

機械知能工学科

工学総合演習Ⅱ・制御メカトロ

EP-02/Rev 18-1.0

第K02回

# 機械の動力と必要な電力

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

---

## ○動力・電力の計算 と 効率・損失

### ◇効率、損失について説明できる

- ・ 効率 = 出力[W] / 入力[W]
- ・ 損失 = 入力[W] - 出力[W]

### ◇損失の影響について説明できる

- ・ 熱、温度上昇、その影響

### ◇動力から電力を見積もることができる

- ・ 効率と損失の具体的な計算方法

# 効率と損失

## ○エネルギーの関係

◇各物理量の[W][J]は同等  $[W] = [J]/[s]$

・仕事[J] 仕事率・動力[W] ・電力[W]

・力学的エネルギー[J]

運動(並進、回転)、位置(重力、バネ)

・熱[J] 単位時間あたりの熱流[W]

◇すべてが変換できれば、数値はそのまま

・重力による位置エネルギー → 落下速度

・電力×時間 → 熱、温度上昇 ジュールの法則

# 効率と損失

○全てが変換されない場合がある

◇目的と違う形に変換される分がある

・モータに入れた電力 = 回転 + 発熱 + 振動

・機構に入れた動力 = 目的の出力

+ {摩擦力 × 速度} の動力

・熱機関に入れた熱 = 動力 + 低温に捨てる

・電源回路の入力 = 出力電力 + 発熱

・充電機にいれた電力 = 使える分 + 発熱

◇変換されなかった分 (= 無駄になった) = 損失

# 効率と損失

## ○損失と効率

◇損失 = 入力電力・動力 - 出力電力・動力

- ・ 目的のエネルギー等に**変換されなかった分**
- ・ とらえ方でその区分は変わる

例) 一般に発熱は損失 or 暖めも必要

◇効率

$$\text{効率} = \frac{\text{目的の出力}[W,J]}{\text{入力}[W,J]} = \frac{\text{入力} - \text{損失}}{\text{入力}}$$

- ・ 出力 = 入力 × 効率    入力 = 出力 ÷ 効率
- ・ 損失 = 入力 - 出力    = 入力(1 - 効率)

# 効率と損失

---

## ○損失の主な原因

### ◇機械的な損失

- ・ 摩擦力

### ◇電氣的な損失

- ・ 部品による電力消費  $EI$ ,  $RI^2$
- ・ マイコンなど、出力そのものではない消費  
※動作には必須であるが

### ◇損失の行き先

- ・ 基本的に／最終的には熱

# 効率と損失

## ○損失の結果としての熱、温度

◇損失→熱→温度上昇 [K] [°C/W]

・ 流れる熱の量[W] = 温度差[°C] ÷ 熱抵抗

・ ものの温度 = 周囲温度 + 熱[W] × 熱抵抗

※熱抵抗が小さい = 放熱しやすい

・ 熱が多い、熱抵抗高い → 温度上昇

※周囲温度も

◇温度上昇の結果

・ 発火/損傷、樹脂軟化による強度低下など

・ 寿命短縮 (電解Cは温度10度高いと寿命半減)

# 効率と損失

---

## ○効率のとらえ方

◇効率は高いほどよい

※一般に高価になる

◇効率が100%に満たない部分（1－効率）

- ・熱になる → 放熱を考える必要
- ・機器の小型化が進むと熱が集中
- ・エコではない

◇効率の測定条件に注意

- ・たとえばモータは低出力の時は効率低い



# 効率と損失

---

## ○出力の大きさと損失、効率

◇同一物であれば、メカトロパワー系は一般に

- ・出力が高いほど 効率は高い傾向

※動作に依存しない損失の割合が、

※出力が高いほど低くなるため

- ・カタログ値は「最高値」記載が多い。
- ・損失については種々の要因によるため、あまりはっきりした傾向はない。

※例) 電流による損失は電圧、速度に関係しない

# 効率と損失

---

## ○効率の算出

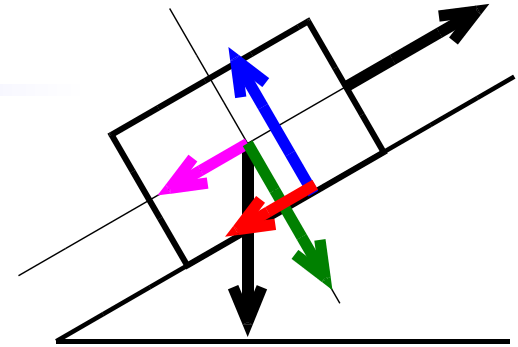
◇現物があれば実測できる

◇効率の完全な予測は難しい

- モータや制御装置の効率: カタログ
- メカの効率: 摩擦などの見積もりが難しい  
→ 可能な限り摩擦の少ないメカ設計が楽
- 回路の効率: 大電流による分は計算しうる。  
ただし、配線などの微小抵抗の見積が現実的には難しい。

# 効率と損失

## ○メカの損失・効率



### ◇摩擦等抵抗による損失

- ・ 損失 = 抵抗[N] × 速度[m/s]
- ・ 重力によって斜面方向にかかる力(前回)は、損失ではない: 位置エネルギーになる
- ・ ダンパは意図的にエネルギーを減らす要素

### ◇減速機の効率 (カタログに記載の場合あり)

- ・ 効率 = 出力動力 ÷ 入力動力
- ・ 逆方向(出力側 → 入力側)の効率は異なる

# 効率と損失

## ○電気的な損失・効率

### ◇電気抵抗による損失 $EI, RI^2$

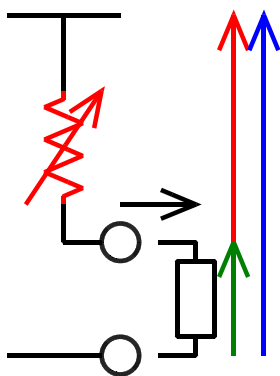


・配線の抵抗



・スイッチ用半導体素子のオン抵抗

### ◇意図的な電圧降下による消費



・出力の電圧を下げるために、意図的に途中の素子で電圧降下させる。

・アナログ型増幅での手法。 ※効率＝電圧比

・損失＝(入力(電源)電圧－出力電圧)×電流

# 必要な電力の計算

## ○入力→出力

◇入力の電力に対して、順に効率をかける

・ 入力の電力[W]                      ※  $\eta$  : いーた えーた

× モータ制御装置の効率  $\eta_1$  (0~1)

× モータの効率  $\eta_2$  (0~1)

× メカの効率  $\eta_3$  (0~1)

→ 出力される動力[W]

◇トータルの損失

・ 入力ー出力                      ※  $(1-\eta_1)(1-\eta_2)\dots$ ではない

# 必要な電力の計算

## ○出力→入力

◇欲しい動力を、順に効率で割る

- ・動力を計算する(前回)

- ・必要な動力[W]

  - ÷ メカの効率  $\eta_3$  (0~1)

    - モータに必要な出力→モータの選定

  - ÷ モータの効率  $\eta_2$  (0~1)

  - ÷ モータ制御装置の効率  $\eta_1$  (0~1)

    - 必要な電力[W]、(制御装置の容量)

# 演習問題（各自ノートに→答え合わせ）

## 1: 出力の計算

- 入力電力 200[W]
- 回路の効率 90[%]
- モータの効率 80[%]
- メカの効率 50[%]
- ◇最終的な出力は？[W]

## 2: 電線による損失

- 抵抗1[Ω]の配線で100[W]の電力を送り出した。

各条件の損失は？

- ◇ 10[V] 10[A]
- ◇ 25[V] 4[A]
- ◇ 100[V] 1[A]

# 演習問題(プチテスト)

## ○エレベータの電力

- ・ 乗客を含めたかごの質量 1000[kg]
- ・ 最高速度 10[m/s]
- ・ 加速度 1[m/s<sup>2</sup>]
- ・ モータ+メカ効率 70[%]
- ・ インバータ効率 90[%]

としたときに**必要な電力**と**全体で生じる損失**は何[W]か？