ロボティックス
Robotics

先端工学基礎課程講義

小泉 憲裕

講義情報

授業内容とその進め方	【授業内容とその進め方】 (ａ)授業項目 第1回　ロボット工学概論 ロボットの歴史、定義、基本構成と分類 数学基礎知識 第2回　マニピュレータの基礎 構造と分類、機構表現 第3回　センサとアクチュエータ 第4回　座標変換 平行、回転変換、同次変換、マニピュレータの座標系の設定 第5回　順運動学と逆運動学 第6回　ヤコビ行列と静力学 第7回　順動力学と逆動力学 第8回　中間試験とその解説 第9回　フィードバック制御とその安定性 第10回　位置制御（PTP制御とCP制御） 第11回　力制御（インピーダンス制御） 第12回　マスタ・スレーブ制御 第13回　遠隔操作と自律制御 第14回　複数マニピュレータの協調制御 第15回　期末試験とその解説 (b) 授業の進め方： PPTを用いて内容を解説したあと、演習課題を解いてもらう。また、必要に応じて宿題を課すことがある。

Koizumi Lab

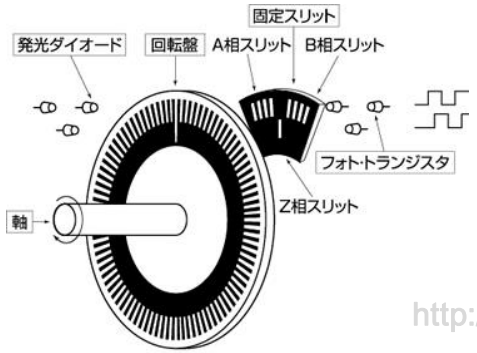
http://www.medigit.mi.uec.ac.jp/lect_robotics.html

第3回
センサとアクチュエータ

位置・速度センサ

位置・速度センサ

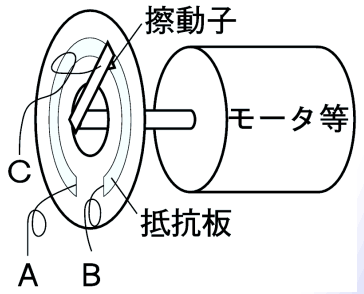
（PVS1）エンコーダ
（PVS2）ポテンショメータ
（PVS3）レゾルバ
（PVS4）タコジェネレータ
（PVS5）その他



http://www.tamagawa-seiki.co.jp/jpn/encoder/

http://sv-net.tamagawa-seiki.com/towa/towa.html

http://www.koshindenki.com/products.aspx?id=7

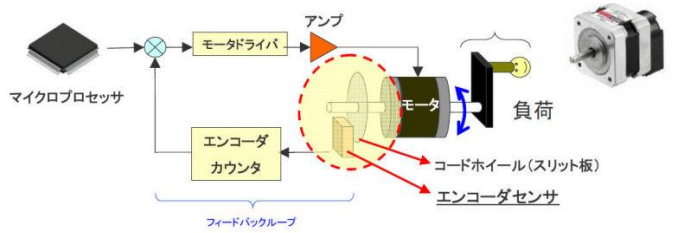


http://www.tamagawa-seiki.co.jp/jpn/encoder/

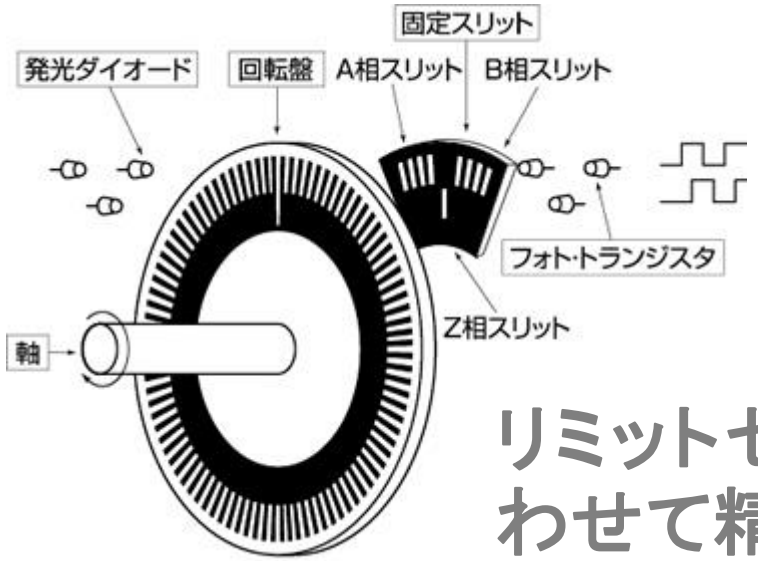
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Faders.jpg

Koizumi Lab

位置・速度センサ



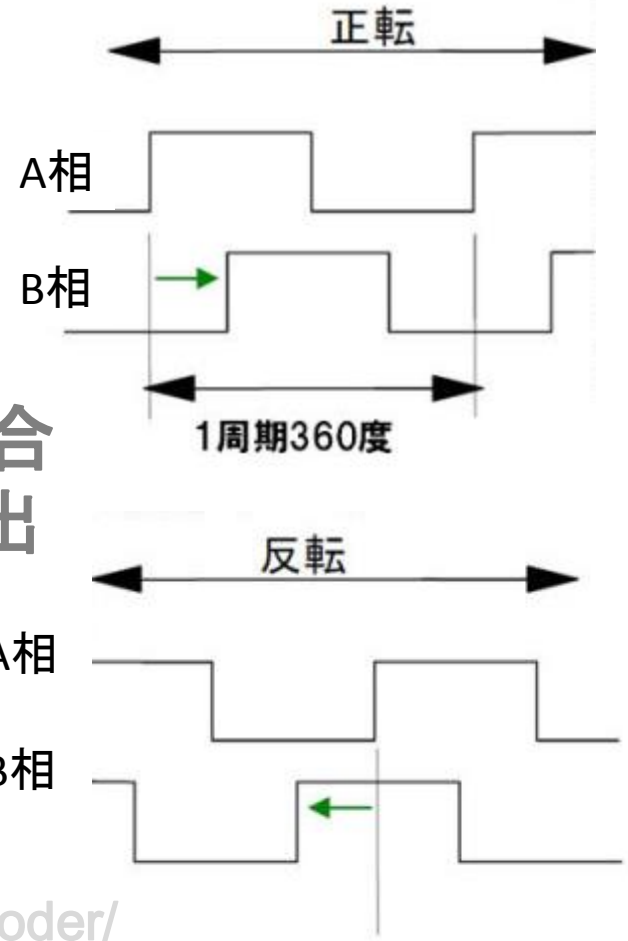
インクリメンタル・エンコーダ



リミットセンサ等と組合わせて精確な原点検出

パルス数：角度
単位時間あたりのパルス数：
角速度（pps: pulse per second）

回転方向の検出



どちらが先に立ち上がるか

4逓倍

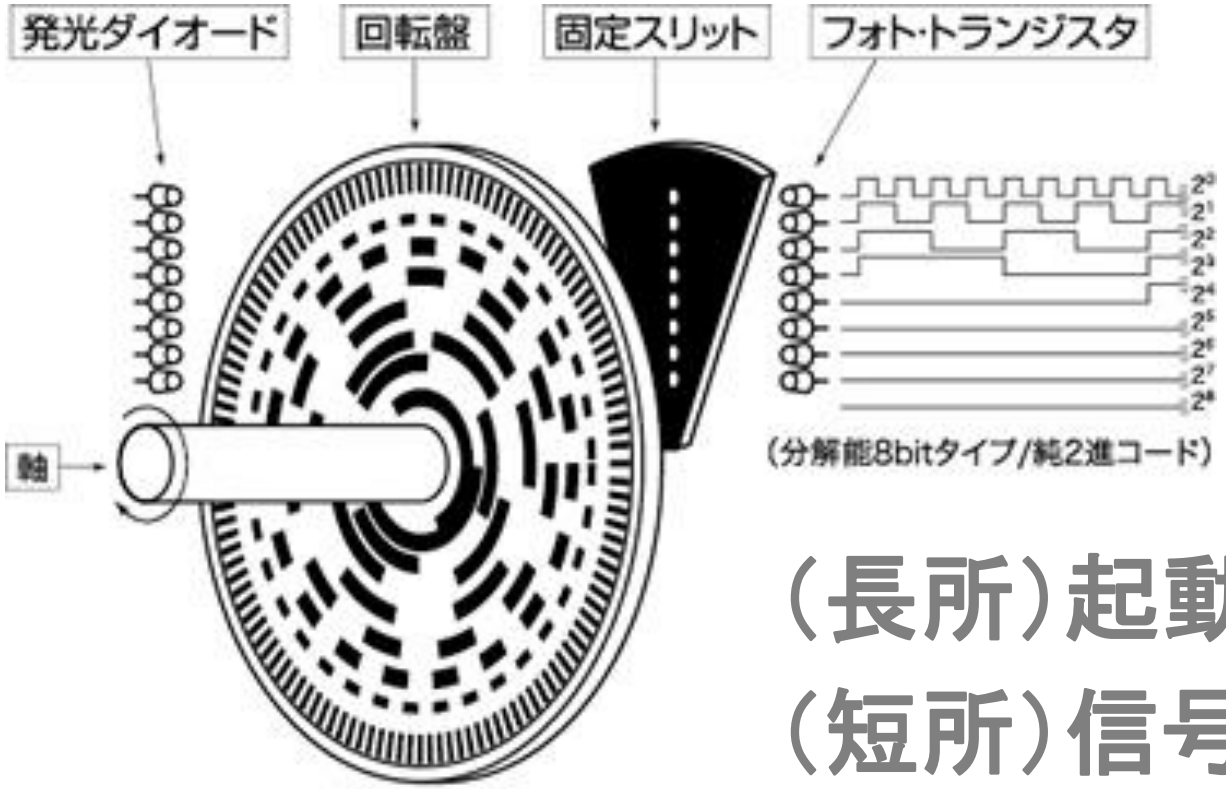
A相の立上がりのみを利用する場合と比較して4倍の分解能

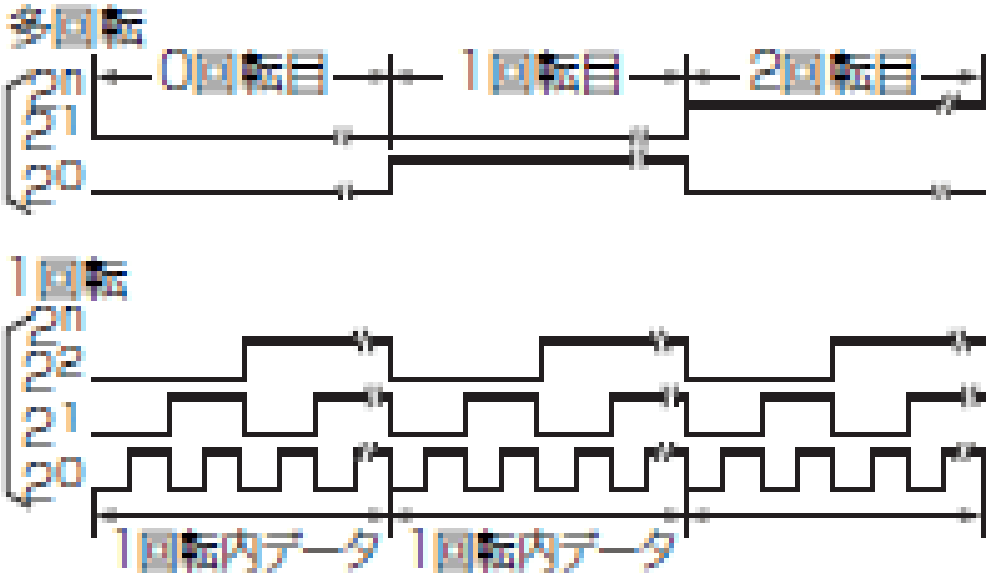
Koizumi Lab

http://www.tamagawa-seiki.co.jp/jpn/encoder/
http://ednjapan.com/edn/articles/1203/16/news012_2.html

位置・速度センサ

アブソリュート・エンコーダ





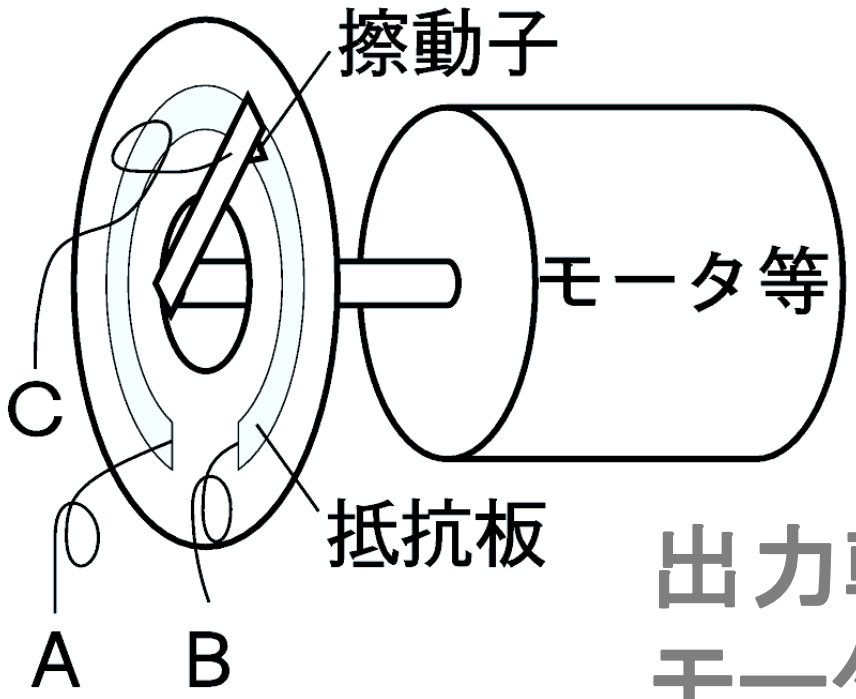
(長所)起動時の**原点復帰が不要**

(短所)信号線が多くなる

Koizumi Lab http://www.tamagawa-seiki.co.jp/jpn/encoder/

位置・速度センサ

ポテンショメータ



可変抵抗器，角度に応じた電圧

（長所）安価
（短所）ノイズの影響，精度が低い

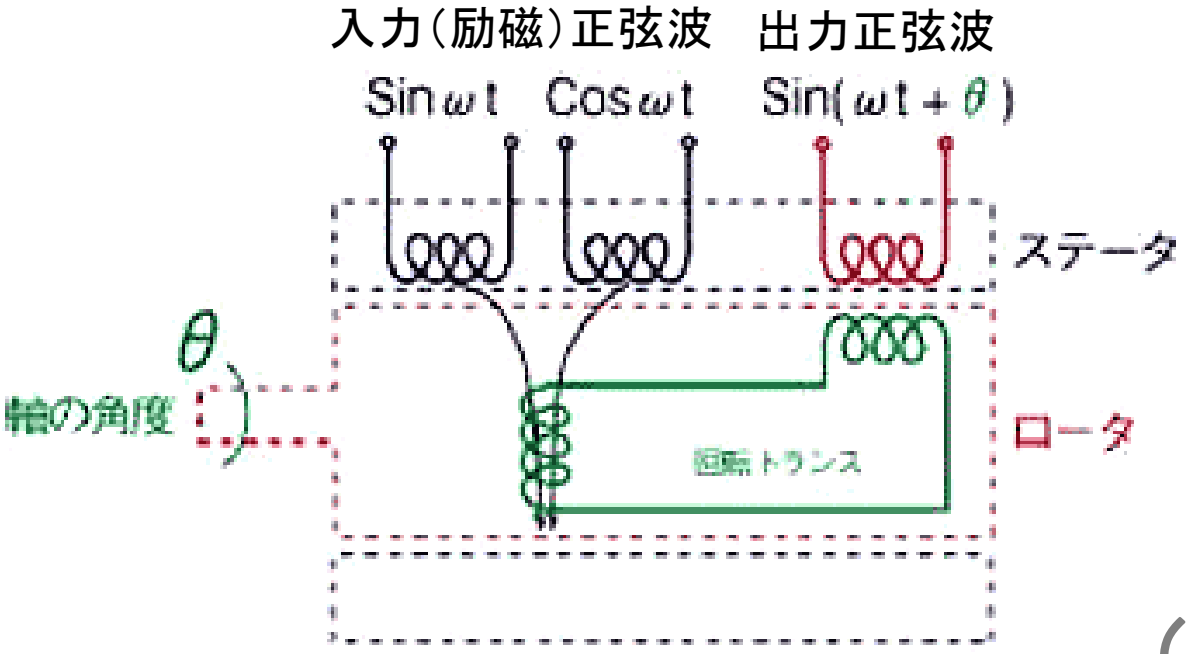
使い方の一例

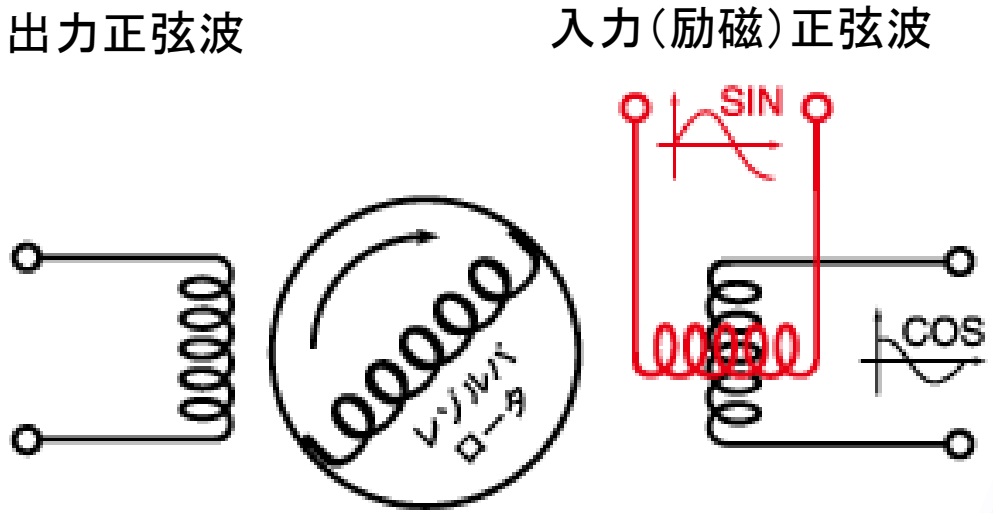
出力軸：ポテンショメータ（絶対位置検出）
モータ軸：インクリメンタル・
エンコーダ（相対位置検出）

位置・速度センサ

レゾルバ

一種のトランス（変圧器）





位相差（θ）が
軸の角度に対応

（長所）構造が簡単，耐環境性

（用途）原子力・宇宙

Koizumi Lab

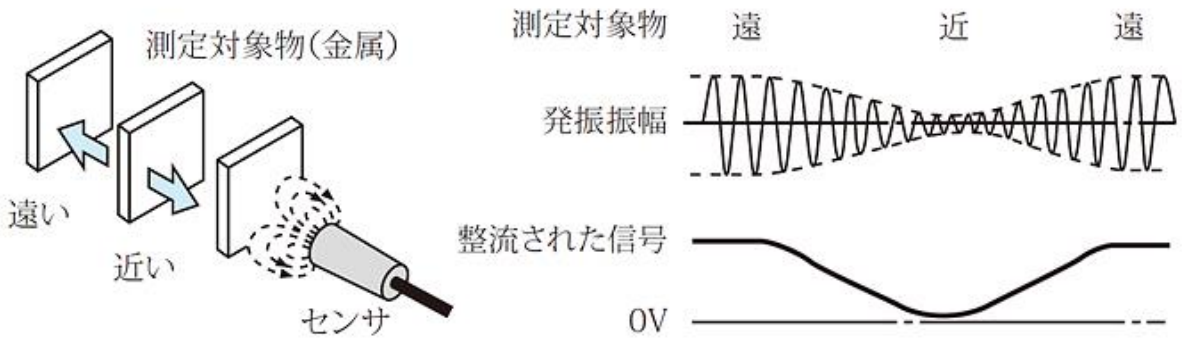
http://www.miyazaki-gijutsu.com/series4/densi0911a.html

近接センサ

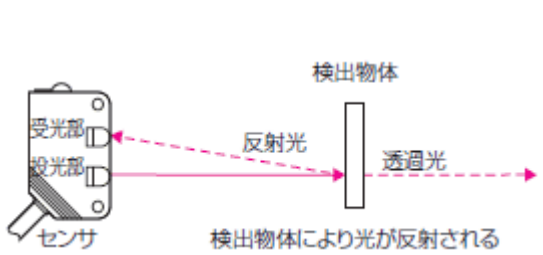
近接センサ

（AS1）うず電流式
（AS2）静電容量式
（AS3）光学式
（AS4）機械式リミットスイッチ
（AS5）その他

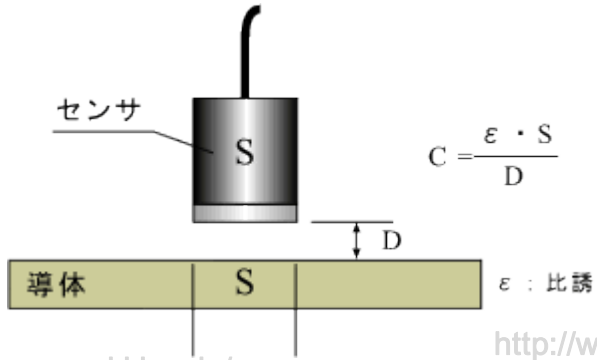
対象物体への近接，
原点･動作範囲の限界
検出，振動検出，etc.



http://www.keyence.co.jp/switch/special/sensor/aboutsensor/eddy_current/



http://www.fa.omron.co.jp/guide/technicalguide/43/2/index.html



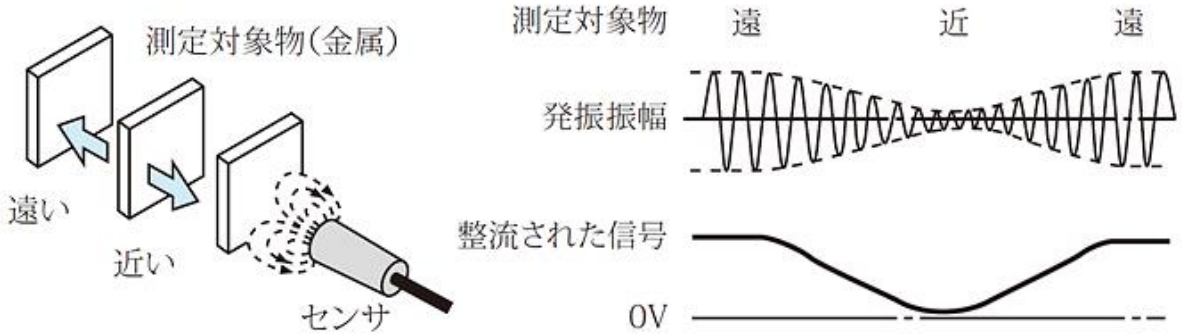
https://www.onosokki.co.jp/

http://www.geocities.jp/zattouka/GarageHouse/micon/Arduino/PS/PS.htm

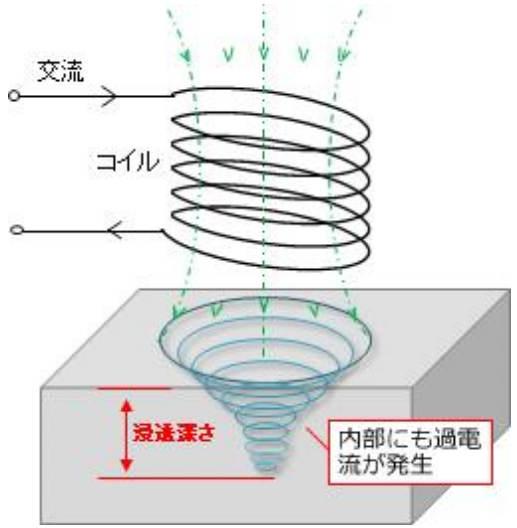
近接センサ

近接センサ

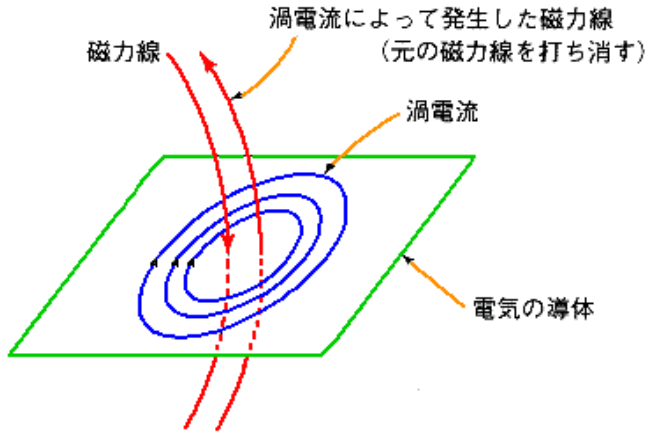
（AS1）うず電流式
（AS2）静電容量式
（AS3）光学式
（AS4）機械式リミットスイッチ
（AS5）その他



http://www.keyence.co.jp/switch/special/sensor/aboutsensor/eddy_current/



http://www.ndtadvance.com/uniwest/point/depth.html



http://www.miyazaki-gijutsu.com/series2/noise081.html

Koizumi Lab

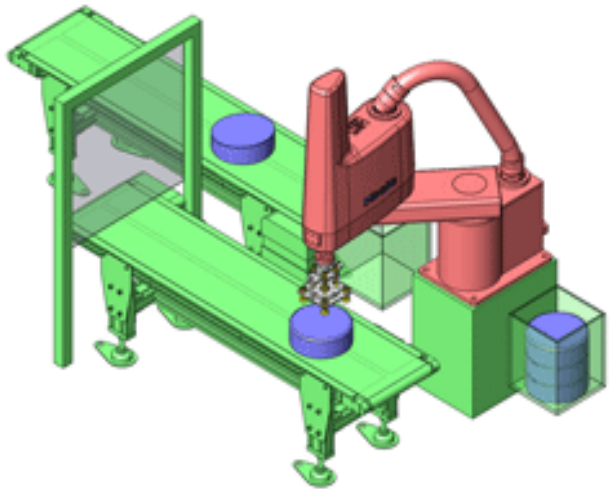
動作範囲の管理

動作範囲の管理

（Ad1）ソフトウェアリミット

（Ad2）リミットスイッチ

（Ad3）メカニカルストッパ



安全・安心を確保するうえでメカニカルストッパは重要

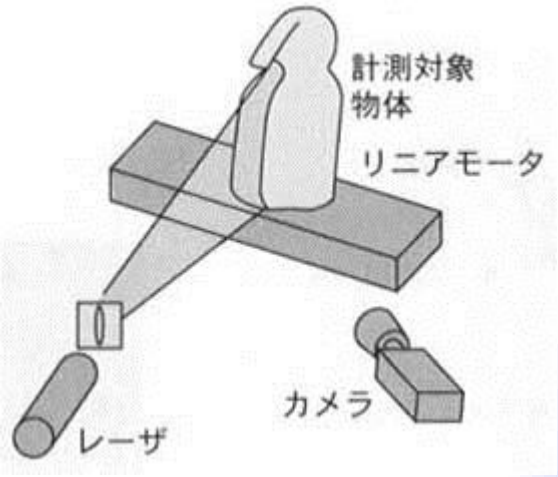
Koizumi Lab

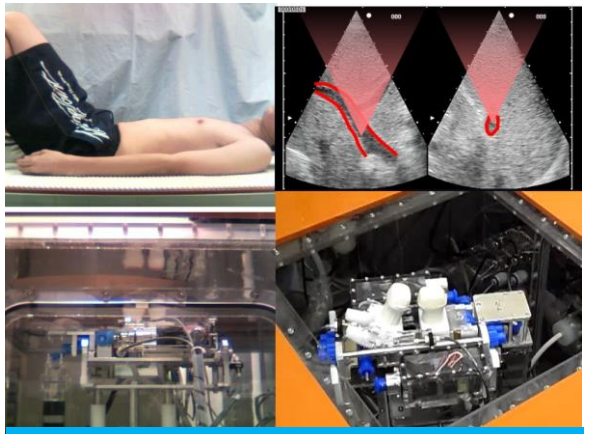
測距センサ

近接センサ

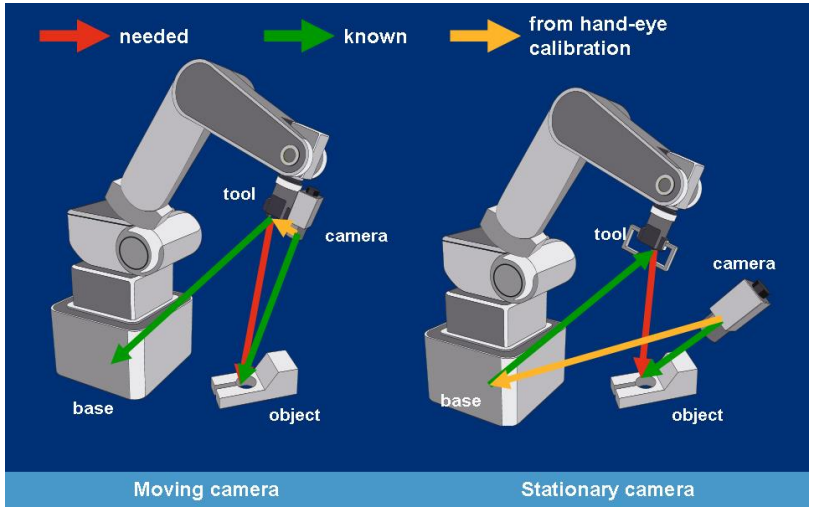
（DS1）超音波式距離センサ
（DS2）レンジファインダ
（DS3）3次元形状計測法
（DS4）能動カメラ法

http://www.afrel.co.jp/archives/844



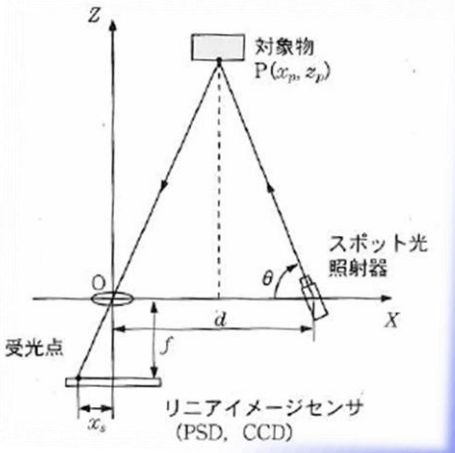


超音波臓器追従システム
（NIUTS）



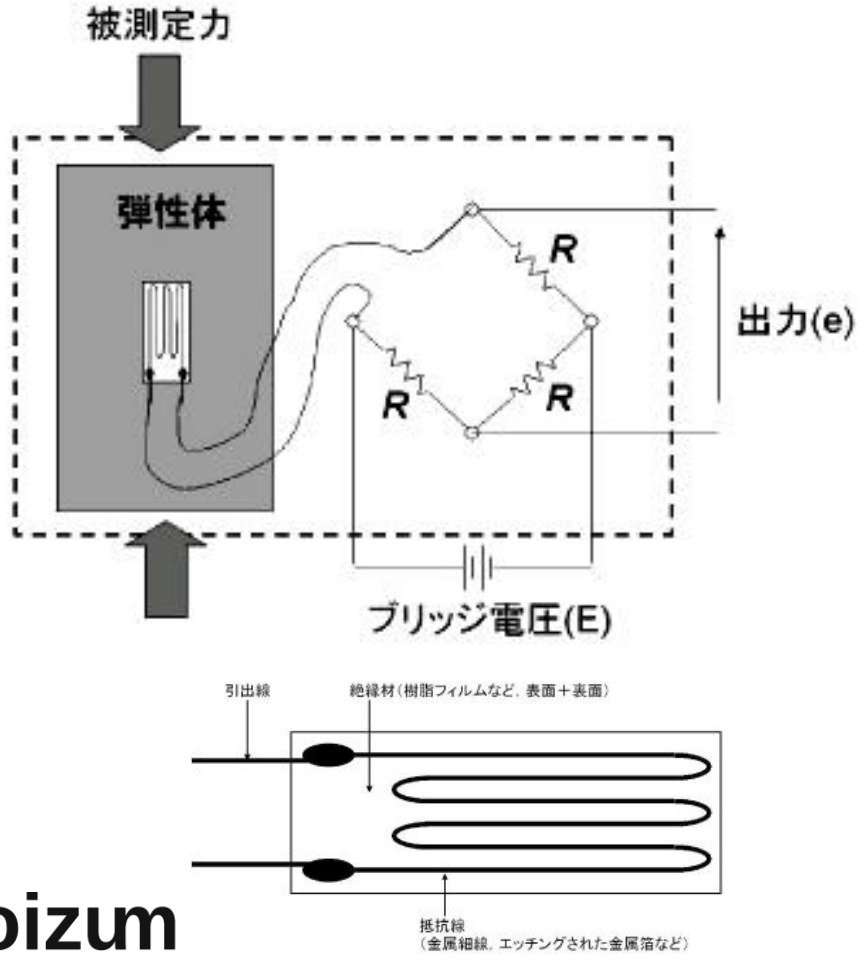
http://www.toolstar.co.jp/product/halcon/function/img/3d3.jpg

http://www.rsch.tuis.ac.jp/~naka/naka/school/member/chap2_html/fig/086-2.jpg



力センサ

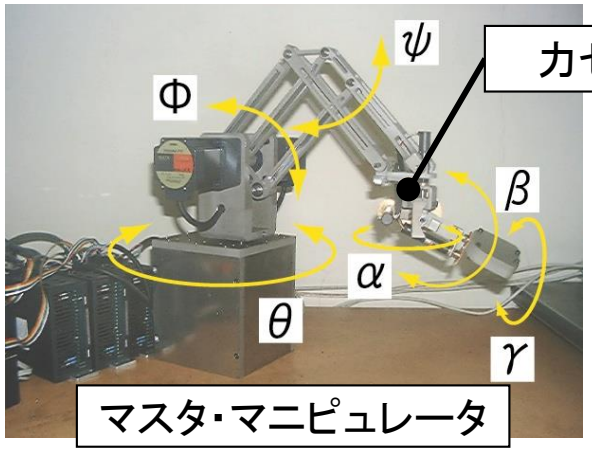
力センサ

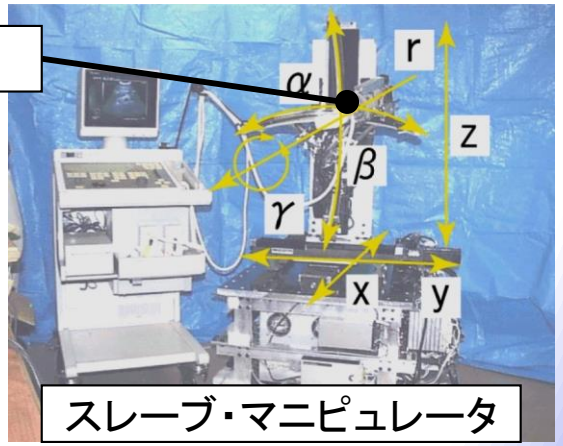


力制御に用いる

ブリッジ回路により温度補償可能

（短所）クロストークの影響、関節やリンクに力が加わっても検出できない。





遠隔超音波診断システム（RUDS）

Koizumi Lab

http://www.hikalo.jp/HiKaLo/Kenkyu/18/HikaloKenkyu18_02_02.html

ロボットのアクチュエータ

アクチュエータの分類

（A1）油圧アクチュエータ
（A2）空気圧アクチュエータ
（A3）電磁力モータ

http://www.komatsu.co.jp/

http://robonable.typepad.jp/.m/news/2009/06/20090611-d1d4.html

https://www.orientalmotor.co.jp/

Koizumi Lab

ロボットのアクチュエータ

油圧アクチュエータ

http://www.komatsu.co.jp/

高トルク、高出力だが，油もれ対策が必要

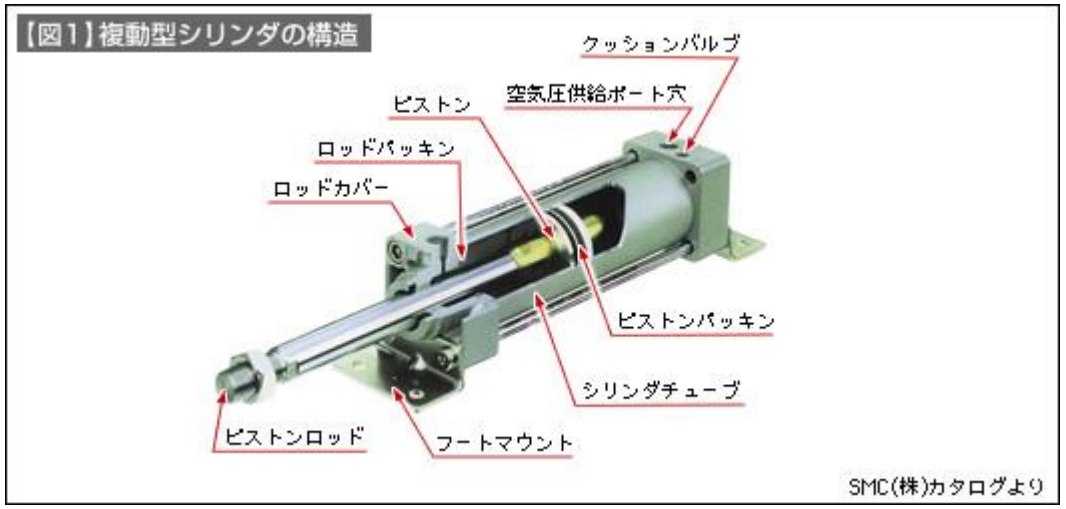
（用途）建設機械，工作機械，産業用ロボット

Koizumi Lab

ロボットのアクチュエータ

空気圧アクチュエータ

http://robonable.typepad.jp/.m/news/2009/06/20090611-d1d4.html



高速移動可能，安全・クリーン

（用途）空気圧ハンド、電車のドア

Koizumi Lab

ロボットのアクチュエータ

電磁力モータの分類

（A3-1）ACサーボモータ

（A3-2）DCサーボモータ

（A3-3）ブラシレス
DCサーボモータ

ACサーボ同様、ブラシがないため、メンテナンスフリー！

電気的・機械的時定数が小さく、応答が速い

始動トルクが大きい、トルクと電流、回転数と電圧特性が直線的、渦電流損とヒステリシス損が小さい

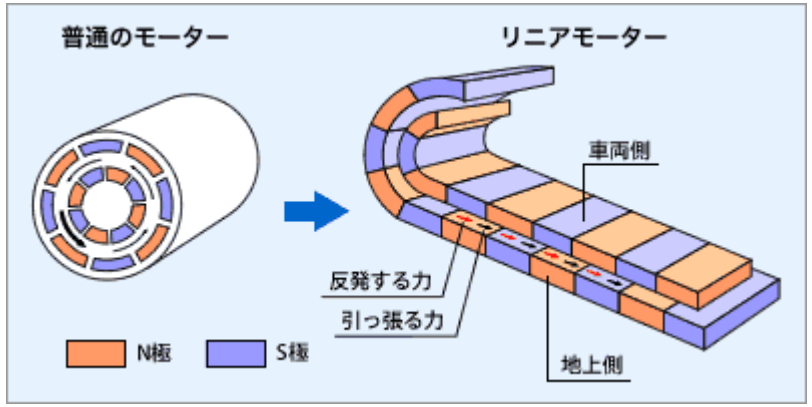
https://www.youtube.com/watch?v=cBymxAZyRIY

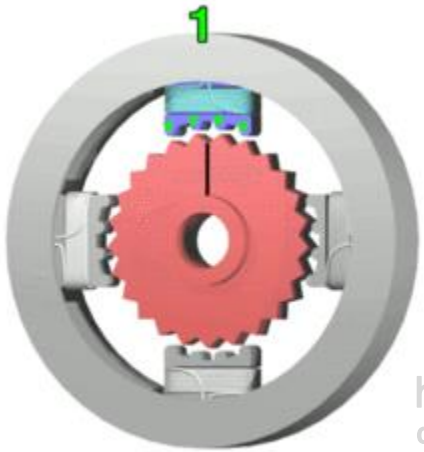
Koizumi Lab

ロボットのアクチュエータ

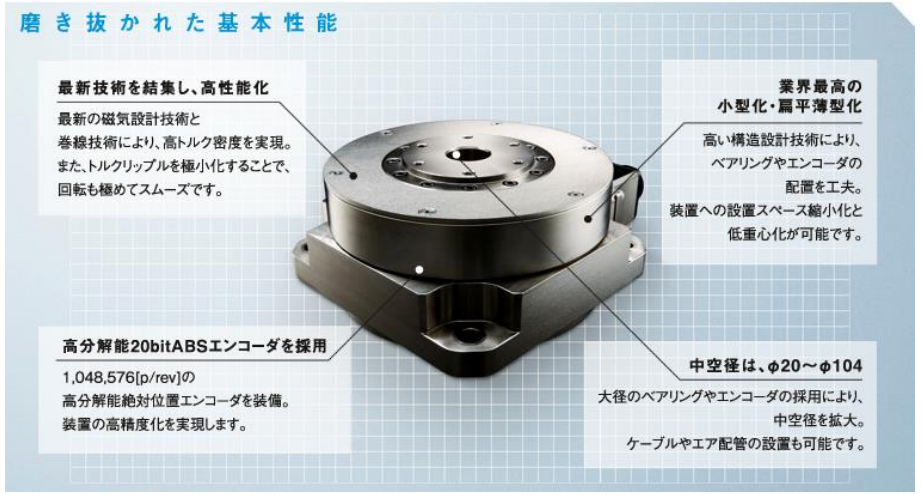
電磁力モータの分類

（A3-4）ダイレクトドライブモータ
（A3-5）ステッピングモータ
（A3-6）リニアモータ





パルスで
精確な位置制御



http://www.mitsubishielectric.co.jp/fa/products/drv/servo/pmerit/lup/intro/ddm/index.html

減速機がない

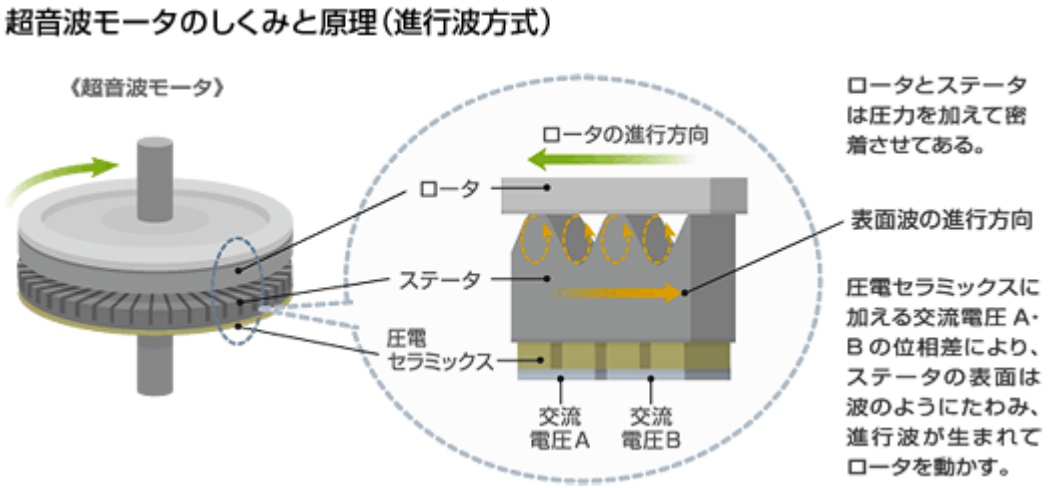
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B9%E3%83%86%E3%83%83%E3%83%94%E3%83%B3%E3%82%B0%E3%83%A2%E3%83%BC%E3%82%BF%E3%83%BC

Koizumi Lab

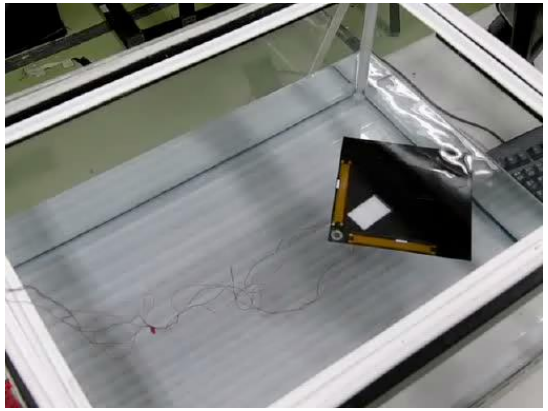
ロボットのアクチュエータ

アクチュエータの分類

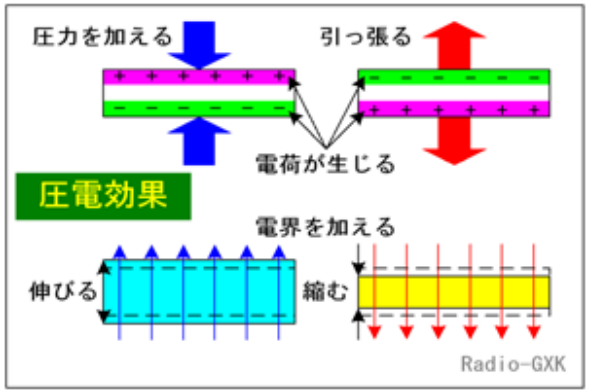
（A7）超音波モータ
（A8）静電アクチュエータ
（A9）圧電アクチュエータ

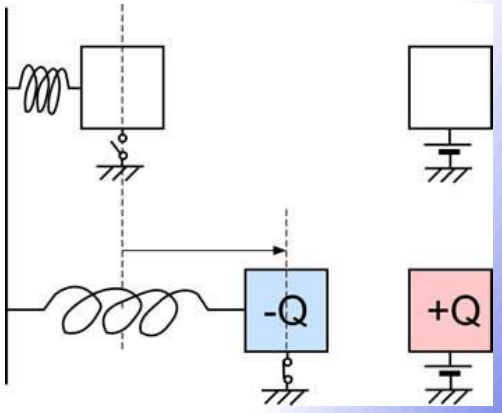


http://www.tdk.co.jp/techmag/inductive/200903/index3.htm



https://www.youtube.com/watch?v=gY9YHJ_eiG0





Koizumi Lab

ロボットのアクチュエータ

アクチュエータの分類

（A10）形状記憶合金

（A11）Flexible Micro Actuator

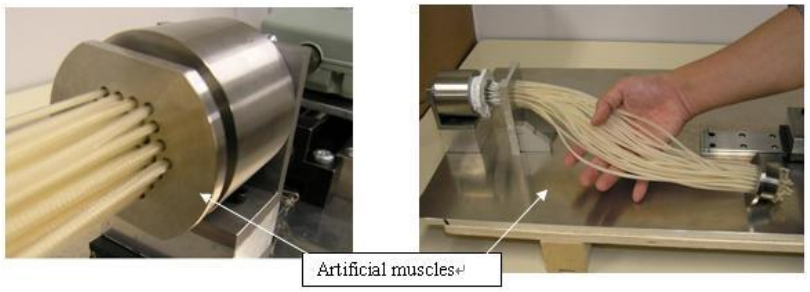
（A12）人工筋肉

（A13）その他

https://www.youtube.com/watch?v=X6oFyZ8JFac

形状記憶効果：ある特定の温度で元の形状に戻る

https://www.youtube.com/watch?v=kHGLYRUKWeM



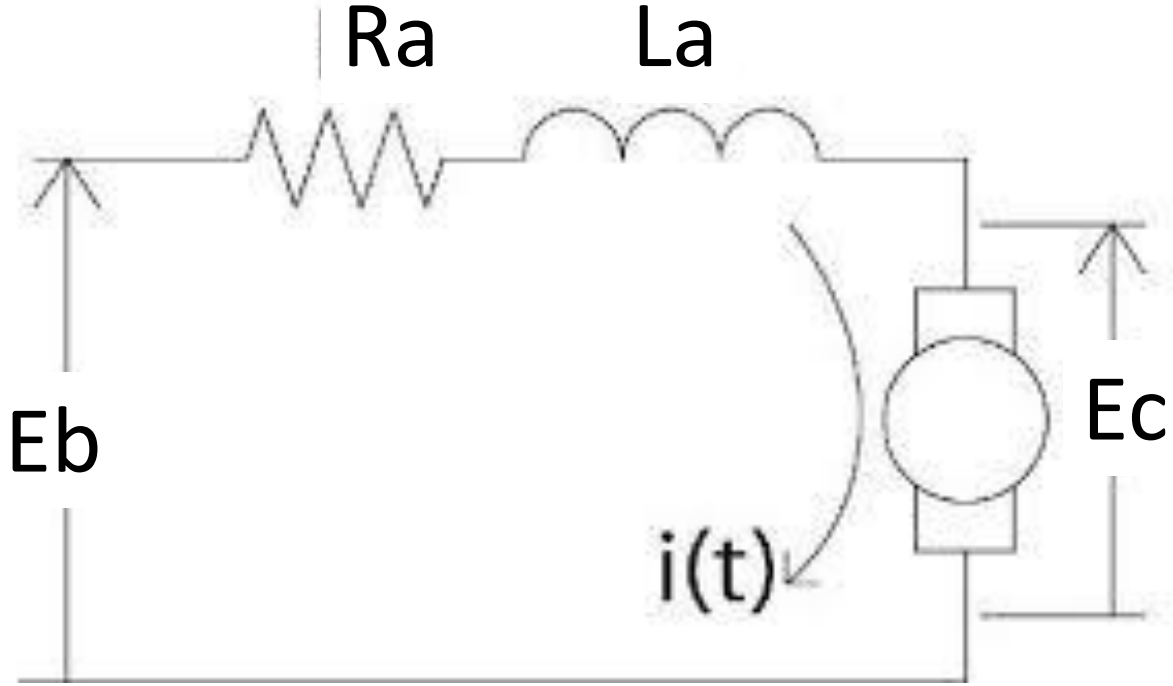
断面がいくつかの部屋に分かれており、それぞれの部屋の圧力を調整

Koizumi Lab

http://www.act.sys.okayama-u.ac.jp/kouseigaku/research/takeda_muscle/japanese.htm

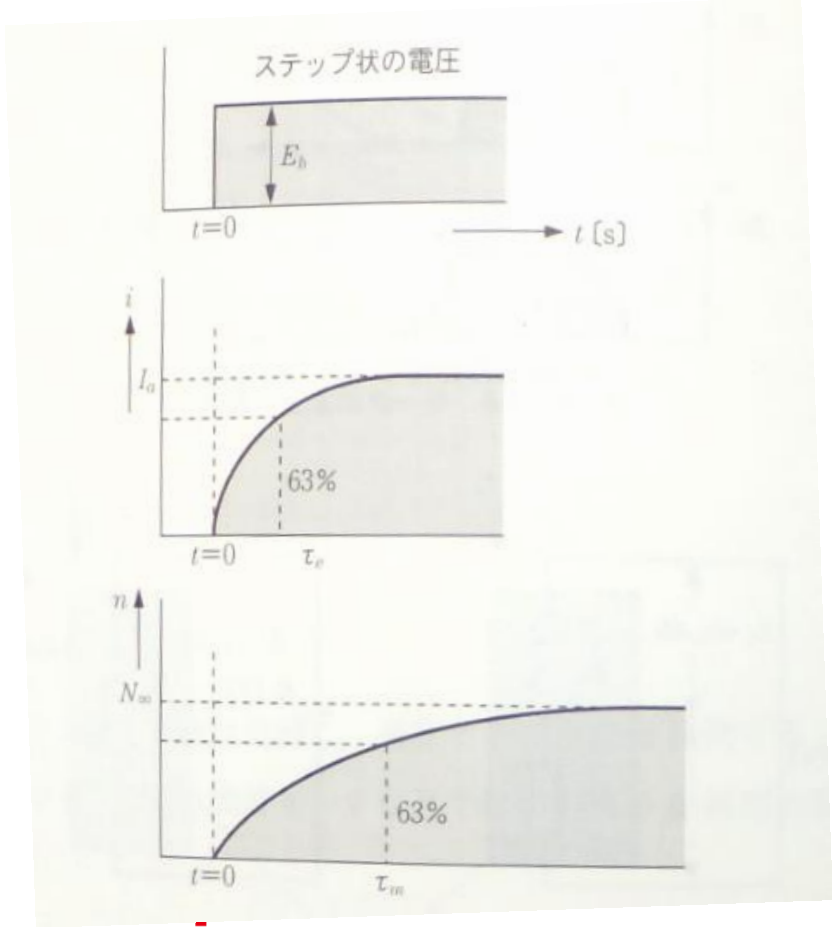
DCモータのモデル化

DCモータのモデル化

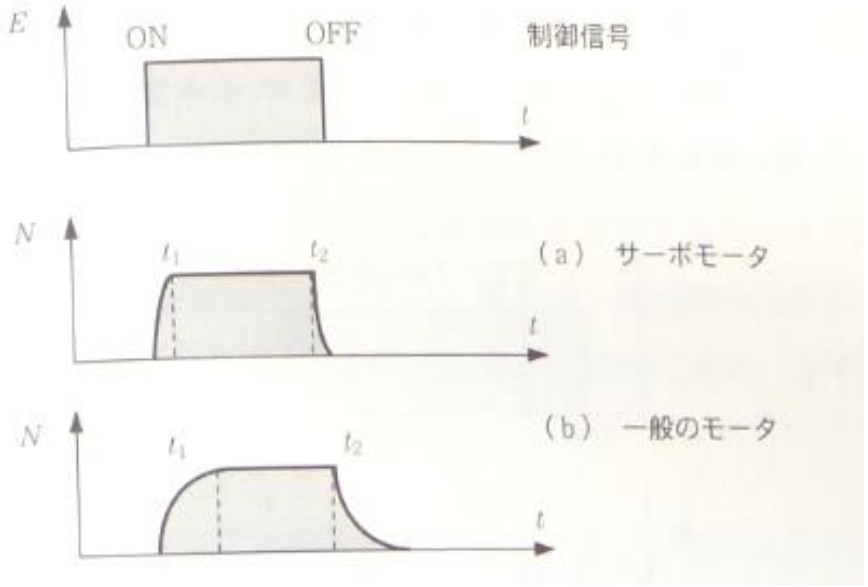


サーボモータの特徴

サーボモータの特徴



電気的・機械的
時定数が小さく、
応答が速い



Koizumi Lab

参考文献

1. ロボット制御入門：川村貞夫著（Ohmsha）
2. ロボットシステム入門：松日楽信人、大明準治著（ohmsha）
3. メカトロニクス：三浦宏文著（ohmsha）
4. やさしい産業用ロボット読本：川崎重工編（日本能率協会）
5. はじめてのロボット創造設計：坪内孝司、大隅久、米田完（講談社）