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～

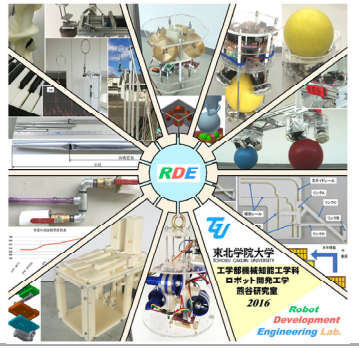
東北学院大学 工学部
機械知能工学科
ロボット開発工学研究室RDE
教 授 熊 谷 正 朗
kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

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）

〇ロボット、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

〇工作好き→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→



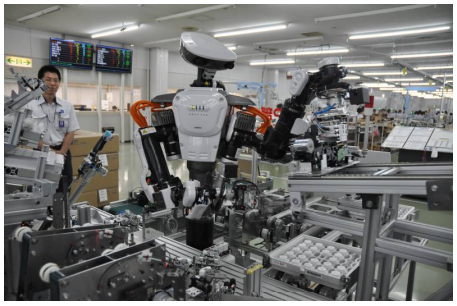
←やること複雑

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

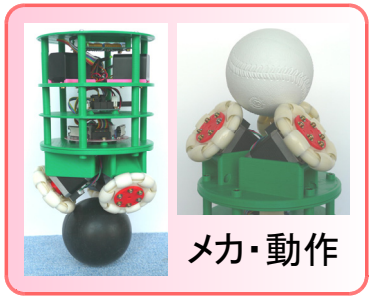
○ロボット、つくり方、つくれるようになり方

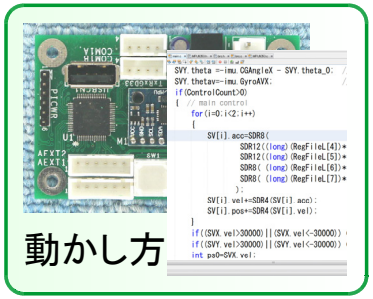
ロボットとは何？ 定義と「名前」	ロボットの中身 技術の組み合わせ
ロボットのつくり方 アイデアから実体に	つくれるようになる 今・これからすべきこと

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

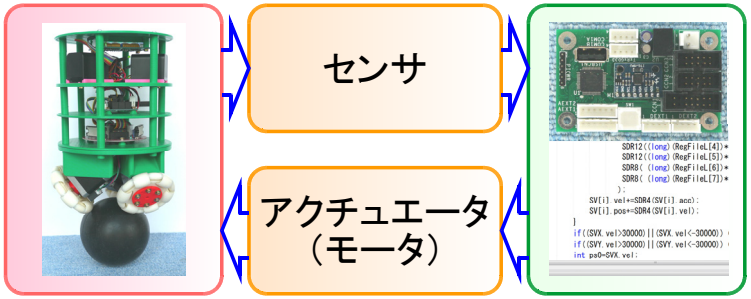




ロボット（メカトロ）の中身

○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



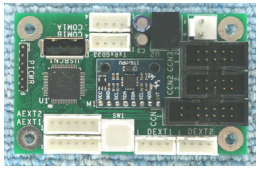
ロボット（メカトロ）の中身

○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



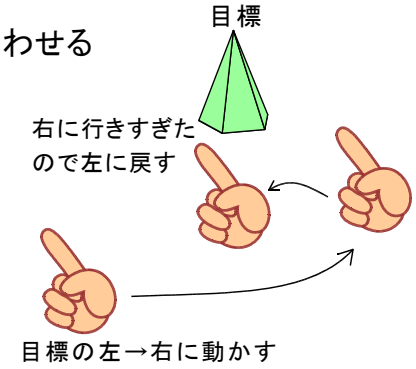
◇コンピュータの回路

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

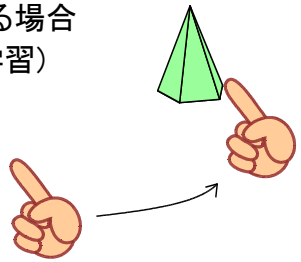
◇方法
- センサで見る
- ずれを調べる
- ずれが直る方向に動かす指示



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



◇人間の動きはこれが多い
  ← 生まれてからの経験

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。

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

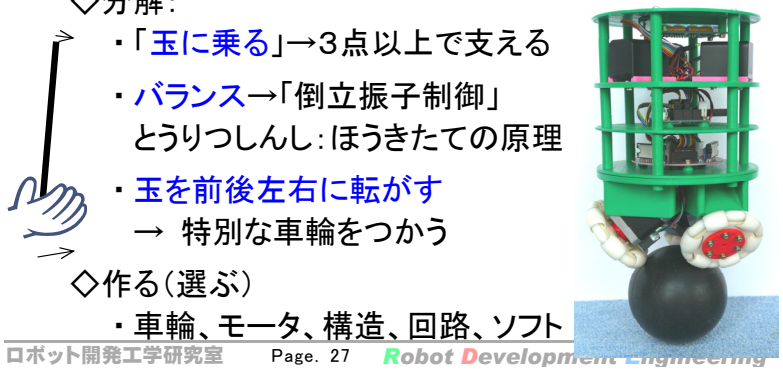
◇つなぎ合わせることができるかを確認
・つながるかどうか
・大きくなりすぎたりしないか

◇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）

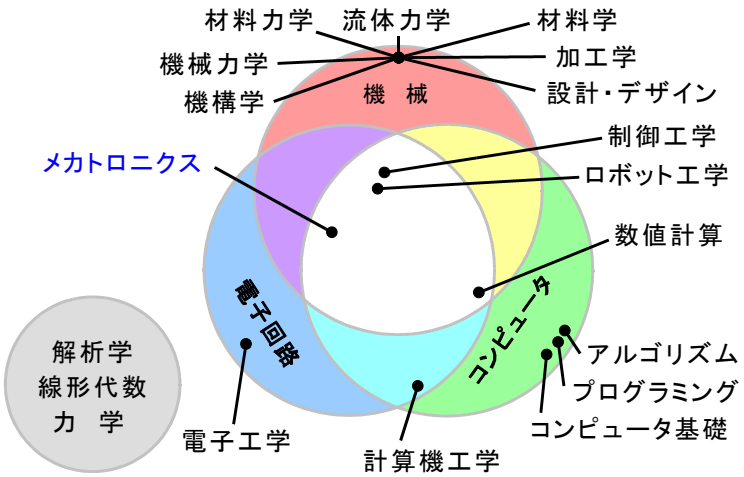
ロボットづくりに必要なこと

○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

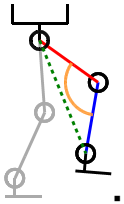
・直感でのものづくり ＋ 原理に基づく理解
　いろいろつくってきた経験 → 直感
　基礎から積み上げる各種理論 → 正しさ

・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

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

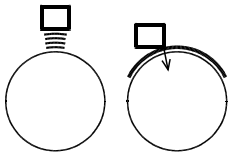
○ 一般的な掃除ロボットの機能
- 部屋の中を自動的に走り回って掃除する→今日の本題
- 障害物を避ける。
- ゴミの多いところを見つけたら、そのあたりを重点的に。
- 活動範囲を制限できる/段差から落ちない。
- 自動的に充電しに戻る。

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。



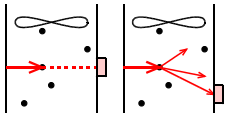
回避方法:
- その場で「適当に」向きを変える。
- 少しバックしてから向きを変える。 ※「丸」の理由
- 自分で作った地図を書き換えるとともに、次に進むべき方向を決定する。

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

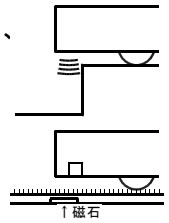
＝活動可能範囲の検知＋回避



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

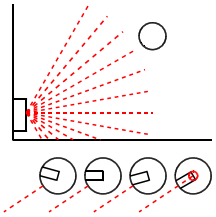
＝充電場所の探索＋移動



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。

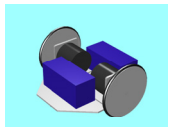


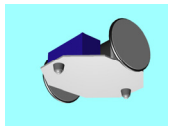
移動方法：

・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。

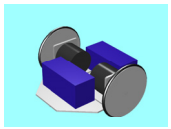
※車輪ロボは滑らない前提

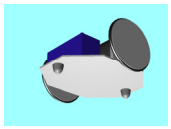




２輪移動ロボット

○ 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。

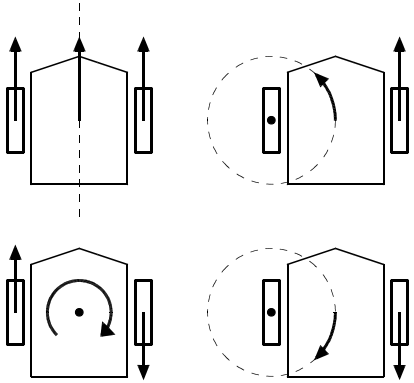
・ステアリング型に比べてメカが簡単。

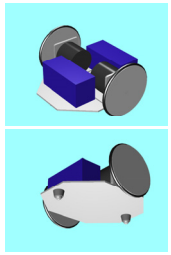




２輪移動ロボット

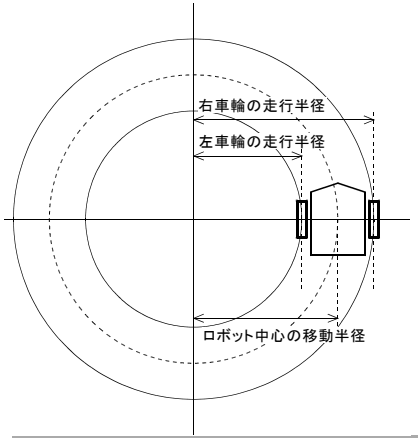
○ ２輪移動ロボットの動作

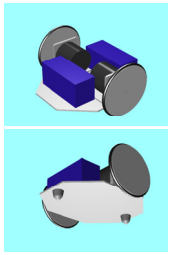




２輪移動ロボット

○ ２輪移動ロボットの動作





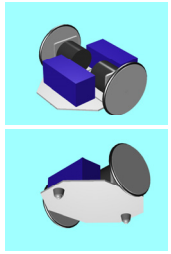
ある時間で一周した：

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

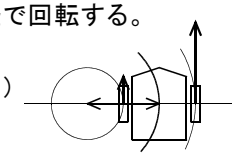


・左右の車輪の速度の比と、車輪の取り付け幅によって、半径が決まる。

・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。



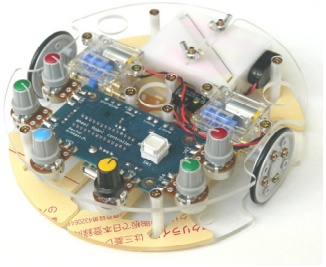
実習の予定

○ 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。

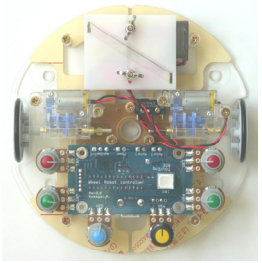


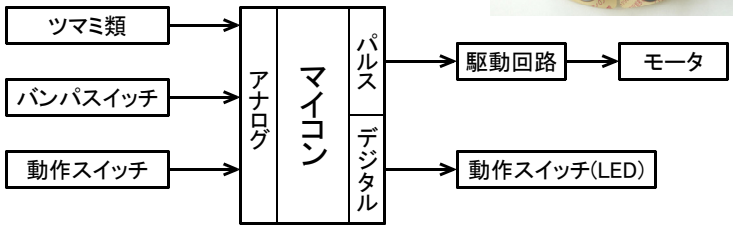
※ロボットはお持ち帰り頂けます

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。

