

0263

パワーエレクトロニクス（1回目）

パワーエレクトロニクスの概要

2025年9月26日

神野 崇馬

soma.jinno@oit.ac.jp

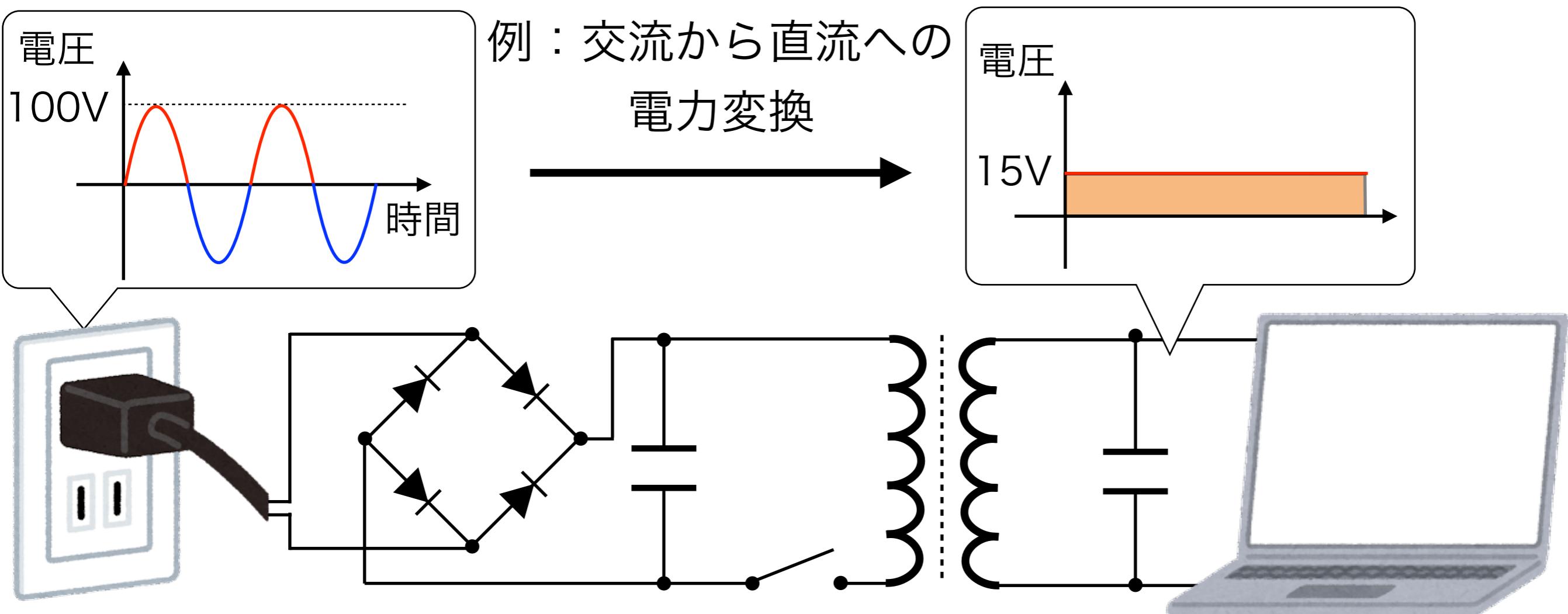
クラスコード： 4r3nmpv4

講義の進め方

- ・ 資料などの共有事項は下記のwebページにあります
[https://soumajinno.notion.site/322-2025-2-2792090e34c880a59634d6e89d03fd0c?
source=copy_link](https://soumajinno.notion.site/322-2025-2-2792090e34c880a59634d6e89d03fd0c?source=copy_link)
- ・ 主にスライドを使って説明します。
- ・ 板書は補足で説明するときに利用します。
- ・ 講義の後に演習問題を出します。
- ・ 演習課題を解いて復習してください。
- ・ わからない点があれば質問してください。
下記からでも質問できます。
<https://powerelectronics-2024.notionapps.com/>

本講義の目標

電力変換の原理を説明できる



各素子の役割は？

- ① キャパシタ（コンデンサ）
- ② インダクタ（コイル）
- ③ スイッチング素子（半導体）

これらを駆使します！

本日の目標

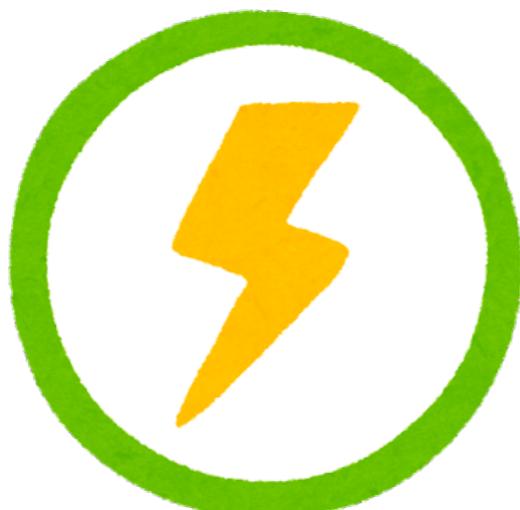
- パワーエレクトロニクスの概要を理解する
- 可変抵抗を用いた電力変換を理解する
- 理想的なスイッチと現実との違いを理解する
- 電力損失の計算を理解する

パワーエレクトロニクスとは？

パワー

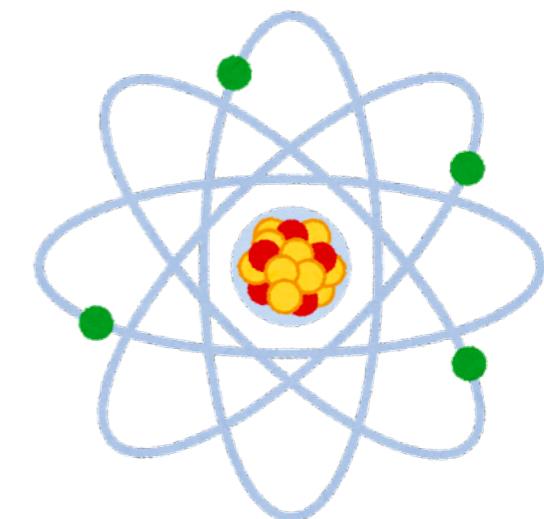
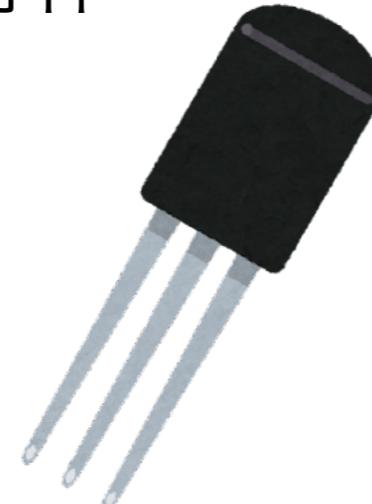
×

エレクトロニクス



電力
エネルギー

半導体

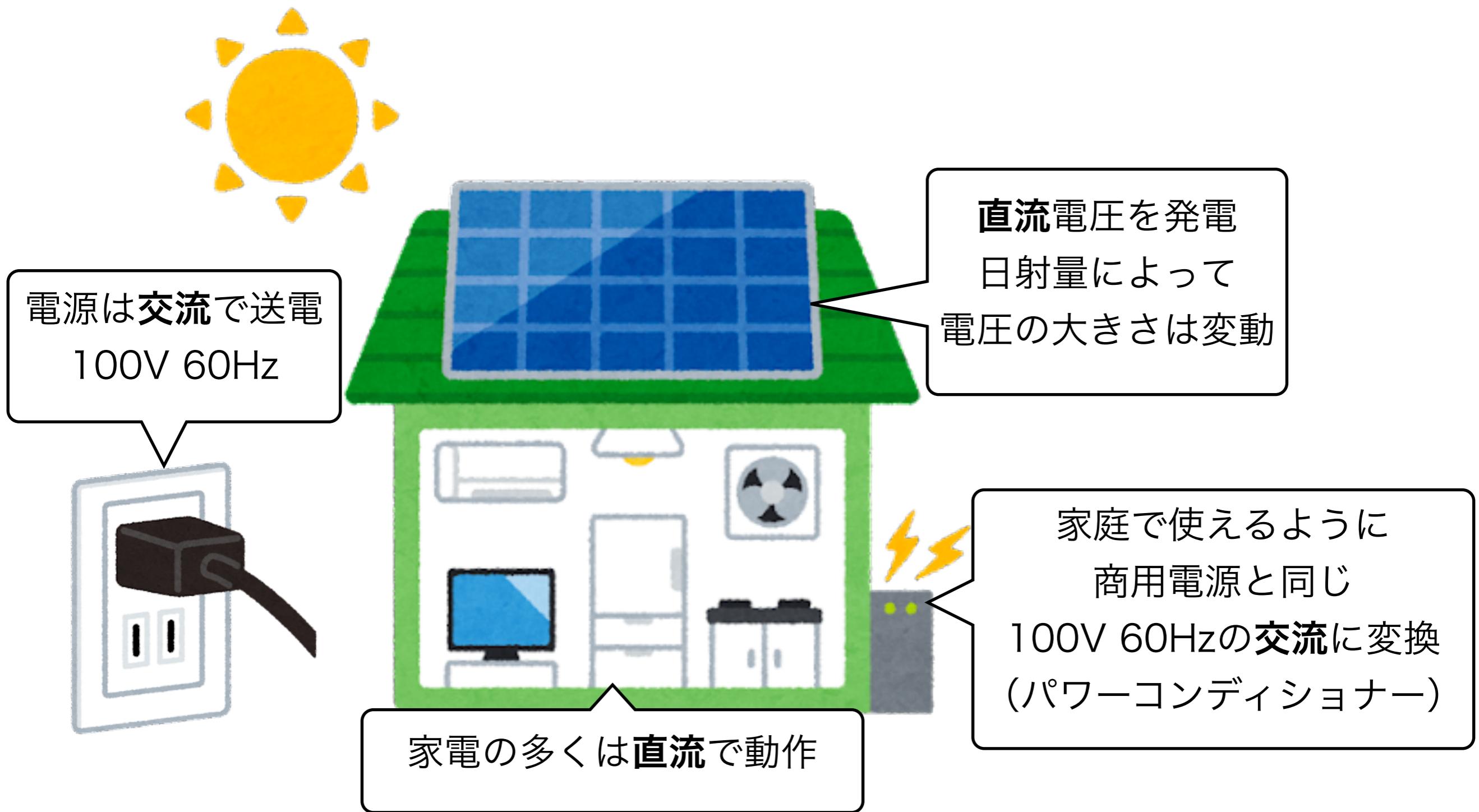


半導体を使って電力を変換・制御する工学

全ては**エネルギーを効率よく使うため！！**

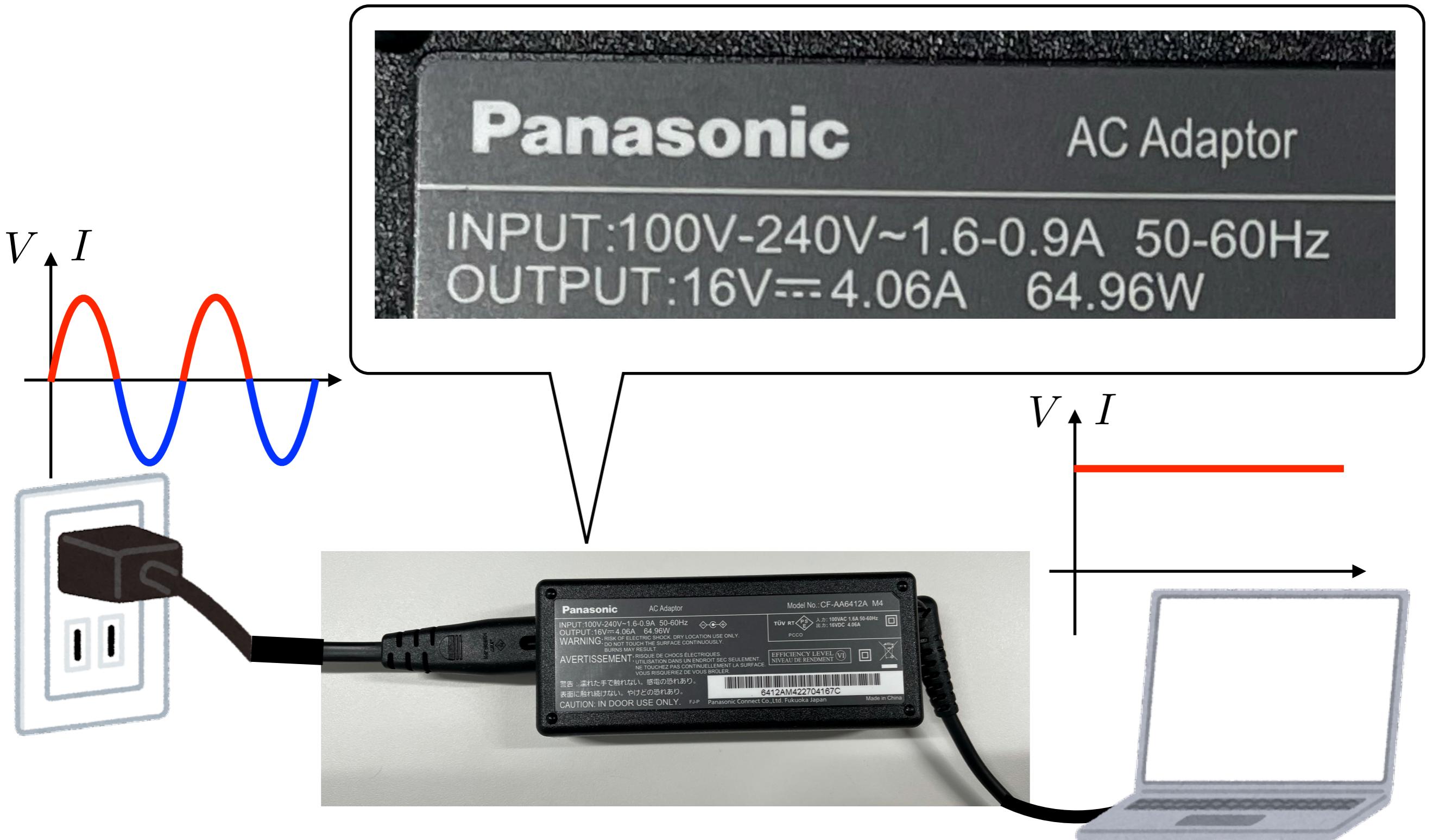
パワーエレクトロニクス技術の活用例

電気の形を用途によって変換する



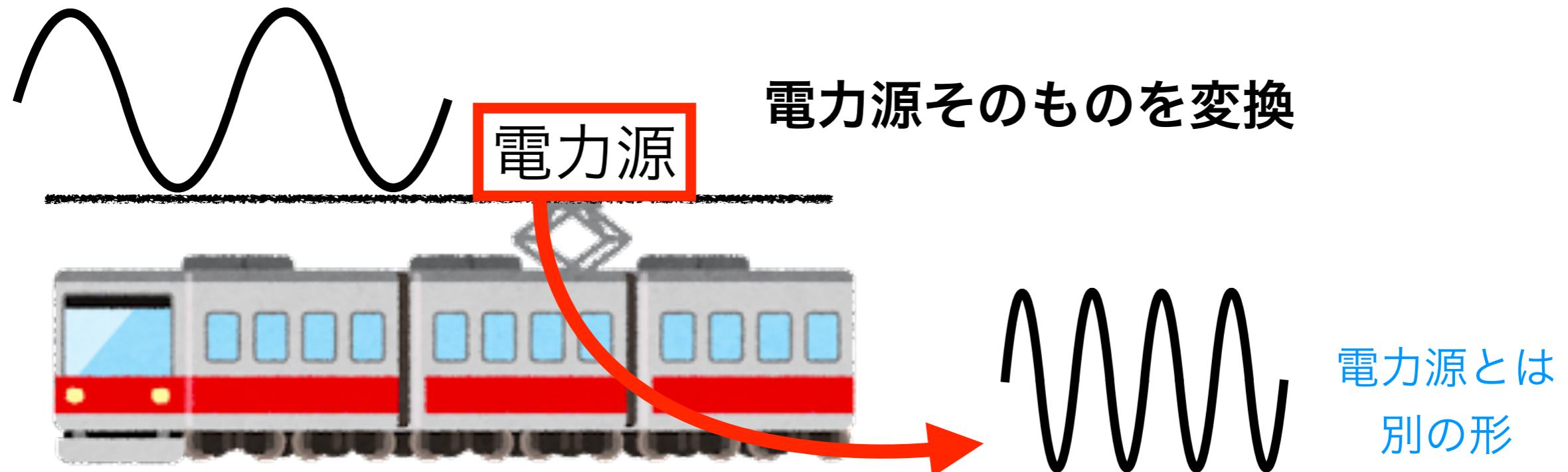
パワーエレクトロニクス技術の活用例

交流から直流に変換しています



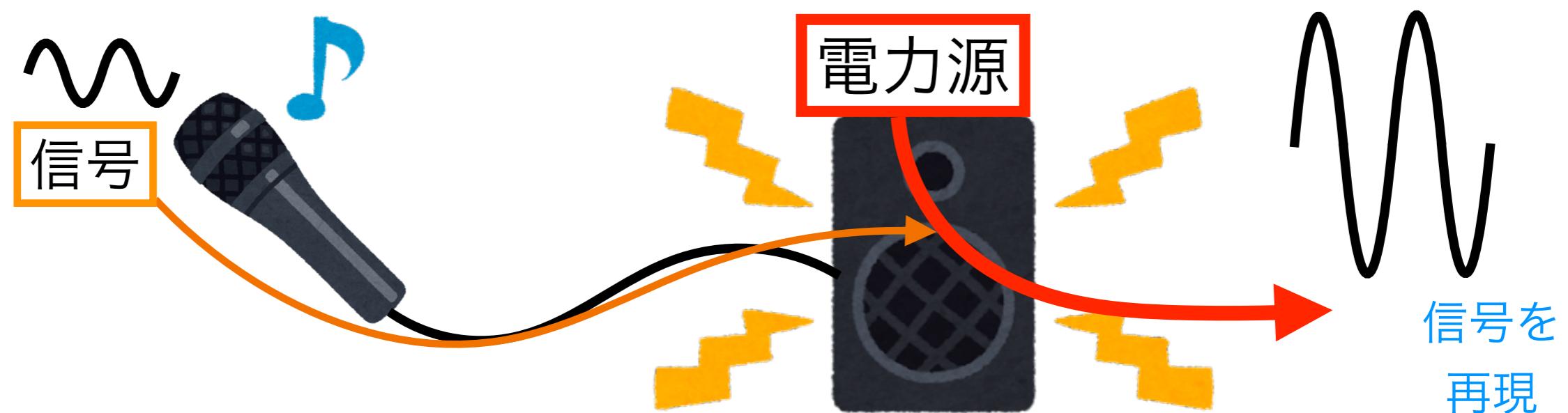
電力変換と電力増幅の違い

電力変換 (\leftarrow パワーエレクトロニクスの対象)



電力増幅

電力源は別にあり、それを使って信号を増幅

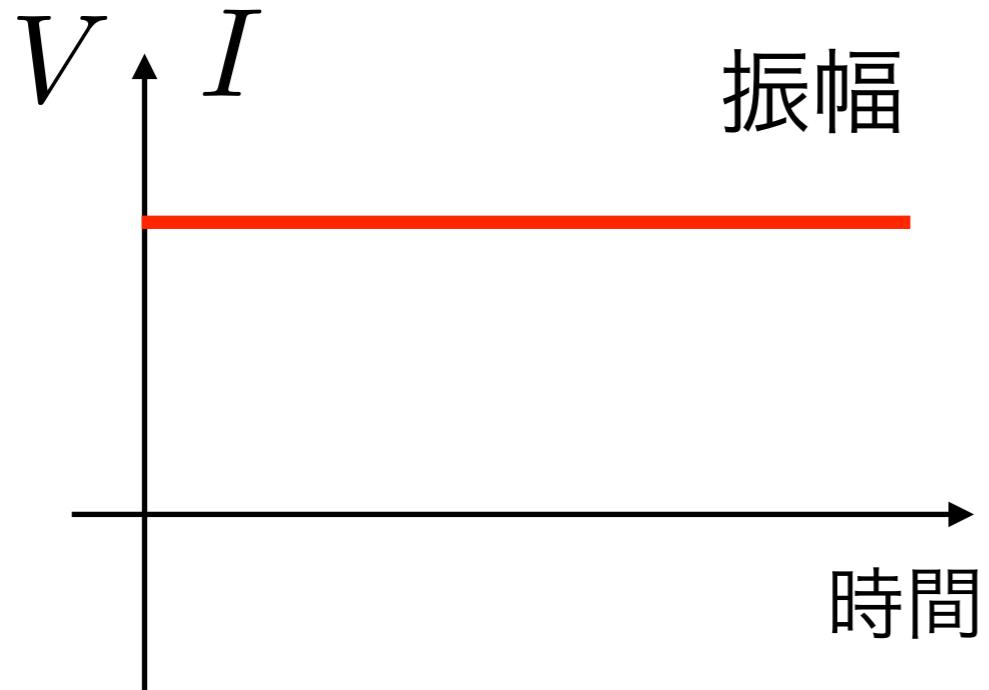


電力変換の種類

動力源として使いやすい形態に変換する

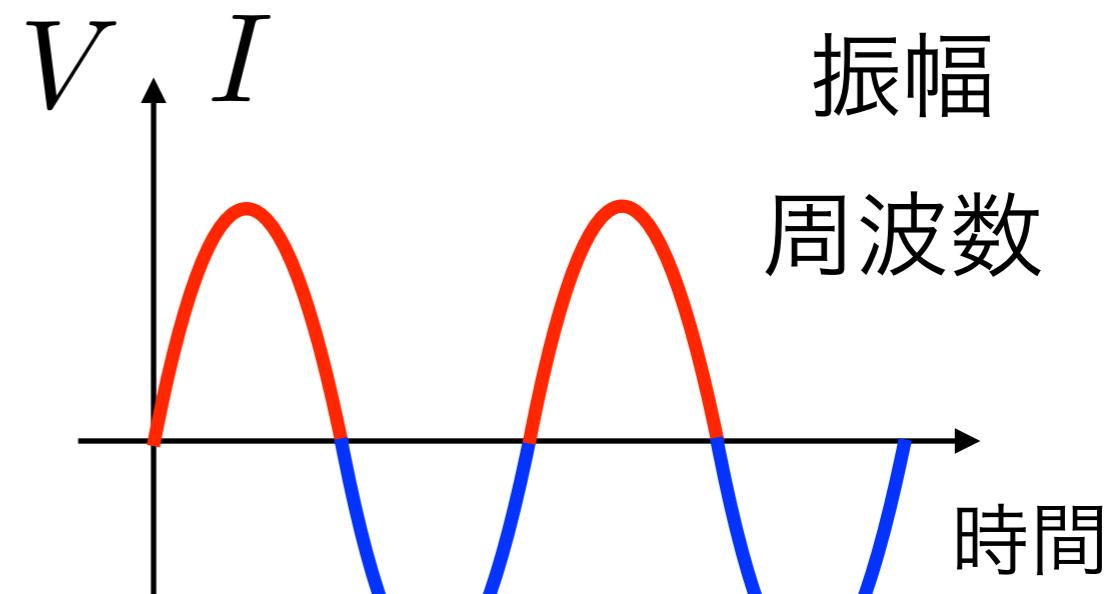
直流

: DC (Direct Current)



交流

: AC (Alternating Current)



入力
直流 (DC)
交流 (AC)



出力
直流 (DC)
交流 (AC)

パワーエレクトロニクスで扱う3つの要素

電子物性論
電子デバイス工学
電気電子材料
電子回路工学Ⅰ
電磁気学Ⅰ～Ⅲ
電磁界理論

ほとんどは
これまでに習った
電気・電子に関する知識の
組み合わせです

スイッチングデバイス
(半導体)

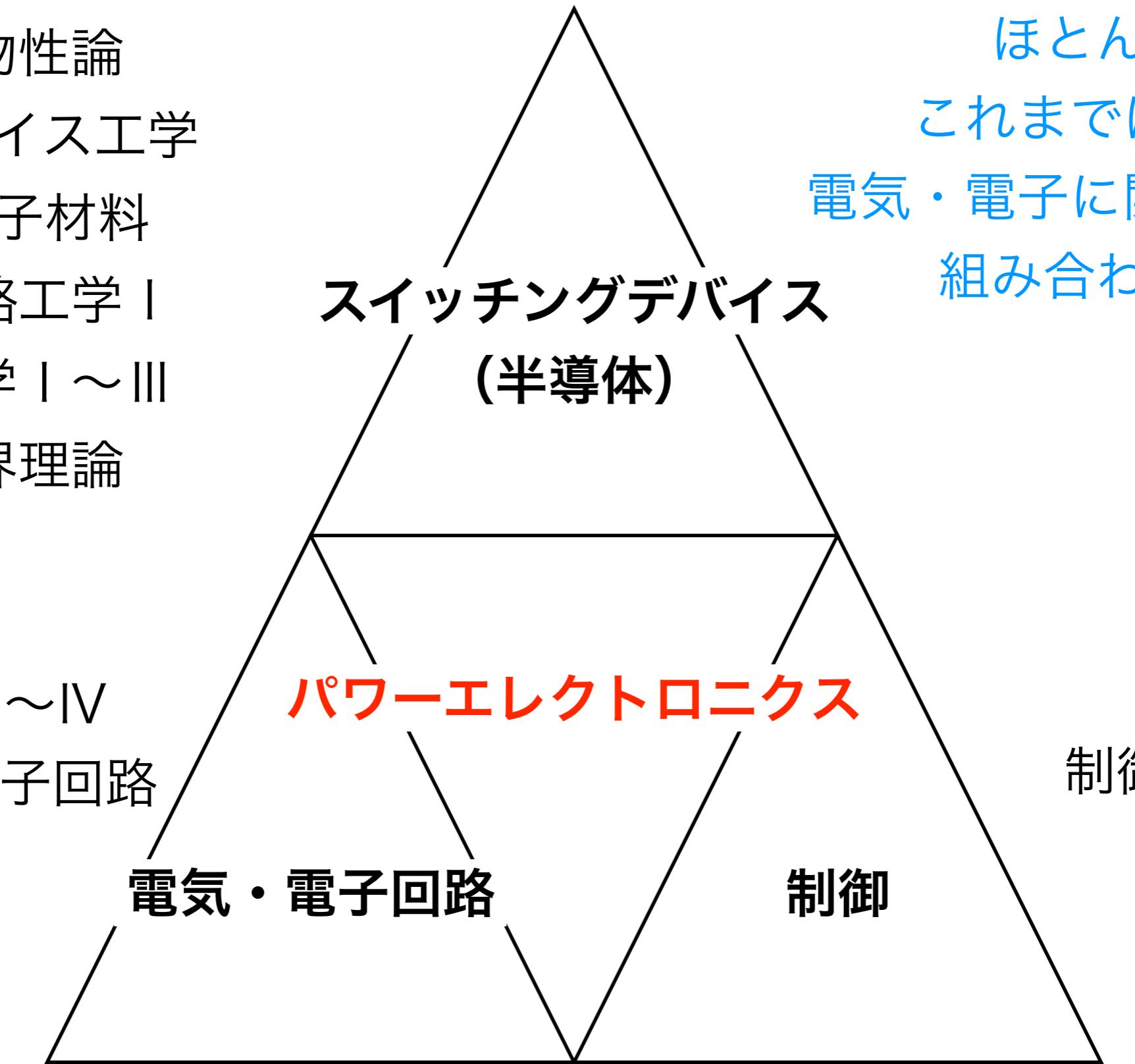
パワーエレクトロニクス

制御

制御工学Ⅰ

電気・電子回路

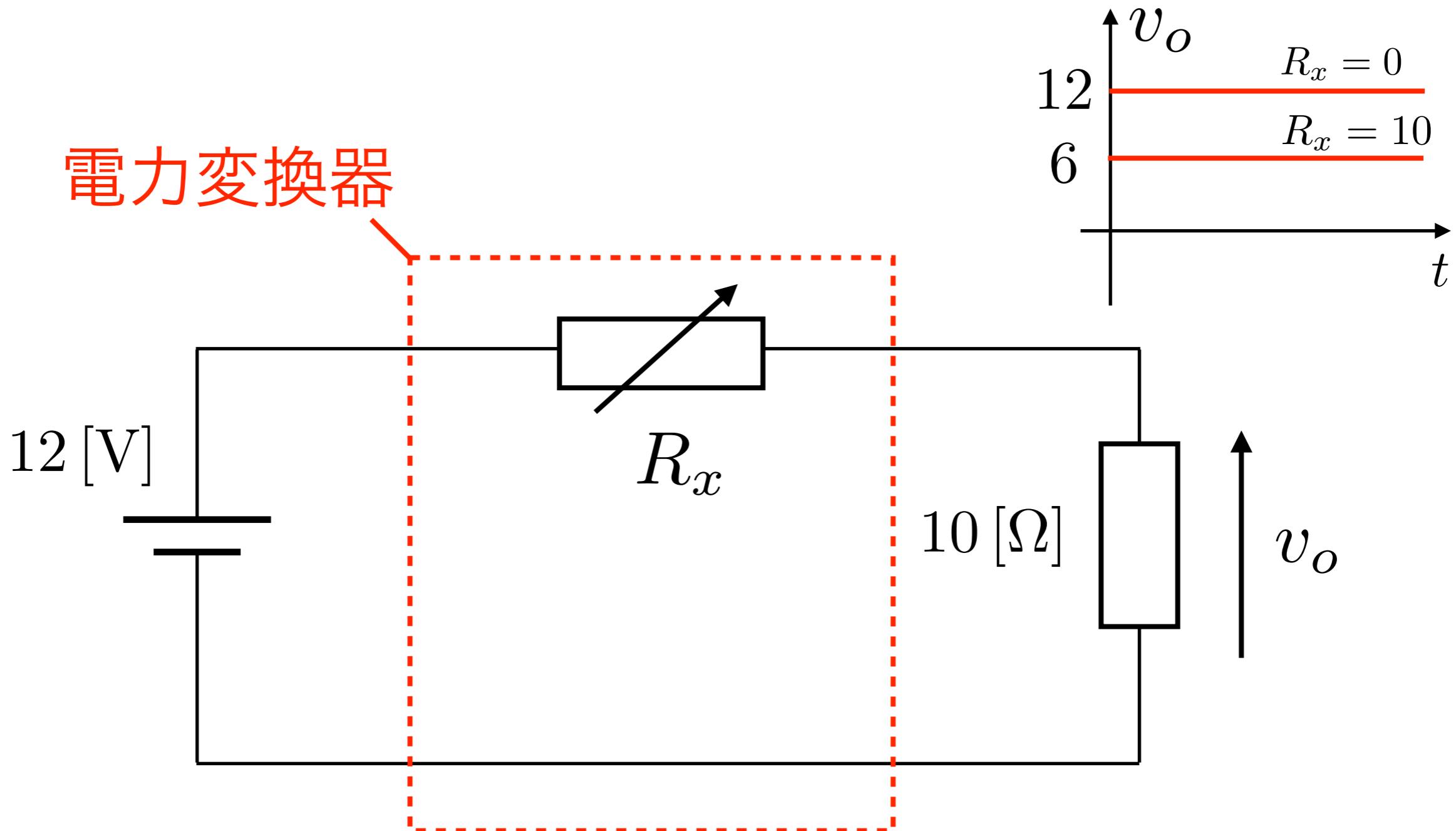
電気回路Ⅰ～Ⅳ
ディジタル電子回路



可変抵抗を用いた電力変換

最も簡単な電力変換

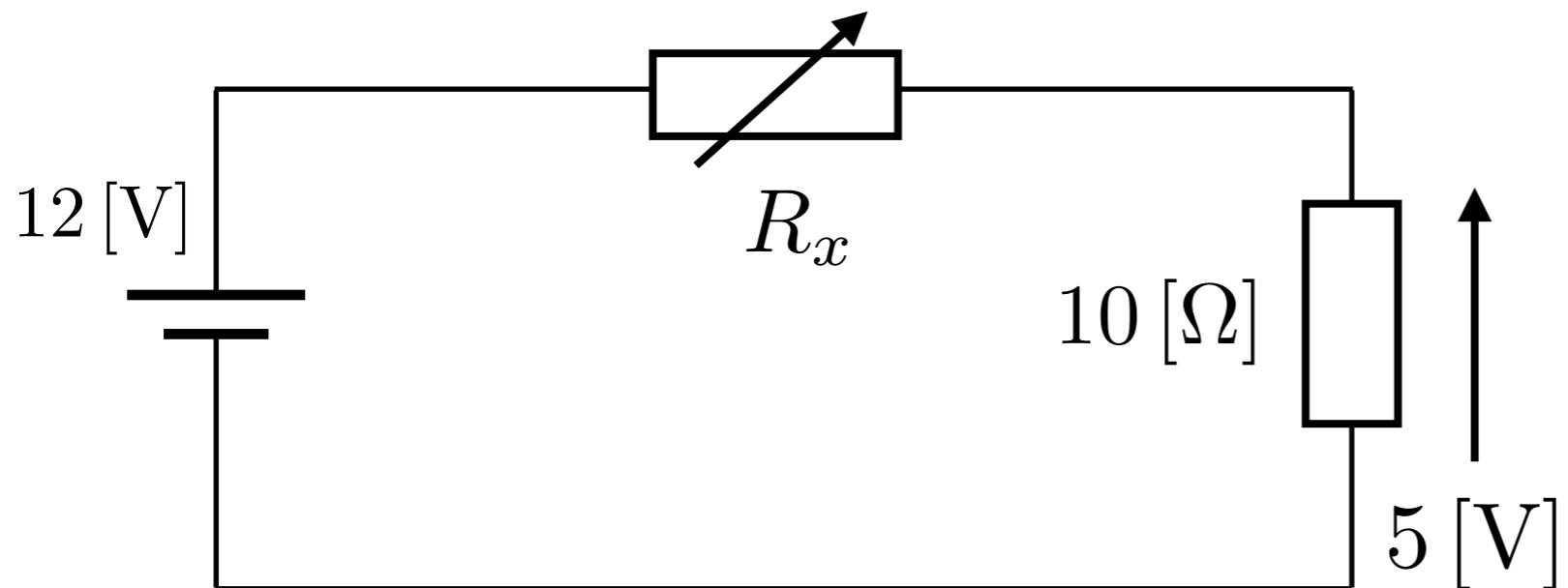
抵抗を変えることで負荷にかかる電力を変えることができる



負荷を5Vで駆動させるには何Ωにすれば良い？

可変抵抗を用いた電力変換

負荷を5Vで駆動させるには何Ωにすれば良い？



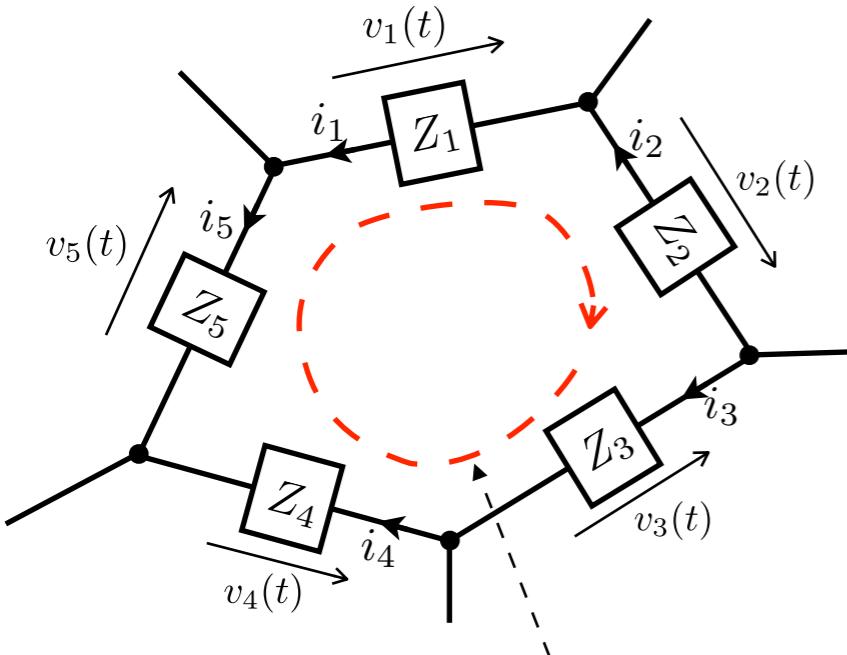
12Vから5Vに直流電圧を変換します

回路理論の復習

回路理論で使うのはこの3つの法則だけ

KVL

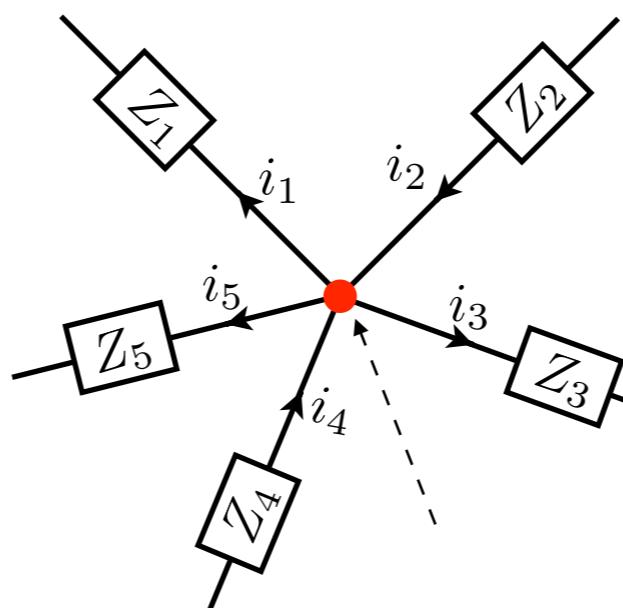
: キルヒ霍ッフの電圧則



$$v_1(t) + v_2(t) - v_3(t) - v_4(t) + v_5(t) = 0$$

KCL

: キルヒ霍ッフの電流則



$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 + i_5 = 0$$

枝構成式

(オームの法則)

抵抗

$$v(t) = R i(t)$$

コイル

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

コンデンサ

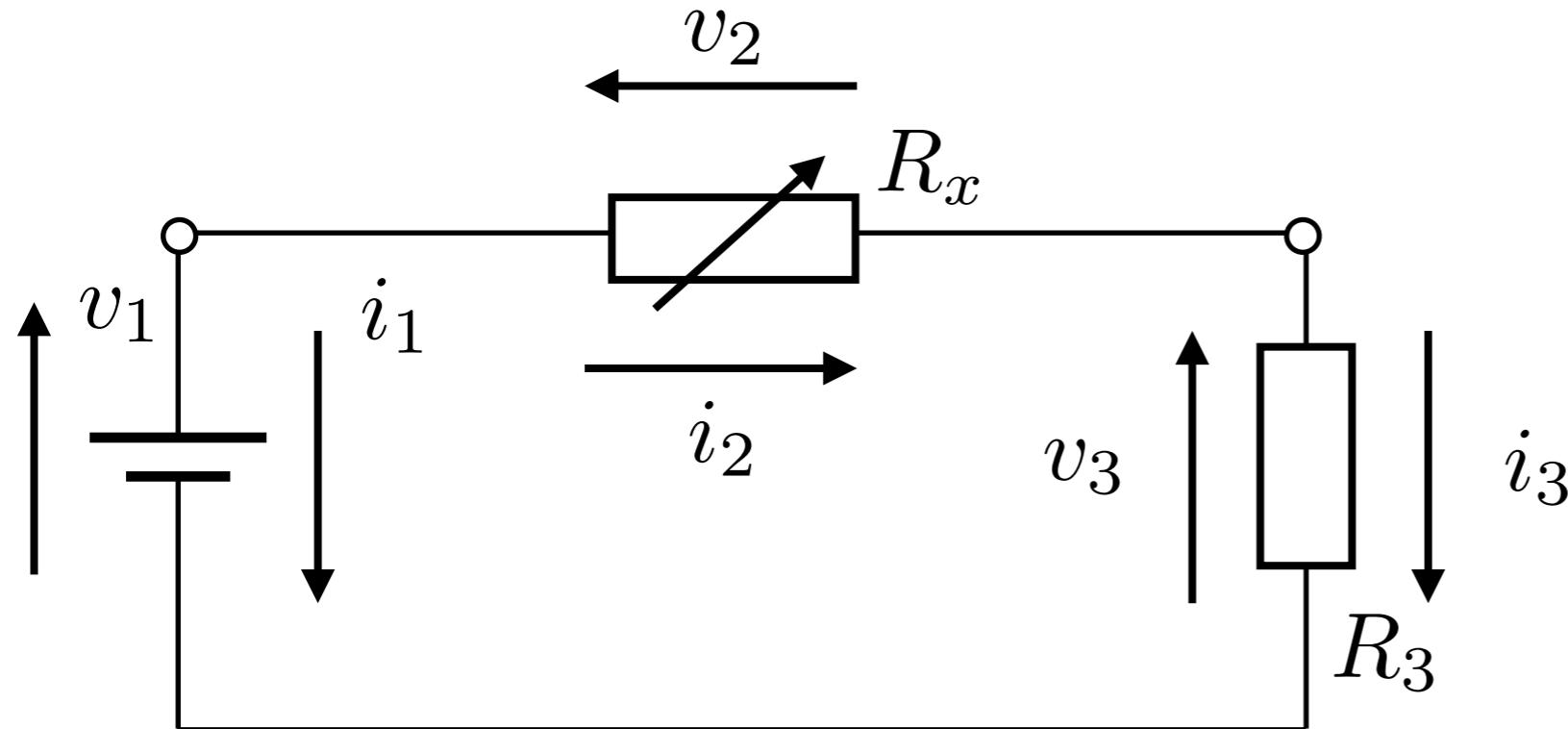
$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$



求めたい未知数について解く

回路問題の定式化

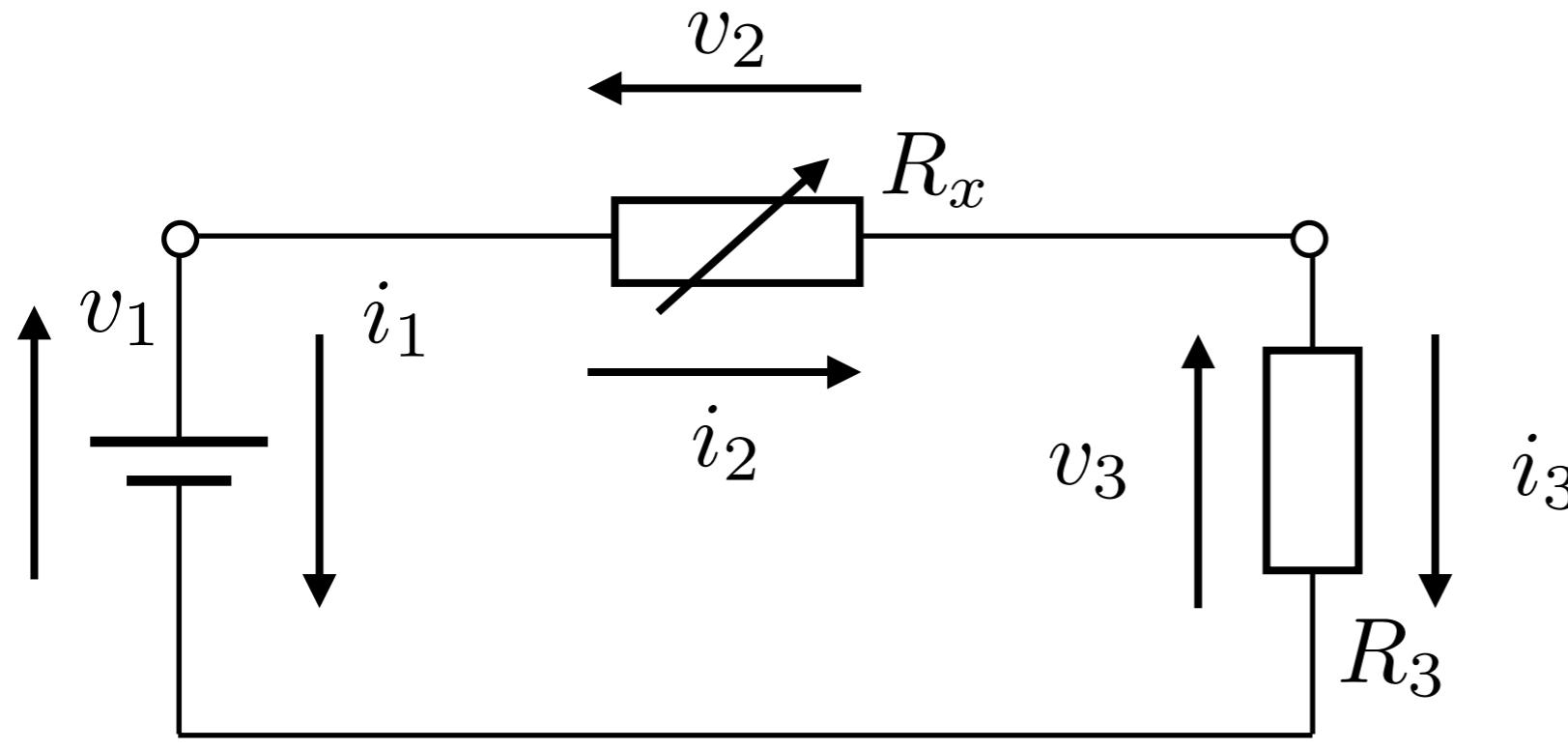
KVLとKCLと枝構成式を全て書き出してみる



これができれば
どんな回路の問題も解けます

回路問題の定式化

KVLとKCLと枝構成式を全て書き出してみる



KVL

$$v_1 - v_2 - v_3 = 0$$

KCL

$$i_1 + i_2 = 0$$

$$-i_2 + i_3 = 0$$

枝構成式

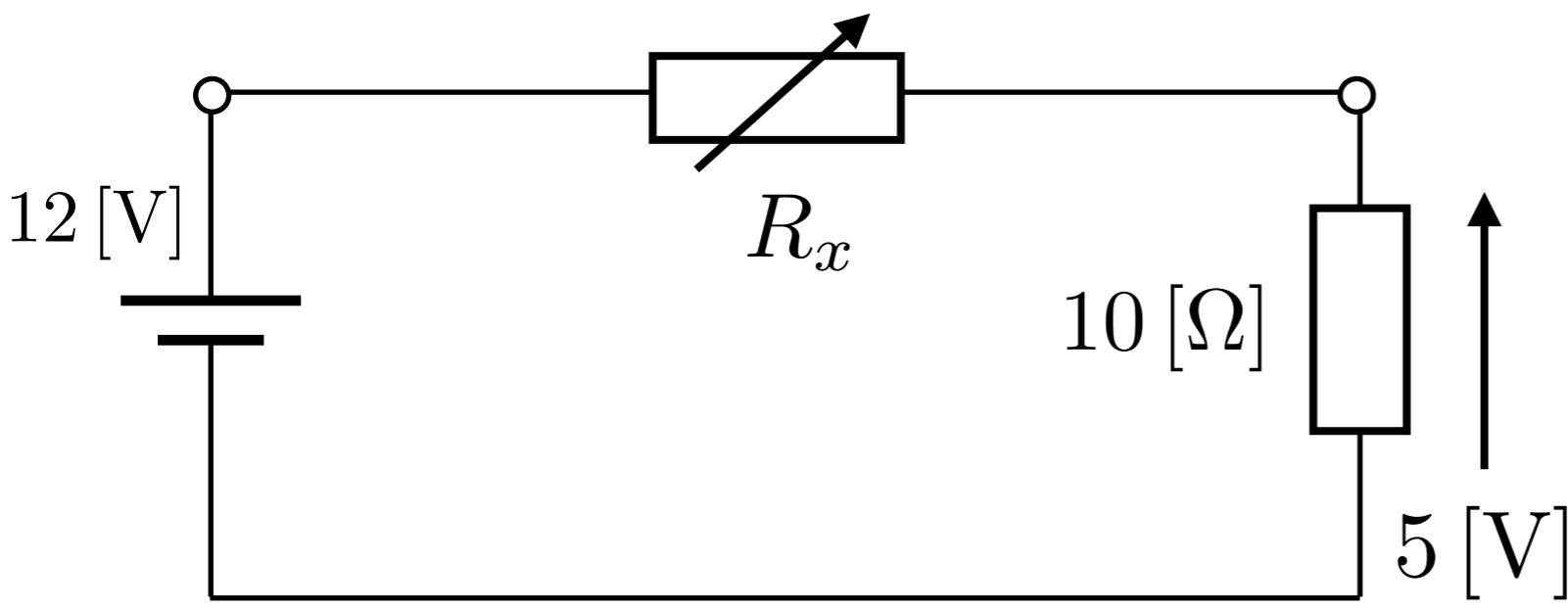
これができれば
どんな回路の問題も解けます

$$v_2 = R_x i_2$$

$$v_3 = R_3 i_3$$

可変抵抗を用いた電力変換

負荷を5Vで駆動させるには何Ωにすれば良い？



KVL

$$\underline{v_1} - \underline{v_2} - \underline{v_3} = 0$$

KCL

$$i_1 + i_2 = 0$$

$$-i_2 + i_3 = 0$$

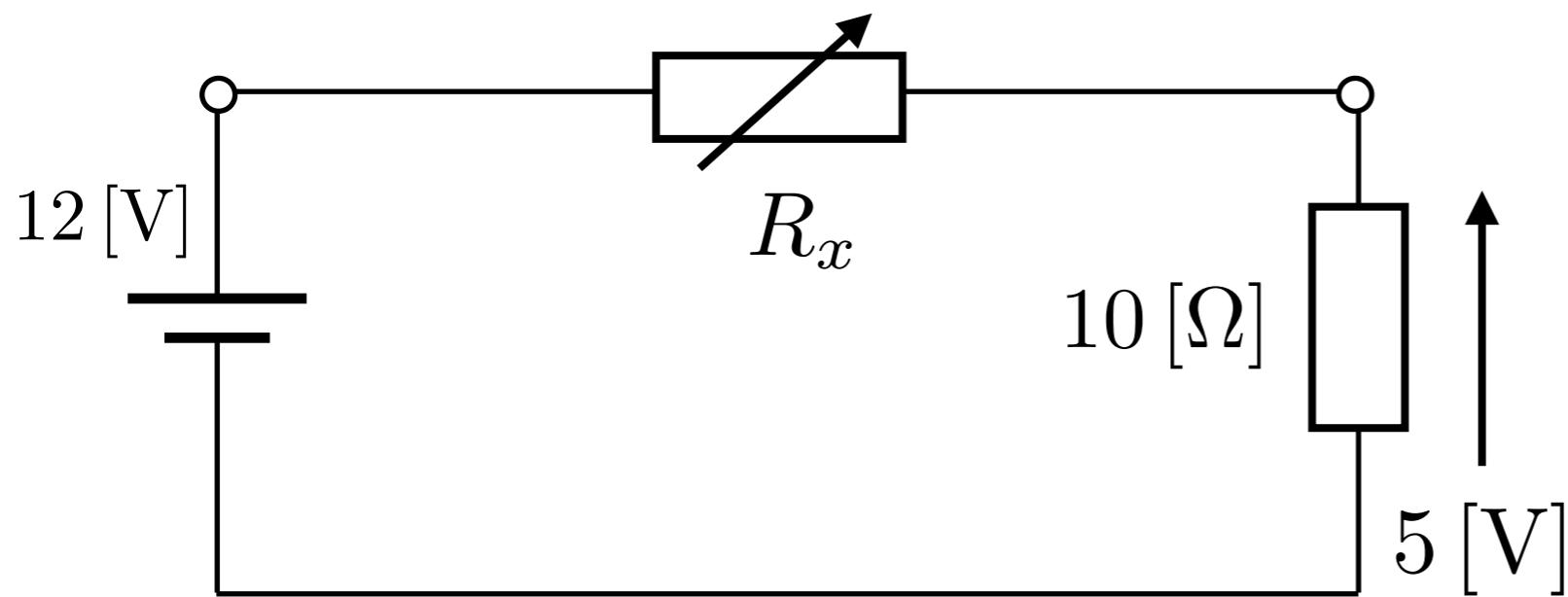
枝構成式

$$v_2 = R_x i_2$$

$$\underline{v_3} = \underline{R_3 i_3}$$

可変抵抗を用いた電力変換

負荷を5Vで駆動させるには何Ωにすれば良い？



KVLから

$$v_2 = 12 - 5 = 7$$

枝構成式から

$$i_3 = \frac{5}{10} = 0.5$$

KCLから

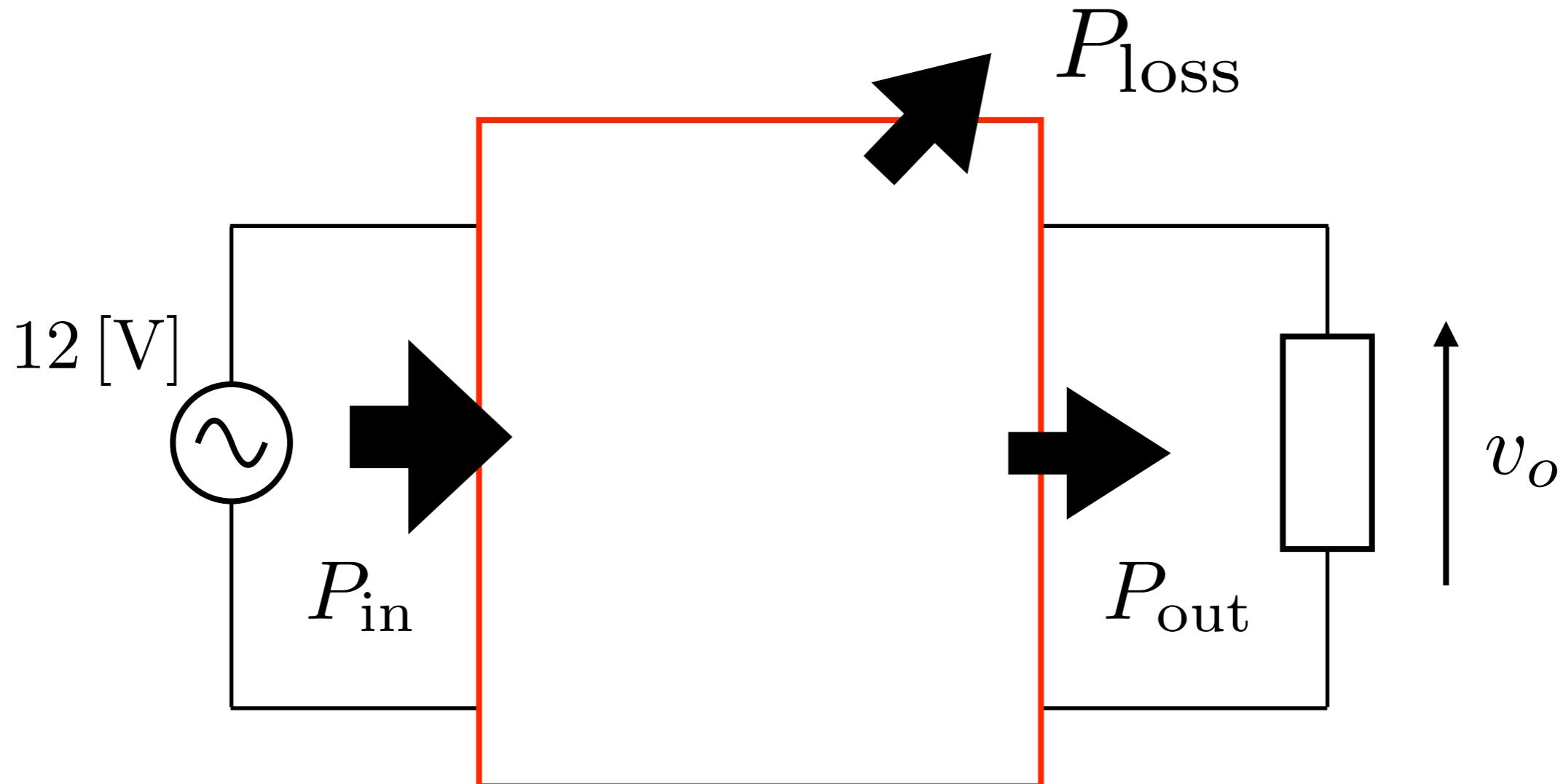
$$i_2 = i_3 = 0.5$$

$$R_x = \frac{v_2}{i_2} = \frac{7}{0.5} = 14$$

電力変換の効率

入力した電力がどれだけ活用される？

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

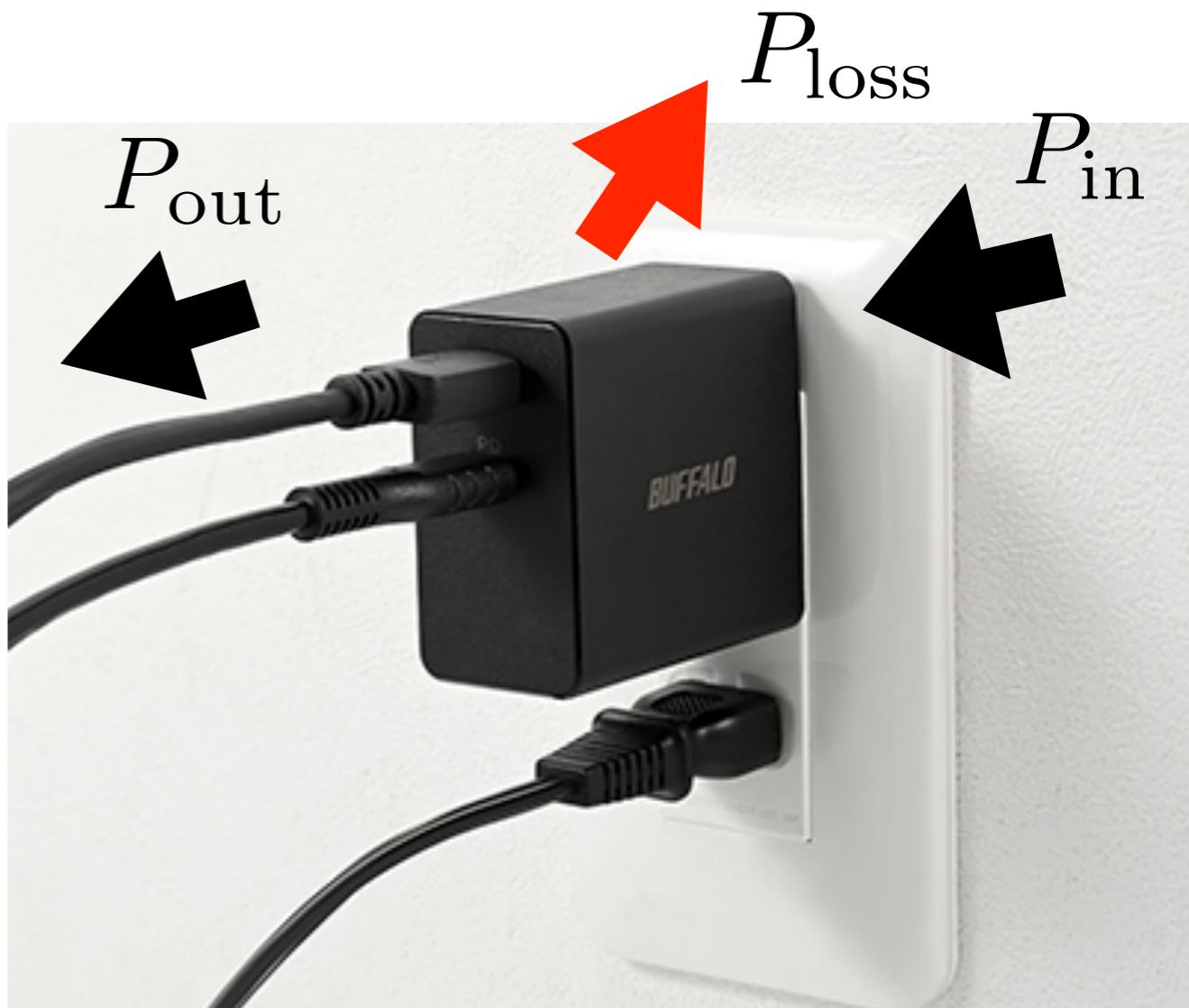
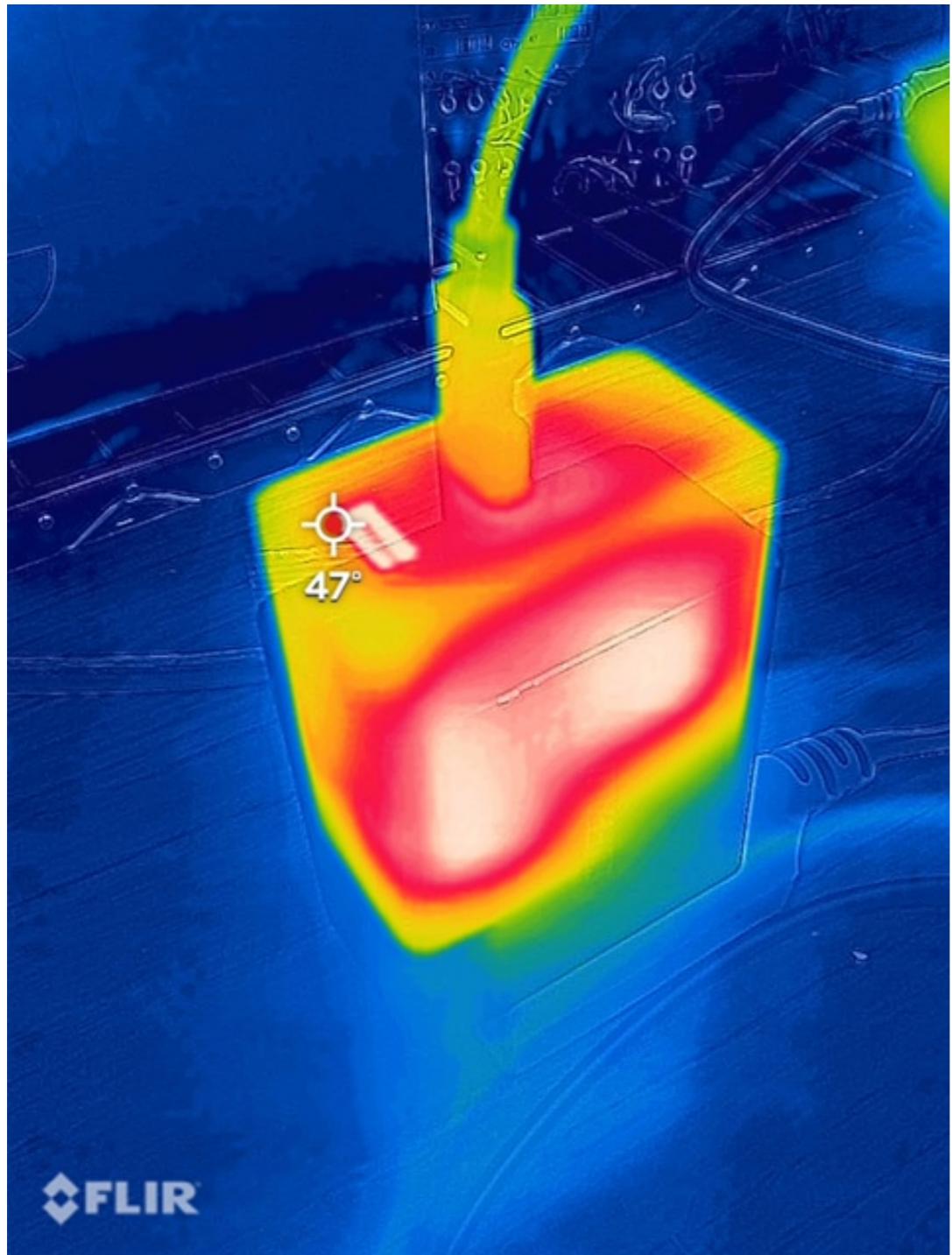


$$P = VI$$

$$[\text{W}] = [\text{V} \cdot \text{A}] = [\text{J}/\text{s}]$$

電力変換の効率

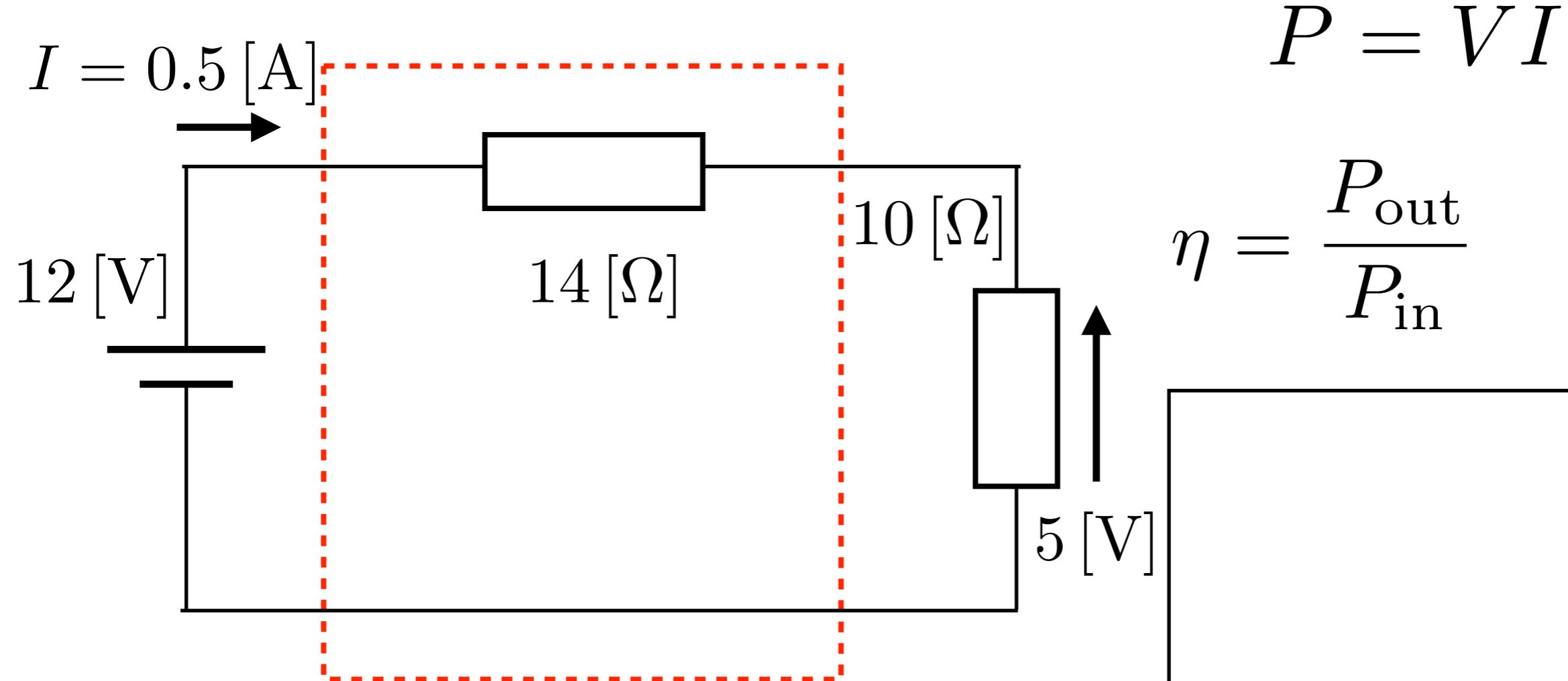
電力変換時の損失 (Loss) は熱の原因となる



<https://www.buffalo.jp/product/detail/bsacpd5200bk.html>

可変抵抗の電力変換の効率は？

負荷電圧を12Vから5V変換した際の効率は？



可変抵抗の電力変換の効率は？

負荷電圧を12Vから5V変換した際の効率は？

$$I = 0.5 \text{ [A]}$$
$$P = VI$$
$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$
$$= \frac{5 \times 0.5}{12 \times 0.5}$$
$$= 0.41666$$

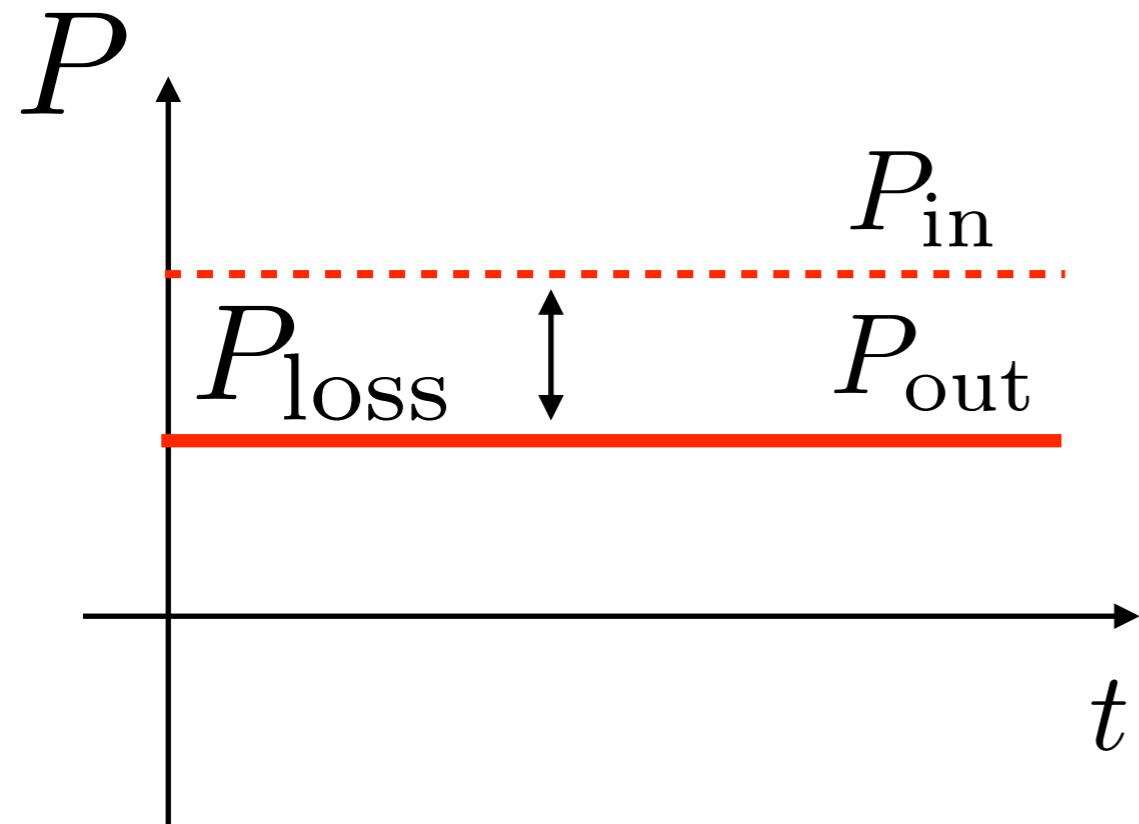
それ以外 (58%) は抵抗で
ジュール熱として捨てている

約42%

スイッチを使った電力変換

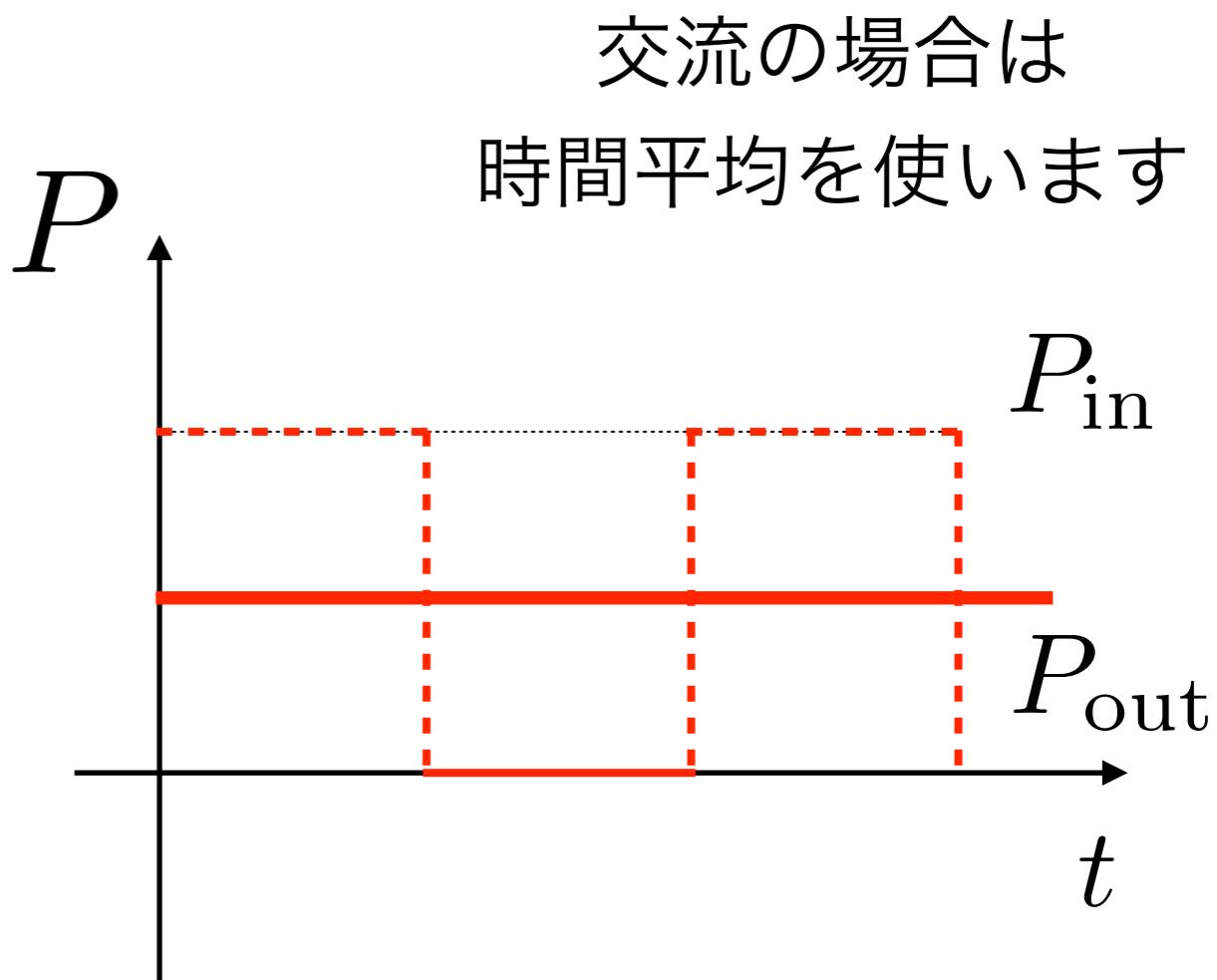
← パワエレの核心

電力[J/s]=1秒あたりに使うエネルギー



可変抵抗による電力変換

使わない電力は抵抗でジューク熱
として消費→効率が悪い

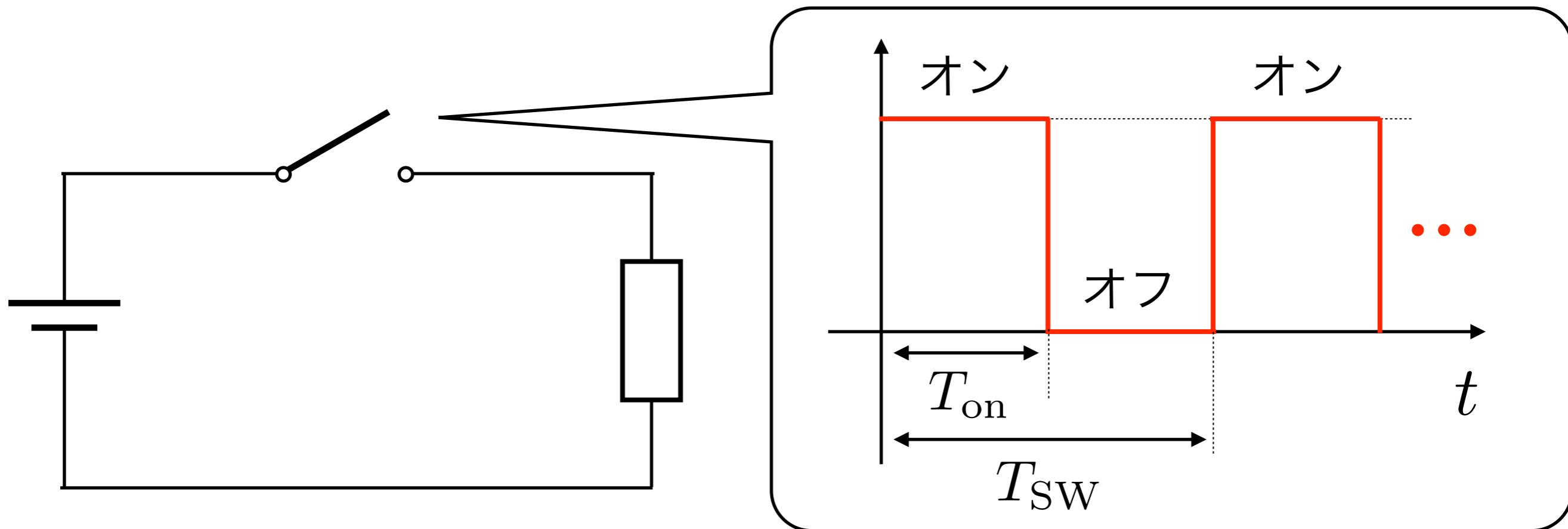


スイッチのオンオフでも
電力変換をすることができる

理想的には効率100%の
電力変換が可能

スイッチング（オンオフ動作）に関する用語

パワエレはデューティー比で電力変換を制御する

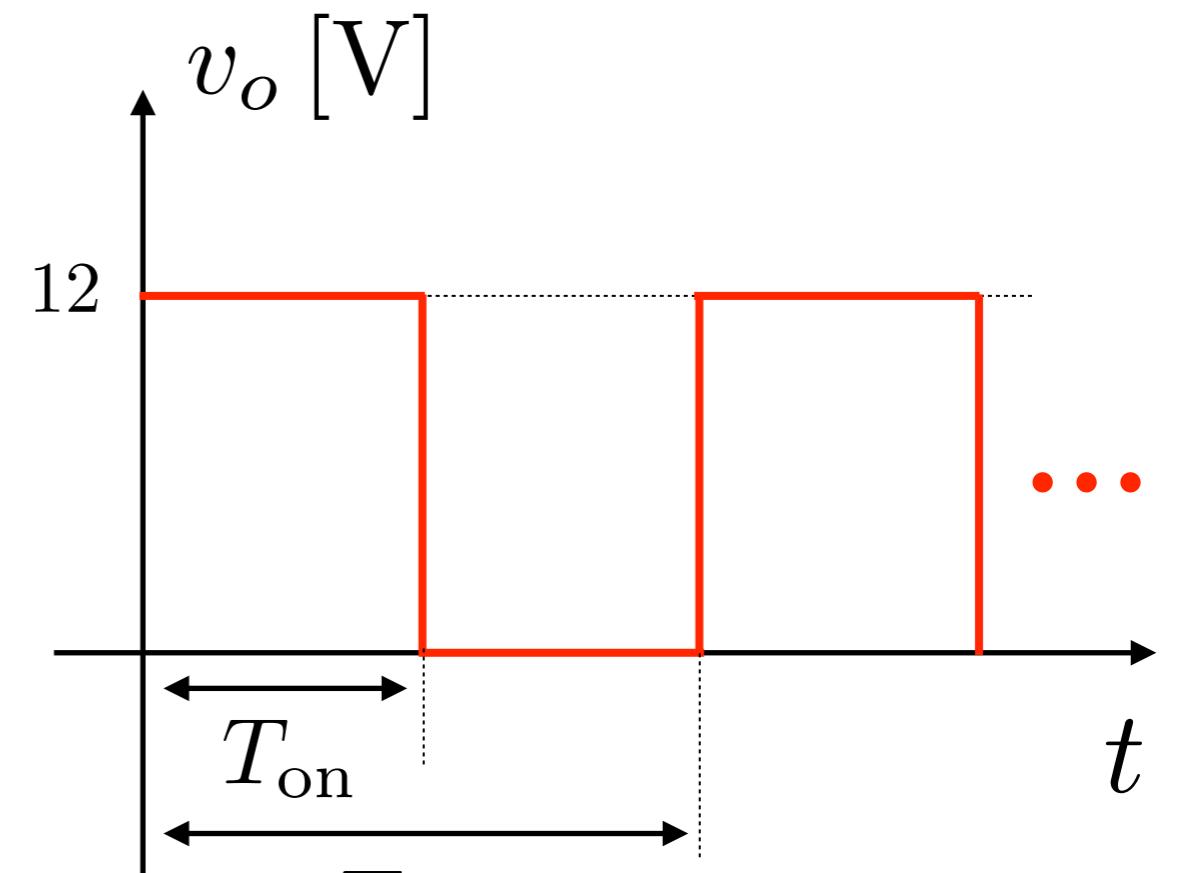
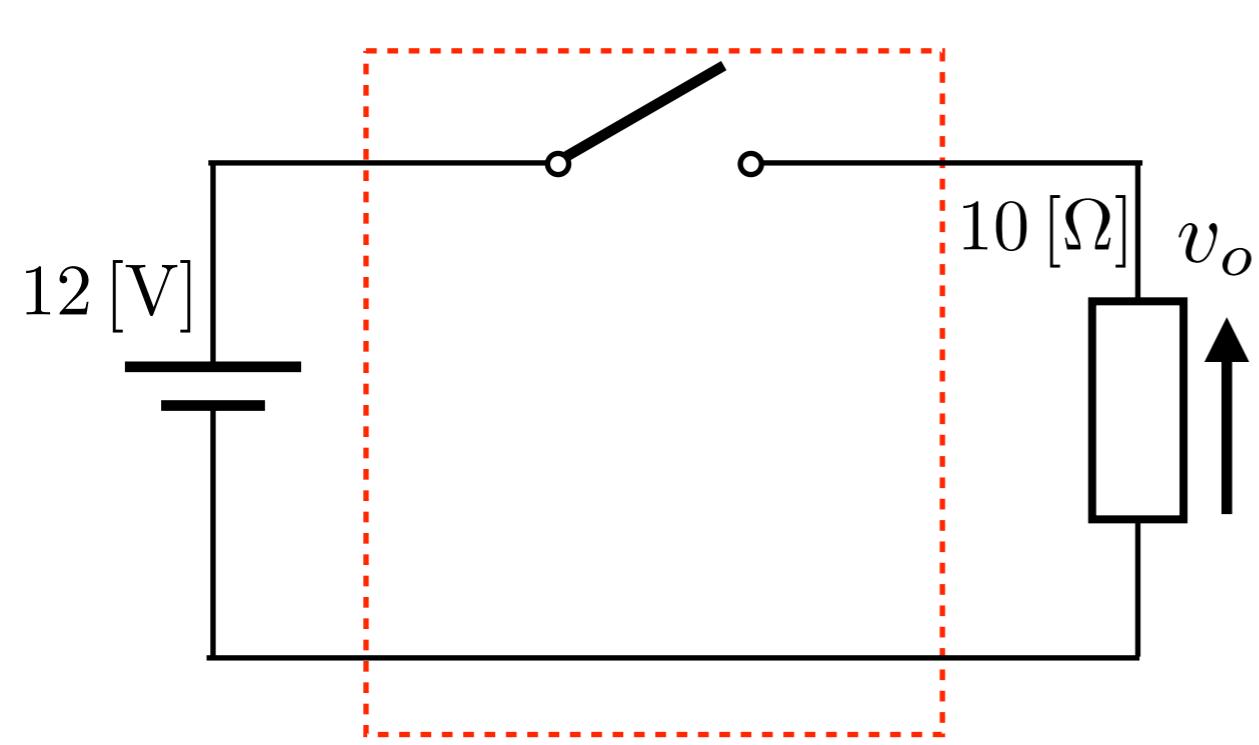


どれぐらい長くオンするか → デューティー比： $D = \frac{T_{on}}{T_{SW}}$

どれぐらい早くオン・オフするか → スイッチング周期： $f_{SW} = \frac{1}{T_{SW}}$

スイッチを使った電力変換

時間平均で負荷にかかる電圧を5Vにするには？



$$\bar{v}_o = \frac{1}{T_{SW}} \int_0^{T_{SW}} v(t) dt$$

$$= \frac{1}{T_{SW}} \times 12T_{on} = \frac{T_{on}}{T_{SW}} \times 12 = \underline{\underline{D}} \times 12$$

デューティ比

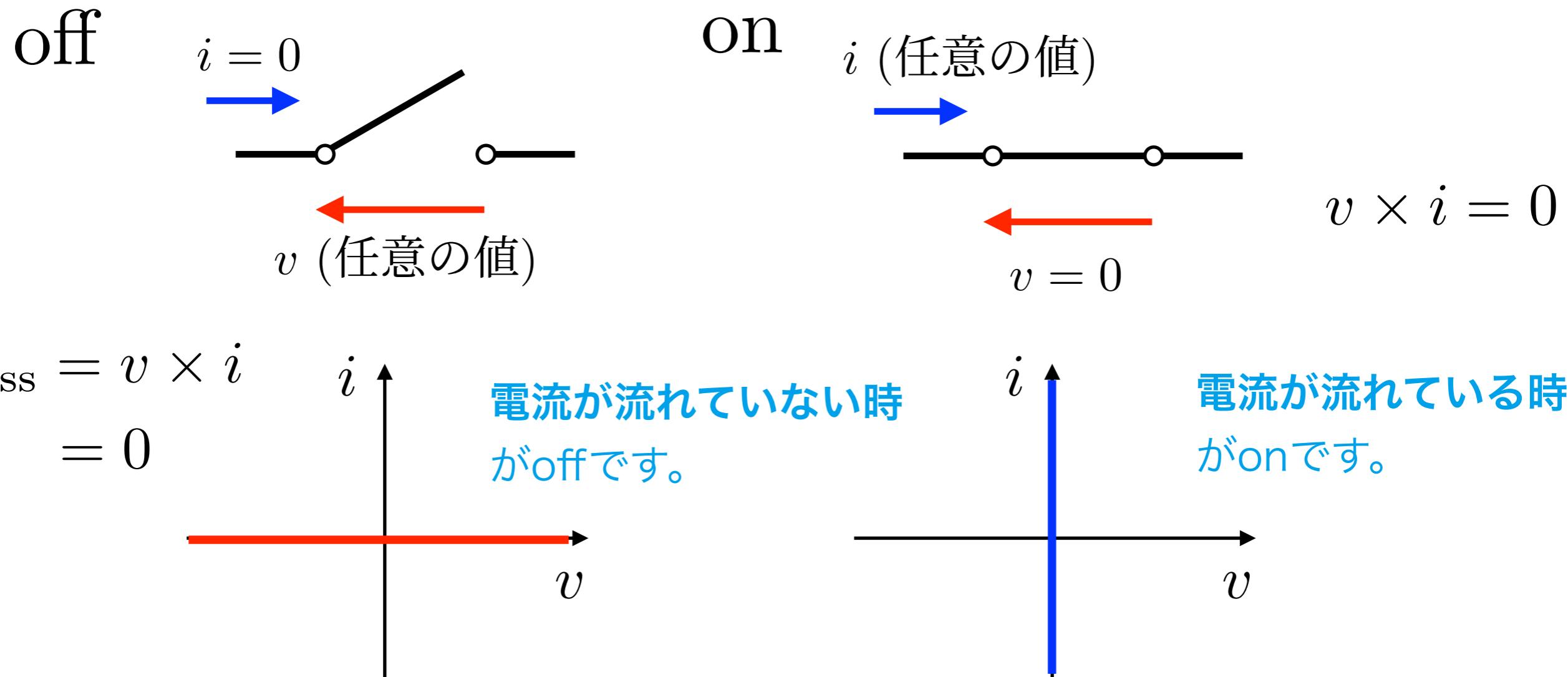
スイッチング周波数

$$f_{SW} = \frac{1}{T_{SW}}$$

理想的なスイッチの性質

理想的なスイッチは瞬間的にon・offでき、電力を消費しない

- ① 0秒ででスイッチon・off
- ② スイッチoff時は電流は流れない
- ③ スイッチon時は電圧降下はない



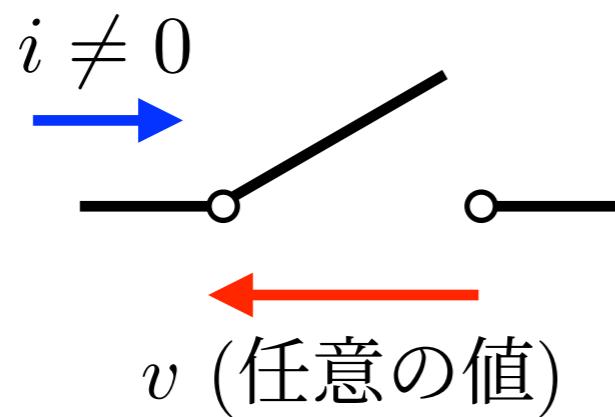
実際のスイッチの性質

これは半導体の物理から来ています
その原理は来週説明します

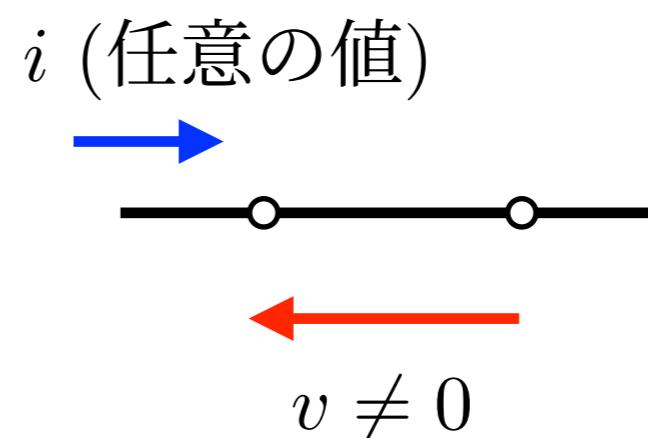
スイッチでは電力を消費する

- ① 短い時間でスイッチon・off
- ② スイッチoff時は電流は流れる
- ③ スイッチon時は電圧降下がある

off

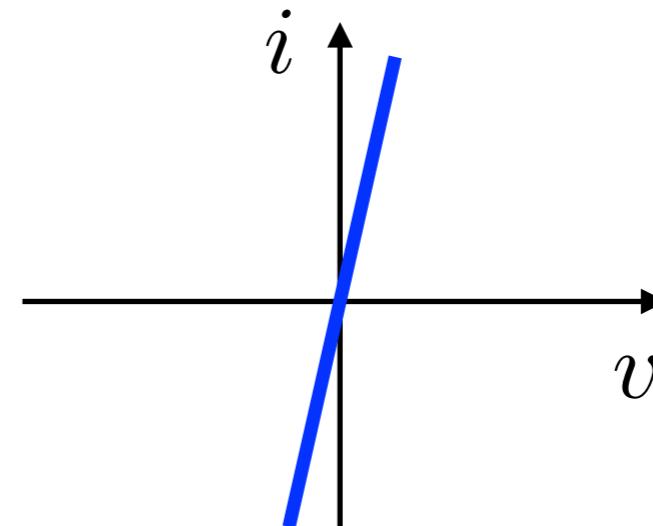
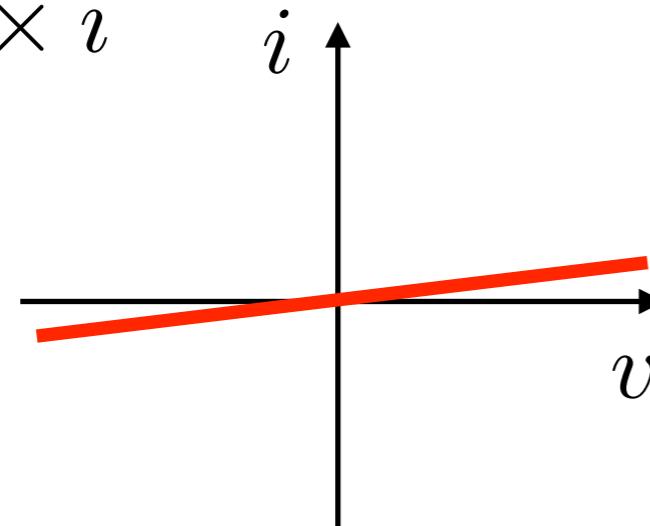


On

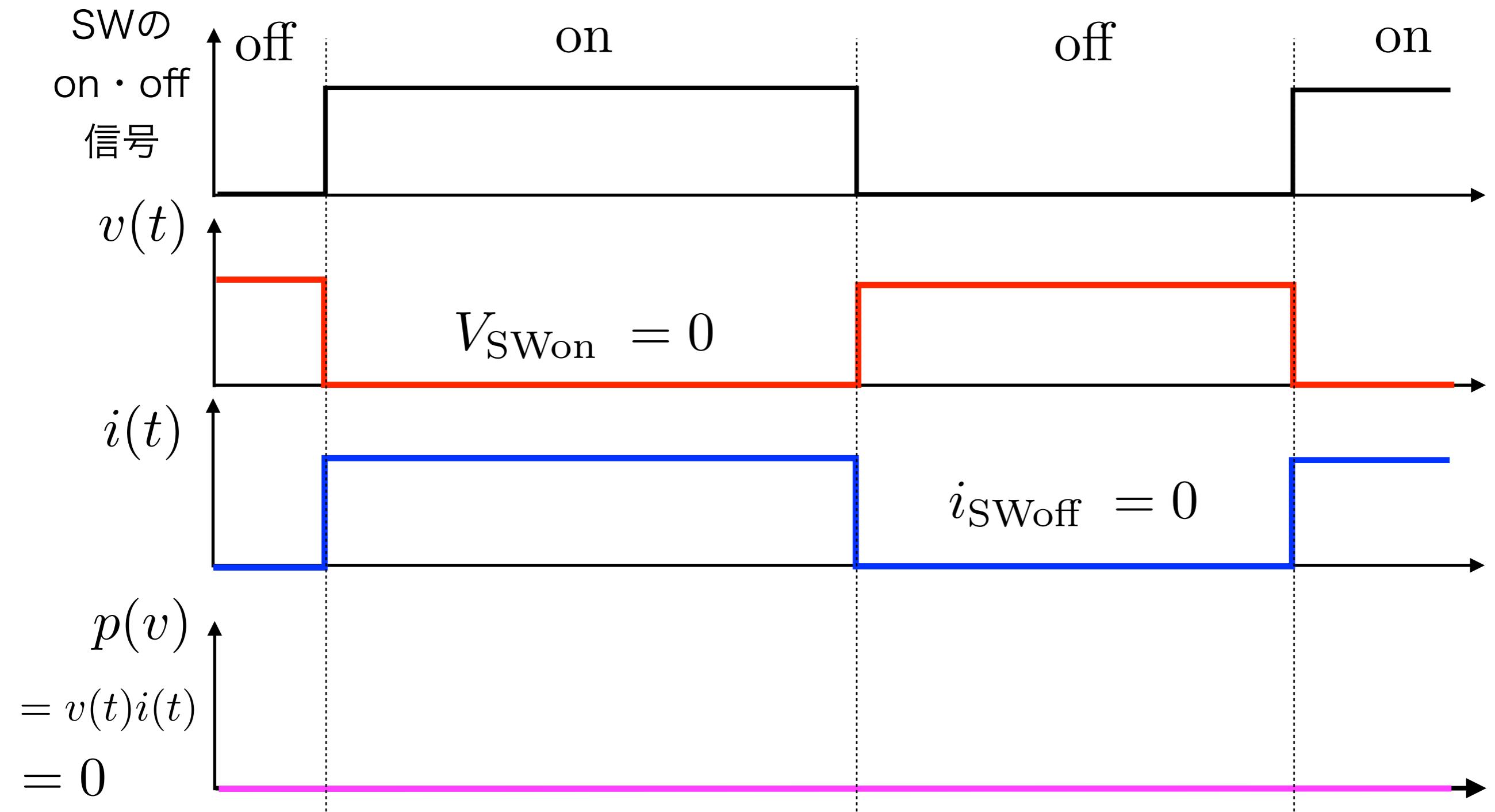
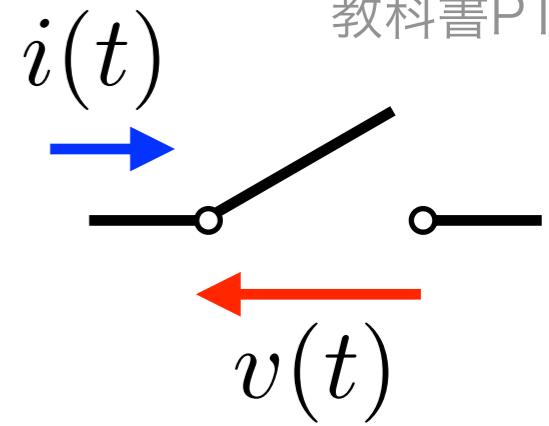


$$v \times i \neq 0$$

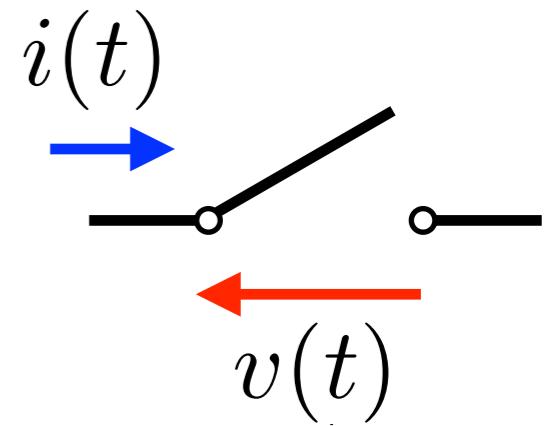
$$p_{\text{loss}} = v \times i \neq 0$$



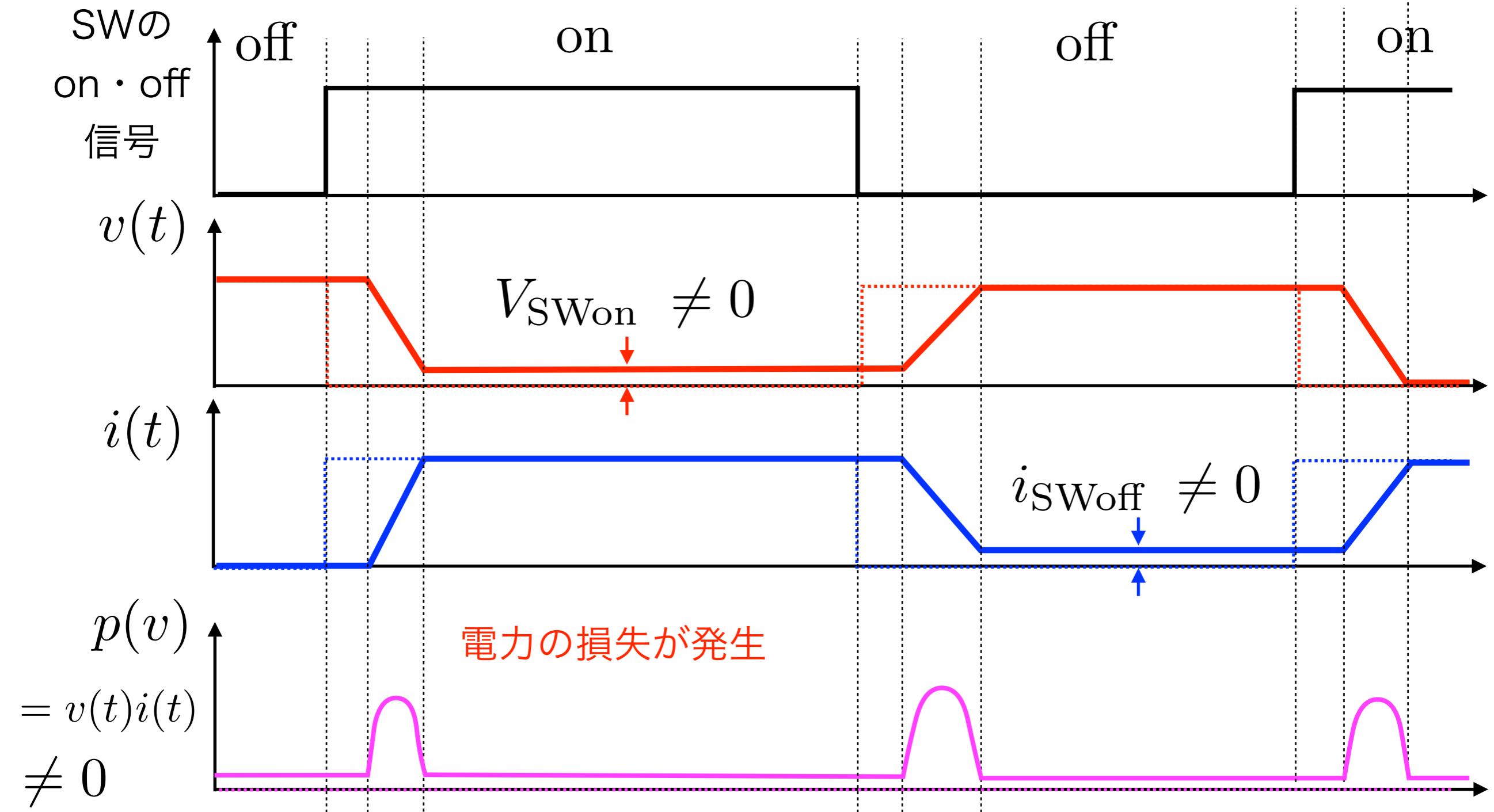
理想的なスイッチの電力の時間変化



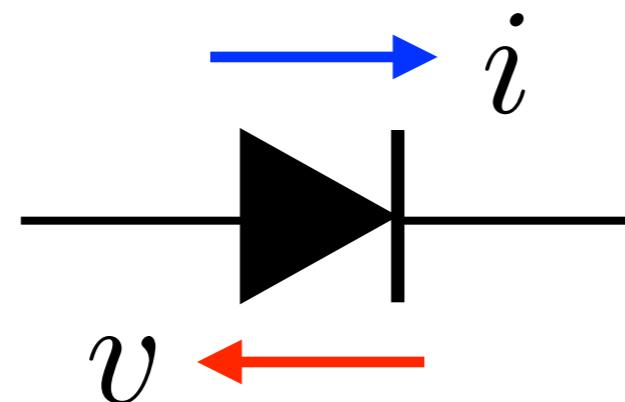
実際のスイッチの電力の時間変化



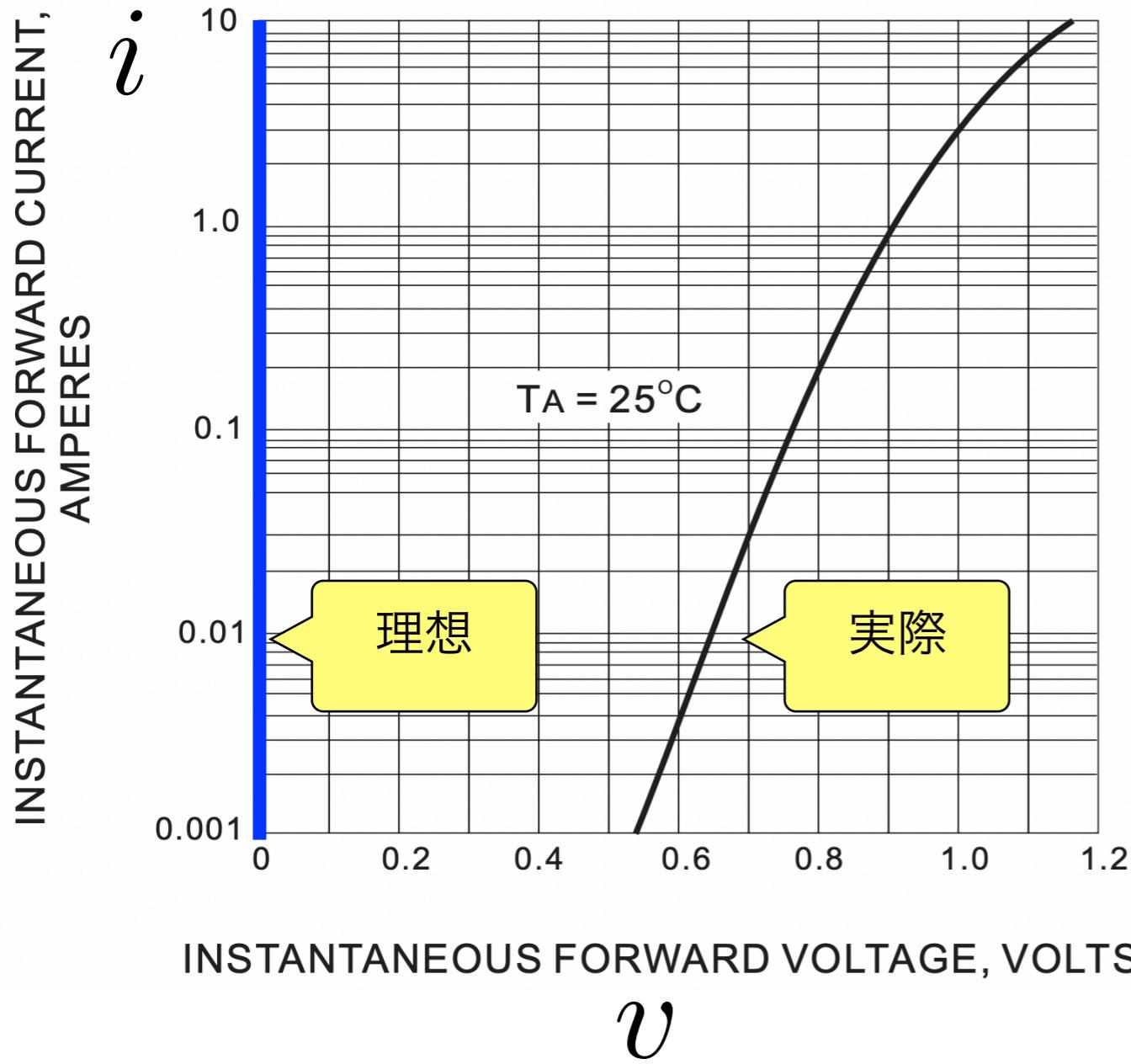
遅れて、時間を伴ってon・offする



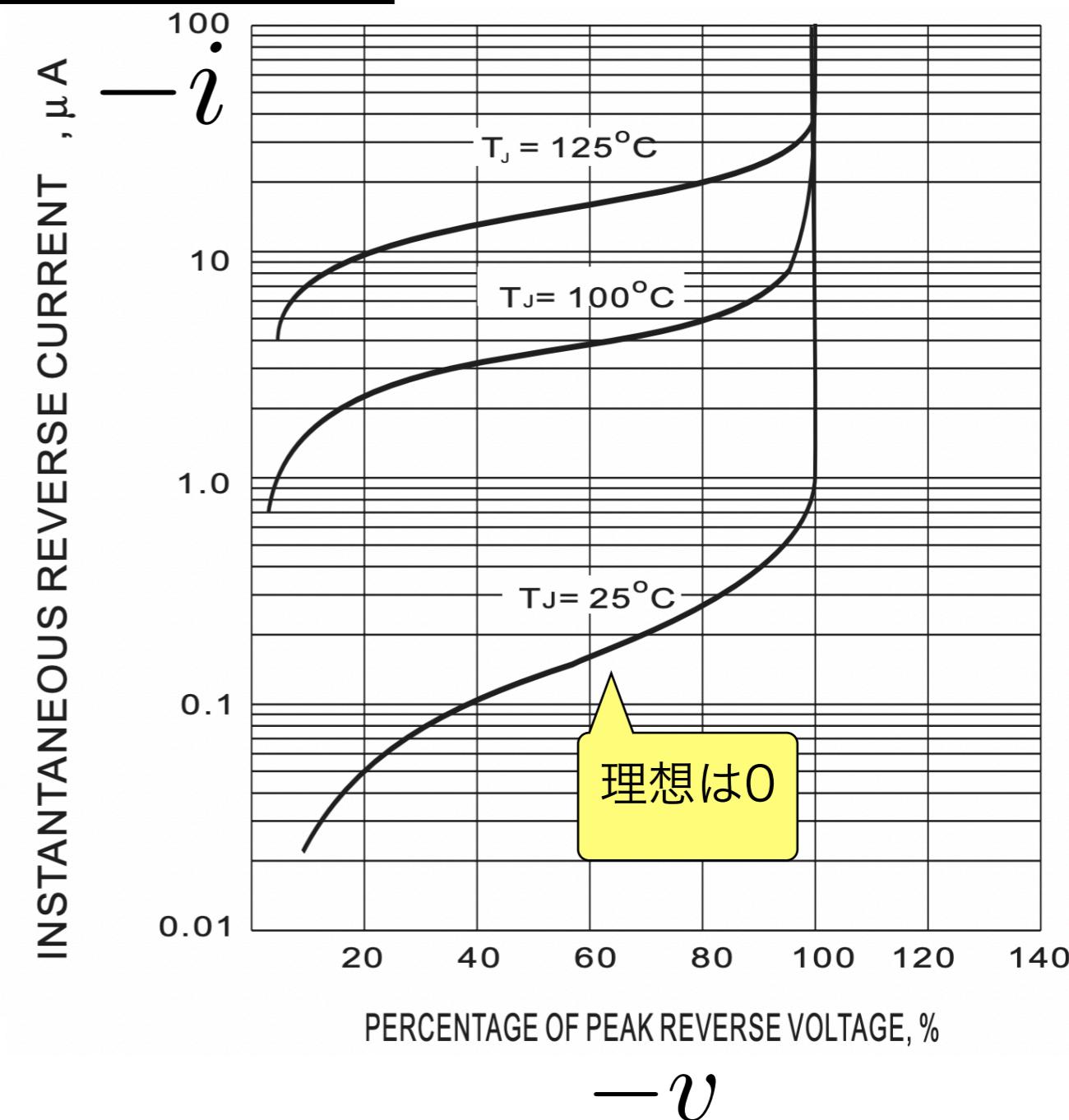
実際のスイッチ (ダイオードの特性)



オン時の特性



オフ時の特性



秋月電子：高圧整流用ダイオード
1000V2A PG2010
<https://akizukidensi.com/catalog/g/g107785/>

まとめ

パワーエレクトロニクスの概要について説明した

- ・電力変換の意味と日常生活での応用例
- ・可変抵抗を用いた電力変換
- ・効率の良い電力変換の方法→スイッチング
- ・実際のスイッチング素子（半導体）の損失