

機械知能工学科
メカトロニクス総合

第06回

MC-06/Rev 16-1.1

電力と損失と効率

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**

○電気をエネルギーとして使う際の留意

- ◇電力の計算をすることができる。
 - ・電力 = 電圧 × 電流
- ◇効率の計算をすることができる。
 - ・効率 = 出力 ÷ 入力(電力・動力)
- ◇効率の高さの重要性について説明できる。
 - ・ = 損失の少なさ
 - ・エコ / 放熱の手間

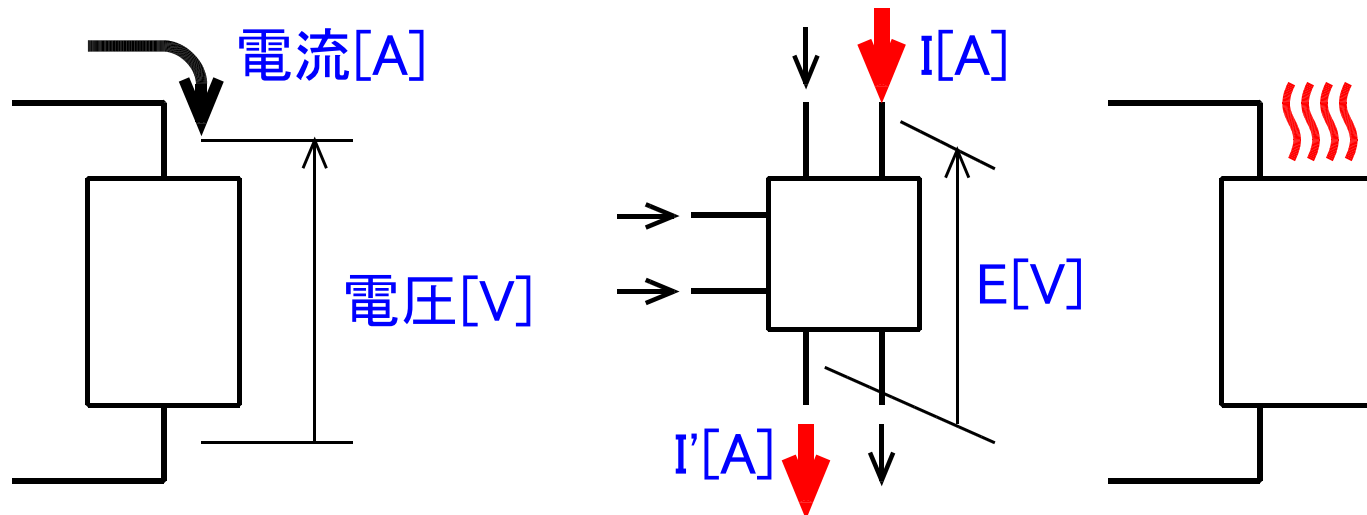
概要：電力消費

○多くの部品は何らかの消費をする

◇部品の両端にかかる**電圧と電流の積**

◇複数端子の場合は、**顕著なところに注目**

◇消費した**電力は一般に熱に** → 損失、温度 ↑



入力・出力・損失・効率

○関係式

◇入力: 回路などへの入力電力[W] (※エネ類/秒)

◇出力: 回路などからの出力電力・動力[W]

◇損失[W] = 入力 - 出力

◇効率[%] = 出力 ÷ 入力 (× 100)

・ 出力 = 入力 × 効率 = 入力 - 損失

・ 入力 = 出力 ÷ 効率

・ 損失 = 入力 × (1 - 効率)

・ 効率 = (入力 - 損失) ÷ 入力

※効率は使用状況
などでも変わる

損失・効率の重要性

○損失→熱→温度上昇

◇回路の損失はほぼ熱になる

→ 放熱しないと温度が上がって壊れる

※破損、機能低下、寿命短縮

・「省エネ」よりも設計上の影響が大きい？

◇効率が80%(比較的良い)として:

新幹線:
1モータ:300kW

・入力 10[W]→ 出力 8[W] 損失2[W]

はんだごて→
・入力100[W]→ 出力80[W] 損失20[W]

レンジ×2→
・入力10[kW]→ 出力 8[kW] 損失2[kW]

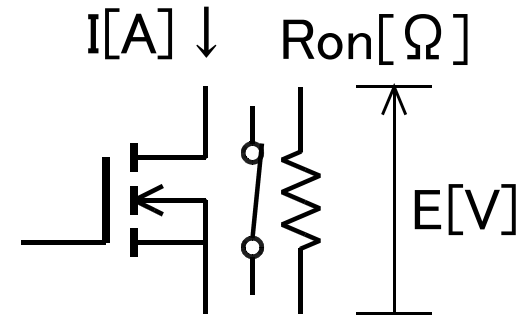
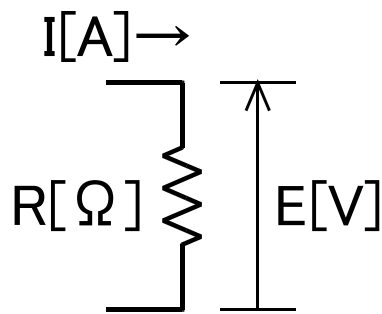
回路における電力消費の典型パターン

○抵抗型

◇ $P = EI = RI^2$ 電流の2乗に比例

◇ 適用ケース

- ・ 抵抗（大電流経路、意図的な消費）
- ・ 配線抵抗（例：掃除機や電子レンジの線）
- ・ MOSFETのオン抵抗（後日）



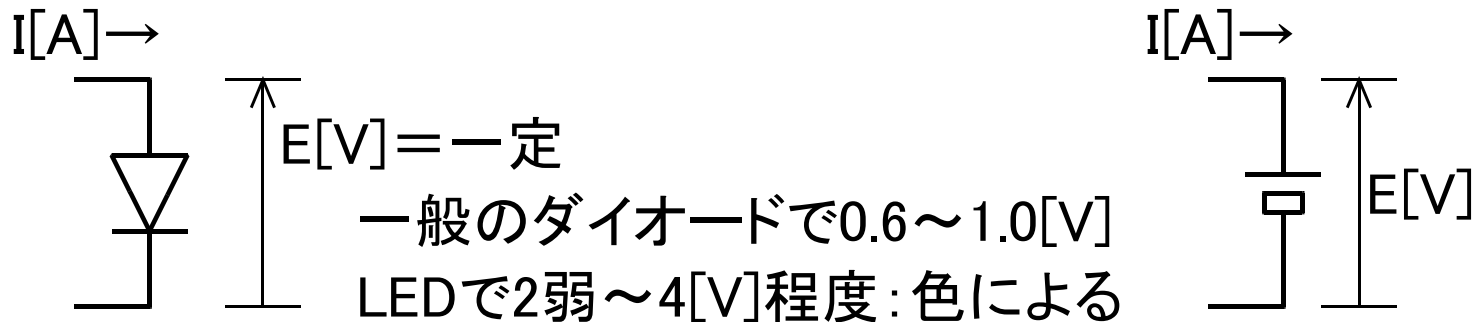
回路における電力消費の典型パターン

○一定の電圧降下型

◇ $P = EI =$ 特定の降下電圧 \times 流れる電流

◇適用ケース

- ・ダイオード、発光ダイオード(LED) (後日)
降下電圧がほぼ一定 (電流で多少増減する)
- ・(蓄電池の充電)



回路における電力消費の典型パターン

○電圧降下が調整される回路

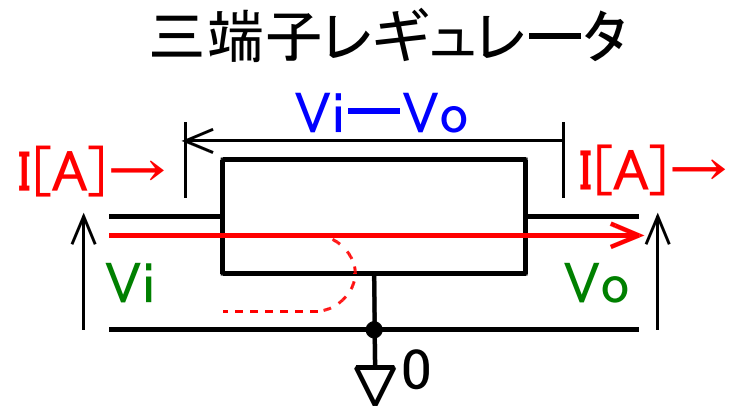
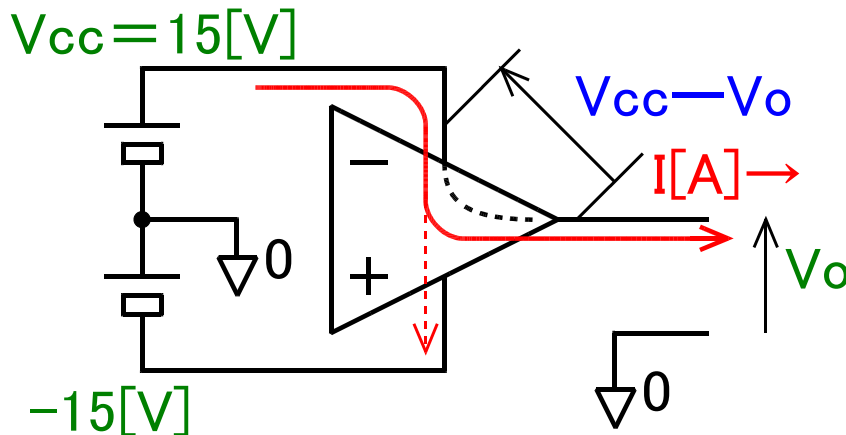
◇ $P = EI =$ 降下電圧 \times 流れる電流

◇適用ケース

※降下分を見切る

・オペアンプ $P = (V_{CC} - V_o) I$

・電源回路、アナログ増幅型駆動回路



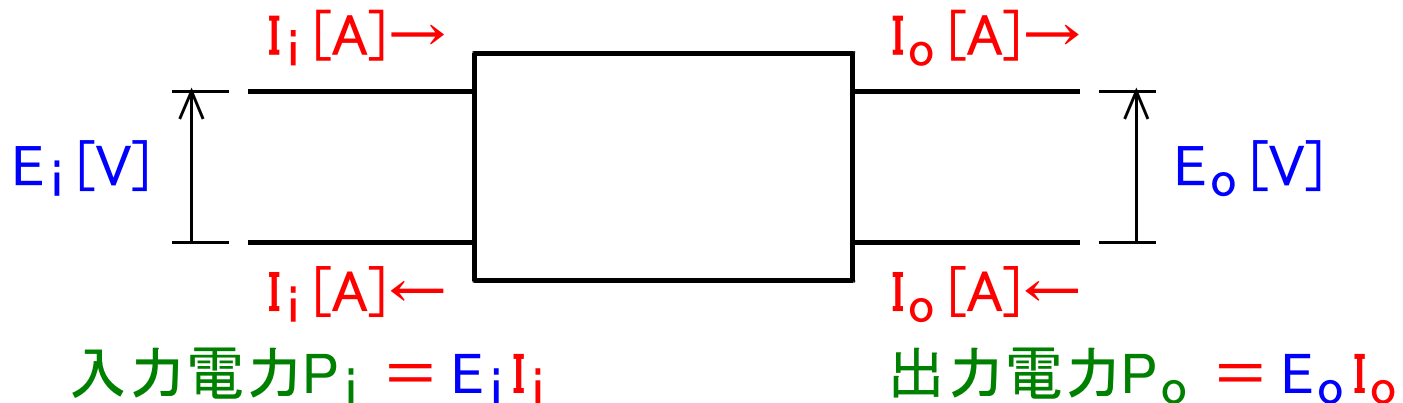
回路における電力消費の典型パターン

○内部で電圧電流が変換される回路

◇入出力で電流が異なる: $P = \text{入力} - \text{出力}$

◇適用ケース

- ・ **スイッチング電源**、モータ等駆動SW回路
- ・ **出力電流と入力電流が異なる、 $I_i < I_o$ も**



回路における電力消費の計算

○対象の見定め と 降下電圧と電流

◇全部を確認する必要はない

- ・ **大きな電流が流れる経路**をチェック

※(10[mA]～) 100[mA]～ 1[A]～

- ・ **小さめの抵抗**をチェック

※大きいと電流が流れない

※ $P = E^2/R = (\text{例})10^2/1\text{k}\Omega = 0.1[\text{W}]$

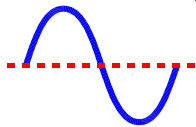
◇部品の両端の電圧、降下電圧

◇**スイッチング**: オン時 と オフ時 と デューティ

電力：交流の場合

○時間変化する電圧/電流の場合

◇瞬時値の時間積分／時間 → 平均



$$\cdot P = (1/T) \int_0^T e(t)i(t)dt$$

◇コンデンサに正弦波交流電圧：

$$\cdot e(t) = (1/C) \int i(t)dt \rightarrow i(t) = C de(t)/dt$$

$$\cdot e(t) = E \sin(2\pi f t) \text{ とすると} \quad \leftarrow \text{周波数 } f[\text{Hz}]$$

$$i(t) = CE 2\pi f \cos(2\pi f t)$$

$$\begin{aligned} \cdot P &= (1/T) \int_0^T e(t)i(t)dt \quad T=1/f \\ &= (\dots) \int_0^T \cos() \cdot \sin() dt = 0 \end{aligned}$$

電力：交流の場合

○正弦波の電圧電流に対して：

◇コンデンサの場合： $P=0$

◇コイルの場合： $P=0$ ※同様に

◇純粋なコンデンサ、コイルは電力消費平均ゼロ

- ・コンデンサ：電荷の充電→放電

- ・コイル：電流エネルギー蓄積→放出

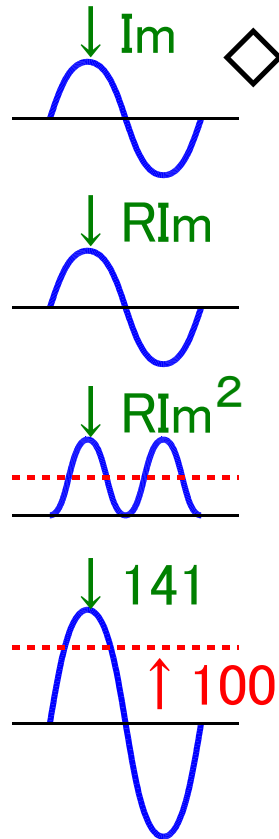
◇実在のコンデンサ、コイル

- ・部材の持つ抵抗(端子など)が消費

- ・直列等価抵抗ESR, 巻線抵抗

電力：交流の場合

○交流の電力・実効値



◇抵抗 R に $i(t) = I_m \sin(2\pi f t)$ の電流を流す

- ・ 電圧 $e(t) = R I_m \sin(2\pi f t)$

- ・ 電力 $P = (1/T) \int_0^T e(t) i(t) dt$

$$= R I_m^2 (1/T) \int_0^T \sin^2(\cdot) dt = R I_m^2 (1/2)$$

- ・ $I_m = \sqrt{2} \cdot I_e$ と置くと、 $P = R I_e^2$: 直流と同形

$$\rightarrow i(t) = \sqrt{2} I_e \sin(\cdot), e(t) = \sqrt{2} E_e \sin(\cdot)$$

$$P = R I_e^2 = E_e I_e \text{ となる}$$

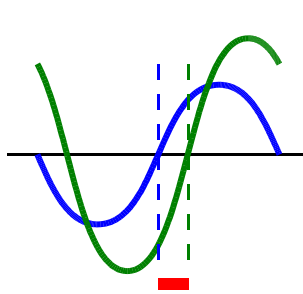
↓ピーク141V

- ・ I_e, E_e : 実効値 俗に言う“交流100V”

電力：交流の場合

○コイルやコンデンサが入る場合

◇電圧と電流の位相(タイミング)がずれる



$$\cdot e(t) = \sqrt{2} E_e \sin(2 \pi f t)$$

$$\cdot i(t) = \sqrt{2} I_e \sin(2 \pi f t - \phi)$$

$$\cdot p(t) = 2 E_e I_e \sin(\square) \sin(\square - \phi) \quad \downarrow \text{平均ゼロ}$$

$$= 2 E_e I_e (1/2) \{ \cos(\phi) - \cos(2\square - \phi) \}$$

$$\cdot P = (1/T) \int_0^T p(t) dt = E_e I_e \cos(\phi)$$

$$\leq E_e I_e \quad \text{※ } \phi = 0 \text{ で最大}$$

・電圧、電流の**実効値の積より電力が小さく**

電力：交流の場合

○力率

◇抵抗：電力＝電圧実効値×電流実効値

◇抵抗＋コイルやコンデンサの場合：

電力<電圧実効値×電流実効値

◇力率＝電力÷(電圧実効値×電流実効値)

＝有効電力[W]÷皮相電力[VA]

・ 0(コイルorコンデンサのみ)～1(抵抗)

・ 電圧電流の見た目より送れる電力が少ない

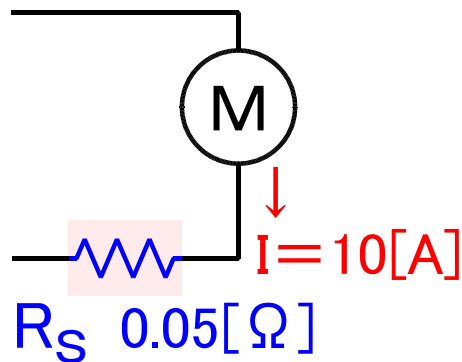
※回路や設備は電圧、電流で決まる

本日のプチテスト

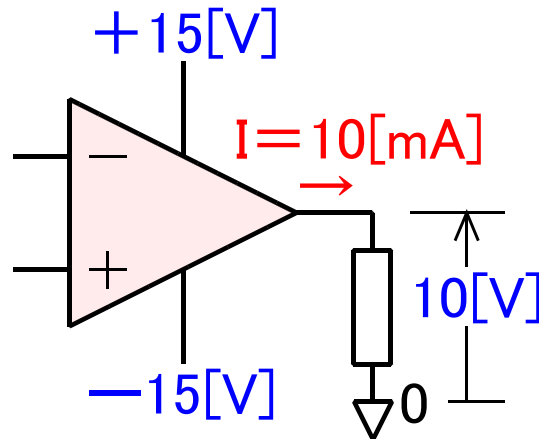
○損失と効率の計算

◇以下の3ケースについて損失[W]と効率[%]をもとめよ。 ※①は損失のみ

①電流計測抵抗



②オペアンプ



③三端子

レギュレータ

