になりそうな一般デモ(2)

シミュレーションモデル 倒立振り子



各モードのコントローラロジック

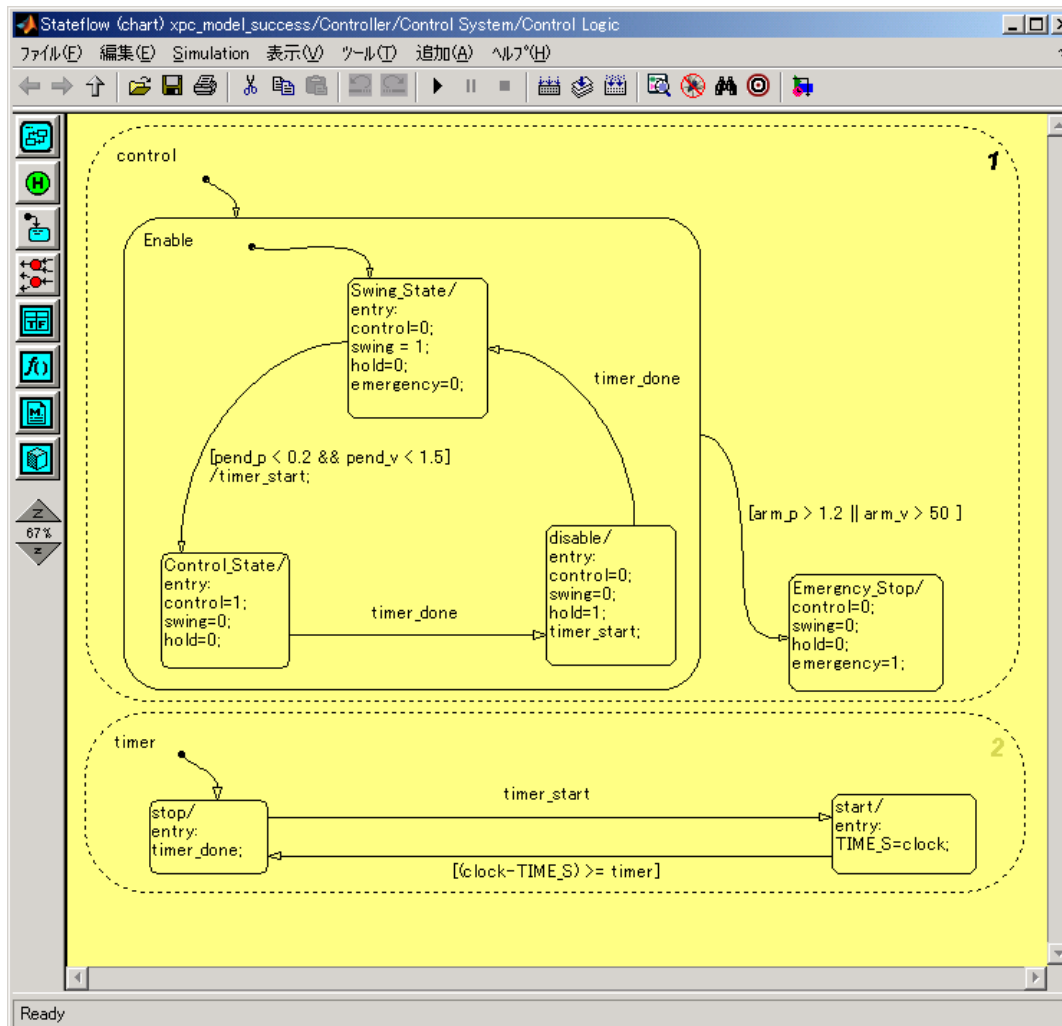


最適レギュレータと
オブザーバ

- [1] Swingモード: 腕(Arm)を定周期で左右に振り、振り(Pend)を揺動させ徐々に鉛直上向きに近づけるモード。
- [2] Wake Upモード: 振り全体の安定化制御を行うモード。
- [3] Holdモード: 制御を停止したモード。

シミュレーションモデル 上級編

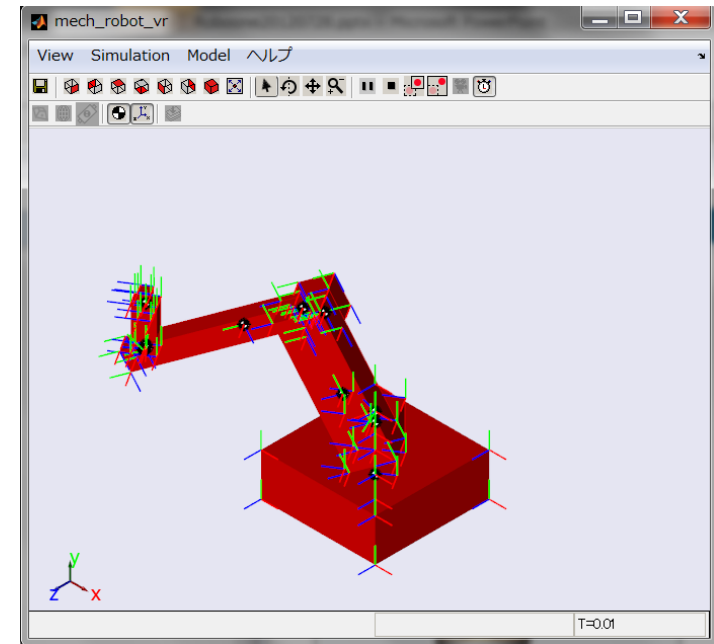
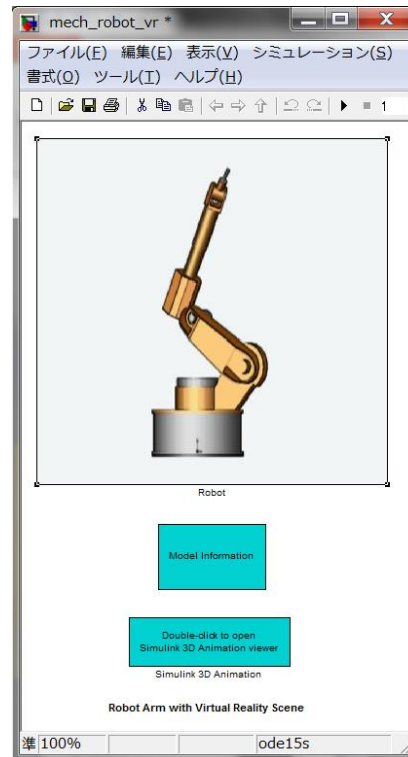
Stateflowによるモード管理ロジック



SimMechanics First Generation

参考になりそうな標準デモ(1)

- First Generation:先代までのSimMechanics
- デモ: Robot Arm with Virtual Reality Scene
- ファイル名: mech_robot_vr.mdl
- エッセンス: 多リンクのロボットアームのモデル化のイメージ



(A)

設定

The image shows a Simulink workspace with a robot arm model. The 'Simulation' menu is open, and the 'Configuration Parameters' dialog is displayed. The 'Visualization' section is highlighted, showing options to display machines and show animation during simulation.

Simulation Menu:

- シミュレーション(S)
- 開始(S) Ctrl+T
- 停止(T)
- コンフィギュレーション パラメーター(M)... Ctrl+E

Configuration Parameters Dialog:

コンフィギュレーション パラメーター: mech_robot_vr/Configuration (アクティブ)

選択:

- ソルバー
- データのインポート/エクスポート
- 最適化
- 診断
- ハードウェア実行
- モデル参照
- シミュレーション ターゲット
- コード生成
- Simscape
- SimMechanics 1G
- SimMechanics 2G

SimMechanics First Generation (1G) configuration parameters:

診断

- Warn if machine contains redundant constraints
- Warn if number of initial constraints is unstable
- Mark automatically cut joints

Visualization

- Display machines after updating diagram
- Show animation during simulation
- Show only port coordinate systems

Default body color (RGB): [1 0 0]

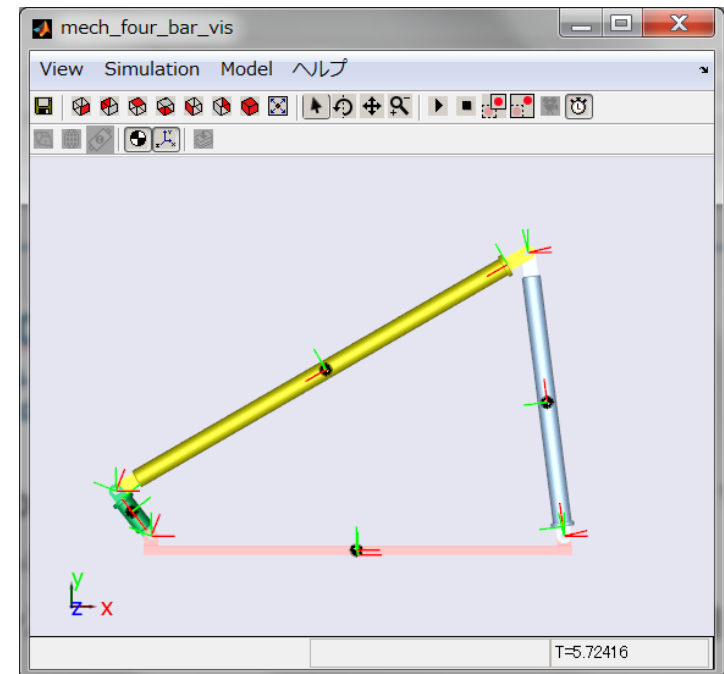
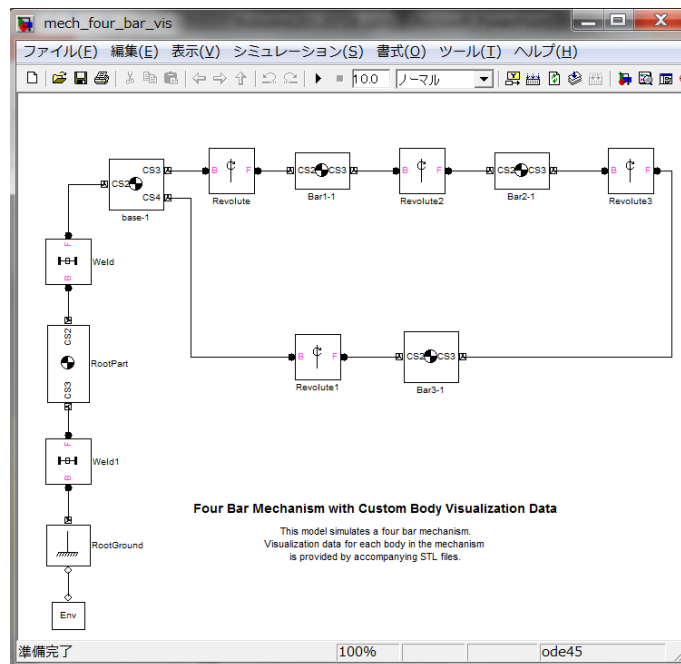
Default body geometries: Convex hull from body CS locations

Buttons: OK, キャンセル(C), ヘルプ(H), 適用(A)

SimMechanics First Generation

参考になりそうな標準デモ(1)

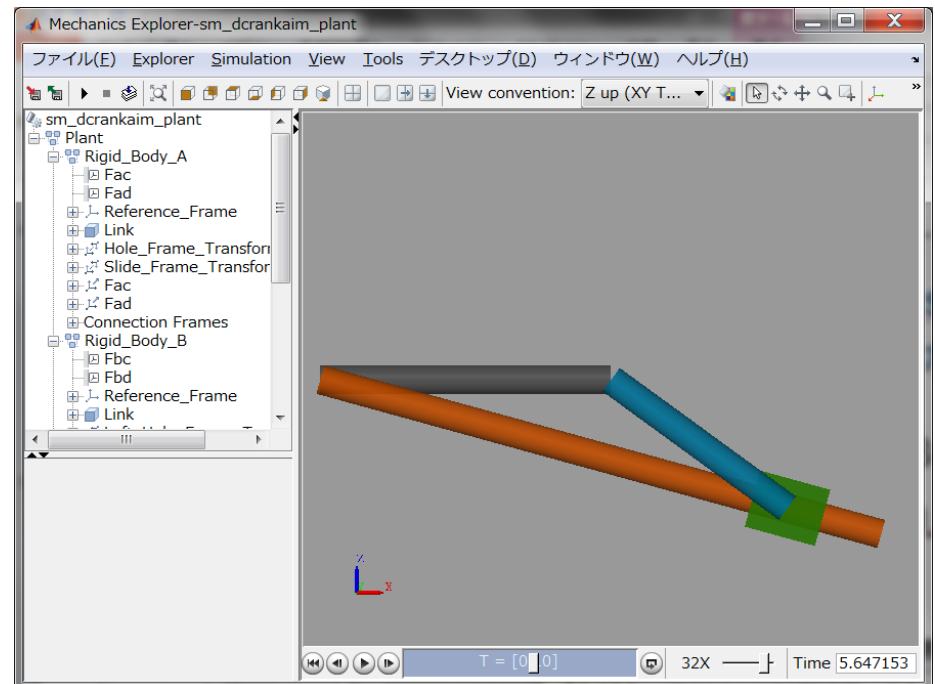
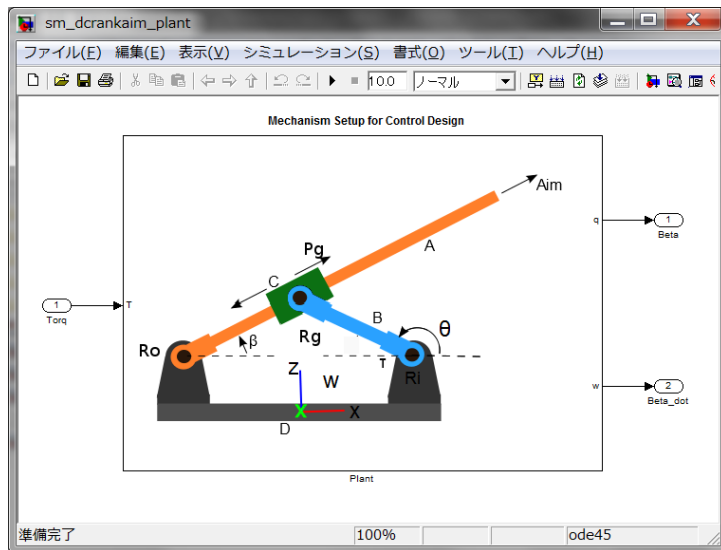
- デモ: Four Bar Mechanism with Custom Body Visualization Data
- ファイル名: mech_four_bar_vis.mdl
- エッセンス: 4リンク、ボディ(剛体)とJoint(関節:自由度)の関係
- STLファイルの張り方



SimMechanics Second Generation

参考になりそうな標準デモ(1)

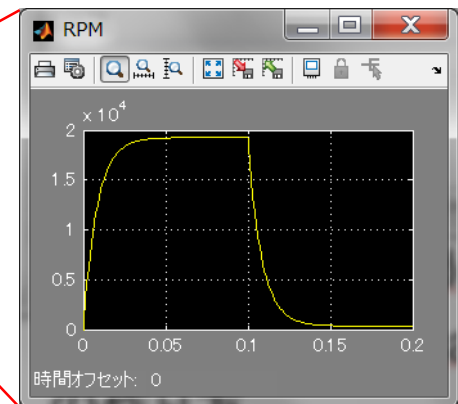
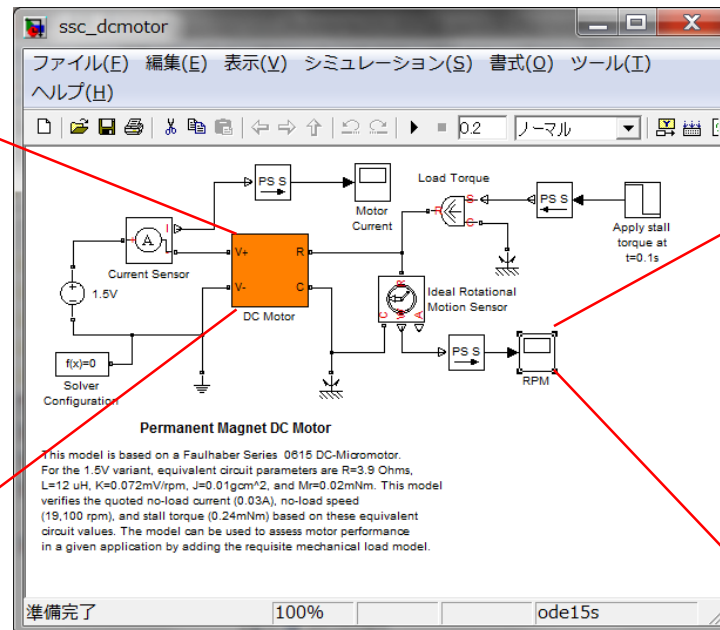
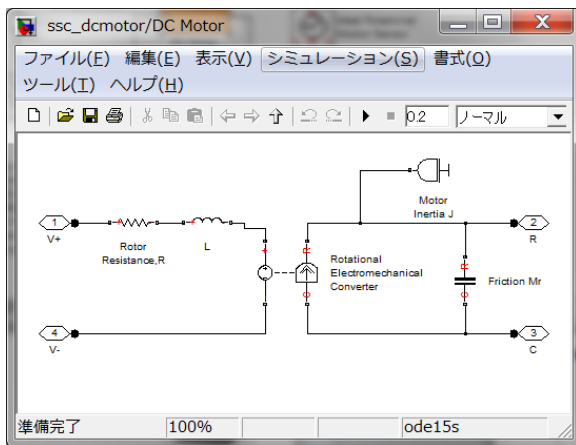
- デモ: How to Build a Model
- ファイル名: sm_double_crank_aiming.m



Simscape

参考になりそうな標準デモ(1)

- デモ: 永久磁石DCモータ
- ファイル名: ssc_dcmotor.mdl
- エッセンス: Simscape標準ブロックでの電気+機械モデルの作り方



Simscape

参考になりそうな標準デモ(2)

- デモ: カスタマイズしたコンデンサ ライブラリを使ったモデル
- ファイル名: ssc_ultracapacitor.mdl
- エッセンス: Simscape言語によるオリジナルモデルの作り方

The image displays a Simscape simulation environment with several windows:

- Capacitor voltage:** A plot showing the voltage across the capacitor over time. The voltage rises linearly from 0V to 1V at approximately 20 seconds, then drops sharply to 0V and remains there.
- Load current:** A plot showing the current through the load over time. The current is 0A until approximately 20 seconds, then spikes to about 0.5A and then decays back to 0A.
- ssc_ultracapacitor:** The main model window showing a circuit diagram. It includes a 0.05A current source, a switch, a Lossy Ultracapacitor, a Load, and a PS S block. A 'Solver Configuration' block is also present. The model is titled 'Model Using a Customized Capacitor Library'.
- Editor:** A window showing the Simscape script for the LossyUltracapacitor component. The script defines parameters like nominal capacitance (C0), rate of change of capacitance (Cv), effective series resistance (R), self-discharge resistance (Rd), and initial voltage (V0). It also defines variables for current (i), voltage (v), and an internal variable (vc).

Simulink 3D Animation

参考になりそうな標準デモ(1)

- デモ: Manipulator Moving a Load with use of Global Coordinates
- ファイル名: vrmanipul_global.mdl
- エッセンス: ロボットアームのVRML表示

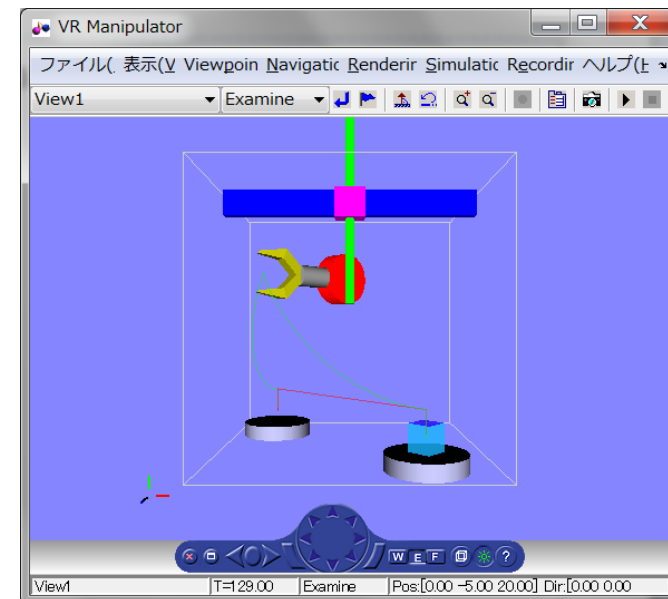
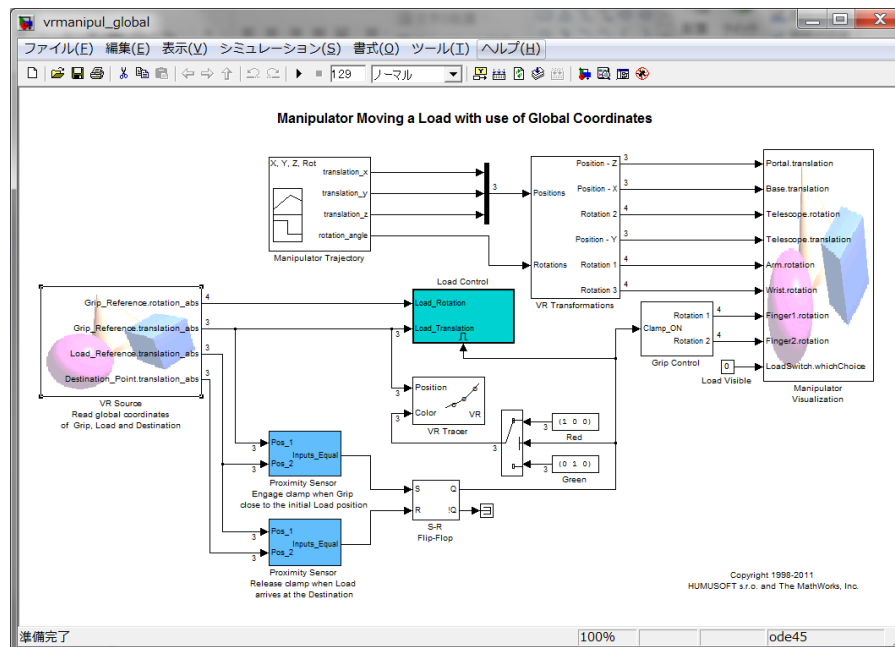
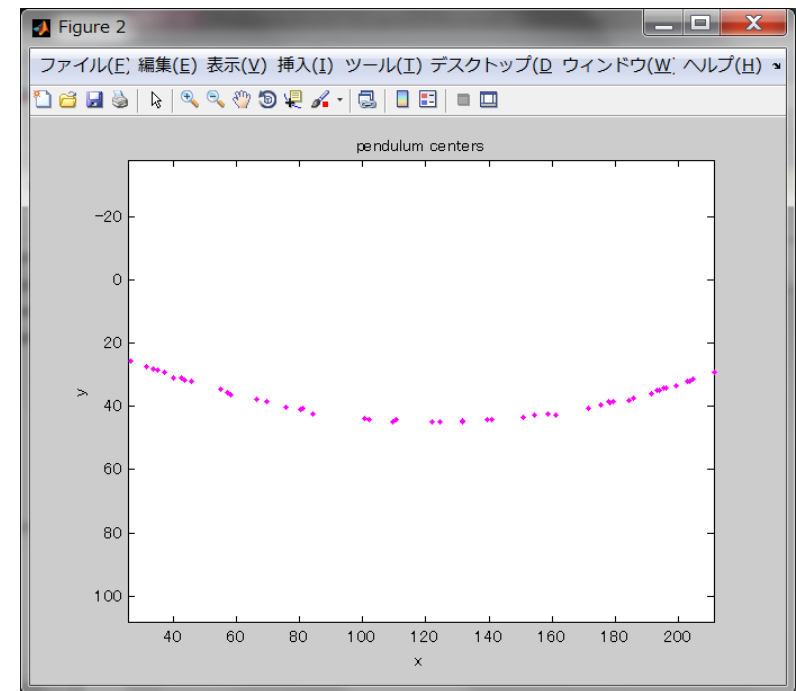
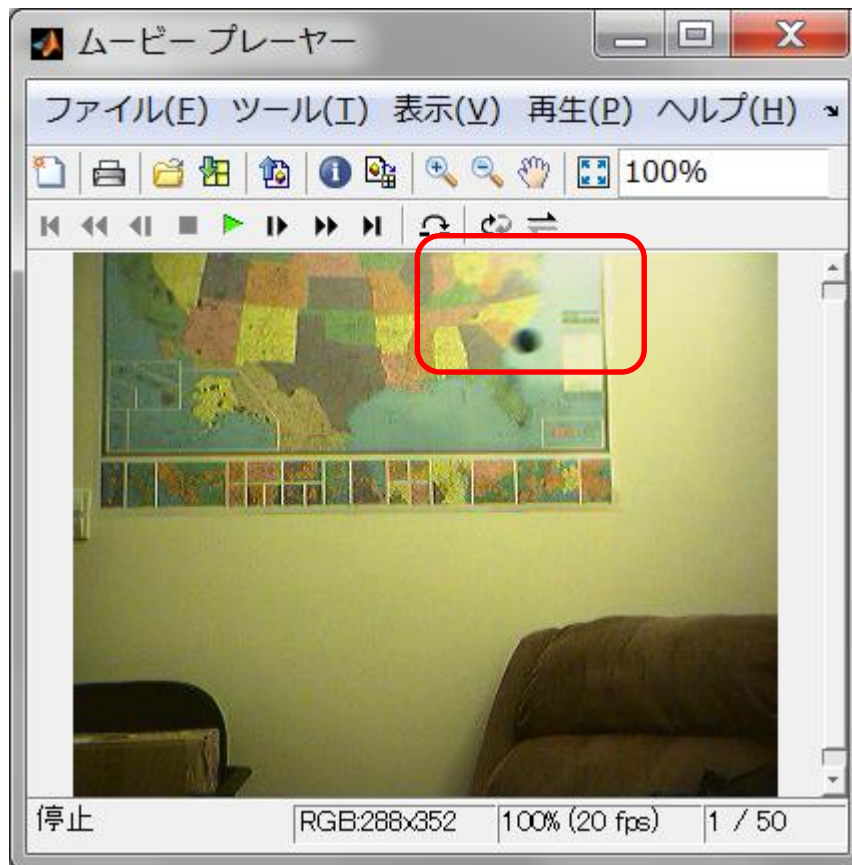


Image Processing Toolbox 参考になりそうな標準デモ(1)

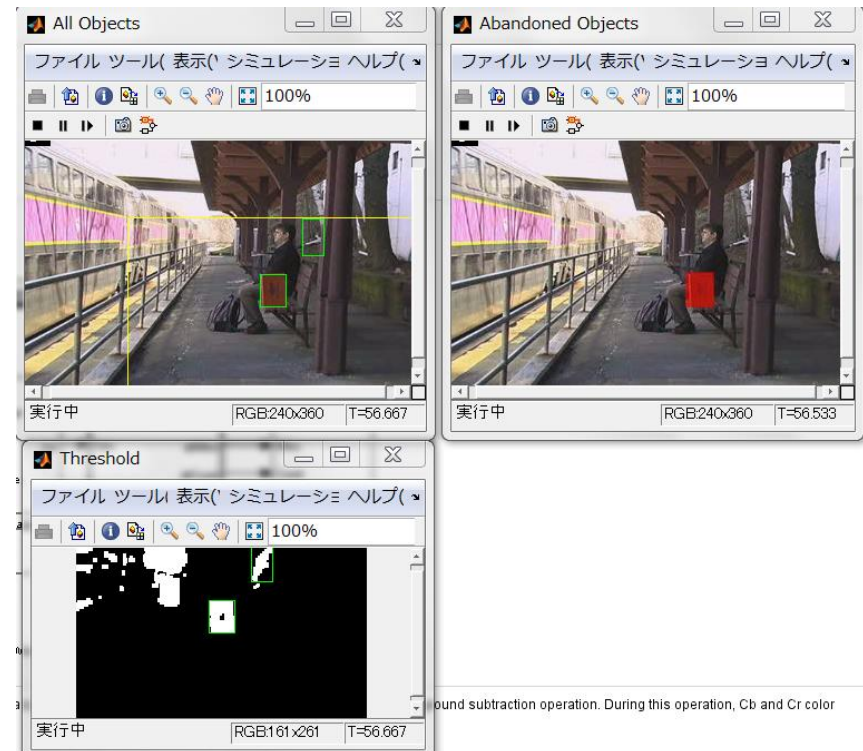
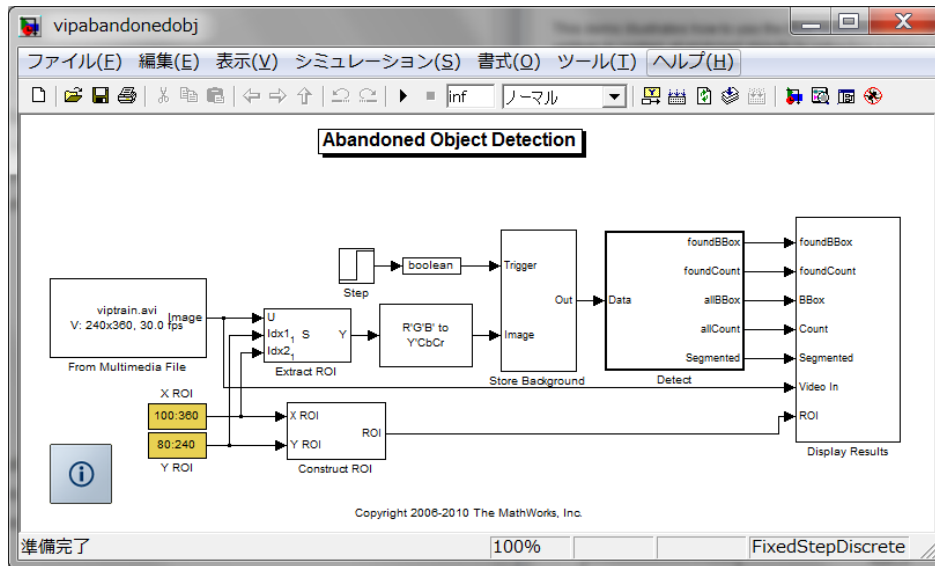
- デモ: 動いている振子の長さを検出
- ファイル名: PendulumLengthExample.m
- エッセンス: 静画像の処理



Computer Vision Toolbox

参考になりそうな標準デモ(1)

- デモ: Abandoned Object Detection
- ファイル名: vipabandonedobj.mdl
- エッセンス: 動画像の処理



ound subtraction operation. During this operation, Cb and Cr color

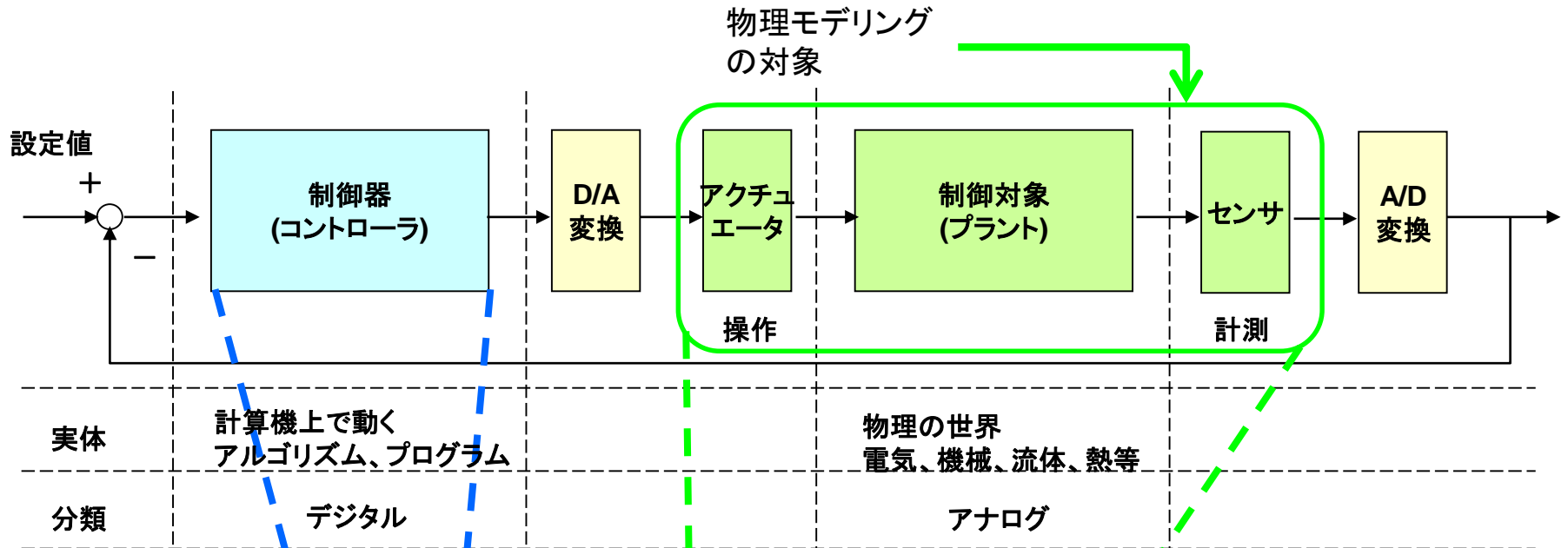
4. Simulinkによるサーボモータのモデル化

- サーボモータ
- 例 Dynamixel EX-106+

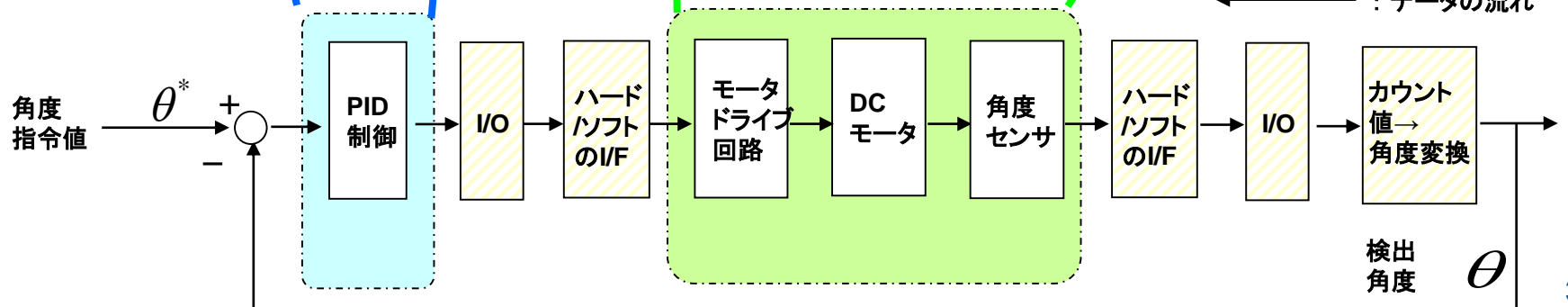


(株)ベストテクノロジー

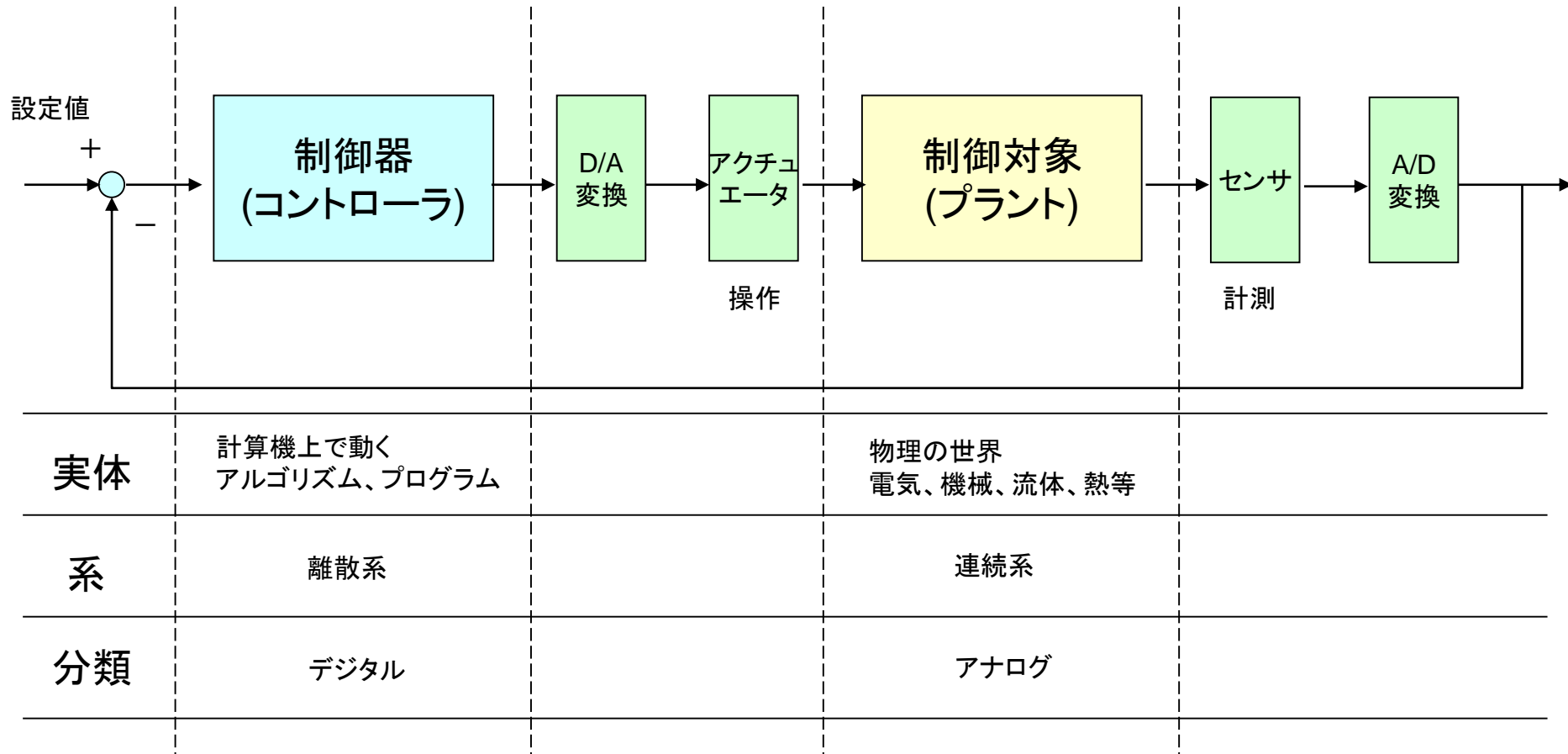
一般的なフィードバック制御の構造 (設定値追従制御)



例: DCモータの角度制御の場合



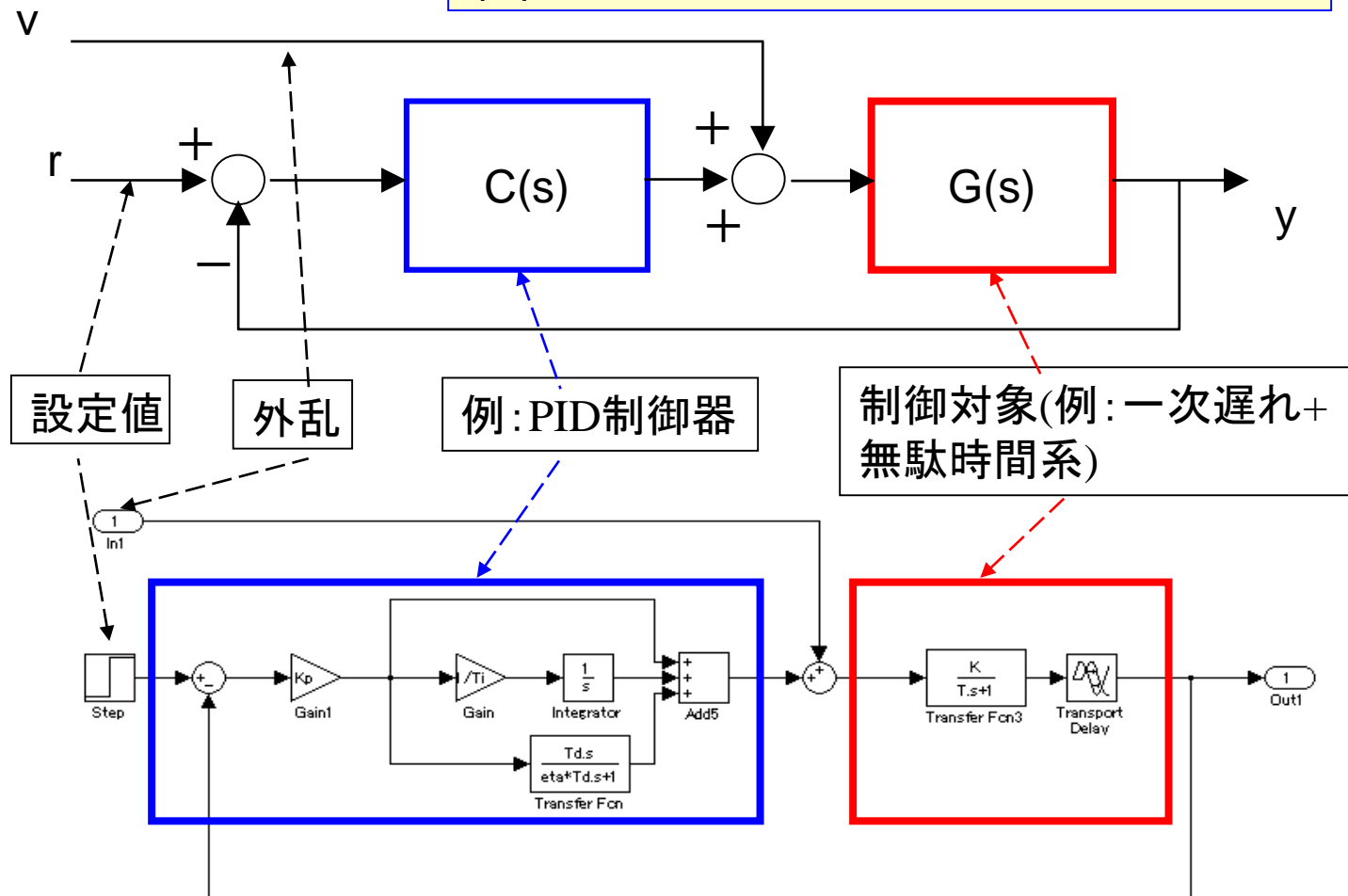
フィードバック制御の構造



簡単にすると

行う作業

- (1) 制御構造の設計
- (2) 制御パラメータのチューニング



モータのモデリング

【要旨】

DCモータの数式モデルを例として、データフローのSimulinkと物理モデリングのSimscapeを比べ、物理モデリングの基礎を掴む。

[ポイント]

- Simscape標準ブロックによるモデリング
- Simulinkモデルと比較

$$\text{電気系 } V = Ri + L \frac{di}{dt} + K_e \omega$$

動特性式

$$\text{機械系 } T = K_t i = I \frac{d^2 \theta}{dt^2} + c \frac{d\theta}{dt}$$

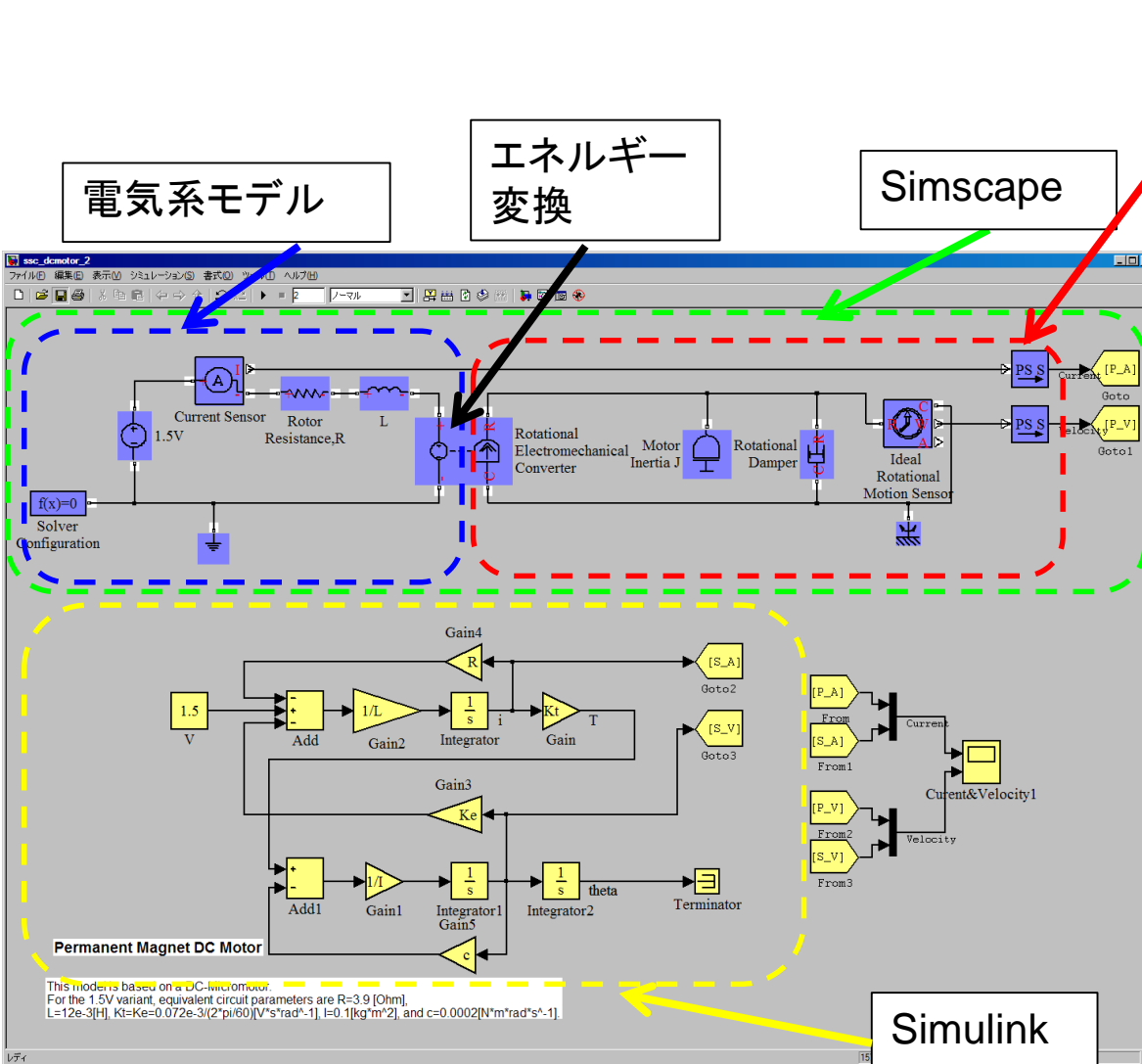
[記号]

V : 電圧[V], R : 抵抗[Ω], i : 電流[A], L : 自己インダクタンス[H], K_e : 逆起定数[V · s / rad],

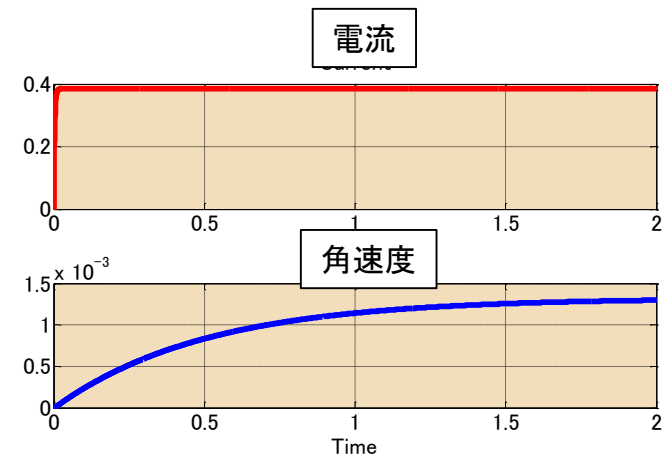
T : トルク K_t : トルク定数($K_t = K_e$), I : 慣性モーメント[$kg \cdot m^2$], c : 粘性係数[$N \cdot m \cdot rad^{-1} \cdot s$]

ω : 角速度[rad / s] $\left(= \frac{d\theta}{dt} \right)$

モータのモデル (Simulink/Simscape)



SimscapeとSimulinkモデル
シミュレーション結果(ほぼ等価)



注記: パラメータ値
 $V=1.5$; $R=3.9$; $L=12e-3$;
 $K_t=K_e=0.072e-3/(2*\pi/60)$;
 $c=0.2$; $I=0.1$;

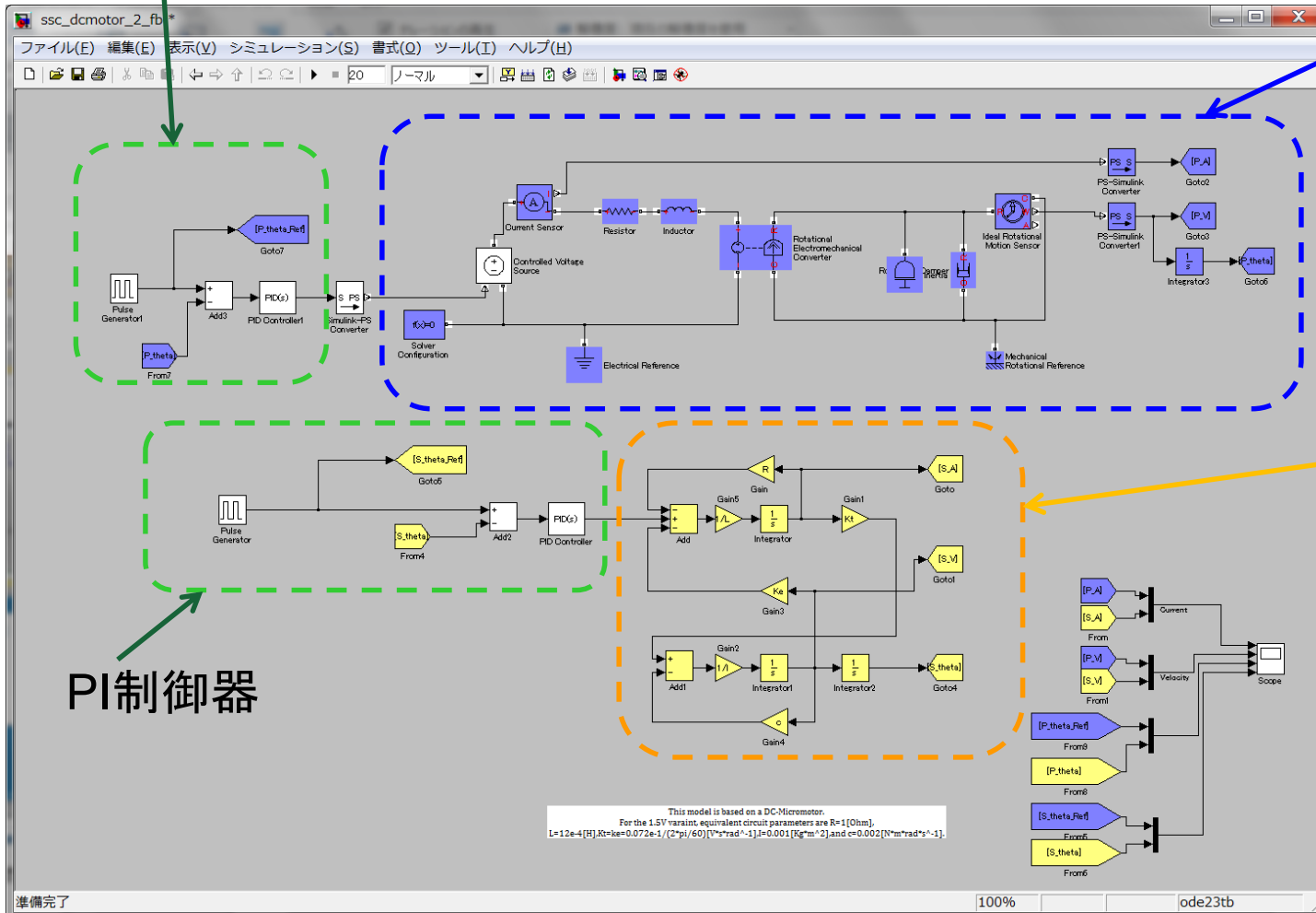
サーボモータのモデル(連続系)

PI制御器

モータ

モータ

PI制御器

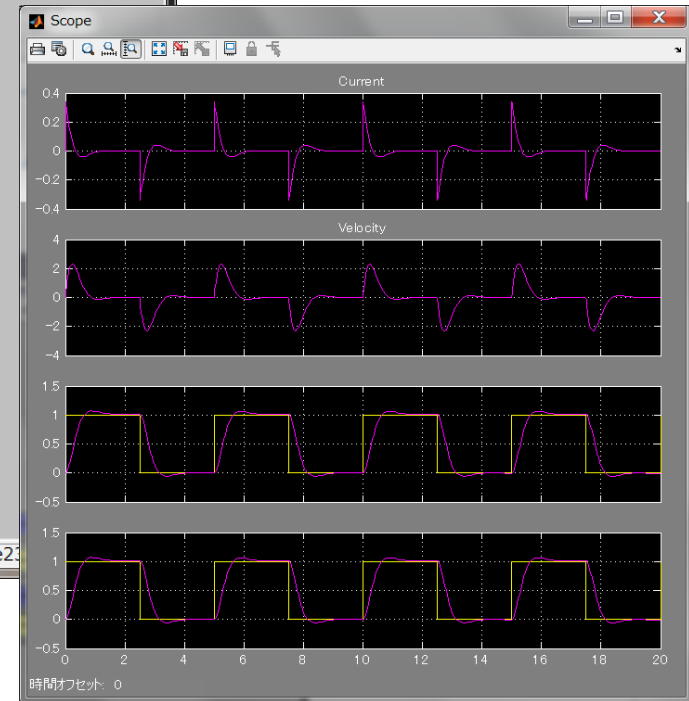
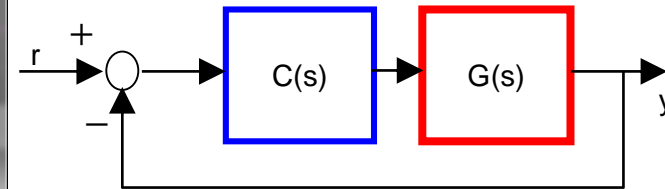
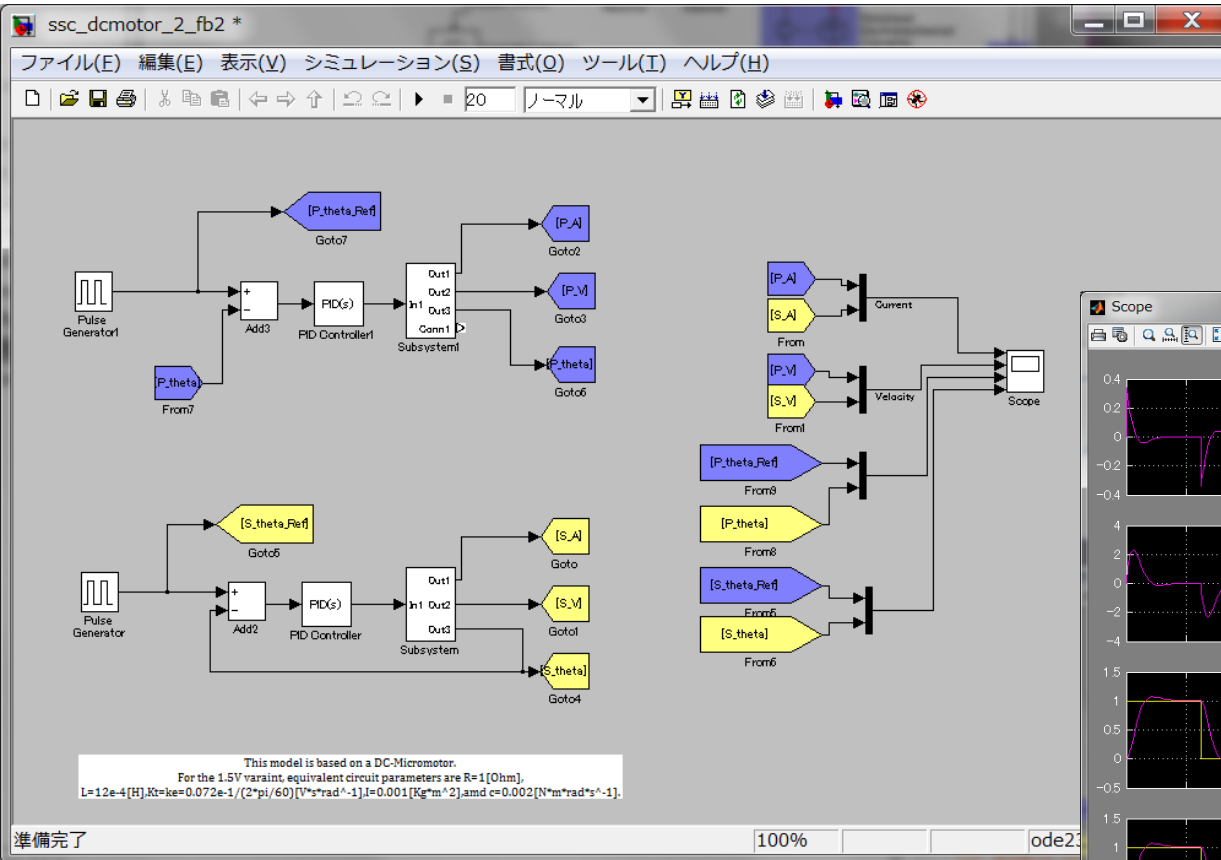


準備完了

100%

ode23tb

サーボモータのモデル(連続系) Subsystem版



黄: パルス状の設定値
紫: 制御量

MathWorksのRobo-One紹介ページ

関連
プロダ
クト

初歩

関連
デモ

MathWorks®
Accelerating the pace of engineering and science

Home | Select Country | Contact Us | Store

Products & Services | Industries | Academia | Support | User Community | Company

Academia Main Page
Student Competitions
Aerospace
Automotive
Biomedical
Robotics
BEST Robotics
Boston FIRST Robotics
ET ROBOCON
ROBO-ONE
General Engineering and Math

ROBO-ONE

ROBO-ONE promotes the technology and fun of robotics by challenging students to build and control robots that battle each other in competition. Applying Model-Based Design with MathWorks products lets your team efficiently design and build a functioning robot for your ROBO-ONE mission.

Get started with resources for learning and classroom instruction, and explore the MathWorks products available for the ROBO-ONE on PC competition:

Getting Started | **MathWorks Products** | Demos and Webinars

Tutorials

- MATLAB
- Simulink

Classroom Resources

- Programming and Computer Science
- Robotics and Mechatronics
- MATLAB and Simulink Based Books

Contact us to ask questions about the competition and request software for your team.

© 1994-2010 MathWorks, Inc. - Site Help - Patents - Trademarks - Privacy Policy - Preventing Piracy - RSS

- 御清聴ありがとうございました。