機械知能工学科

メカトロニクス基礎

MB-12/Rev 16-1.0

第１２回

電磁系アクチュエータ と モータ

工学部 機械知能工学科

熊 谷 正 朗

kumagai@mail.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

今回の到達目標

○ 電磁アクチュエータの種類とその傾向

◇電磁アクチュエータを複数種説明できる。

- 電磁石（ソレノイド）
- モータ類（直流／交流／ステッピング）
- 動作原理とそれぞれの特徴

◇電磁アクチュエータと電流の関係を説明できる。

- 電流と力／トルクの関係
- 起電力
- 直流モータの電気的特性

電磁系アクチュエータ全般

○ 基本は電磁石

◇電磁石を動作に用いる

- 電磁石と鉄系材(強磁性体)の引力
- 電磁石と永久磁石の引力/斥力
- 電磁石と電磁石の引力/斥力

※電磁石は電力消費→永久磁石型が効率良

※永久磁石の大型化が難しい

→大出力型は永久磁石を用いないものが主

◇交流＋電磁石→交流磁界→電磁誘導

- 電磁石による磁場と誘導電流の作用

電磁系アクチュエータ全般

○ 基本は電磁石

◇電磁石の基本的な性質

- 電流を流すと磁場を発生し、磁石や強磁性体に対して、磁力を生じる。
- 電流の向きで磁場(磁力)の方向が変わる。
- 磁場(による磁力)は電流に比例する。
- 磁場が変わると電圧を生じる(電磁誘導)

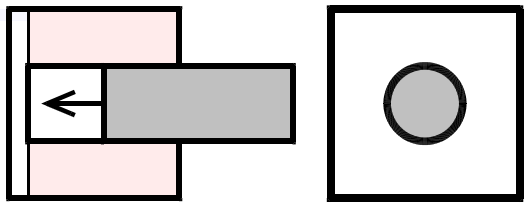
◇電磁石はコイル＋(小さい)抵抗

- 電流変化のしにくさ、Off時の高電圧

電磁石

○ ソレノイド



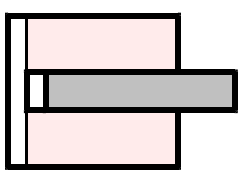


◇電磁石そのものによる直動アクチュエータ

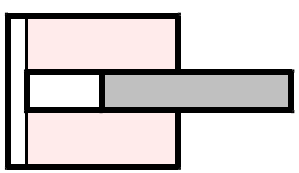
- 電流を流すと棒(可動鉄芯，プランジャ)を引き込む力が発生する。
- 入っているほど力が強く、抜けているほど弱。

→使用時にはストローク(動作範囲)に注意

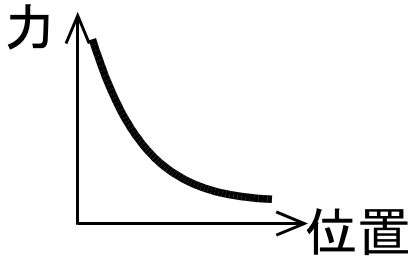
※動作開始時に瞬間的大電流→維持時は減らす手法有



力：強



力：弱



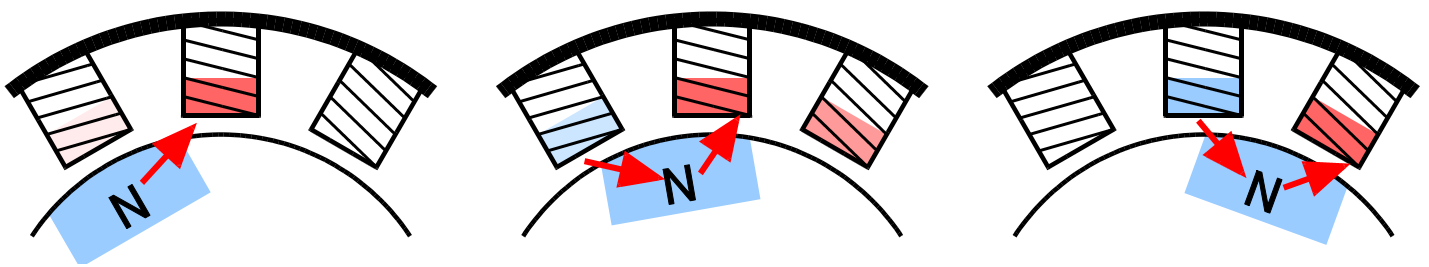
モータ類（いわゆるモータ、回転型）

○ モータに共通の特徴

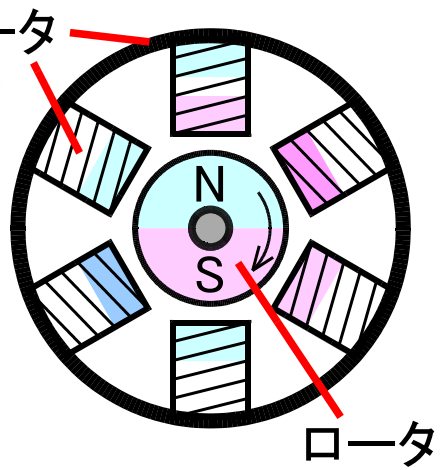
◇回転に伴う電磁石の極性変更、回転磁界

- 単なる磁石だと吸い付いておしまい
- 回転が継続するように、極性を変える

  例)永久磁石が近づくまで吸引→反発
- 電磁石が{回転する側・固定側}



モータ類



○ モータに共通の特徴

◇用語

- 回転子（ロータ）：回る部分
- 固定子（ステータ）：固定されている部分

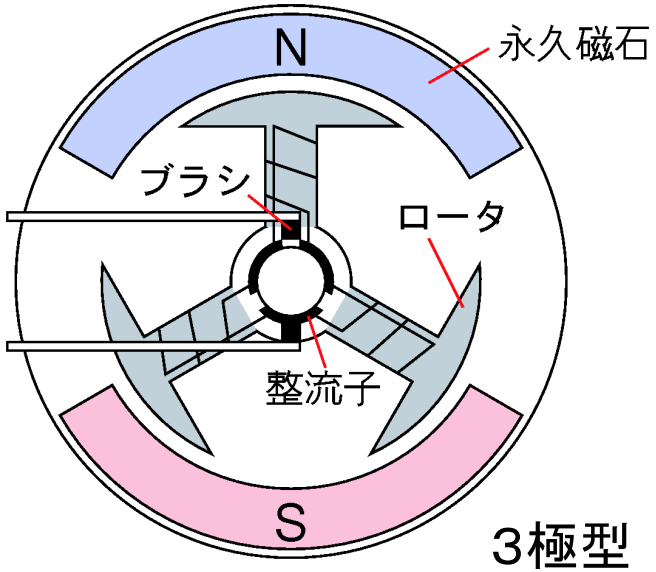
  ※一般には外側にステータ、中に軸付きのロータ

  ※外側が回るタイプ(アウタロータ)もある

  ↑パソコンのファン等
- 電機子：電磁石の部分
- サーボモータ(≠ラジコンサーボ)：

  各種制御に用いやすい特性のモータ

モータ類



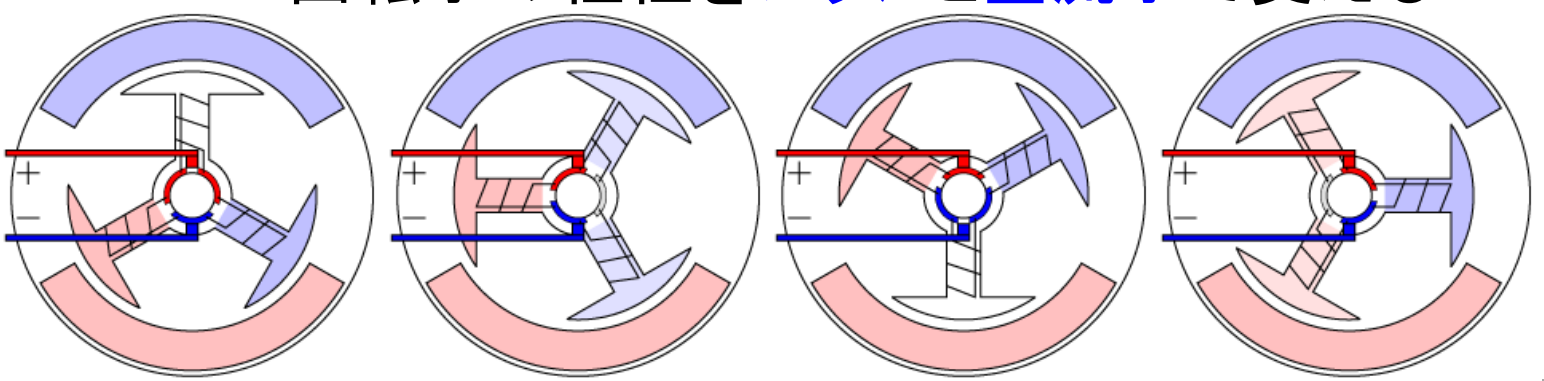
3極型

○ 直流モータ

◇主な特徴



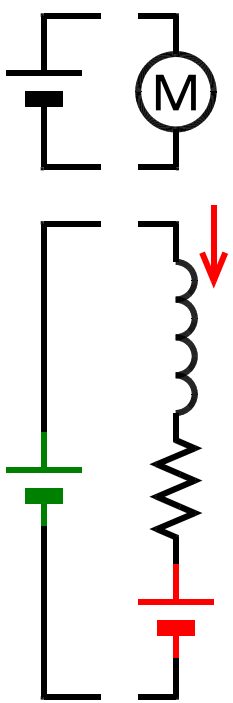
- 直流電力で回る
- 配線交換で逆特性
- 固定子：永久磁石(or電磁石)　回転子：電磁石
- 回転子の極性をブラシと整流子で変える



モータ類

○ 直流モータ

◇主な特性



・電流に比例したトルクが発生する

・回転速度に比例した電圧が発生する

※発電機としての性質は常にある(起電力)

・電気的にはコイル＋抵抗＋直流電圧源

※電磁石がコイルの性質＋巻き線の抵抗

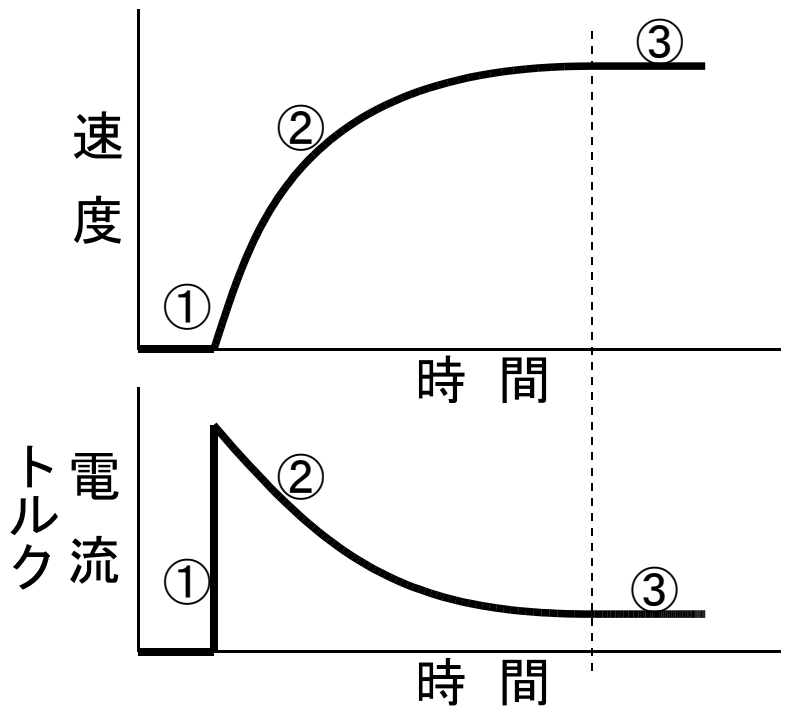
・発生した電圧と、外部供給の電圧がつりあう

→ 一定速度で回る(無負荷の場合)

モータ類

○ 直流モータ

◇スイッチオンから一定速度で回るところまで

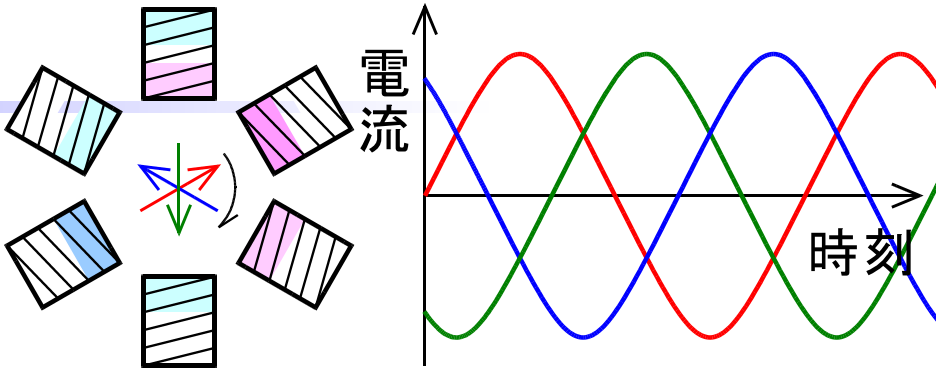


① スイッチオンとともに、電流が急増。速度ゼロなので、大きな電流が流れる。
電流→トルク→加速する。

② 速度が上がるとともに起電力が増→電流が減、トルクが減って、加速が悪くなる。

③ 摩擦などとトルクが釣り合ったところで一定速度となる。

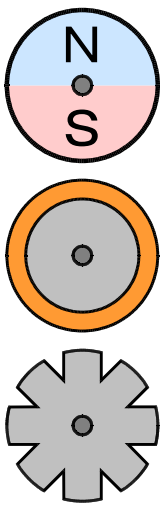
モータ類



○ 交流モータ

◇全般の特徴

- 三相交流電流＋電磁石 → 回転する磁界



- 回転する磁界、磁極につられて回る

  永久磁石(多くの同期式交流モータ)、

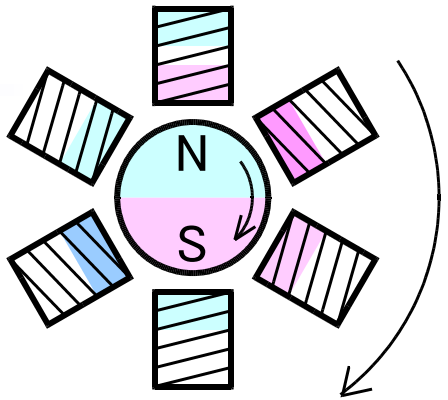
  銅＋鉄(誘導モータ)、

  突起のある鉄芯(スイッチトリラクタンス：SR)

- 同期式：回転磁界に一致

  非同期式：不一致(ある程度一致)

モータ類

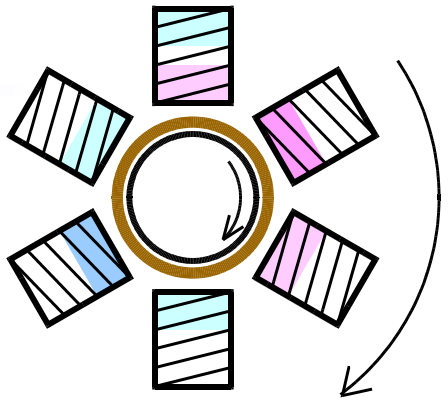


○ 交流同期モータ(永久磁石式)

◇回転磁界＋永久磁石

- 回転磁界とともに回転する。
  ＝ 周波数に比例した速度で回る
  ＝ 速度変化には周波数変える:インバータ
- 交流サーボモータに多い。
- DCブラシレスモータの多くは、この形式に交流電流の供給回路を内蔵(セット)。
  ※たとえばパソコン用のファン

モータ類



○ 誘導モータ(誘導電動機)

◇回転磁界＋銅と鉄の回転子

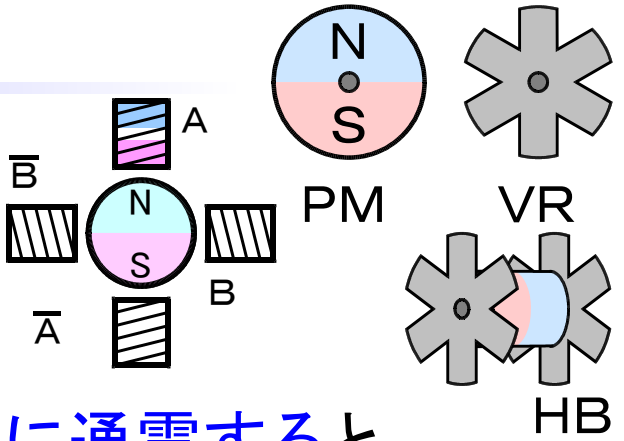
- 回転磁界によって生じる誘導電流と、
  回転磁界の相互作用でトルクを生じる。

参考： 検索→アラゴの円盤

◇特徴

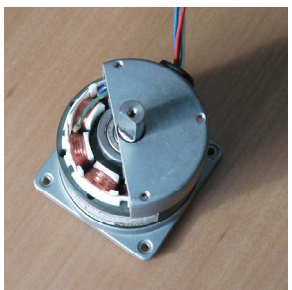
- 磁石が不要(ただし効率高めにくい)。
- 単純堅牢→産業用、大型機に多い、安い
- 磁界より少し遅く回る(すべり:トルクに関係)

モータ類



○ ステッピングモータ

◇特徴





- 複数ある電磁石に順に通電すると
  通電を切り換えるごとに一定角度回る。
- 3種に分類(PM，VR，HB型)
- 比較的、低速高トルク型＝直結利用しやすい

◎ センサなしに簡単に回転制御できる。

× 過負荷で"脱調"する:ついて行かなくなる

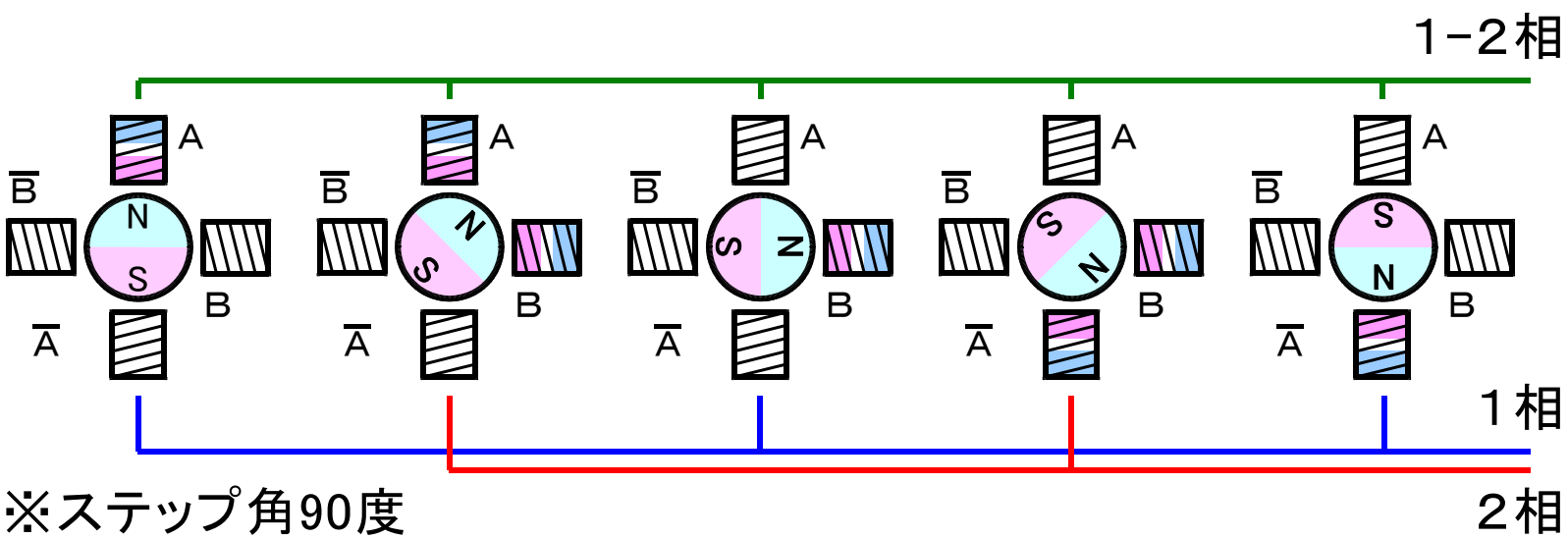
× 効率低、重い、力と速度の関係が複雑

モータ類

○ ステッピングモータ

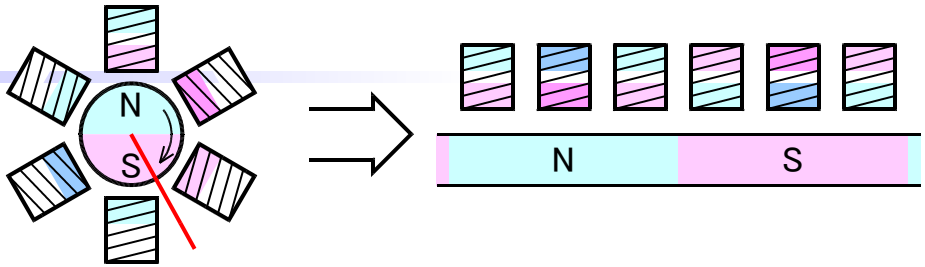
◇模式図と回転の仕方の例（PM型、ユニポーラ）

- 切替方：1相励磁／2相励磁／1-2相励磁
- (1相で)回転する単位：ステップ角　例)1.8度



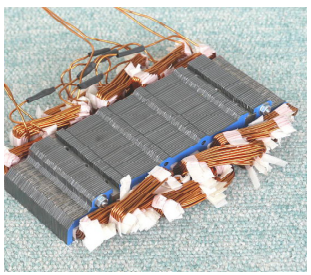
※ステップ角90度

モータ類



○ リニアモータ

◇回転式モータを切り開いて直線化



・交流、ステッピングのみ

・電機子と磁石等のいずれかが固定/移動

※用途や大きさによって両方ある

◇リニアモータの例

・リニア同期モータ（産業用、JR東海）

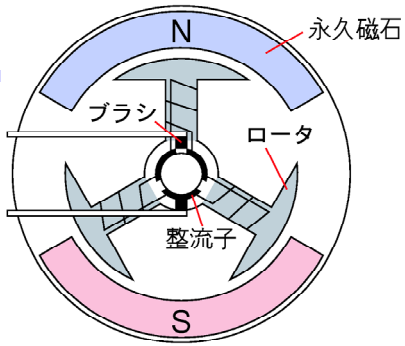


・リニア誘導モータ（仙台市地下鉄）

・リニアステッピングモータ（産業用）

モータ類

○ 直流モータ





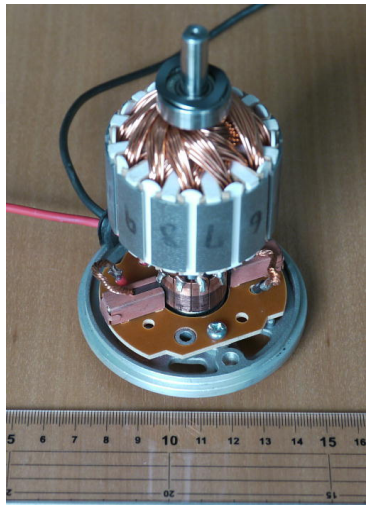
外　観

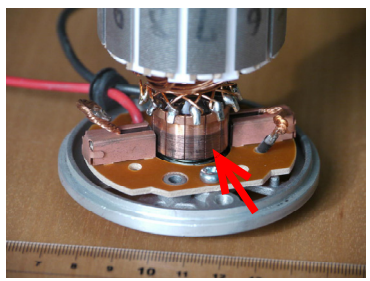


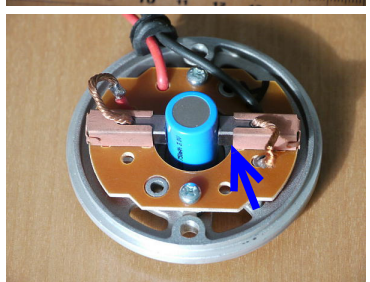
ステータ



ロータ



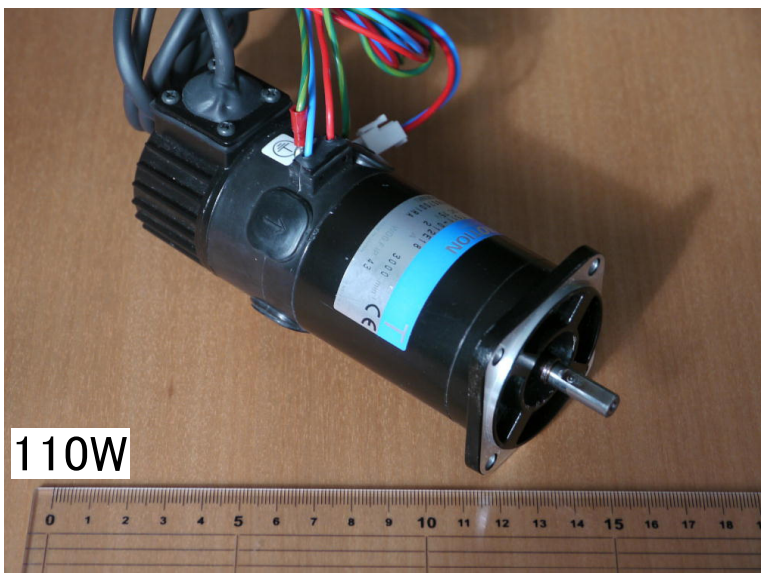


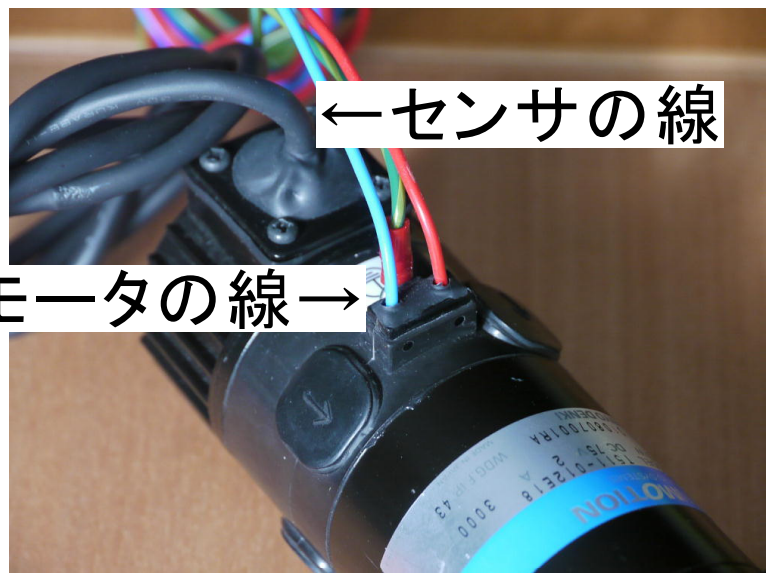


ブラシと整流子

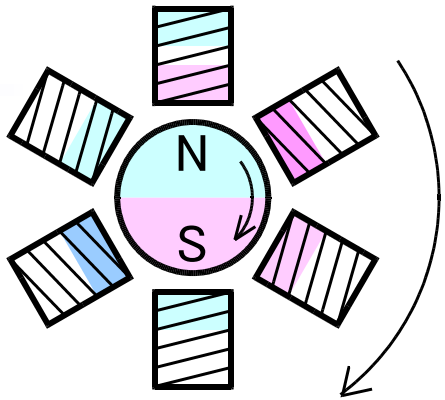
モータ類

○ 直流サーボモータ





モータ類



○ 交流同期モータ(永久磁石式)

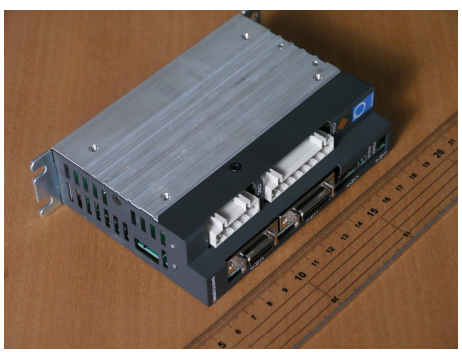
◇交流サーボモータ

・制御用に作られた永久磁石式同期モータ。

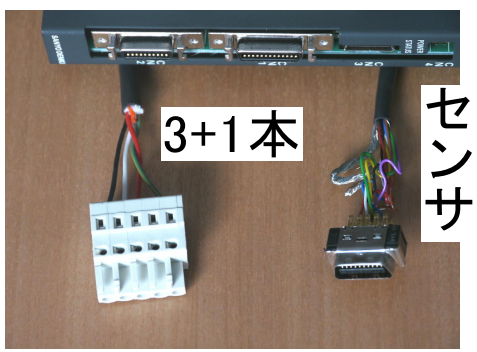
・専用のサーボアンプ(制御インバータ)によって、回転が精密に制御される。



モータ＋センサ



サーボアンプ

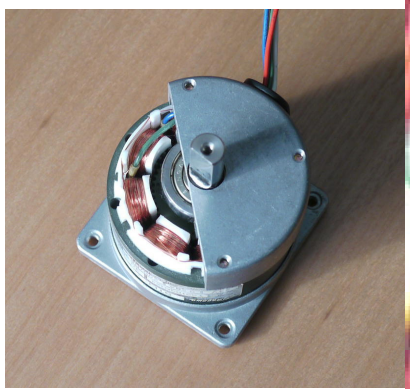


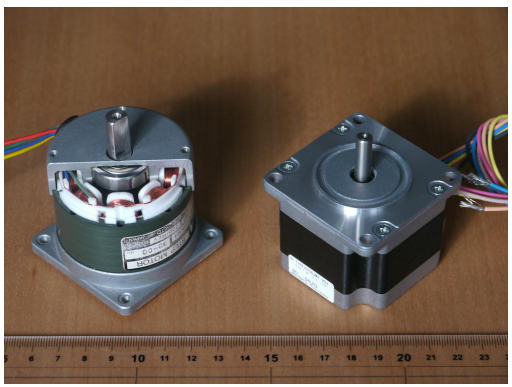
配線の例

モータ類

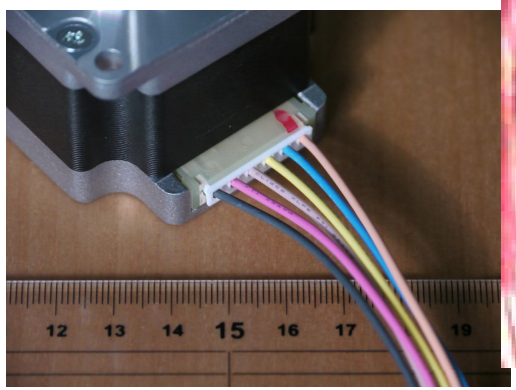
HB

○ ステッピングモータ





ステッピングモータ



配線：一般に多い



内部の拡大図

モータ類：おまけ

○ 平面誘導モータ　＆　球面誘導モータ

◇複数の運動を同時に生成

・普通のモータは1方向のみ→3自由度

・研究レベル

