

# Robo-剣 Conference 2016/04/16(Sat)

## - Robo-剣におけるMATLAB/Simulinkの活用 -

MathWorks Japan

三田宇洋

# Robo-剣 Conference

- 04月16日土曜日 講習会
- 会場: 県立青少年センター
- 当日のスケジュール:
- 1)ROBO-剣の概要 13:00 (5分)
- ・プラットフォームを使った模擬試合
- 簡単にロボ剣の概要を話した後練習大会を行う。
- <練習大会>
- 審判 三田
- 2)ROBO-ONEサーバについて 14:15 (15分)
- 3)ROBOT-ARMプラットフォームについて 14:30 (10分)
- 4)3DプリンターでROBOT-ARM製作 14:40 (15分)
- 5)MATLAB/Simulinkについて 14:55 (25分)
- 6)MATLABによる画像処理 15:20 (30分)
- 休憩 (10分)
- 7) MATLAB 継続 16:00 (20分)
- 8)SimWise4Dの活用方法 16:20 (30分)
- 9)全てを統合したROBO-剣用ロボット 16:30 (30分)
-

### 3. MATLABとSimulinkの使い方 30min

# 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

# 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、ラビ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。

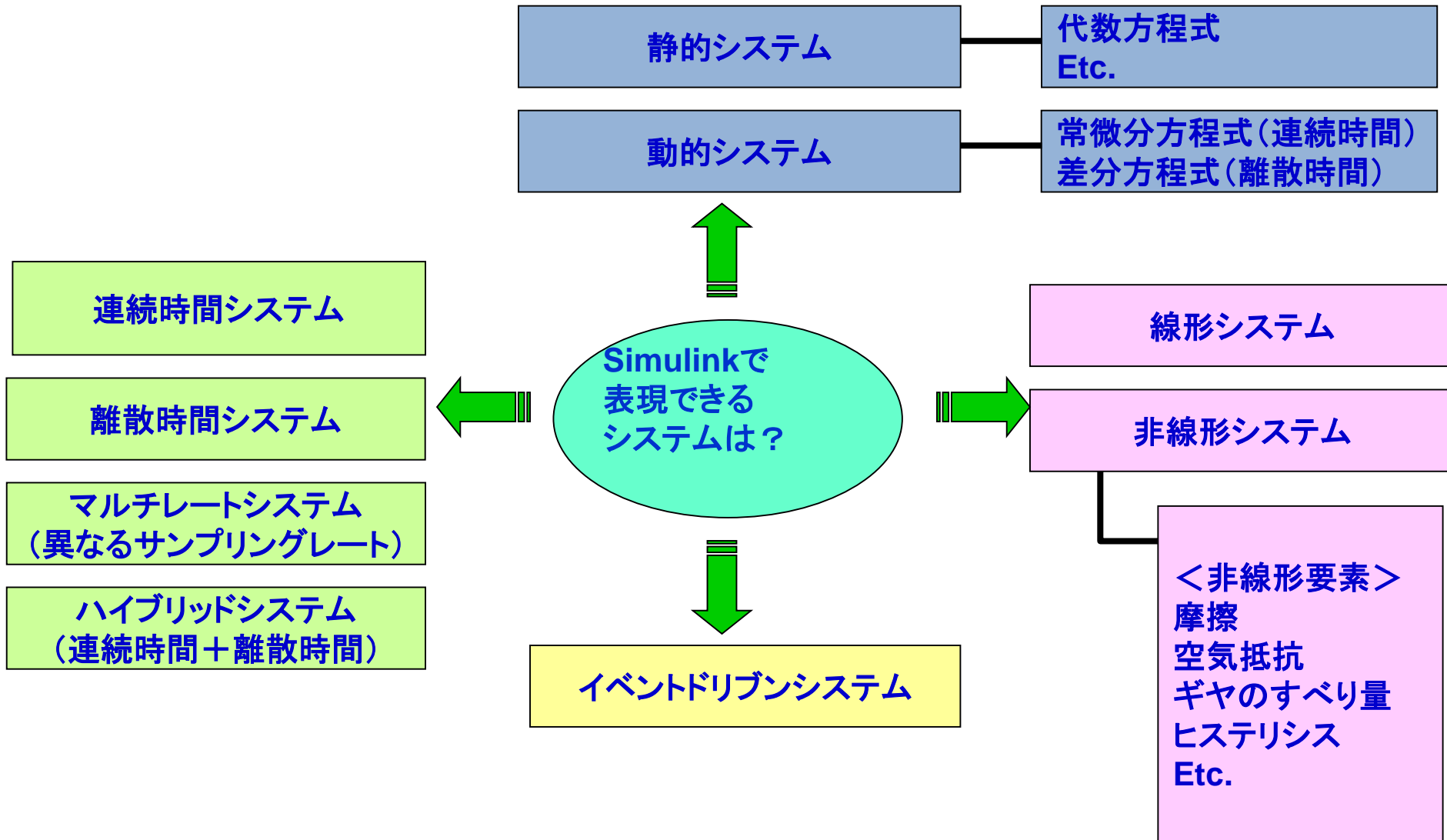
なお、本書内のサンプルプログラムは、[オーム社ホームページ](#)より提供しています。



# 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





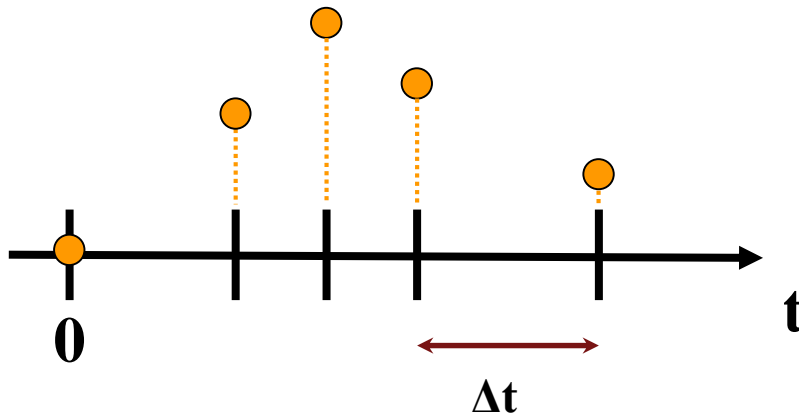
# シミュレーションステップ

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: $\Delta t$



## ・ 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。

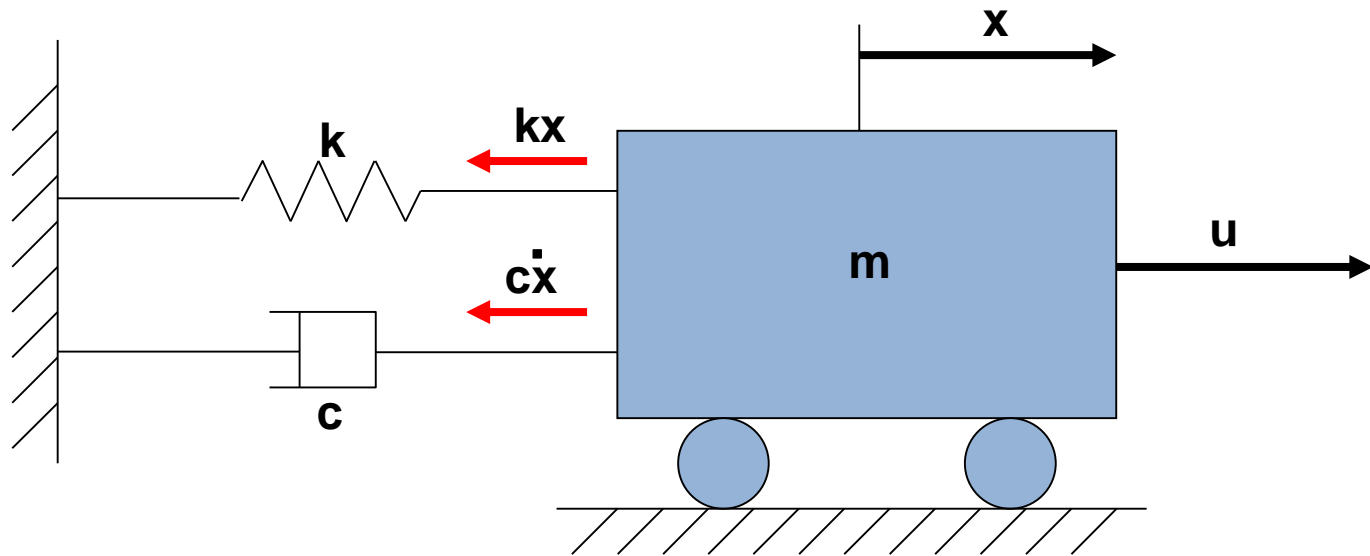


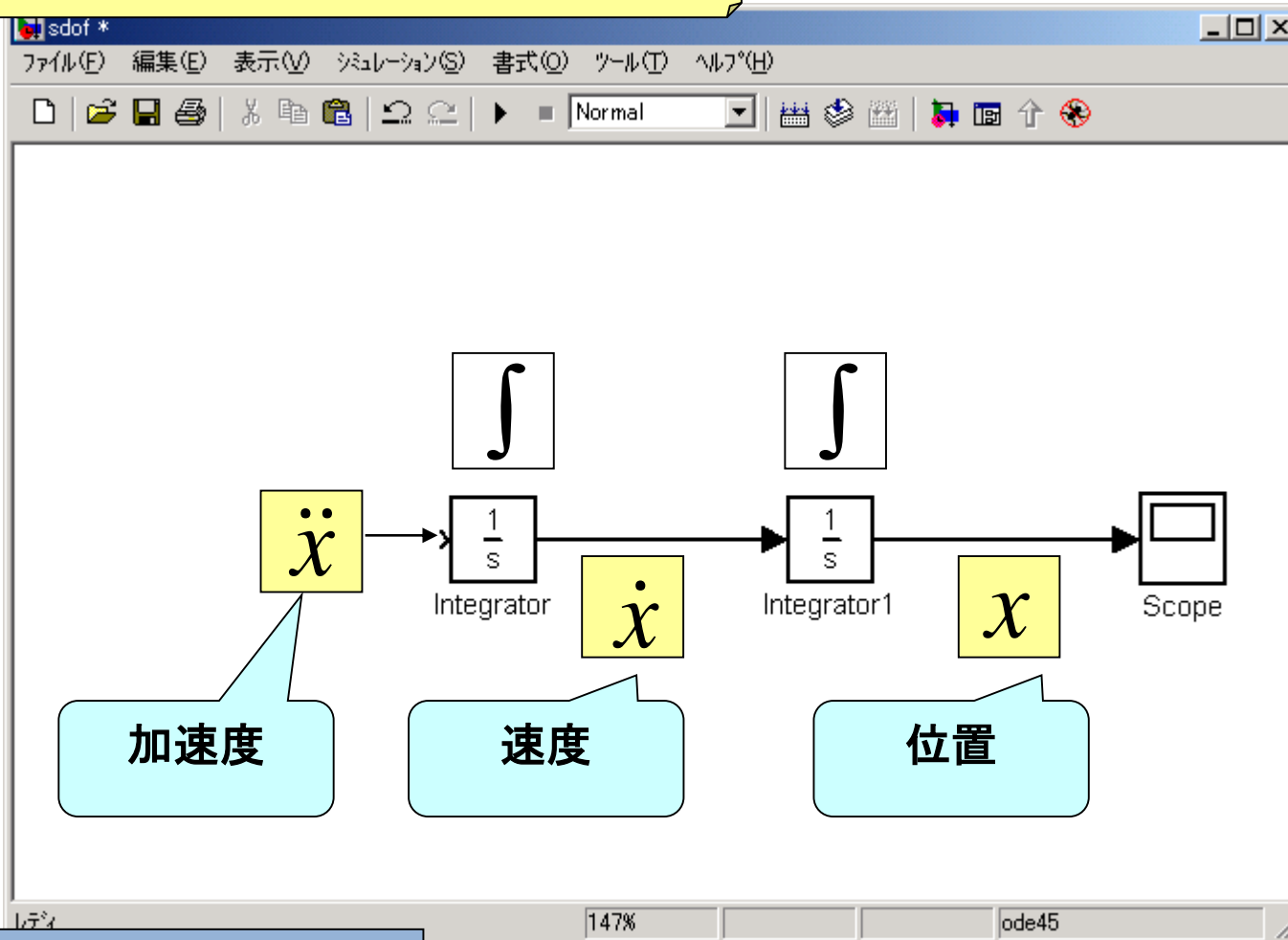
図 機械系ダイナミクスの例(1自由度振動系)

# 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。

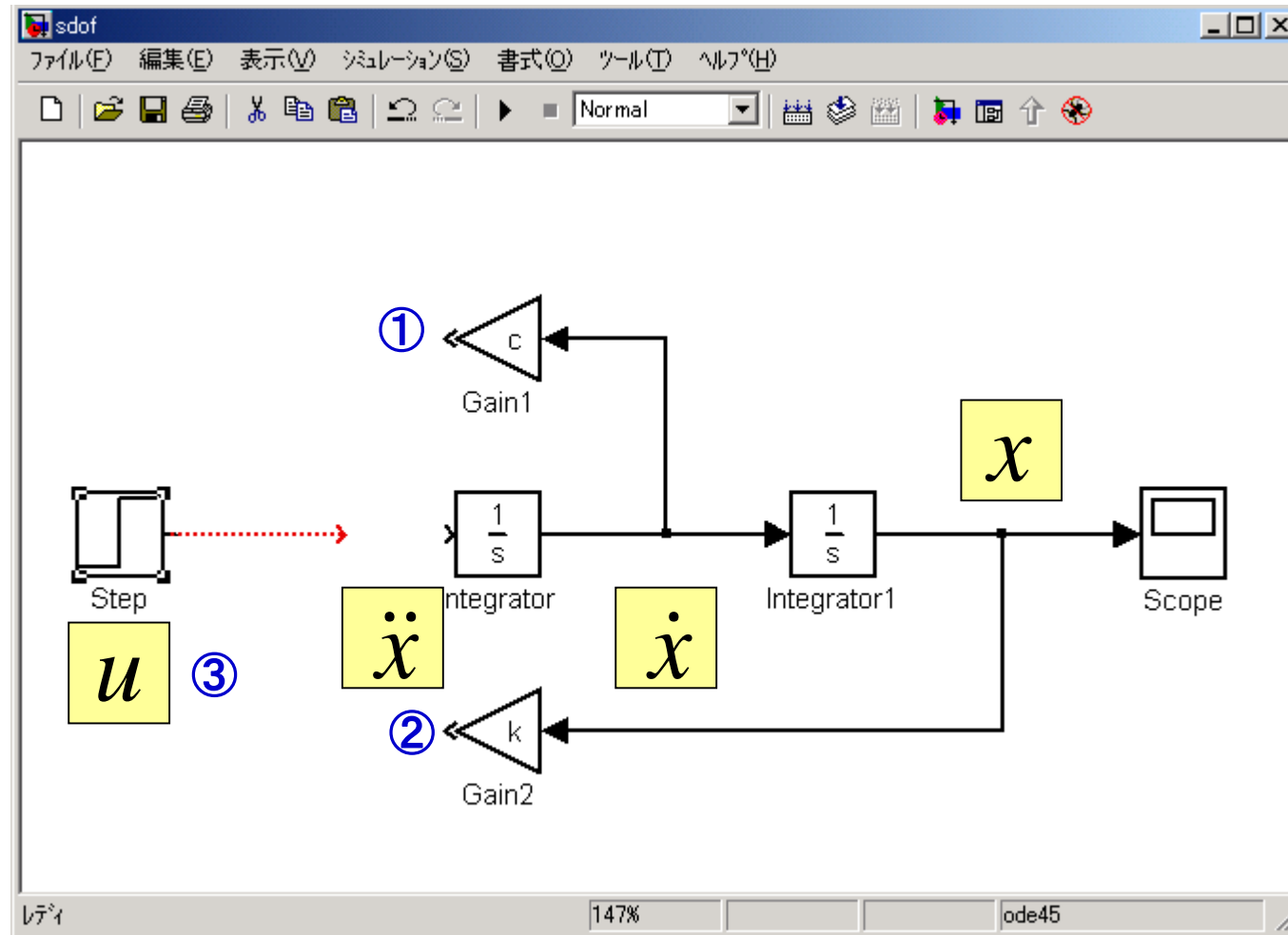
# STEP1 微積分変数の位置関係



2階の微分方程式

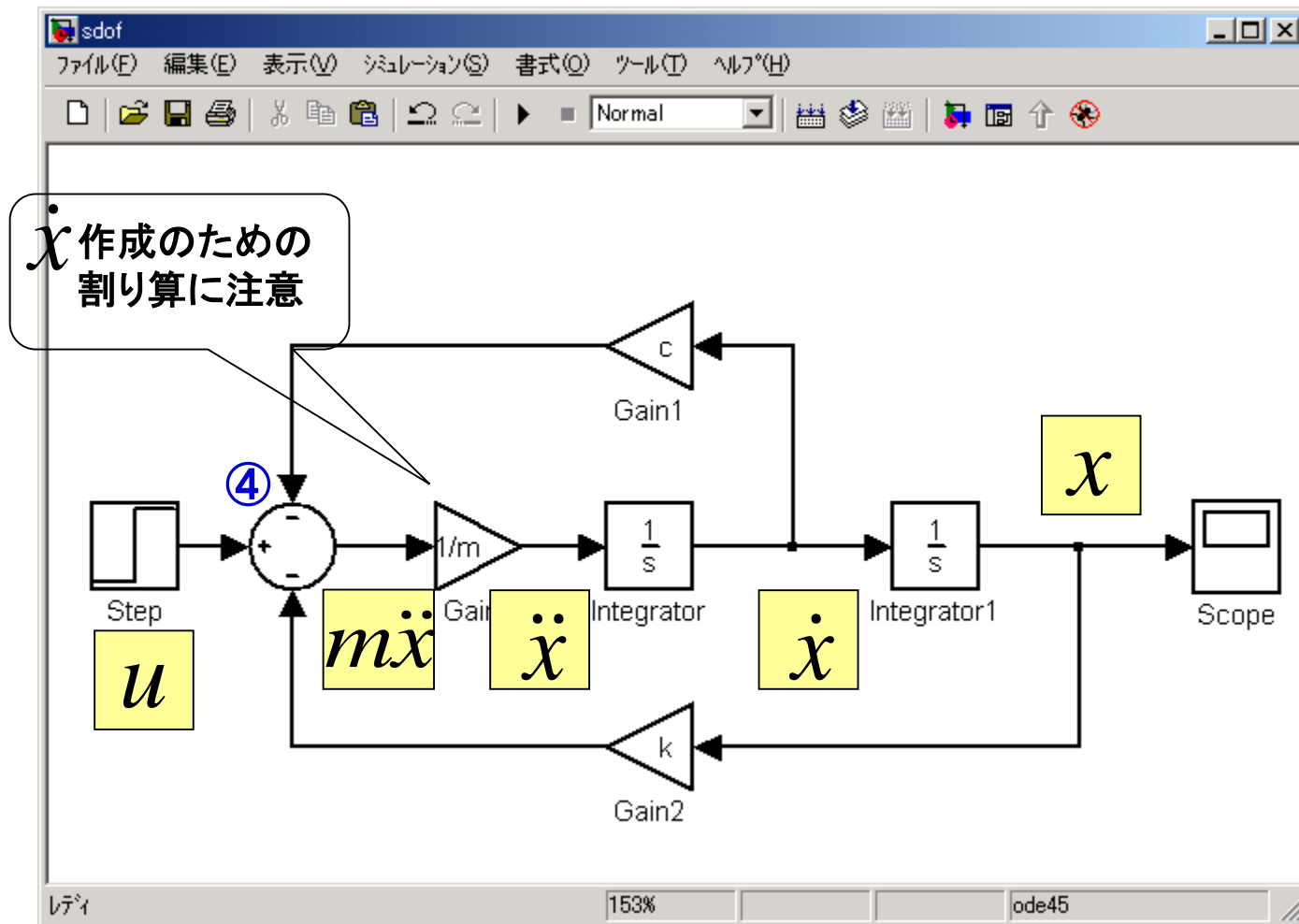
## STEP2 右辺 各項の要素 作成

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

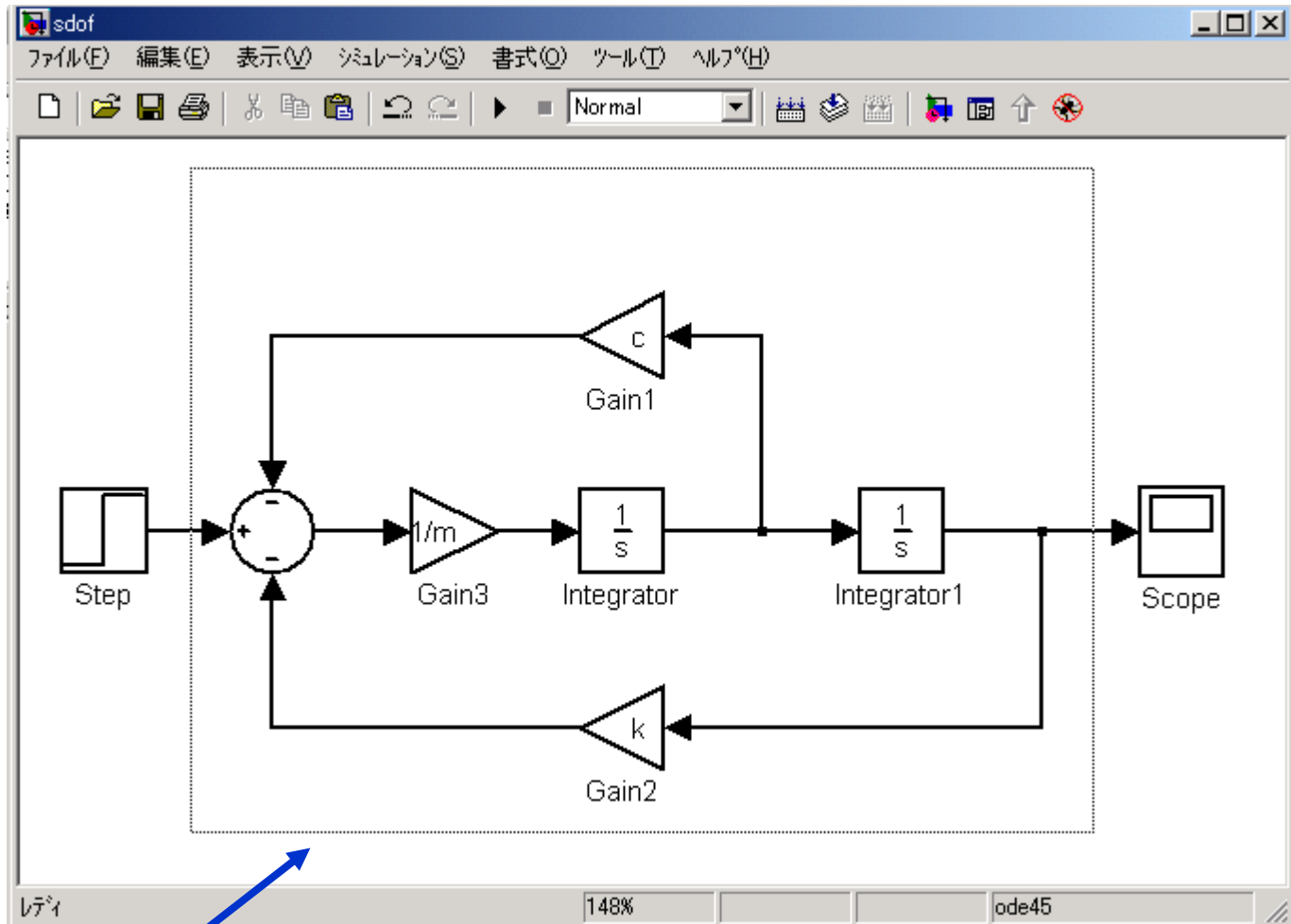


### STEP3 左辺と右辺の整合性

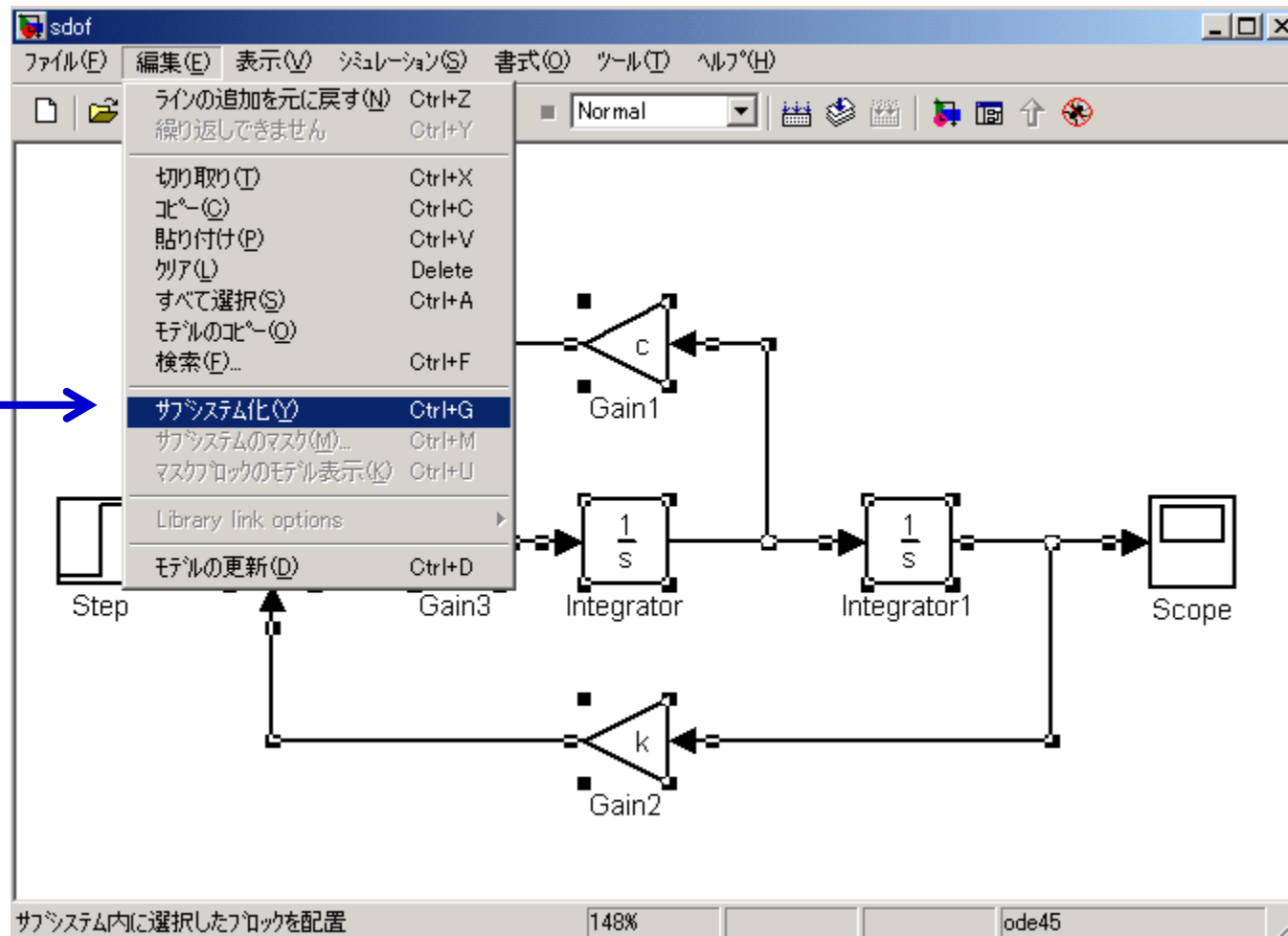
$$\textcircled{4} \quad \underline{m\ddot{x}} = -(c\dot{x}) - (kx) + u$$



# サブシステム化

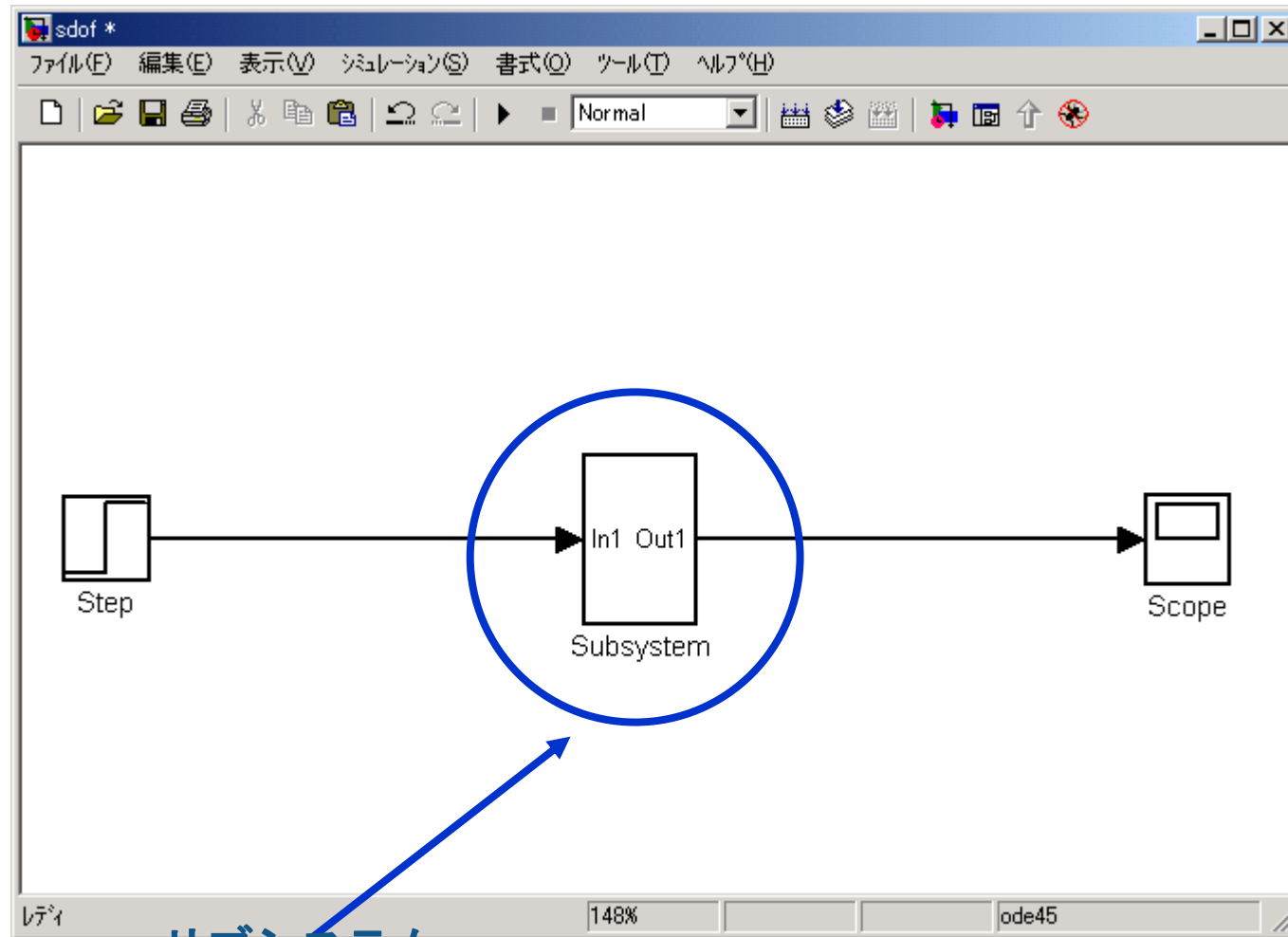


サブシステム化したい箇所を選択(マウス左クリック 範囲指定)



編集→サブシステム化





サブシステム

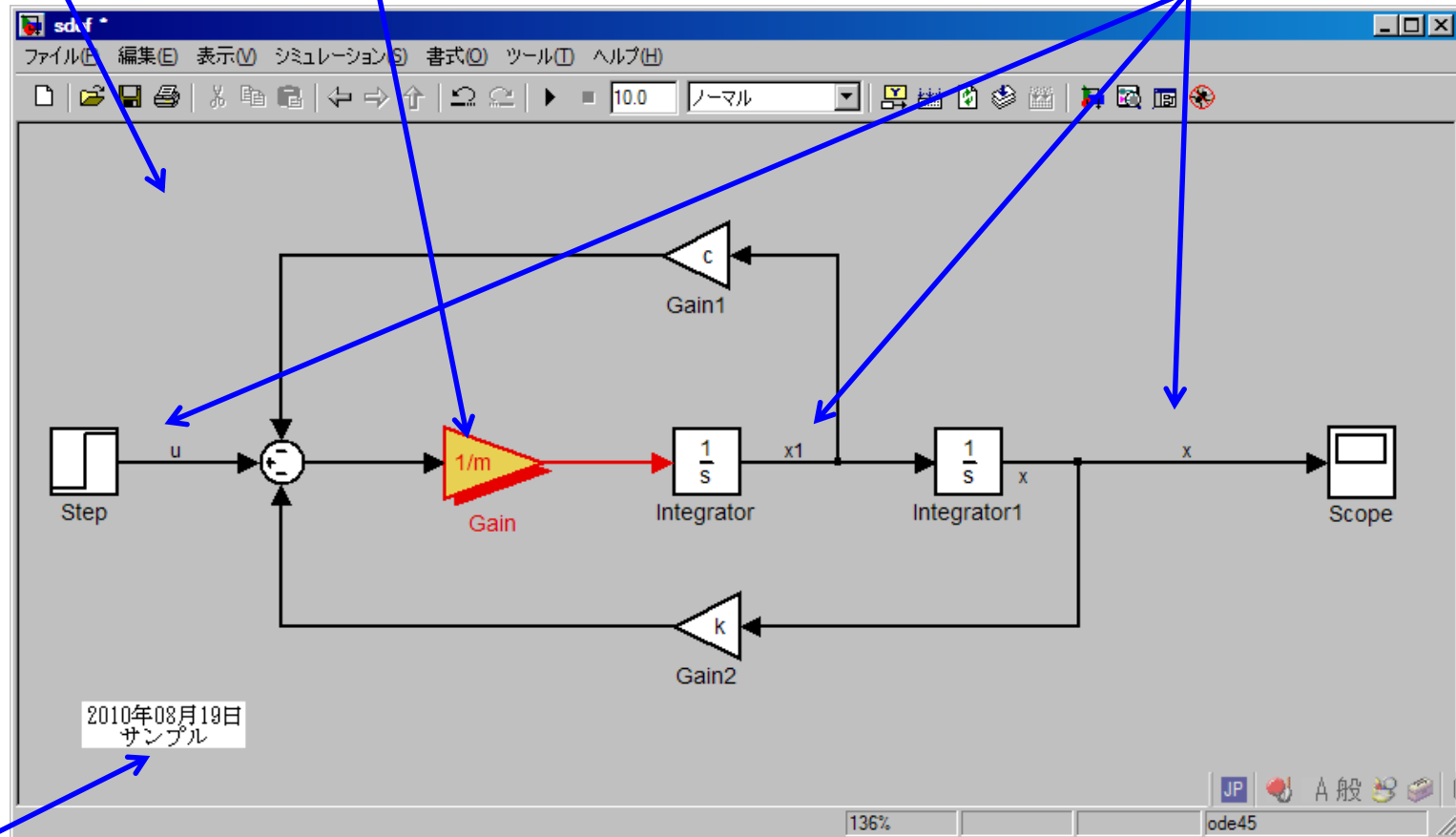
ダブルクリックでモデル表示

# 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

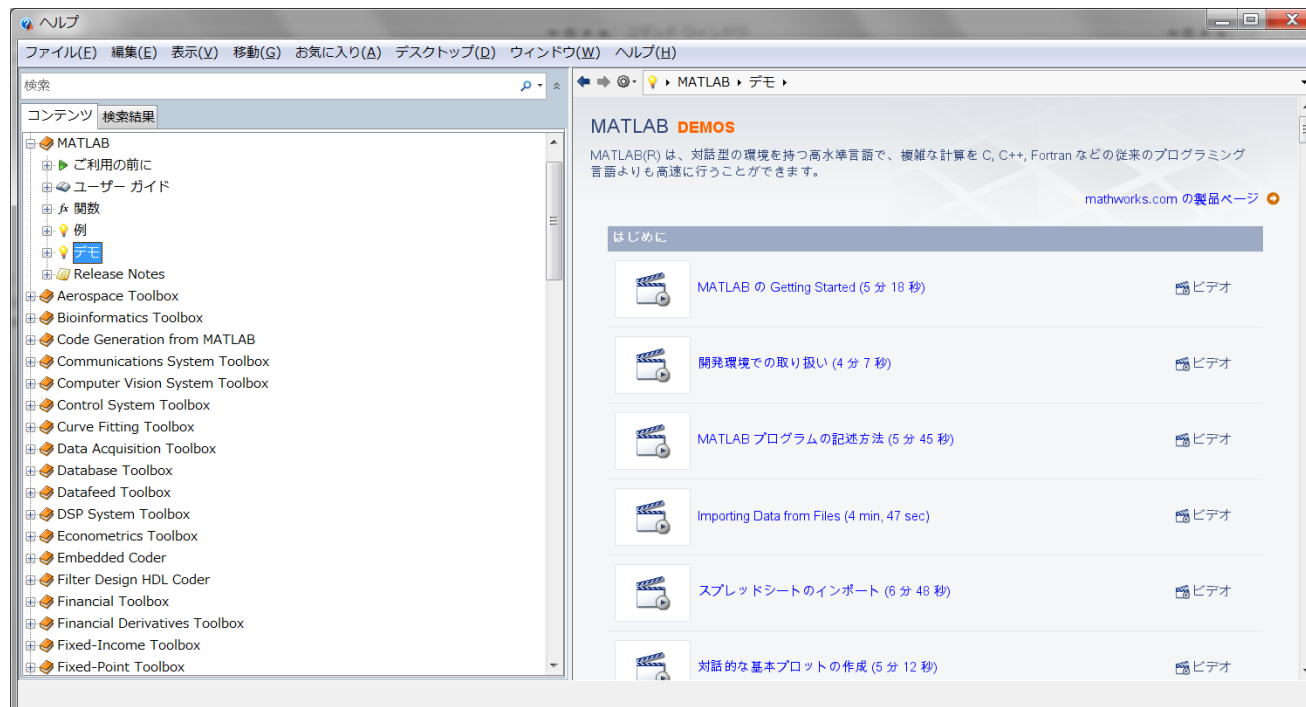


テキスト挿入

# 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]`

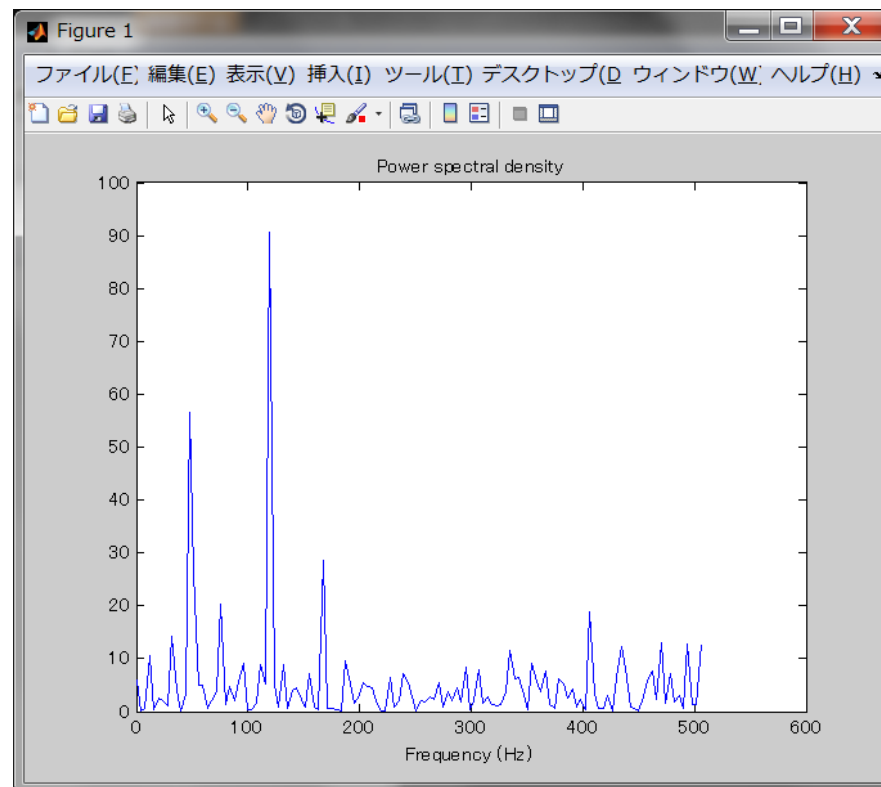
各ツールのユーザーガイド  
関数  
例  
デモなどが見れる。



# MATLAB

## 参考になりそうな標準デモ(1)

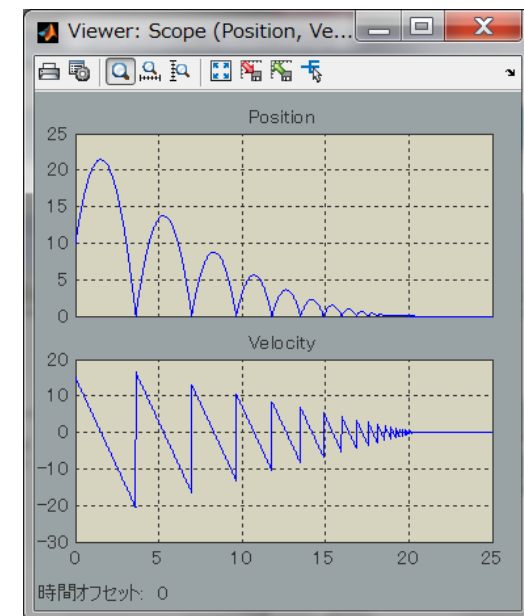
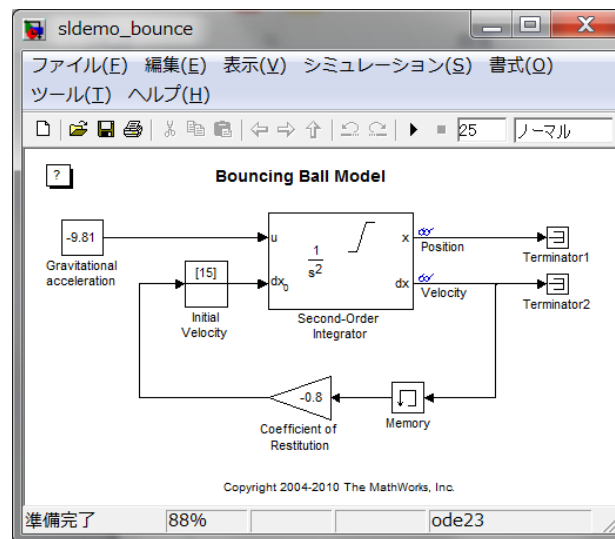
- デモ名 : スペクトル解析のための FFT
- ファイル名 : fftdemo.m



# Simulink

## 参考になりそうな標準デモ(1)

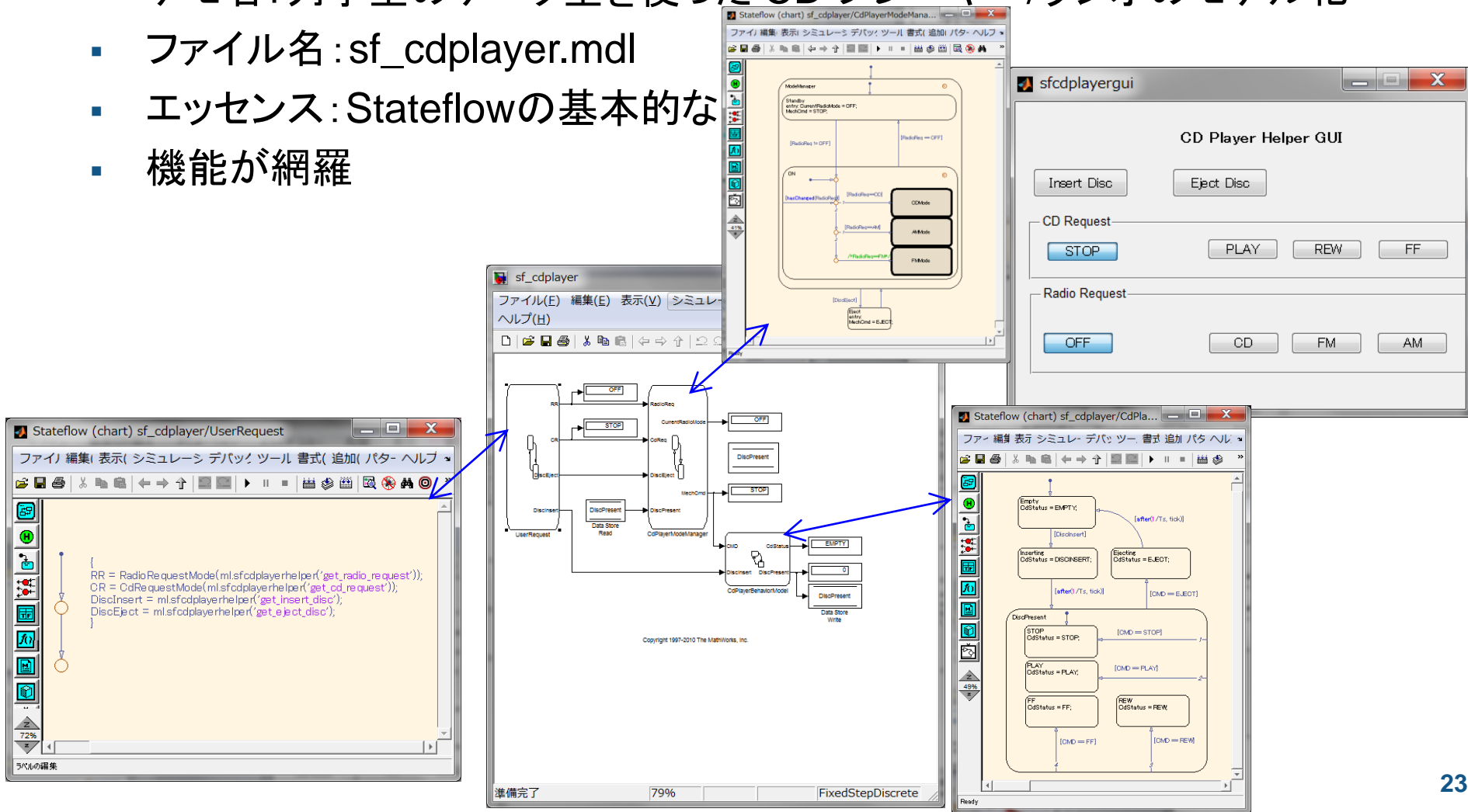
- デモ名: 跳ねるボールのシミュレーション
- ファイル名: sldemo\_bounce.mdl
- エッセンス: 連続系(sの世界)のモデリングが理解できる。



# Stateflow

## 参考になりそうな標準デモ(1)

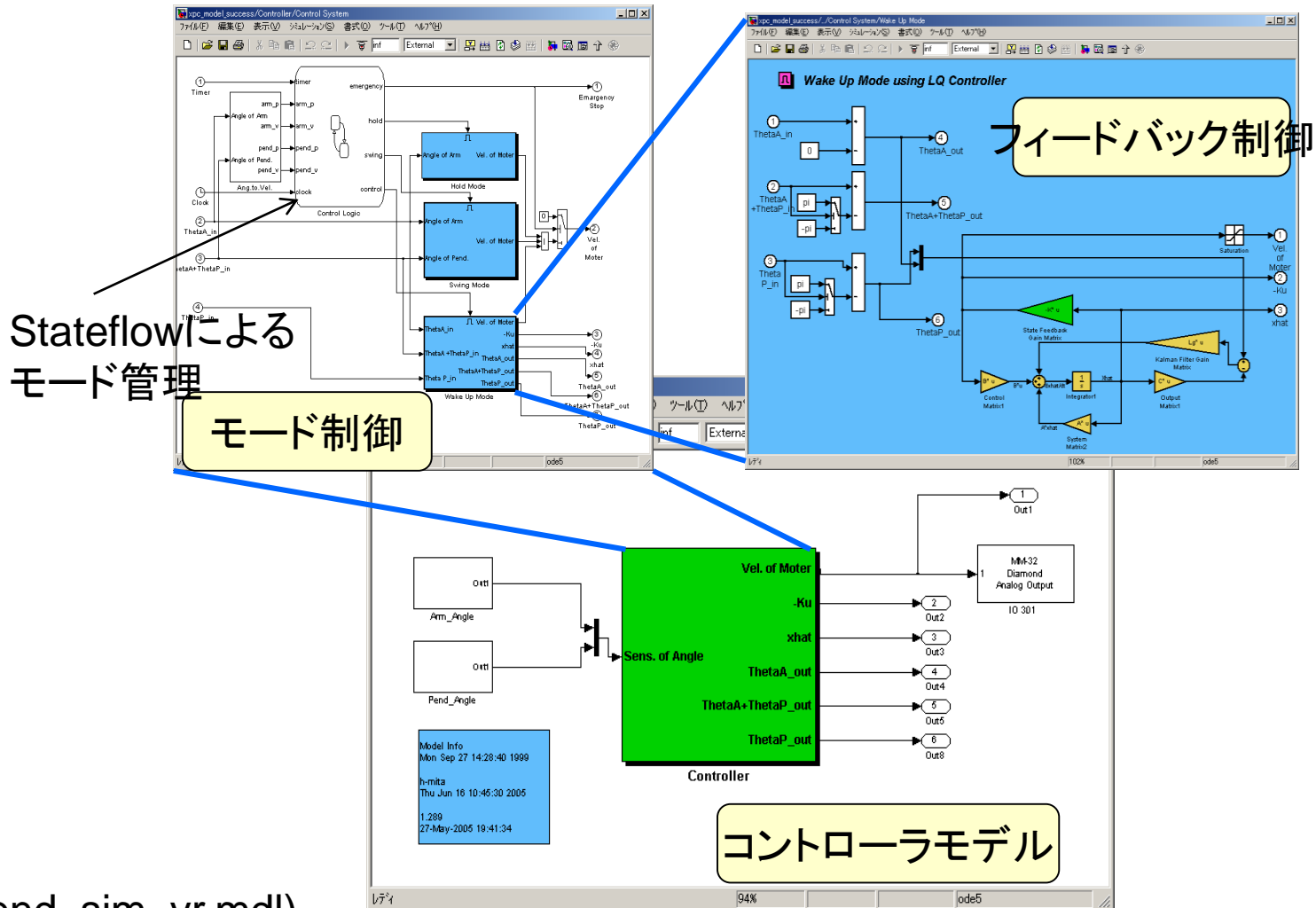
- デモ名: 列挙型のデータ型を使った CD プレーヤー/ラジオのモデル化
- ファイル名: sf\_cdplayer.mdl
- エッセンス: Stateflowの基本的な
- 機能が網羅



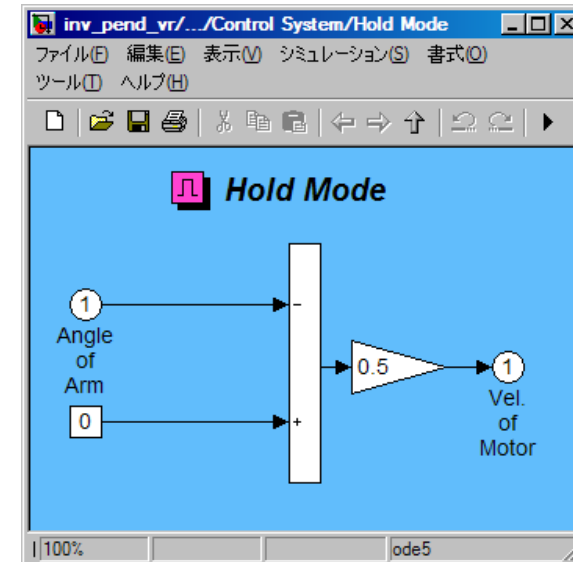
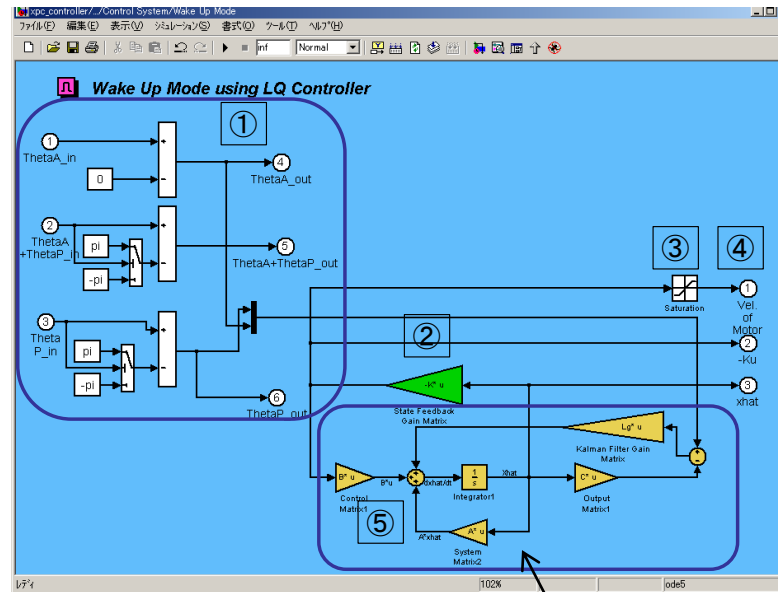
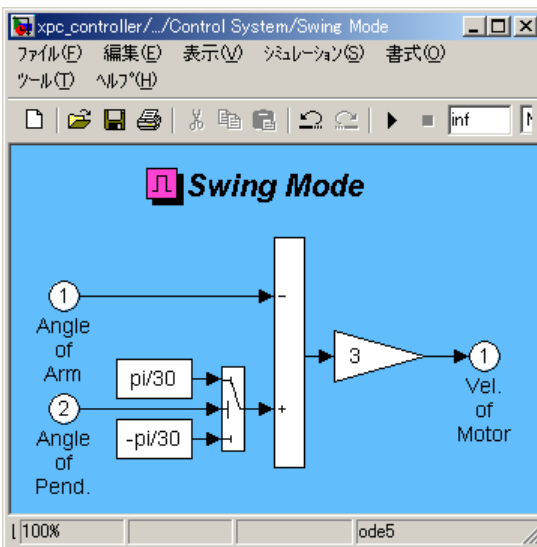
# Stateflow

## 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



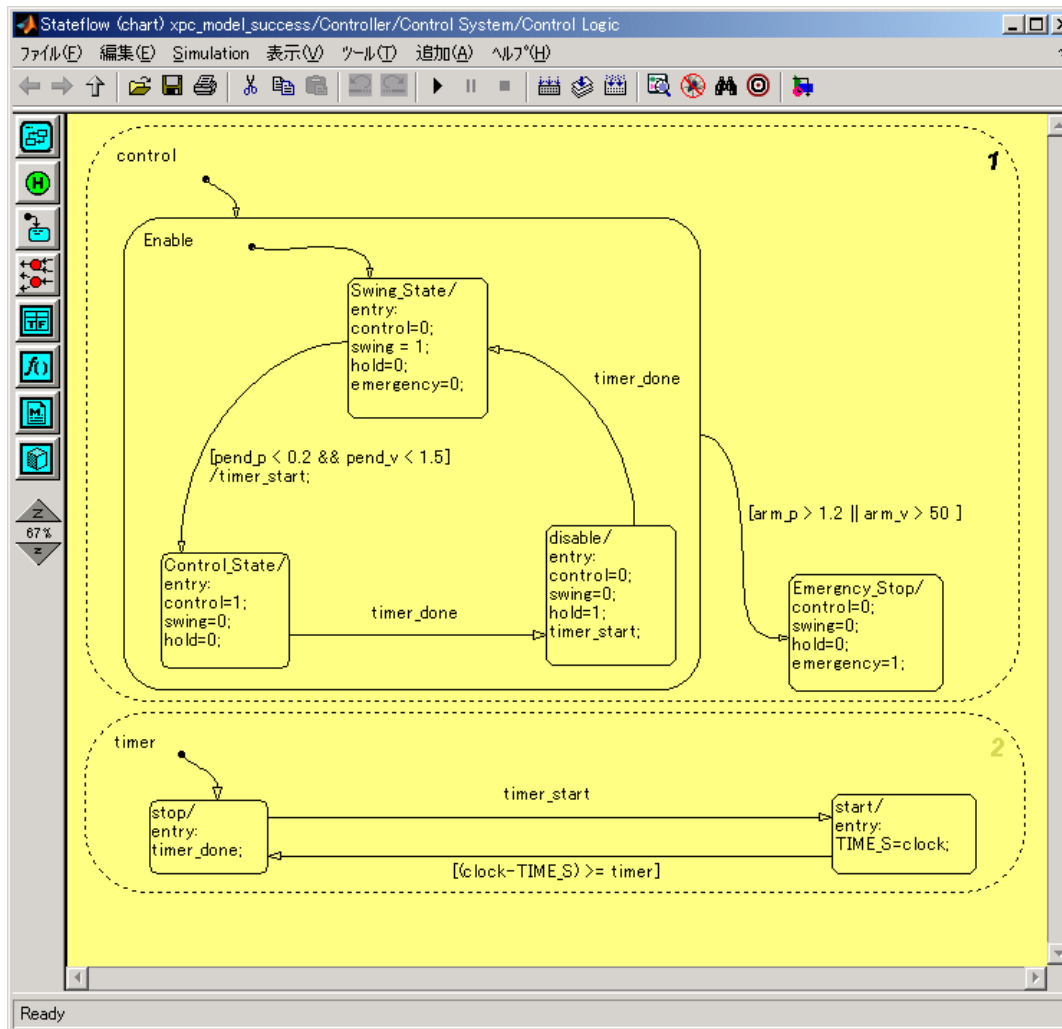
最適レギュレータと  
オブザーバ

- [1] Swingモード: 腕(Arm)を定周期で左右に振り、振子(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: 振子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

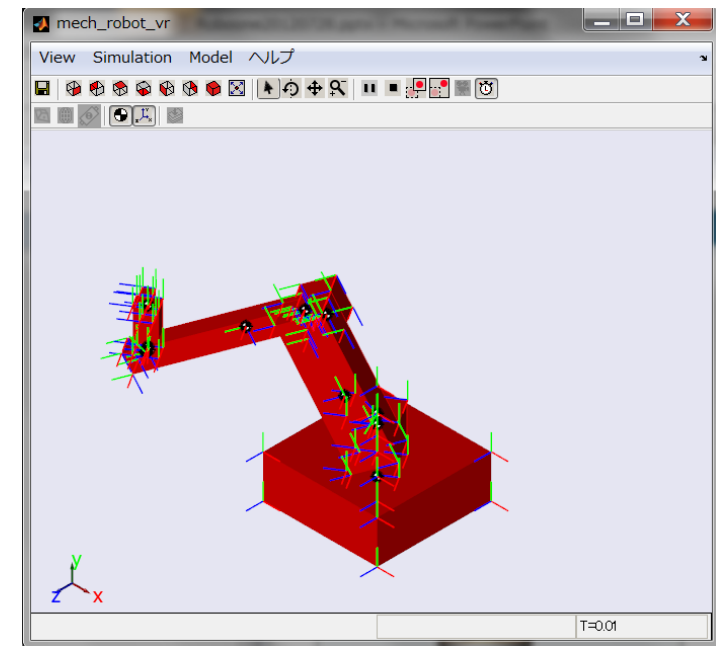
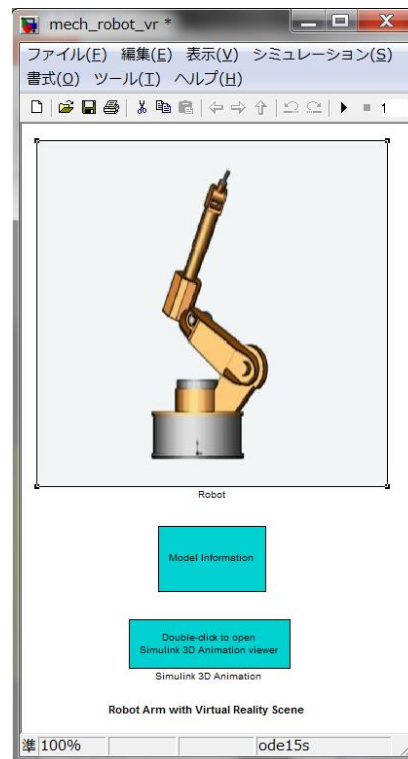
## Stateflowによるモード管理ロジック



# SimMechanics First Generation

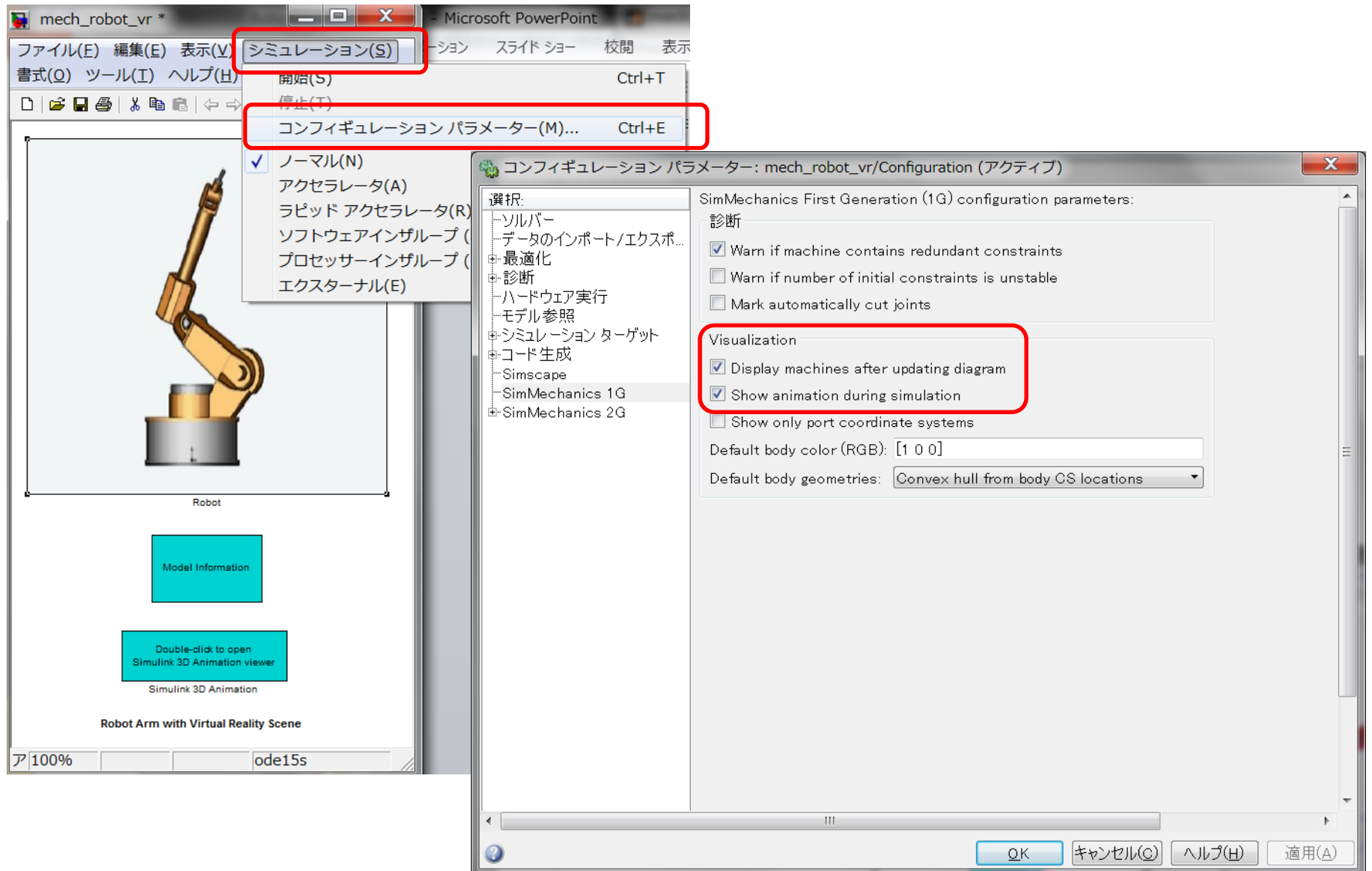
## 参考になりそうな標準デモ(1)

- 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 screenshot displays the MATLAB/Simulink environment with the 'mech\_robot\_vr' model open. The 'Simulation' menu is highlighted, and the 'Configuration Parameters' dialog box is open, showing the 'Visualization' tab. The 'Visualization' tab contains the following settings:

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

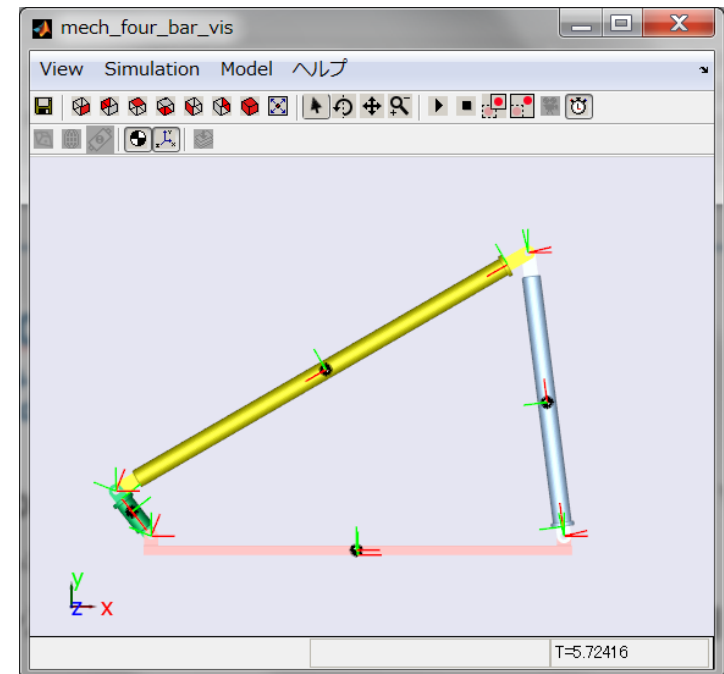
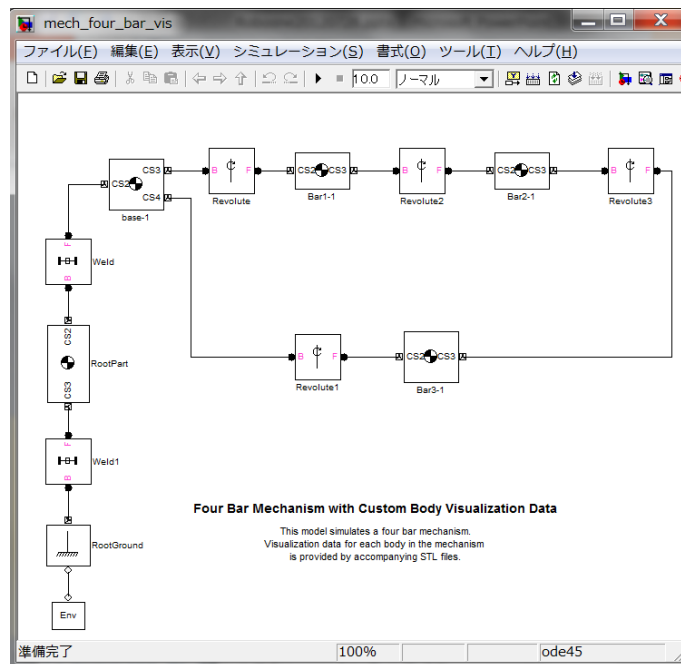
The 'Default body color (RGB)' is set to [1 0 0] and the 'Default body geometries' is set to 'Convex hull from body CS locations'.

The 'mech\_robot\_vr' model window shows a 3D rendering of a robot arm. Below the rendering, there are buttons for 'Model Information' and 'Double-click to open Simulink 3D Animation viewer'. The status bar at the bottom indicates 'ode15s' and '100%' zoom.

# SimMechanics First Generation

## 参考になりそうな標準デモ(1)

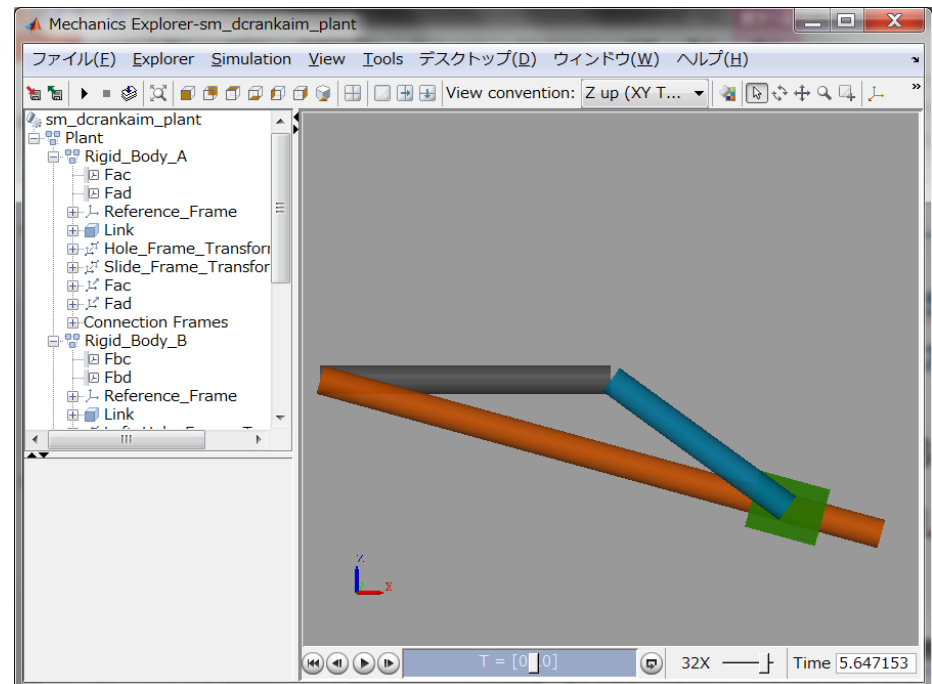
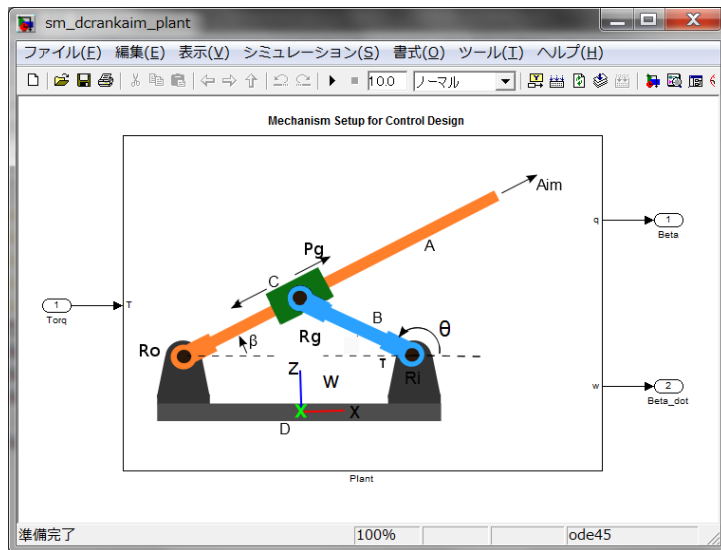
- デモ: Four Bar Mechanism with Custom Body Visualization Data
- ファイル名: mech\_four\_bar\_vis.mdl
- エッセンス: 4リンク、ボディ(剛体)とJoint(関節: 自由度)の関係
- STLファイルの張り方



# SimMechanics Second Generation

## 参考になりそうな標準デモ(1)

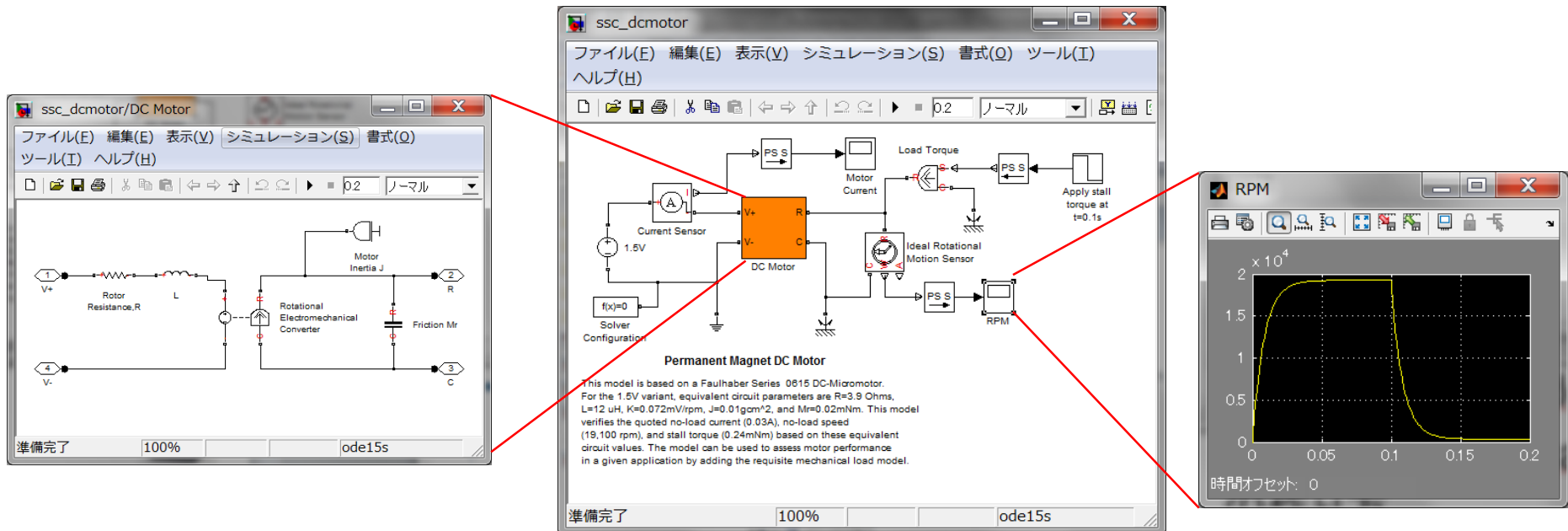
- デモ: How to Build a Model
- ファイル名: sm\_double\_crank\_aiming.m



# Simscape

## 参考になりそうな標準デモ(1)

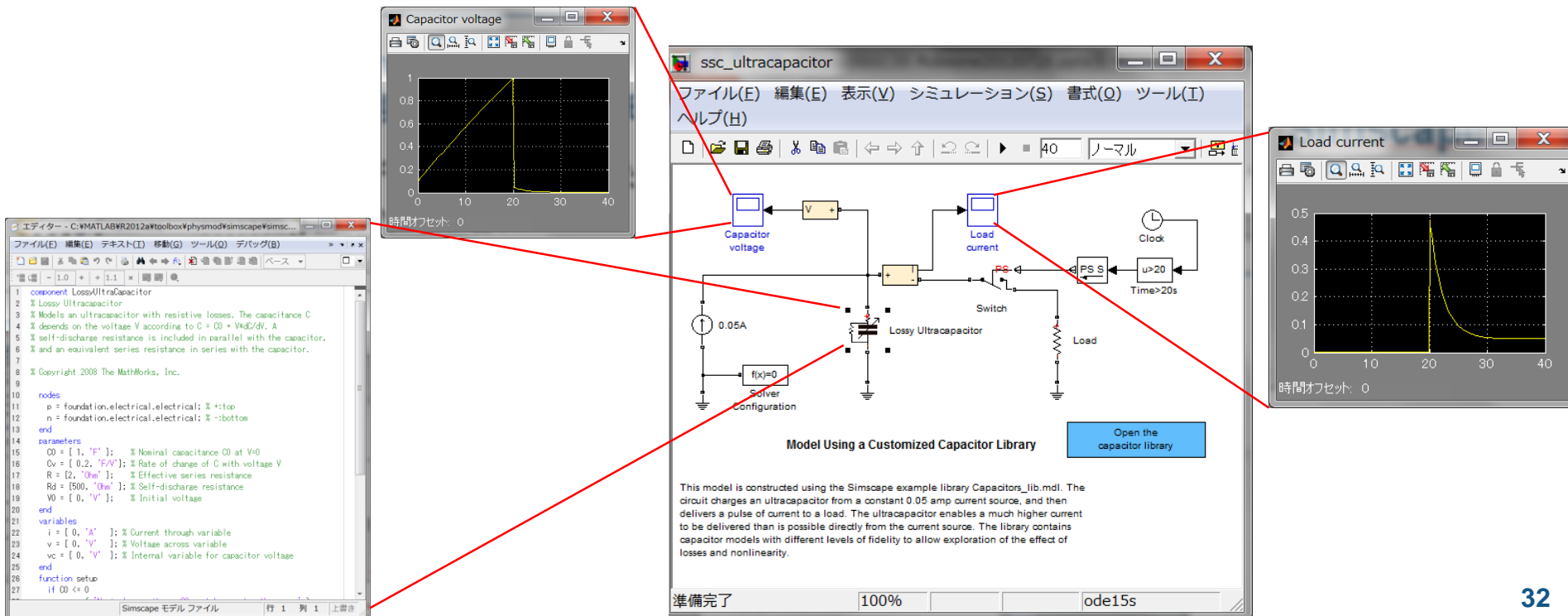
- デモ: 永久磁石DCモータ
- ファイル名: ssc\_dcmotor.mdl
- エッセンス: Simscape標準ブロックでの電気+機械モデルの作り方



# Simscape

## 参考になりそうな標準デモ(2)

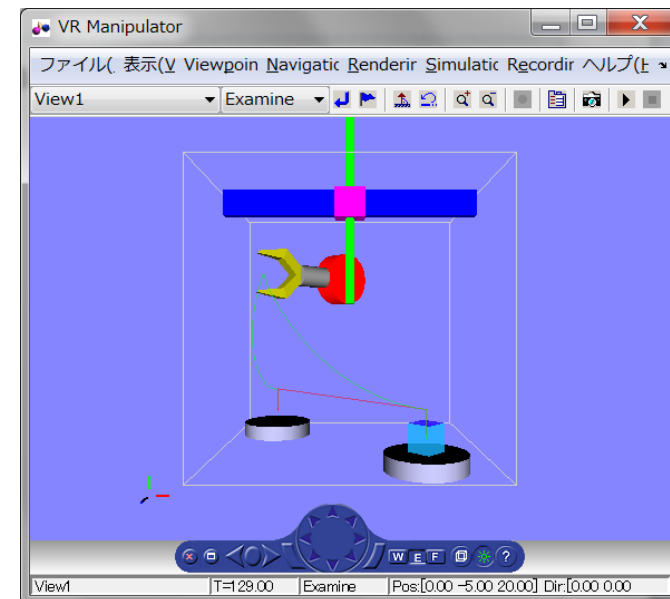
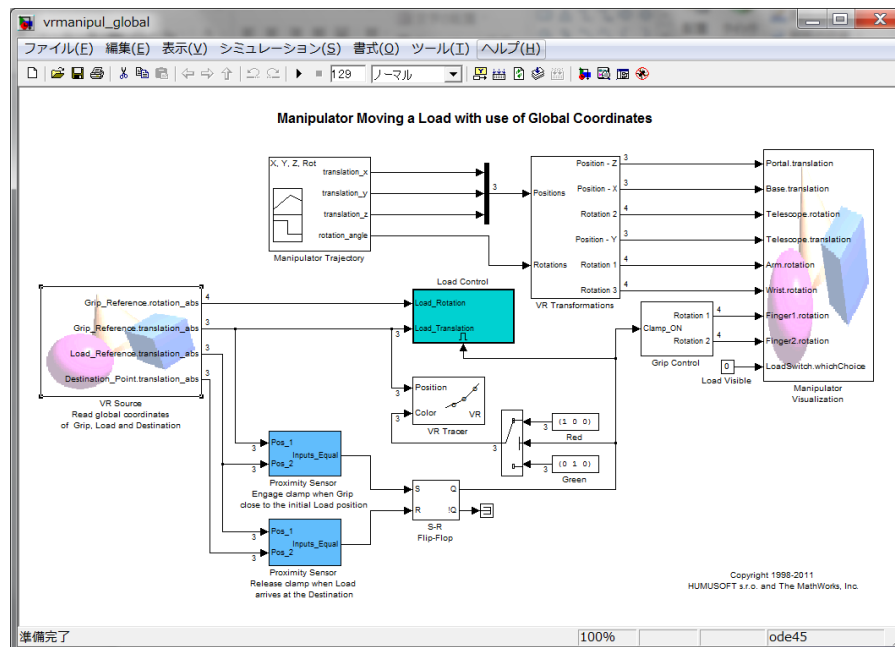
- デモ: カスタマイズしたコンデンサ ライブラリを使ったモデル
- ファイル名: ssc\_ultracapacitor.mdl
- エッセンス: Simscape言語によるオリジナルモデルの作り方



# 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

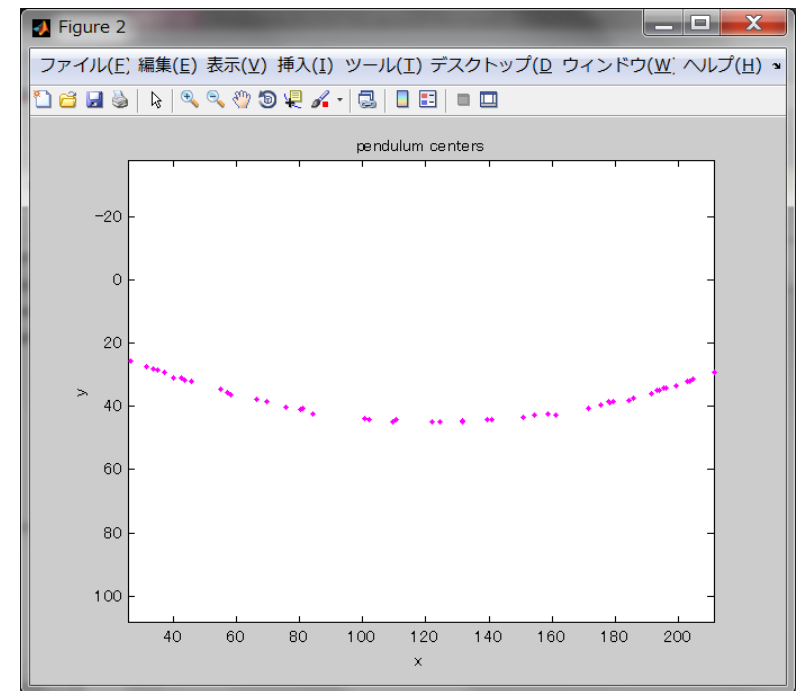
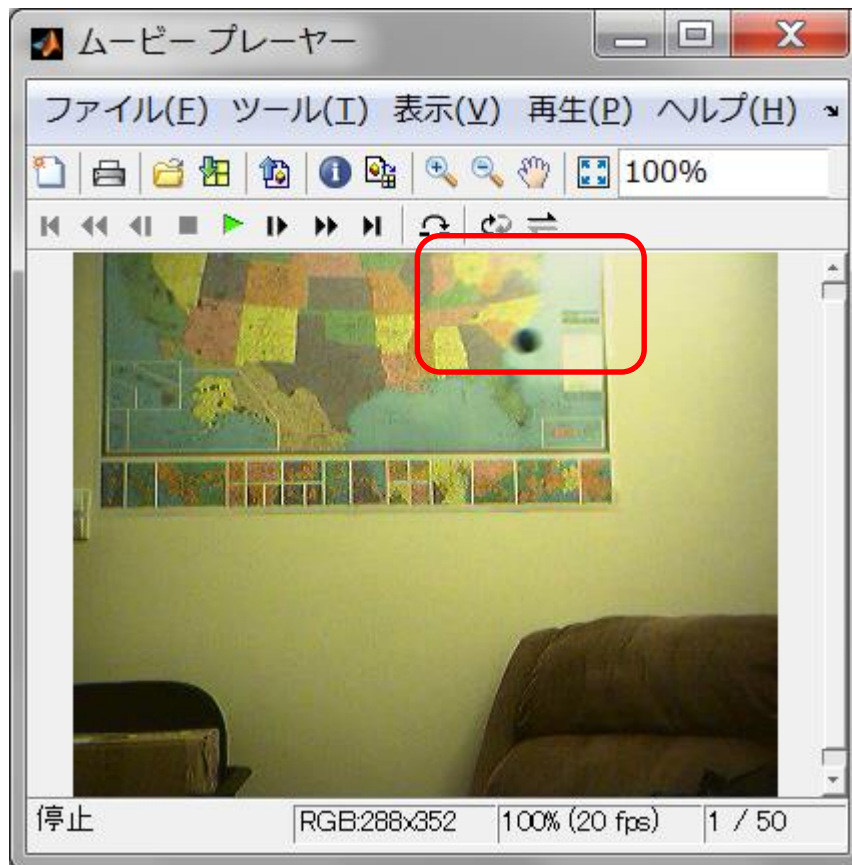




# Image Processing Toolbox

## 参考になりそうな標準デモ(1)

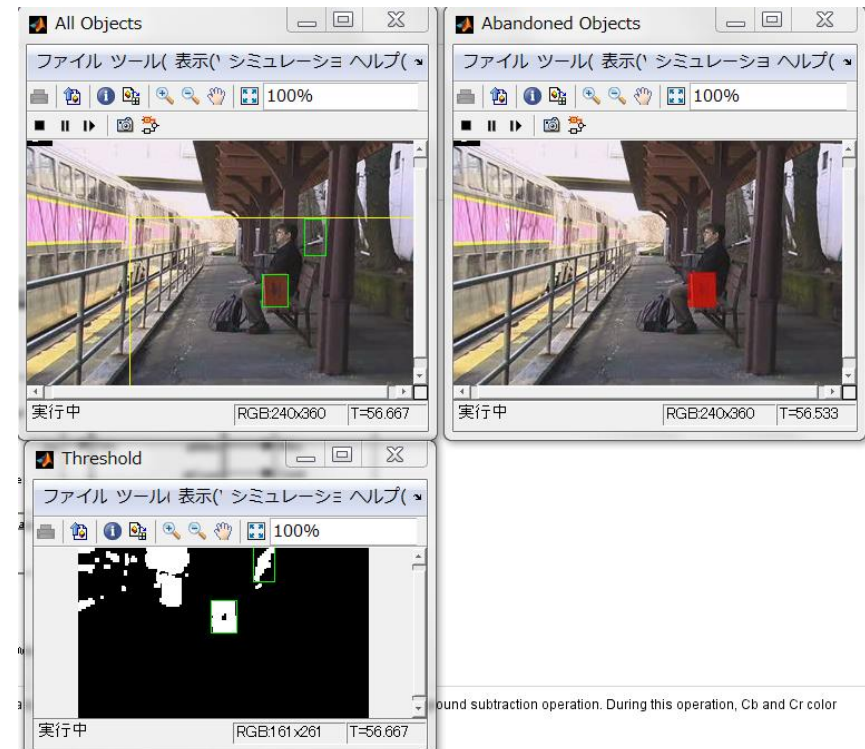
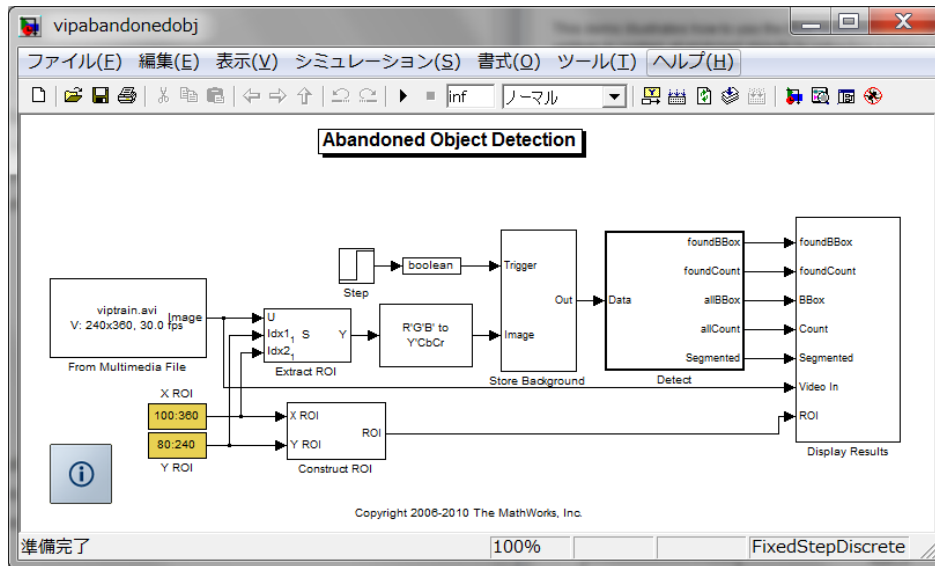
- デモ: 動いている振子の長さを検出
- ファイル名: PendulumLengthExample.m
- エッセンス: 静画像の処理



# 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

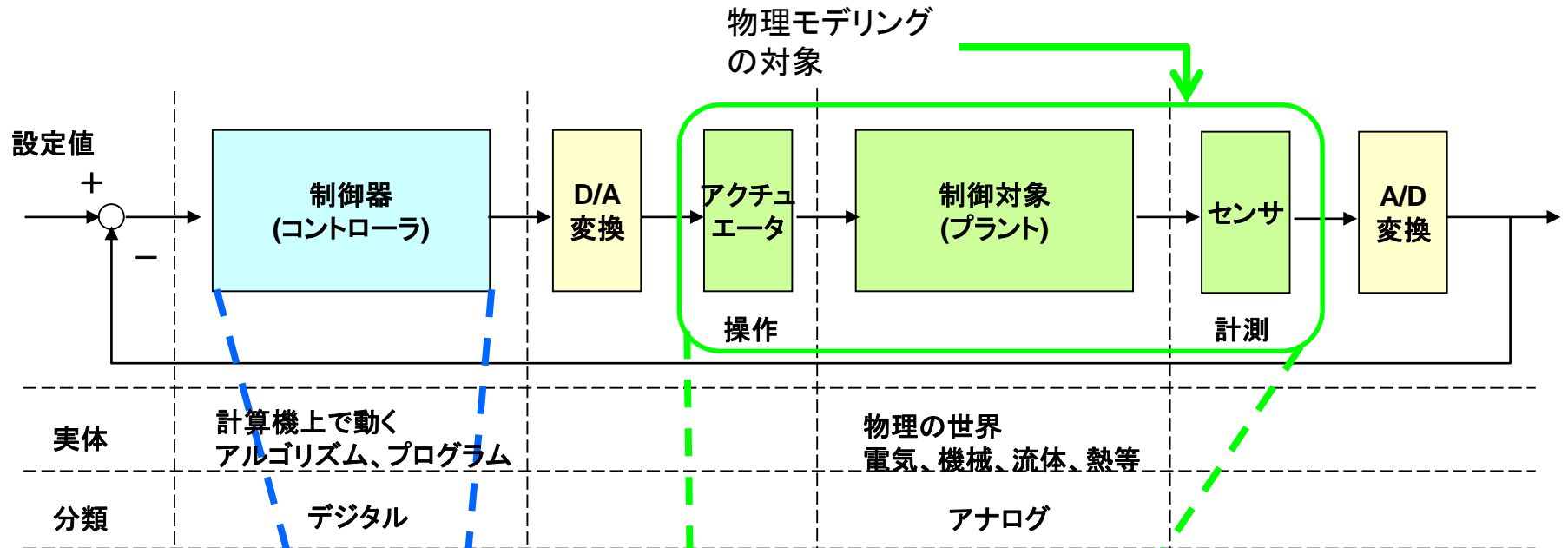
## 4. Simulinkによるサーボモータのモデル化

- サーボモータ
- 例 Dynamixel EX-106+

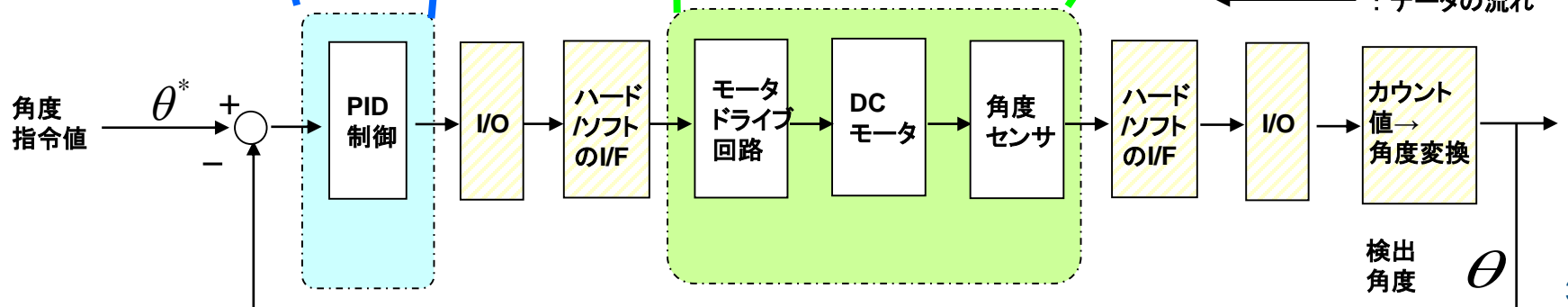


(株)ベストテクノロジー

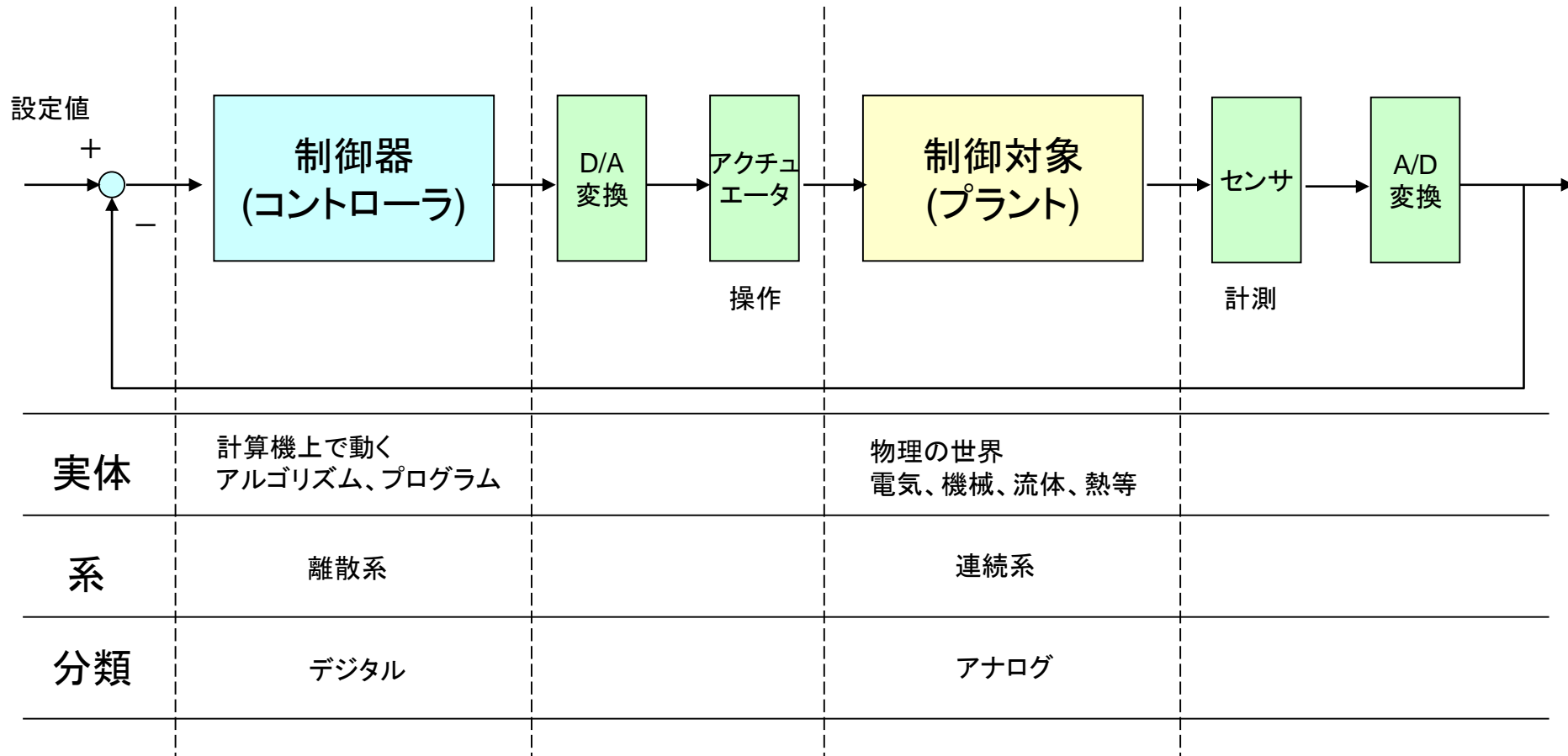
# 一般的なフィードバック制御の構造 (設定値追従制御)



## 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

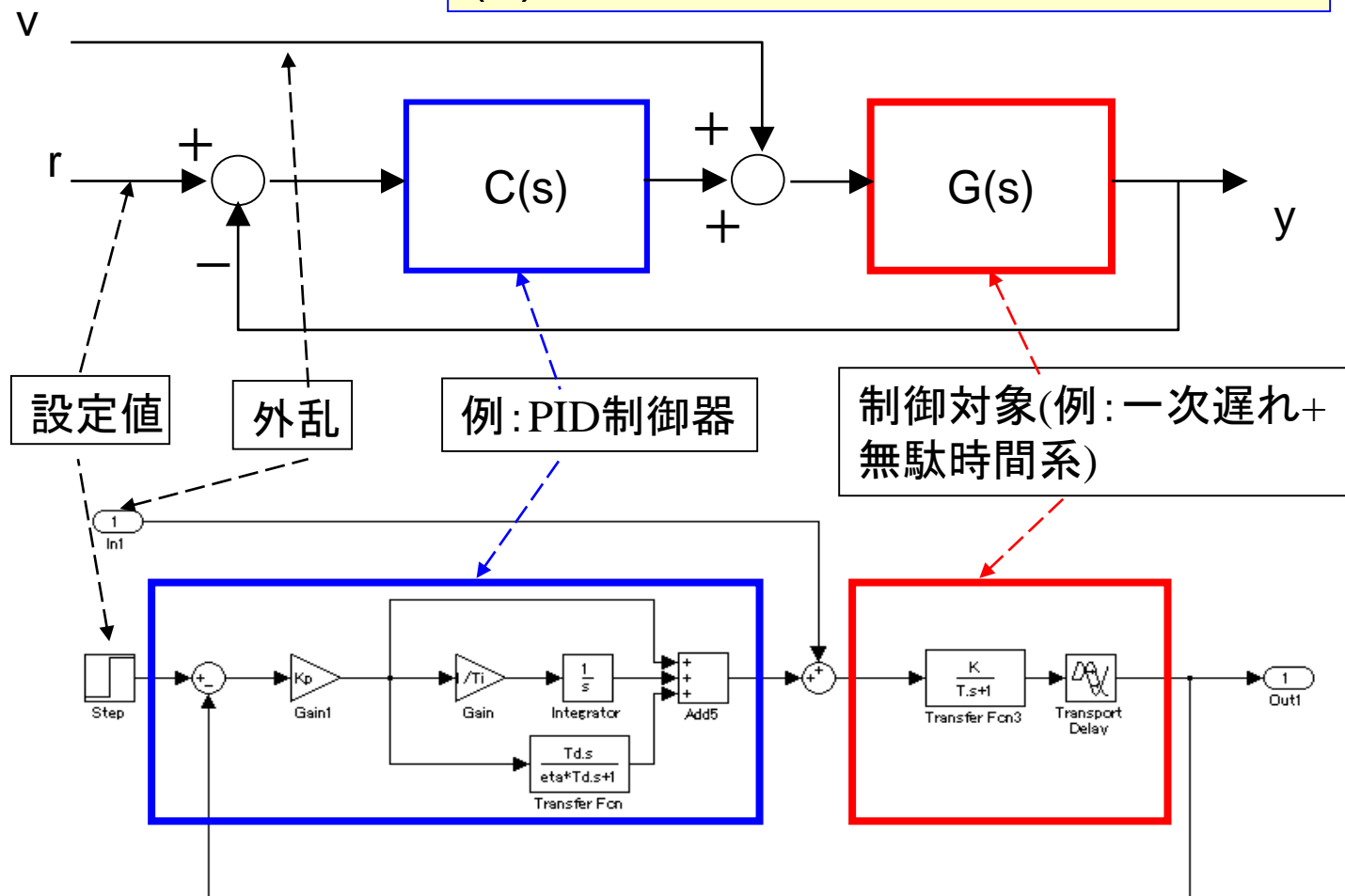


# 簡単にすると

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 · m<sup>2</sup>],  $c$ : 粘性係数[N · m · rad<sup>-1</sup> · s]

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

# モータのモデル (Simulink/Simscape)

電気系モデル

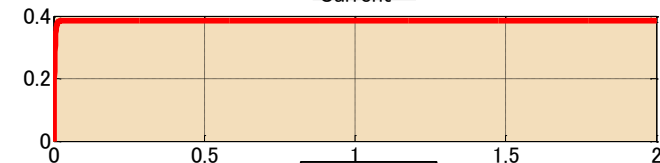
エネルギー  
変換

Simscape

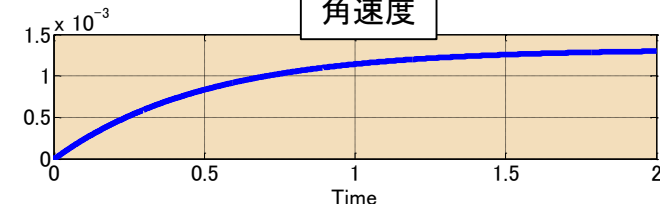
機械系モデル

SimscapeとSimulinkモデル  
シミュレーション結果(ほぼ等価)

電流



角速度



注記: パラメータ値

$V=1.5$ ;  $R=3.9$ ;  $L=12e-3$ ;  
 $K_t=K_e=0.072e-3/(2*\pi/60)$ ;  
 $c=0.2$ ;  $I=0.1$ ;

Simulink



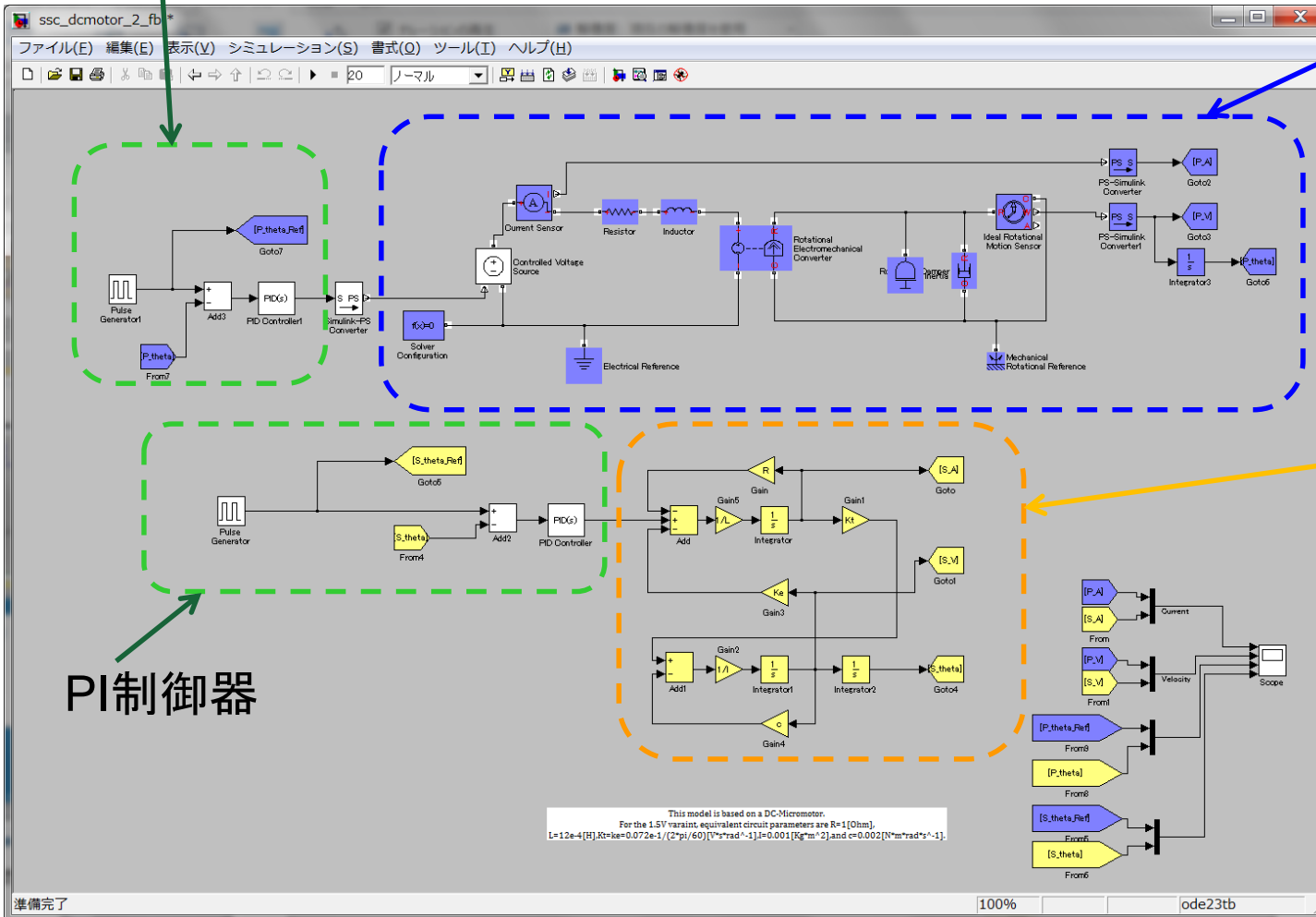
# サーボモータのモデル(連続系)

PI制御器

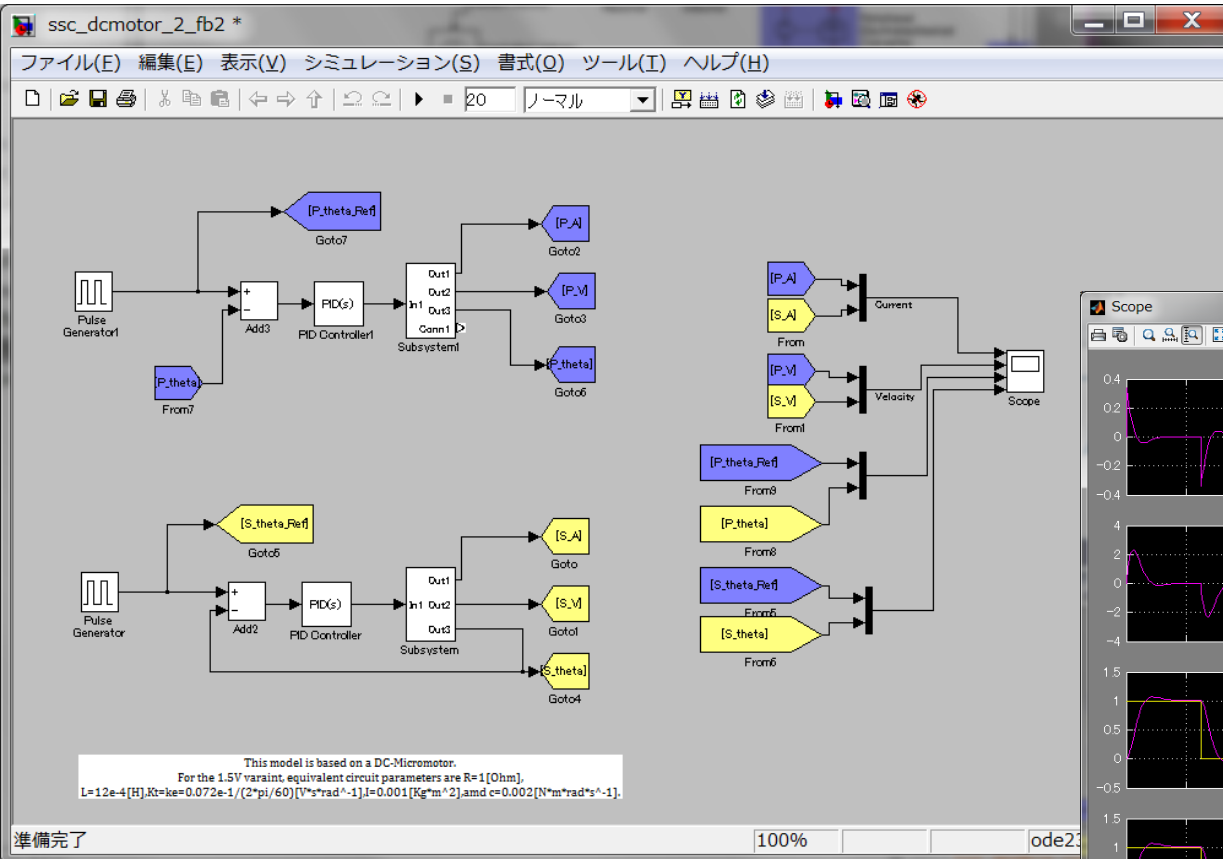
モータ

モータ

PI制御器



# サーボモータのモデル(連続系) Subsystem版

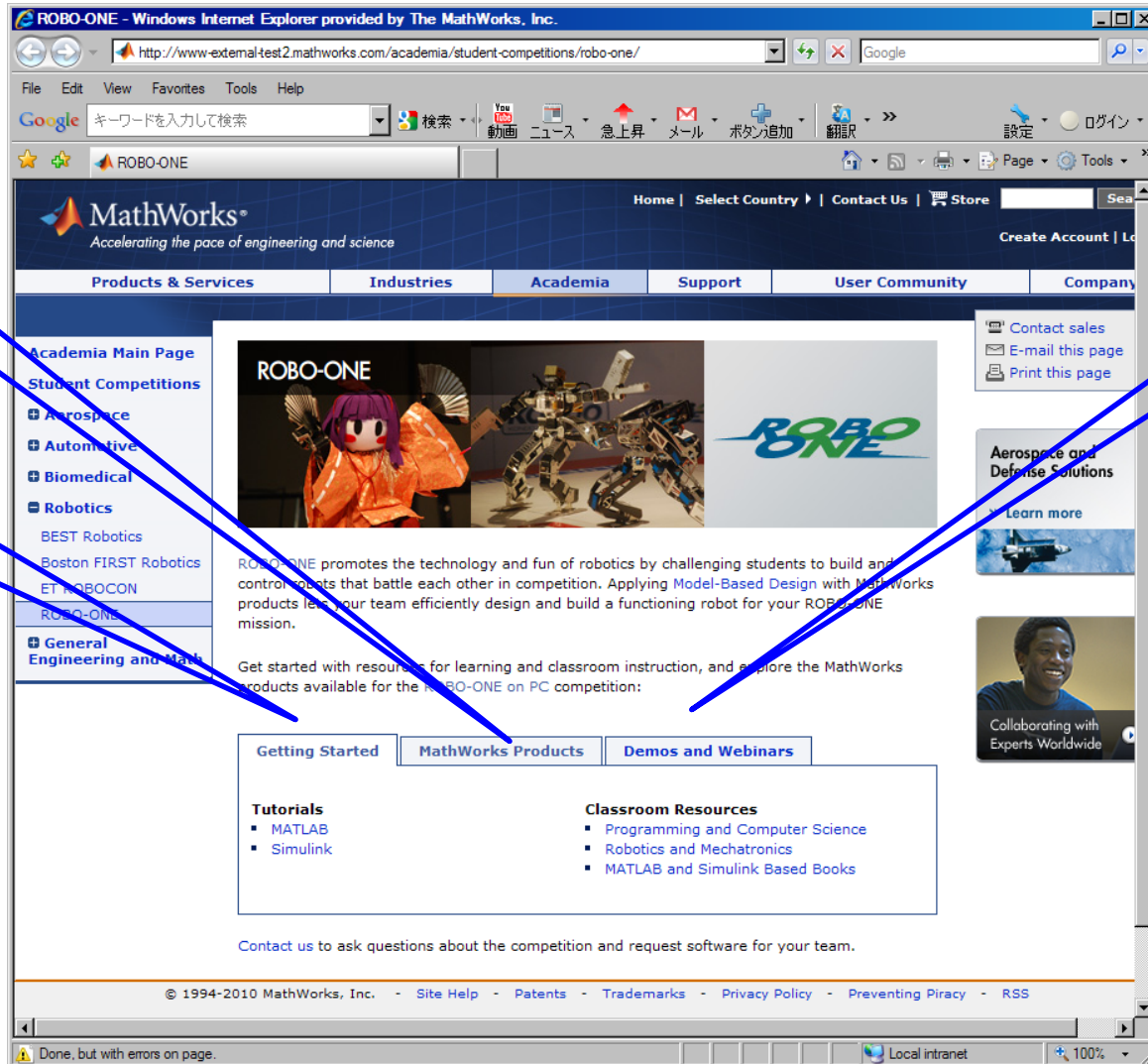


# MathWorksのRobo-One紹介ページ

関連  
プロダ  
クト

初歩

関連  
デモ



ROBO-ONE

MathWorks®  
Accelerating the pace of engineering and science

Home | Select Country | Contact Us | Store | Search

Create Account | Log In

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。