

## アクチュエータとセンサ(1)

### ロボット概論 5

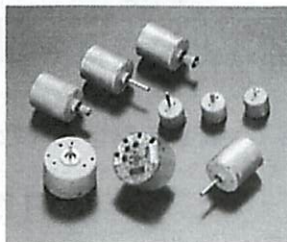
第5回(2019/10/28)

担当: 山崎

1

## アクチュエータ(actuator)

- 電気や流体などのエネルギーを運動に変換するもの
- ロボットの駆動力となり, 動力伝達機構(前回)を介して, 様々な動きを実現
- 望ましい特性
  - 小型・軽量
  - 大きな力・トルク
  - 高速・高精度に目標の位置・速度に達する
  - 省エネルギー
  - 保守が容易で, 長寿命
  - 低コスト



出典: 日本電産

3

## はじめに

### ■ 前回の内容

- 関節の駆動方式
- 様々な伝動機構

### ■ 今回の内容

- アクチュエータの分類, 比較
- 油圧・空気圧モータ
- 電動モータ
- モータの駆動回路, 制御系

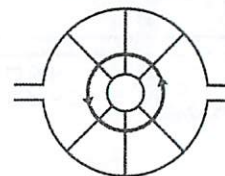
➡ どのようなアクチュエータがあるか学ぼう

2

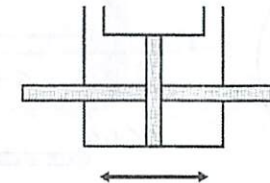
## アクチュエータの分類

### ■ 運動形態による分類

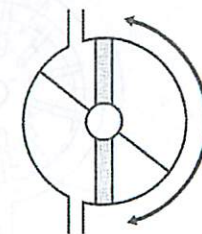
図出典: 川嶋・只野, 絵ときでわかるロボット工学第2版



(a) 回転運動



(b) 直進運動



(c) 揺動運動

### ■ エネルギー源による分類

- 電動, 油圧, 空気圧が代表的
- 他に超音波, 高分子によるものなど

4

## アクチュエータの特性比較

- 力は油圧が強いが、防爆性(火花などでの爆発を防ぐ)では空気圧が優れる。
- 取り扱いの容易さや制御性からロボットでは電動がよく使われている

	電 動	油 圧	空気圧
質量対出力比	△	◎	○
質量対容積比	△	◎	○
制御性	◎	○	△
保守性	◎	△	○
防爆性	○	○	◎
価 格	○	△	◎

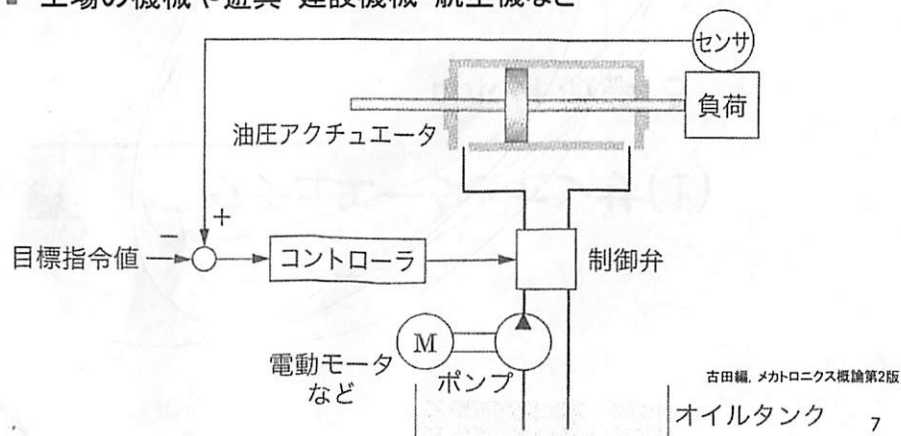
◎大変優れている ○優れている △やや劣っている

表出典: 川嶋・只野, 絵ときでわかるロボット工学第2版

5

## 油圧アクチュエータの構成

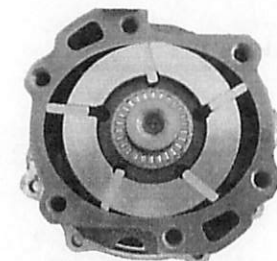
- $\text{出力} = (\text{流体の圧力}) \times (\text{ピストン断面積})$
- $\text{速度} = (\text{流量}) / (\text{ピストン断面積})$
- 工場の機械や遊具・建設機械・航空機など



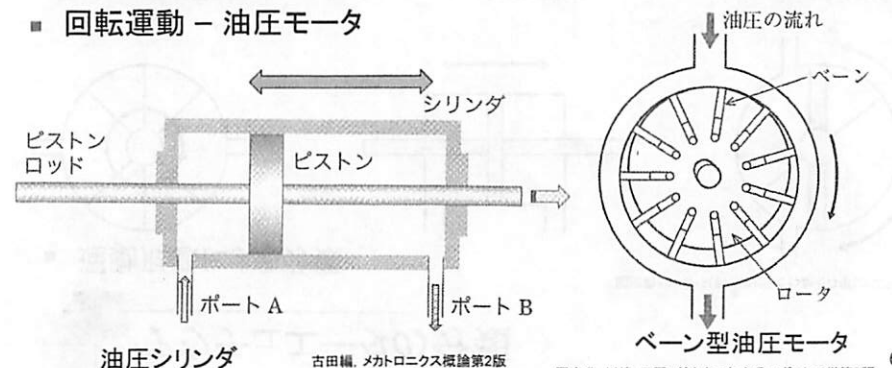
7

## 油圧アクチュエータ

- 油の圧力を利用, 大出力
- 構造がシンプルで小型化が可能
- 油圧を与える装置と作動油の保守が必要
- 直動運動 - 油圧シリンダ
- 回転運動 - 油圧モータ



図出典: Wikipedia

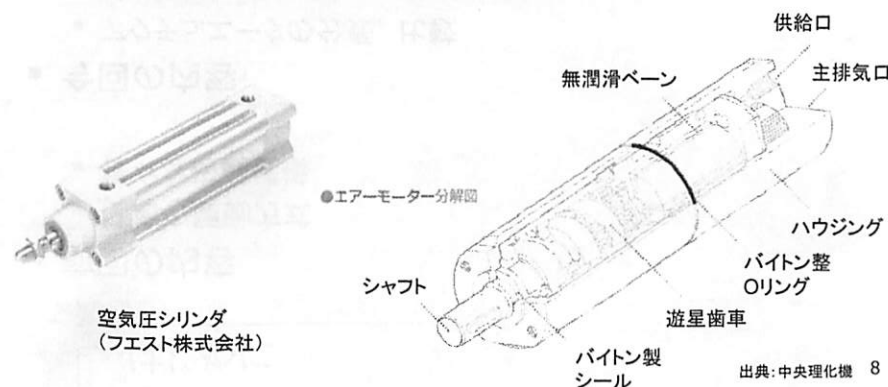


図出典: 川嶋・只野, 絵ときでわかるロボット工学第2版

6

## 空気圧アクチュエータ

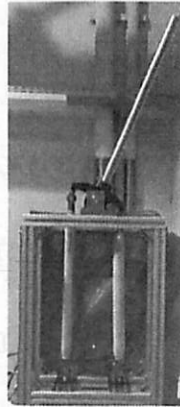
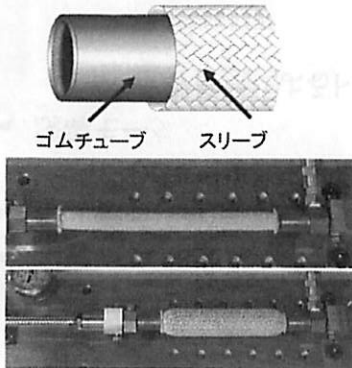
- 空気圧を利用
- 基本的構造は油圧アクチュエータと同じ
- 油圧に比べ, 軽量・安価で油漏れの心配も無い
- 空気は圧縮されるため, 高精度な制御は難しい



8

## マッキンベン型アクチュエータ

- ゴムチューブの周囲をスリーブと呼ばれる網で覆った構造
- 空気(油圧のものもある)を注入するとゴムチューブが膨らんで収縮する
- 人工筋肉として使われる

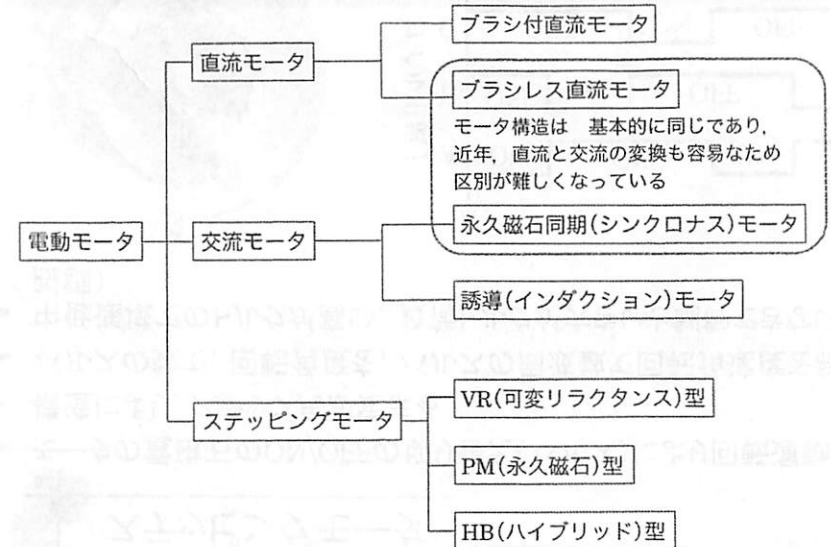


油圧駆動ハイパワー人工筋肉

出典:ブリヂストン

9

## 電動モータの分類

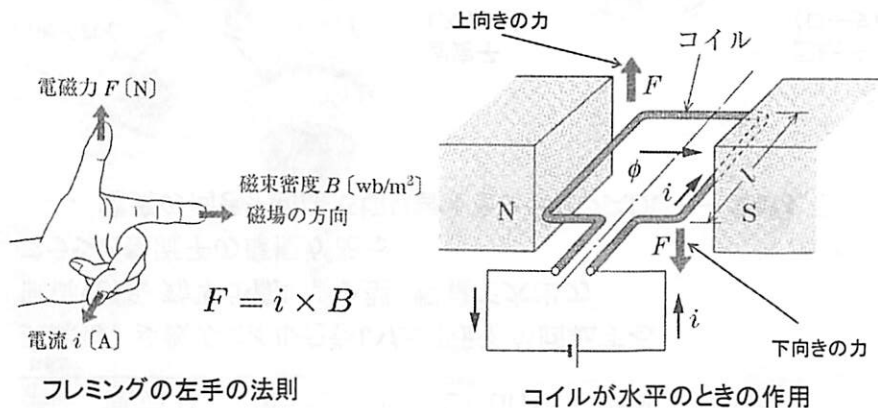


古田編, メカトロニクス概論第2版

10

## 直流(DC)モータ(Direct Current motor)の原理

- 電磁力によって回転させる
- 磁場の中のコイルに電流を流すと, コイルは回転する

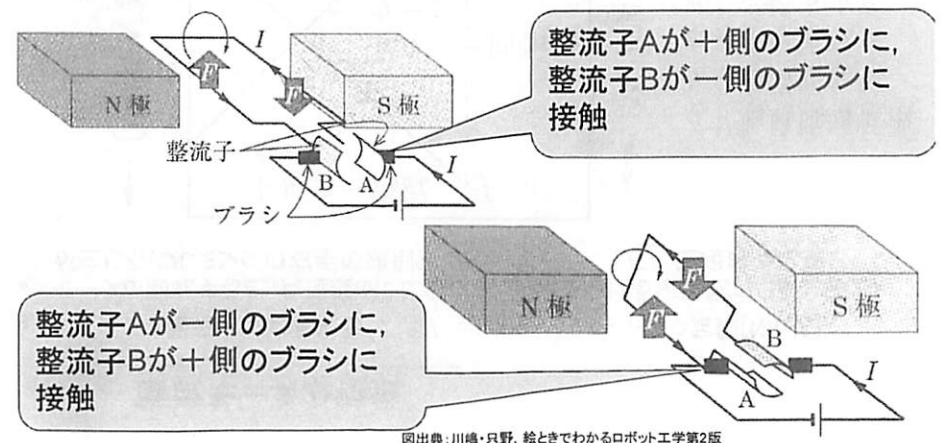


図出典:川嶋・只野, 絵ときでわかるロボット工学第2版

11

## 直流(DC)モータ(Direct Current motor)の原理

- 電源が直流
- ブラシと整流子により, コイルの回転角に応じて電流の向きを切替え
- 制御性能, 効率が低い。小型, 軽量で大出力

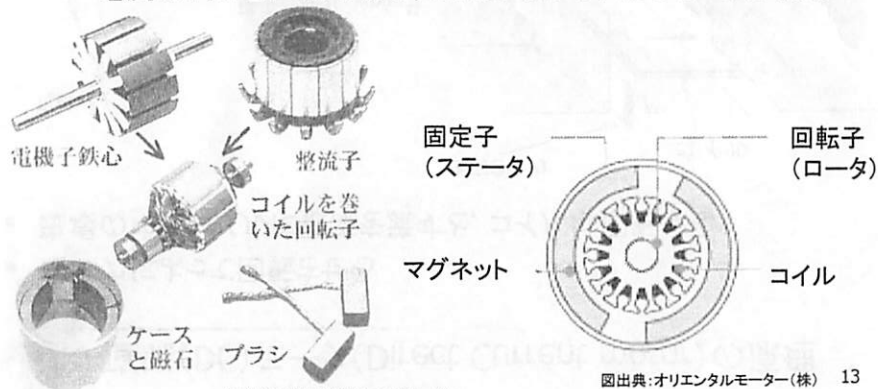


図出典:川嶋・只野, 絵ときでわかるロボット工学第2版



## 直流(DC)モータ(Direct Current motor)の構造

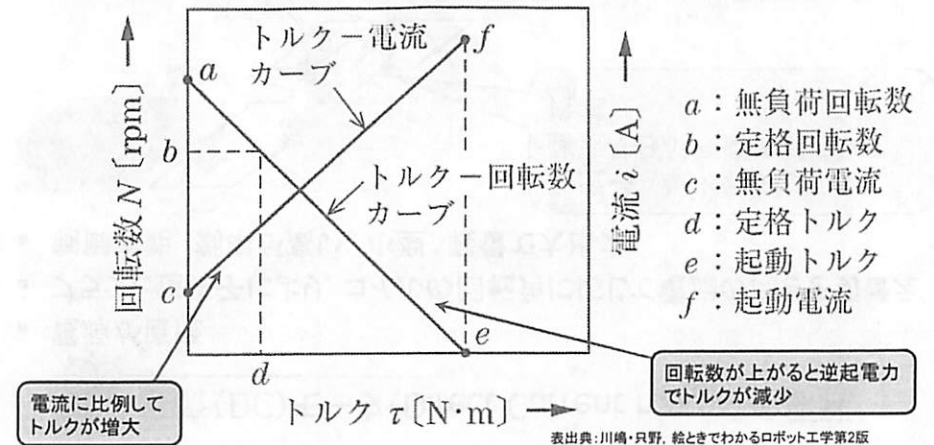
- 実際は、多数のコイルを巻いた回転子が回転する
- 制御性能、効率が高い。小型、軽量で大出力
- ブラシと整流子の摩擦がある
  - 電流の向きを回路で切り替えるブラシレスDCモータがある



図出典: オリエンタルモーター(株) 13

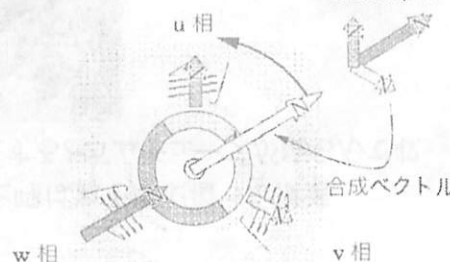
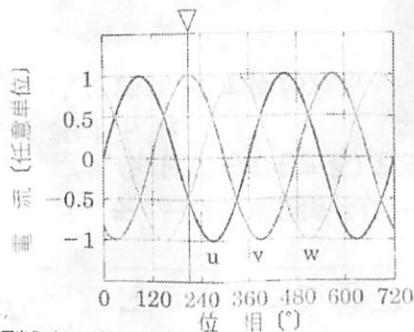
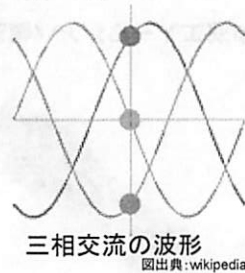
## 直流モータの特性

- トルク  $T$  は電流  $i$  に比例する  $T = K_T i$  ( $K_T$ : トルク定数[Nm/A])
- モータが回転すると、角速度  $\omega$  に比例して、回転を妨げる逆起電力(誘起電圧)が生じる(フレミングの右手の法則)  $E = K_E \omega$  ( $K_E$ : 逆起電力定数)



## 交流(AC; Alternating Current)モータ

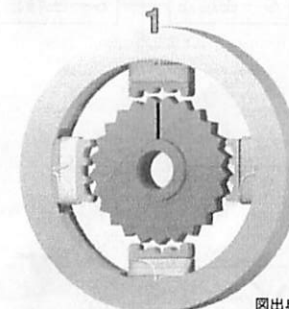
- 工場→ 三相交流 が一般的
- 永久磁石(PM)同期モータ
  - DCモータと基本構造は同じ
- 誘導モータ
  - 誘導電流によるトルクで回転する



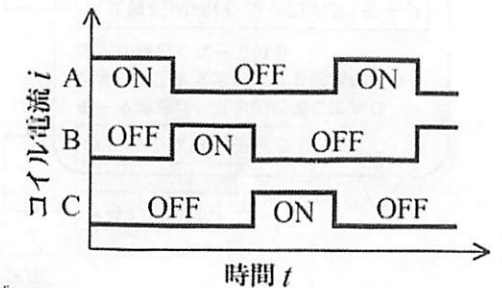
SPM型同期モータ

## ステッピングモータ

- モータの電磁石のON/OFFの切り替え(パルス)により回転運動
- 構造により、ステップ角が定まる
- パルスの数で、回転角度を、パルスの周波数で回転角速度を制御
- 中低速域でのトルクが高い、負荷トルクが大きいと制御できない(脱調)



VR型ステッピングモータの構造



## 電動モータの比較

- DCモータは、バッテリー駆動が容易で、扱いやすく小型化に向く。ホビー用途にも、産業向けには大型化しやすく、長寿命な交流モータが広く使われている。

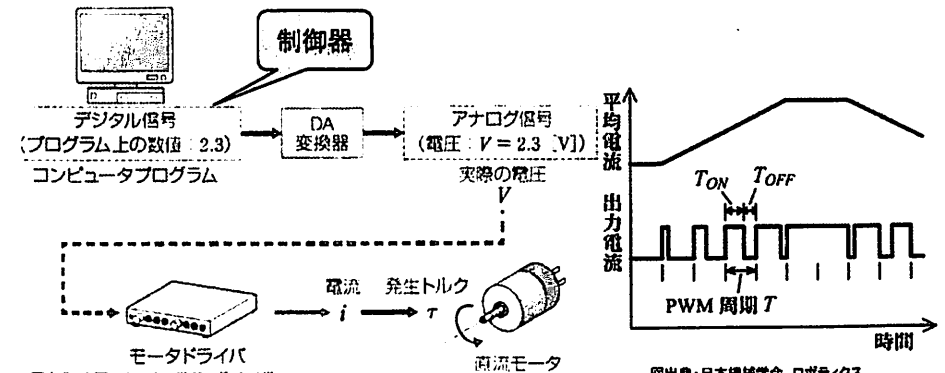
	直流モータ (ブラシ付き)	ステッピング モータ	交流モータ
長寿命		○	○
低速回転		○	○
高効率	○		
低コスト	○		○
位置決め精度		○	

図出典：川嶋・只野、絵ときでわかるロボット工学第2版

17

## モータドライバ

- モータに電流を与えて、駆動させる電子回路
- パルス幅変調(PWM, Pulse Width Modulation)による指示
  - PWM周期内の、ONの時間とOFFの時間の比(デューティ比)を変化させる
  - ONの時間が長いと平均電流が高くなる ⇒ 発生トルクが大きくなる

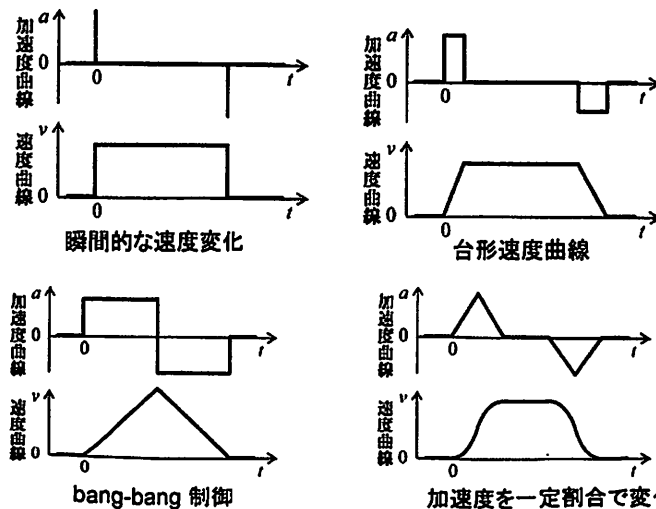


図出典：本野、イラストで学ぶロボット工学

図出典：日本機械学会、ロボティクス

## 加減速曲線

- ロボットの運動を決める際には、加減速を適切に行う必要がある
- 経路を定める経路計画と、加えて加減速曲線を定める軌道計画

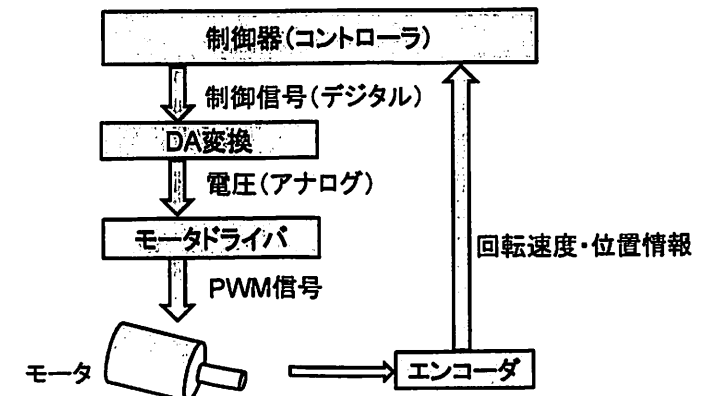


図出典：日本機械学会、ロボティクス

19

## サーボモータ

- 回転速度や位置を検出・推定し、目標値に向けて動作するモータはサーボモータと呼ばれる
- 出力の情報を入力側に戻す構造をフィードバックという
- 目標値との誤差を0にするように、制御信号を調整する制御方式をフィードバック制御と言い、PID制御がその代表である(3年の制御工学I・IIで学ぶ)

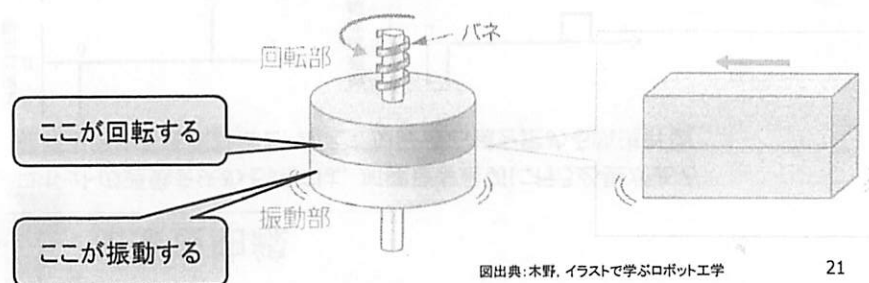


20

## その他のアクチュエータ

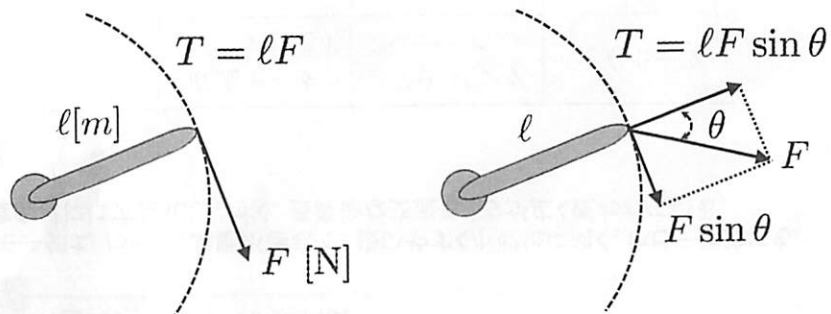
### ■ 超音波アクチュエータ

- 振動部(ステータ部)の振動により, バネで押さえ付けられた, 回転部(ロータ部)が振動する(リニア型は直線状に動く)
- 振動部には, 圧電素子(電圧を加えると変形)などが用いられる
- 高精度, 小型軽量, 非駆動時にも保持が可能
- 効率が低く, 寿命が短い, 高コスト



## トルク(力のモーメント)

- 回転運動については, 力よりもトルクで考える
- 物体を回転させようとする能力を表す物理量(単位 Nm)
- (回転軸までの距離) × ((接線方向の)力の大きさ)

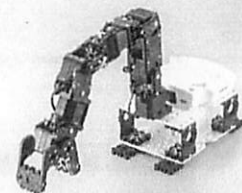


※ 正しくはベクトル量であり, 位置ベクトルと力ベクトルの外積  $\ell \times F$

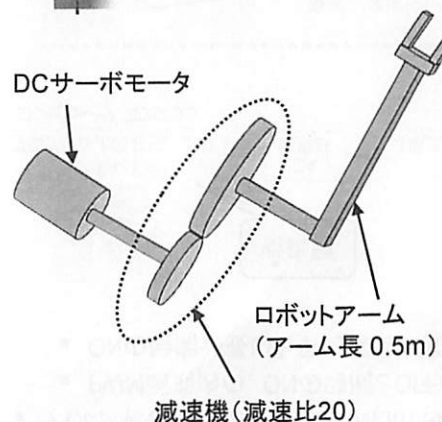
## モータのスペックシートを読む

### ■ 例) 近藤科学 KRS-3301 ICS

- 7.4V時:  
最大トルク: 6.0kgf・cm 最高スピード: 0.14s/60°
- 6.0V時:  
最大トルク: 4.9kgf・cm, 最高スピード: 0.16s/60°
- 寸法: 32.5 × 26 × 26mm (突起部除く)
- 重量: 26.4g
- 最大動作角度: 270° (±135°)
- ギヤ種類: 樹脂ギヤ, ケース材質: 樹脂
- ギヤ比: 262.92:1, 電源電圧: 6~7.4V
- ケーブル: 脱着式, コネクタ: ZHコネクタ
- 通信規格: ICS3.6 (シリアル/PWM選択式)  
通信速度: 115200/625000/1250000bps  
初期設定: PWMモード, 信号レベル: TTL
- 回転モード: 可



### 演習: 下図のロボットアームがある以下の問いに答えよ



※ 損失は無視するとする

- サーボモータの発生トルクが0.4 Nmのとき, アーム部のトルクτはいくらか。

$$\tau = 0.4 \times 20 = 8 \text{ Nm}$$

- アーム先端で(回転の接戦方向に)発生する力Fはいくらか

$$F = 8 / 0.5 = 16 \text{ N}$$

- 0.4 Nm をkgf・cmで表すといくらか

$$0.4 \times 100 / 9.8 = 4.08$$

$$1 \text{ kgf} \approx 9.8 \text{ N}$$