

機械知能工学科  
メカトロニクス基礎

MB-12/Rev 18-1.0

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](mailto: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

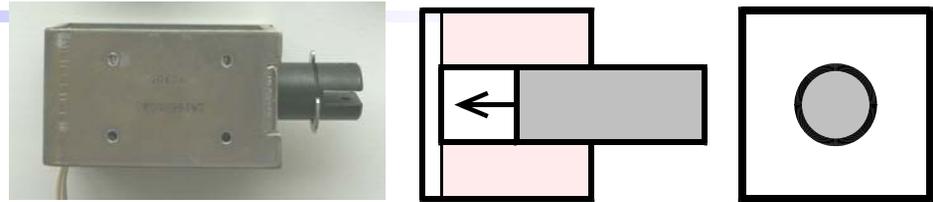
- ・ 電流を流すと磁場を発生し、磁石や強磁性体に対して、磁力を生じる。
- ・ 電流の向きで磁場(磁力)の方向が変わる。
- ・ 磁場(による磁力)は電流に比例する。
- ・ 磁場が変わると電圧を生じる(電磁誘導)

### ◇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

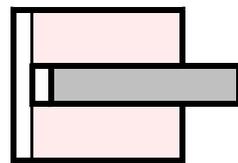
## ○ ソレノイド



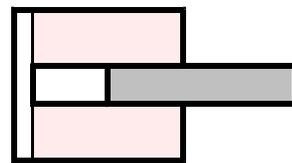
◇電磁石そのものによる直動アクチュエータ

- ・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

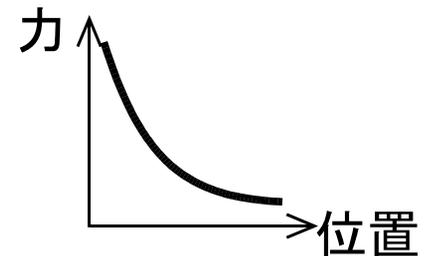
※動作開始時に瞬間的大電流→維持時は減らす手法有



力:強



力:弱

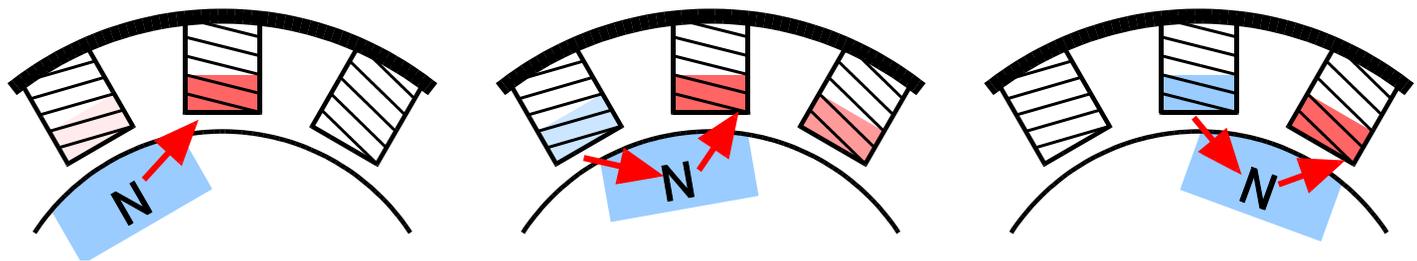


# モータ類（いわゆるモータ、回転型）

## ○ 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

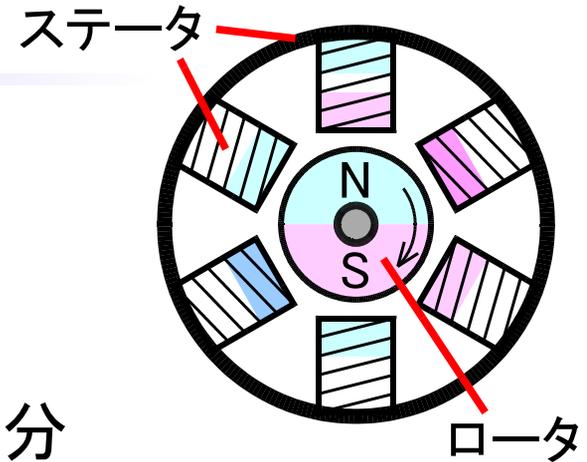
※一般には外側にステータ、中に軸付きのロータ

※外側が回るタイプ(アウトロータ)もある

- ・ **電機子**: 電磁石の部分 ↑ パソコンのファン等

- ・ サーマモータ(≠ラジコンサーボ):

各種制御に用いやすい特性のモータ

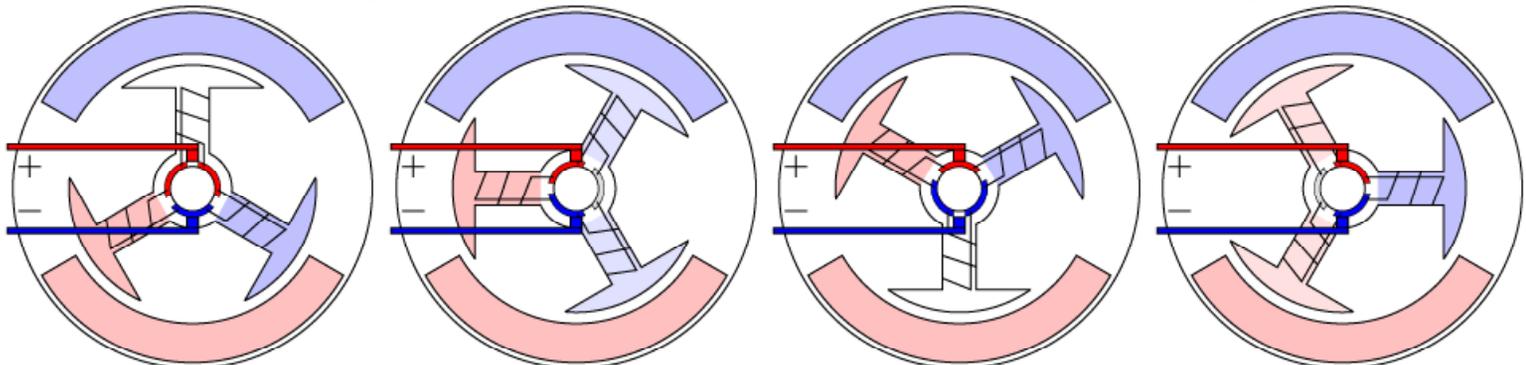
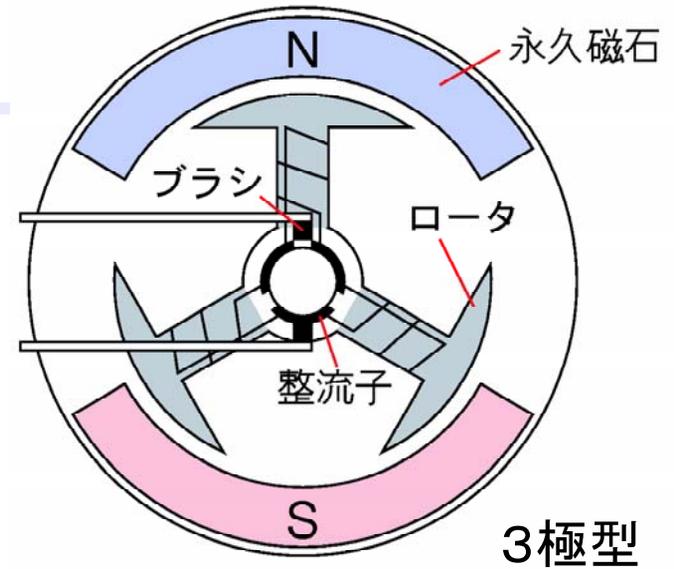


# モータ類

## ○ 直流モータ

### ◇ 主な特徴

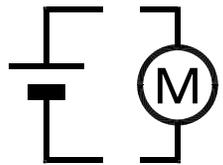
- ・ 直流電力で回る
- ・ 配線交換で逆特性
- ・ 固定子：永久磁石(or電磁石) 回転子：電磁石
- ・ 回転子の極性を**ブラシ**と**整流子**で変える



# モータ類

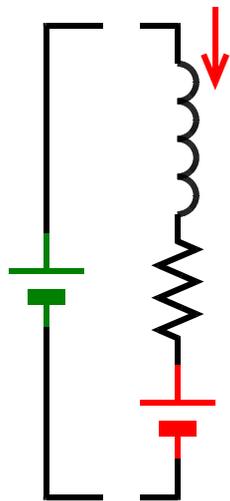
## ○ 直流モータ

### ◇ 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)

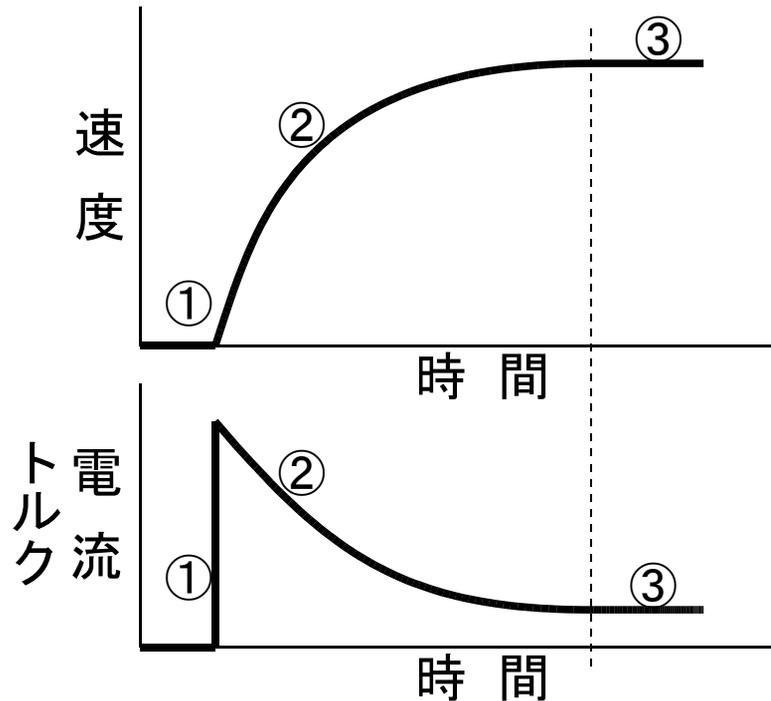


- ・ 電氣的にはコイル + 抵抗 + 直流電圧源  
※電磁石がコイルの性質 + 巻き線の抵抗
- ・ 発生した電圧と、外部供給の電圧がつりあう  
→ 一定速度で回る(無負荷の場合)

# 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



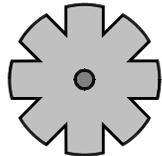
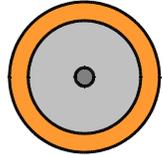
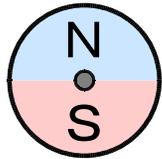
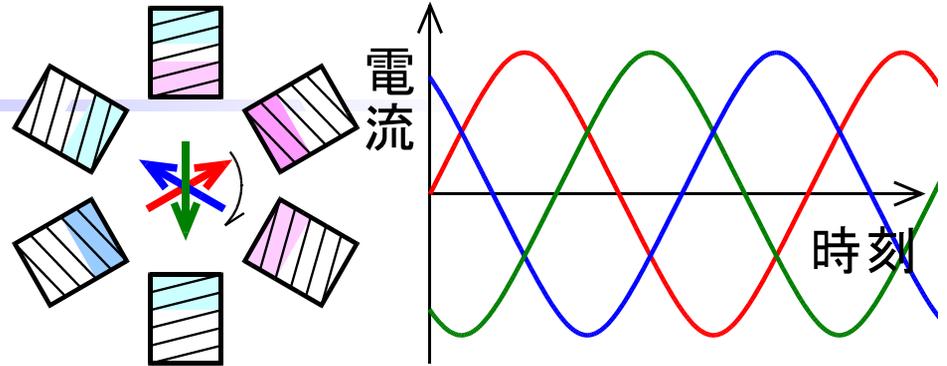
- ① スイッチオンとともに、電流が急増。速度ゼロなので、大きな電流が流れる。電流→トルク→加速する。
- ② 速度が上がるとともに起電力が増→電流が減、トルクが減って、加速が悪くなる。
- ③ 摩擦などとトルクが釣り合ったところで一定速度となる。

# 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)



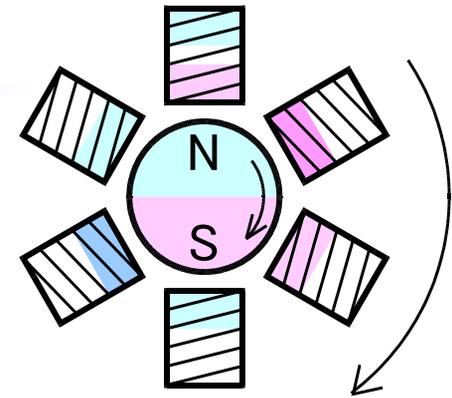
# モータ類

## ○ 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)

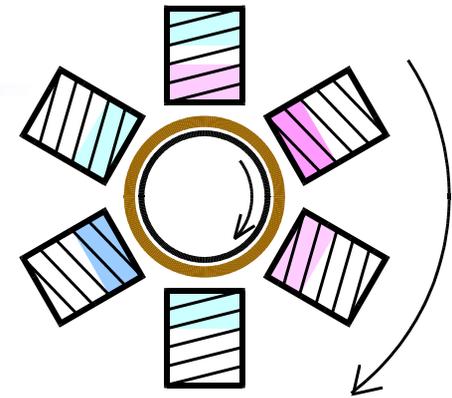
### ◇ 回転磁界 + 銅と鉄の回転子

- ・ 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
- ・ 磁界より少し遅れて回る (すべり: トルクに関係)



# モータ類

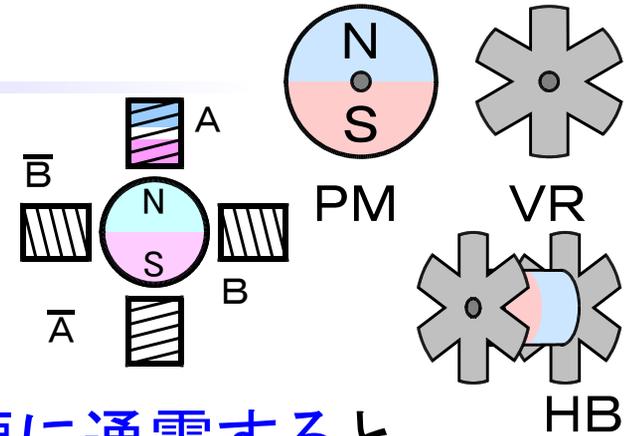
## ○ ステッピングモータ

### ◇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

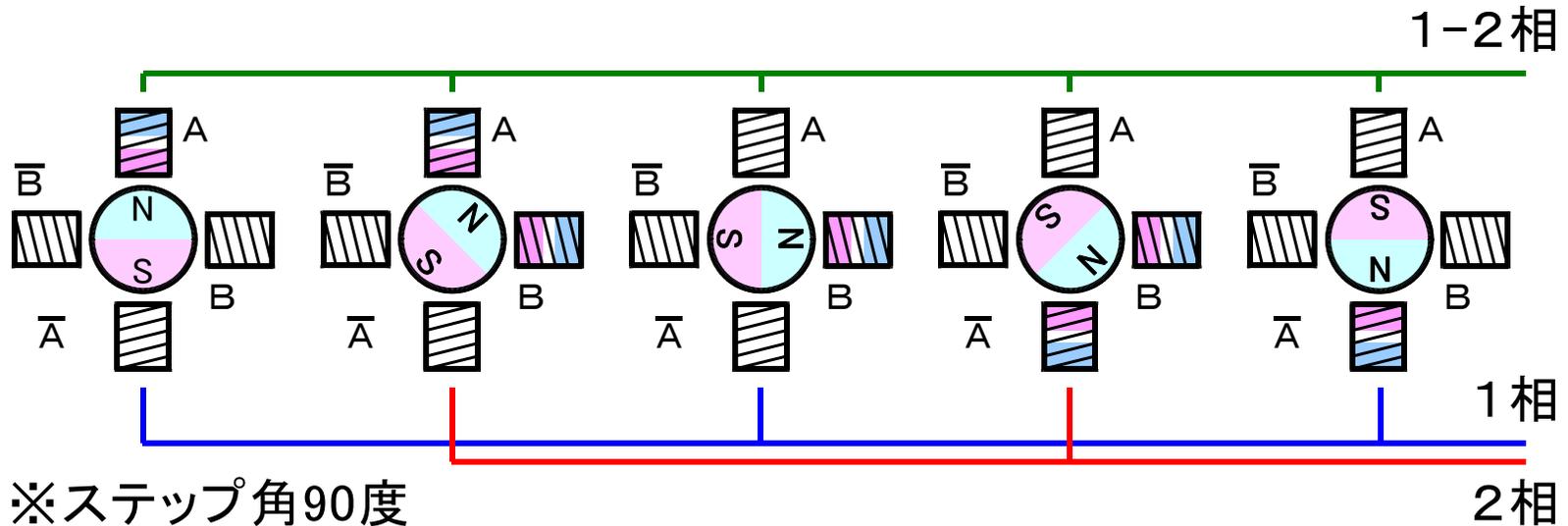


# モータ類

## ○ ステッピングモータ

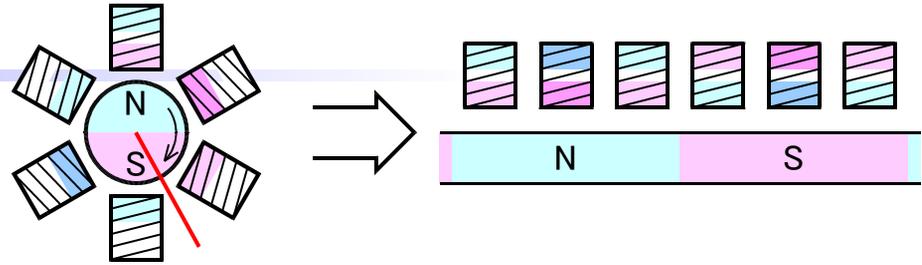
◇ 模式図と回転の仕方 of 例 (PM型、ユニポーラ)

- ・ 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

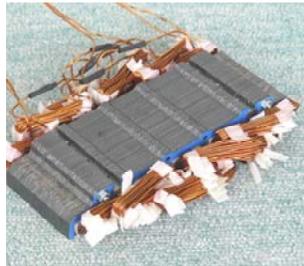


# モータ類

## ○ 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）