

仙台市/仙台市産業振興事業団
 ロボット博士の基礎からのメカトロニクスセミナー
 第1回 C01/Rev 1.1

ロボット・メカトロニクス の基礎

仙台市地域連携フェロー
 熊谷正朗
 kumagai@tjcc.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
 ロボット開発工学研究室 **RDE**

今回の目的

- ロボット・メカトロニクスの基礎
 - ・メカトロニクスとは何か
 - ・ロボットとは何か
 - ・メカトロニクスの構成
 - ・メカトロニクスの要素
 - ・メカトロニクスの設計に必要なこと

C01 ロボット・メカトロニクスの基礎 Page. 2 基礎からのメカトロニクスセミナー

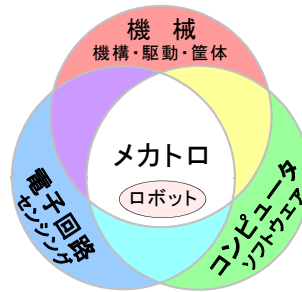
イントロダクション

メカトロニクスとは？
 ロボットとは？



メカトロニクスとは？

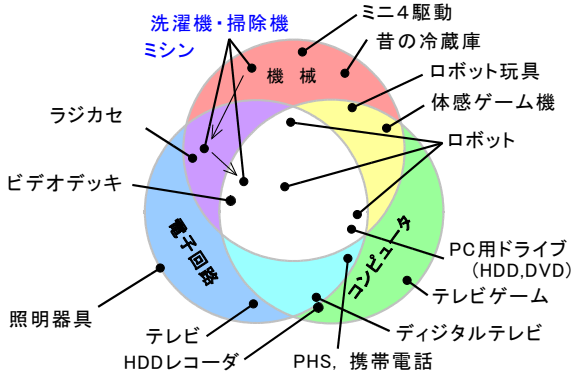
機械工学(メカニクス) + 電子工学(エレクトロニクス)
 →メカトロニクス (Mechatronics, メカトロ)



- ・元は安川電機の造語 (S47に商標登録)
- 普通名詞化
- 世界に通じる英語に
- ・電子回路、コンピュータによる機械制御全般
- ・ロボットは技術的にはメカトロの一部

工業製品の技術分野

※敢えて極端に書いてある
 実は大半が中央の領域



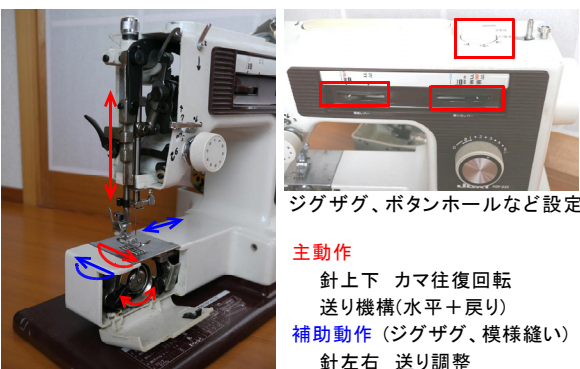
メカトロニクスとは？

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 (Mechatronics, メカトロ)

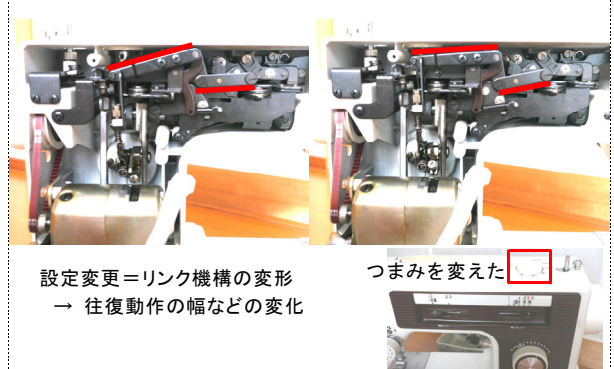


家にあったJUKIの古そうなミシン モータは1個のみ

メカトロニクスとは？



メカトロニクスとは？



メカトロニクスとは？

○ ミシンの変化

長いメカの歴史

- ・動力は1個（足踏み→モータ）
- ・リンク、カムによって動きを作り出す
- ・カムの交換で模様縫いも
- ・匠の設計

初期の電子制御化

- ・モータの回転を電子制御でなめらかに



メカトロニクスとは？

○ ミシンの変化

コンピュータ制御化

- ・一部動作を機械的に切り離して電子制御を介在させる

調整部分 リンク→モータ類
送り/横振り 個別のモータ

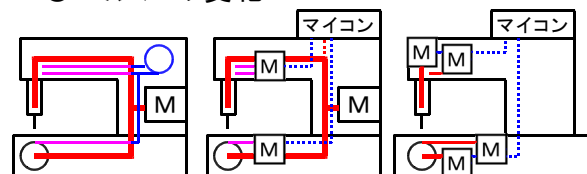
- ・積極的に布を前後左右に動かす模様縫い
- ・削る微調整から数値的微調整へ
- ・それでも全てのコンピュータ化は困難？



ブラザー工業WEBサイトより

メカトロニクスとは？

○ ミシンの変化



純メカ構成

- ・動力は一つ
- ・機械的調整

半マイコン半メカ

- ・主要部はメカ
- ・調整/補助機構をコンピュータ制御

全コンピュータ制御化

- ・個々の動きにM
- ・メカはシンプル化
- ・同期を全てソフトで

ロボットとは？

ロボットの境界/ロボットはメカトロ



ヒューマノイド
たぶんロボット



乾燥付全自動洗濯機
たぶんただの家電


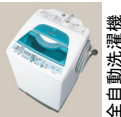



高級？扇風機

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

ロボットとは？

比較表 ~境界線は引けない~

	 ヒューマノイド	 全自動洗濯機	 高級？扇風機
機械？	Yes!	Yes!	Yes!
モータ？	多数	1+複数	1
電子回路？	大量	そこそこ	少し
コンピュータ？	高性能	そこそこ	小さいの
判断？	大量	そこそこ	x
感情？	x	x	x
人の形？	○	x	x

ロボットとは？

○ 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
- ※ 自称ロボットなメカトロ品が多い
- ※ 日本ロボット学会の定義：
「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持ち、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？

○ ロボットかどうかの微妙な疑問

- ・生産設備はロボットではないのか？
(ロボット教材よりは遙かに高度)
→ これまで生産ロボと呼ばなかった
- ・エアコンの「フィルタお掃除ロボット」はロボットなのか？
→ 「言ったもの勝ち」？
- ・からくり人形？ → 純メカ？

ロボットとは？

○ ロボットの要件（私案）

- 1: メカトロニクス機器であること
- 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

ロボットとは？

○ 結論

メカトロニクスができれば、ロボットは作れる。

ロボットかどうかは技術の差ではない。

↓

この講座シリーズは「メカトロニクス」

メカトロニクス

○ メカトロニクスの境界

・リレーのシーケンス回路で動く装置はメカトロか？

→ 非常に微妙（電子制御ではない？）
PLCだとメカトロな感じ

・メカトロなユニット（モータコントローラなど）を簡素に繋いだものはメカトロか？

→ メカトロでも、実装技術として微妙
「つないでいるだけ」 類:PC組立

メカトロニクス

○ この講座の目的

メカトロの要素技術を幅広く雑学提供

↓

- ・メカトロ装置の中身を察する
- ・分業の隣や全体を知る
- ・切り分けポイントを見極める
→得意機能の活用でコスト削減
- ・新展開のとっかかり

本題

○ ロボット・メカトロニクスの基礎

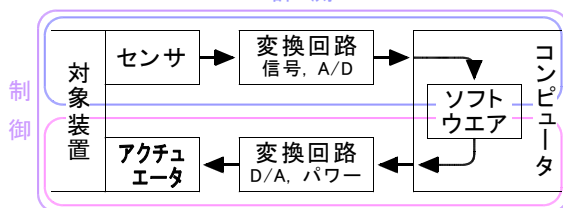
- ・メカトロニクスの構成
- ・メカトロニクスの要素
- ・メカトロニクスの設計に必要なこと
- ・開発事例

メカトロニクスなシステム

○ メカとコンピュータの情報ループ

制御 = 計測 → 演算 → 操作

計測



操作

メカトロニクスなシステム

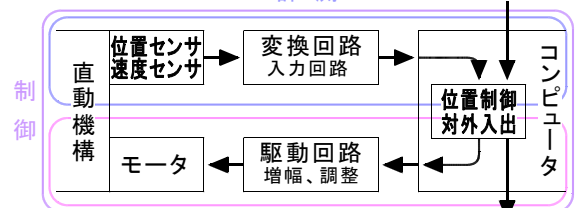
○ メカとコンピュータの情報ループ

産業用直動ユニット(含む制御器)の場合



THK社WEBより

計測



操作

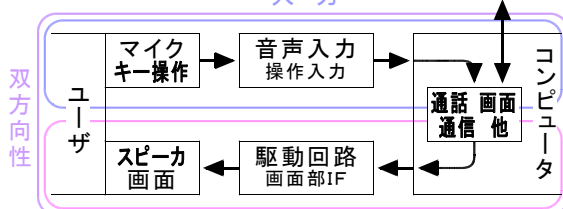
現在位置/動作結果

メカトロニクスなシステム(番外)

○ 人とコンピュータの情報ループ

携帯電話の場合

入力



出力

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 情報ループの構成要素の選定

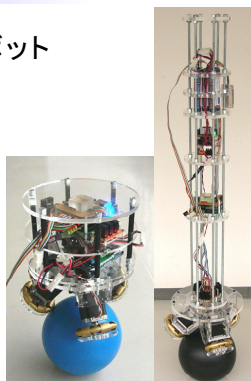
- 要件を満たす、表から見える「実体」(メカ)
- 動きを計測・検出するためのセンサ
- センサの信号をコンピュータに伝える手段
- 実体を動かすためのモータ類
- コンピュータ指示でモータを動かす回路
- 回路・ユニットとしてのコンピュータ部分
- コンピュータ上でのソフトウェア処理

メカトロニクスなシステムの要素

○ 具体例：玉乗りロボット

- ・ 玉に乗ってバランス
- ・ 前後左右の移動
- ・ 旋回

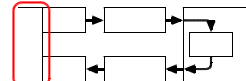
要素の選定と実装



メカトロニクスなシステムの要素

○ 表から見える実体(メカ)

- ★ 主な決定事項
 - ・ 機構設計
 - ・ モータの配置(自由度設計)
 - ・ 実現性の担保 (制約が他に比べ強い)
性能、強度、コスト



- ★ 判断のポイント
 - ・ どこまでメカで、どこからコンピュータか
 - ・ メカの匠 VS 動きごとにアクチュエータ

メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのメカ設計

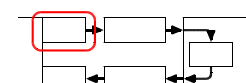
- ★ 機構設計
 - ・ 玉に乗り、転がすために特殊車輪採用
 - ・ モータ直結駆動 (→アクチュエータ)



メカトロニクスなシステムの要素

○ メカの計測、センサ

- ★ 主な決定事項
 - ・ なにを計るか
 - ・ なにを出力するか
 - ・ センサそのものの選定 (前後と相談)
性能、個数、コスト



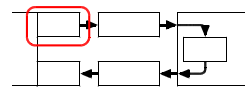
メカ・回路

- ★ 判断のポイント
 - ・ どんな情報が動作・制御には必要なのか
 - ・ 妥協はどこまでできるか

メカトロニクスなシステムの要素

○ メカの計測、センサ

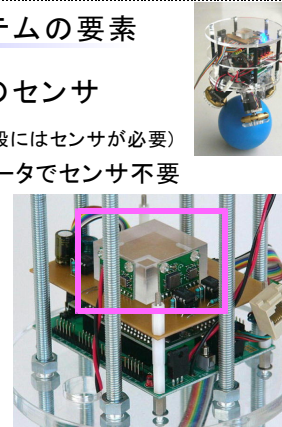
- ★ センサの例
 - ・ 1点の状態
光、温度、力、圧力、電圧、電流、抵抗
 - ・ 空間的な状態
存在の有無、距離、位置、角度、速度、
(凹凸、厚さ、体積、流量)
 - 画像
 - ・ センサデバイス/センシングシステム



メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのセンサ

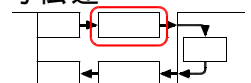
- ★ 車輪系 (一般にはセンサが必要)
 - ・ ステッピングモータでセンサ不要
- ★ 姿勢センサ
 - ・ 角速度ジャイロ (倒れる速度)
 - ・ 加速度センサ (鉛直方向)
 - ↓
 - 姿勢情報 (2組)



メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータへの信号伝達

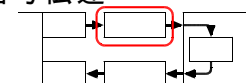
- ★ 主な決定事項
 - ・ 伝達方法の決定
→ 場合によってはセンサの選定に影響
 - ・ 信号の変換手順
信号形式、増幅、フィルタ、デジタル化
- ★ 判断のポイント
 - ・ どこまで回路で、どこからソフトか
 - ・ 変換する信号のコンピュータとの相性



メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータへの信号伝達

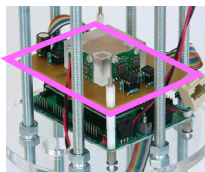
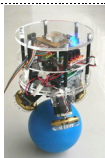
- ★ 伝達部の役割
主にアナログ：
 - ・ 信号増幅 (大きさの調整)
 - ・ フィルタ (ノイズ除去など)
 - ・ 演算回路 (信号混合、関数変換)
 - ・ 信号形式変換 (電流変化<->電圧変化等)
 - ・ 伝送 (機器間通信)
 - ・ デジタル化 (AD変換)



メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのセンサ回路

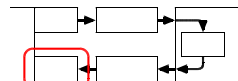
- ★ アナログ部
 - ・センサ信号の増幅のみ
- ★ コンピュータへの取り込み
 - ・マイコンに内蔵の
アナログ-デジタル変換
をそのまま使用
↓
処理は基本ソフトで



メカトロニクスなシステムの要素

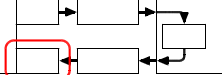
○ アクチュエータ・モータ

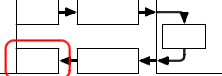
- ★ 主な決定事項
 - ・仕様確定
回転/直動、出力 <--> メカの設計
 - ・形式選定
メーカー、方式(DC,AC,ステップ他)
- ★ 判断のポイント
 - ・機械を動かすのに**十分な性能か**
 - ・**コントローラ**の特性(入出力)、納期



メカトロニクスなシステムの要素

○ アクチュエータ・モータ

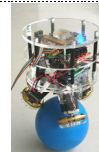
- ★ アクチュエータの例
 - ・電動アクチュエータ  いわゆる**モータ** (AC,DC,ステップ等)
※「サーボモータ」はモータの中でも制御向きの特別品
ソレノイド(電磁石)
 - ・油圧系 (油圧ポンプ+シリンダ等)
力が確実に伝わる、扱いがやっかい
 - ・空気圧系 (エアコンプレッサ+シリンダ等)
力をかけるとつぶれる、クリーン、扱いやすい



メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのモータ

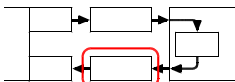
- ★ ステッピングモータを採用
 - ・コンピュータのタイミング指示通り回る
 - ・速度は低いがトルク強め (トルク=回す力)
→ 車輪を直結 → 簡単メカ&ガタなし



メカトロニクスなシステムの要素

○ モータ制御部分

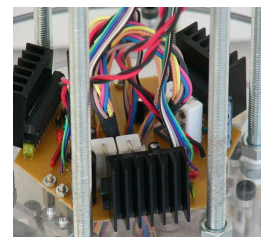
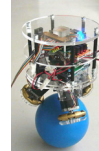
- ★ 主な決定事項
 - ・回路は自前/購入?
 - ・**自己開発**=電力回路の設計
 - ・**購入**=コントローラとコンピュータの接続
 - ・電源系の用意
- ★ 判断のポイント
 - ・数量と性能と時間コスト
 - ・モータ制御もまとめてコンピュータで



メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのモータ駆動

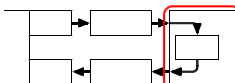
- ★ 自作回路
 - ・マイクロステップ用IC (細かく回せる)
 - ・ICの説明書通りに回路設計
- ・他に電源回路
 - ・電池 7.2Vx3
 - ・制御系電源
 - ・モータ電源



メカトロニクスなシステムの要素

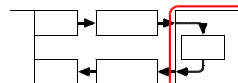
○ コンピュータ

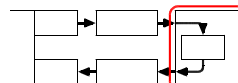
- ★ 主な決定事項
 - ・方針:マイコン/PC
 - ・**マイコン型**:性能、入出力機能、開発環境
 - ・**パソコン型**:入出力機能、性能
- ★ 判断のポイント
 - ・だれがソフトウェアをつくるのか
 - ・どの程度の**処理量**なのか
 - ・**リアルタイム性**(応答の速さ)の必要性



メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータ

- ★ コンピュータ
 - ・プログラムに従って  「順番に」作業(データの移動、演算)する
→ **同時に一つのことしかできない**
処理には時間がかかる(遅れる)
 - ・コンピュータそのものは**計算しかできない**
→ 様々な機能(インターフェイス)を追加して、入出力を行う

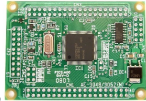
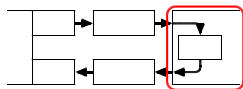


メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータ

★ マイコン

- ・ Micro computer
Micro controller
- ・ 小型/低性能/低コスト などが多い
- ・ 産業用は用途に合わせた入出力機能を
様々に内蔵
- ・ 目的に応じて選定



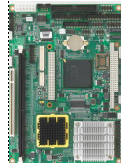
ルネサス/秋月電子 H8/3052 秋月電子 通販サイトより

メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータ

★ パソコン, PC

- ・ Personal computer
- ・ いわゆるパソコンそのもの、もしくは
同じ部品を使って、同じように動く、
産業機器用のコンピュータ (組込PC)
- ・ 処理性能は高いが反応が遅い場合あり
- ・ OS (Operating system 基本ソフト) が必須
→ OSに制御性能が影響される 起動も遅い



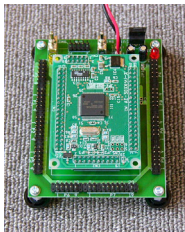
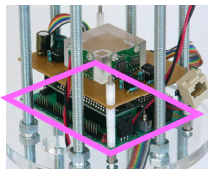
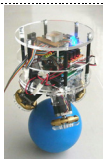
アドバンテック 社WEBより

メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのコンピュータ

★ マイコン型

- ・ H8/3052 16bit 整数計算のみ
- ・ 周辺回路をいろいろ内蔵

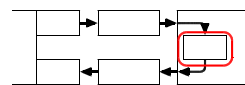


メカトロニクスなシステムの要素

○ ソフトウェア

★ 主な決定事項

- ・ 処理内容
センサ信号処理、制御等演算、
動作指令の送出、他の機器との通信
- ・ だれが開発するか



★ 判断のポイント

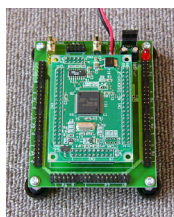
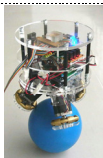
- ・ どこからコンピュータの処理なのか
- ・ メカの反対側の仕様 (人、他の上位装置)

メカトロニクスなシステムの要素

○ 玉乗りロボットのソフト

★ マイコンでの処理

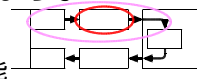
- ・ 倒立振り制御 (ほうき立ての原理)
- ・ 姿勢センサ取込 →
玉の加速度を計算 →
玉の速度に変換 →
モータにパルス出力
- ・ 制御計算 200回/秒



メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 一つとして単独では決まらない

- 要素に分割はできる
 - ・ 分業、分析、理解は可能
 - ・ 要素の仕様を定めれば個々に開発できる

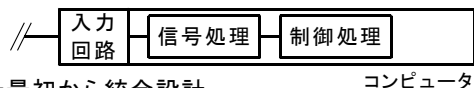
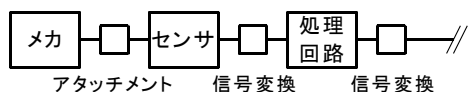


- しかし、要素ごとには決められない
 - ・ すくなくとも隣接する要素の確認
 - ・ 全体の仕様からの決断
 - ・ 決められる人が必要

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 一つとして単独では決まらない

★要素ごとに決めた場合 (それでも繋ぐことは可能)



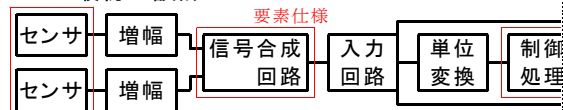
★最初から統合設計



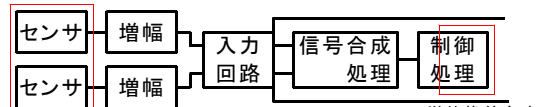
メカトロニクスなシステムの設計開発

○ ロボットの姿勢センサシステムの例

★最初の設計



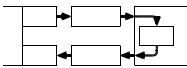
★後の設計 →コスト(手間)削減、処理精度向上



単位換算も略

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ メカトロ設計のコツ？



★ つなげば最低限なんとかなる

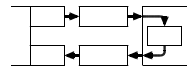
※主に何とかするのはソフト屋さん
地獄を見る

★ コスト、効率、性能のためには全連携

- ・適材適所
- ・メカとソフトの得意/不得意
- ・メカとソフトを適切に繋ぐセンサ・回路設計
- ・全体を知る人が継ぎ目の決定

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ メカトロ設計のコツ？



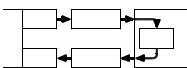
ソフト偏重の落とし穴

メカ・回路にできることまでソフト化すると…

- ・センサ、アクチュエータが増える
伴って回路が増える
- ・即応性が保証しきれない
※性能面、OSなど環境面
- ・ソフト系の不具合時に危険になる
- ・ソフト担当者への過大な負担

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 買うか、作るか



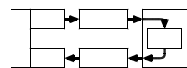
○ 主に要素を買ってきて、繋ぐだけ

- ・開発の時間コストを最小化
- ・時間を考慮すると買った方が安そう
物そのものの値段は場合によりけり
- ・信頼性もある

例：USB接続できるセンサモジュール

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 買うか、作るか



○ なるべくバラで買って自己開発

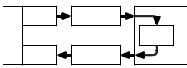
- ・既存スキルによっては時間が膨大に
- ・物的コストは一般に低め
場合によっては劇的に低いこともある
- ・信頼性は自己保証
- ・設計の自由度が大幅に高い

例：USB接続できるセンサモジュール

は、小さなマイコンで使えない → 高コスト

メカトロニクスなシステムの設計開発

○ 買うか、作るか



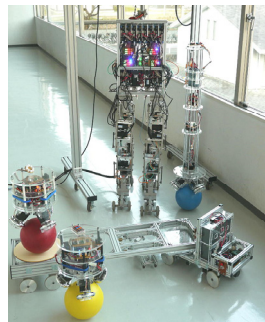
★ 基本的に、多長多短

★ 「自己開発できること」＝「選択の自由」

- ・量産指向 → 時間より物的コスト重視
- ・一品物 → 基本は汎用品
ただし、少しの手間で改善余地あり

ロボットの開発の実際

○ 学生さんのアイデアを形に



詳細仕様：

提示されず

納期：

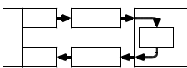
3ヶ月～半年

条件：

なるべく低コスト
人件費問わず

ロボットの開発の実際

○ 開発手順

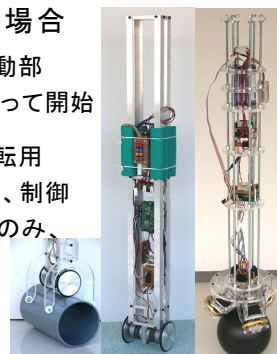


- 1: 技術的落としどころを探る **技術的めど**
- 2: メカ部分の基礎検討
 - ・最低限モータが回れば動く見込み
- 3: メカ部は学生自身による設計く助言
- 4: 電子回路は**既存技術の転用**＋
目的別設計開発
- 5: 低レベルソフトの開発（ハード入出力等）
- 6: 動かし方の設定は学生

ロボットの開発事例

○ 玉乗りロボットの場合

- ★ 新技術は玉の駆動部
 - ・車輪にめどが立って開始
- ★ 他の技術はほぼ転用
 - ・センサ、マイコン、制御
 - ・モータの駆動部のみ、
新回路を導入



まとめ

- ★ メカトロニクスとロボット
 - ・機械＋電子回路＋コンピュータ
 - ・ロボットはメカトロの一分野
- ★ メカトロニクスの構成
 - ・計測系と操作系からなる、
メカとコンピュータの情報ループ
 - ・設計開発 = 要素選定 + 開発 + 接続
 - ・要素の切り分けには周辺知識が必要
 - ・得意を生かす切り分けが重要

参考情報

- ロボット博士の基礎からのメカトロニクスセミナー
今後の予定:
- 2月:マイコンの初歩
 - 3月:デジタルの基礎
 - 4月:アナログ信号の基礎
 - 5月:アナログ信号のコンピュータへの取り込み

参考情報

- ロボット開発工学研究室
<http://www.mech.tohoku-gakuin.ac.jp/rde/>
- 講義情報
- ・「メカトロニクスI, II」
主にメカトロに必要な電子回路系基礎
 - ・「ロボット基礎」
ロボットとされるものに関する基礎理論
 - ・「ロボット開発工学」(まだ工事中)
メカトロニクス総合