

機械知能工学科
メカトロニクス総合

第06回

MC-06/Rev 15-1.1

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。

- ・ $\text{電力} = \text{電圧} \times \text{電流}$

◇効率の計算をすることができる。

- ・ $\text{効率} = \text{出力} \div \text{入力(電力・動力)}$

◇効率の高さの重要性について説明できる。

- ・ $= \text{損失の少なさ}$

- ・ $\text{エコ} \quad \nearrow \quad \text{放熱の手間}$

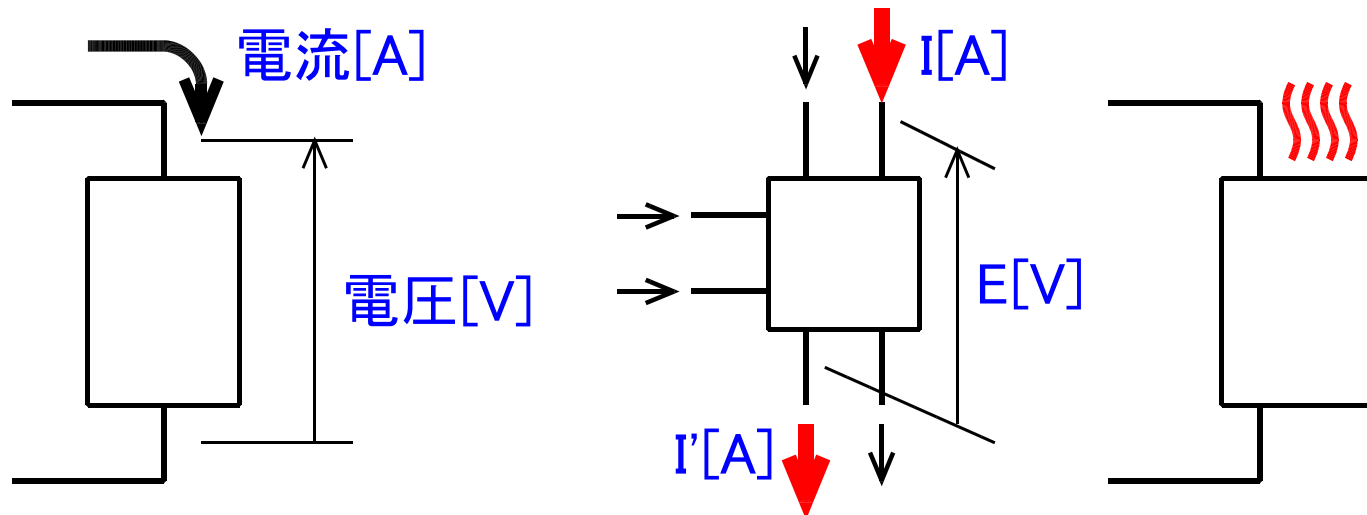
概要：電力消費

○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

・ 効率 = (入力 - 損失) ÷ 入力

・ 損失 = 入力 × (1 - 効率)

・ 入力 = 出力 ÷ 効率

※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:

・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]

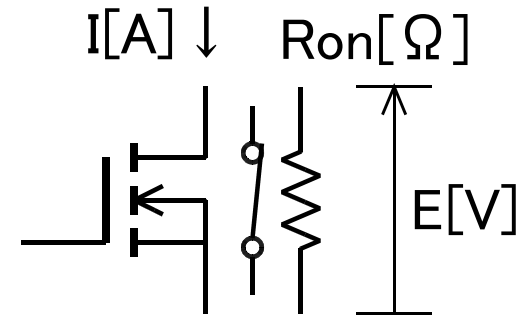
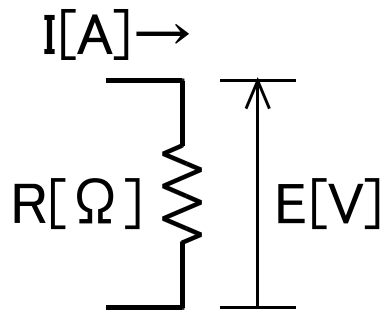
回路における電力消費の典型パターン

○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）



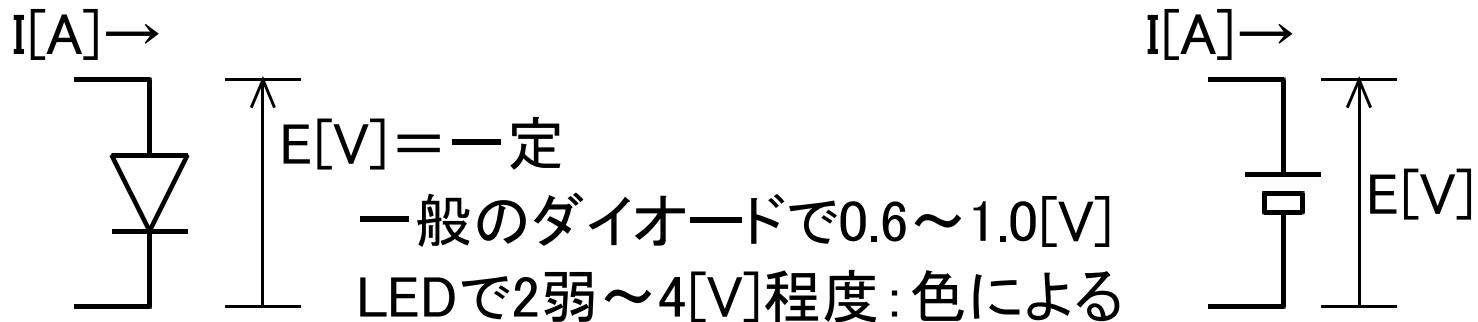
回路における電力消費の典型パターン

○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

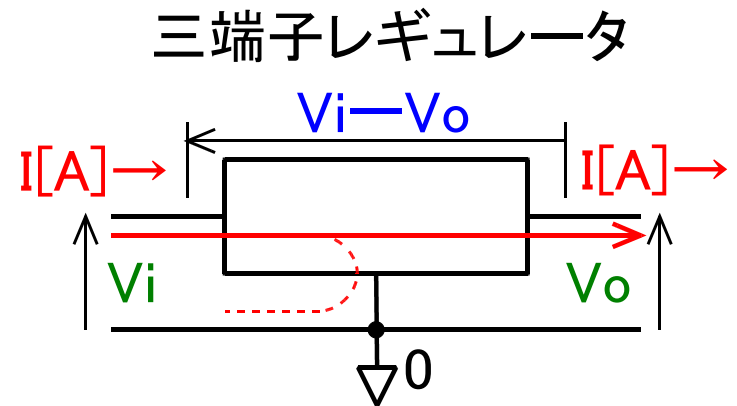
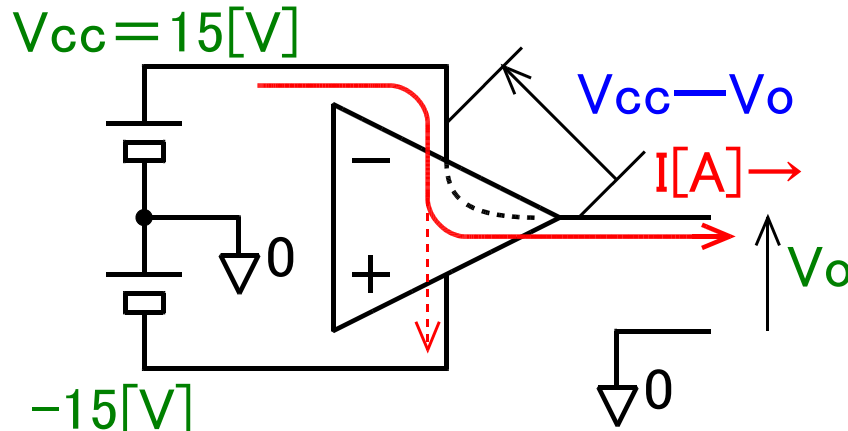
◇ $P = EI = \text{降下電圧} \times \text{流れる電流}$

◇ 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



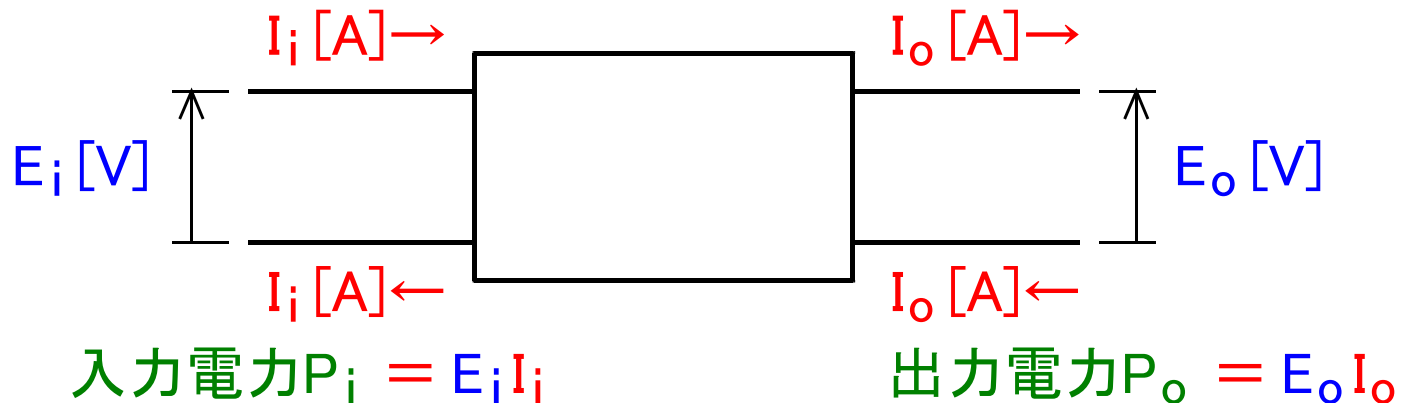
回路における電力消費の典型パターン

○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**、モータ等駆動回路
- ・ **出力電流と入力電流が異なる**



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

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

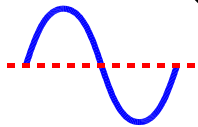
◇部品の両端の電圧、降下電圧

◇**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：

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

$$\cdot e(t) = E \sin(2\pi f t) \text{ とすると}$$

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

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

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

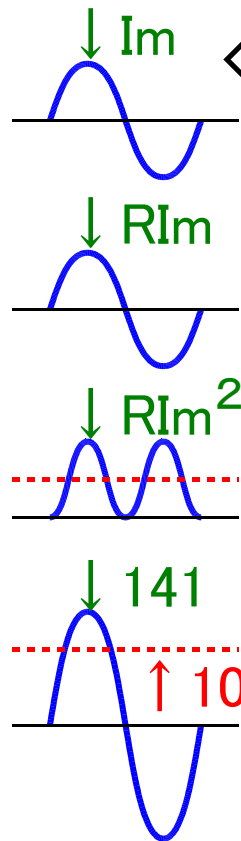
- ・コンデンサ：電荷の充電→放電
- ・コイル：電流エネルギー蓄積→放出

◇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 $i(t)=I_m\sin(2\pi ft)$ の電流を流す

- ・ 電圧 $e(t)=R I_m\sin(2\pi ft)$

- ・ 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

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

$$P=R I_e^2=E_e I_e \text{ となる}$$

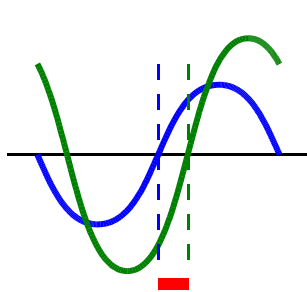
↓ピーク141V

- ・ 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



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

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

$$\begin{aligned} \cdot p(t) &= 2 E_e I_e \sin(\square) \sin(\square - \phi) \quad \downarrow \text{平均ゼロ} \\ &= 2 E_e I_e (1/2) \{ \cos(\phi) - \cos(2\square - \phi) \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot P &= (1/T) \int_0^T p(t) dt = E_e I_e \cos(\phi) \\ &\leq E_e I_e \quad \text{※ } \phi = 0 \text{ で最大} \end{aligned}$$

・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**

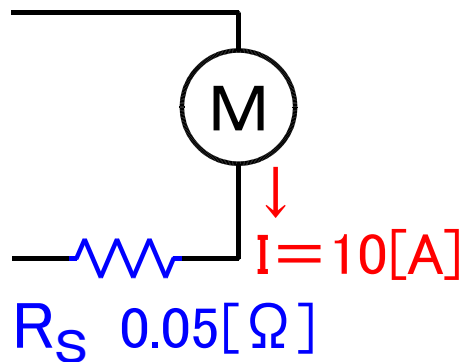
※回路や設備は電圧、電流で決まる

本日のプチテスト

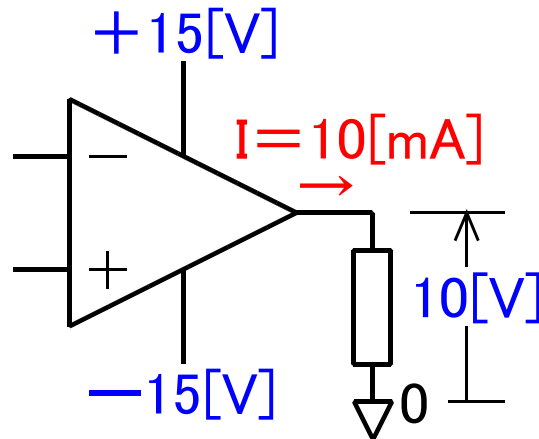
○損失と効率の計算

◇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

