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６回

V1.3R3

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

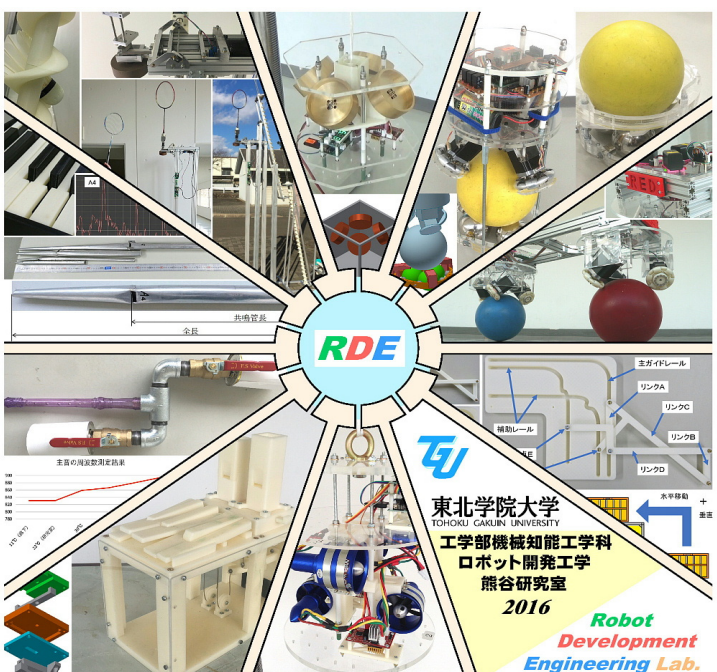
kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

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





今回のお話（第一部）

○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

ロボットとは何？
定義と「名前」

ロボットの中身
技術の組み合わせ

ロボットのつくり方
アイデアから実体に

つくれるようになる
子供たち向けガイド

自己紹介

○工作好き→ロボット屋　（詳しくはGoogle）

◇本業：　大学教員　　副業：　仙台市非常勤

- ロボットに関わる科目を教えています。
- 学生さん達といろいろロボットつくっています。

◇生まれてから　今日までの　あらすじ

- 小学校前から工作好き
- 小4で電子工作、小6でパソコンいじり
- 八木山中 → 一高 → 東北大 → 大学院(計9年)
- 大学では機械工学を勉強
- 東北大助手 → 学院大講師～教授

今回のお話

○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

ロボットとは何？
定義と「名前」

ロボットの中身
技術の組み合わせ

ロボットのつくり方
アイデアから実体に

つくれるようになる
子供たち向けガイド

ロボットとは？

○質問：ロボットとはなんですか？

◇「ロボット」というものを知っていると思います。
◇「ロボット」とはどんなものですか？



←たぶんロボット

たぶんちがう→





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？

○質問：ロボットとはなんですか？

◇「ロボットとは人の形をしているもの」？

→ と、いう必要はなさそう



←たぶんロボット

掃除ロボット→



ロボットとは？

○質問：ロボットとはなんですか？

◇「ロボットとは複雑で難しいもの」？
「動くところの多いもの」？　→　とも、かぎらない



←たぶんロボットではない

掃除ロボット→

←やること複雑

適当に走って
ゴミを吸う→



ロボットとは？

○質問：ロボットとはなんですか？

◇「ロボットとは自動で動き回る」？

→ とも、いうわけでもない



←工場で働く
腕型のロボット

※俗に言う
産業用ロボット

ロボットとは？

※現実も、アニメの中のも

○ロボットらしきものに共通すること

1：機械

機械＝動くところのある道具

2：コンピュータが動かしている （＋合わせて人が操縦）

コンピュータ＋制御ソフトウエア

3：（ほとんどの場合）電気で動き、モータで動く







ロボットとは？

○機械で、コンピュータ制御で、モータで

ちょっとまて、
これは？？？　→

- コンピュータ制御
- 機械
- モータ





◇メカトロニクス（＝メカニクス＋エレクトロニクス）

- コンピュータ制御の機械全般の技術
- には、全部含まれる。（いまの機械のほとんど）

ロボットとは？

○ロボットらしきものに共通すること

◇メカトロニクスなものであること

１：機械であること

２：コンピュータが動かしている

３：（ほとんどの場合）電気で動き、モータで動く

◇と、　４：「ロボット」と名前がついていること







ロボットとは？

○ロボットと呼ばれないロボットたち

◇自動運転自動車

- 専門的には「車輪移動ロボット」の一種
- 最も複雑なロボットの分野の一つ

◇ドローン

- 飛行ロボットの一種

◇生産設備

- いろいろなものを組み立てて作る機械@工場

◇全自動洗濯機？

今回のお話

○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

ロボットとは何？
定義と「名前」

ロボットの中身
技術の組み合わせ

ロボットのつくり方
アイデアから実体に

つくれるようになる
今・これからすべきこと

ロボット（メカトロ）の中身

○コンピュータ制御の機械

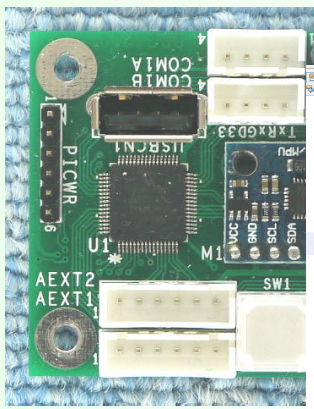
◇機械：　形、動くもの、自然法則、時間経過

◇コンピュータ：　動かし方、理論、ソフトウエア





メカ・動作




```
SVY.theta =-imu.CGAngleX - SVY.theta_0;  /
SVY.thetav=-imu.GyroAVX;                 /
if(ControlCount>0)
{  // main control
    for(i=0;i<2;i++)
    {
        SV[i].acc=SDR8(
                  SDR12((long)(RegFileL[4])*
                  SDR12((long)(RegFileL[5])*
                  SDR8( (long)(RegFileL[6])*
                  SDR8( (long)(RegFileL[7])*
                 );
        SV[i].vel+=SDR4(SV[i].acc);
        SV[i].pos+=SDR4(SV[i].vel);
    }
    if((SVX.vel>30000)||(SVX.vel<-30000))
    if((SVY.vel>30000)||(SVY.vel<-30000))
    int ps0=SVX.vel;
```

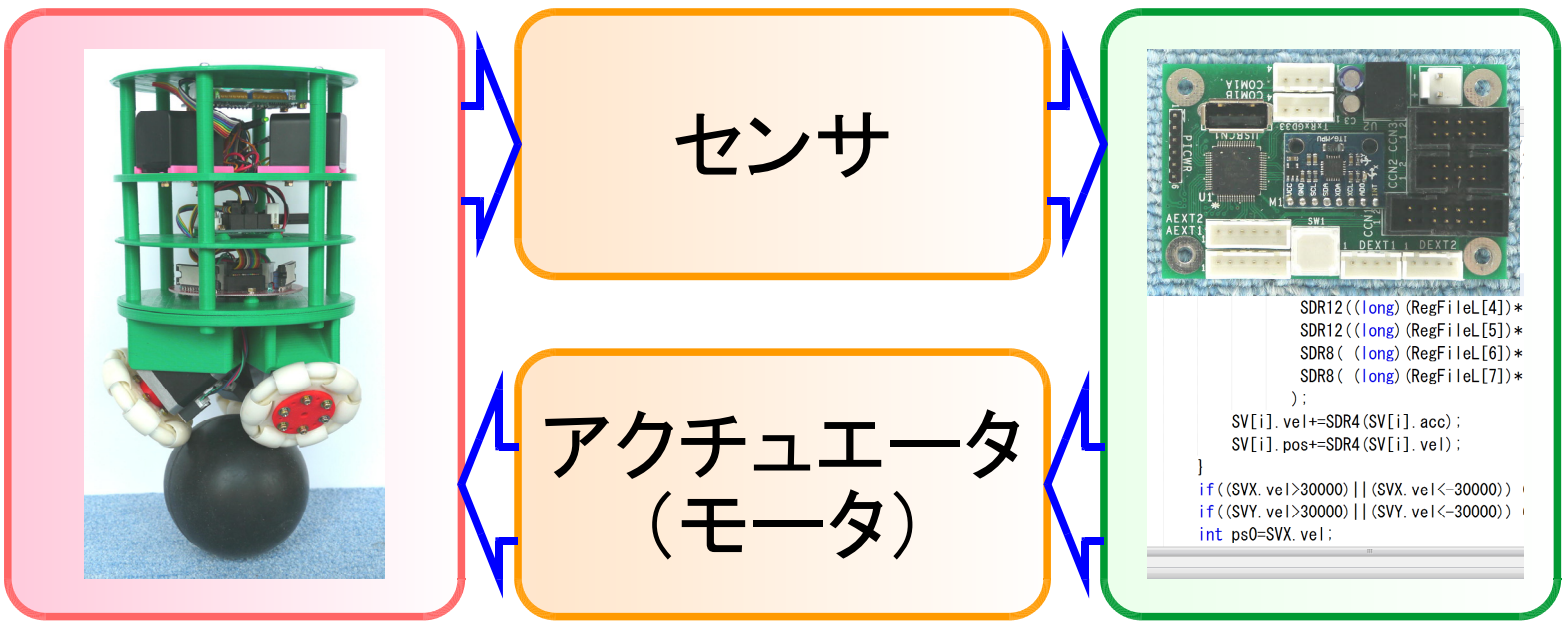
動かし方

ロボット（メカトロ）の中身

○機械とコンピュータをつなぐもの

◇センサ：　機械の様子を電気信号に変換する

◇アクチュエータ：　電気(等)から動きを生み出す



ロボット（メカトロ）の中身

○人とロボットの比較（１）

◇骨格、皮膚　　⇔　構造、外装

◇筋肉　　⇔　アクチュエータ

◇脳、脊髄(せきずい)　　⇔　コンピュータ

・神経細胞のつながり　　⇔　ソフトウエア

◇感覚（感覚器）　⇔　センサ

・五感　　視覚(目)⇔カメラ　聴覚(耳)⇔マイク

触覚(皮膚受容体)⇔力/変形センサ

味覚(舌)、嗅覚(鼻)⇔化学センサ

ロボット（メカトロ）の中身

○人とロボットの比較（２）

◇感覚（感覚器） ⇔ センサ

- 五感　　視覚、聴覚、触覚、味覚(舌)、嗅覚
  ＝外界(がいかい)センサ
- 平衡感覚（三半規管など） ⇔ 姿勢センサ
- 関節の曲がり具合(筋肉伸縮) ⇔ 角度センサ
- お腹の空き具合（血糖値？） ⇔ 電池電圧等
  ＝内界(ないかい)センサ

◇お腹 ⇔ ？？？？

ロボット（メカトロ）の中身

○メカの役割

◇目的の動作をすること

・動き方

・速さ と 力

← ″機構″の選び方と計算

◇ものとして壊れないこと

・外からの力、重力に対する強さ

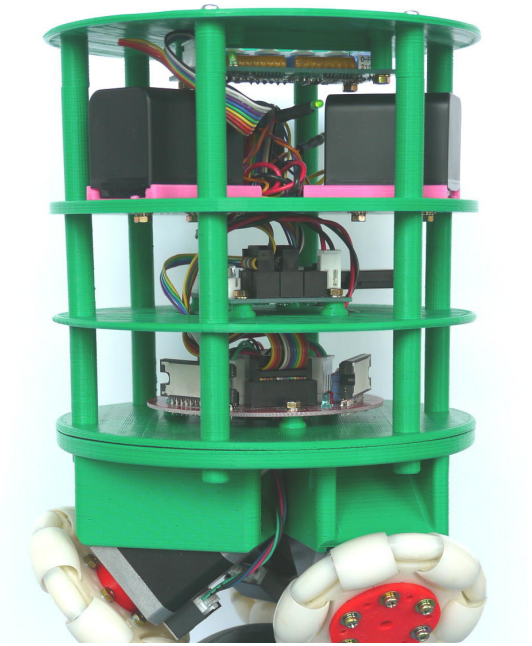
・壊れない・たわまない

← 構造と材料の選び方と計算





ロボット（メカトロ）の中身



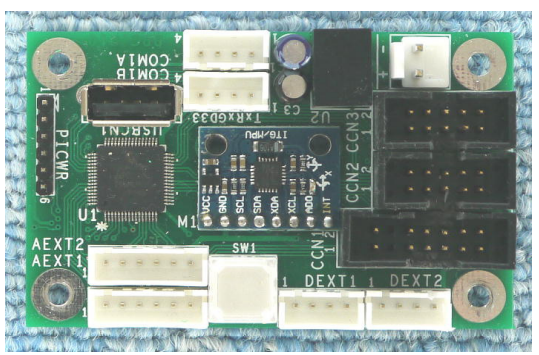
○電子回路の役割

◇センサとその回路

- 必要な機械の状態を拾う
  （細かさ、正しさ、速さ）
- 小さな信号を大きくする

◇アクチュエータ用の回路

- コンピュータの出す指示を
  もとに、強い電気を調整する
- 電気をエネルギーとして使う



◇コンピュータの回路

ロボット（メカトロ）の中身

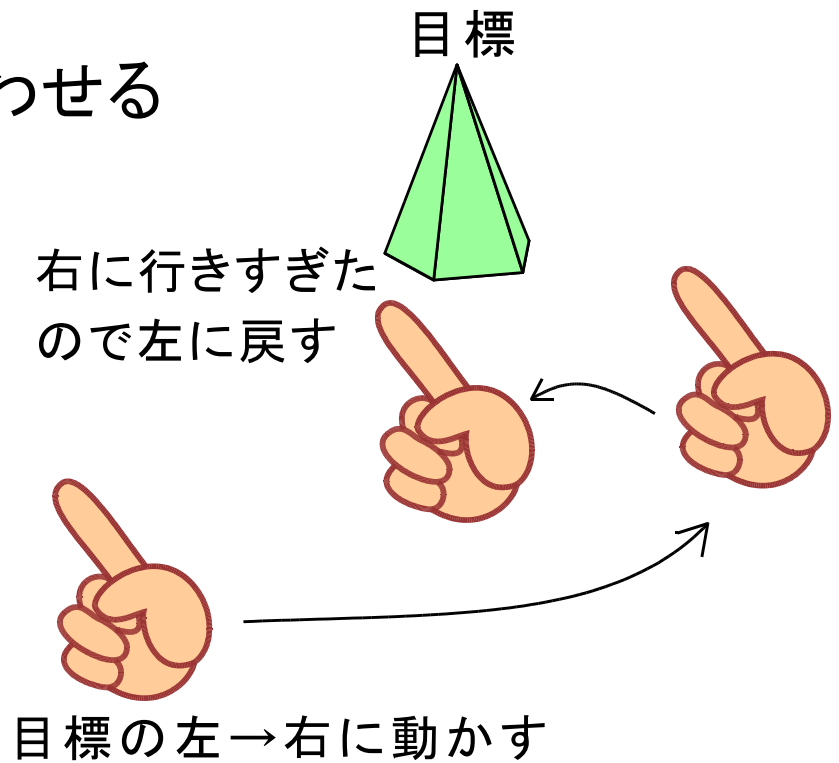
○動かし方：フィードバック

◇ロボット制御の基本

- 「目標」にメカをあわせる
- 関節角度など

◇方法

- センサで見る
- ずれを調べる
- ずれが直る方向に動かす指示

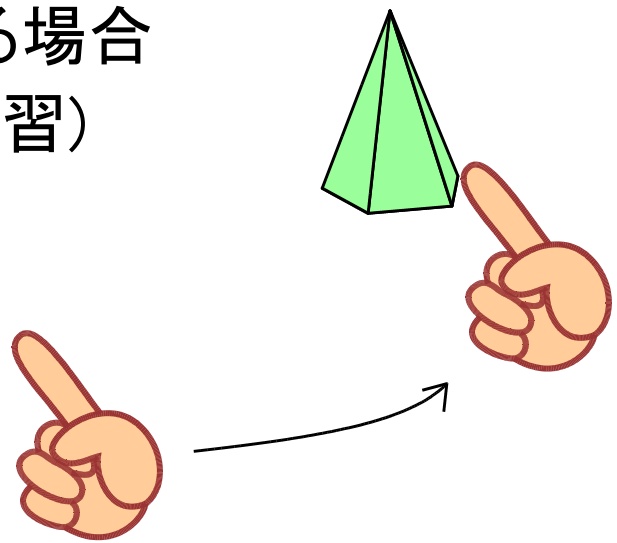


ロボット（メカトロ）の中身

○動かし方：フィードフォワード

◇センサを見ずに直接動かす

- 最初からそう動くと分かる場合
  ← メカの原理や経験(学習)
- 反応が速い
- ずれやすい
  ← フィードバックを
  いっしょに使う



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。

◇人間の動きはこれが多い

← 生まれてからの経験

今回のお話

○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

ロボットとは何？
定義と「名前」

ロボットの中身
技術の組み合わせ

ロボットのつくり方
アイデアから実体に

つくれるようになる
子供たち向けガイド

ロボットのつくり方

○アイデアと「仕様(しよう)」

◇「こういうものをつくりたい」→どんなものかを説明

例）おともだちロボット

- 「おともだち」とは、どんなものですか？
  - あいさつを返してくれる
  - キャッチボールをしてくれる
  - :

◇すべてを説明できないと「つくれるかどうか」もわからない。

ロボットのつくり方

○やらせたいことを分解する

◇すでにある"技術"にまで、ばらばらにする

→ 技術に置き換えていく

※技術：ものをつくるための方法のセット

例）あいさつを返す

- 音を拾う → マイクとその回路
- 言葉を判断する → 音声認識
- 返答を考える → 各種方法
- 言葉の信号をつくる → 音声合成
- 音を出す → スピーカーとその回路

ロボットのつくり方

○技術をものにして、つなぎあわせる

◇置き換えた技術で実際にものを作る準備

- メカや回路やプログラム
- 期待通りに動きそうか

◇つなぎ合わせることができるかを確認

- つながるかどうか
- 大きくなりすぎたりしないか

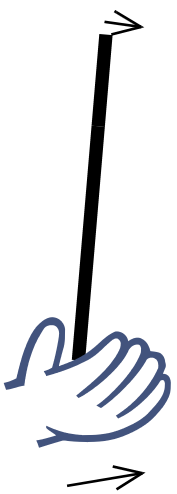
◇全体を作ってつなぎ合わせる

ロボットのつくり方

○例：玉乗りロボット

◇「玉に乗ってバランスするロボットをつくりたい！」

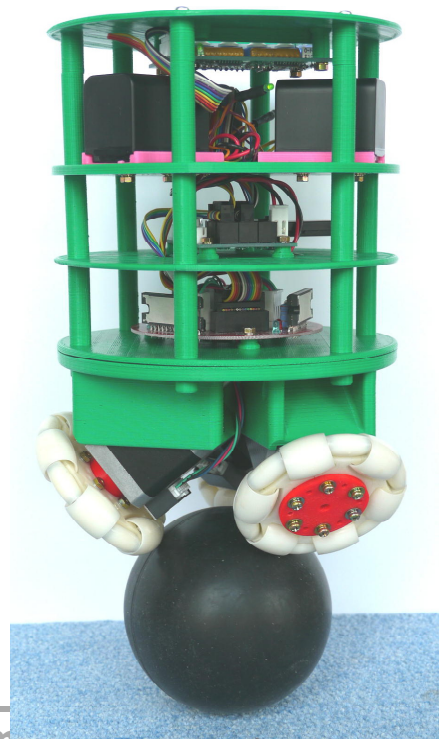
◇分解：



- 「玉に乗る」→3点以上で支える
- バランス→「倒立振子制御」
  とうりつしんし：ほうきたての原理
- 玉を前後左右に転がす
  → 特別な車輪をつかう

◇作る（選ぶ）

- 車輪、モータ、構造、回路、ソフト



今回のお話

○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

ロボットとは何？
定義と「名前」

ロボットの中身
技術の組み合わせ

ロボットのつくり方
アイデアから実体に

つくれるようになる
子供たち向けガイド

ロボットづくりに必要なこと

○「ロボット」

◇コンピュータ制御の機械をつくって、
「○○ロボット」と名前をつける

※それが他の人に認められる
※「ロボット」でなくとも役に立つ

◇つまり、コンピュータ制御の機械をつくれれば良い

- 機械をつくれる
- 動かし方を考えられる （理論）
- それをコンピュータに教えられる （プログラム）
- （電子回路をつくれる）

ロボットづくりに必要なこと

○知識と技術(技能・経験)

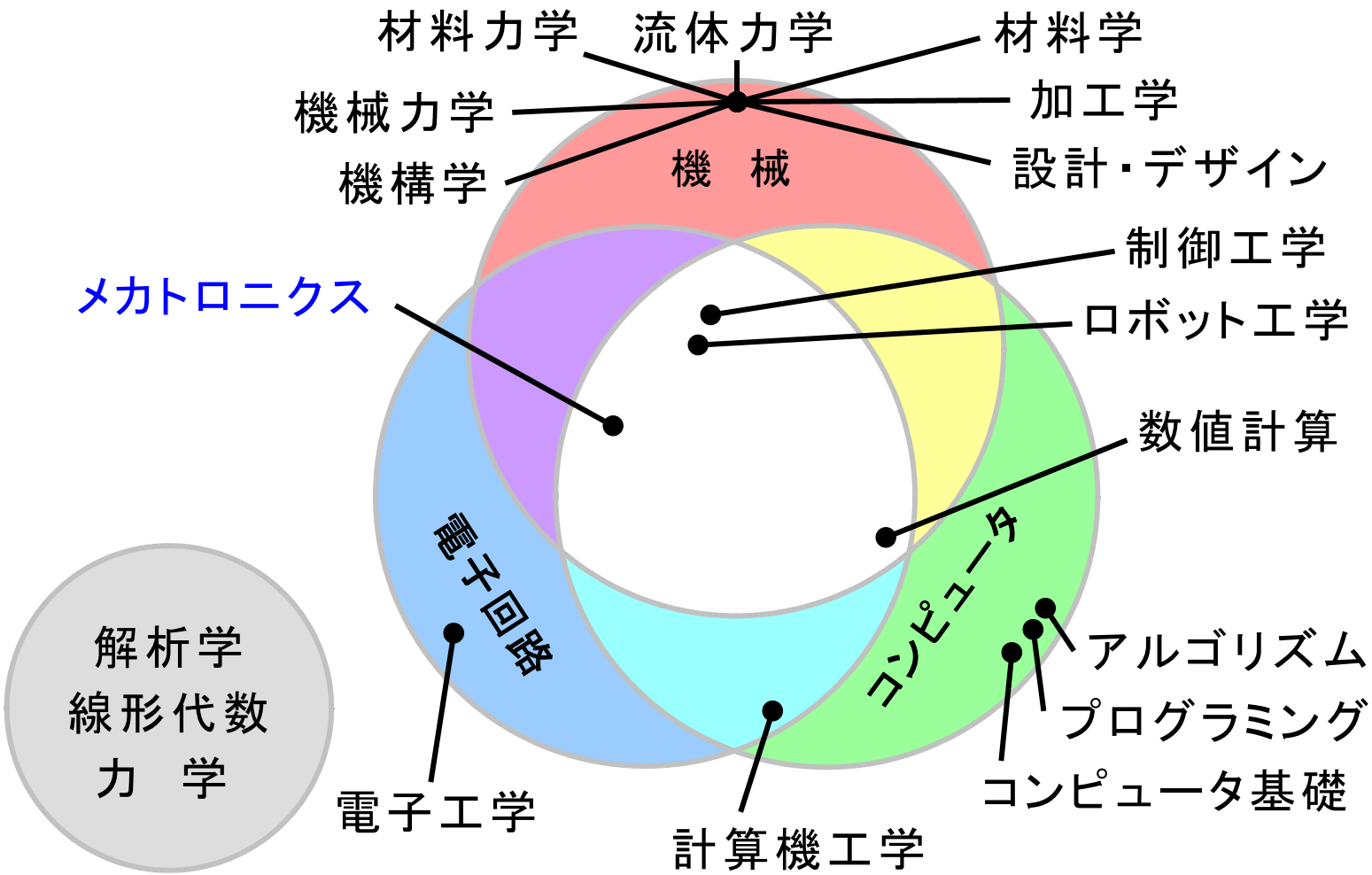
◇やりかたを知っていること

- この方法を使えば、つくれる
- 自分でつくれる
- 自分でつくれるから、他の人にお願いしやすい
  (つくれることは確か→より上手なプロにお願い)
- 幅広く、いろいろなことを知っておく

◇身に付ける方法

- 自分でやってみる
- 学ぶ (大学・大学院・専門学校・ネット)

大学での関連講義@機械系学科



自己紹介　再び

○工作好き→ロボット屋

◇生まれてから ロボットがつくれるようになるまで

- 小学校前から工作好き
- 小4で電子工作、小6でパソコンいじり
- 八木山中→一高→東北大→大学院(計9年)

◇父の口癖

- 「高校に入ったら やりたいことができるから、
  今は我慢して勉強をしなさい」
- 「大学に入ったら」、「大学院に入ったら」…
- 工作好きだけではだめ、広い知識を得る重要さ

自己紹介　再び

○工作好き→ロボット屋

◇大学まで勉強したことで、できるようになったこと

・直感でのものづくり ＋ 原理に基づく理解

いろいろつくってきた経験 → 直感

基礎から積み上げる各種理論 → 正しさ

・もの と 数式(数学・理論) の境のない往復

直感で思いつく → 数学的表現に置き換え

→ 問題のチェックと修正、改善

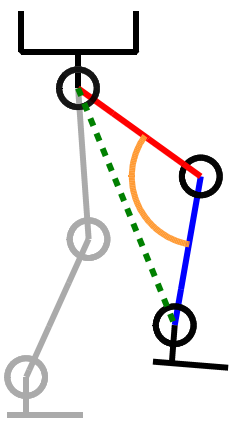
→ ものの設計にあてはめる

→ 直感で修正 → 数学…

ロボットと高校の勉強　※高校を目指す理由

○ロボット(工学全般)には高校での勉強重要

◇主に、数学と物理



・高校で習うことの大半は、直接、ロボット系には必要となることが多い

例)余弦定理

＝3辺の長さから角度が求まる

→ロボットの肘、膝の関節角度計算

・受験のため、大学での学びの基礎のため、だけではなく、将来使える

※逆に、高校はちゃんと行かないとつらい

ロボットを志す小中学生への伝言

○学校の勉強 と 工作・技術

◇算数と数学　　文字の計算・図形・関数
◇理科全般　　図工・技術
◇英語(技術に必須)　　好きでなくとも慣れておく
◇教養全般

◇機械工作・電子工作・プログラミング
◇日曜大工の手伝い　　手先に技術
◇指先を鍛える(器用でなくとも慣れる)
◇ネットから情報を見つける力・見分ける力

まとめ

○ロボットとは

◇コンピュータ制御の機械

- 機械＝動く道具
- コンピュータで動かし方を決める
- 機械とコンピュータの間には回路がある
- 「メカトロニクス」

  ※メカニズム(メカニクス)＋エレクトロニクス

◇メカトロとロボットの違い

- 一番違うところは名前 （と数学）
- ロボットと呼ばれないロボットもたくさんある(逆も)

まとめ

○ロボットをつくる

◇ロボットのつくりかた

- アイデアを具体的な仕様にする
- 仕様を分解しながら技術に置き換える
- 組み合わせてひとつにする

◇つくれるようになるには

- 知識と技術を身につける
- 本格的に学ぶには、大学、大学院まで
- そのために、小中高の勉強が大事

→　算数・数学、理科、英語

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）

おすすめ？情報

このキーテクテーマがきっかけで生まれた本

repicbook社「ゼロから学ぶプログラミング入門」

１０月１３，１４日　大学祭

ロボットなどもいろいろ展示します

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６回

V1.3R3

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

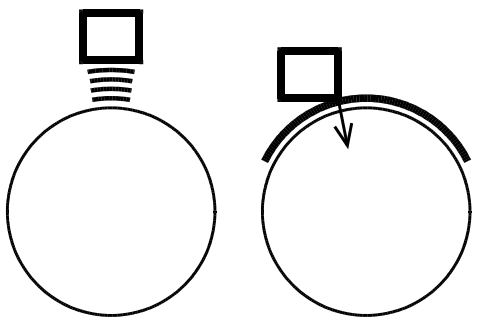


○ 障害物を避ける

＝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

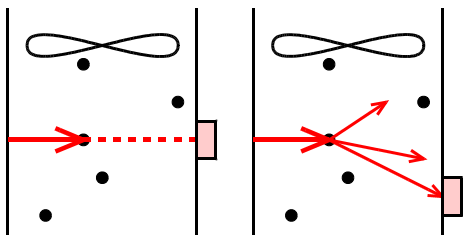


○ ゴミの多いところを重点的に

＝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



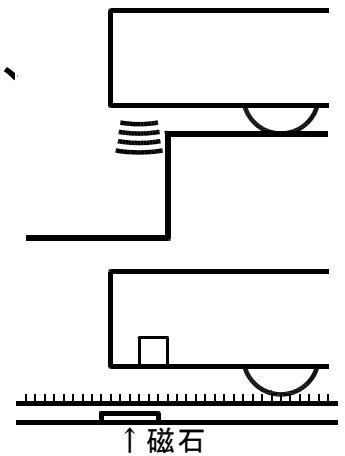
○ 活動範囲の制限

＝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

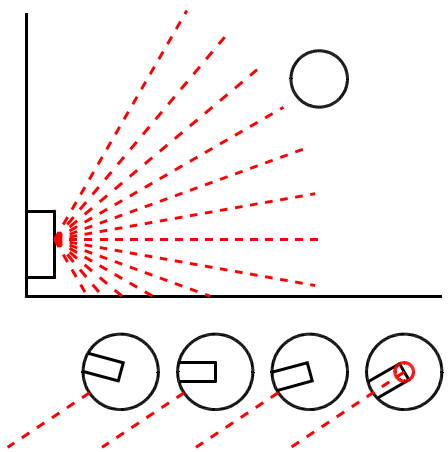
＝充電場所の探索＋移動



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。



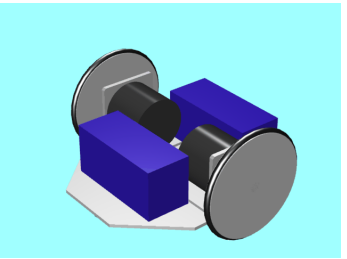
移動方法:

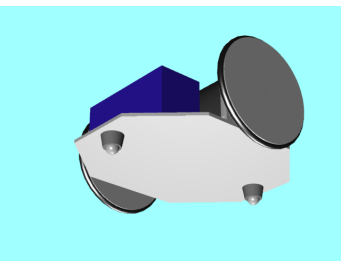
・赤外線のほうに直進。
見失ったら再度探索する。

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

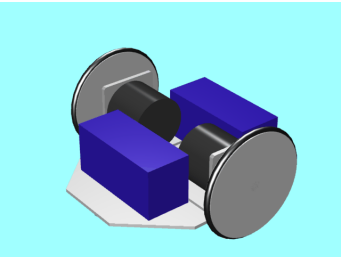


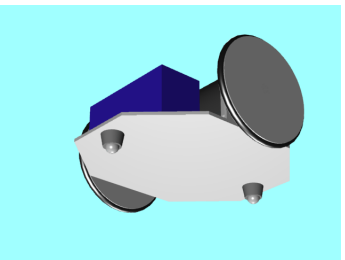


２輪移動ロボット

○ 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。



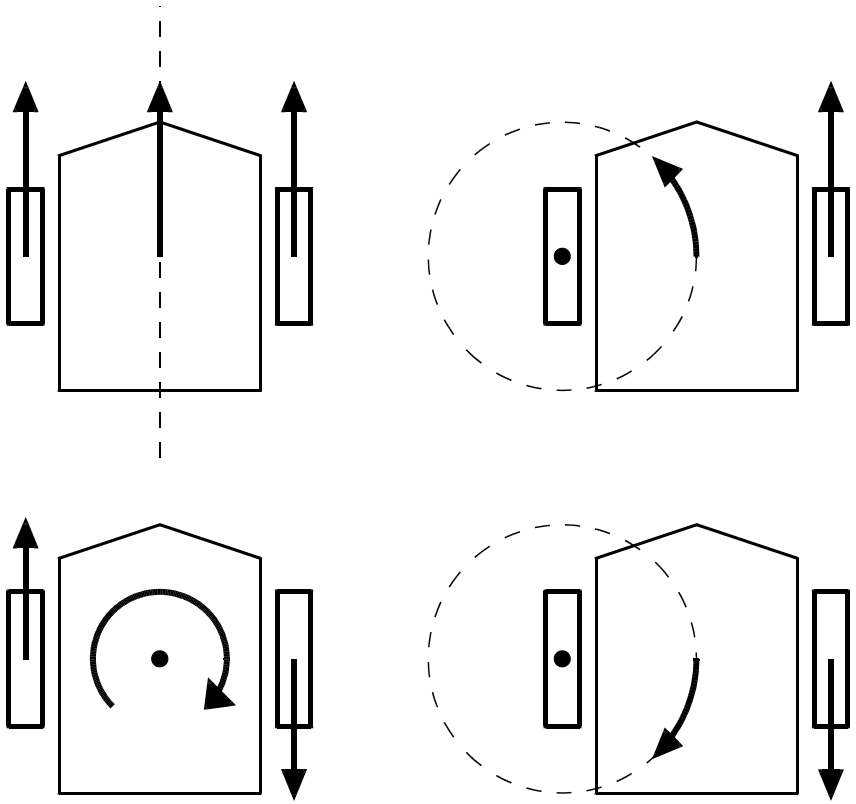


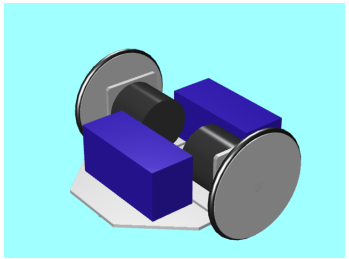


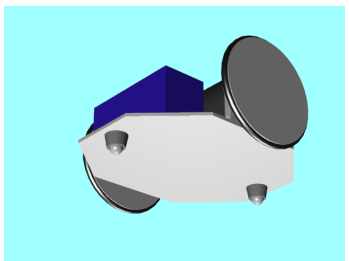


２輪移動ロボット

○　２輪移動ロボットの動作

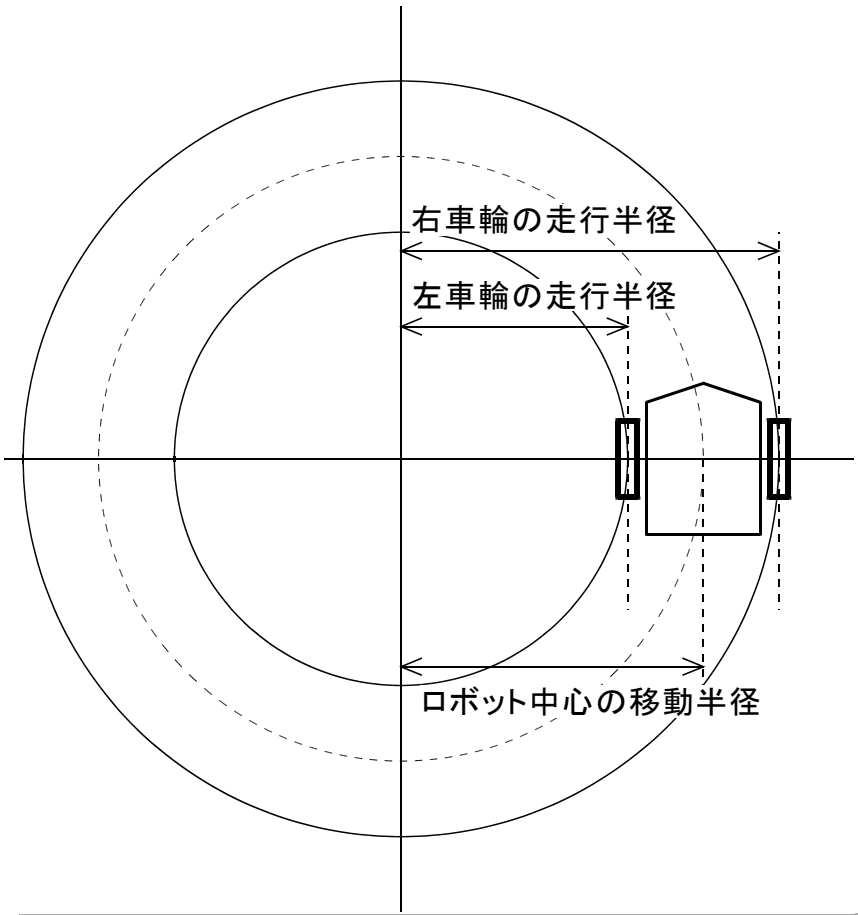


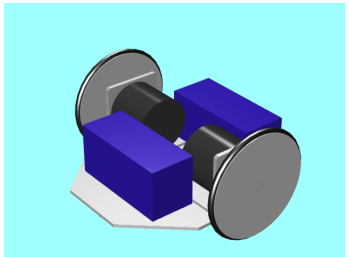


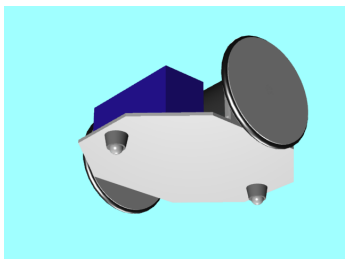


２輪移動ロボット

○　２輪移動ロボットの動作





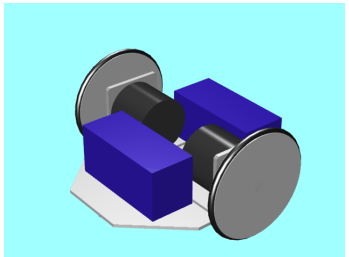


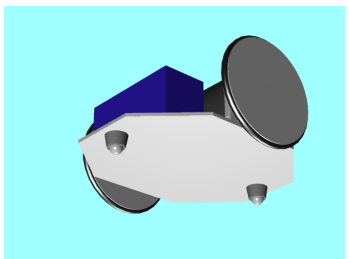
ある時間で一周した：

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





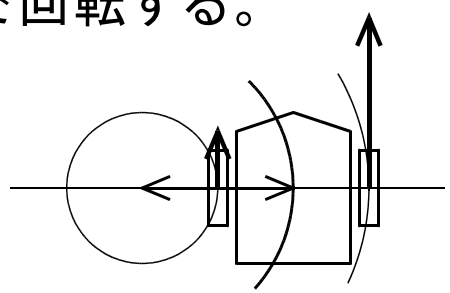
○　２輪移動ロボットの動作

・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。



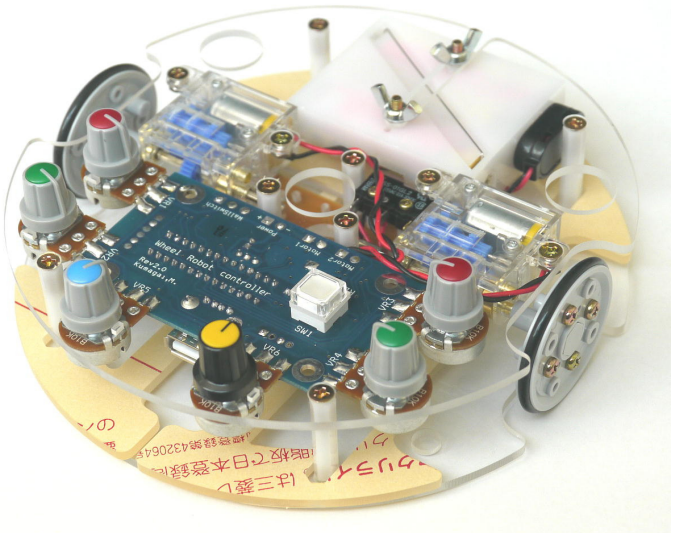
実習の予定

○　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。

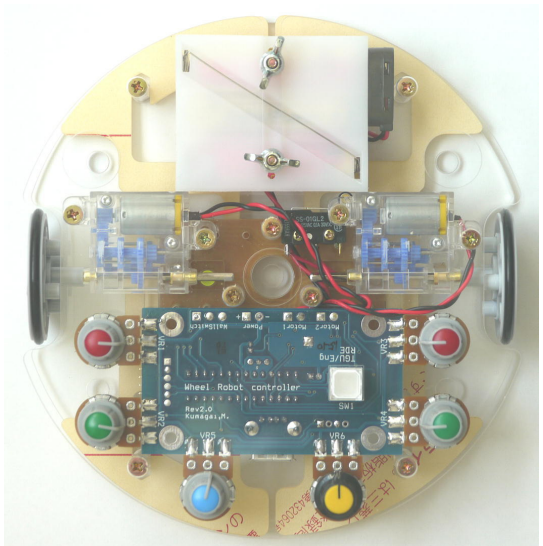


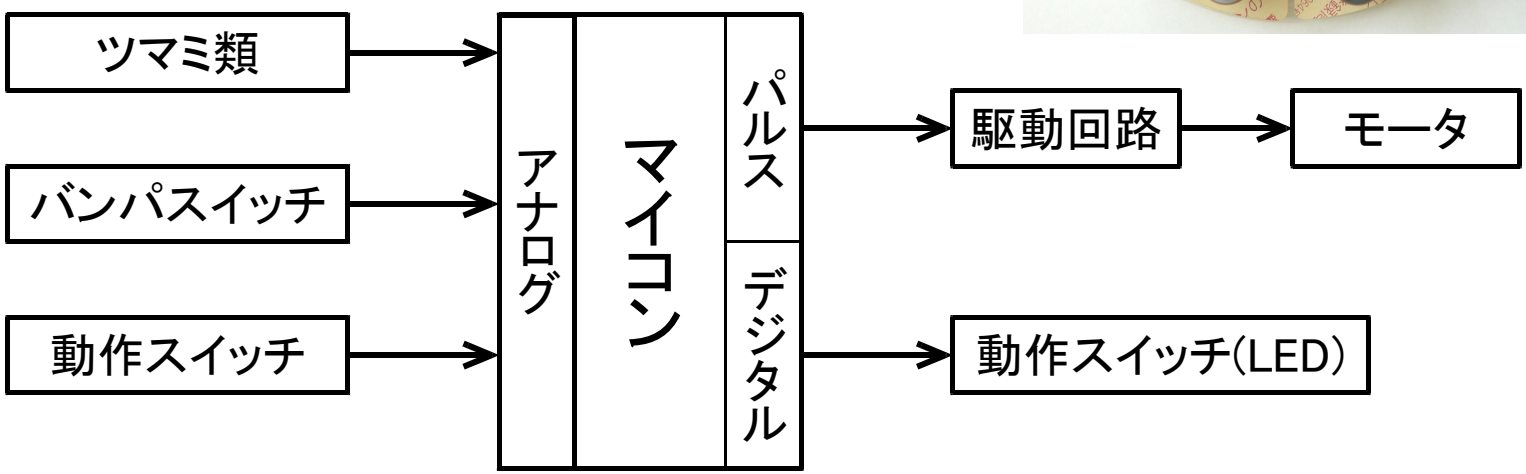
※ロボットはお持ち帰り頂けます

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。

