

平成23年度

モデルベース開発人材育成研修
(設計・解析 研修)

シラバス

1-1	モデルベース開発の概要
担当講師	近畿大学工学部 知能機械工学科 教授 竹原 伸
概 要	本教育の全容を把握するとともに、モデルベース開発の全体像の知識を習得する。
使用教材	『MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学』 川田・西岡著（森北出版） 『カーエレクトロニクス最前線』 新著（工業調査会）
講義の流れ ポイント	<p>1. 講義の全般的な説明 開講に当たり、講義の全体像と実施計画を示しながら講義の趣旨や到達目標を明確化する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 講義の趣旨、目的 ・ 運営方法 ・ 講義の全体構成 ・ カリキュラムの概要 ・ 到達目標 <p>2. モデルベース開発の概要 制御系を含む機械システムの機能や構成を説明し、組込みシステムの現状や開発例を解説する。この内容を踏まえて組込みシステムの開発に有効な手法となるモデルベース開発について概要を説明する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ モデルベース開発とは・・・ ・ 組み込みシステムの概要 ・ モデルベース開発の知識 <div data-bbox="395 1299 1385 1848" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">モデルベース開発の全体像</p>

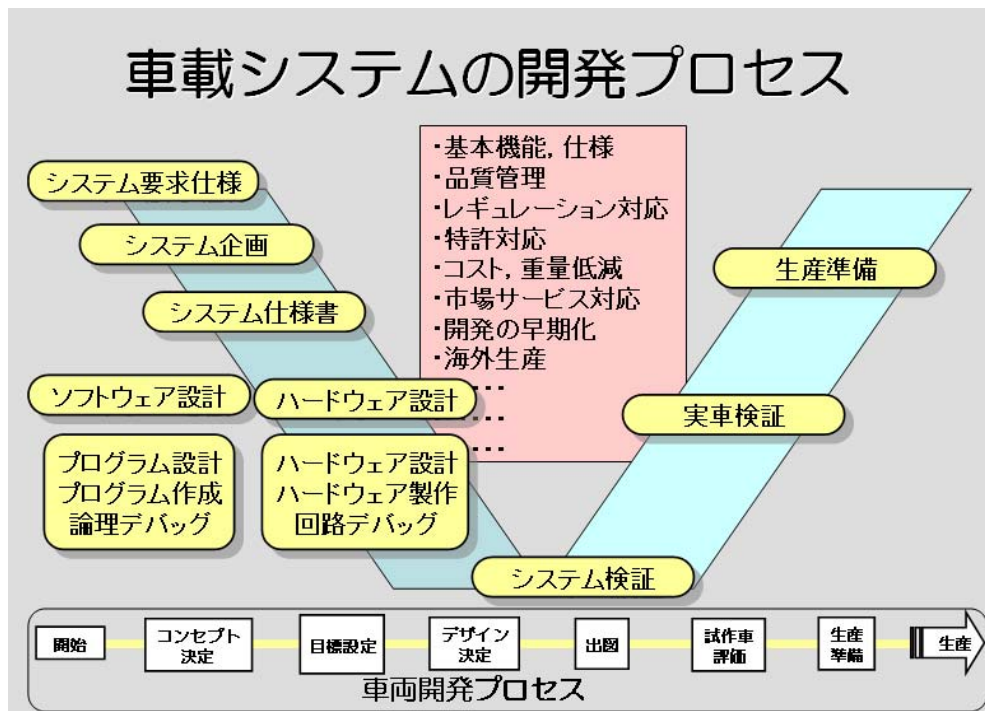
3. カーエレクトロニクスの現状と将来

モデルベース開発の概念を理解した上で、カーエレクトロニクスの技術内容や動向についての理解を深める。

- ・カーエレクトロニクスの現状
- ・組み込み技術と開発ツール
- ・カーエレクトロニクスの将来像

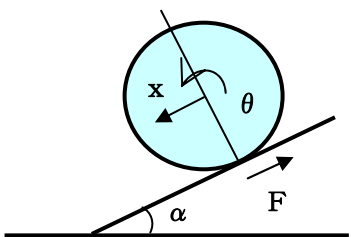
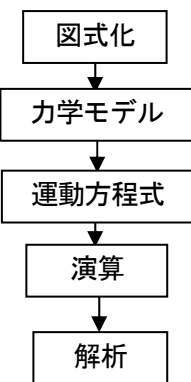
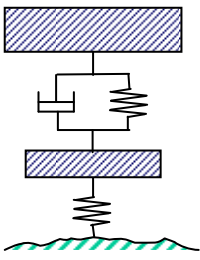
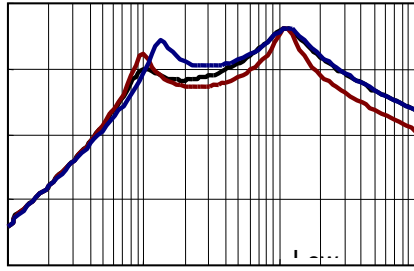
4. 車載システムの開発プロセス

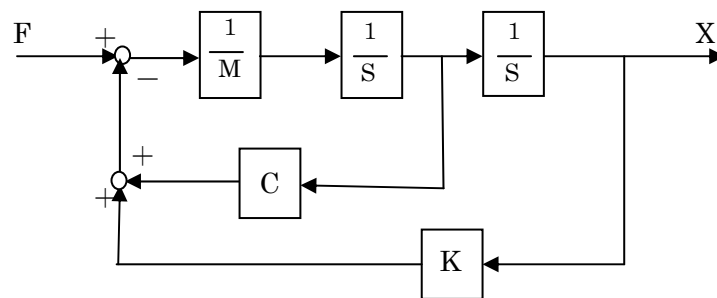
車載システムの多くは、仕様書からシステム仕様書を作成してコーディング作業を伴う開発プロセスとなっている。現在の車両開発プロセスの課題や問題を把握して、モデルベース開発の有効性についての理解を深める。



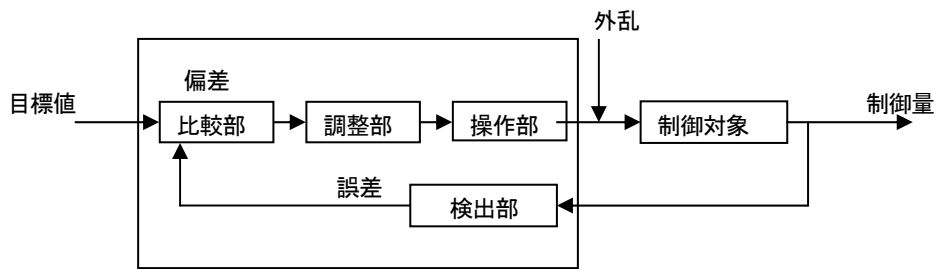
5. モデルベース開発に必要な一般知識

- ・機械のモデル化
- ・力学系のシミュレーション
- ・制御系のシミュレーション
- ・HILSとSILS
- ・その他

1-2	運動力学理論／制御工学理論
担当講師	近畿大学工学部 知能機械工学科 教授 竹原 伸
概 要	モデルベース開発に必要な運動力学や制御工学を理解し、簡単なモデルを題材としてシミュレーションを実行するまでのプロセスを学ぶ。
使用教材	『機械力学』（森北出版） 『絵ときでわかる機械制御』（オーム社） 『MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学』 川田・西岡著（森北出版）
講義の流れ ポイント	<p>1. 機械力学理論（教科書：機械力学(森北出版)） モデルベース開発を行うために必要な機械力学を解説する。質点系や剛体系の力学や振動解析の方法など、機械系の解析モデルや運動方程式の組み立て方を学ぶ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ S I 単位 ・ 運動のモデル化 ・ 質点系の運動 ・ 剛体の運動 ・ 1 自由度系の振動 ・ 多自由度系の振動 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>剛体の運動モデル化 (例)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>解析までの手順</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">運動のモデル化と解析までの手順</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>2自由度振動モデル(例)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>伝達特性</p>  <p>周波数</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">振動モデルのシミュレーション</p> <p>2. 制御工学理論（教科書：絵ときでわかる機械制御（オーム社））</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ フィードバック制御とフィードフォワード制御 ・ 動的システムのモデル ・ 伝達関数の過渡応答と定常特性



ブロック線図の作成



制御装置

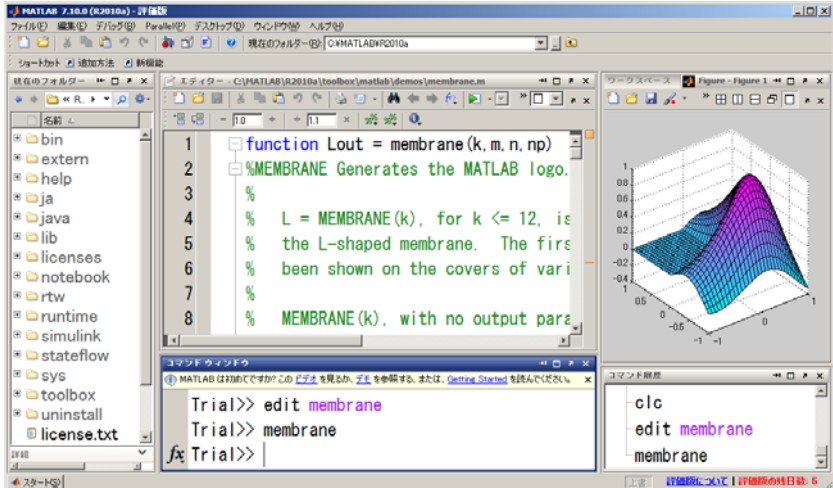
フィードバック制御

3. MATLAB/Simulink の操作

(教科書：MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学 (森北出版))

MATLAB/Simulink を用いて簡単なモデルのシミュレーションを行い、機械力学や制御工学で学んだ知識を深める。

- ・周波数応答シミュレーション
- ・過渡応答シミュレーション

2	MATLAB操作演習
担当講師	近畿大学工学部 知能機械工学科 講師 友國 伸保
概要	行列計算、ベクトル演算であり、制御系開発のための主要ソフトウェアである MATLAB を操作演習により身に付ける。
使用教材	ソフトウェア：MATLAB テキスト：MATLAB プログラミング入門
講義の流れポイント	<p>MATLAB (MATrix LABoratory の略) とは、行列計算、ベクトル演算を得意とするソフトウェアです。また、MATLAB にはグラフ化や 3 次元表示のライブラリがあり、さらにデータ解析、統計、制御などの豊富なライブラリを購入、作成することも可能です。</p> <p>本講義では、MATLAB によるデータ定義、データ取り込み、解析、グラフィックス表示といった、一連のデータ解析プロセスにおける代表的な機能や操作方法と、プログラミング機能を 1 日で習得することを目的としています。これから MATLAB を業務で利用される方、MATLAB を使い始めた方にお勧めの講座です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MATLAB ユーザー インターフェイス ・ MATLAB 変数の操作 ・ プロットと可視化 ・ M-ファイル ・ 基本的な統計とデータ解析 ・ データ タイプ ・ データの入出力 ・ プログラミング  <p>【使用教材 MATLAB について】 MATLAB は、アルゴリズム開発、データの可視化、数値計算を行うための高レベルなテクニカルコンピューティング言語とその対話型操作環境からなります。MATLAB を利用することにより、C、C++、Fortran といった伝統的なプログラミング言語よりも短時間で科学技術計算の問題を解決することが可能です。</p>

3	SIMULINK操作演習
----------	---------------------

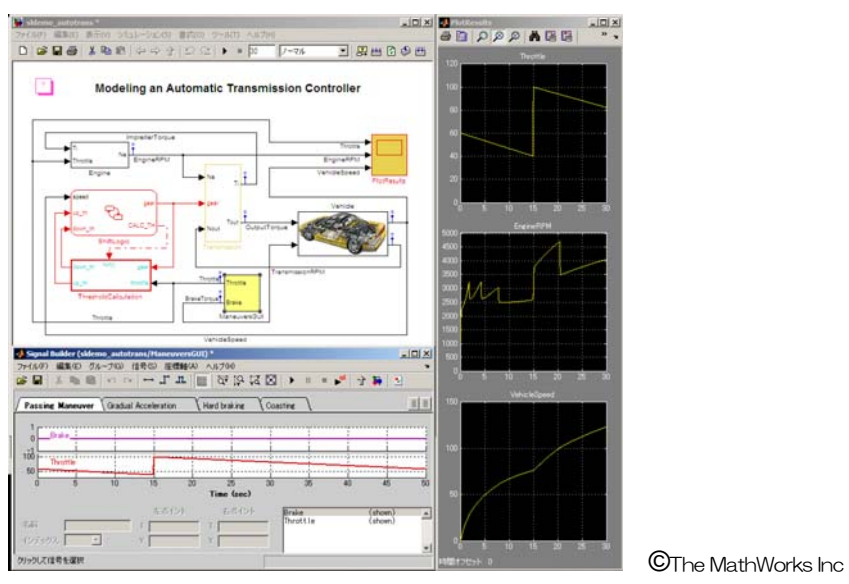
担当講師	近畿大学工学部 知能機械工学科 講師 友國 伸保
------	--------------------------

概 要	ブロック線図を用いる、制御系開発のための主要ソフトである SIMULINK を操作演習により身に付ける。
-----	--

使用教材	ソフトウェア：Simulink テキスト：MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学
------	---

講義の流れ ポイント	<p>本講義では、ブロック線図を用いる Simulink の操作方法や、代表的なブロックの機能、Simulink で表現可能な典型的な数学モデルの作成方法を 1 日で習得することを目的としています。これから Simulink を業務で利用される方、Simulink を使い始めた方にお勧めの講座です。</p>
---------------	--

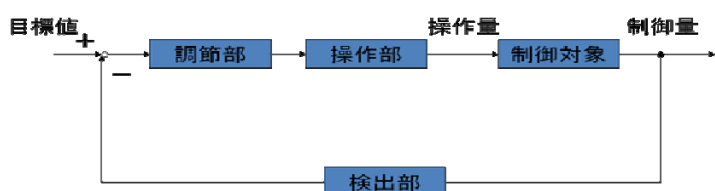
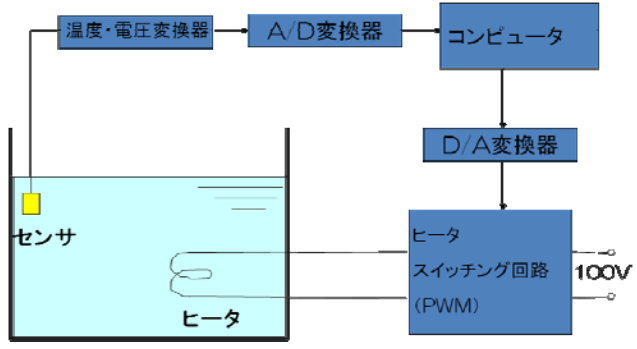
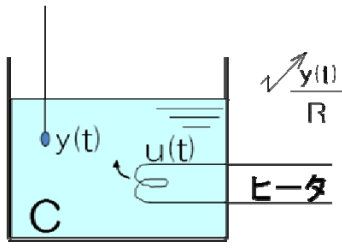
- ・システムモデリングの紹介
- ・代数システムのモデリング
- ・連続システムのモデリング
- ・離散システムのモデリング
- ・サブシステムによるシステムのモデリング
- ・ブロック線図モデルへのモデル結合
- ・マスクサブシステムとライブラリの作成



【使用教材 Simulink について】

Simulink はブロック線図にてシミュレーション対象をモデリングし、システムレベルの時系列シミュレーションを行います。

Simulink の対話型グラフィカル環境、及び カスタマイズ可能なブロックライブラリ群を用いて、マルチドメインシステムやダイナミックシステム、および組み込みシステム的设计、シミュレーション、実装、テストができ、制御のためのモデルベースデザインプラットフォームとして使用できます。

4	制御系設計 I
担当講師	広島大学大学院 工学研究院 教授 山本 透 広島大学大学院 教育学研究科 准教授 川田 和男 広島大学大学院 工学研究院 助教 中本 昌由
概要	制御系設計を行うための制御対象のモデリングおよびシステムの特性について学ぶ。
使用教材	『MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学』 川田・西岡著（森北出版）
講義の流れ ポイント	<p>1. 制御とは 機械や物体（制御対象）などの物理量（制御量）を、あらかじめ設定した基準値（目標値）に追従させるため、制御量を検出し（検出部）、目標値と比較し（調節部）、その差（制御偏差）に応じて、修正動作（操作量）を行わせる（操作（部））技術である。</p>  <p>図1 ブロック線図</p> <p>2. システムモデリング 具体例として、水温を制御するシステムに関して、モデリングを行う。</p>  <p>図2 水温調整システム</p> <p>図2のシステムを図3のようにモデリングし、微分方程式によって表現する。</p>  <p>図3 モデリング</p>

$$u(t) - \frac{y(t)}{R} = C \cdot \frac{dy(t)}{dt}$$

微分方程式を代数的に解くため、ラプラス変換を利用する。
システムを伝達関数に表現を利用する。

$$G(s) \triangleq \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{R}{1+RCs} \longrightarrow \frac{K}{1+Ts}$$

ブロック線図で表現する。

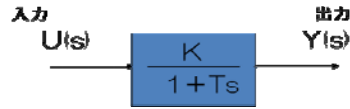


図4 ブロック線図

3. システムの特性

システムモデリングにより得られた伝達関数を用いて、過渡特性（時定数およびむだ時間等）を知る。

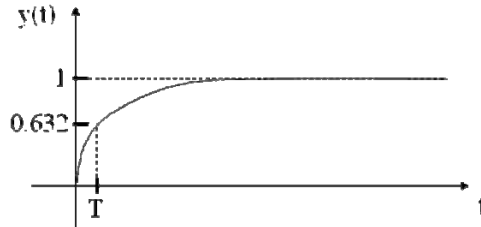


図5 一次遅れ系の過渡応答

制御対象に周波数を変化させた入力を入れ、出力がどのようなになるかボード線図を用いて特性を知る。

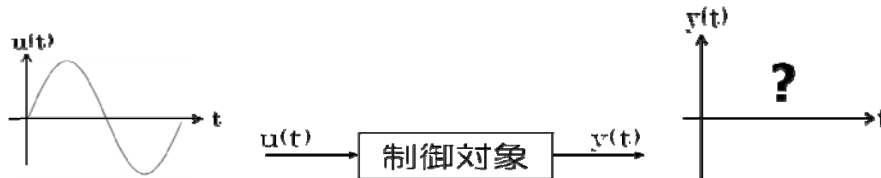


図6 周波数応答

4	制御系設計Ⅱ
担当講師	広島大学大学院 工学研究院 教授 山本 透 広島大学大学院 教育学研究科 准教授 川田 和男 広島大学大学院 工学研究院 助教 中本 昌由
概 要	制御系設計法の一つである PID 制御について学び、システムに対して PID 制御系を設計する方法を習得する。
使用教材	『MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学』 川田・西岡著（森北出版）
講義の流れ ポイント	<p>1. PID制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PID制御（図1）は、プロセス制御系で最も広く使われている制御手法。 ○比例（P）制御 $u(t) = K_p \cdot e(t)$ $= K_p \cdot (r(t) - y(t))$ ○比例（P）+積分（I）制御 $u(t) = K_p \cdot \left\{ e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau \right\}$ ○比例（P）+微分（I）+微分（D）制御 $u(t) = K_p \cdot \left\{ e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right\}$ <p>P動作とは比例動作のことを表し、目標値と出力の誤差の現在の情報を入力に反映する。 I動作とは積分動作のことを表し、目標値と出力の誤差の過去の情報を入力に反映する。 D動作とは微分動作のことを表し、目標値と出力の誤差の変化の大きさを入力に反映する。</p> <div data-bbox="459 1305 1273 1653" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: right;">PID制御</p> <p style="text-align: center;">図1 PID制御器</p> <p>2. PIDパラメータの調整法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PIDパラメータ（PIDゲイン）の調整法の代表的手法（ZN法，CHR法）を知る。 ・時間応答特性として、速応性，定常位置偏差，オーバーシュートについて習得する。 ・PIDパラメータの調整によって，安定性や上述の時間応答特性が変化することを知る。 <p>3. 実システムを用いた制御系設計</p> <p>実験装置を用いて，シミュレーションから実装までの一連の設計手順を習得する。</p>

4	制御系設計Ⅲ
担当講師	広島大学大学院 工学研究院 教授 山本 透 広島大学大学院 教育学研究科 准教授 川田 和男 広島大学大学院 工学研究院 助教 中本 昌由
概 要	実システムに対して、一連の制御系設計手順に基づいてPID制御系を設計する。その際、シミュレーション結果と実験結果との差異についても考察する。
使用教材	『MATLAB/Simulink によるわかりやすい制御工学』 川田・西岡著（森北出版）
講義の流れ ポイント	<p>1. 現代制御理論</p> <p>図1に示すシステムのモデリングから制御系設計に至る一連の手順、ならびに以下の内容を学ぶ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・状態空間表現は伝達関数と異なり、入出力関係に加えて、状態変数と呼ばれるシステムの内部信号も考慮した表現のことで、1階の微分方程式で表される状態方程式と出力方程式によって記述される。 ・ラプラス変換を用いることで、状態空間表現を伝達関数に変換することができる。 ・状態方程式の解は遷移行列によって与えられ、遷移行列はシステムの安定性を決定する。 ・状態フィードバックとは、状態変数の値を制御入力として利用することである。 <div data-bbox="612 1059 1150 1458" data-label="Image"> </div> <p>図1 天井クレーンモデル</p> <p>物理モデルを以下のラグランジュの運動方程式から導出する。</p> $\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q_i} + \frac{\partial U}{\partial q_i} + \frac{\partial F}{\partial \dot{q}_i} = Q_i$ <p>運動方程式中の三角関数を以下のように扱い線形化を行う。</p> $\sin(\theta) \approx \theta$ $\cos(\theta) \approx 1$ <p>線形化された運動方程式を用いて状態空間表現で表す。</p> $\dot{x} = Ax + bu$ <p>この状態空間表現されたモデルに対して、制御系設計を行う。</p>

4	制御系設計Ⅳ
担当講師	広島大学大学院 工学研究院 教授 山本 透 広島大学大学院 教育学研究科 准教授 川田 和男 広島大学大学院 工学研究院 助教 中本 昌由
概 要	制御系設計を行うために必要となるモデリング，ならびにシステム同定について学ぶ。とくに，いくつかのシステム同定法を MATLAB/Simulink を用いてプログラミングすることを通して習得する。
使用教材	参考図書として， 『MATLAB による制御のためのシステム同定』 足立著（東京電機大学出版局）
講義の流れ ポイント	<ol style="list-style-type: none"> システム同定 <ul style="list-style-type: none"> システムモデリングとシステム同定 制御対象のシステム同定法 図1に示す離散化のしくみ，ならびに連続（アナログ）と離散（ディジタル）の関係 最小二乗法によるシステム同定（MATLAB/Simulink による演習） 実システムを用いたシステム同定演習 <div data-bbox="491 869 1316 1146" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">図1 サンプリングとホールド回路</p> <ol style="list-style-type: none"> 非線形システムのモデリングとシステム同定 <ul style="list-style-type: none"> GMDH型ネットワークによるモデリング・システム同定 ニューラルネットワークによるモデリング・システム同定 進化計算法（GA・PSOなど）によるモデリング・システム同定 データ駆動型モデリング・システム同定 ロボット教材のモデリングとシステム同定 <ul style="list-style-type: none"> ロボット教材を取り上げ，そのモデリングについて学習する。 ロボット教材のシステムパラメータの同定を行う。