

# 制御工学1

## まとめ2

### 15回目

#### 注意事項

1. 本資料は上記授業のために受講者による閲覧を想定して作成されたものである。
2. 授業の説明(主として例示)のために本資料で引用した図表には出典を示しているが, その内容に関しては関知しないものとする。
3. 本資料の内容に関する説明は授業にて行うものとする。
4. 本資料は授業で行ったレポートの内容を勘案して作成したものであるが, 制御の概念の理解に役立つものとして作成しており, まとめや振り返りに相当する位置付けとして扱っている。

# レポートで要望, 質問のあったこと

- ラプラス変換について
- フィードバック要素とセンサの種類
- 外乱について
- 制御理論・概念の色々
- 制御の失敗について
- 身近な制御や具体例
- 自動車の制御
  - パワーステアリング
  - ECUマッピング
  - 衝突被害軽減ブレーキ
- 制御とソフトウェアとハードウェア
  - ハードウェアの重要性
  - ソフトウェアの重要性と言語
- 組み込み機器
- その他
  - 昇圧回路
  - 美味しいコーヒーの淹れ方？
- 人工知能
- ロボット
  - 画像処理
  - 姿勢制御
  - 研究対象

# ロボットの定義は人それぞれ

## 階層的な観点

### • 目的を考える

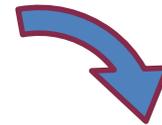
1. 役割で考える
2. 機能で考える
3. 構成技術で考える

今まで機械や家電だったものが、  
マイコンを加えて「制御」  
するとロボットになる？

<http://www.sharp.co.jp/souji/products/ecvx500.html>

## 構成技術の要素による観点

1. 動きで考える
2. 複雑さ(機能の多さ)で考える
3. 賢さ(知能)で考える



<http://www.irobot-jp.com/roomba/index.html>

# メカニズムの位置付け

- コンピュータ, マイコンの発達と普及で機能は格段に進歩

<https://mbed.org/platforms/mbed-LPC1768/>

- 機構の工夫より, シンプルなサーボを組み合わせた方が作り出せる動きは広い

<http://homepage1.nifty.com/x6/electmake/parts/ic/ic.htm>

- 機構を工夫しすぎると数式モデルが複雑で, 扱いにくい



メカニズムの工夫の余地はなくなってしまったのだろうか？

[http://www.futaba.co.jp/robot/command\\_type\\_servos/rs406cb](http://www.futaba.co.jp/robot/command_type_servos/rs406cb)

<http://kondo-robot.com/product-category/khrseries>

# ハードウェア、機構の工夫の意義

ソフトウェアから考えると扱いにくくなる場合もあるのが機構の工夫

- ソフトウェアは機能を増やす上で大変有効
- ハードウェアの限界がすなわちロボットや制御された機械の性能の限界

ハードウェアを充分工夫しておいた上に優れたソフトウェアを実装すれば格段に性能向上

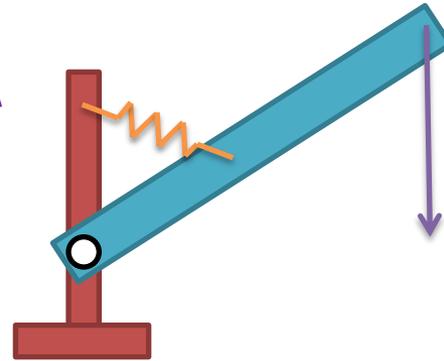
制御とは

- 制して： 必要な分だけ出力を絞る仕組みを持たせる
- 御する： 結果、思い通りの動作、機能を実現

# 重力の影響を受けない機構

- 自重を支えるためにエネルギー(電力などの動力)を消費するのは無駄
- 自重を支えるには、ばねや錘などエネルギーを消費しないもので釣り合いをとる(ポテンシャルエネルギーを用いる)

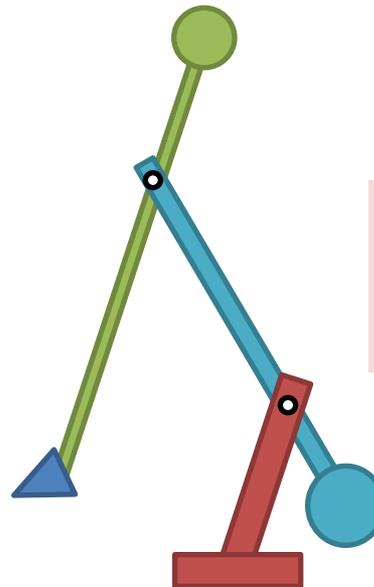
これらなしに制御(ソフトウェア)だけで自重支持のエネルギー消費を軽減することは不可能



角度が変わってもばねによって常に一定の支持力を出す機構



関節を重ねる場合に工夫が必要



支点の反対側に錘を取り付ける(カウンターウェイト)



機構が重くなる

# 制御における各技術要素の役割

- 構造設計
  - 機構の剛性向上により、不要な発振を抑制
- 機構原理の発案
  - 動作の目的・機能の実現と制御理論との親和性を向上
- 制御（コントローラ、駆動部、センサ）
  - 思い通りに動的システムを動作させる仕組み
- 知能
  - 現在の状態を認識、利用者の意図を認識、目的に合わせて戦略(Strategy)を自ら立て制御に反映

# 機能的な装置の制御

- 効果（動作，機能）
    - 次に挙げる様な制御の各要素を基に
      - 物理的な作業
      - 視覚的な提示
      - 人間とのインタラクション（対話，ジェスチャ）
- のための動作を実行

# 機能的な装置の制御

## － 検知（推定，認識）

- センサにより，システムの外界および境界の状態を検知し，対象への接触，モータの回転，トルク，障害物や地形を認識．必要に応じシステムの異常を検知
- 物理的なセンサを用いない，あるいは間接的な情報を用いて

## － 制御

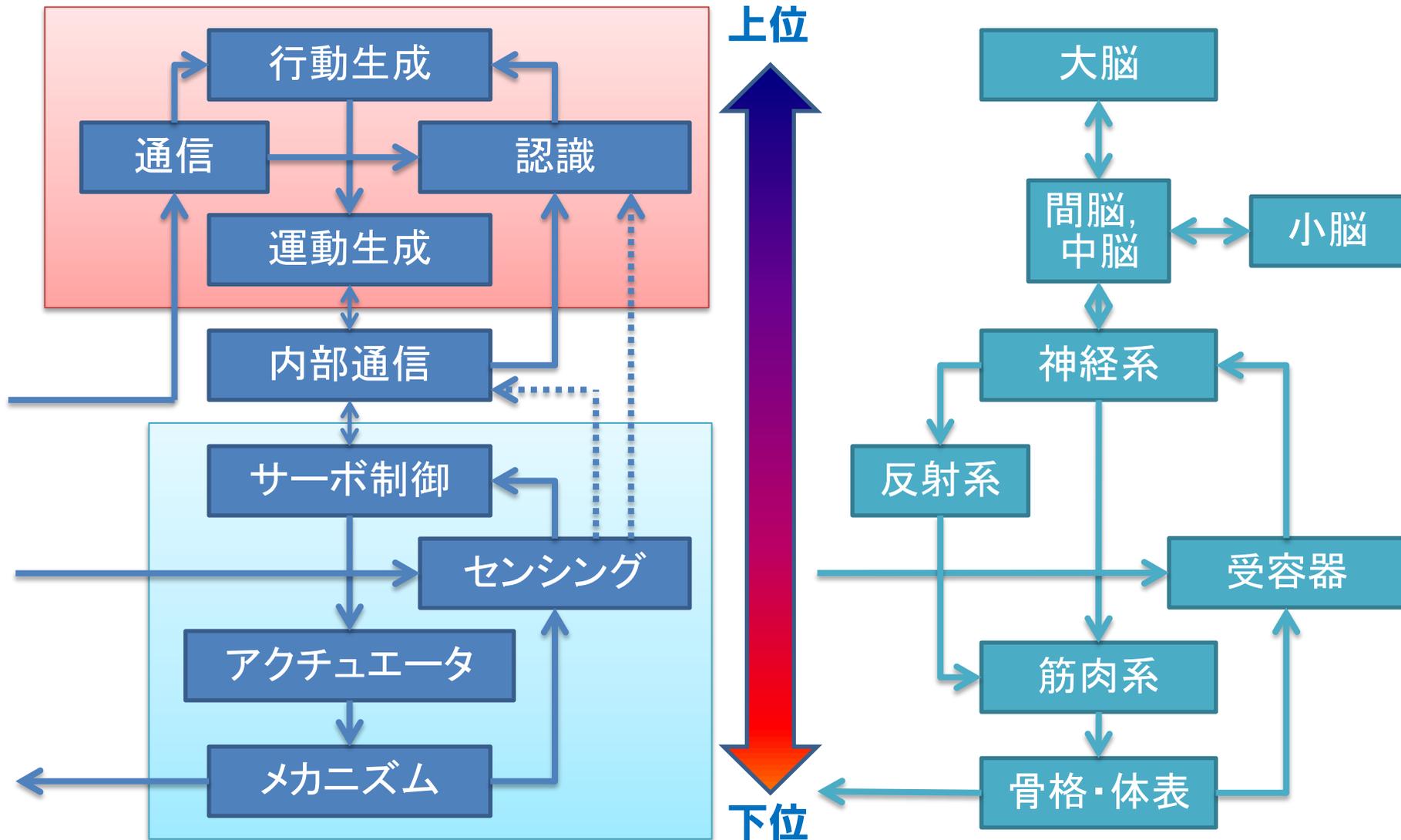
- アクチュエータ，センサ（機構の内界を検知），機構を用いて必要な動作を行う仕組み

## － 知能

- 制御の中で上位概念であり，装置の置かれている状態を認識し，戦略・計画を生成

# ロボットを構成する要素

を階層的に捉えてみる。



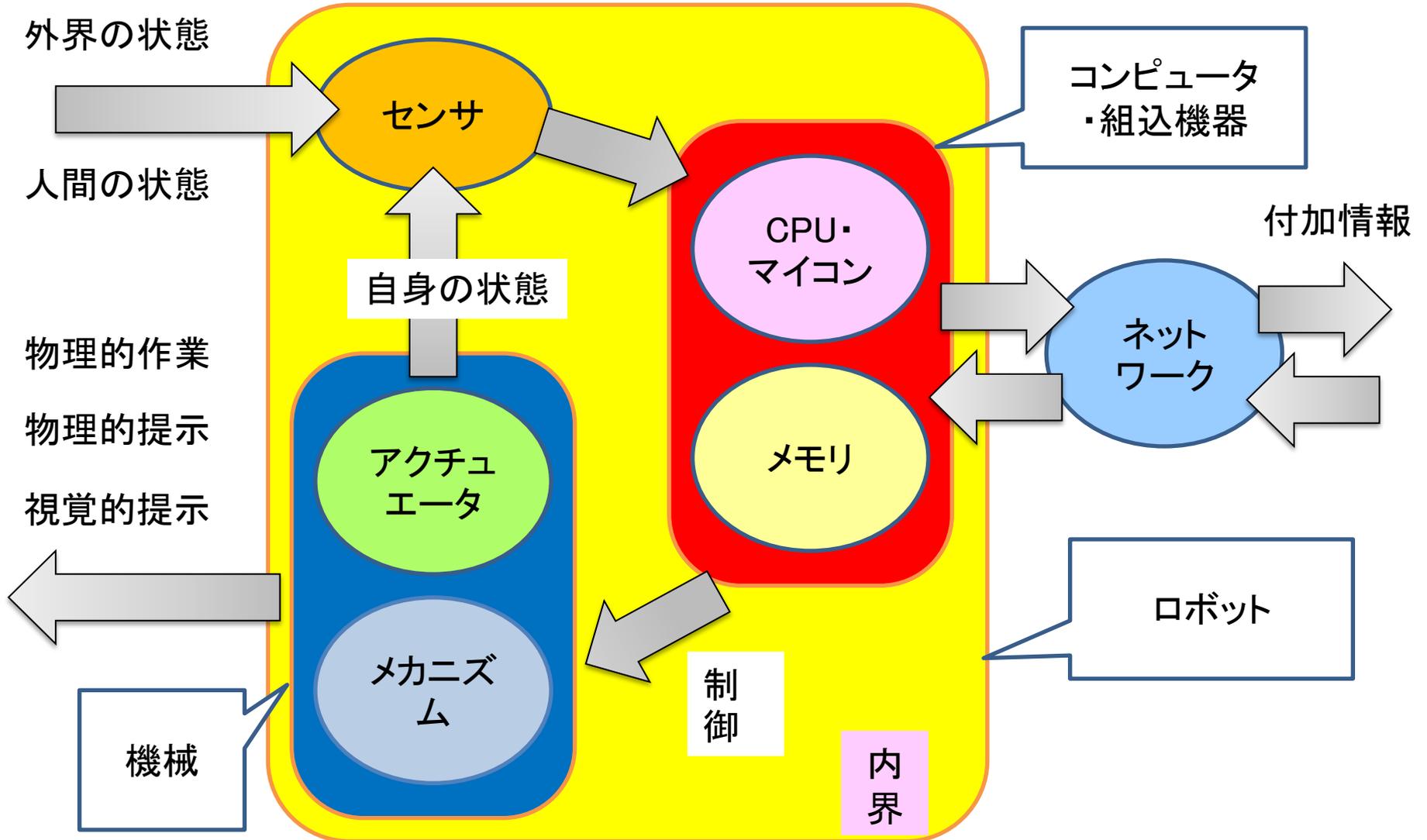
# 担当教員の考えるロボット

**最大の意義； 人間が幸せになるための装置**

**人間が実現したいことを実行する装置**

- 物理的に(実体を以て)作用する装置
- 人間に情報を提示し,何かとの間を取り持つ装置
- 制約(時間的,空間的,物理的)を軽減する装置
- 能力を拡大もしくは代行する装置
- 人間の能力(感覚,知能,体力)を支援する装置
- 人間の成長を支援する装置
- 利用することが快いと思える装置

# ロボットはこんなシステム



# 画像処理

## 産業用途(工場内)

- ワーク(被加工物)の位置・姿勢合わせ
  - パレット上の物品の姿勢をカメラで検出, 修正
- 検品時の不具合チェック
  - 製品をカメラで撮影, パターン認識, 評価し, 不良品を識別
- 異物混入のチェック
  - カメラで撮影し, パターン認識
- 危険な区域への侵入を検出
  - 人間や自動搬送車, 部ピンなどを検出し自動停止

## これからの用途

- 遠隔操作
  - 建機, 医療(検査, 手術), 航空宇宙
- 顔認識, 個人認識
  - セキュリティ, ID管理
- 不審者検出
  - 防犯
- 自律移動
  - 全自動運転車, 居住環境移動ロボット(市街地, 職場, 住居)
- 視点の変換
  - 障害物認識, 画像提示

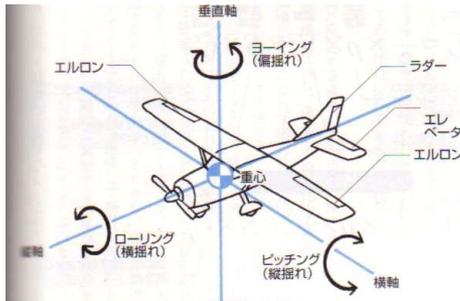
# 画像処理(認識)の機能

- 比較
  - データベースを含め, 基準との変化を認識
- 特徴量の抽出
  - 形状, 距離, 移動面, 障害物, 輪郭, 物性など意味合いを検知
- 可視化
  - 可視光以外の物理量の分布を処理(流体, 熱, など)
- 変換
  - 目的に合わせ, 抽出したり, 不要な情報を削除, 特徴を強調する処理, 座標等を変換して形状や環境を構築, 対象物の運動状態を反映した動画など
- 加工
  - カメラ(レンズや撮像素子)や撮影条件から画像を美しくする, 人間に必要な情報を提示するために

# 姿勢制御

- 基本の6自由度

- X-Y-Z並進移動
- ピッチ, ロール, ヨーの回転移動



トコトンやさしい航空工学の本 (B&Tブックス—今日からモノ知りシリーズ)  
高木 雄一 (著), 松島 丈弘 (著), 谷村 康行 (著), 小塚 龍馬 (著) P.36

加速度センサ, ジャイロ (各加速度) により検出

- 絶対位置や姿勢の検出

- GPS (絶対位置)
- 赤外線ランドマーク (局地的な絶対位置)
- レーザレンジファインダ (地形情報)
- 画像処理・認識 (障害物, 人間)
- 車輪回転角センサ (速度および累積計算結果による位置)
- 足裏荷重センサ (足首より上の慣性力, 傾斜)

# ロボットの姿勢制御

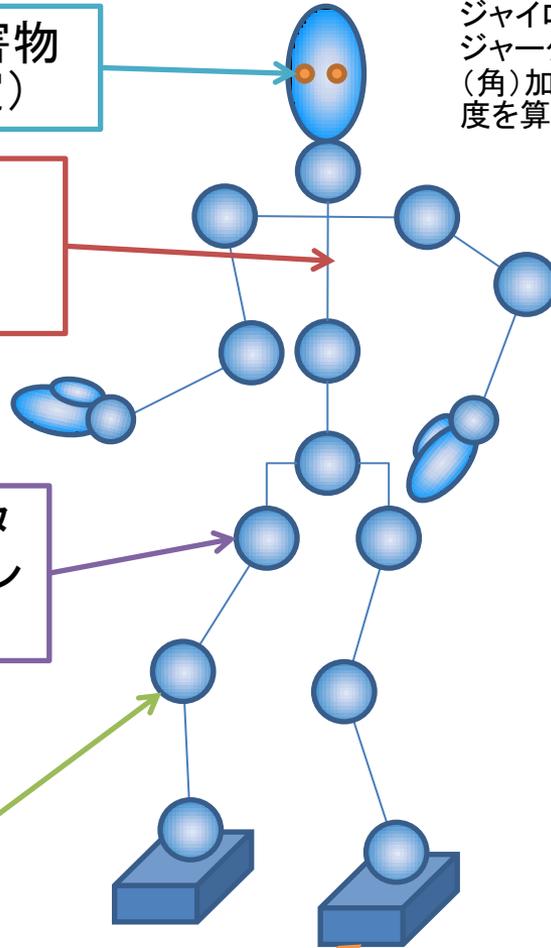
•ステレオカメラ(障害物回避, 自己姿勢推定)

•体幹加速度センサ, ジャイロ(体幹傾斜, 慣性力, モーメント)

•関節角センサ, モータトルクセンサ, 電流センサ(足先反力推定)

•足首6軸力センサ(支持モーメント釣り合い, 床傾斜, 足先慣性力)

•足裏力センサ(支持モーメント)  
•加速度センサ(床傾斜)



ジャイロからジャーク(角)加加速度を算出

<http://static.ddmcdn.com/gif/blogs/6a00d8341bf67c53ef0168e690e40f970c-800wi.jpg>

Laser Imaging Detection And Ranging

美味しいコーヒーのいれかた

分かりません！

# 工学的に考えるなら？

## どんな要因があるのか考える

- はじめに仮説を立てた上で、
- 要因に関する条件を考える
  - 要因に対し数値化を図る

人間の状態, 対象(コーヒーや調理器)の状態, 環境(部屋など)の状態

## 証明する

- 何故そうなるのかを考えた上で、  
仮説を基に検証法を計画し、
- シミュレーションする
  - 実験する

主観によるバイアスがないこと(共通認識がもてる)を示す方法、要因と結果の関係性があることを示す方法

## 評価する

- 実験結果を整理
- 実験結果からモデルとなる数式化
- 実験条件間の関連性を考察
- 条件や要因ごとの影響の大きさを考察

偶然でないことを示す、不確定でないことを示す

## 知見を獲得する

- 仮説と評価結果を比較した上で、
- 得られた知見を整理
  - 問題点と深刻度(優先度)を整理
  - 改善方法を発案し、方法や仕組みなどの手段として定着する

問題を明らかにする、再現性を担保する、標準化(誰がやっても同じ結果にできる)を図る

# 安易に工学的に、と言っても・・・。



<http://vimeo.com/99865079#t=0>

お湯をゆっくり注いだ後の  
盛り上がり方が違います。

<http://dng65.com/blog-entry-1054.html>

同じ器具の標準的な使い  
方の方です。

# 優れた制御を実現するには？

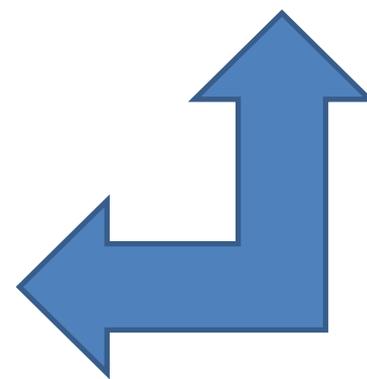
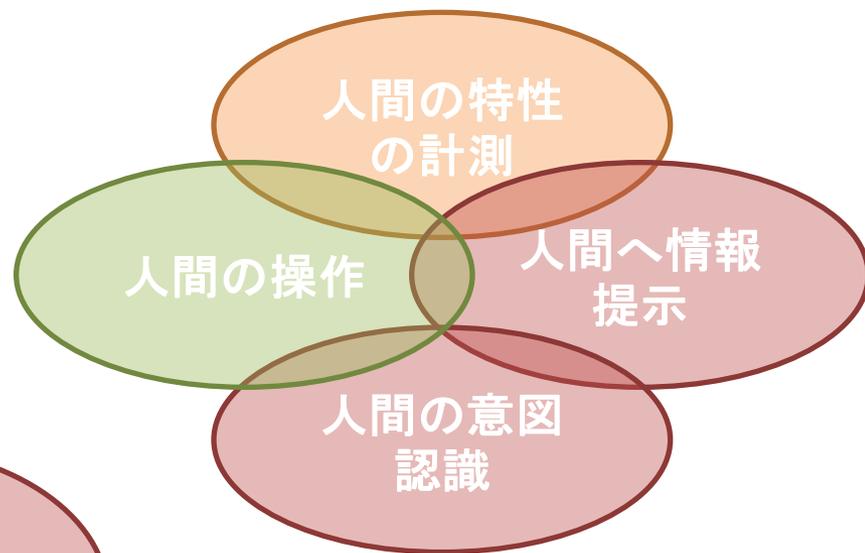
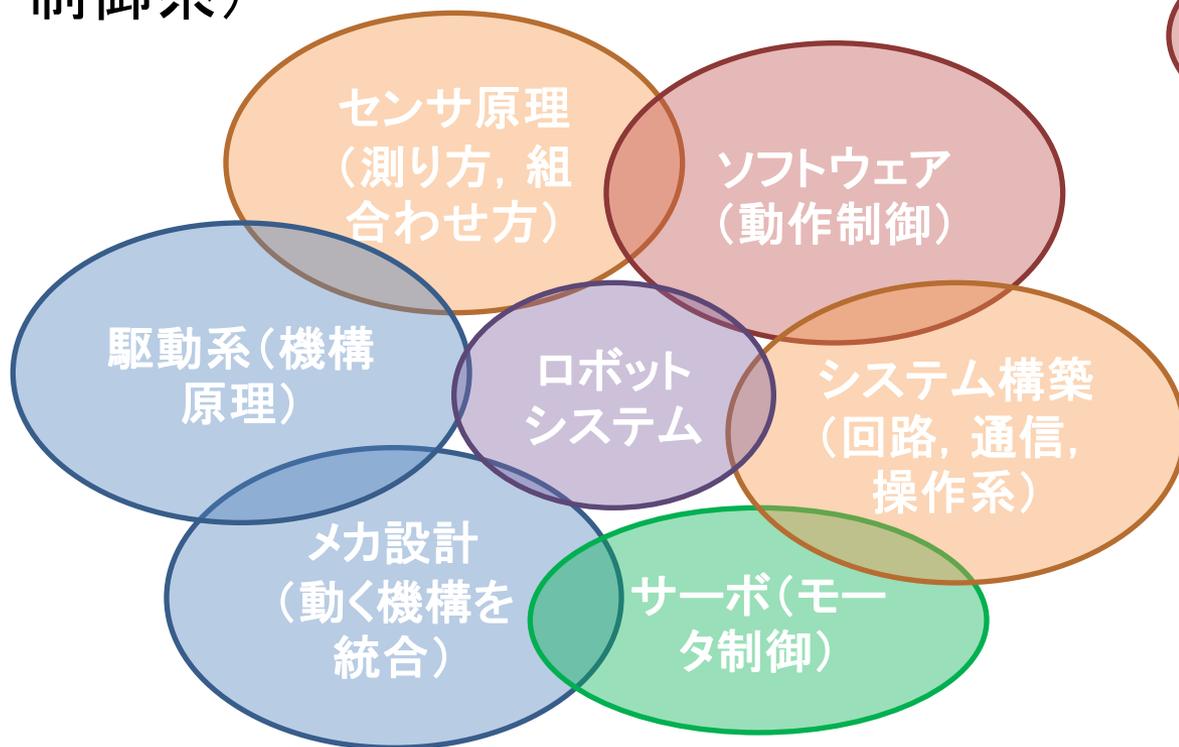
- ① **目的**を明確にし，仕様を決める（数式表現，理論構築）
- ② 機能，性能に優れる機構系を作る
- ③ アクチュエータ（モータなど）の特性を活かす手法を考える
- ④ センサの特性，利用法，**組み合わせ**を考える
- ⑤ これらの特性をよく理解してよい**制御則**を作る

# もっと優れた制御を実現するには？

- ⑥ システム, **通信**方法, ネットワークとやり取りする情報を吟味して構成法を考える
- ⑦ 認識アルゴリズム, 運動生成・制御アルゴリズムを考える
- ⑧ 操作者(命令者), あるいは恩恵を受ける人間の関係を明らかにし, 人間の関与する度合いを考え, 上位概念である行動原理, 行動生成を勘案した**人工知能**を考える

# 研究

- ロボットと機構要素の研究
- デザインした機能を持った装置を開発
- 相手は人間も含む(人間を含んだ制御系)



人間と機械の関係

# 研究室の規模とテーマ(2014年度)

1. 屋内階段昇降を行う4+1脚ロボット
2. ボギー型爪付車輪を有した階段適応車両型ロボット
3. 摘み上げベルトと掌押付け機構を有したハンド機構
4. 振動(地震)教育を目的とした, 全方向車両およびその操作システム

1. 自公転車輪機構を有した段差移動ロボット
2. 正圧(流体の慣性力)により吸着力を発生する機構と水中移動体
3. 片斜面適応サスペンションを有した不整地移動車両型ロボット
4. 視覚刺激の影響を受けた脳波を用いた生活支援ロボットアーム
5. 多自由度連接機構を有した不整地移動車両

1. インホイールモータに用いる減速機
- 2.心地良いサーボ音の実現とこれを用いたインタラクションシステム
3. 移動型群ロボットを動かすための簡潔な行動原理(アルゴリズム)
4. 重力補償機構を有した軽量ロボットアーム
5. 柔らかい接触状態を実現可能なクローラ移動機構
6. 遠隔操作に用いる視覚提示装置の開発

# 代表的な研究 例1

## 自重補償機能付き軽量アーム

- 目的
  - 生活支援のため人間の傍で利用するロボット
- 問題点
  - 安全性を確保:モータの出力は最小限
  - 可搬重量は確保:モータの効率的な利用
- 方法・手段
  - 自重はばねによって支持
  - 姿勢に依らず重力成分だけを補償
- 効果
  - モータ出力を対象物に対する作業に利用可能

# 代表的な研究 例2

## まわり階段を移動可能な歩行型ロボット

- 目的
  - 生活支援のため住宅内で利用するロボット
- 問題点
  - 住宅内移動:まわり階段を安定して通過できる必要性
  - 傷をつけない移動:接地部が移動面に対して相対運動をしない
- 方法・手段
  - 脚式移動機構を基本
  - 追加支持脚を胴体中心下部に配置
- 効果
  - 歩容が簡単になり, 踏み替えを減らせる
  - 狭隘部での旋回性が向上

**別スライドにて研究の概要を説明します。**