

Robo-剣 Conference 2014/10/04(Sat)

- Robo-剣におけるMATLAB/Simulinkの活用 -

MathWorks Japan

三田宇洋

Robo-剣 Conference

- 10月04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:
 - 13:00-一般社団法人二足歩行ロボット協会理事長挨拶
 - 13:05- ROBO-ONE-Light 上位ロボット製作者
 - 14:00- ROBO-ONE 上位入賞ロボット製作者
 - 15:00- ROBO-ONE 殿堂入りロボット開発者
 - 16:00- ROBO-剣 第一回大会優勝者
 - 17:00- ROBO-剣 開発ツールコンテスト優秀者
 - 17:55-閉会の挨拶

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/>

参考文献の紹介

- [1] 三田,垂直多関節型ロボットの軌道計画におけるモデルベース設計 - SimMechanics によるロボットの機構系モデリングとスプライン曲線による参照軌道の計算
<http://www.mathworks.co.jp/mason/tag/proxy.html?dataid=11792&fileid=58416>, MathWorks Japan,2010
- [2] 三田, 2リンクロボットマニピュレータのDCモータによる位置制御へのモデルベース開発の適用 - 機構系と電気系のマルチドメインモデリングとPID 制御パラメータの最適チューニング -
<http://www.mathworks.co.jp/mason/tag/proxy.html?dataid=11791&fileid=61536>, MathWorks Japan,2010
- [3] ベストテクノロジー社,ホームページ, <http://www.besttechnology.co.jp/index.php>,ベストテクノロジー社
- [4] ベストテクノロジー社,技術資料, <http://www.besttechnology.co.jp/index.php> ,ベストテクノロジー社
- [5] 三田編著、高島、宅島、田中著:MATLAB/Simulinkとモデルベース設計による2足歩行ロボット・シミュレーション, 2007, 毎日コミュニケーションズ社

注:[1],[2]は、本競技に大いに参考になります。

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。

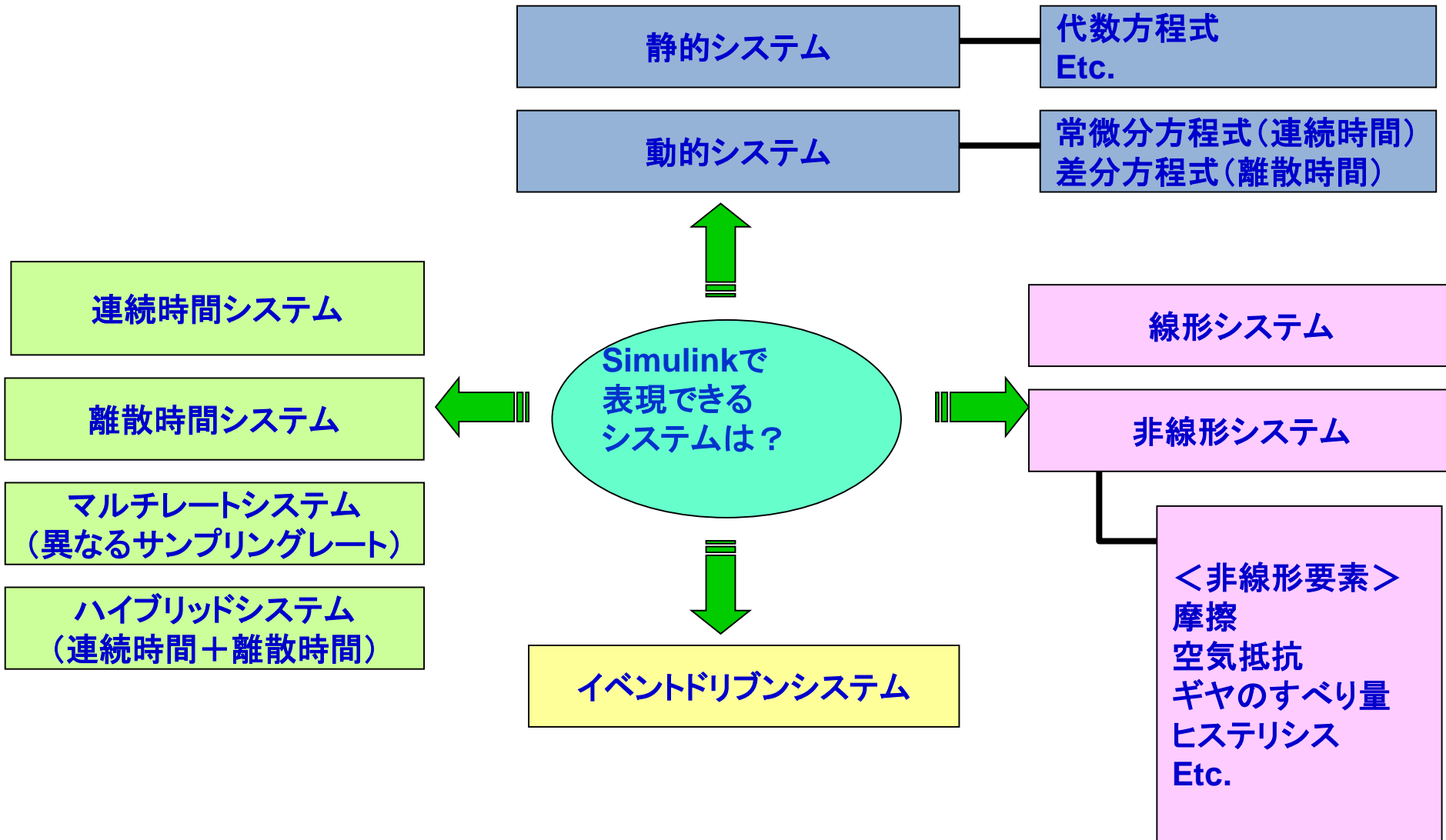


MATLABの特徴

- 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



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

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

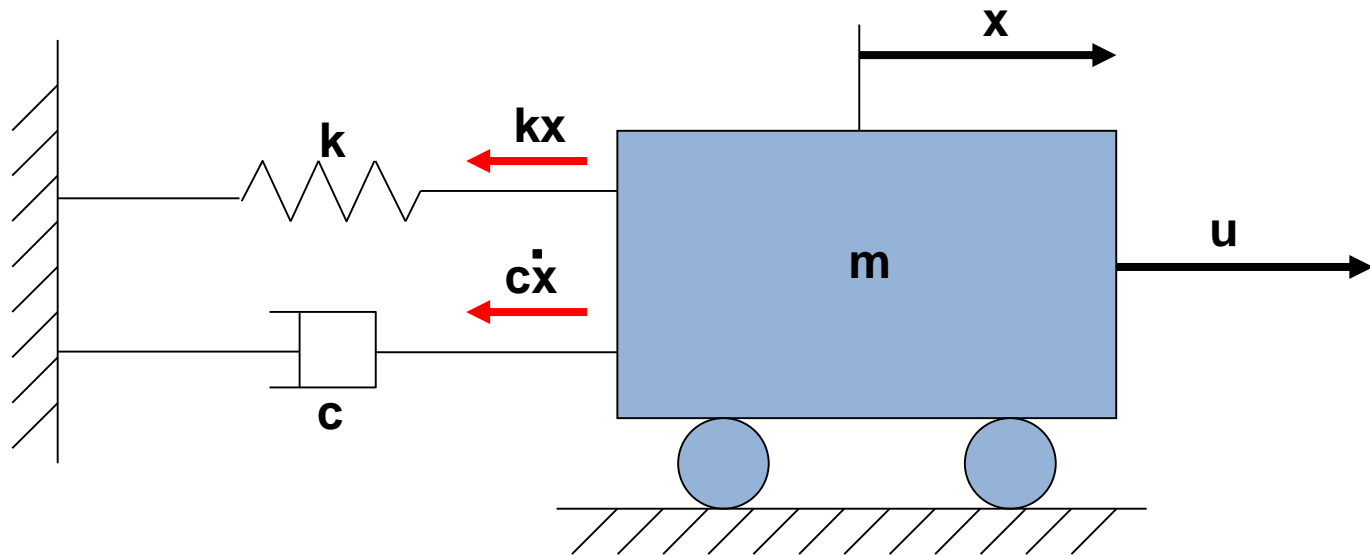
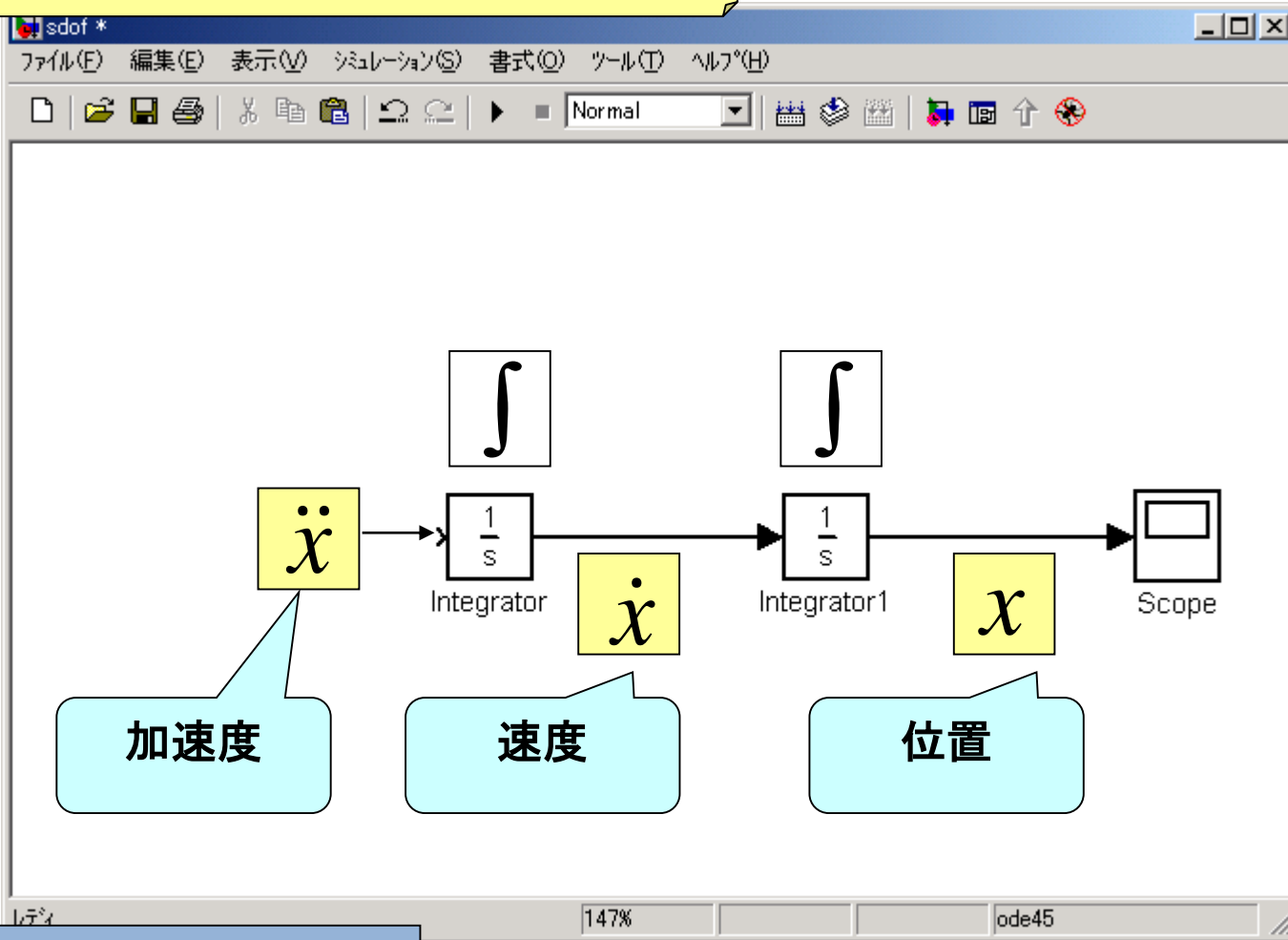
初期値は $\ddot{x}(0) = 0, \dot{x}(0) = 0, x(0) = 0$ とする。

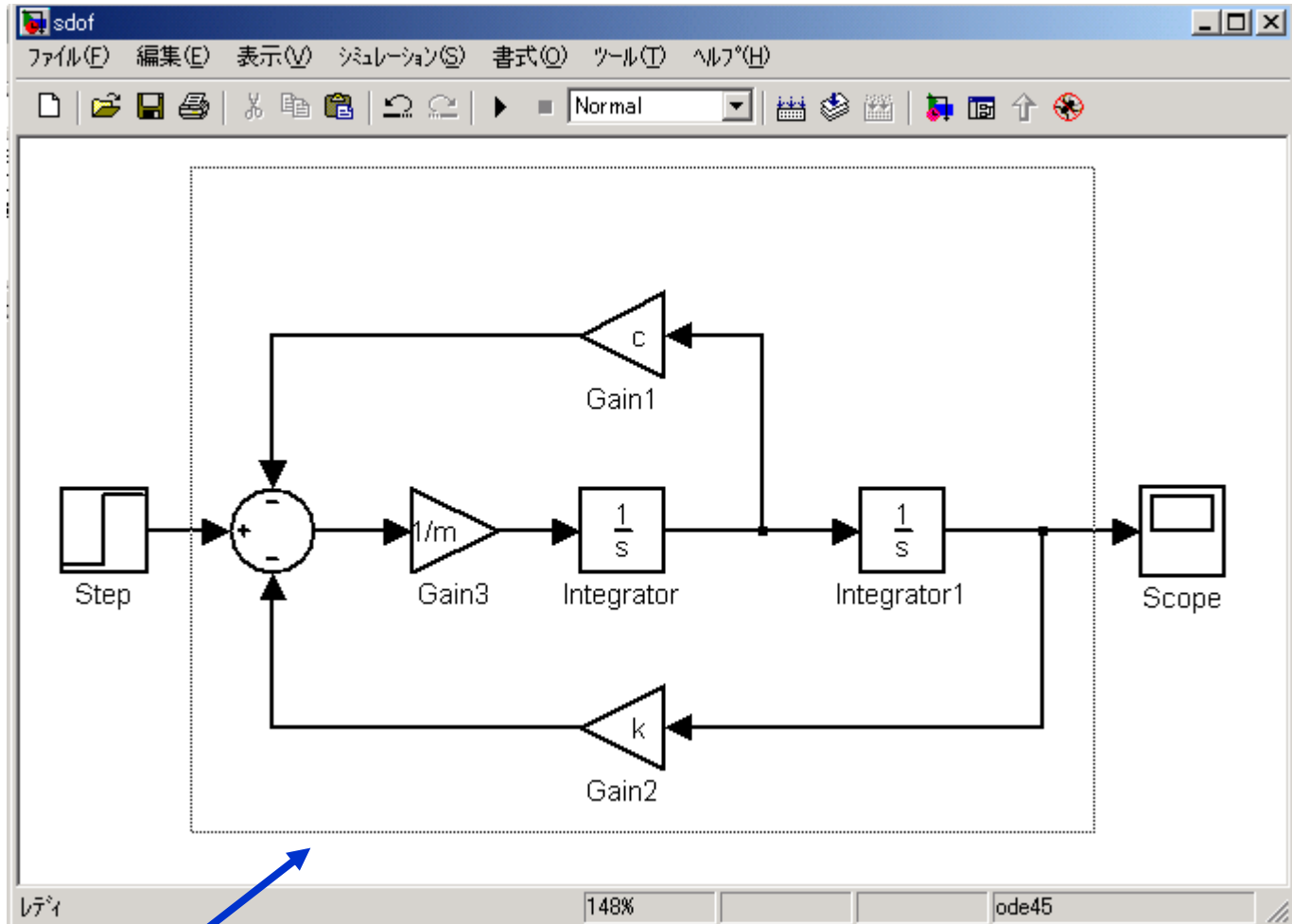
図 機械系ダイナミクスの例(1自由度振動系)

STEP1 微積分変数の位置関係



2階の微分方程式

サブシステム化

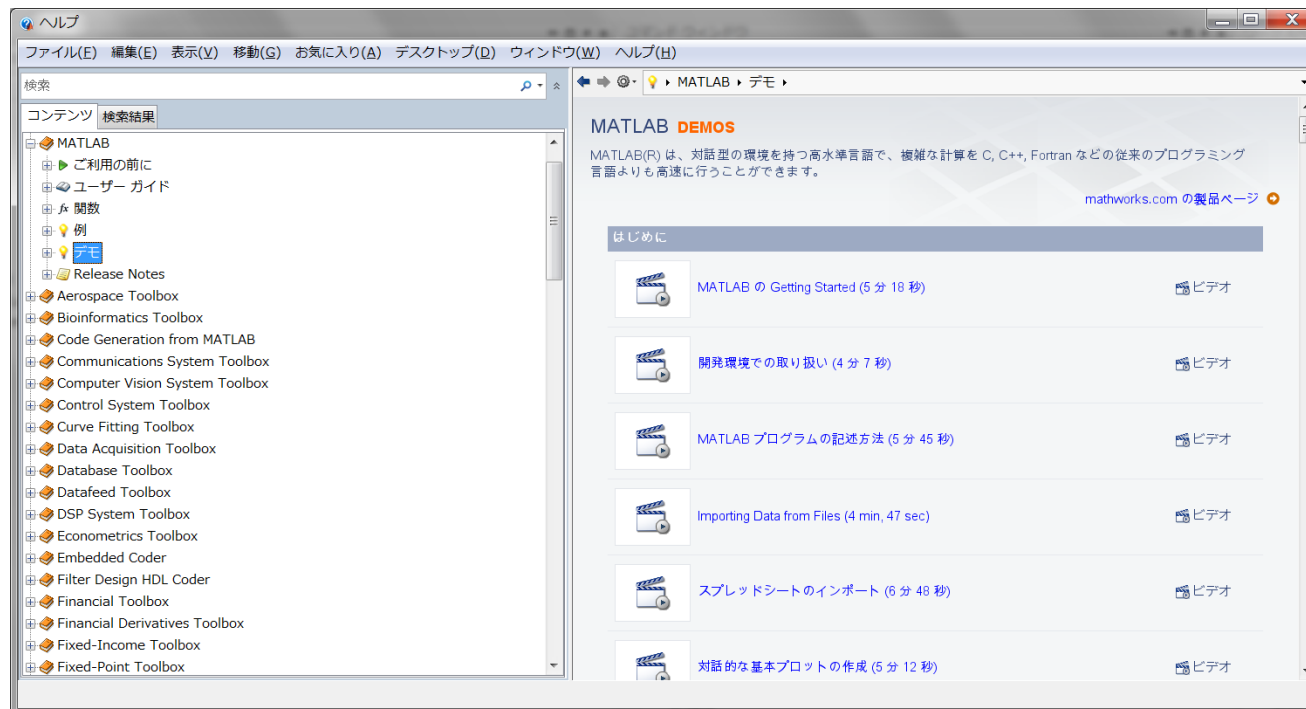


サブシステム化したい箇所を選択(マウス左クリック 範囲指定)

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]

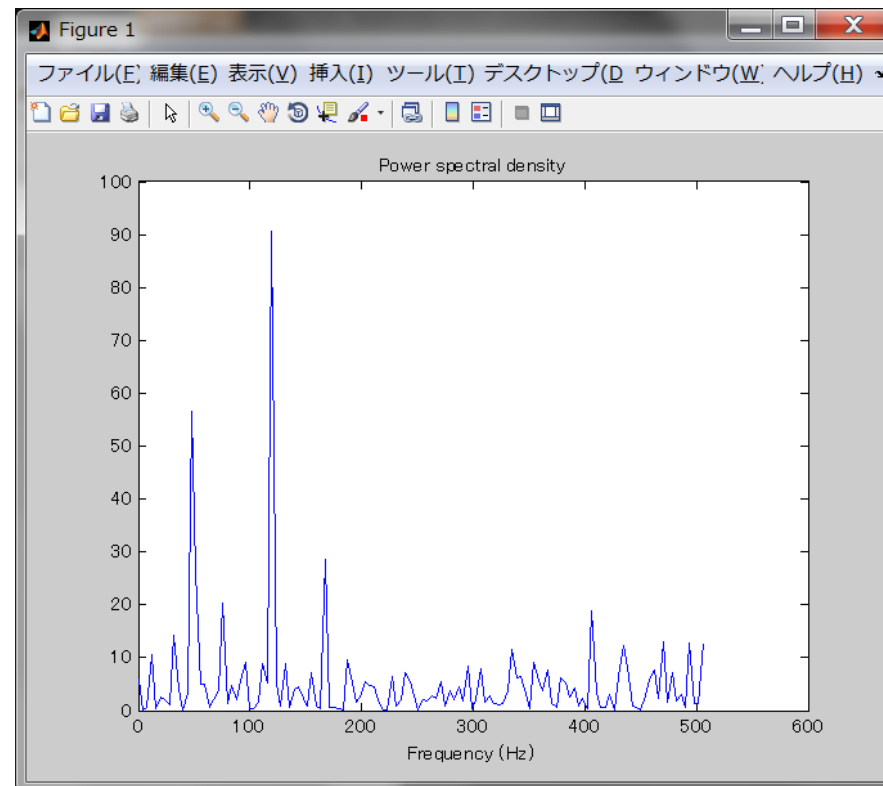
各ツールのユーザーガイド
関数
例
デモなどが見れる。



MATLAB

参考になりそうな標準デモ(1)

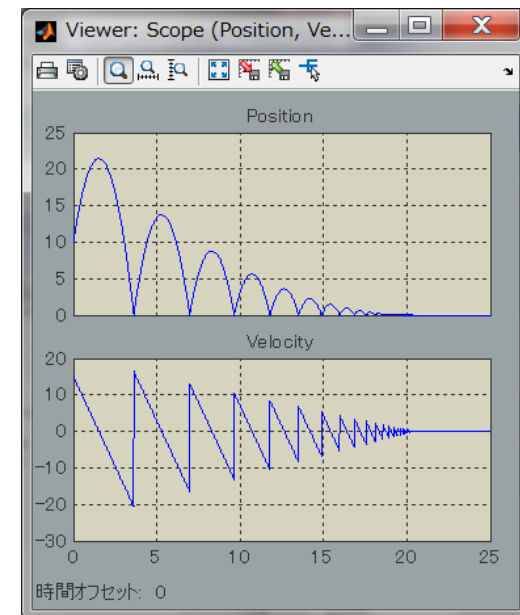
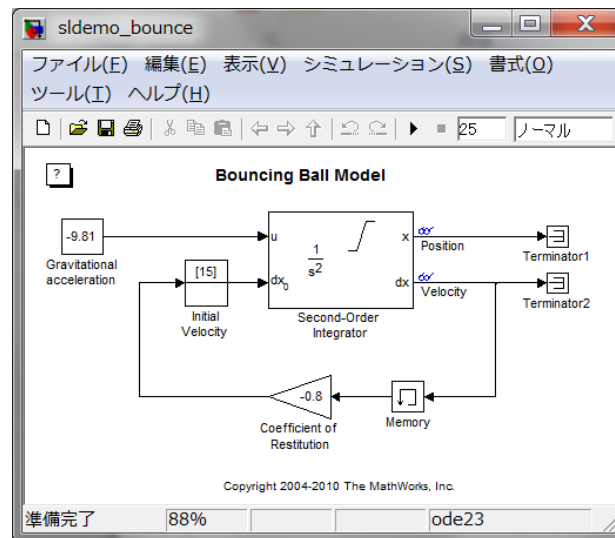
- デモ名 : スペクトル解析のための FFT
- ファイル名 : fftdemo.m



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

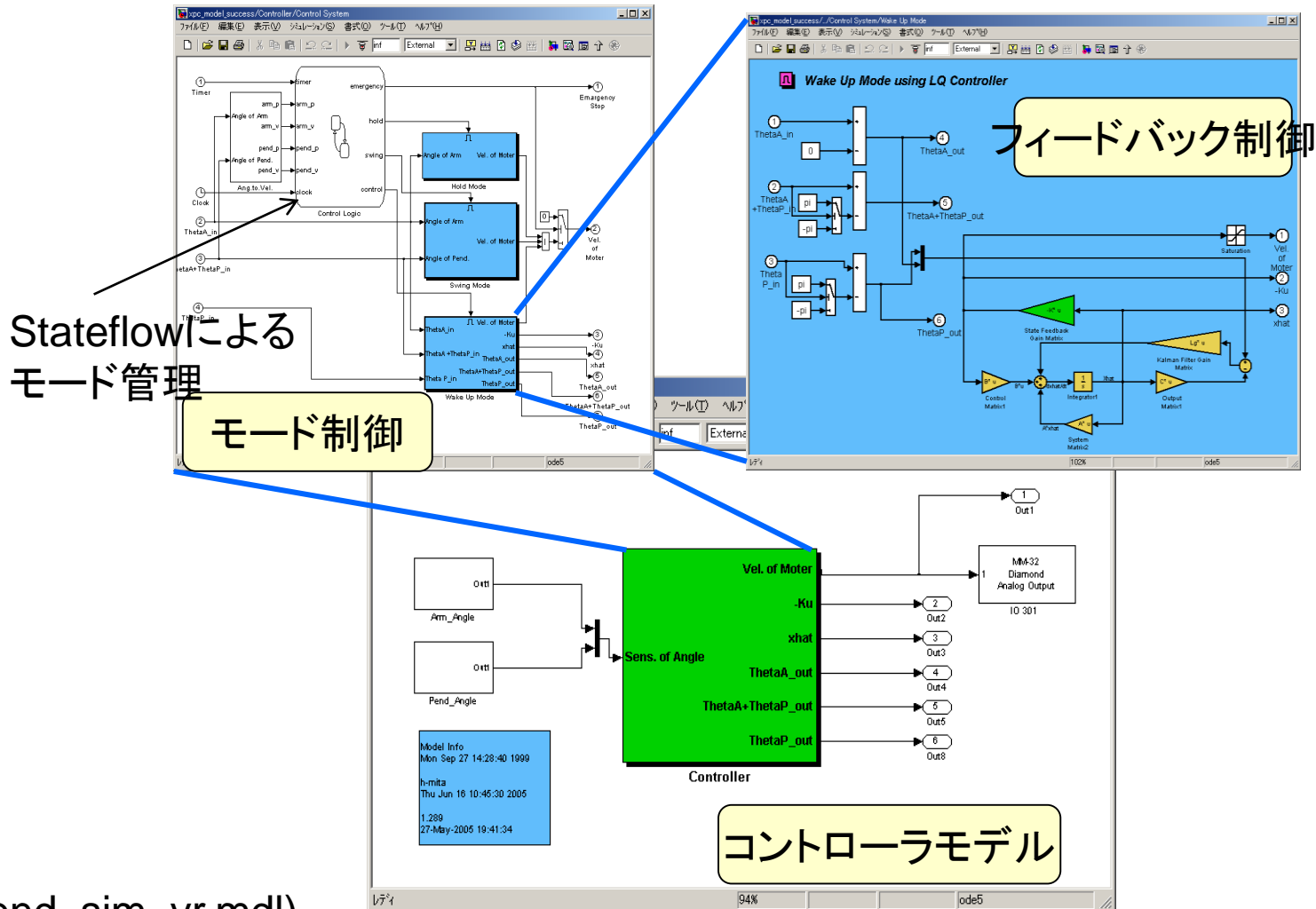
The image displays five screenshots from the Stateflow software interface, illustrating the modeling of a CD player and radio. The screenshots include:

- ModelManager State Machine:** A state machine diagram showing states like Standby, ON, and DiscEject, with transitions based on events like DiscChange and RadioPlay.
- CD Player Helper GUI:** A graphical user interface with buttons for 'Insert Disc', 'Eject Disc', 'STOP', 'PLAY', 'REW', 'FF', 'OFF', 'CD', 'FM', and 'AM'.
- UserRequest State Machine:** A state machine diagram showing states like OFF, STOP, and DiscPresent, with transitions based on events like DiscEject and DiscPresent.
- CDPlayerBehaviorModel State Machine:** A state machine diagram showing states like EMPTY, DISCONSERT, and DISCINSERT, with transitions based on events like DiscPresent and DiscEject.
- Code Editor:** A code editor showing MATLAB code for radio and CD request modes, such as `RR = RadioRequestMode(ml.sfcdplayerhelper('get_radio_request'));`
- CDPlayerBehaviorModel State Machine (Detailed):** A detailed state machine diagram showing states like Empty, DiscPresent, and DiscEject, with transitions based on events like DiscPresent and DiscEject.

Stateflow

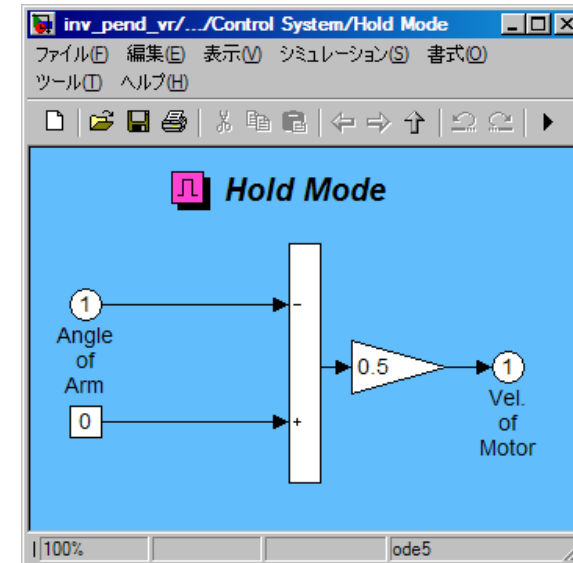
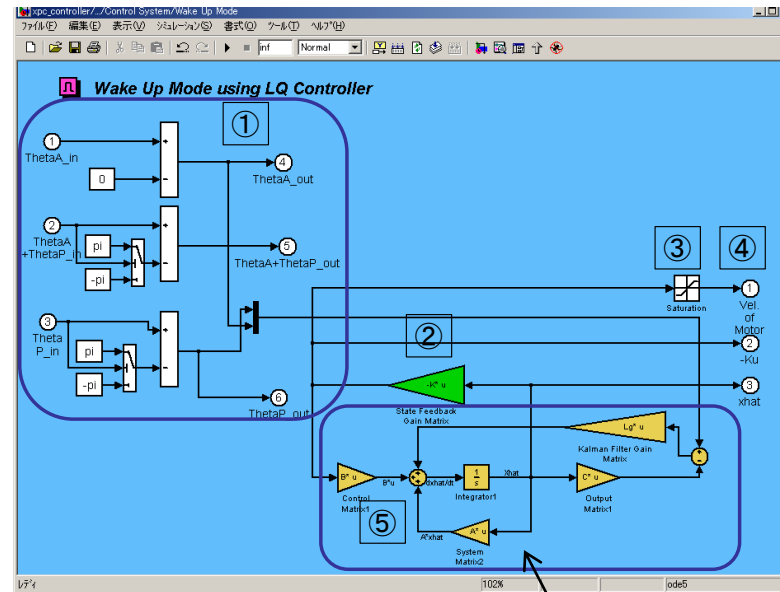
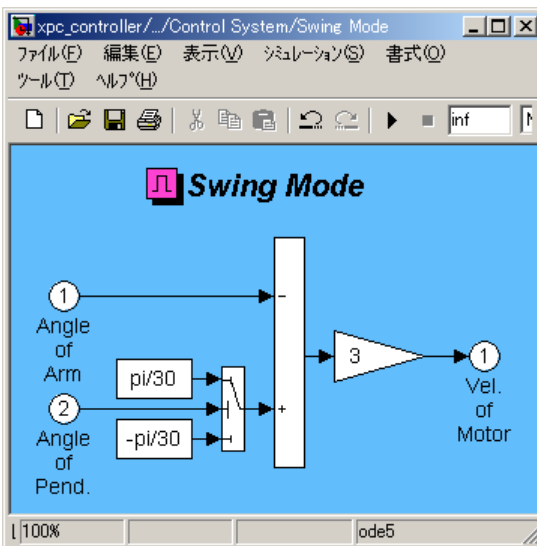
参考になりそうな一般デモ(2)

シミュレーションモデル 倒立振り子



(invert pend sim vr.mdl)

各モードのコントローラロジック

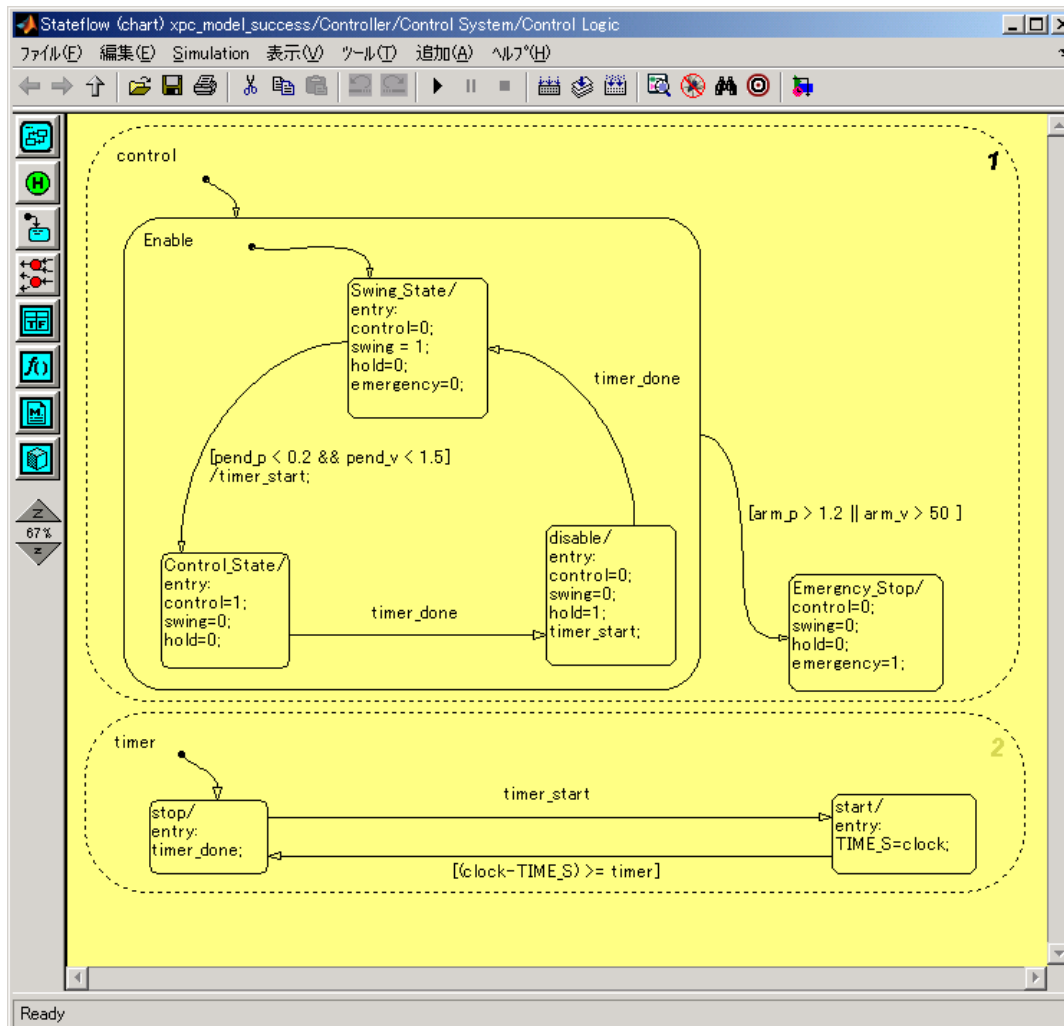


最適レギュレータと
オブザーバ

- [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

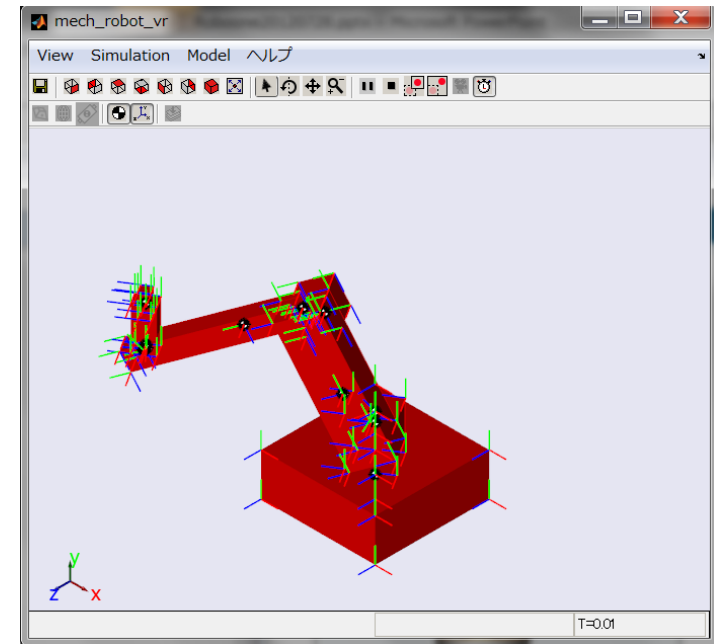
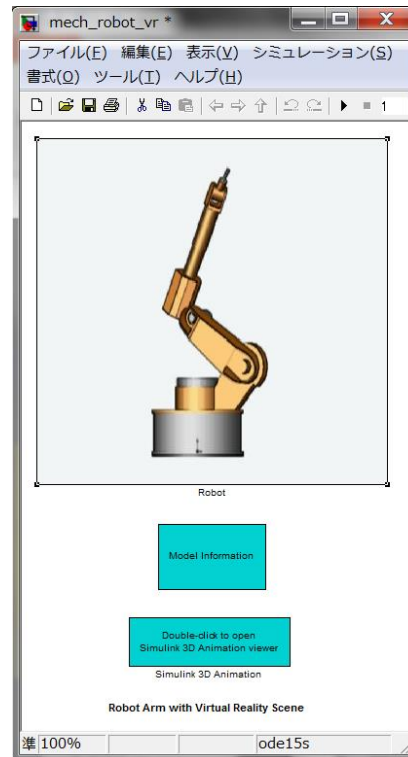
Stateflowによるモード管理ロジック



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 for displaying machines and 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]

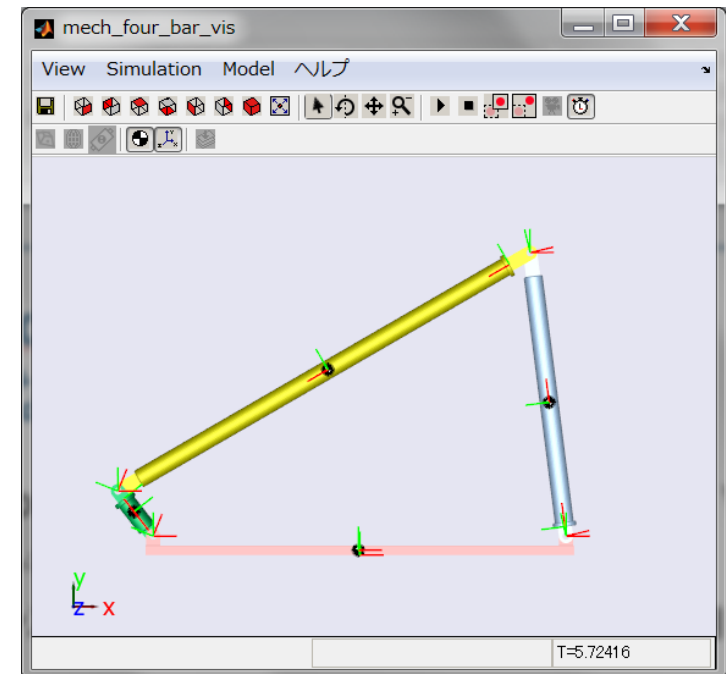
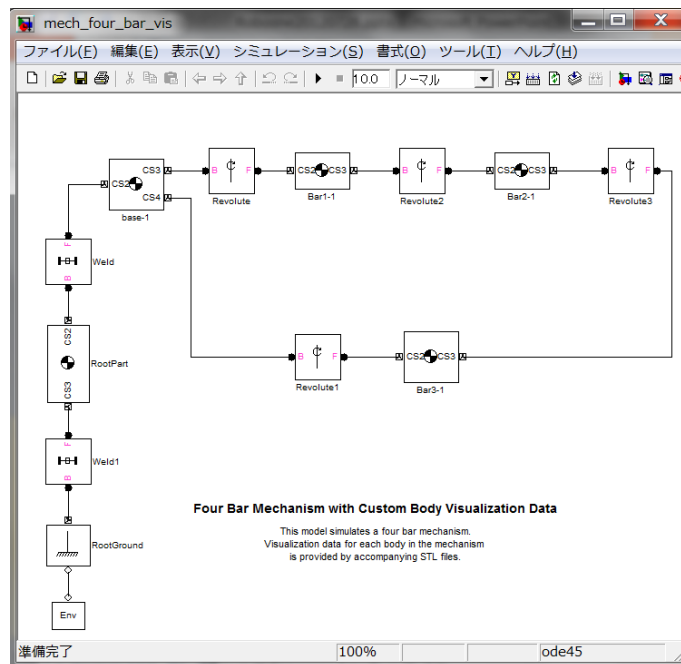
Default body geometries: Convex hull from body CS locations

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)

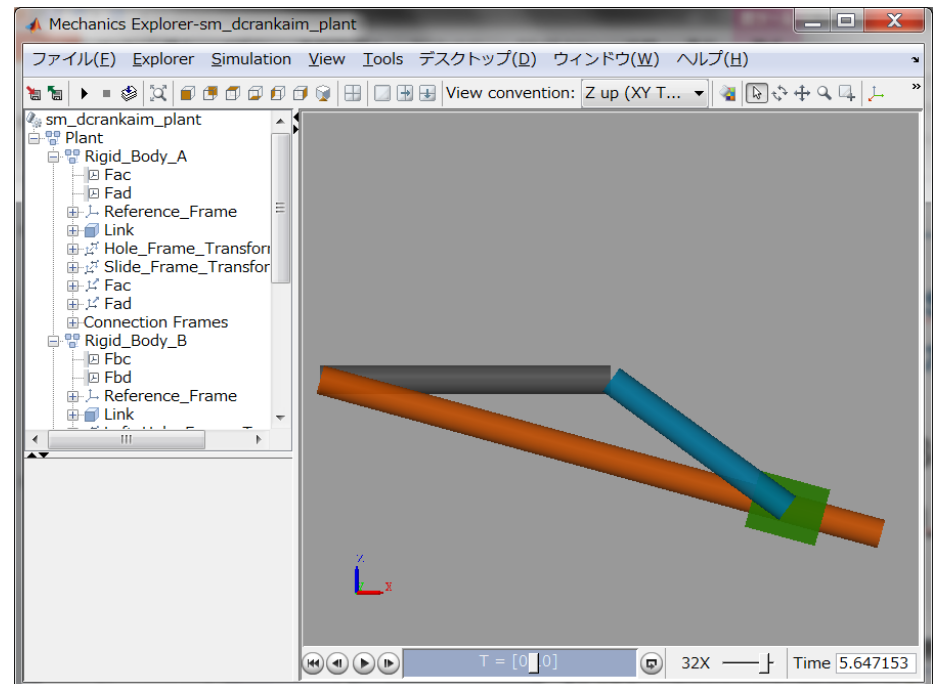
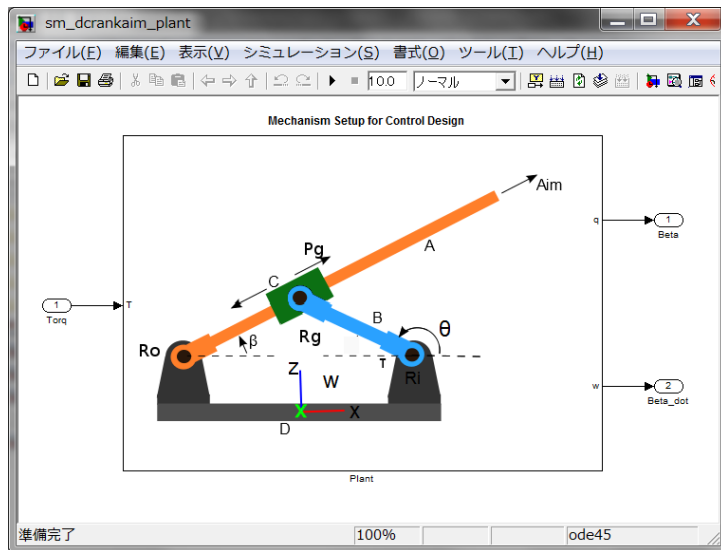
- デモ: Four Bar Mechanism with Custom Body Visualization Data
- ファイル名: mech_four_bar_vis.mdl
- エッセンス: 4リンク、ボディ(剛体)とJoint(関節:自由度)の関係
- STLファイルの張り方



SimMechanics Second Generation

参考になりそうな標準デモ(1)

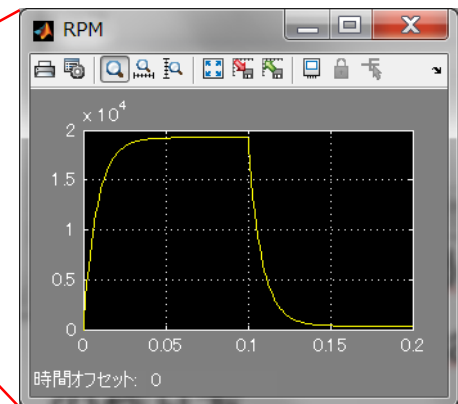
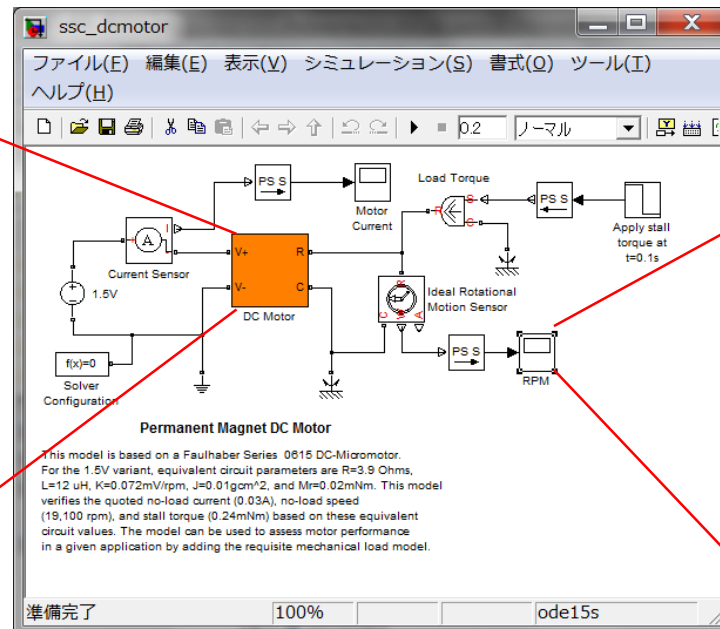
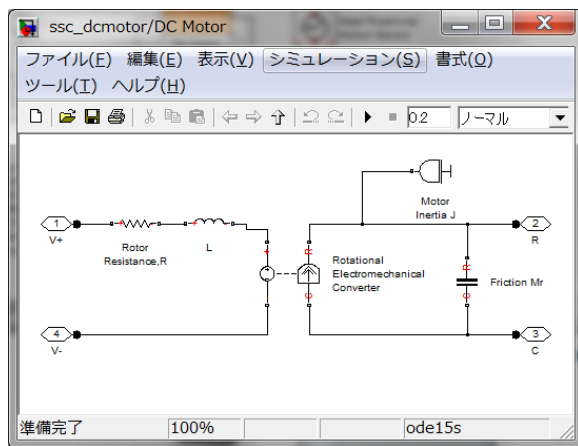
- デモ: How to Build a Model
- ファイル名: sm_double_crank_aiming.m



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 approximately 1.0V at 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 20 seconds, then spikes to approximately 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 title bar indicates the file name 'ssc_ultracapacitor'.
- Editor:** A window showing the Simscape model file code. The code defines a 'LossyUltraCapacitor' component with various parameters and variables.

```

1 component LossyUltraCapacitor
2 % Lossy Ultracapacitor
3 % Models an ultracapacitor with resistive losses. The capacitance C
4 % depends on the voltage V according to C = C0 + V*cv/dV, A
5 % self-discharge resistance is included in parallel with the capacitor.
6 % and an equivalent series resistance in series with the capacitor.
7
8 % Copyright 2008 The MathWorks, Inc.
9
10 nodes
11 p = foundation.electrical.electrical; % +top
12 n = foundation.electrical.electrical; % -bottom
13 end
14 parameters
15 C0 = [ 1, 'F' ]; % Nominal capacitance C0 at V=0
16 Cv = [ 0.2, 'F/V' ]; % Rate of change of C with voltage V
17 R = [ 2, 'Ohm' ]; % Effective series resistance
18 Rd = [ 500, 'Ohm' ]; % Self-discharge resistance
19 V0 = [ 0, 'V' ]; % Initial voltage
20 end
21 variables
22 i = [ 0, 'A' ]; % Current through variable
23 v = [ 0, 'V' ]; % Voltage across variable
24 vc = [ 0, 'V' ]; % Internal variable for capacitor voltage
25 end
26 function setup
27 if C0 < 0
  
```

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

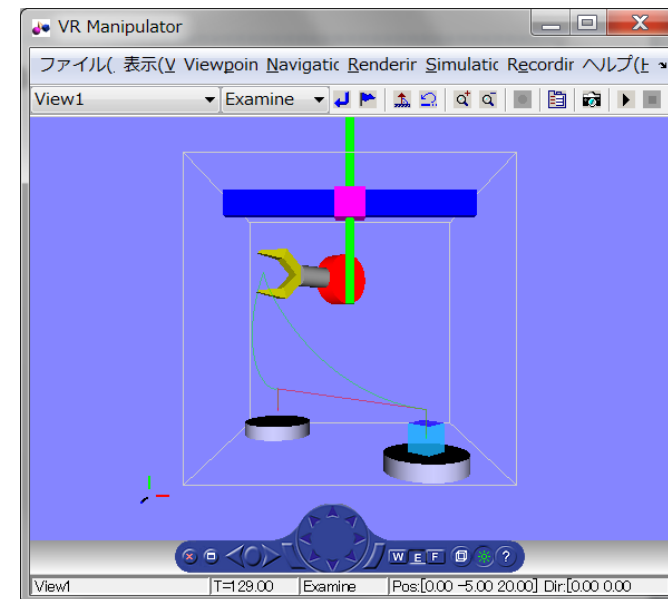
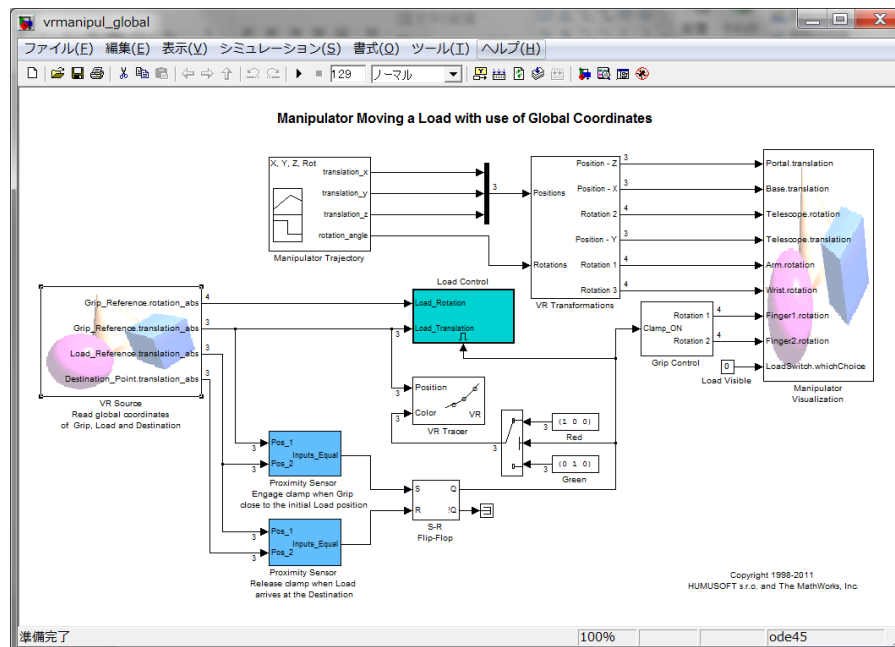
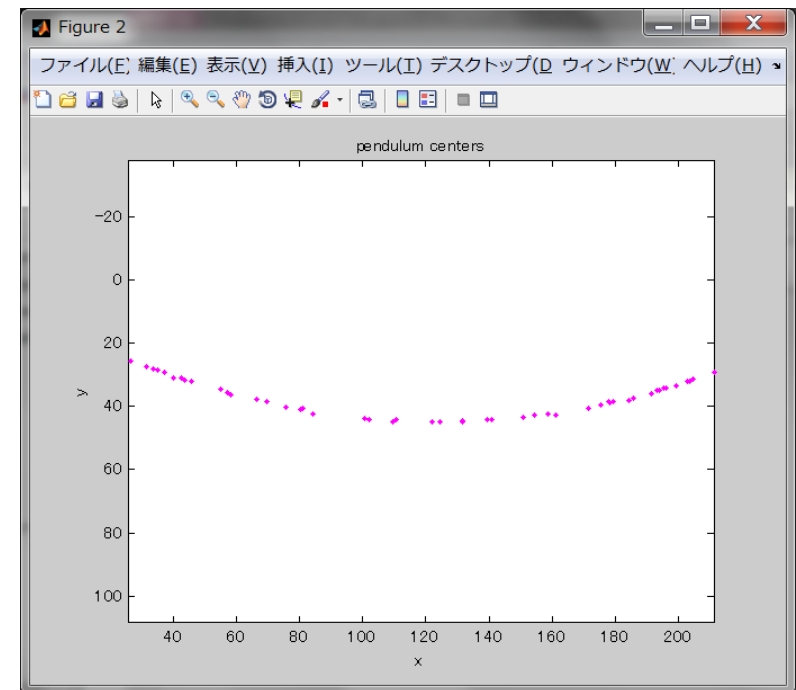
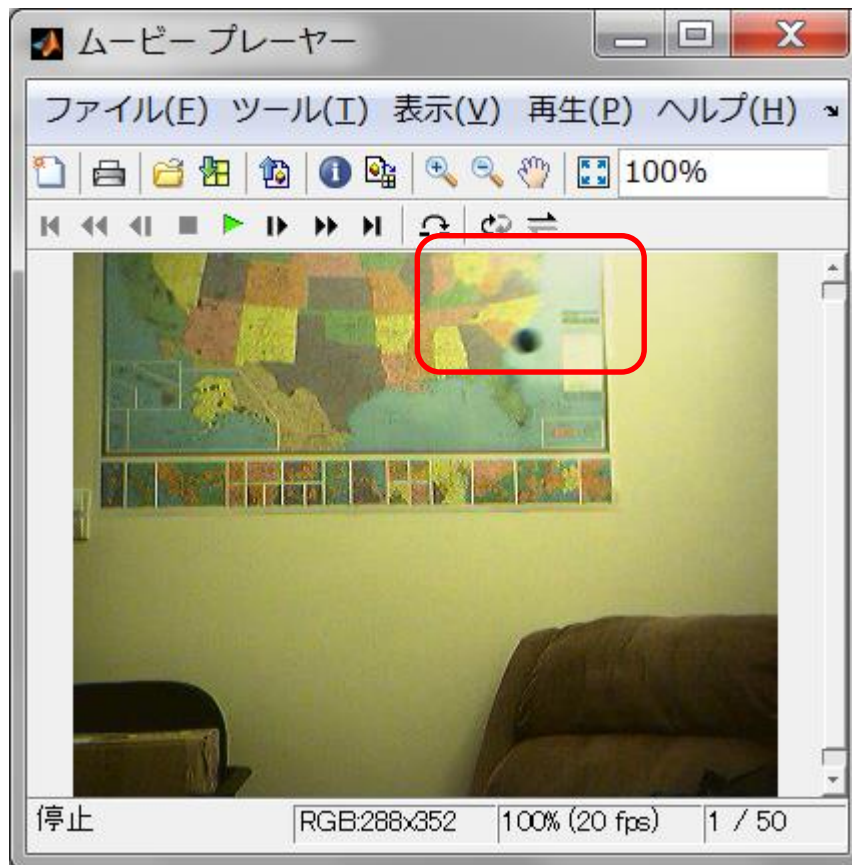


Image Processing Toolbox 参考になりそうな標準デモ(1)

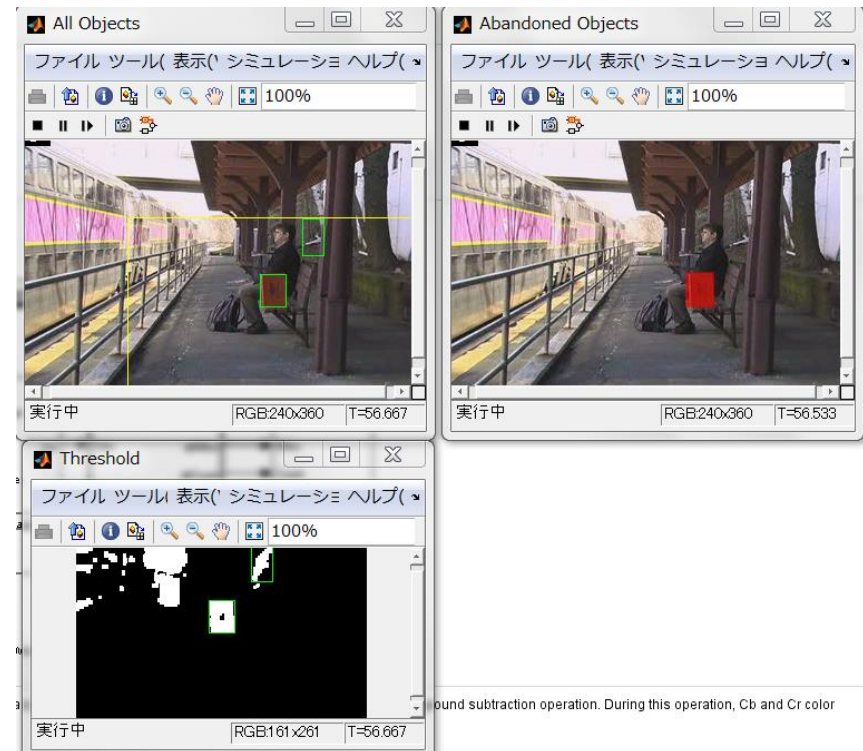
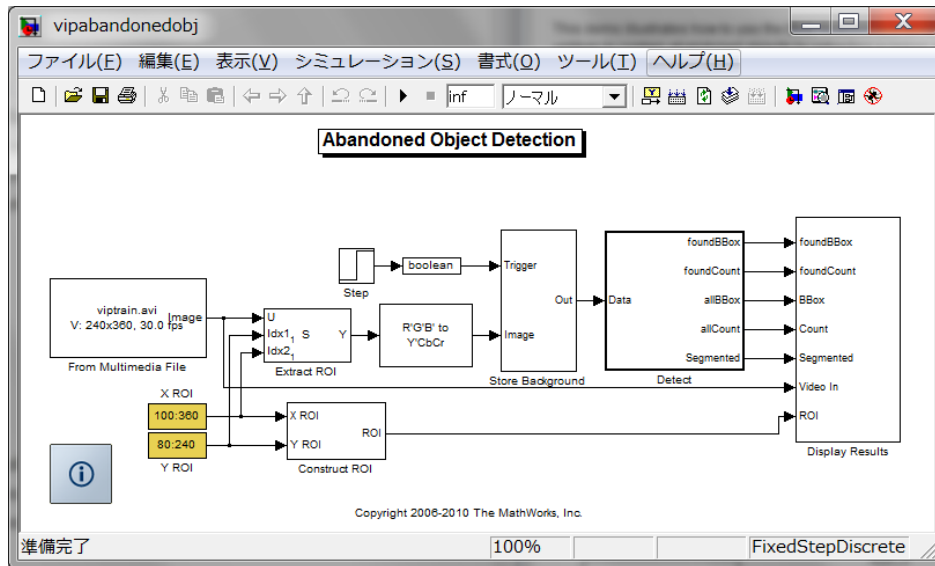
- デモ: 動いている振子の長さを検出
- ファイル名: ipexpendulum.m
- エッセンス: 静画像の処理



Computer Vision Toolbox

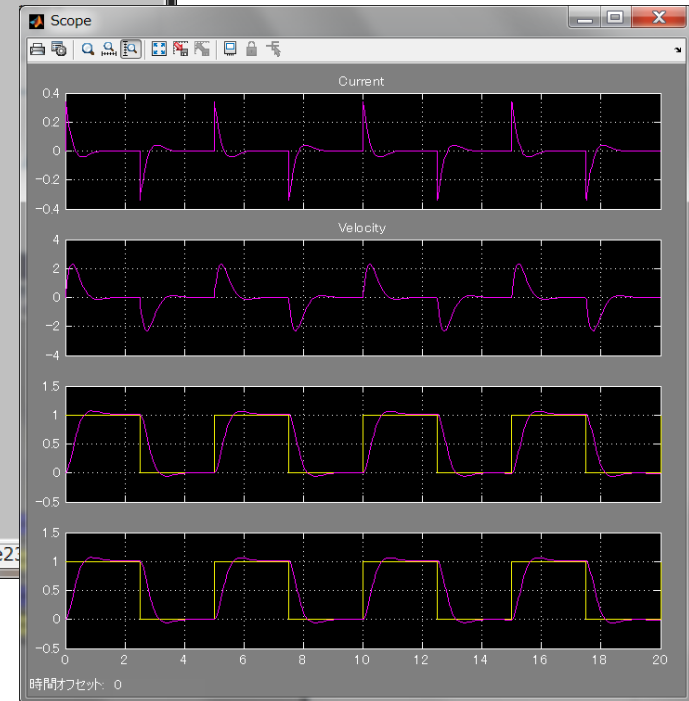
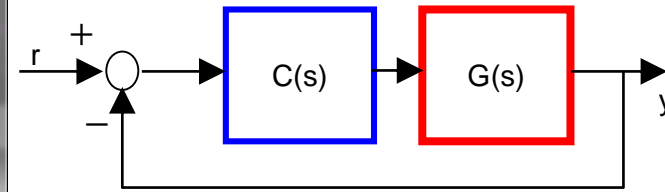
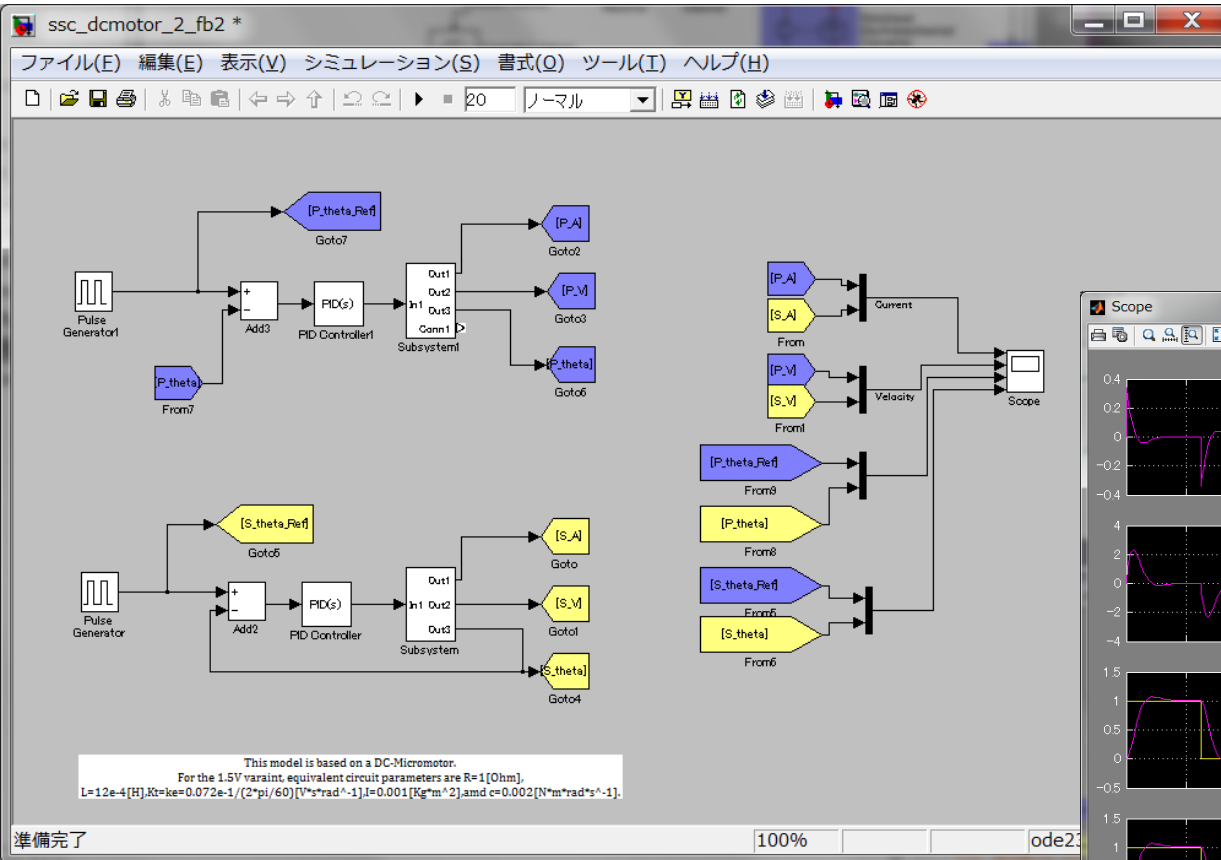
参考になりそうな標準デモ(1)

- 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

サーボモータのモデル(連続系) Subsystem版



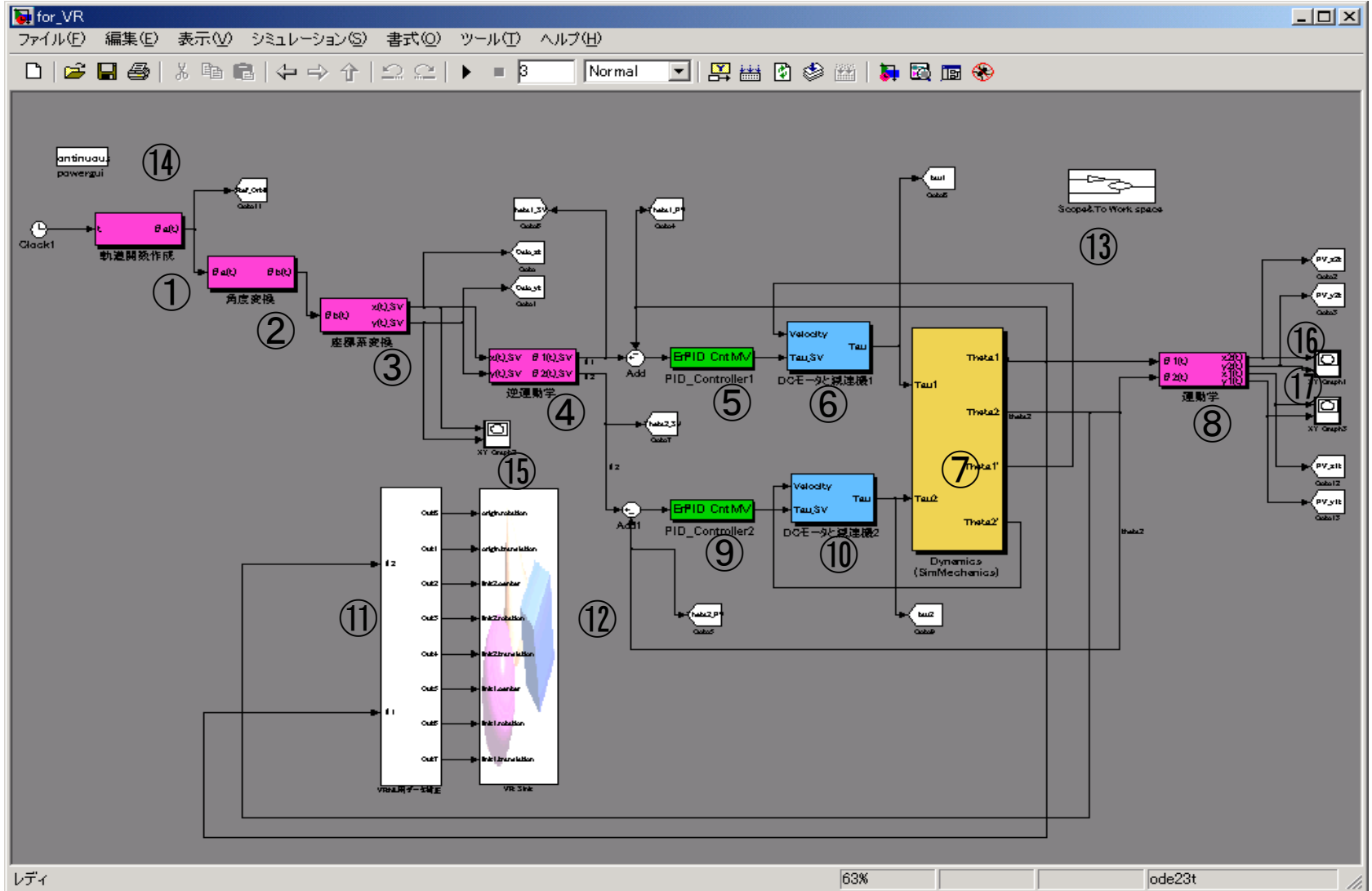
黄: パルス状の設定値
紫: 制御量

Robo-剣 Seminar 2014/10/04(Sat)

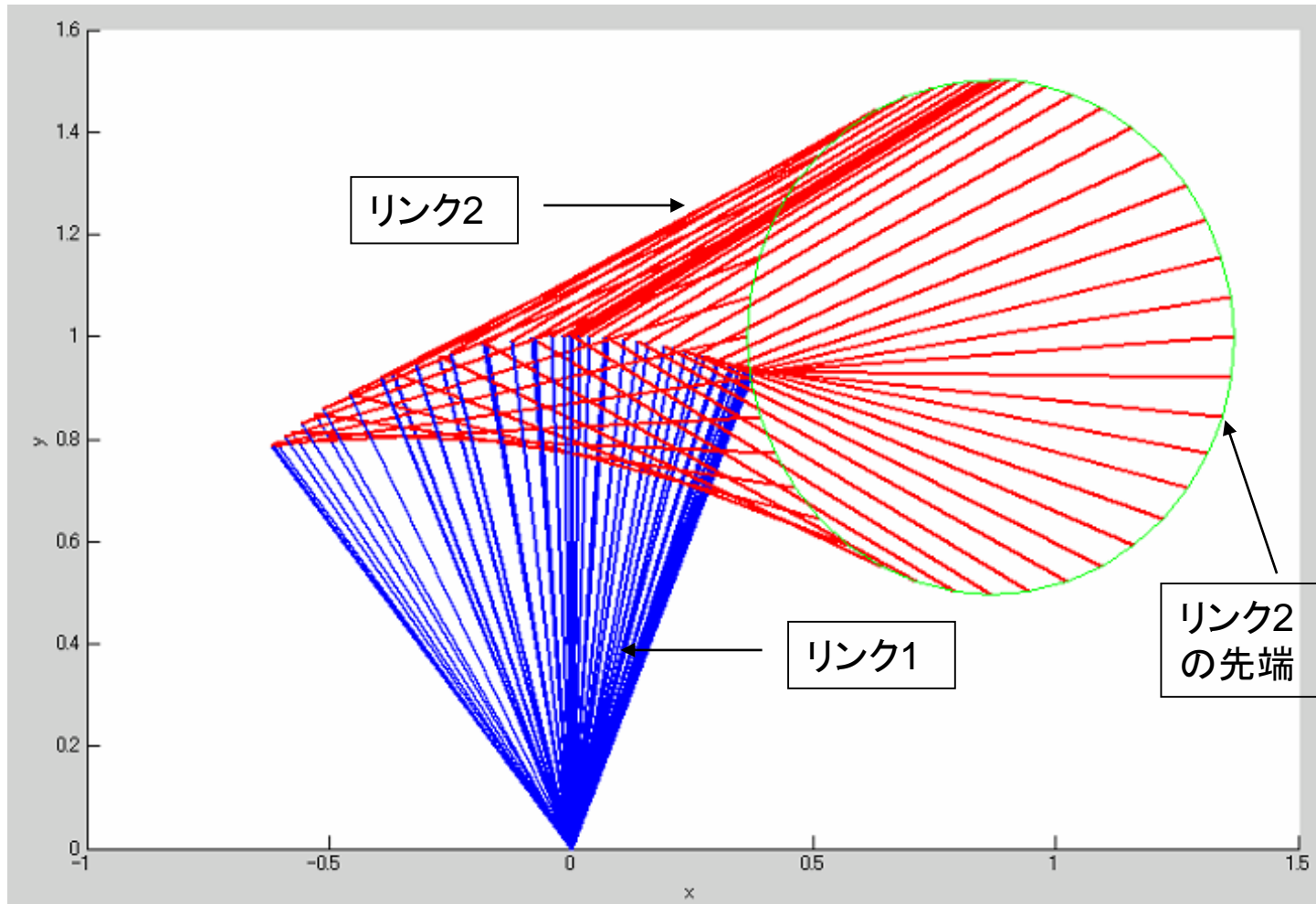
- Robo-剣

MATLAB/Simulinkの活用 -「2リンクマニピュレータ編」

[2]-(3) シミュレーションモデル



[2]-(5) シミュレーション結果 (マニピュレータの軌跡)



サンプル時間0.1秒

垂直多関節ロボットとデモロボットの相似 ~概形



図3-1 miniCRANE450の概形⁵⁾
((株)ダイナックス)



Fig.1 **Dynamixel**シリーズで作成
した垂直多関節ロボット
((株)ベストテクノロジー)

ロボットのシミュレーションモデルの作成 例を見て行きましょう。

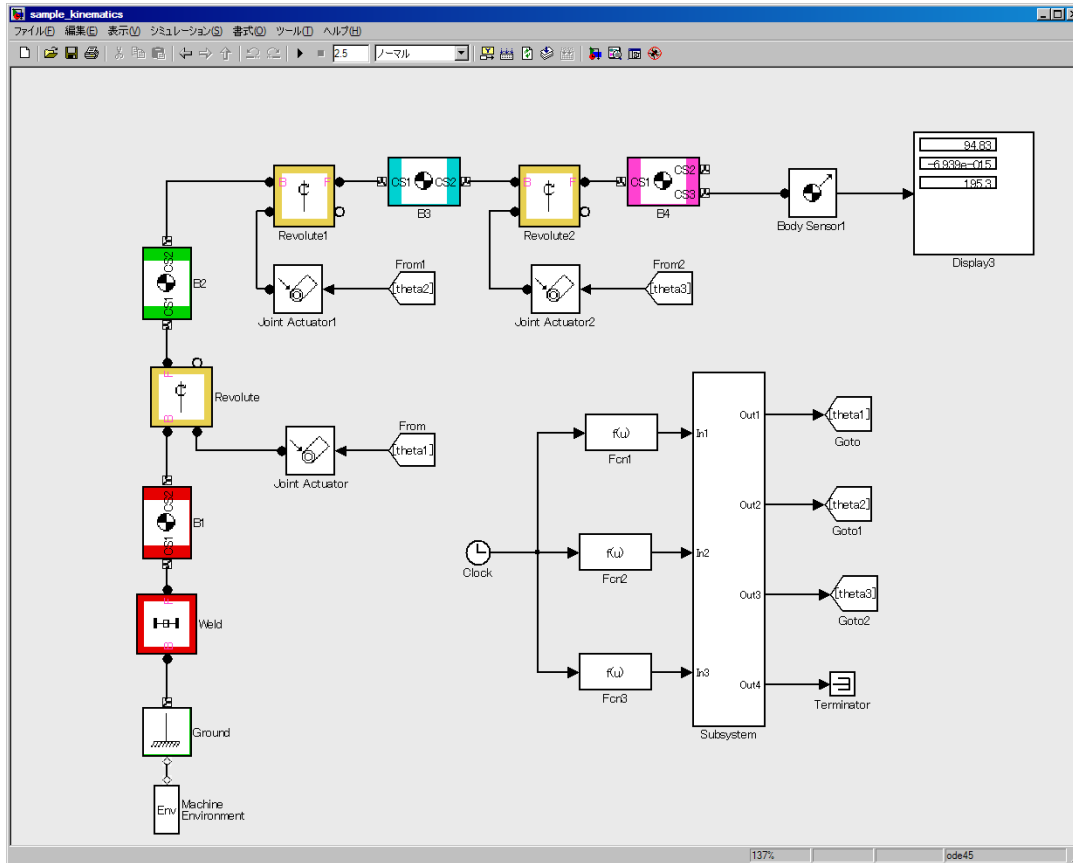
このロボットに
円軌道を書かせます。



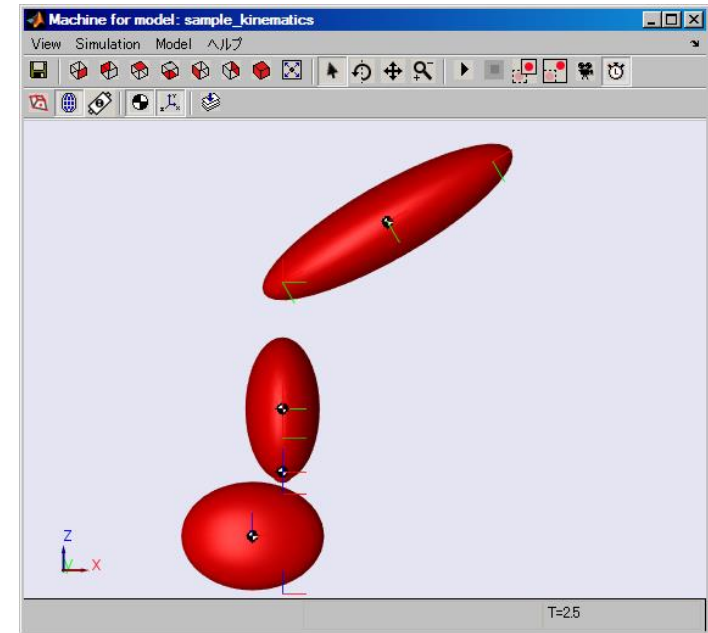
Fig.1 **Dynamixel**シリーズで作成
した垂直多関節ロボット
((株)ベストテクノロジー)

SimMechanicsによるリンク機構作成

モデル

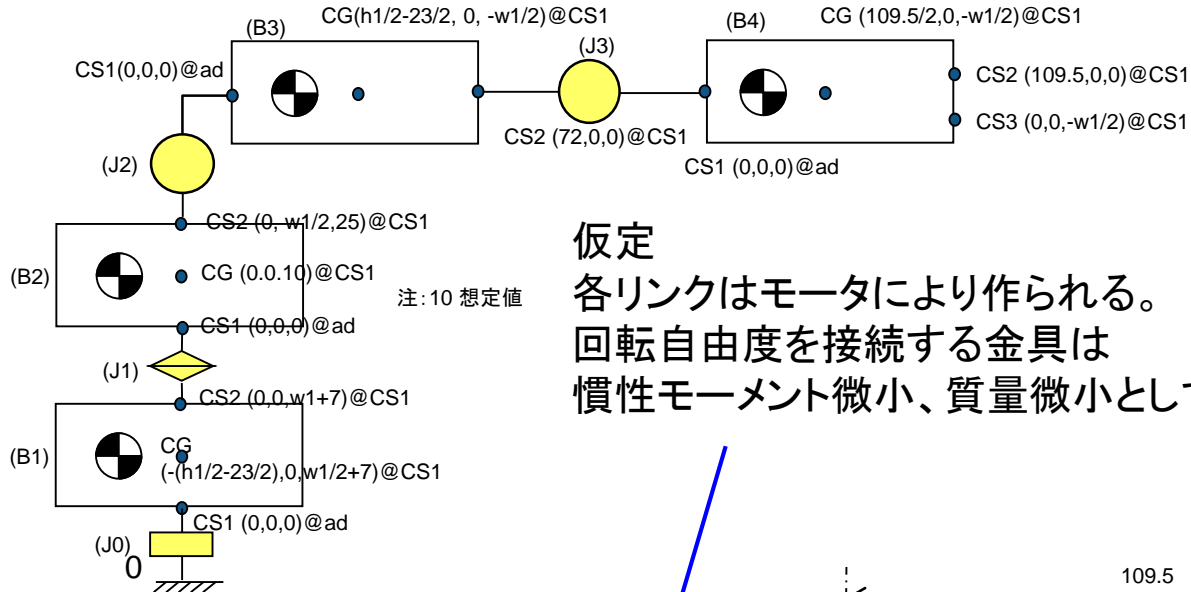


SimMechanicsのViewer (慣性楕円体表示)

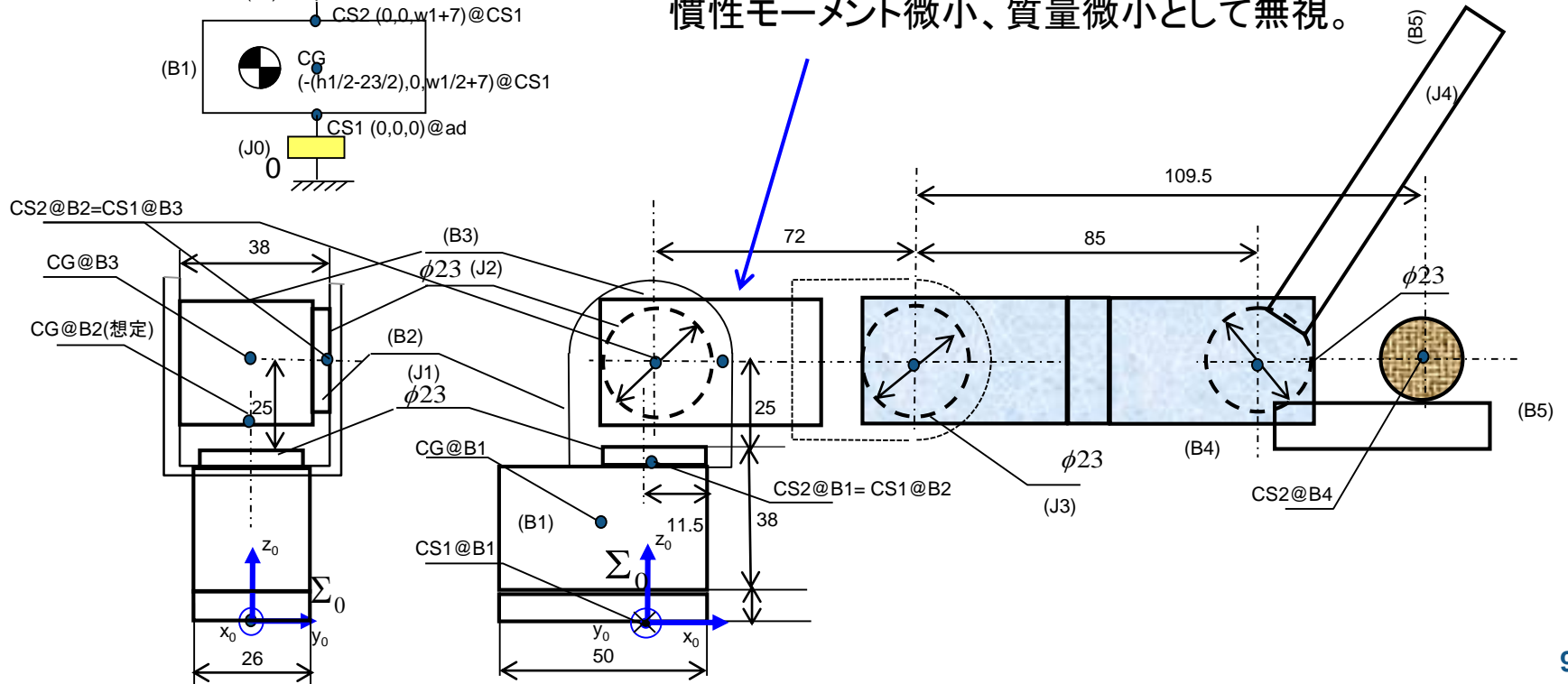


ロボットの初期位置

$l1=26e-3; \%[m]$
 $h1=50e-3; \%[m]$
 $w1=38e-3; \%[m]$



仮定
 各リンクはモータにより作られる。
 回転自由度を接続する金具は
 慣性モーメント微小、質量微小として無視。



順運動学の解析

エンドエフェクタの座標

$$R_x = \cos \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3)l_3 + \cos \theta_1 \cos \theta_2 l_2$$

$$R_y = \sin \theta_1 \cos(\theta_2 + \theta_3)l_3 + \sin \theta_1 \cos \theta_2 l_2$$

$$R_z = -\sin(\theta_2 + \theta_3)l_3 - \sin \theta_2 l_2 + l_1 + l_0$$

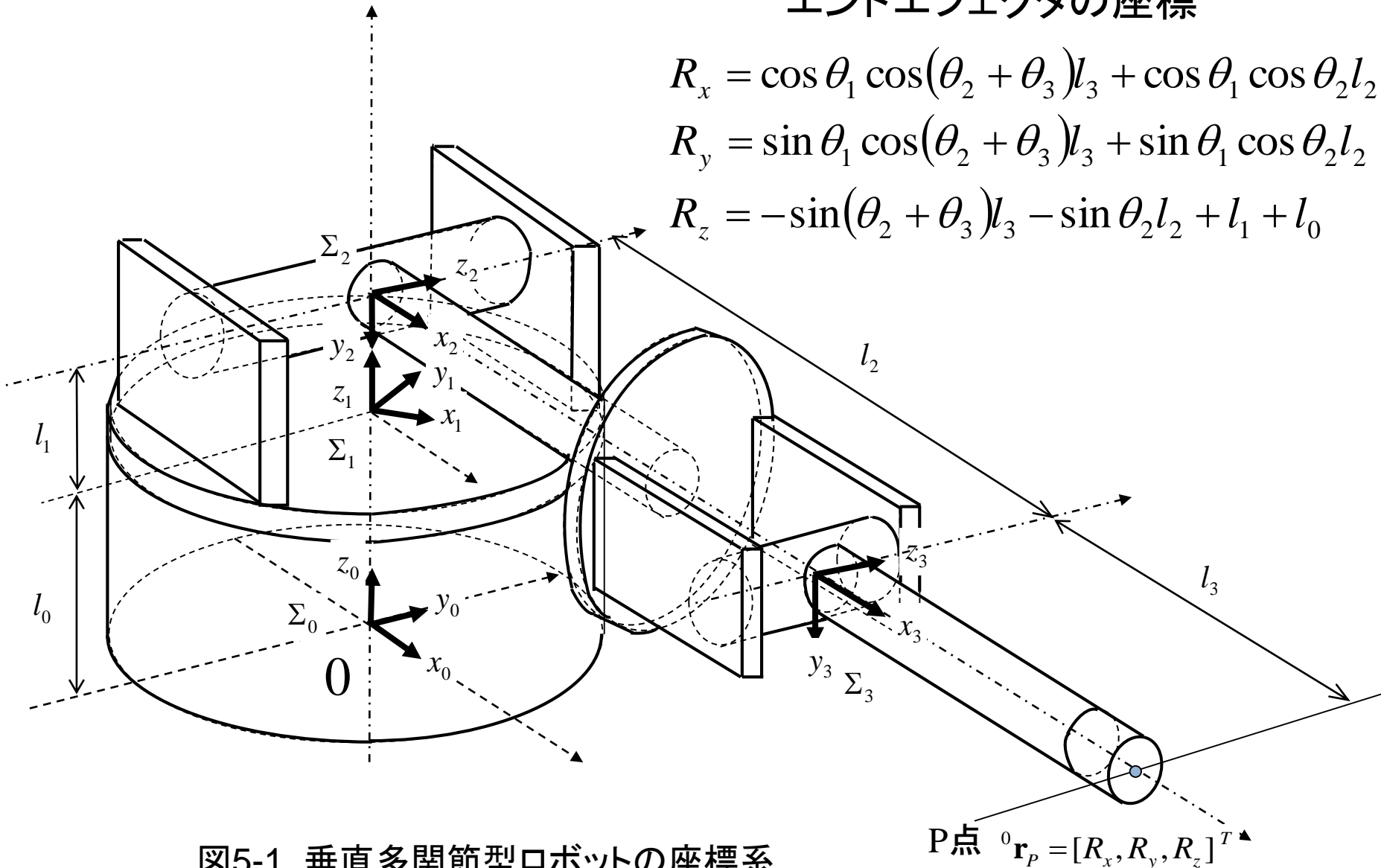
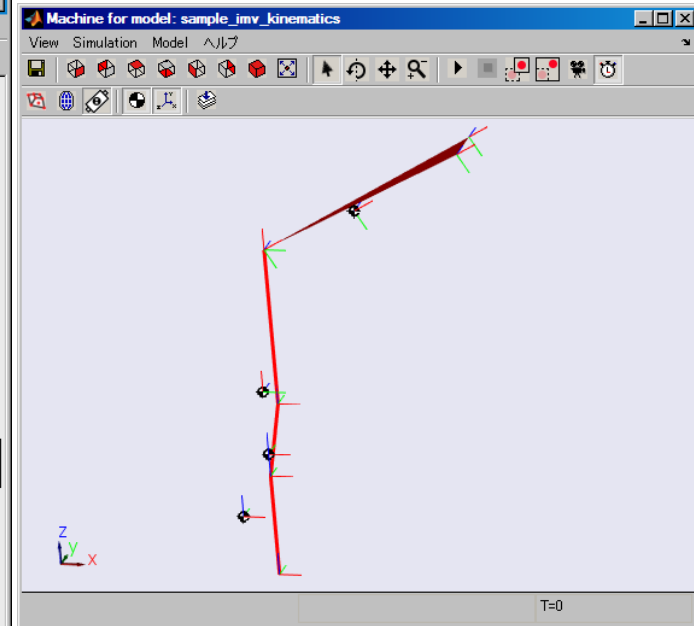
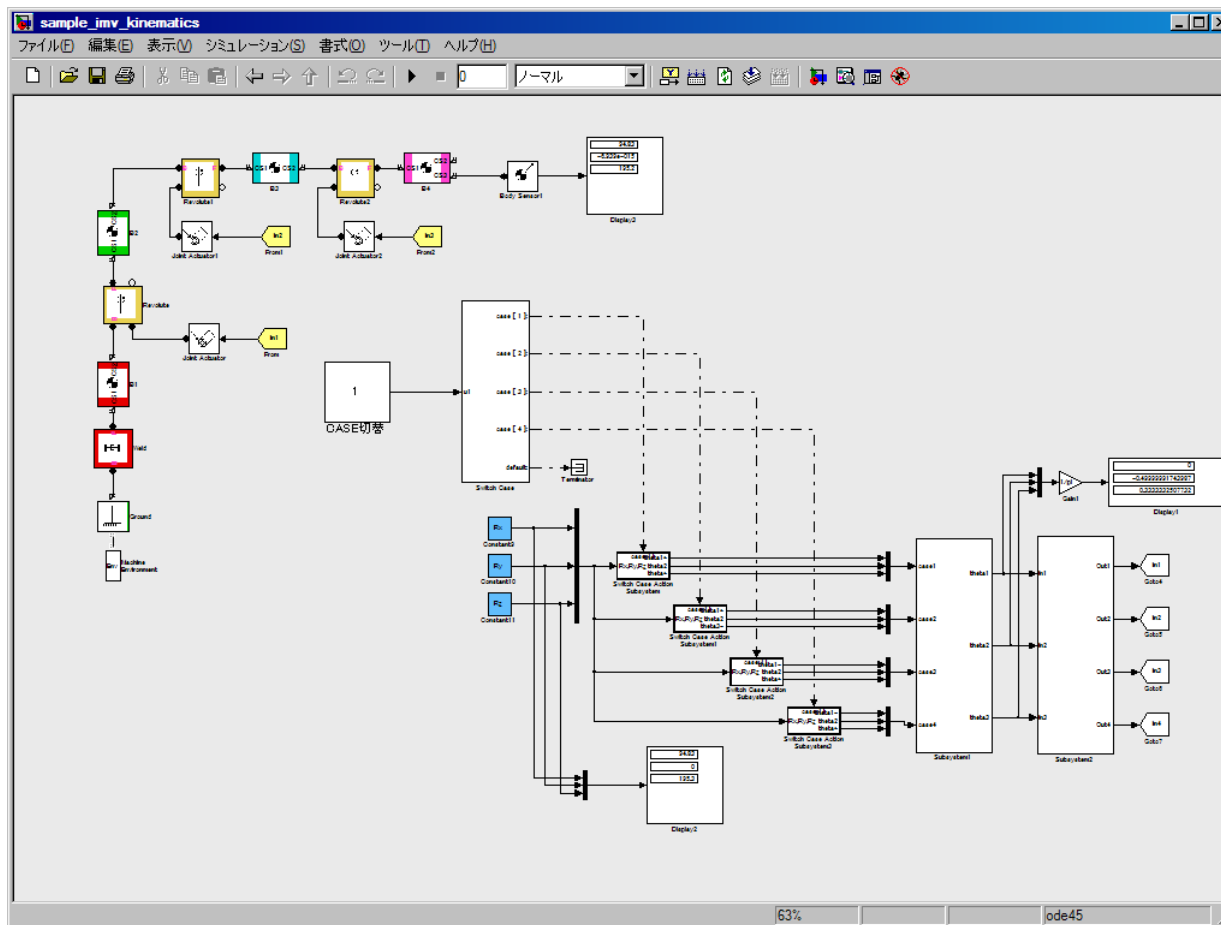


図5-1 垂直多関節型ロボットの座標系

逆運動学による姿勢妥当性の評価

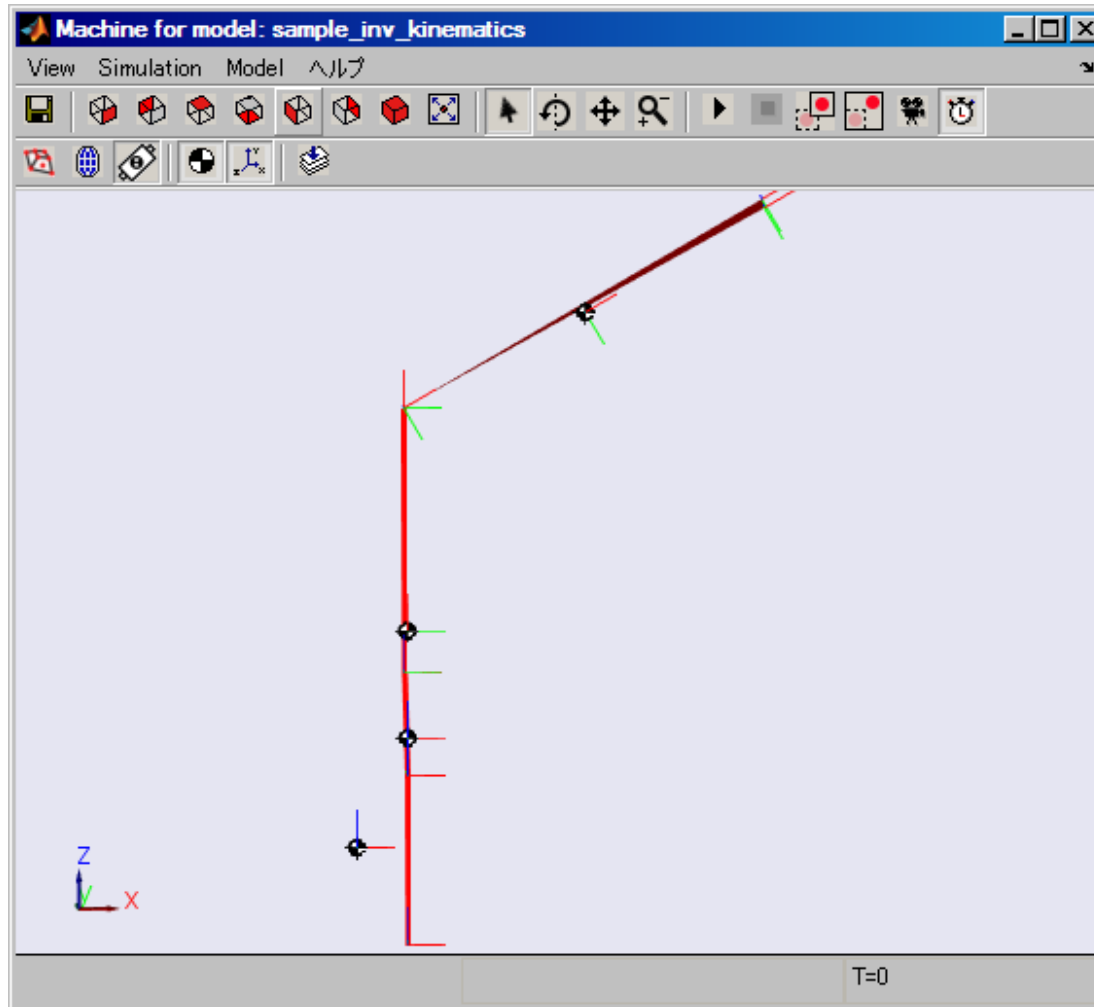
SimMechanicsのViewer



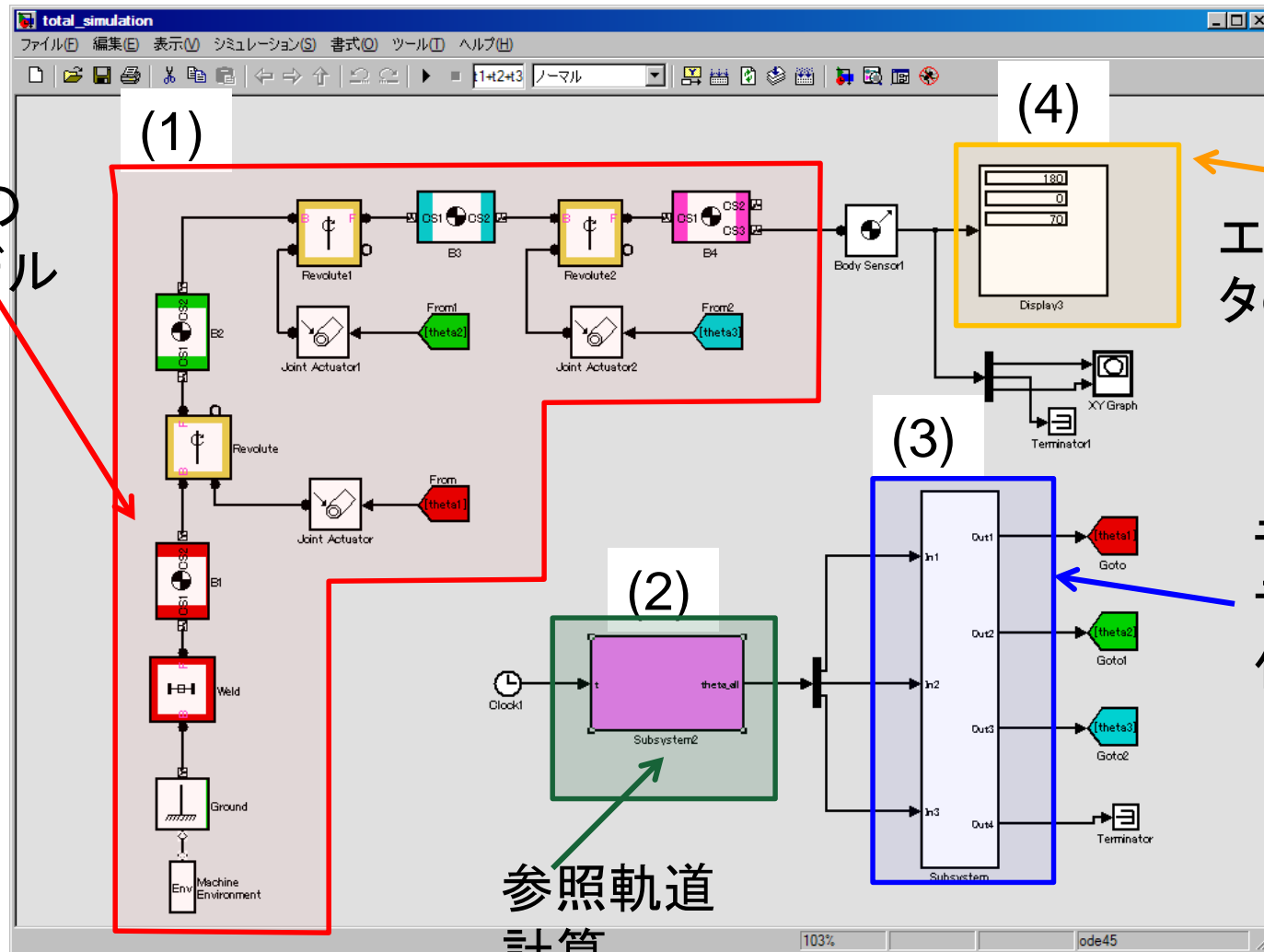
(sample_inv_kinematics.mdl)

初期位置

$$[\theta_1, \theta_2, \theta_3]$$
$$= [0, -1/2, 1/3]\pi$$



全体シミュレーションモデル



ロボットの
機構モデル

エンドエフェク
タの座標

モーシ
ョン
デー
タ
作
成

参照軌道
計算

MathWorksのRobo-One紹介ページ

関連
プロダ
クト

初歩

関連
デモ

ROBO-ONE - Windows Internet Explorer provided by The MathWorks, Inc.

http://www-external-test2.mathworks.com/academia/student-competitions/robo-one/

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

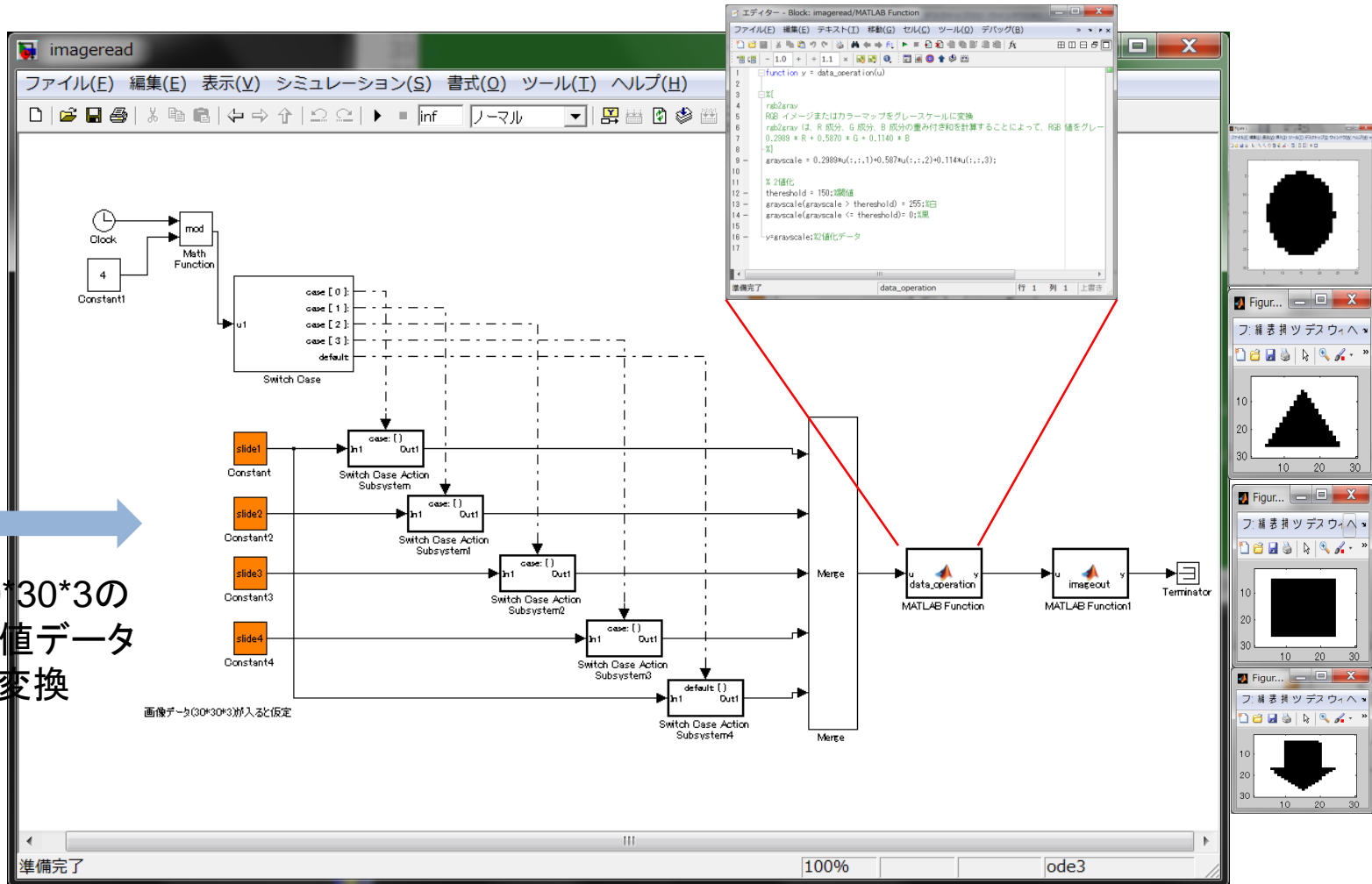
Contact us to ask questions about the competition and request software for your team.

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

画像処理の簡単なサンプル (MATLAB/Simulinkのみで可能)



30*30*3の
数値データ
に変換



画像処理の簡単なサンプル (MATLAB/Simulinkのみで可能)

- 30(ピクセル)*30(ピクセル)*3(R,G,B輝度)のデータを取得する。
- データを2値化し、その図を描く。
- 1秒毎に、データと対応する図形を変える。

- 御清聴ありがとうございました。