

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

C01/Rev 1.1

第1回

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

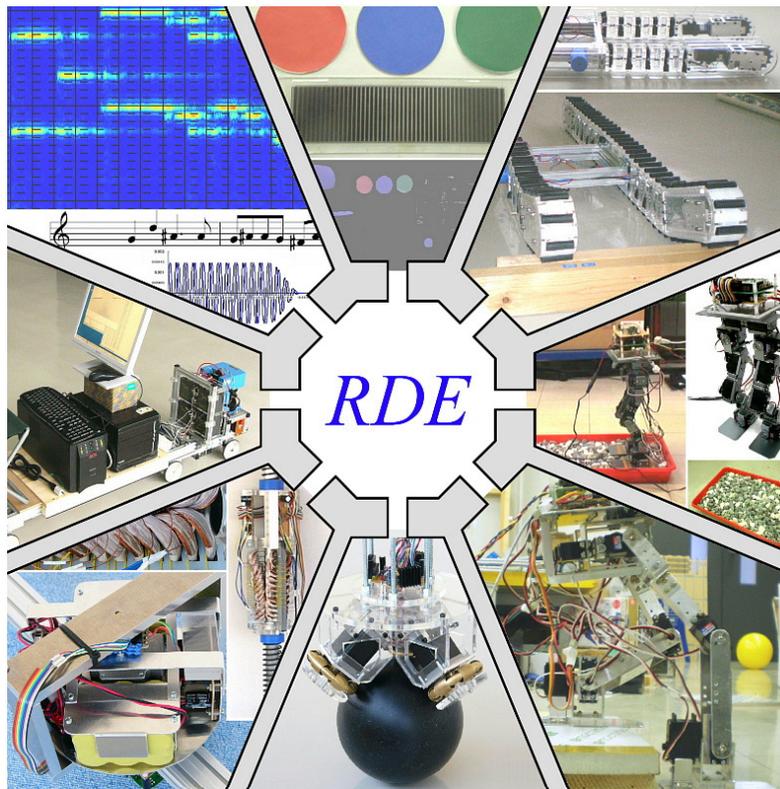
今回の目的

- 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

イントロダクション

メカトロニクスとは？

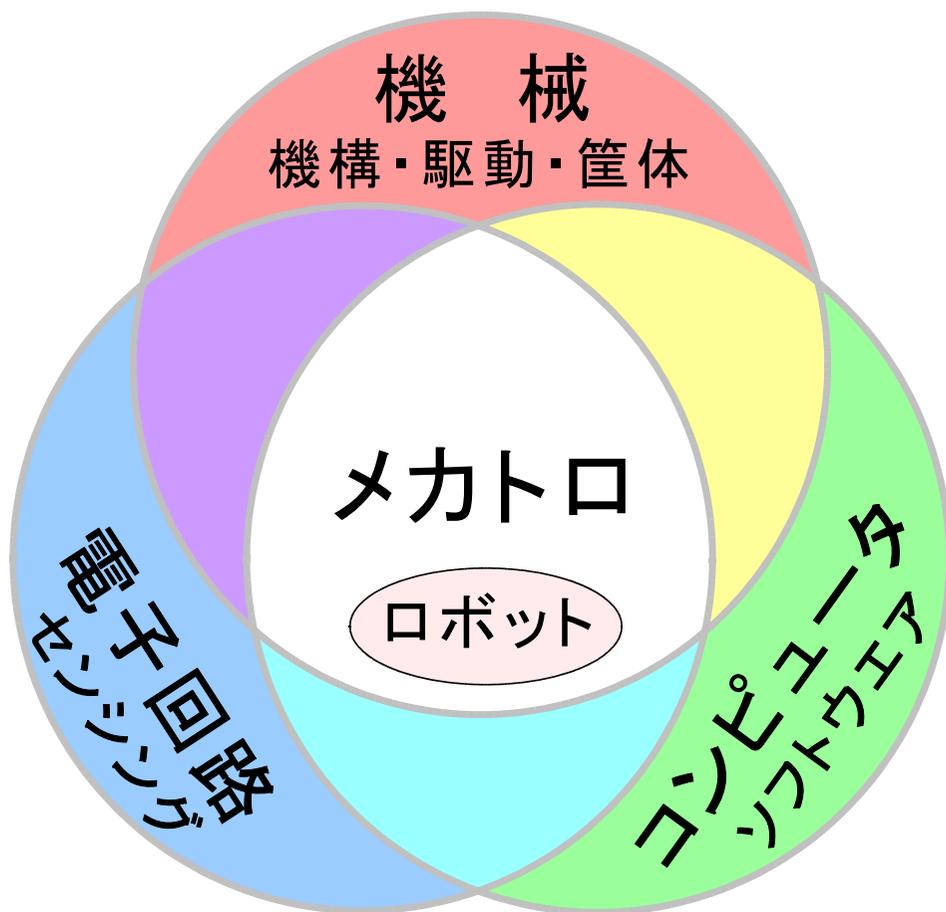
ロボットとは？



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

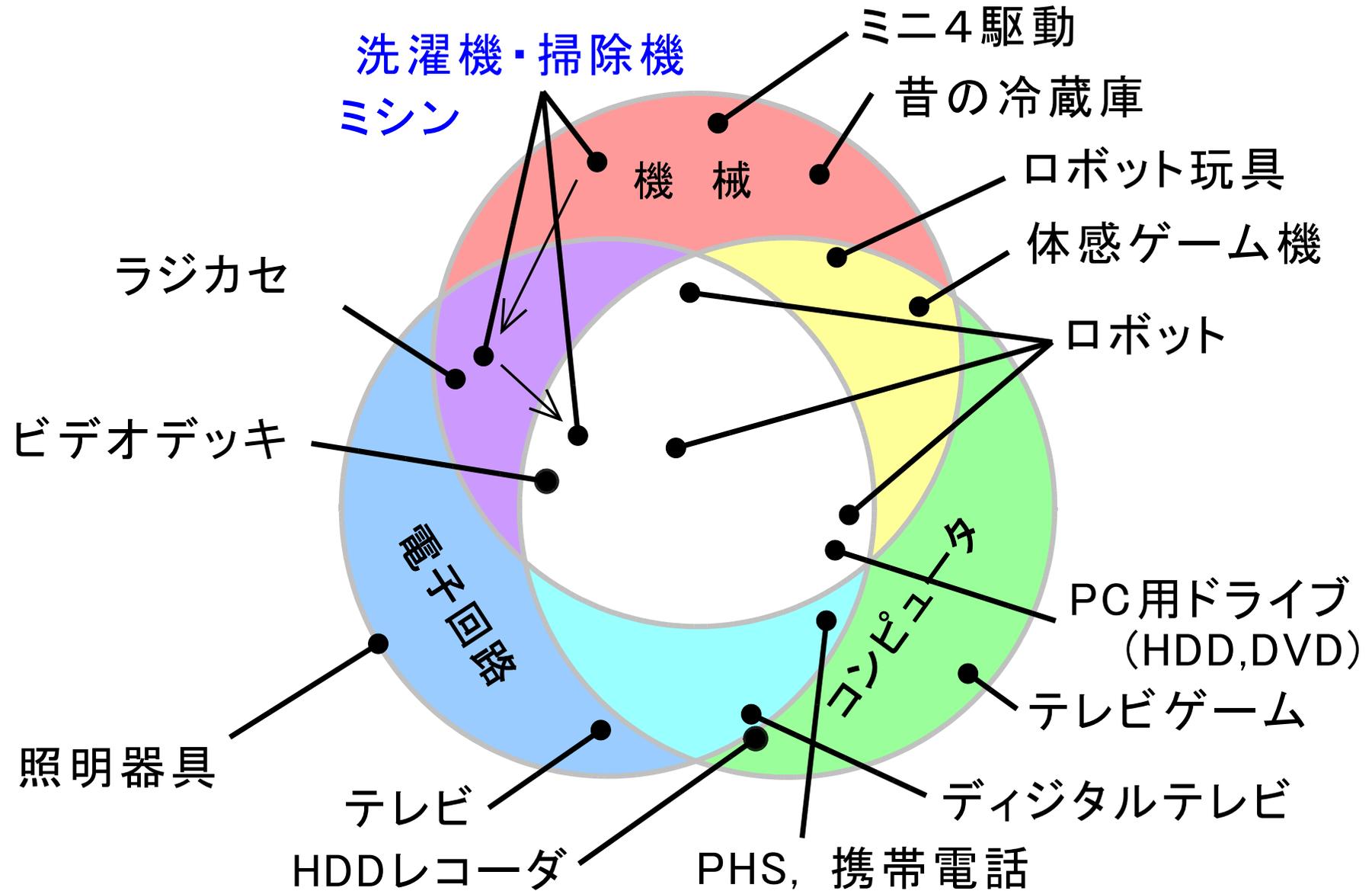
→ 世界に通じる英語に

・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

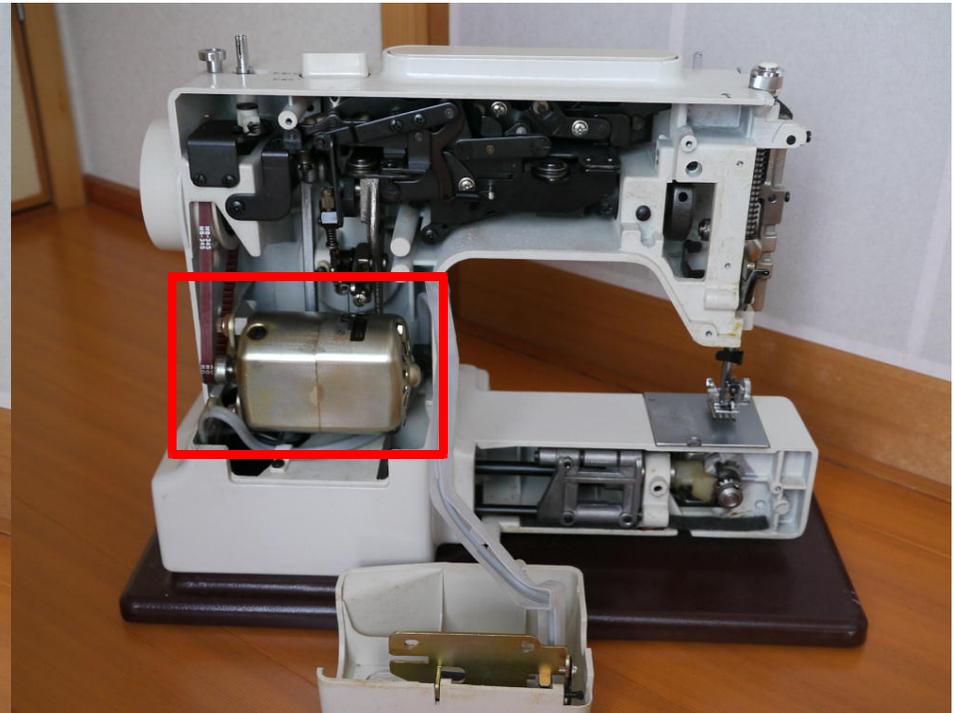
工業製品の技術分野

※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？

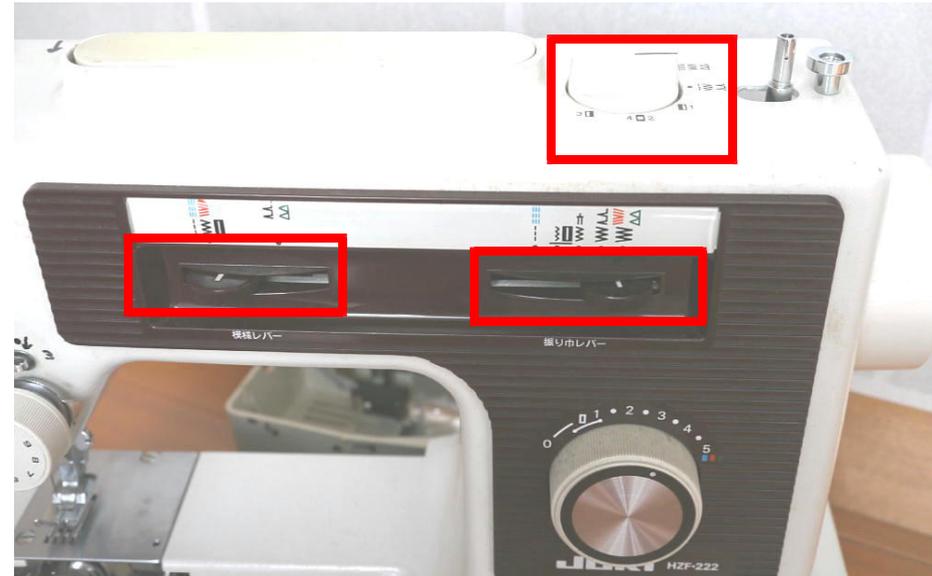
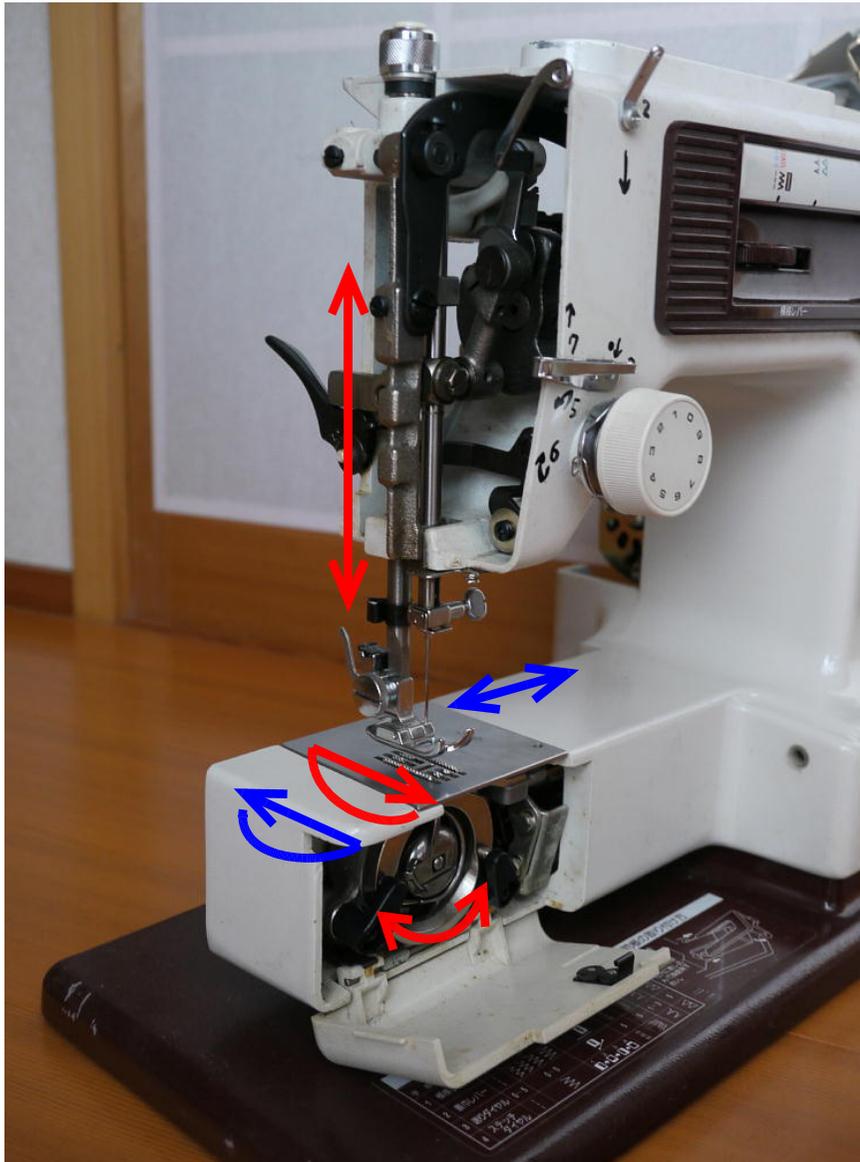
機械工学(メカニクス) + 電子工学(エレクトロニクス)
→ メカトロニクス (Mechatronics, メカトロ)



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？



ジグザグ、ボタンホールなど設定

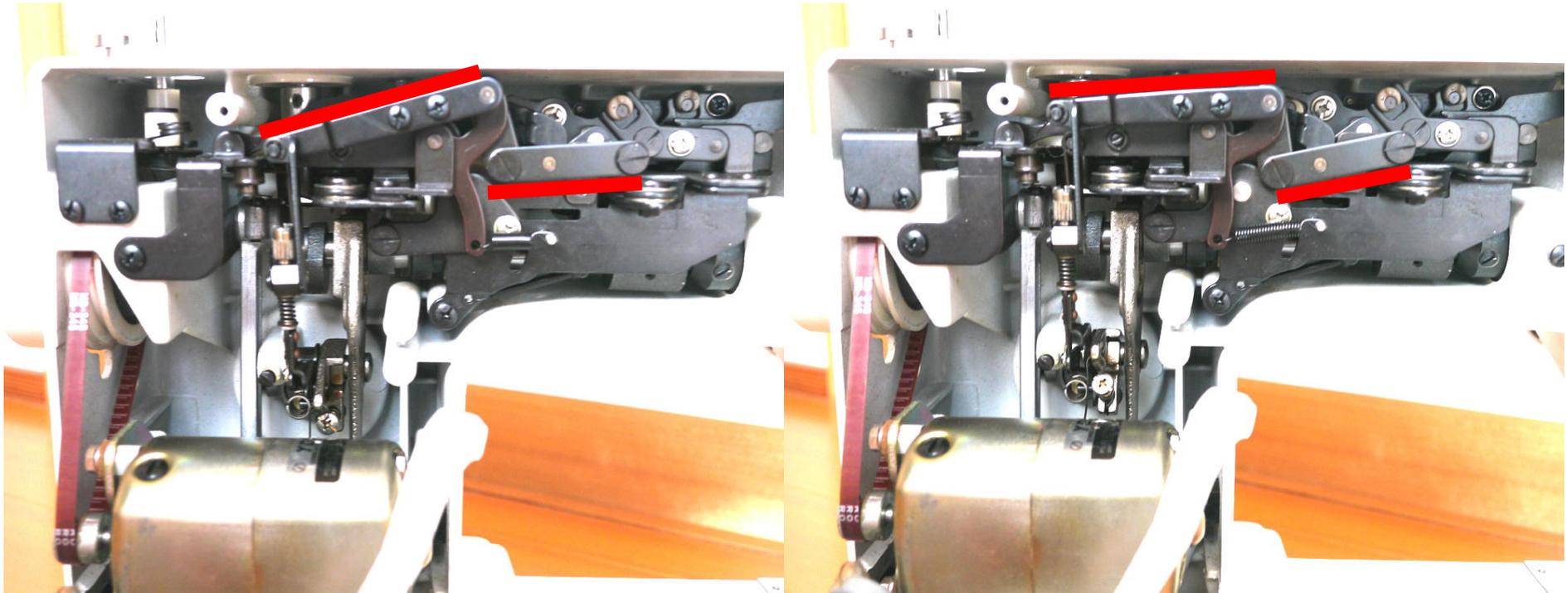
主動作

針上下 カマ往復回転
送り機構(水平＋戻り)

補助動作 (ジグザグ、模様縫い)

針左右 送り調整

メカトロニクスとは？



設定変更＝リンク機構の変形
→ 往復動作の幅などの変化

つまみを変えた



メカトロニクスとは？

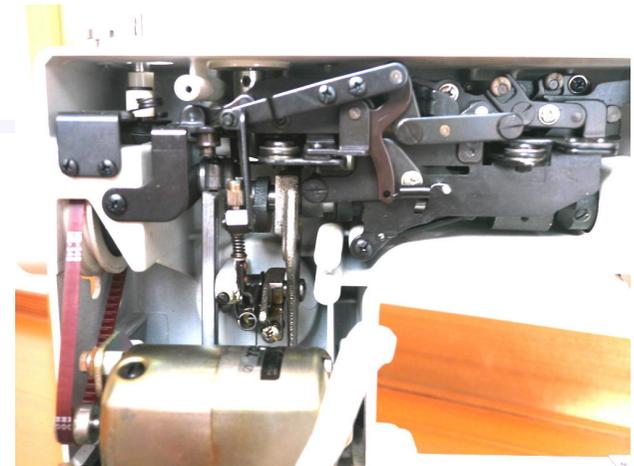
○ ミシンの変化

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？

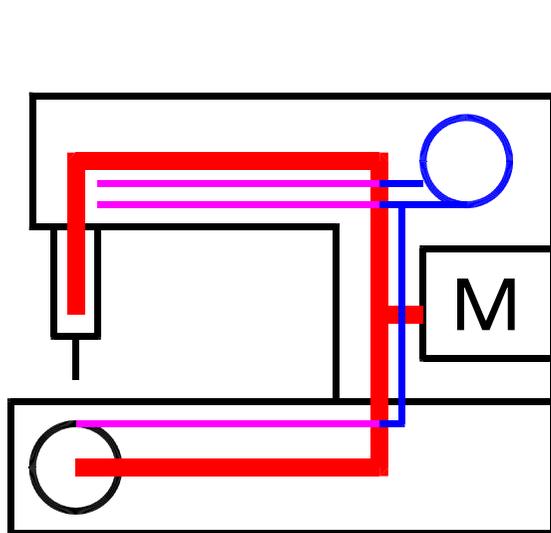


ブラザー工業WEBサイトより



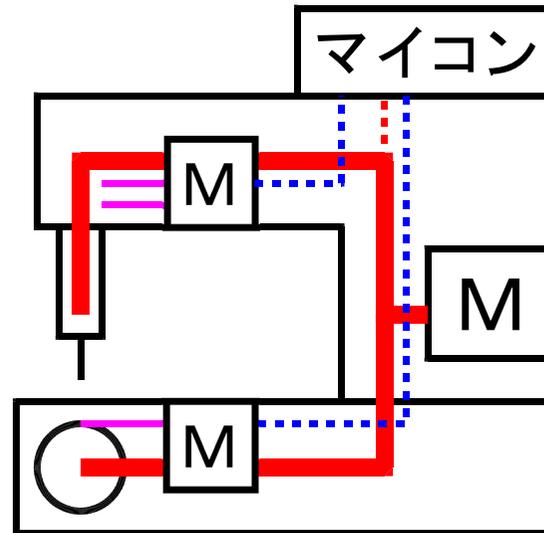
メカトロニクスとは？

○ ミシンの変化



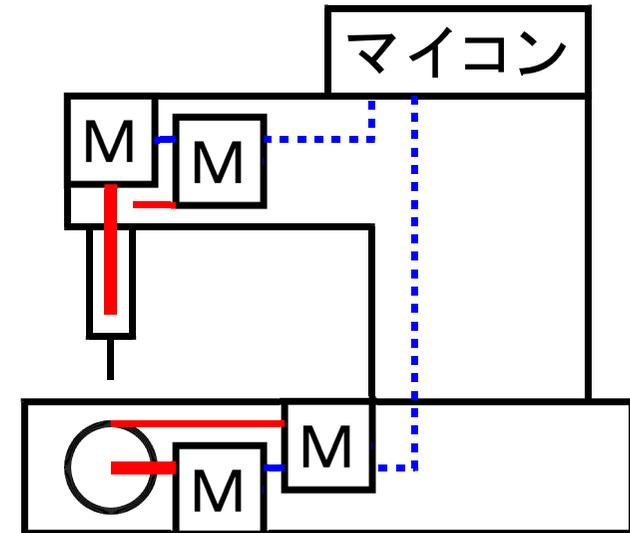
純メカ構成

- ・ 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



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	×
感情？	×	×	×
人の形？	○	×	×

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どうか？
 - 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**はメカトロかどうか？
 - 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

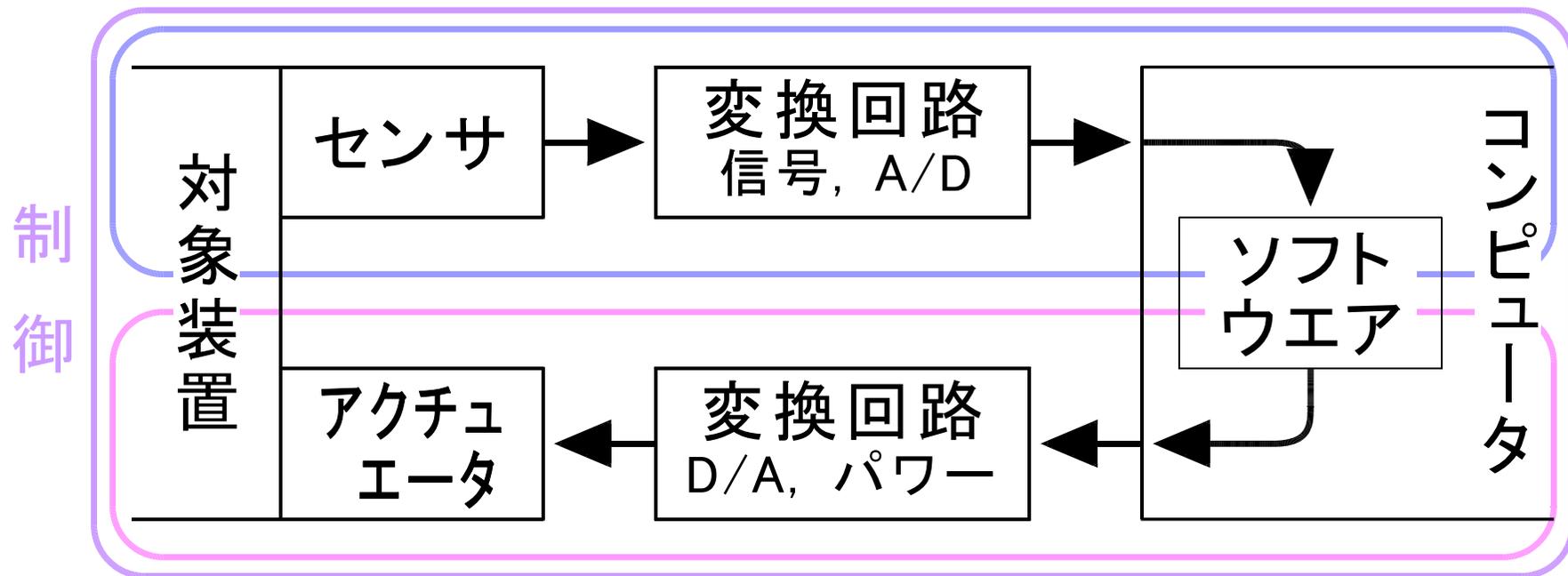
- ロボット・メカトロニクスの基礎
 - メカトロニクスの構成
 - メカトロニクスの要素
 - メカトロニクスの設計に必要なこと
 - 開発実例

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

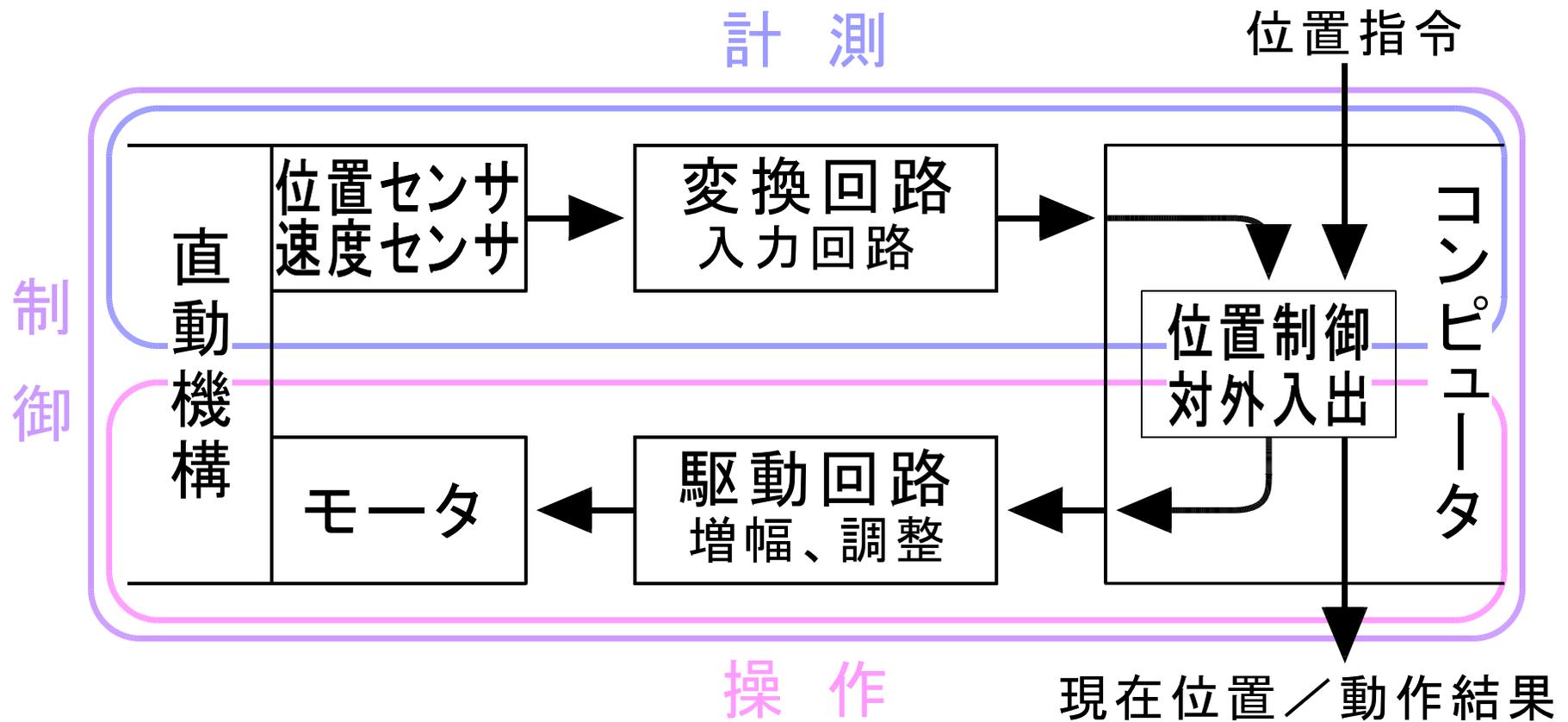
メカトロニクスなシステム



THK社WEBより

○ メカとコンピュータの情報ループ

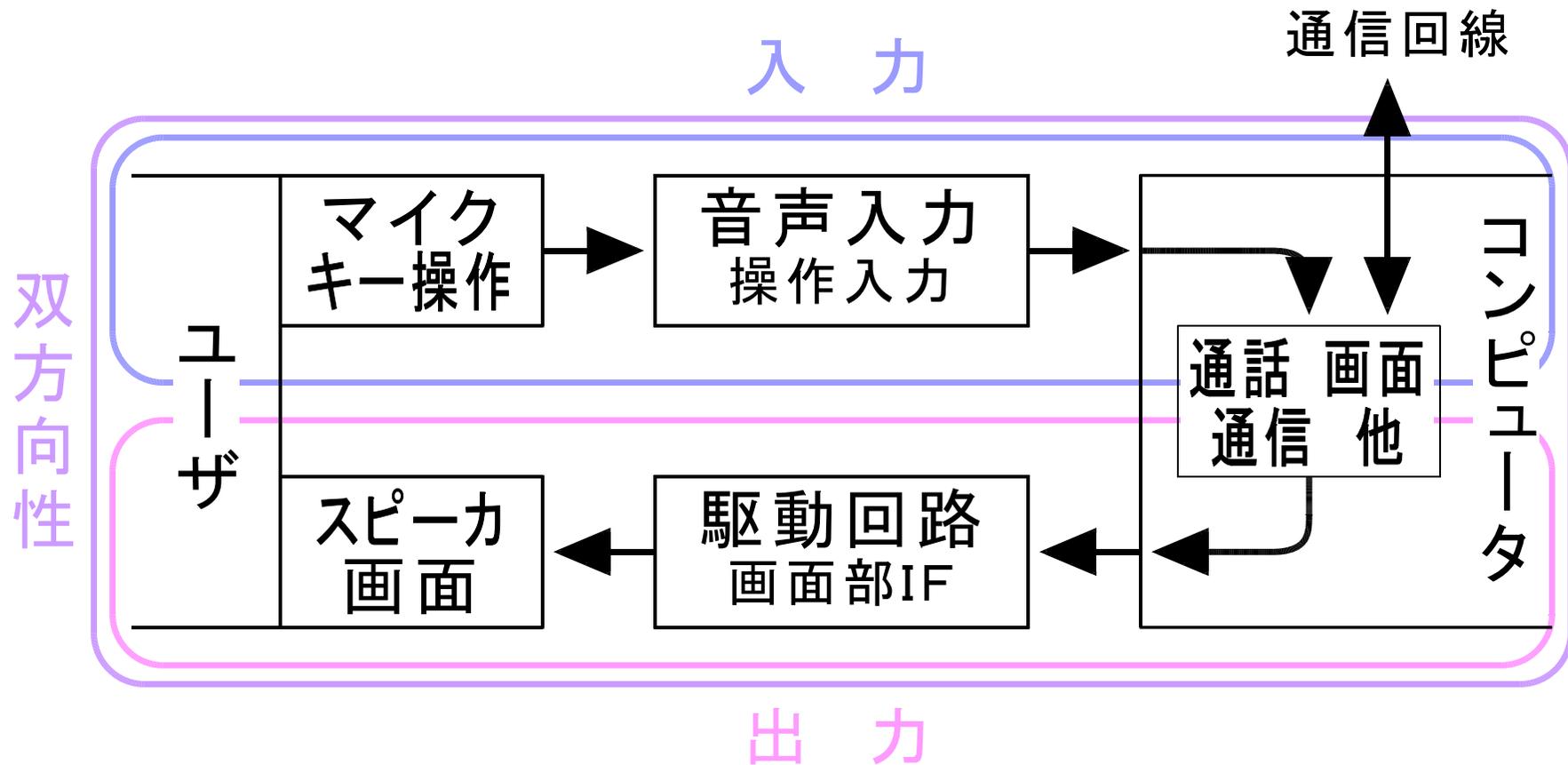
産業用直動ユニット(含む制御器)の場合



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



メカトロニクスなシステムの設計開発

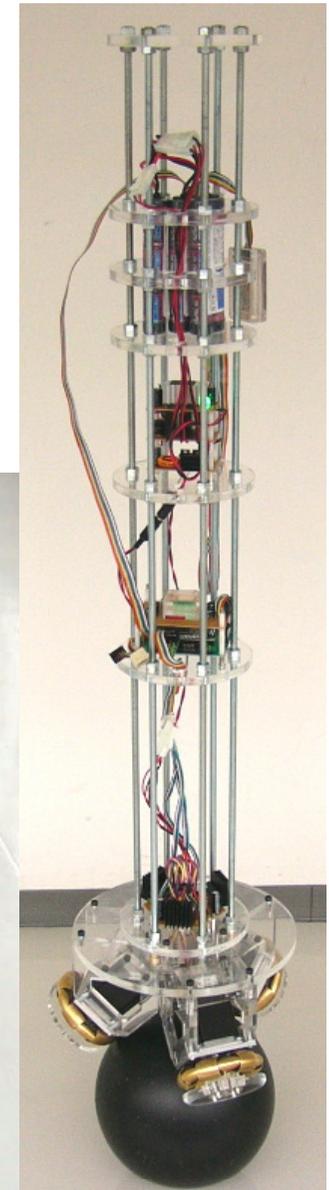
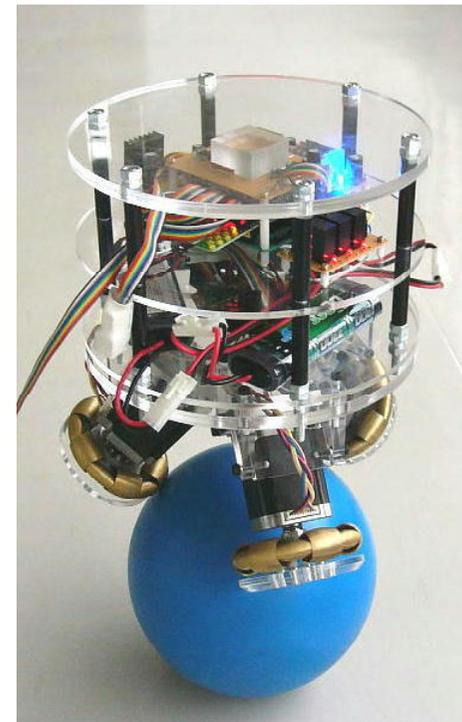
- 情報ループの構成要素の選定
 - 要件を満たす、表から見える「実体」(メカ)
 - 動きを計測・検出するためのセンサ
 - センサの信号をコンピュータに伝える手段
 - 実体を動かすためのモータ類
 - コンピュータ指示でモータを動かす回路
 - 回路・ユニットとしてのコンピュータ部分
 - コンピュータ上でのソフトウェア処理

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

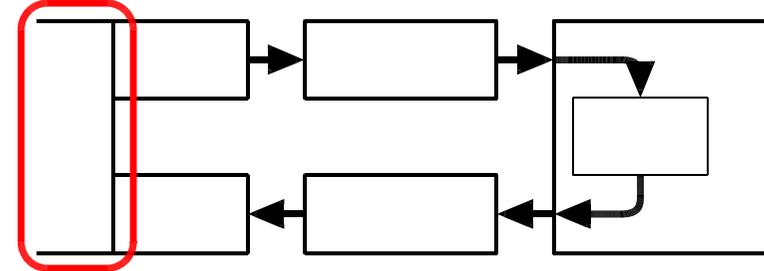


メカトロニクスなシステムの要素

○ 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

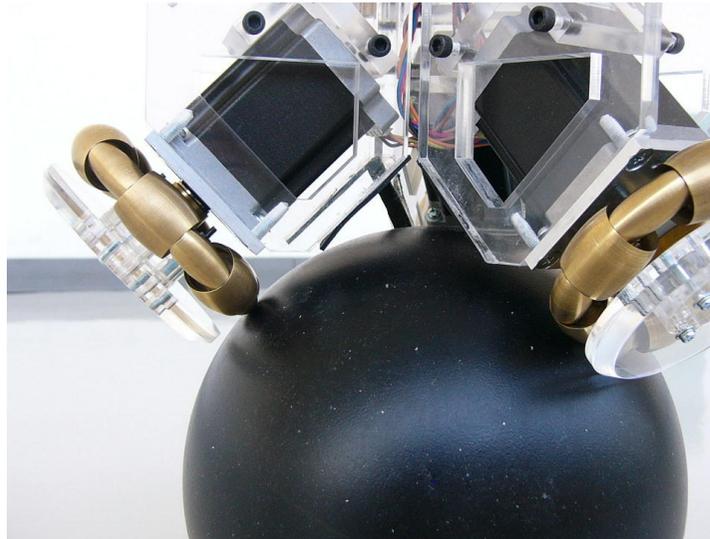
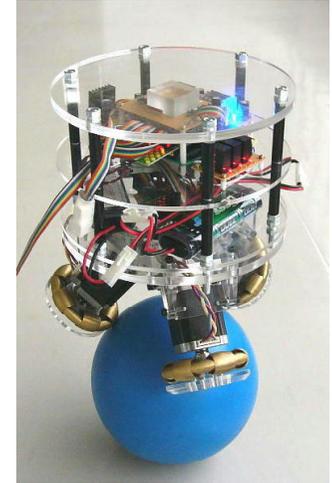
- ・ **どこまでメカで、どこからコンピュータか**
- ・ **メカの匠 VS 動きごとにアクチュエータ**

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)

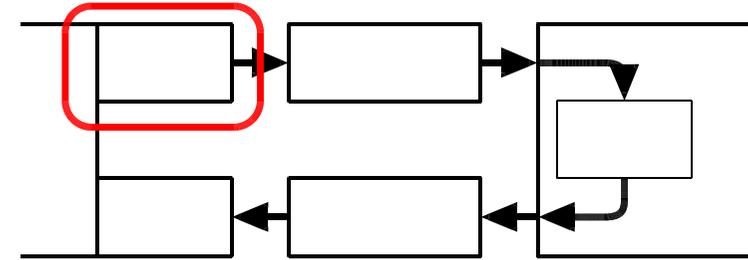


メカトロニクスなシステムの要素

○ 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

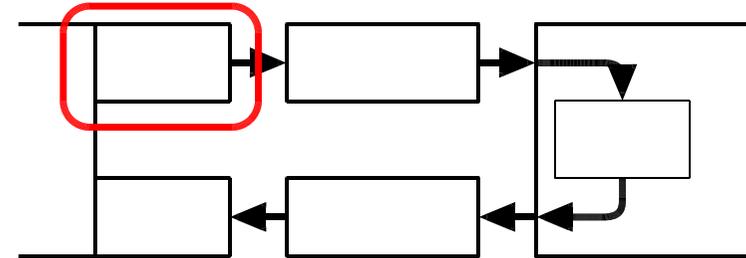
光、温度、力、圧力、電圧、電流、抵抗

・ 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

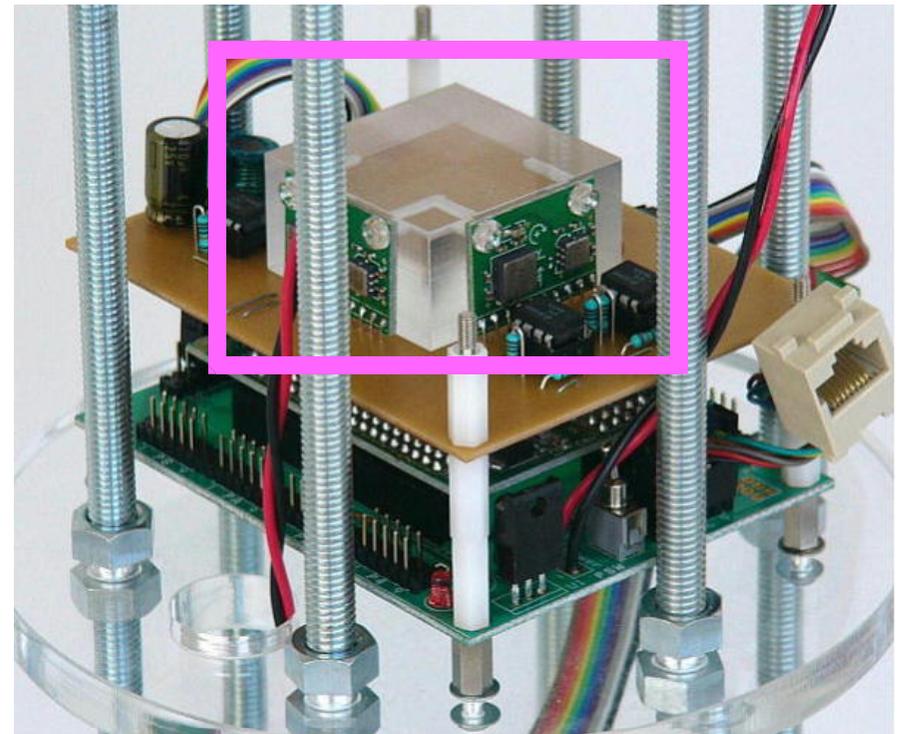
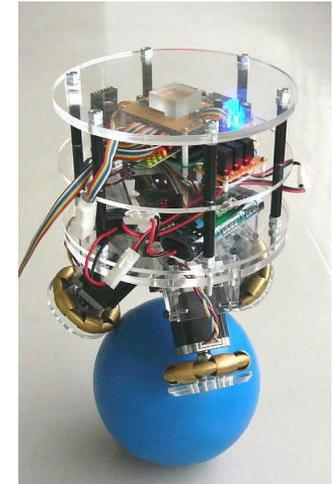
○ 玉乗りロボットのセンサ

- ★ 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

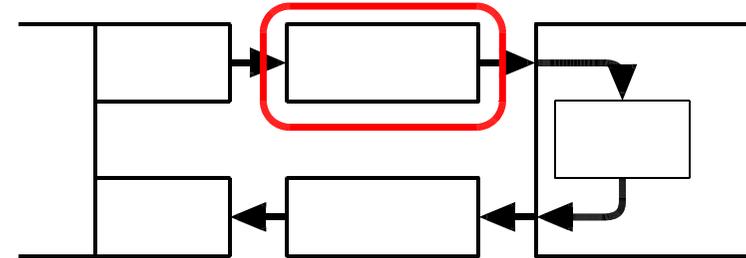
・ 信号の変換手順

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



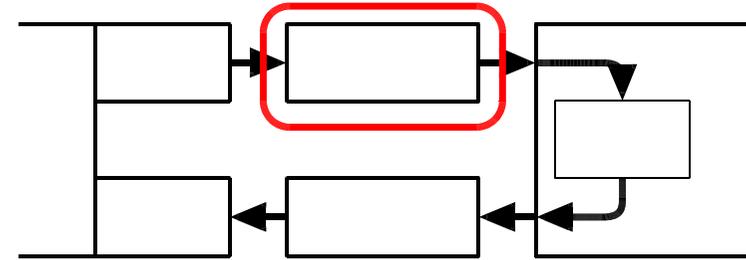
メカトロニクスなシステムの要素

○ 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 \leftrightarrow 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

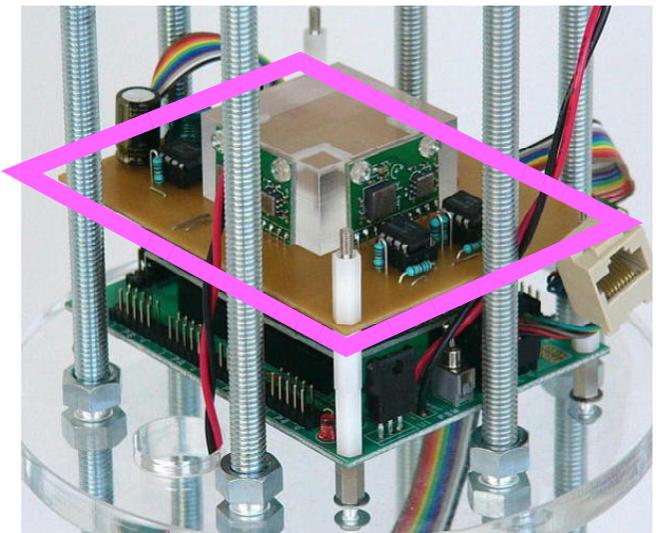
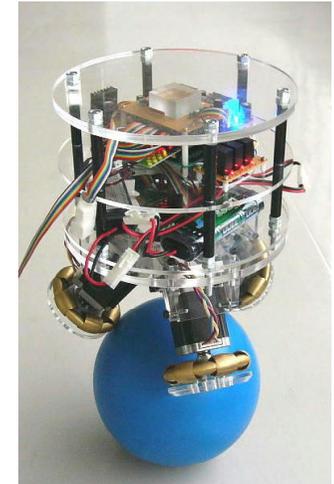
- ・センサ信号の増幅のみ

★ 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

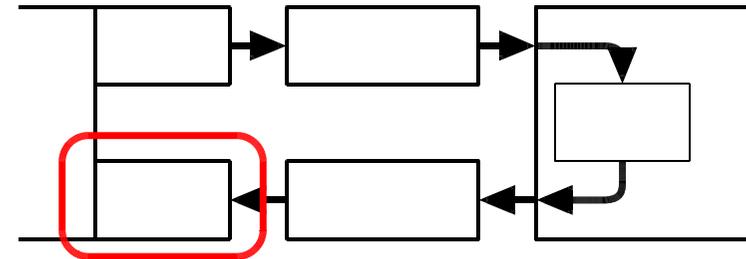


メカトロニクスなシステムの要素

○ アクチュエータ・モータ

★ 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, ステッピング)

※「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

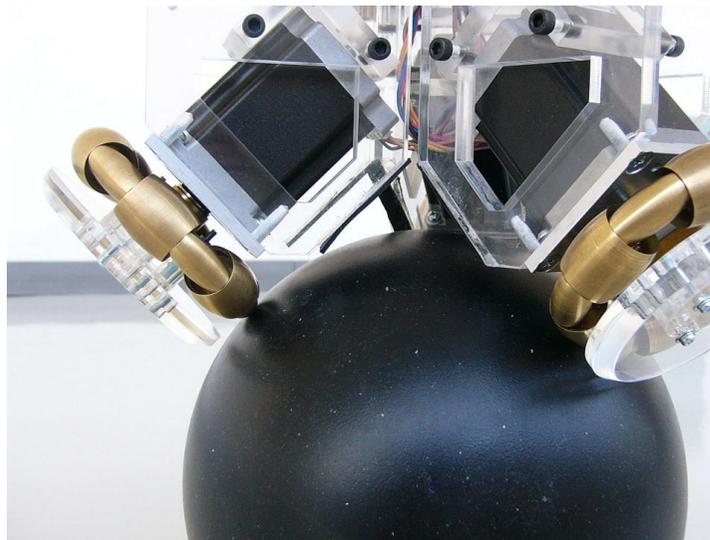
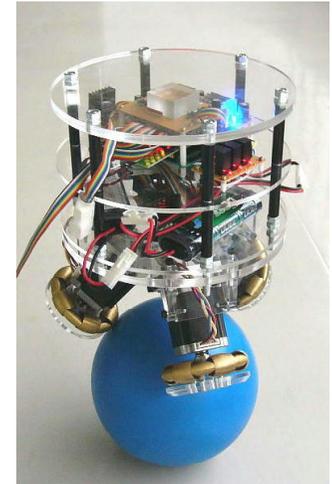
○ 玉乗りロボットのモータ

★ 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

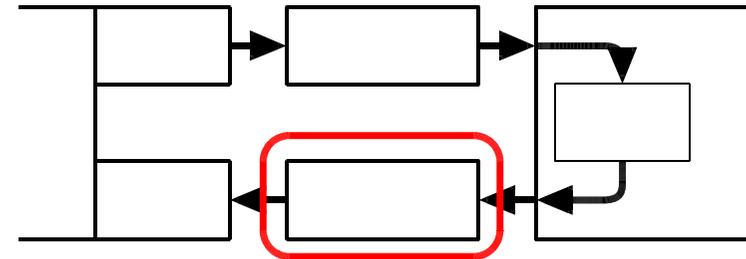
・ 購入 = コントローラとコンピュータの接続

・ 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

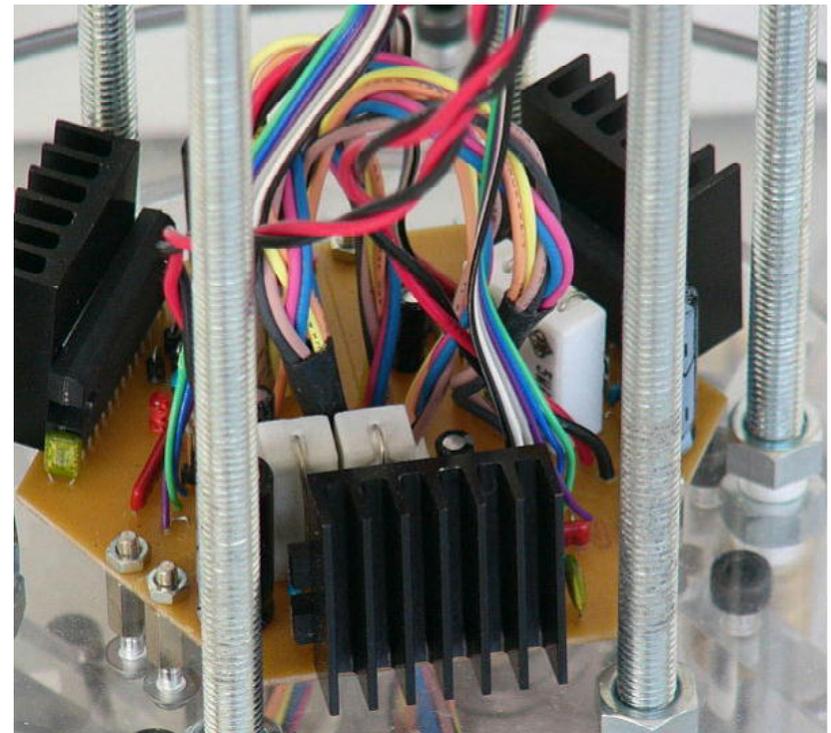
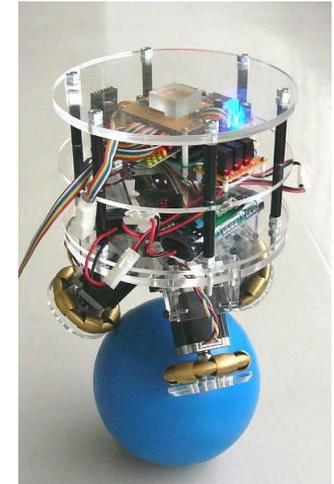


メカトロニクスなシステムの要素

○ 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

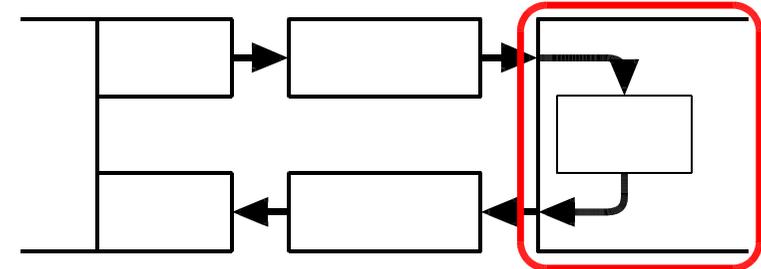
○ コンピュータ

★ 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

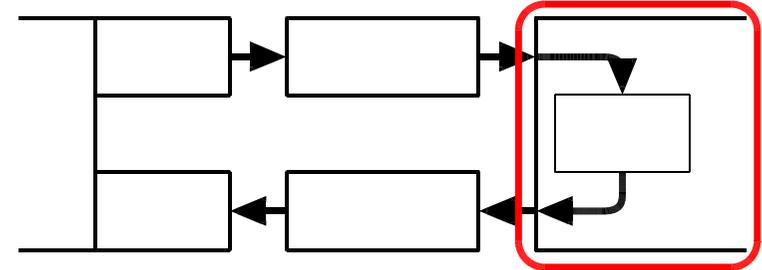
- ・リアルタイム性(応答の速さ)の必要性

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

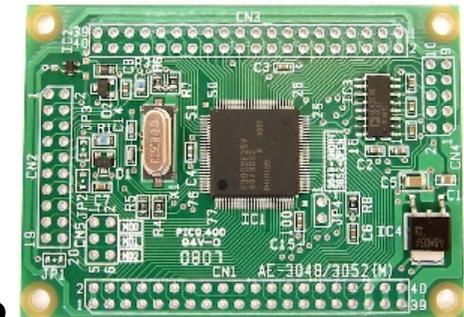
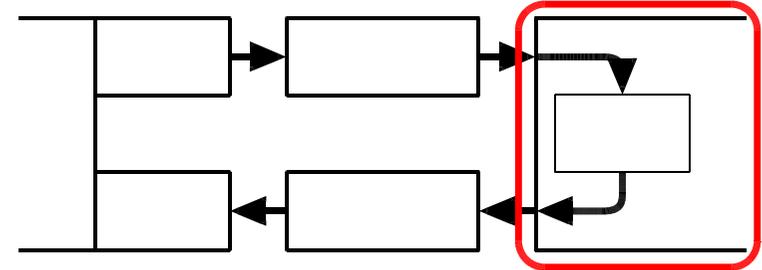
メカトロニクスなシステムの要素

○ コンピュータ

★ マイコン

- Micro computer
Micro controller

- 小型/低性能/**低コスト** なことが多い
- 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

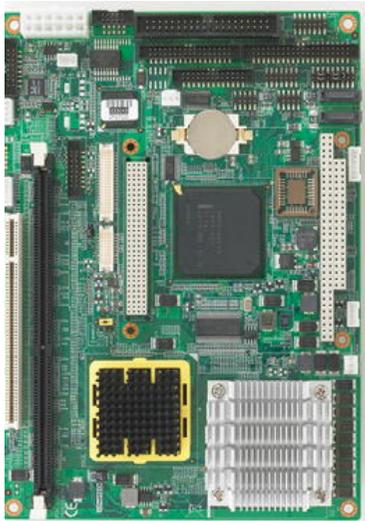
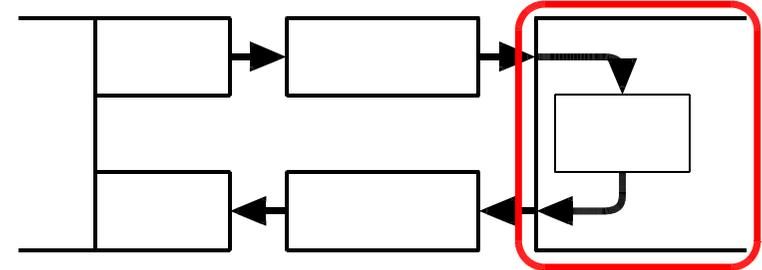
▪ いわゆるパソコンそのもの、もしくは同じ部品を使って、同じように動く、産業機器用のコンピュータ（組込PC）

▪ 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



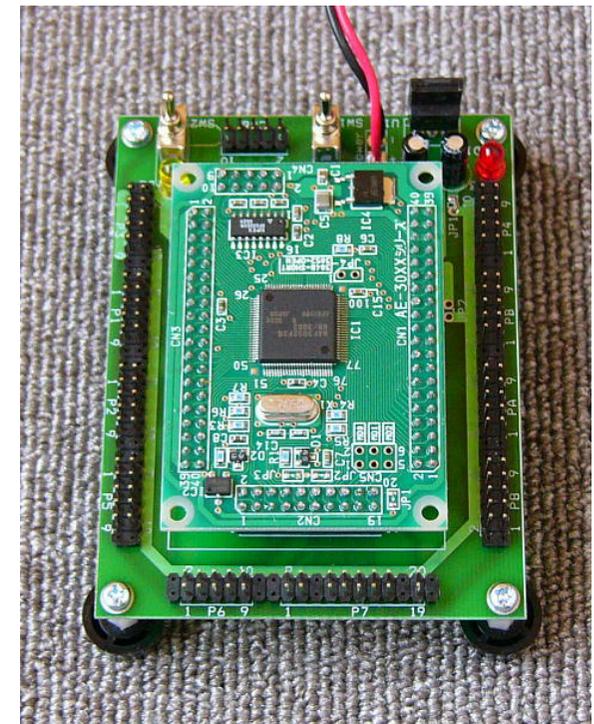
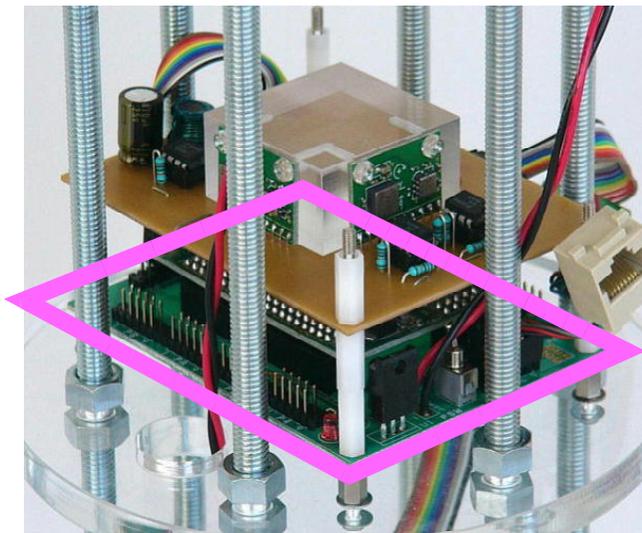
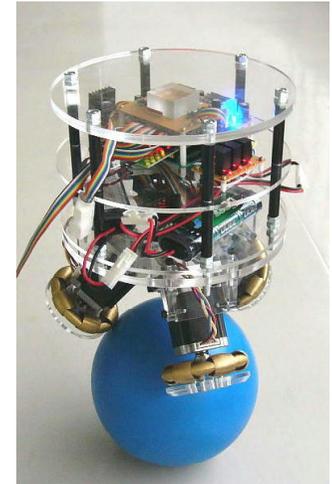
アドバンテック社WEBより

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

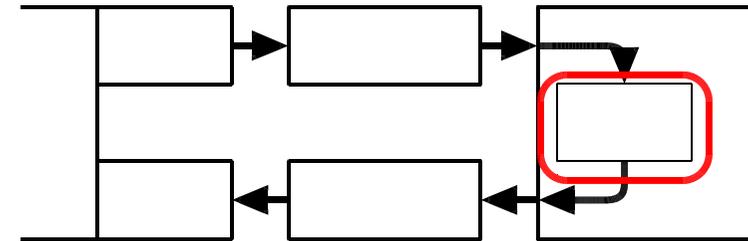


メカトロニクスなシステムの要素

○ 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

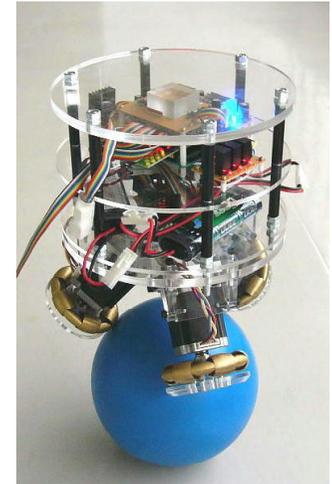
- ・ どこからコンピュータの処理なのか
- ・ メカの反対側の仕様（人、他の上位装置）

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

- ・ 倒立振り子制御（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

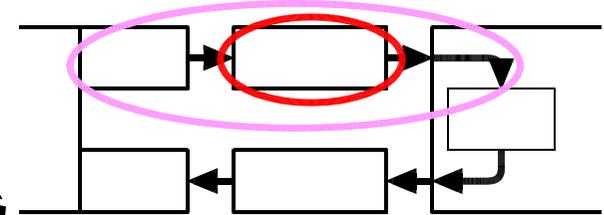
・ 要素の仕様を定めれば個々に開発できる

○ 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

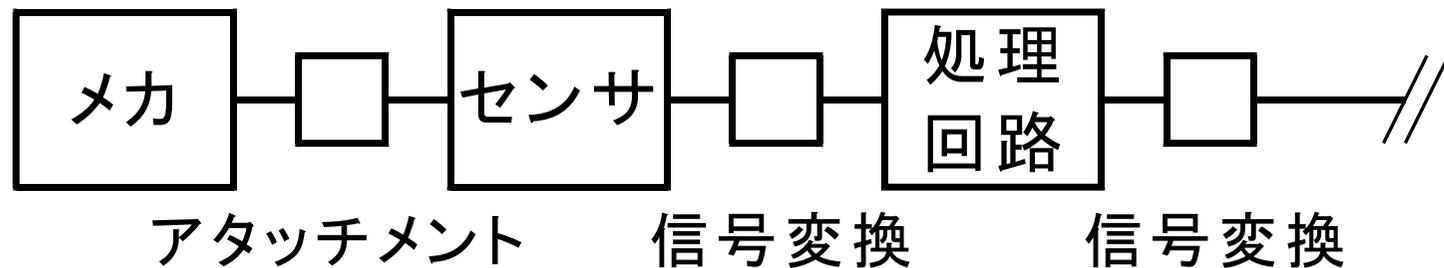
・ 決められる人が必要



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）



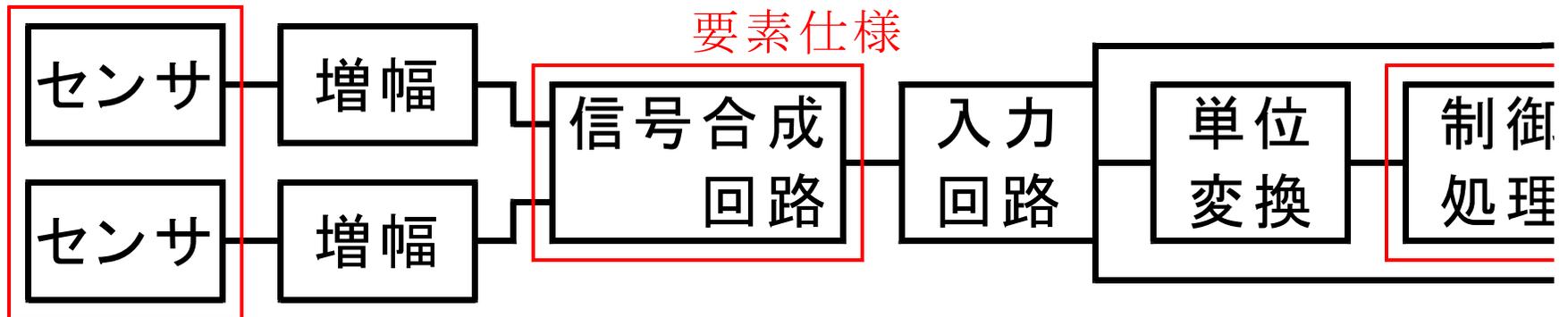
★最初から統合設計



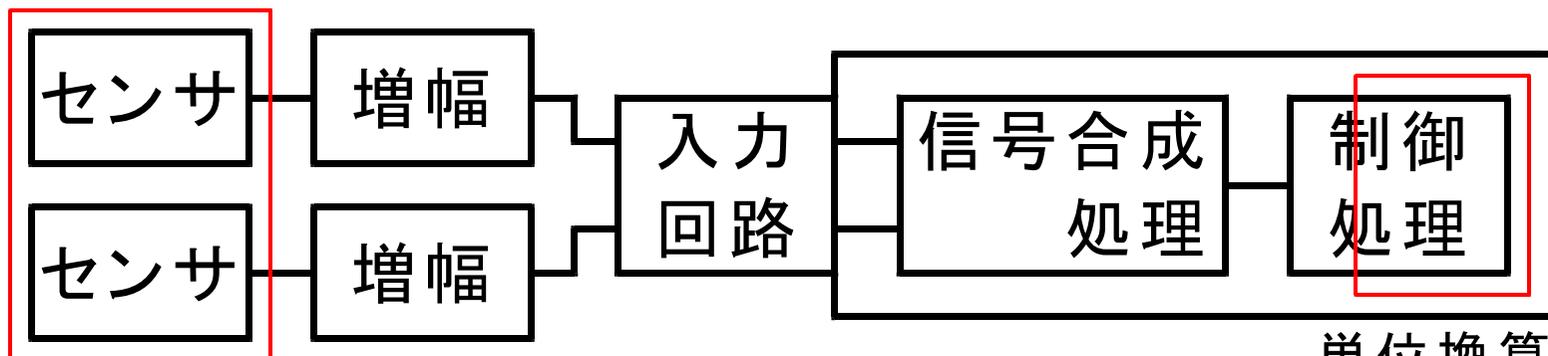
メカトロニクスなシステムの設計開発

○ ロボットの姿勢センサシステムの例

★最初の設計



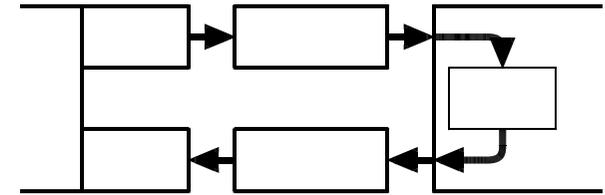
★後の設計 →コスト(手間)削減、処理精度向上



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

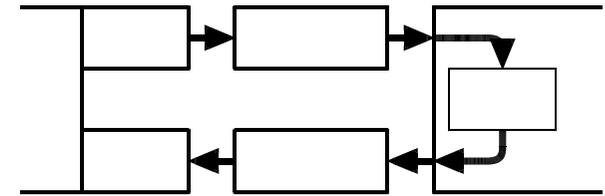
※主に何とかするのはソフト屋さん
地獄を見る

★ 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…

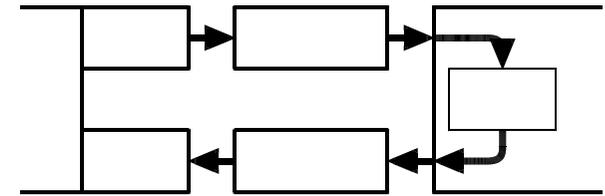
- ・ センサ、アクチュエータが増える
伴って回路が増える
- ・ 即応性が保証しきれない

※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



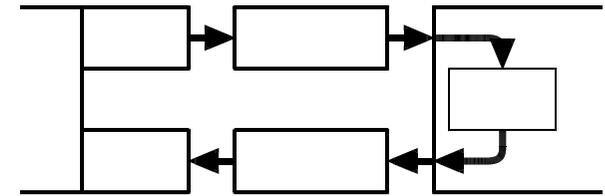
○ 主に要素を買ってきて、繋ぐだけ

- ・ 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

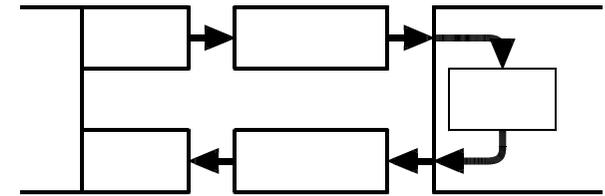
★ 基本的に、多長多短

★ 「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

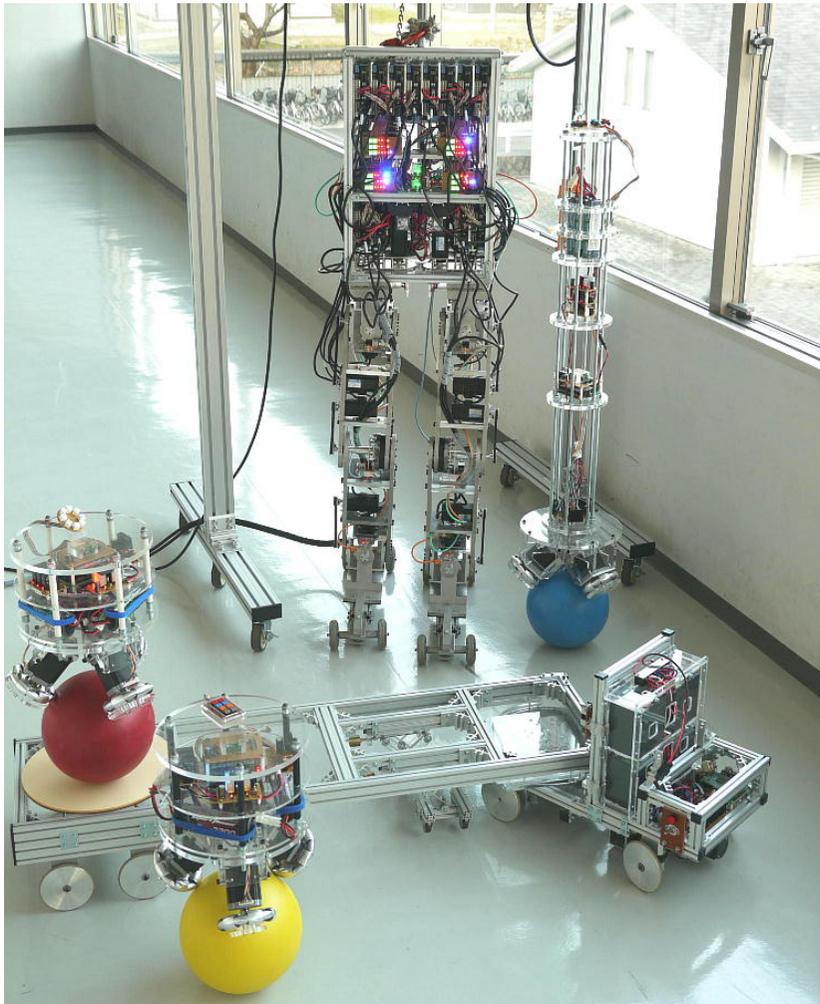
・ 一品物 → 基本は汎用品

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

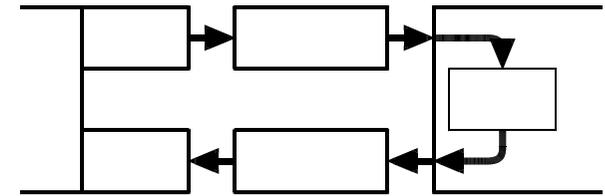
条件:

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

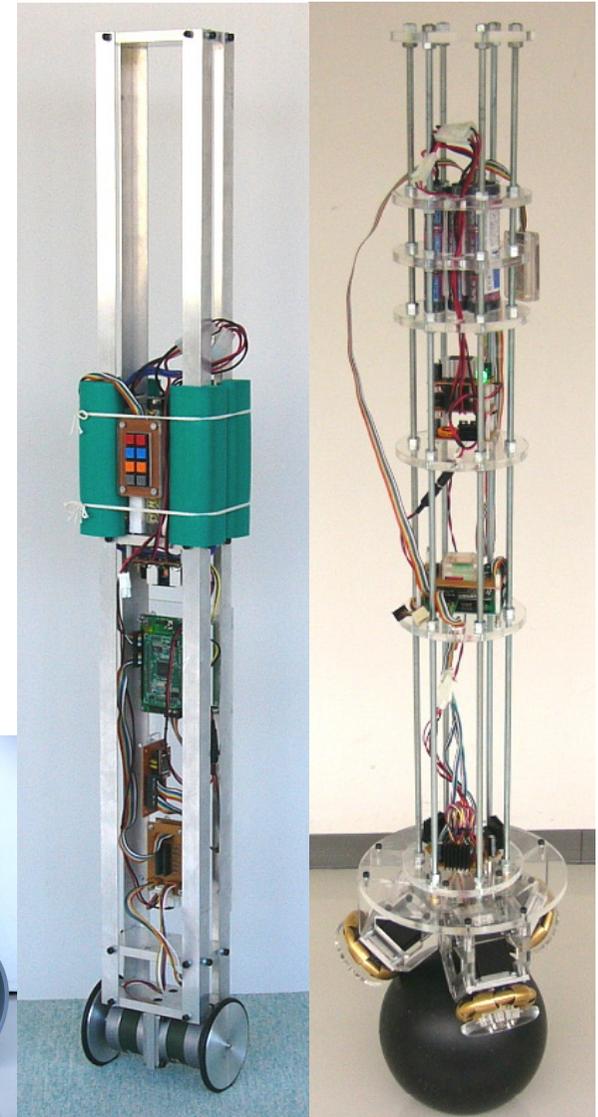


- 1: 技術的落としどころを探る **技術的めど**
- 2: メカ部分の基礎検討
 - ・ 最低限モータが回れば動く見込み
- 3: メカ部は学生自身による設計<助言
- 4: 電子回路は**既存技術の転用** + 目的別設計開発
- 5: 低レベルソフトの開発 (ハード入出力等)
- 6: 動かし方の設定は学生

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た電子回路系基礎

- ・「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