多賀城市との連携協力協定事業

２１世紀のキーテクノロジーを学ぶⅡ

第８回

V1.2R1

お掃除ロボットはなぜ部屋の中を走り回れるのか

～２輪駆動による移動ロボットの走行原理～

東北学院大学 工学部

機械知能工学科

ロボット開発工学研究室RDE

教 授 熊 谷 正 朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学
TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY

プロローグ

ロボットってなんですか？

ロボットを作るには





ロボットとはなんですか？

○ 人型 or not？

ASIMO/P2/P3，HRPシリーズ，QRIO，
HOAP，PINO，....

ガンダム，マクロス，パトレイバー，ガオガイガー，
アトム，C3PO，（ドラえもん）

AIBO，警備ロボット，掃除ロボット

○ 人工知能 or not？

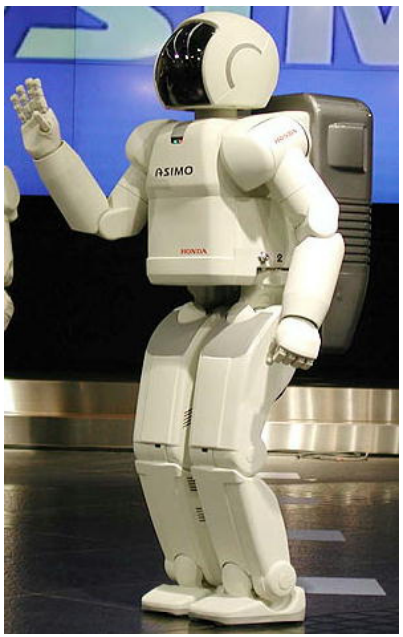
アトム，C3PO（ドラえもん）

操縦型

ロボットとはなんですか？



ソニーQRIO



ホンダASIMO



産総研promet
(HRPシリーズ)

写真はネット上の各媒体から引用しました

ロボットとはなんですか？



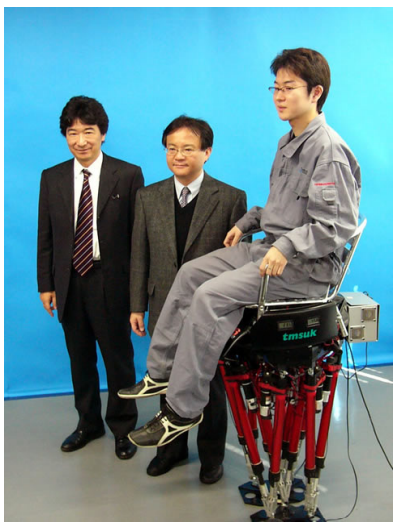
産総研　パロ



綜合警備保障
警備ロボット



松下掃除ロボ



早稲田大WL16

写真はネット上の各媒体から引用しました

ロボット？

ロボットの境界を探してみましょう



ヒューマノイド

たぶんロボット



乾燥付全自動洗濯機



高級？扇風機

たぶんただの家電

ASIMO: asimo.honda.comより引用

洗濯機： kadenfan.hitachi.co.jpより引用

扇風機： www.mitsubishielectric.co.jpより引用

ロボット？

Keypoint: 機械＝動く道具

1：機械ですか？



ヒューマノイド

Yes!



乾燥付全自動洗濯機

Yes!



高級？扇風機

Yes!

ロボット？

Keypoint: 動きのみなもと

2：モータついてますか？



ヒューマノイド

Yes!

（とてもたくさん）



乾燥付全自動洗濯機

Yes!

（１個＋いくつか）



高級？扇風機

Yes!

（１個、たぶん）

ロボット？

Keypoint: センサや電気的調整

3：電子回路は入ってますか？



ヒューマノイド

Yes!

（とてもたくさん）



乾燥付全自動洗濯機

Yes!

（わりとたくさん）



高級？扇風機

Yes.

（多少）

ロボット？

Keypoint: 動作を決める

４:コンピュータは入ってますか？



ヒューマノイド

Yes!

（強力なやつ）



乾燥付全自動洗濯機

Yes!

（そこそこのやつ）



高級？扇風機

Yes.

（小さいけど）

ロボット？

Keypoint: 自【律】性

5：自分で判断できますか？



ヒューマノイド

Yes!

（いろいろ）



乾燥付全自動洗濯機

Yes.

（洗濯物とか）



高級？扇風機

No...

（いらないし..）

ロボット？

Keypoint: 自【律】性

5：自分で判断できますか？



ヒューマノイド

Yes!

（いろいろ）



乾燥付全自動洗濯機

Yes.

（洗濯物とか）



高級？扇風機

No...

（いらないし..）

ロボット？

Keypoint: 人並み？接しやすさ？

６：感情は持っていますか？



ヒューマノイド

No...

（それはなに？）



乾燥付全自動洗濯機

No...

（真心はこめてます？）



高級？扇風機

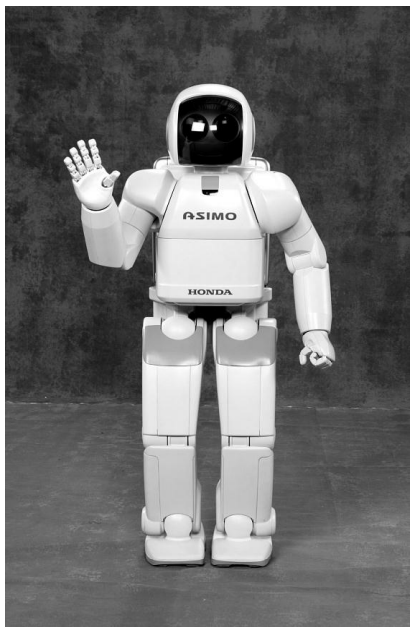
No...

（.....）

ロボット？

Keypoint: 人並み？接しやすさ？

６：感情は持っていますか？



ヒューマノイド

No...

（それはなに？）



乾燥付全自動洗濯機

No...

（真心はこめてます？）



高級？扇風機

No...

（.....）

ロボット？

Keypoint: 境界線はどこ？

7：違うのは何？



ヒューマノイド

一応人の形してますが？　違う形の仲間もいますし…。



乾燥付全自動洗濯機

折りたたんで出せるようになったらロボットと呼ばれるかなぁ….。



高級？扇風機

うちわもって扇いだら扇ぎロボットっていって…くれませんよね。

ロボット？

結　論:



ヒューマノイド

たぶんロボット



乾燥付全自動洗濯機

ロボットかも。



高級？扇風機

ただの家電

- すべてコンピュータ制御の機械の一種
- 左二つは``自律性"が多少ある

ロボットとはなんですか？

○ おおまかな定義（例）

状況や要請にあわせて，自ら判断して
動作する知的なコンピュータ制御の機械．
ただし，明確な境界はない．

※ 決まった定義はされておらず，十人十色の定義あり

※ 自称ロボットが多い

※ ロボット学会がしていた定義：
「自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能をもち、各種の作業をプログラムにより実行できる機械。」

ロボットとはなんですか？



○ ロボットの要件（私案）

1： コンピュータ制御の機械であること

2a: すでに類似品がロボットとされている

2b: 類似品が既存しない新規のものに
「ロボット」と名前を付けて発表する

2c: 既存品を大幅に高性能化して
「ロボット」と名前を付けて発表する

3： 消費者に「そんなのロボットじゃない」と
思わせない

ロボットをつくる(創る)には

○ 分析と統合

0:アイデア

- 作りたい物を考える
- 機能を具体的に考える

1:技術要素への分解

- 既存の技術＋α

2:ロボットへの組み上げ

- 全体設計，構成，組み上げ方
- 要素ごとの詳細設計

ロボットをつくる(造る)には

○ 技術と製造

・メカ＝機械の部分

材料選定，構造設計，金属加工，溶接，
ねじ止め，接着，などなど

・電子回路

部品の選定，回路設計，配線，半田付け

・コンピュータ

選定，設置，配線，環境構築，
プログラム開発

引き出し

○　ロボットを作れるようになるには

「引き出し」を増やす

- 「なにができるか」
- 「どんな手法があるか」「使えるか」
- 「どんな技術があるか」「使えるか」

その数だけできることが増える
→授業，趣味，独学，インターネット
　大学の講義などなど

本日の内容

ロボットの構成要素

ロボットの動かし方

ロボットの開発の実例 （玉乗り/トレーラー）

ロボットの基礎技術

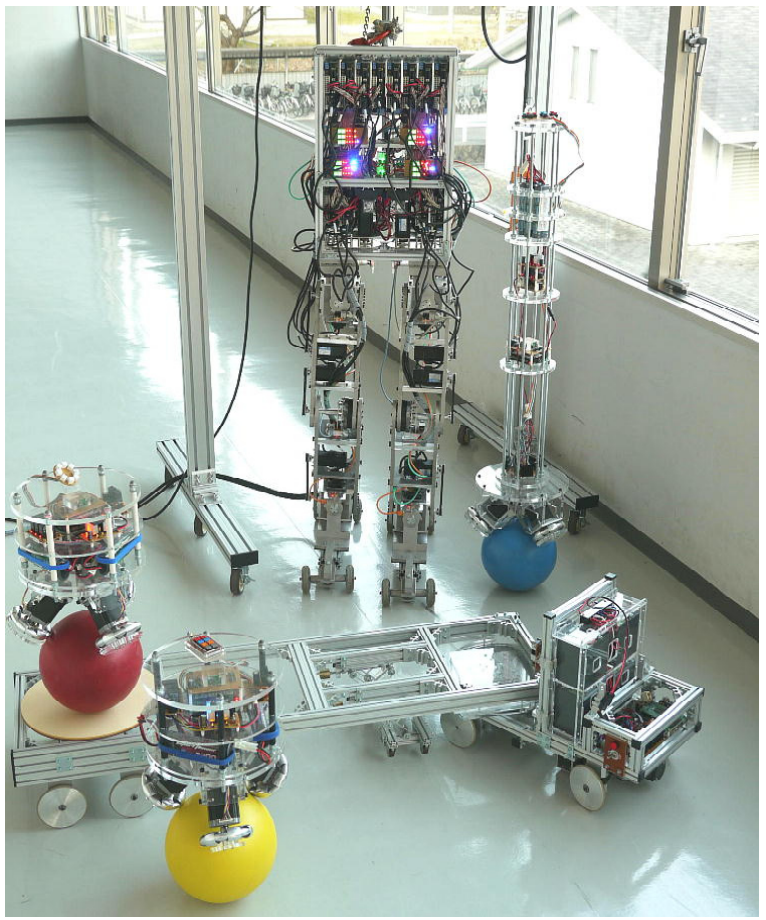
お掃除ロボットの基礎

ロボットの構成要素

ロボットを分解するとなにが出てくるか？

人間 ＝ 骨・筋肉 ＋
五感 ＋
脳 ＋
腹？

ロボ ＝ ？？？ ＋
？？？ ＋
？？？ ＋
？？？



ロボットの構成要素

ロボット　＝　メカ＋センサ＋コンピュータ

○ メカ　＝　機構＋アクチュエータ

機械として，動きを生み出す機能
構造物，モータ，歯車など

○ センサ　＝　現象→電子情報変換

自分自身の状態と周囲の環境の情報を
とりこむ装置
回転角度センサ，障害物センサ，
カメラなど

○ コンピュータ　＝　判断，操作

センサの情報をもとにメカを操作する

動きを生み出すメカニズム

○ アクチュエータとメカ

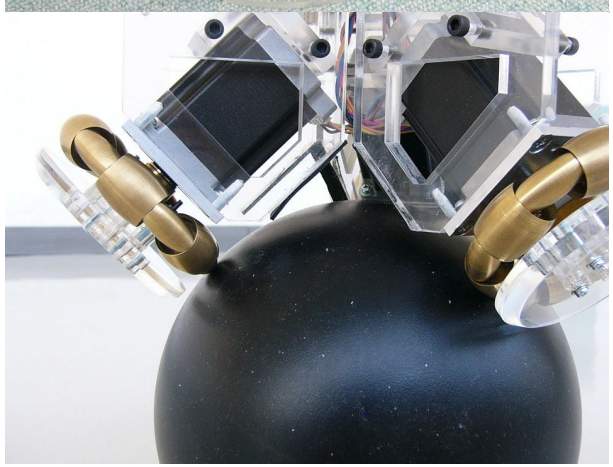
アクチュエータ：動きのみなもと

- 電気モータ
- 油圧シリンダ，油圧モータ
- 空気圧シリンダ，タービン

メカ：動力の伝達

- 減速機(ギアボックス)
- リンク機構
- 車輪など



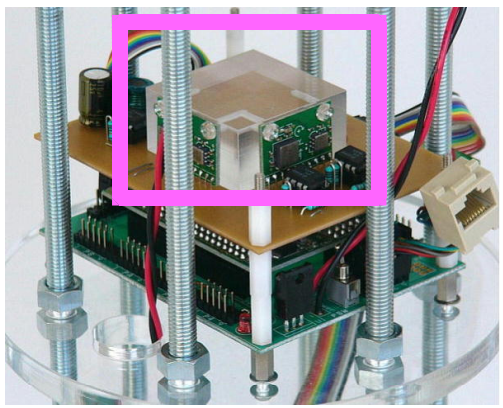


状況を知るためのセンシング

○ 状況を知ること

1：自分自身を知る　（内界センサ）

各関節の角度，伸縮量
姿勢角度，位置
モータの出力(電流，力)
エネルギー残量
温度



2：周り/接点を知る　（外界センサ）

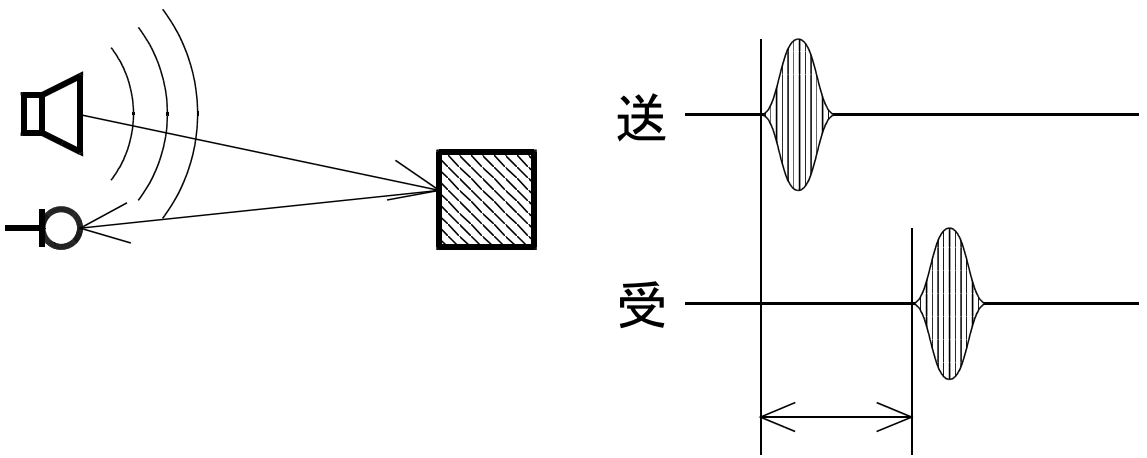
周囲の状況(障害物，凹凸)
環境地図の構築
接触点の力
協調する相手(人/ロボット)の情報

状況を知るためのセンシング

○ センシングの例

・障害物センサ

音を飛ばして障害物を探る



距離＝(送受信時間間隔)×(音速)÷２

状況を知るためのセンシング

○ センシングの例

・環境センサ：カメラ

１台のカメラ　→　絵としての認識

２台以上　→　奥行き

※カメラ＋特殊光源　→　奥行き

＝Xbox360用 Kinect

・【重要】カメラそのものだけでは役立たず

カメラはあくまで画像のデータをつくるだけ．

どこに何があるか，前後関係は？といった認識をして、初めて意味のある情報になる．

※センサ全般　ただしカメラは認識の比重が極めて高い

ロボットの動かし方

ロボットを動かす理論・手法・計算

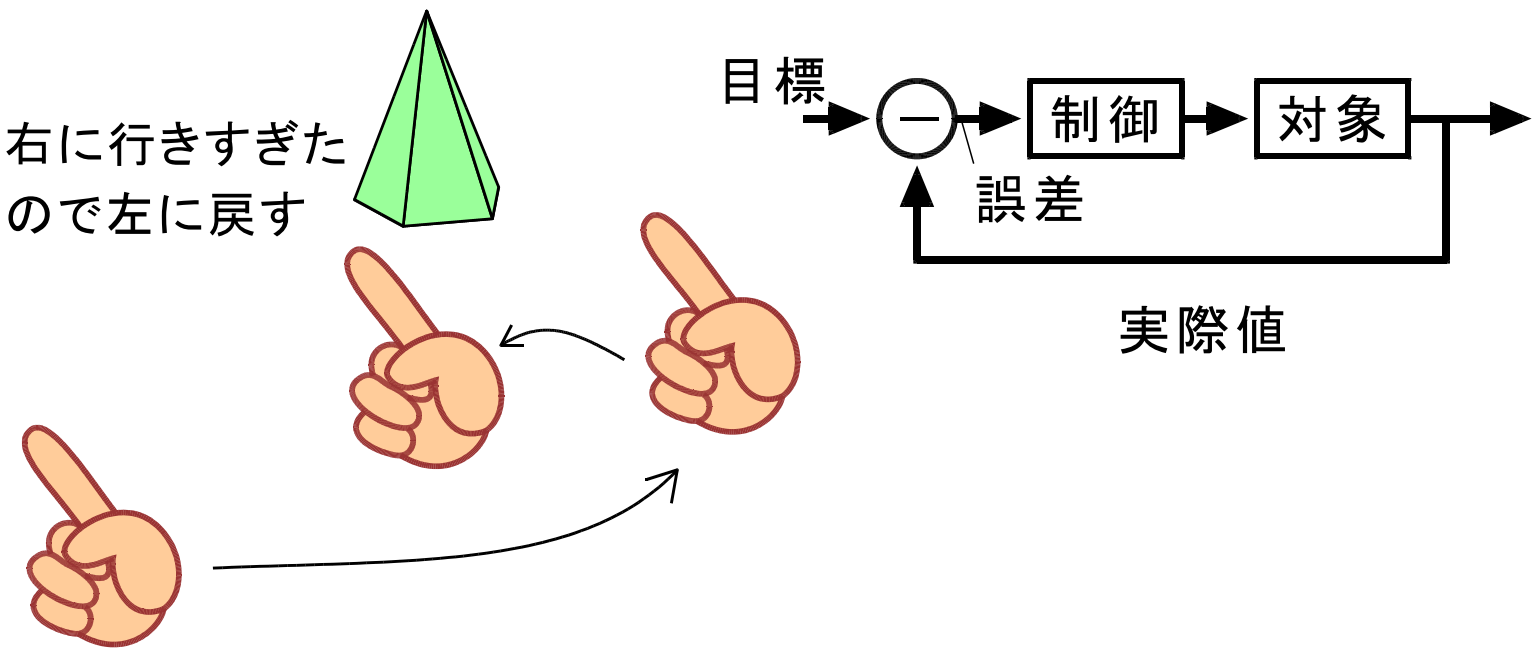
コンピュータにどんな指令を与えておくか？

ロボットの動かし方

○ フィードバック制御

現状を目標に近づけるための手法

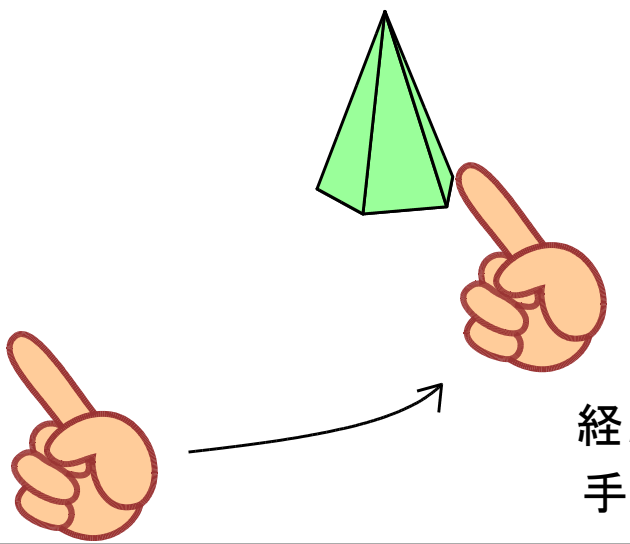
例）誤差が無くなる方向に誤差に比例した力をかける



ロボットの動かし方

○ フィードフォワード制御

- 人間の経験 or 制御装置の特性や経験(学習)に基づいて，適切な出力をダイレクトに決める
- フィードバックに比べて動作が速い
- 一般にフィードバック併用

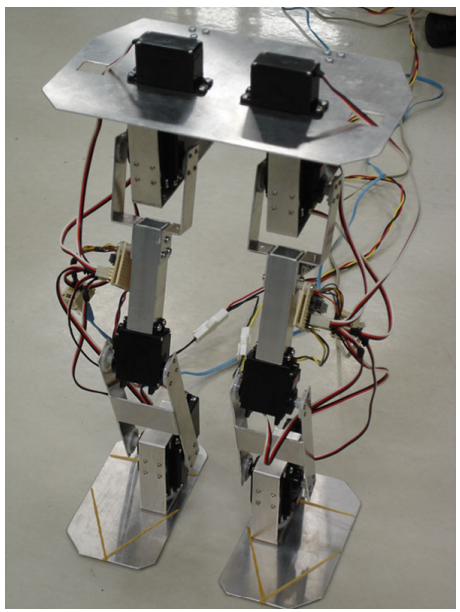


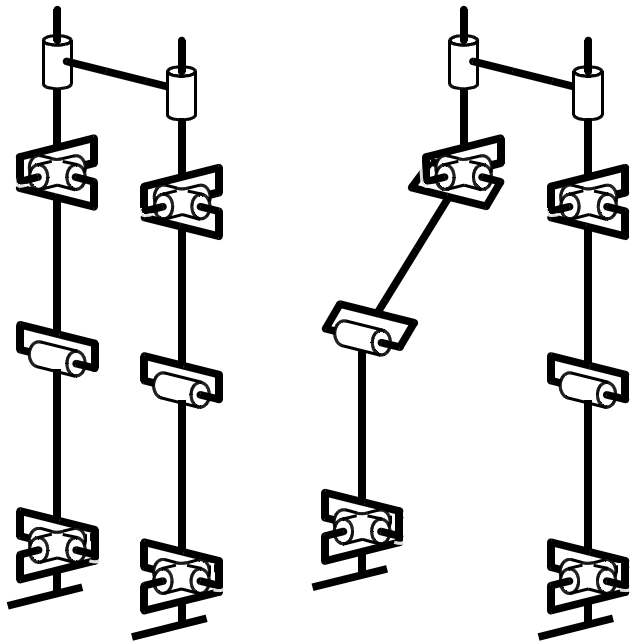
経験から指さしたい物に直接手を持って行くことができる。

ロボットの動かし方

○ 座標変換，運動学 ＜三角関数の固まり

・あるモータを回したらどこがどう動くか？
・ある姿勢をとるにはどのモータを動かせば良いか？





ロボット開発の実例

実際に開発されたロボットの実例

○ 玉乗りロボット

・玉乗りするロボットをつくる

○ トレーラーロボット

・運転には高度なテクニックが必要なトレーラーのらくらくバックと自動運転を実現

ロボット開発の実例　その１

玉乗りするロボットをつくりたい！　by 学生さん

○ 基礎検討

・常にバランスを保たなければならない
　＝自分の姿勢を常に把握の必要あり　&
　　それを元に次の動作を決める必要あり

・前後左右に倒れる可能性あり
　＝前後左右の傾き，前後左右の運動

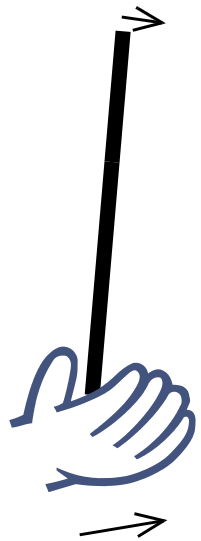
○ 仕様策定

・基礎開発として，１方向にしか倒れない
　パイプ乗りロボット

を最初は開発ターゲットに設定

ロボット開発の実例：玉乗りロボット

実現方法の検討



○ 基本原理 ＝ 倒立振子制御

- なにもしないと倒れてしまう棒をたてる技術
- 歩行ロボットの姿勢制御にも応用

○ 基本設計

- 自分の傾きを測れるセンサを使用.
- 乗るものを転がして移動するためのメカを検討.
- 回路，電源などはロボットのボディに格納する
- 小型のコンピュータ(マイコン)を内蔵する

ロボット開発の実例：玉乗りロボット

パイプ乗りロボット

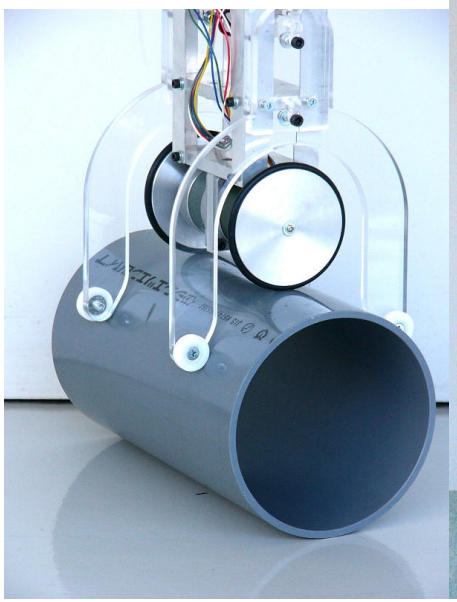
- 二つの車輪で移動できる縦長ロボット.
- バランスを取りつつ，移動，旋回ができる.
- 部品追加でパイプに乗れるようになる.

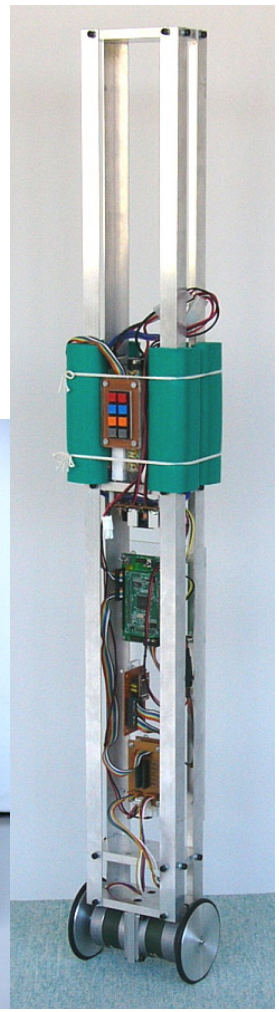
↓

次は玉乗りロボット

問題点：

どうやって玉を回すか



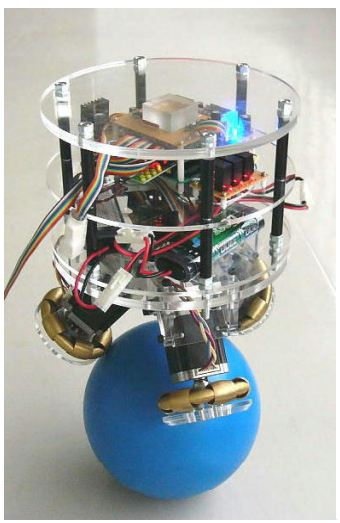


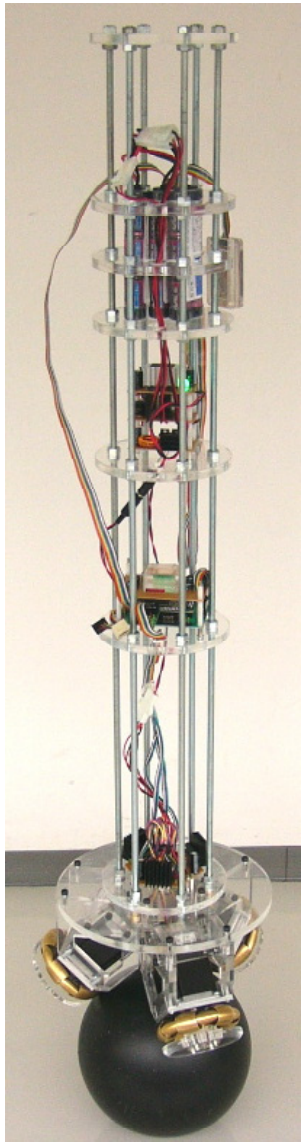
ロボット開発の実例：玉乗りロボット

玉乗り型の開発

- 玉を回す特殊車輪が最重要パーツ
  他の研究者の特許を使わせて頂いて，
  独自設計，学内工場で製作．
- モータ3個＋車輪3個で玉を回す．
- バランスは2方向にとるように．







ロボット開発の実例　その２

トレーラーロボットをつくりたい！　by 学生さん

○ プロジェクト始動！

・トラックが大好きな学生さんが現れた
　「卒業研究でトレーラーロボットつくりたい！」
・新し物好きの教員が受け付けた
　「あ、面白そう、それ、採用」

○ トレーラーの課題

・ステアリング型の車両　（比較：左右独立駆動）
・前(トラクターヘッド)の動きだけで制御
・運転には熟練の技が必要(特にバック)

ロボット開発の実例:トレーラーロボット

なにもかもが、新規開発

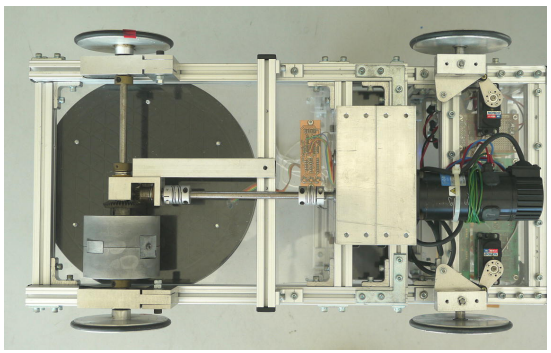
○ プロジェクトの進行

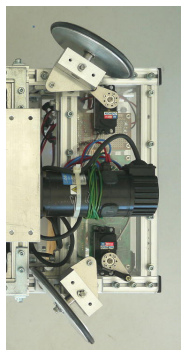
- キーとなる要素技術、要素部品の開発
  - 大出力モータ駆動回路と制御
  - ディファレンシャルギアなど駆動系
  - ステアリング機構
  - 連結角度センサ
- 制御方法の検討
  - 学生さん自身が牽引免許を取得
  - その知識、体験を教員側に伝達
  - それをもとに全体の数式化
  - 制御実験

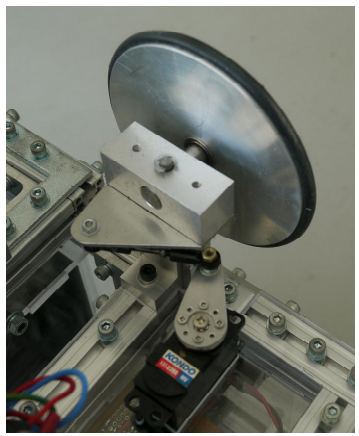
ロボット開発の実例：トレーラーロボット

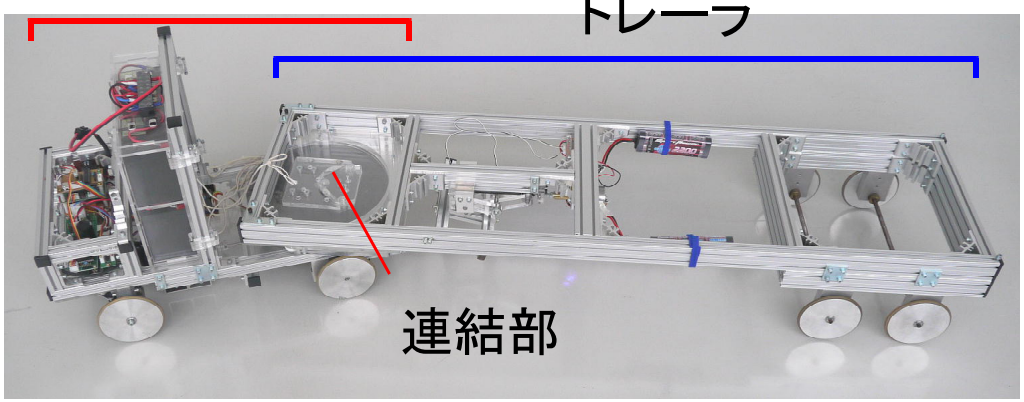
作ってみたら人が乗れた(笑)

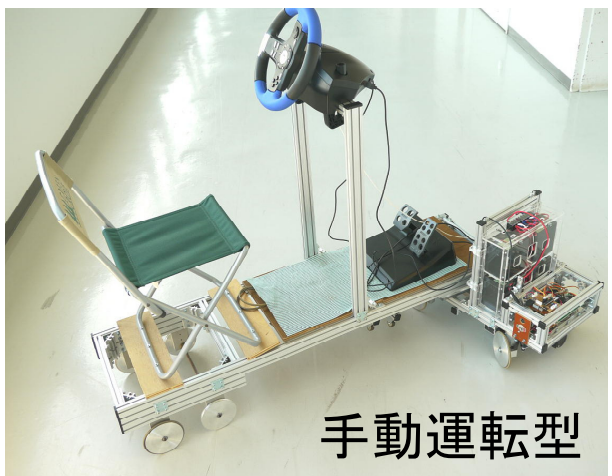






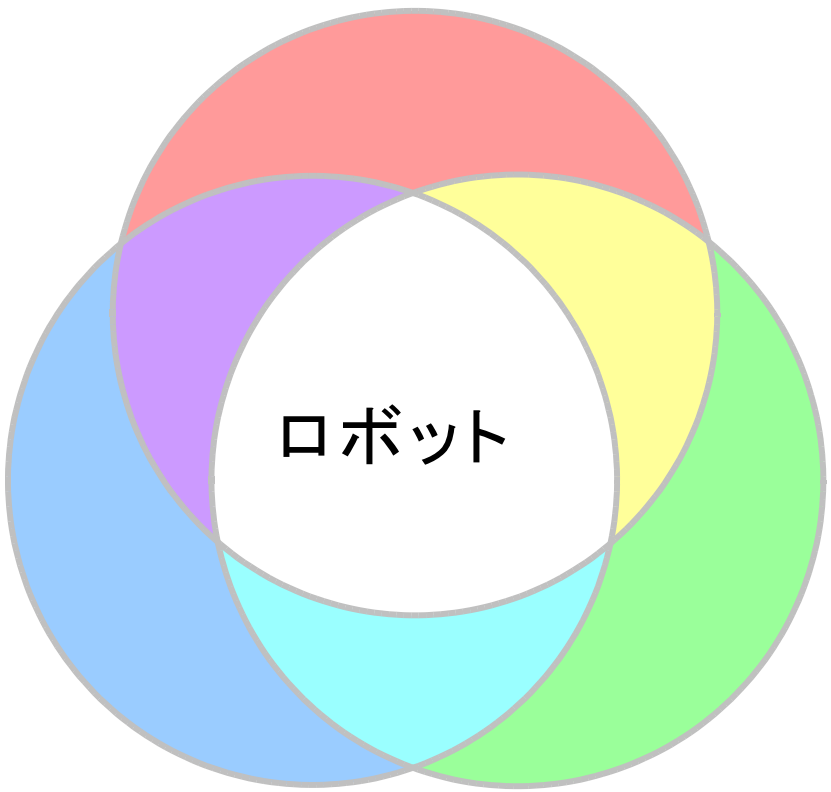






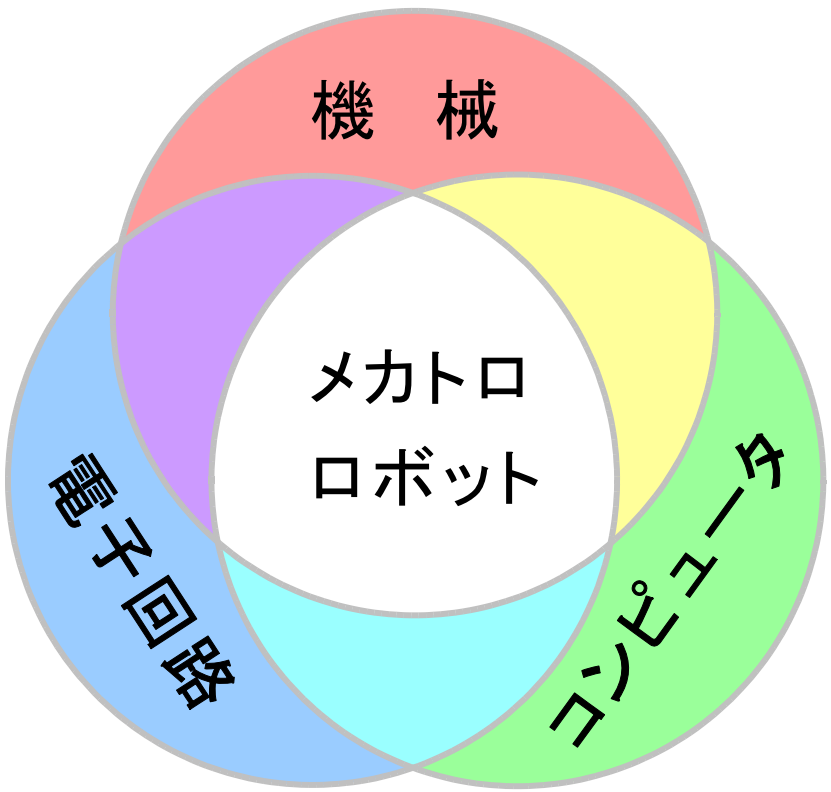
ロボットの基礎技術

ロボットを支える3つの技術

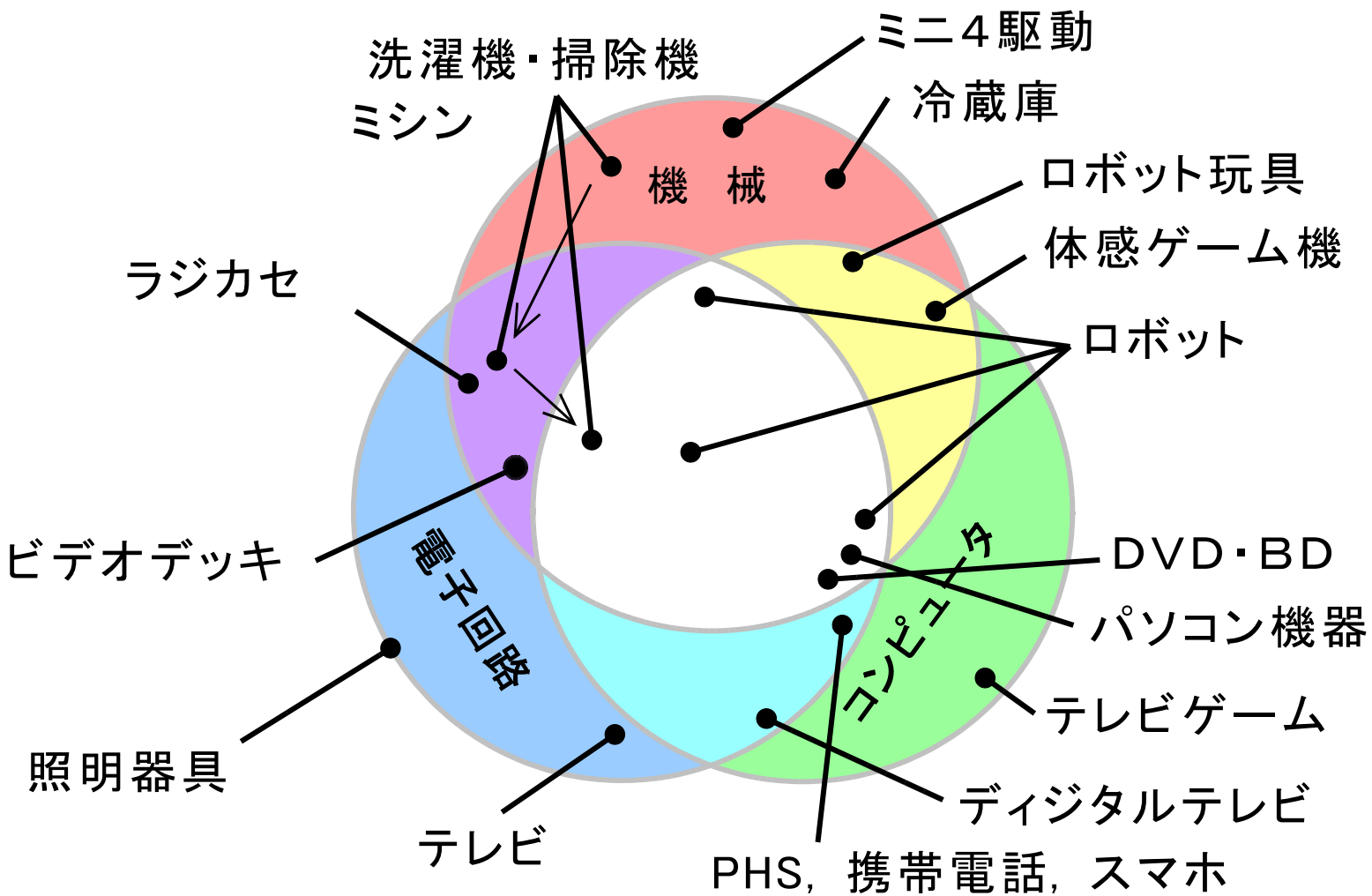


ロボットの基礎技術：メカトロニクス

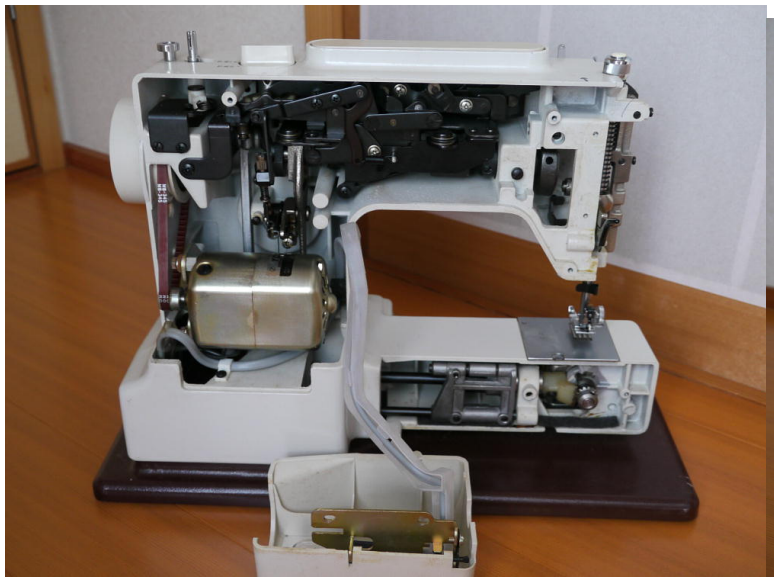
機械工学(メカニクス)＋電子工学(エレクトロニクス)
→メカトロニクス



工業製品の技術分野


洗濯機・掃除機
ミシン
ミニ４駆動
冷蔵庫
機　械
ロボット玩具
体感ゲーム機
ラジカセ
ロボット
ビデオデッキ
電子回路
コンピュータ
DVD・BD
パソコン機器
テレビゲーム
照明器具
ディジタルテレビ
テレビ
PHS，携帯電話，スマホ

ミシンのメカトロ化











純メカからコンピュータ制御へ

ロボット研究者・メカトロ技術者になるには？

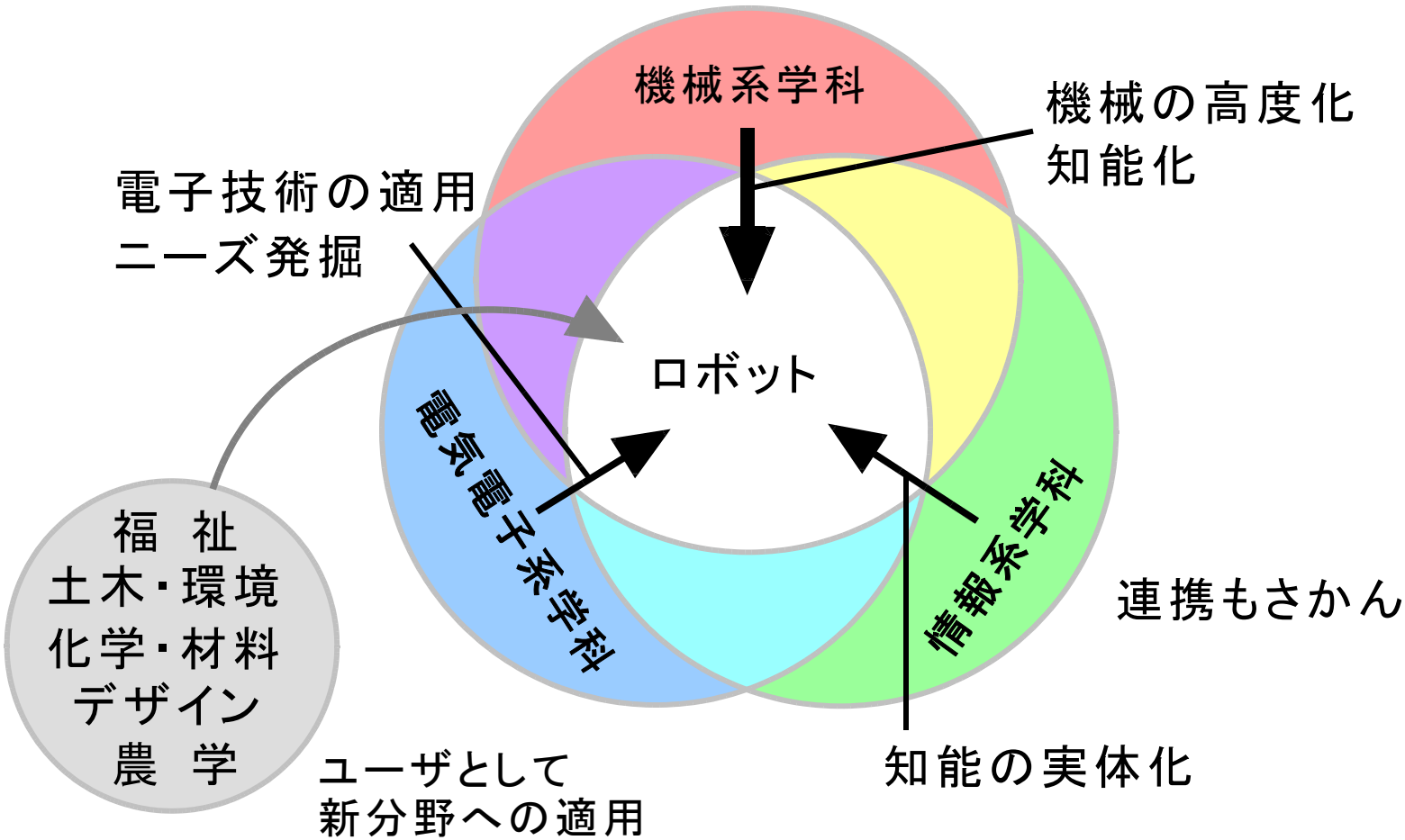
○ その背景となる原理を知る（理論）

- 基礎と技術系科目は両輪
- ロボットを扱っている大学に入る
- 参考書，解説書などを読んでみる
- 考え方を学び，自ら考え出す

○ その実現方法を知る（技術）

- 知識の収集と実体験
- 数をこなす
- 技術系専門学校
- 分解

大学の学科ごとの取り組み



ロボットを志す小中学生への伝言

○ 学校の勉強 （いま･これから頑張ってほしい）

- 算数・数学　文字を使った計算、関数など
- 理科全般　　図工･技術
- 英語　技術情報は英語が多い
  ※ 得意でなくても，慣れておく
- その他教養科目

○ 工作･技術 （できれば）

- 機械工作，電子工作，プログラム
- 日曜大工の手伝い
- 指先を鍛える（器用でなくとも慣れる）
- なにか手先に芸をつけておく
- ネットで必要な情報を見つける力／見分ける力

ロボットはすぐそこまで？

○ 将来予測 （私見）

・空想の世界にあるような，人間型の万能お手伝いさん
ロボットが一般化する日は(当面)来ない。
そのかわり，機械，電化製品が総ロボット化する。
（ITの次はRT=Robot Technologyの時代）

例：
自動車を運転するロボット vs 自動車が自動運転化
洗濯機を動かすロボット vs 自動的に畳んでくれる洗濯機

・人型ロボットはもっぱら「人の形」が必要な特殊用途，
アミューズメント系で使われる。

おすすめ？情報

東北学院大学工学部

http://www.tohoku-gakuin.ac.jp/faculty/engineering/mech/

ロボット開発工学研究室

http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/

ネット検索で「玉乗りロボット」など

ロボット博士の基礎からのメカトロニクスセミナー

http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/

専門雑学を基礎から　（仙台市産業振興事業団）

多賀城市との連携協力協定事業

２１世紀のキーテクノロジーを学ぶⅡ

第８回

V1.2R1

お掃除ロボットはなぜ部屋の中を走り回れるのか

～２輪駆動による移動ロボットの走行原理～

東北学院大学 工学部

機械知能工学科

ロボット開発工学研究室RDE

教 授 熊 谷 正 朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学
TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY

お掃除ロボット

○ 掃除ロボットの特長

・自動で掃除する
　＝ 掃除機能＋
　　自分で移動できる



○ 一般的な掃除ロボットの機能

・部屋の中を自動的に走り回って掃除する→今日の本題

・障害物を避ける。

・ゴミの多いところを見つけたら、そのあたりを重点的に。

・活動範囲を制限できる/段差から落ちない。

・自動的に充電しに戻る。

お掃除ロボットの機能

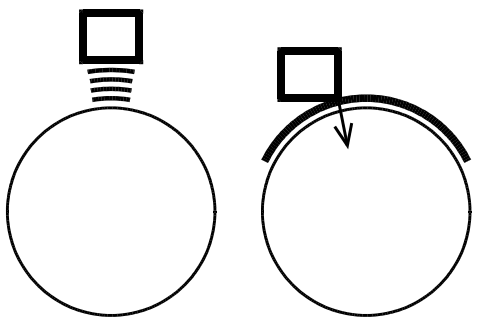


○ 障害物を避ける

＝障害物の検知＋回避

検知方法：

- 光の反射で近くの物を見つける。
- ロボットの前部が直接接触し、バンパーに内蔵したスイッチで接触を知る。



回避方法：

- その場で「適当に」向きを変える。
- 少しバックしてから向きを変える。
- 自分で作った地図を書き換えるとともに、次に進むべき方向を決定する。

※「丸」の理由

お掃除ロボットの機能

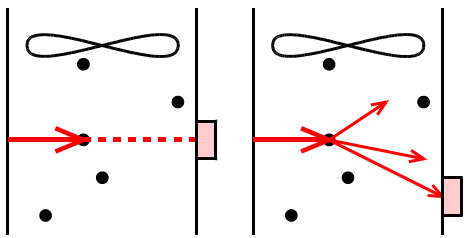


○ ゴミの多いところを重点

＝ゴミ量の検知＋重点動作

検知方法：

・吸い込んだ空気の光の通過具合
もしくは反射具合を測定する。
※一般の掃除機にもある



重点掃除動作：

・単に渦巻きなどの動作に切り替える。

・現在の仕事状況を記録しておき、重点掃除後に復帰。

お掃除ロボットの機能

○ 活動範囲の制限

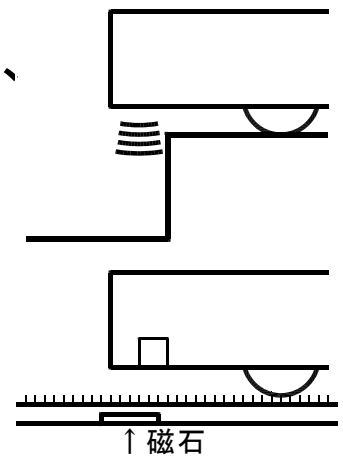
＝活動可能範囲の検知＋回避



検知方法：

・段差は裏面に付けた光センサの
反射によって床がなくなったことを知る。

・境界設定にはゴム磁石のテープを用いて、
ロボットには磁気センサを付ける。



回避方法：

・壁の検知と扱いは同等。

お掃除ロボットの機能

○ 自動充電

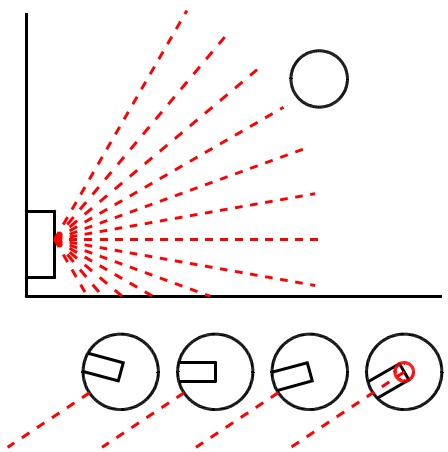
＝充電場所の探索＋移動



探索方法(例):

・充電場所から赤外線信号を
出しておく。

・ロボットは移動・旋回しながら
赤外線を検知できる方向を探す。
見つからなければ適当に走る。



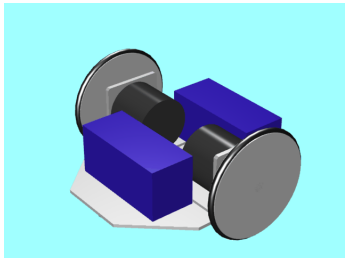
移動方法:

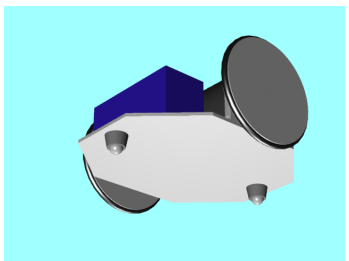
・赤外線のほうに直進。
見失ったら再度探索する。

２輪移動ロボット （対向２輪・独立２輪）

○ 移動ロボットの主流モデル

・独立して回転角度や速度を調整可能な
２個の車輪で走行する。
※車輪だけでは傾くので、一般には
キャスタを１，２個追加する





・車輪の回転速度の比によって、
直進・円弧・その場旋回
等ができ、小回りが効く。

・真横には移動できず、一度旋回する。
※車輪ロボは滑らない前提

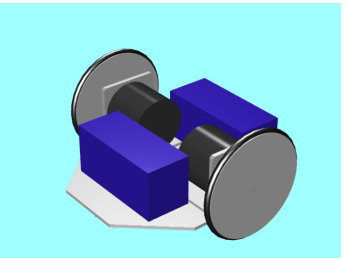


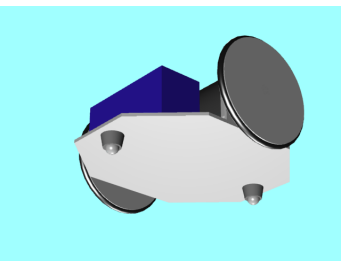


２輪移動ロボット

○ 移動ロボットの主流モデル

- 車輪の時々刻々の回転から、自分の位置を計算できる。
  →自動走行向き
- 速度調整でき、逆回転もスムーズにできる駆動系が2セット必要
  ＝エンジン車は困難、電気式なら楽。
- ステアリング型に比べてメカが簡単。



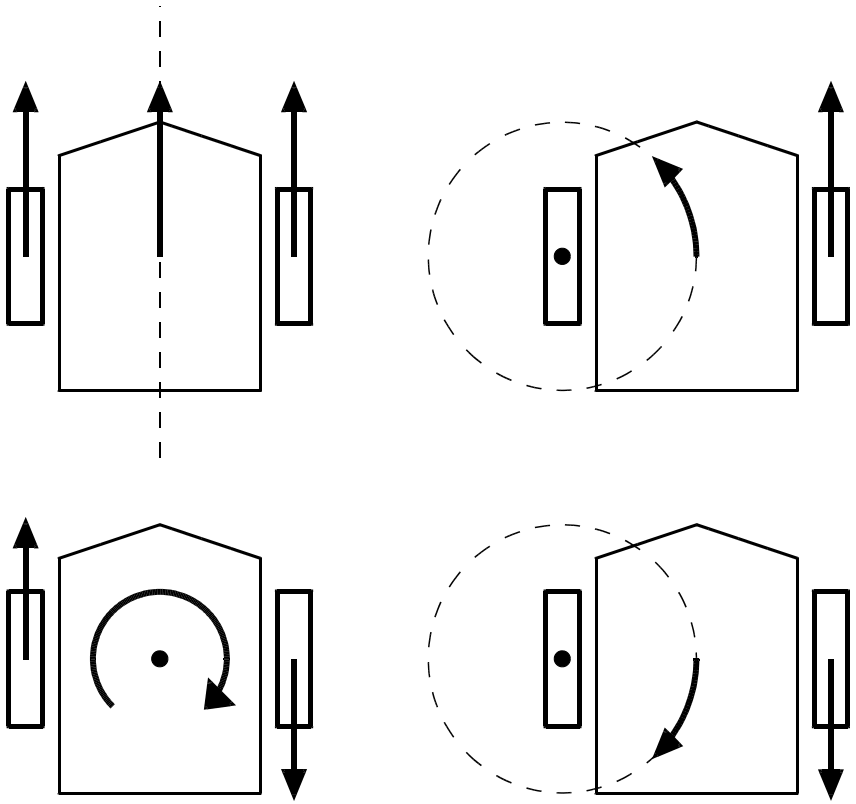


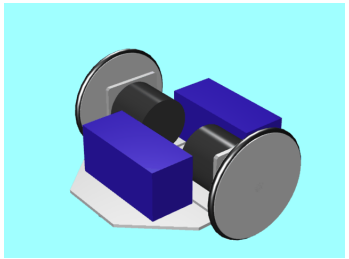


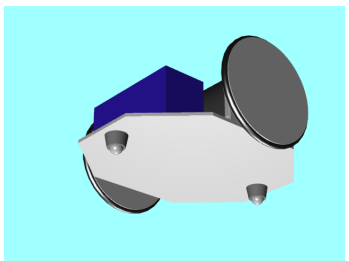


２輪移動ロボット

○　２輪移動ロボットの動作

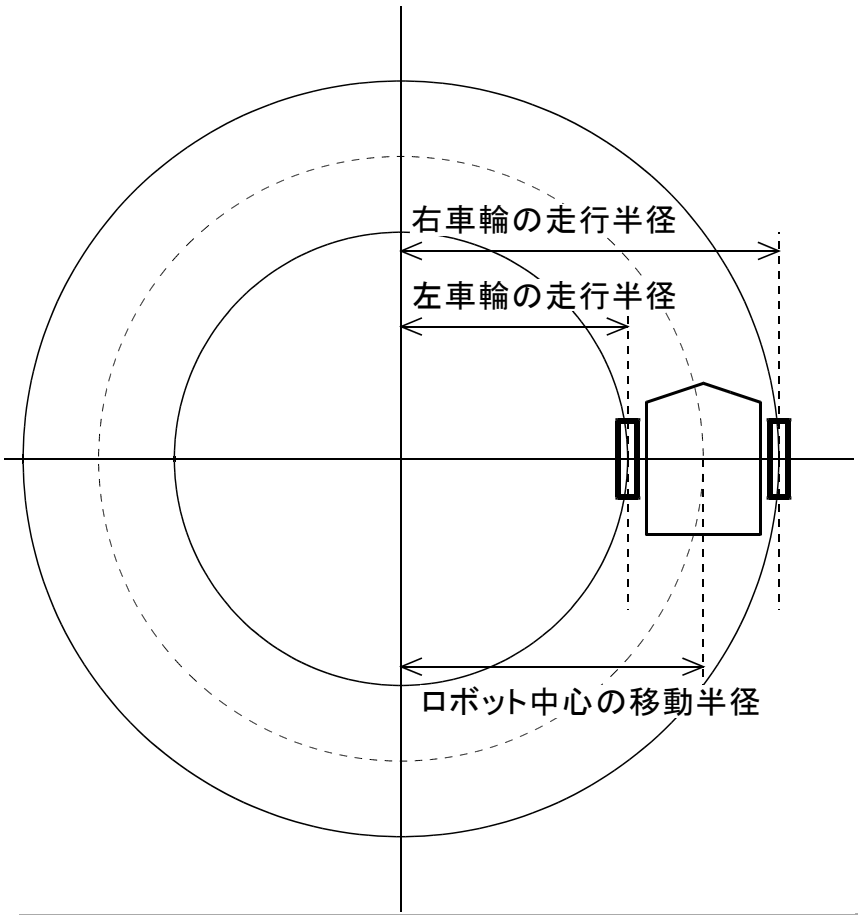


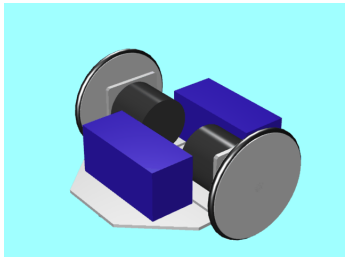


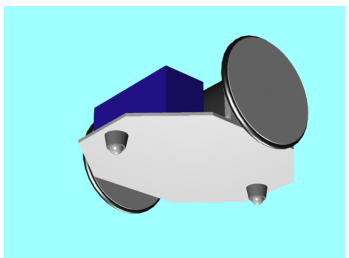


２輪移動ロボット

○　２輪移動ロボットの動作





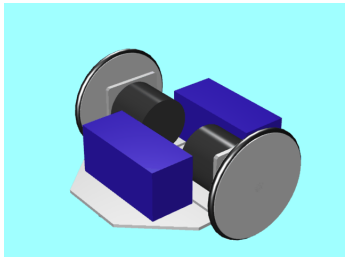


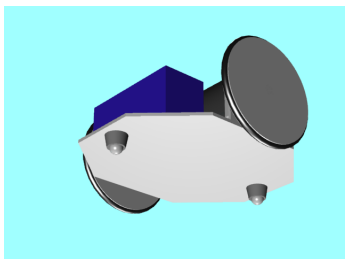
ある時間で一周した：

左右の車輪の経路の半径の比
＝左右の車輪の移動距離の比
＝左右の車輪の速度比

ロボット中心は左右の平均

２輪移動ロボット





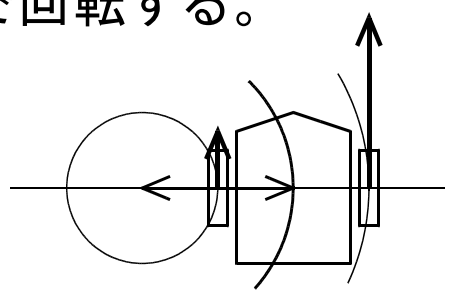
○　２輪移動ロボットの動作

・左右の車輪の速度の比と、車輪の取り付け幅によって、半径が決まる。

・車輪回転方向の前後が同じなら、回転の中心はロボットの外、車軸の直線上に、逆方向なら、車輪間にある。

例）
左右の車輪の速度が１：３
→ロボットは車輪の幅と同じ半径で回転する。

詳しい計算(小学校高学年でわかる？)はお手元の資料をご覧下さい。



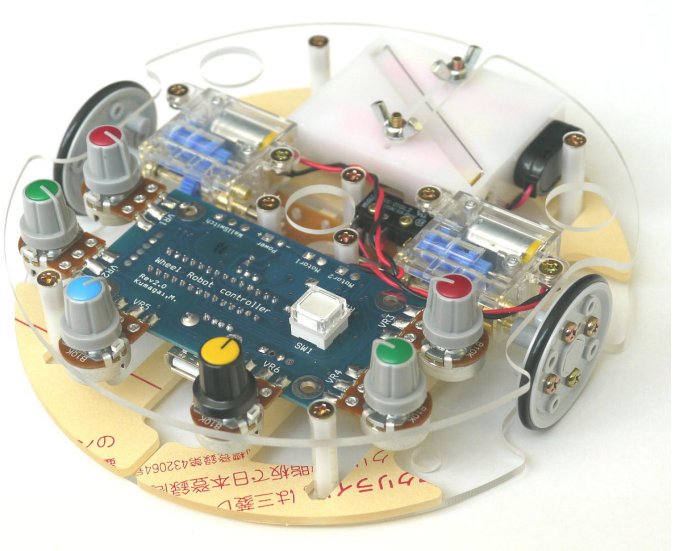
実習の予定

○ ２輪移動ロボットを体験する

簡易的な2輪ロボットで、

- ２輪ロボットの動作
- 二つの動作の組み合わせ
- ロボットをちょっと分解
- ロボットをいろいろに
  走らせてみる

を予定。

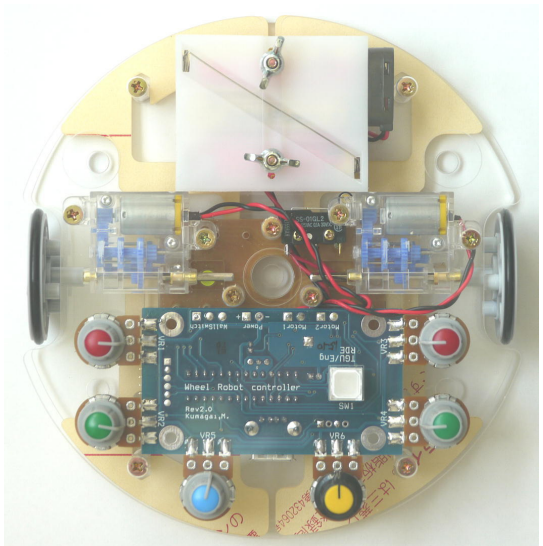


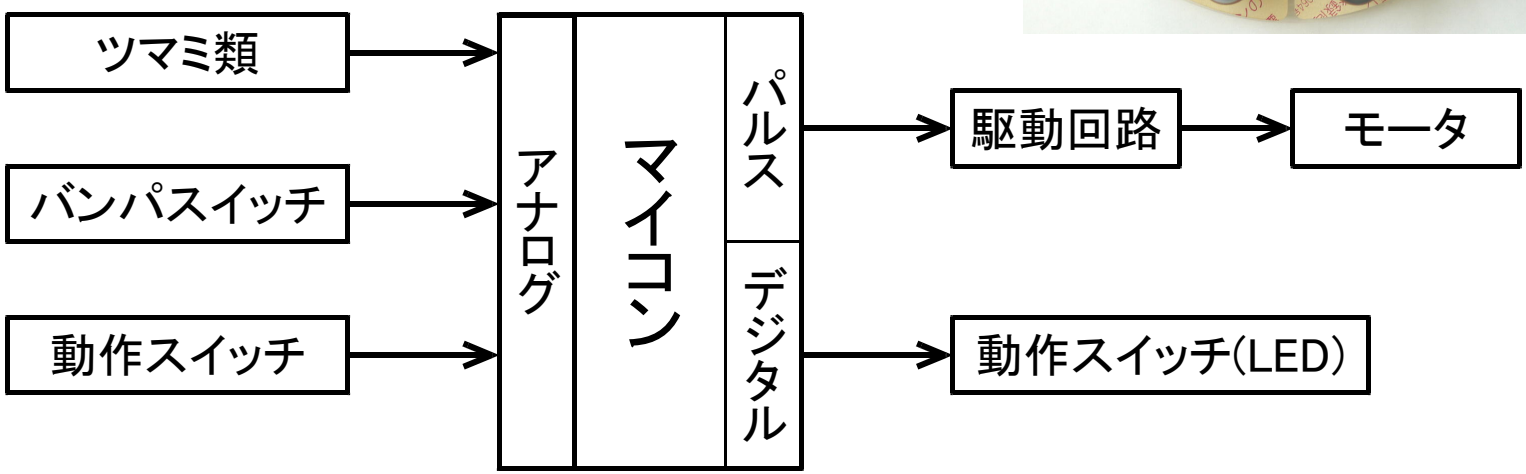
※ロボットはお持ち帰り頂けます

実習の予定

○ 実習用ロボットの構造

- マイコン（PIC24，16bit）
- モータとモータ駆動回路
- 速度設定ツマミ×４
- 動作切り替えツマミ ＋ 時間設定
- バンパースイッチ（前後）





参考情報

○ 参考

今回の資料、写真は

http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp

/rde/contents/tech/WEXrobot/archive/

に置いておきます。

※画像、PDF、および一太郎、花子形式

ほか、ご質問等はメイルでも
承ります。

※今週末は停電のため、
※サーバ類が止まります。

