

ロボットの制御と行動決定

ロボット概論 13

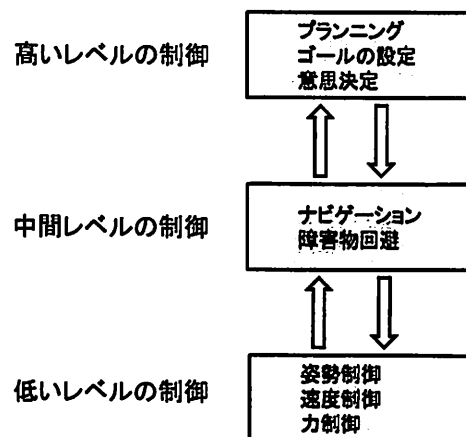
第13回(2019/12/23)

担当: 山崎

1

制御のレベル

- 『制御(control)』という言葉は様々な意味で使われている



- 自律ロボットではより上位の制御の実現が求められる

3

はじめに

■ 前回の内容

- 移動ロボットの形態
- 車輪移動ロボットの制御
- 歩行ロボットの制御

■ 今回の内容

- フィードフォワード制御とフィードバック制御
- PID制御
- 行動決定の手法

➡ 制御の基本とロボットの動かし方を知る

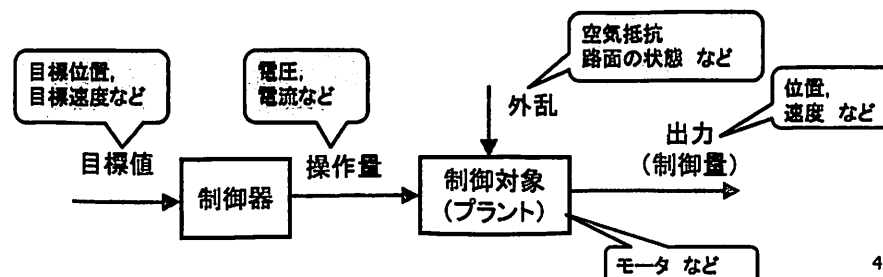
2

フィードフォワード制御

- 制御工学(の講義, 3年)では主に低いレベルの制御問題を扱う
- 基本的なアイデアとして, フィードフォワード制御とフィードバック制御がある

■ フィードフォワード制御

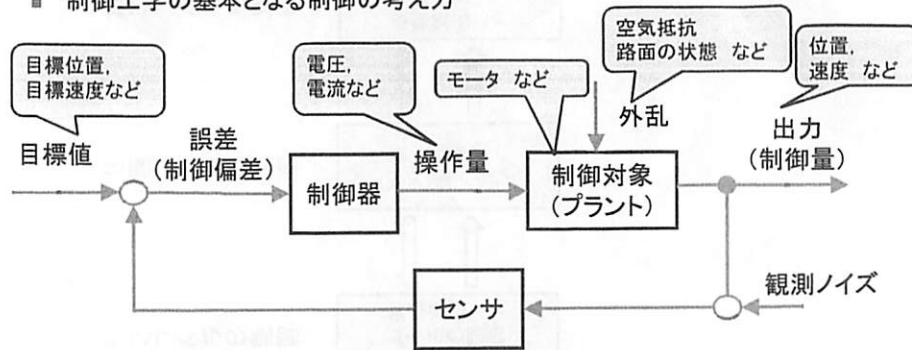
- 目標値に基づき, 操作量を決定する
- 制御対象の特性から, 制御器が適切な操作量を計算
- 制御対象の個体差や外乱の影響の扱い



4

フィードバック制御

■ 制御工学の基本となる制御の考え方



- 目標値と制御量との誤差をもとに操作量を決定する
- センサが必要になるものの、制御対象の変動や外乱にも強い

5

PID制御とは

- フィードバック制御のひとつで、ロボットに限らず産業界で広く使われている
- P(比例)制御, I(積分)制御, D(微分)制御の組み合わせ
- 目標値を $r(t)$, 制御量を $y(t)$ としたとき,

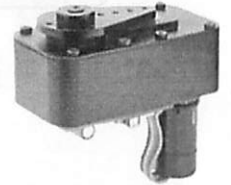
誤差は $e(t) = r(t) - y(t)$

- このとき, $e(t)$ をもとに操作量を以下の式で決定する

$$\text{操作量} = \underbrace{(K_P e(t))}_{\text{比例項}} + \underbrace{(K_I \int_0^t e(\tau) d\tau)}_{\text{積分項}} + \underbrace{(K_D \frac{de(t)}{dt})}_{\text{微分項}}$$

K_P : 比例ゲイン
 K_I : 積分ゲイン
 K_D : 微分ゲイン

この3つを調整する

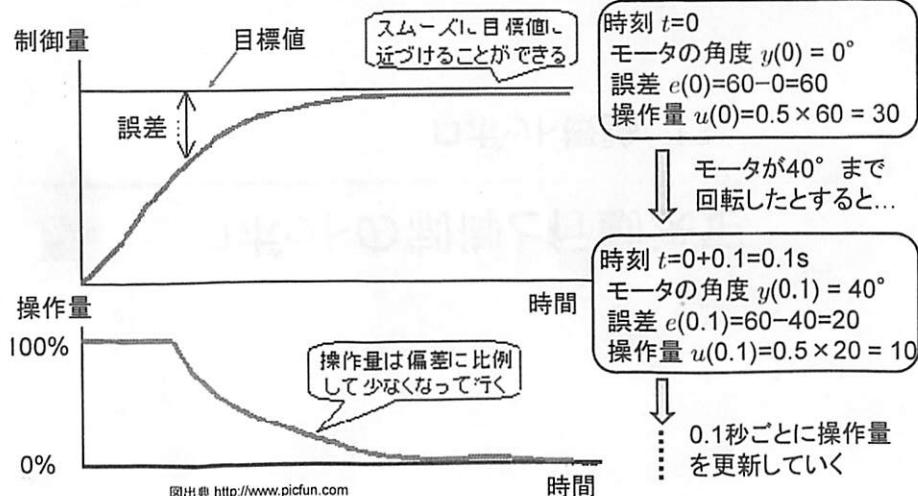


PIDパラメータの設定が可能なモータ
(ヴイストン
サーボモータ
VS-SV3310)
327kgf・cm

6

P制御(比例制御)

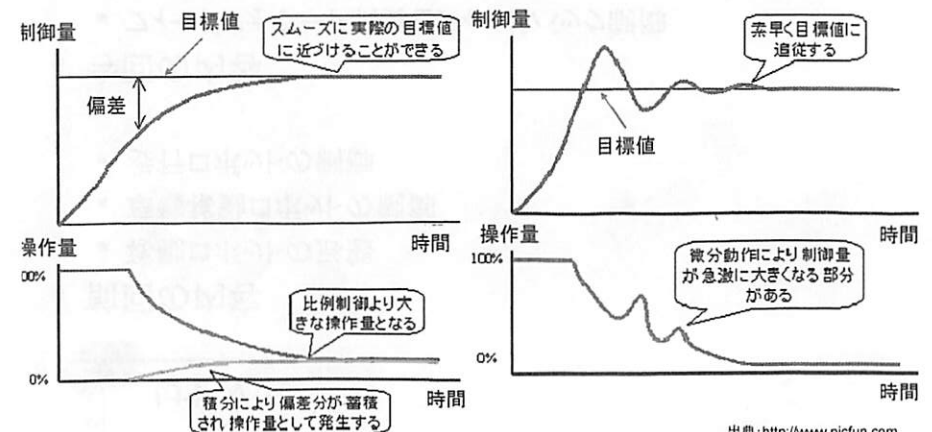
- 現在の誤差に比例して操作量を決定



図出典 <http://www.picfun.com>

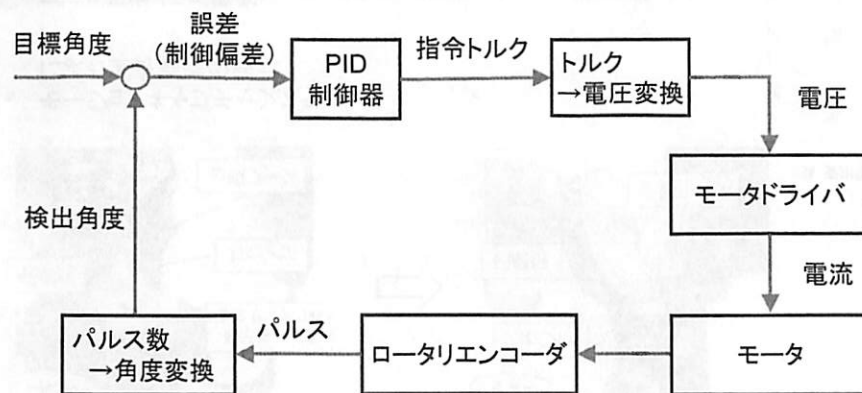
PI制御, PID制御

- PI制御 (比例+積分)
- PID制御 (比例+積分+微分)
- I制御で目標値へ一致させる
- D制御で過渡特性の改善



出典: <http://www.picfun.com>

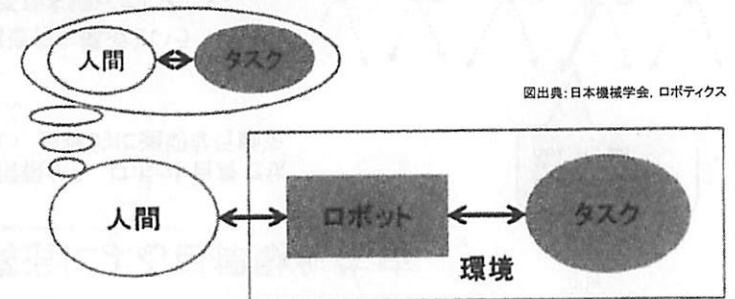
PID制御によるモータ制御の概念図



9

行動決定の分類

- どのようにして、ロボットの行動を決定するか
 - 操縦型
 - 人間が直接操る
 - 教示型
 - あらかじめ教えた動きを再生
 - 自律型
 - ロボットが自律的に行動を決定



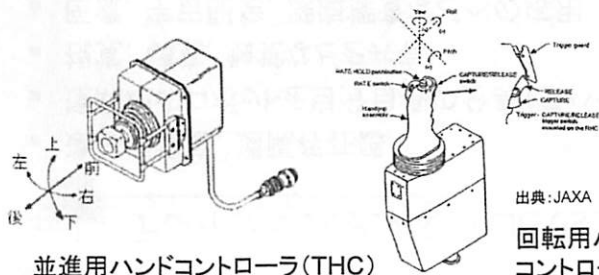
図出典: 日本機械学会, ロボティクス

操縦型

- 各軸スイッチ方式
 - 各軸の動き(どれくらい関節を動かすか)を直接指定する
- ジョイスティックによる操縦
 - ジョイスティックの傾きや回転で動作を指令

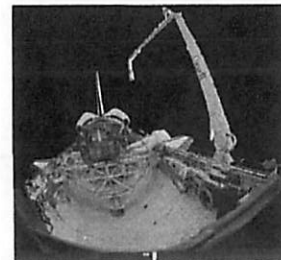


シャトル・リモート・マニピュレータ・システム (SRMS)



出典: JAXA

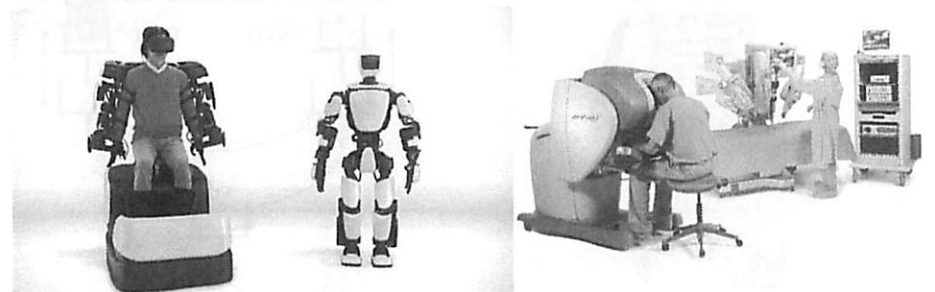
回転用ハンド
コントローラ (RHC)



11

マスタ・スレーブ方式による操縦

- 操縦者が、操作用のアーム(マスタ)を動かすと、作業用のアーム(スレーブ)が同じように動く



トヨタ T-HR3
マスター制御システム

ダビンチ 遠隔手術システム
Intuitive Surgical 社

- センサ情報からのフォースフィードバック等を行うことで操作性の向上を図れる

12

テレグジスタンス (Telexistence)

- 遠隔臨場感, 遠隔存在感
- 遠隔地のロボットを自分自身の分身(アバター)として動かす
- 視覚, 聴覚, 触覚などを共有
- 医療, 宇宙開発, 深海探査などへの応用

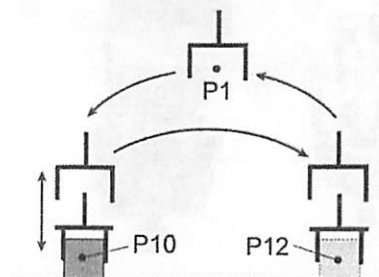


テレグジスタンスロボット Telesar V

13

ティーチングプレイバックによる教示

- 教示再生方式
- 産業用ロボットでは広く使われている



図出典: 日本機械学会, ロボティクス

教示ポイントを順次指定していく



出典: 株)ダイヘン

ティーチングペンダントを用いた動きの教示

14

実演による教示

- 人が実演し, ロボットに教示
- ロボットが人の作業を再現



出典: 安川電機

- モーションキャプチャシステムによる全身動作の教示

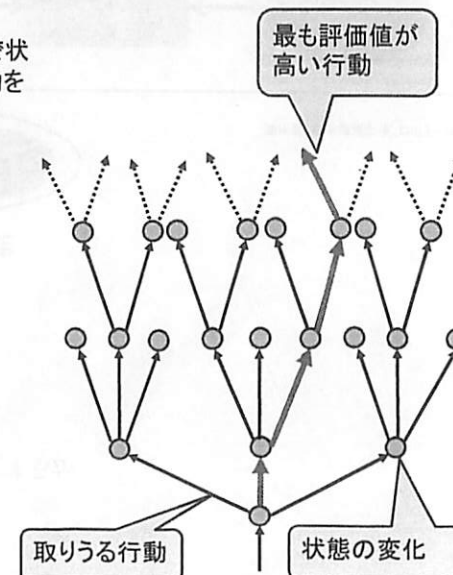
- マーカをカメラで撮影 (光学式モーションキャプチャ)



出典: OptiTrack

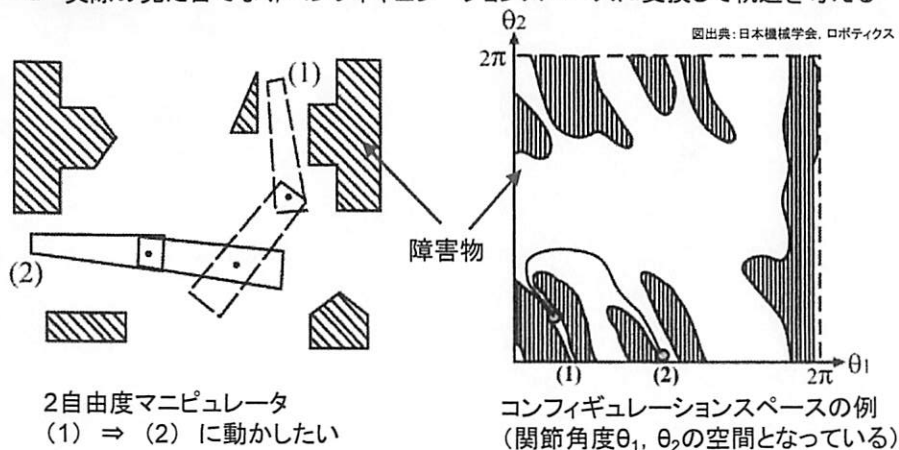
木構造による自律動作生成

- センサ等の情報から, ロボット自身で状況判断を行い, 自律的に適切な行動を遂行して欲しい
- 右のような構造を木構造という
- とりうる行動系列を調べていくことで, 適切な行動を決定できる
- 先読みによる精度向上とその限界



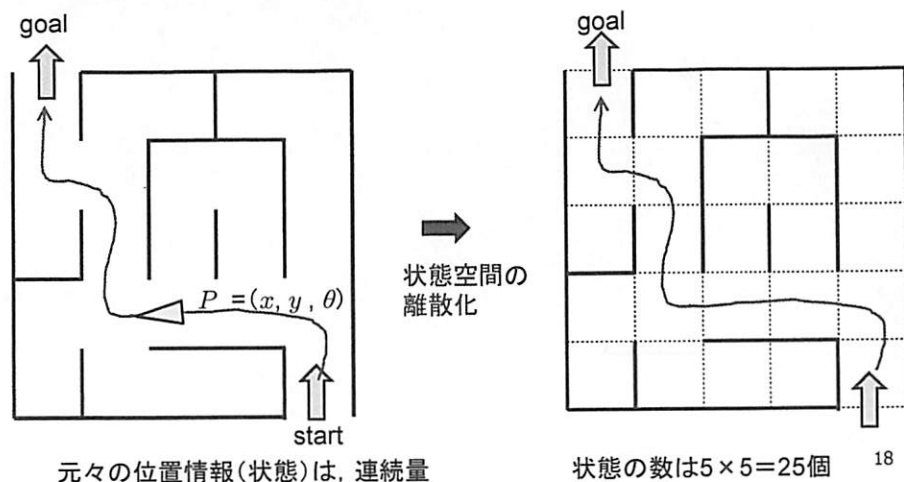
コンフィギュレーションスペースを用いた軌道生成

- ロボットが取りうる状態を空間で表現したものをコンフィギュレーションスペース (Configuration Space, C-Space) という
- 実際の見た目ではなく、コンフィギュレーションスペースに変換して軌道を考える



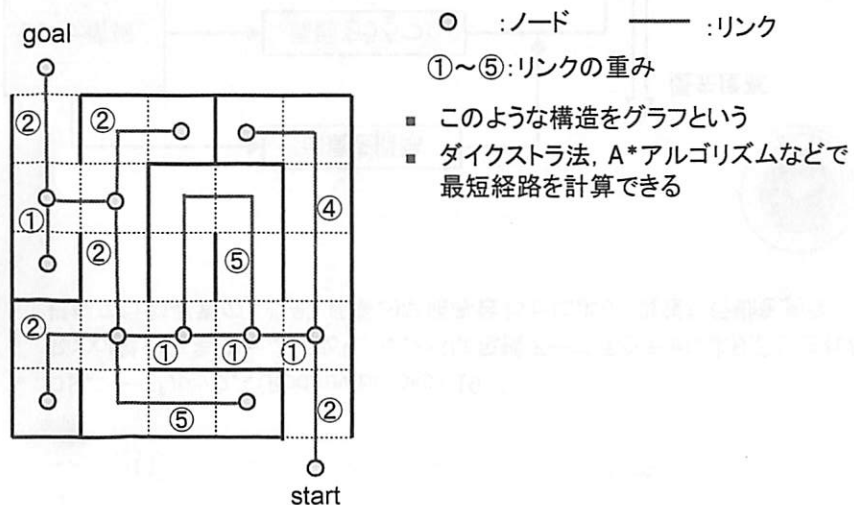
移動ロボットの行動生成

- どのようにして道筋を決定するか
- 例) 迷路 (※ここでは、構造は既知とする)



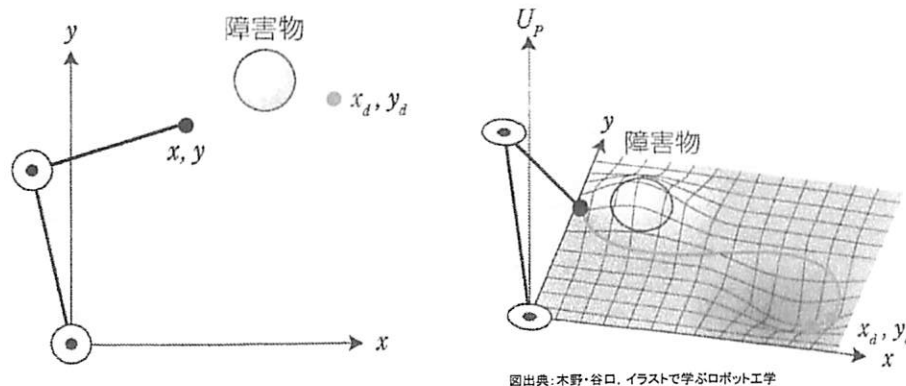
グラフ構造による表現

- 分岐と行き止まり, その間の距離の情報のみ



ポテンシャル法

- 障害物では大きく, 目標位置では小さくなるようなポテンシャル場(各位置のエネルギーの分布)を考える
- ポテンシャル場の勾配(微分)の向きに移動することで, 障害物を避け, 目標地点に向かう



包摂(サブサンプション)アーキテクチャ

- ロドニー・ブルックス(Rodney Brooks) 1986
- iRobot社設立者の一人であり、ルンバは包摂アーキテクチャにより設計された
- 単純な行動要素の、並列・多層的な組み合わせにより、複雑な行動を創発

