－回路理論－

テキスト

書名：基礎からの電気回路
著者：永井，奥野　共著
出版社：昭晃堂
ISBN4-7856-1207-X　C3054　¥2400E

学部の演習室から下記ホームページ上の資料をダウンロード

http://www.ic.sci.yamaguchi-u.ac.jp/Japanese/

１　電気回路の基礎

1.1電気回路

○「電気回路」

回路素子：電源，部品

電源：電圧源，電流源

部品：抵抗R

インダクタンスL（コイル，トランス）

キャパシタンスC（コンデンサ）

電気回路→線形システム

（システム論の基礎）

○「電子回路」

ダイオード，トランジスタ，IC などの素子を扱う

1.2　回路素子

（１）抵抗

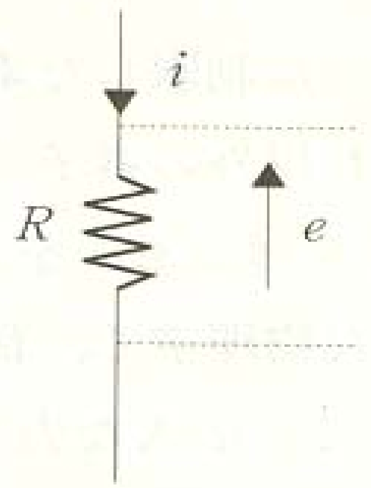

図 1.1　抵抗

$$e = Ri$$　（オームの法則）

電圧e,　電流i,　抵抗R

R: レジスタ（素子），レジスタンス（性質）

e: ボルト（単位）［volt，V］

i: アンペア（単位）［ampere，A］

R: オーム（単位）［ohm，Ω］

$$i = \frac{1}{R} e = Ge$$

G：ジーメンス［siemens, S］

（２）インダクタンス

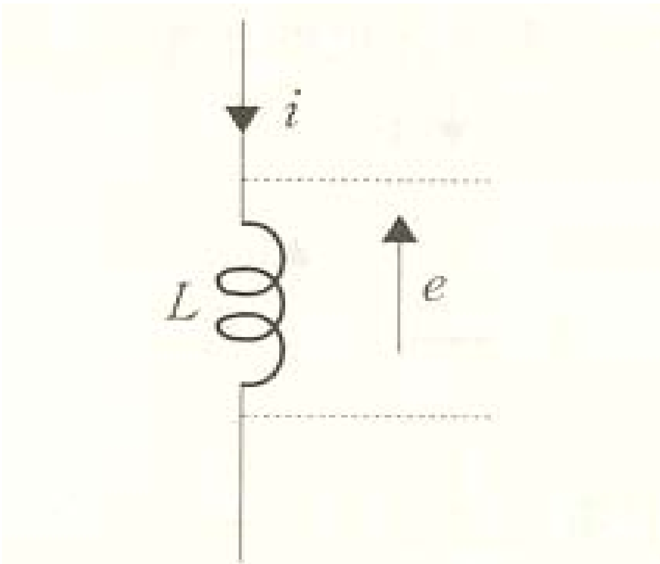

図 1.2 インダクタ

$$e = L \frac{di}{dt}$$

L: インダクタ（素子），インダクタンス（性質）

L: ヘンリー（単位）［henry，H］

インダクタに電流iを流すと
磁束ϕが生じる

$$\phi = Li$$

ϕ: ウェーバ（単位）［weber，Wb］

磁束ϕが変化すると，レンツの法則により，
それをうち消すような起電力eが生じる

$$e = \frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt} Li = L\frac{di}{dt}$$

（３）キャパシタンス

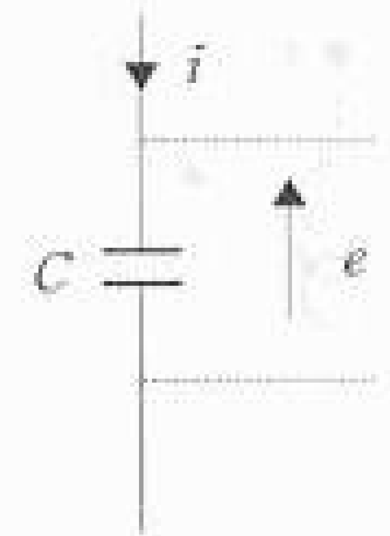

図 1.3　キャパシタ

$$i = C\,\frac{de}{dt}$$

C: キャパシタ（素子），キャパシタンス（性質）
C: ファラッド（単位）［farad，F］

キャパシタに電圧eを印可すると
電荷qが蓄えられる．

$$q = Ce$$

q：クーロン（単位）［coulomb，C］

電流iは電荷qの時間変化

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}Ce$$

$$= C\frac{de}{dt}$$

1.3　受動・線形・時不変

R, L, C の素子は
　内部にエネルギー源を含まず「受動」
　素子の値が電圧, 電流によらず「線形」
　その性質が時間とともに変化しない
　「時不変」

1.4　電源

（１）電圧源

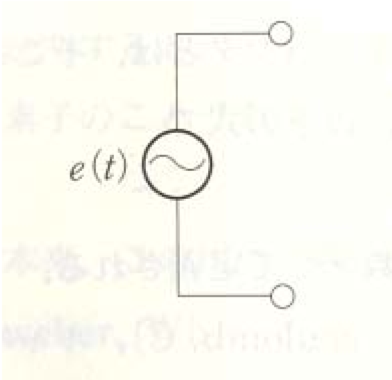

図 1.4　電圧源

出力端子に何をつないでも, そこの電圧が
e(t) となる装置（理想的）

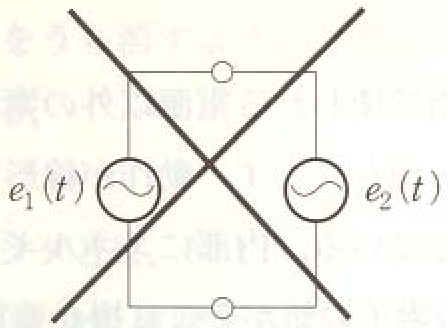

図 1.5　電圧源の禁止された接続例

電源圧の並列接続は禁止（定義が成立しない）

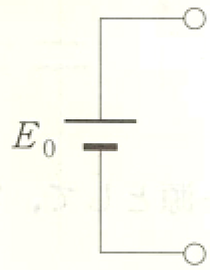

図 1.6　直流電圧源

理想的な電池（時間に関係なく一定電圧）

［例題 1. 1］

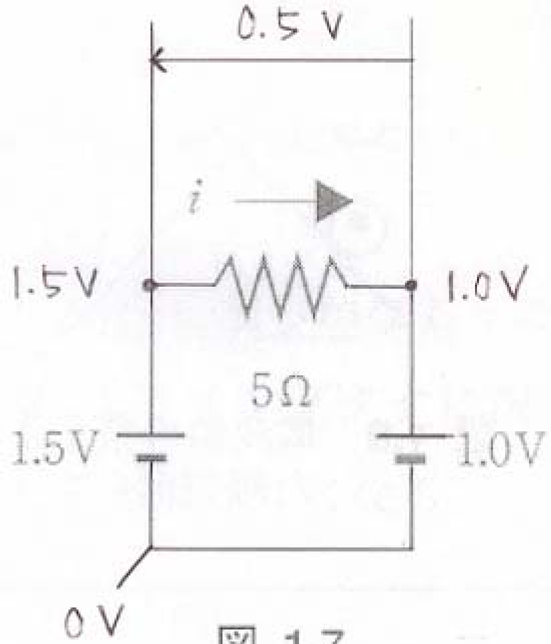

図 1.7

抵 抗 5 Ωに 流 れ る 電 流 は

$$i = \frac{0.5}{5} = 0.1A$$

（２）電流源

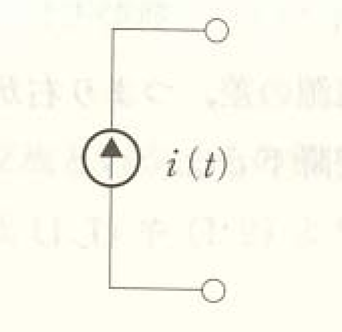

図 1.8　電流源

出力端子に何をつないでも，そこに流れる電流がｉ(t)である装置（理想的）

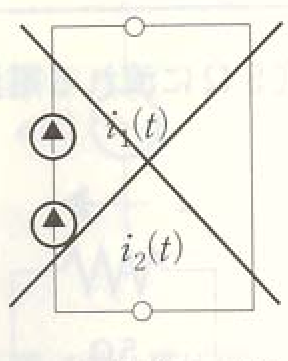

図 1.9　電流源の禁止された接続例

電流源の直列接続は禁止（定義が成立しない）

［例題 1. 2］

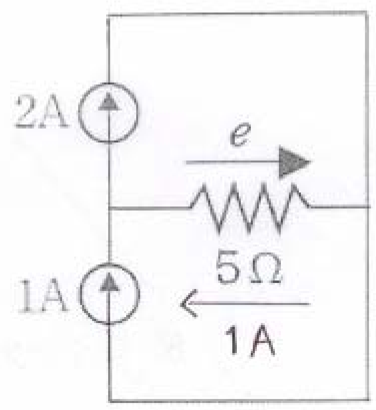

図 1.10

抵抗５Ωにおける電圧降下は

$$e = 5 \times 1 = 5V$$

1.5　取り扱う波形

電圧源，電流源　→　信号源

（１）直流

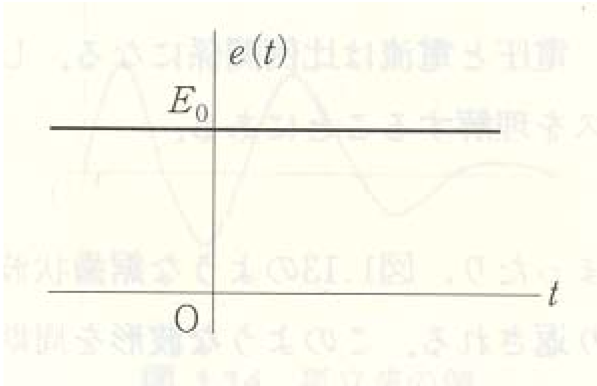

図 1.11　直流

直流電圧（時刻に関係なく定数）

（２）正弦波交流

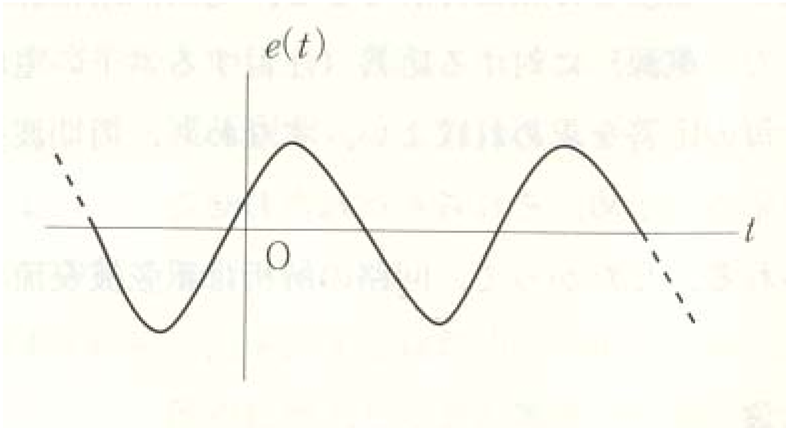

図 1.12 正弦波交流

$$e(t) = E_0 \cos(\omega t + \theta)$$

正弦波交流
（電力会社から送られてくる電気）

（３）周期的波

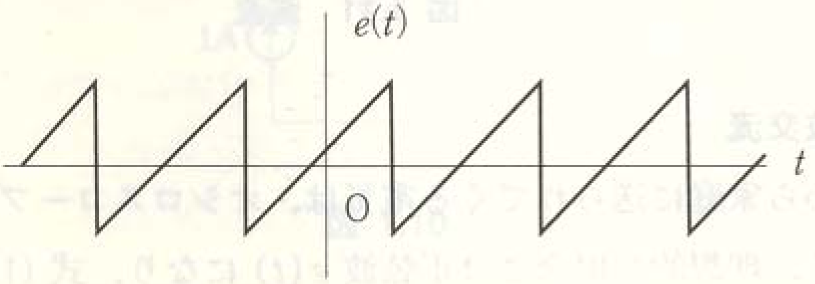

図 1.13　鋸歯状波

フーリエ級数を用いて解析.

（４）孤立波

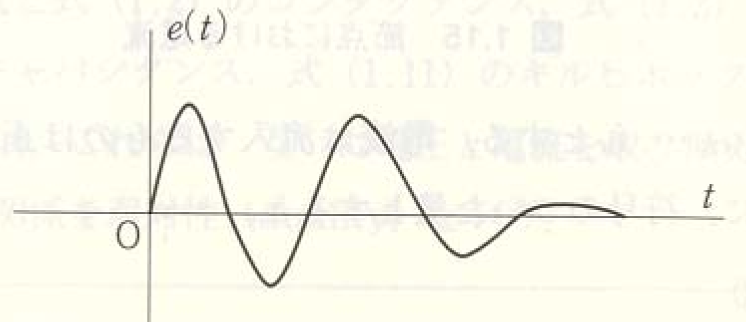

図 1.14　孤立波の例

エネルギーがある時間帯のみに集中.
ラプラス変換を用いて解析.

1.6　キルヒホッフの法則

（１）キルヒホッフ(Kirchhoff)の第一法則(電流)

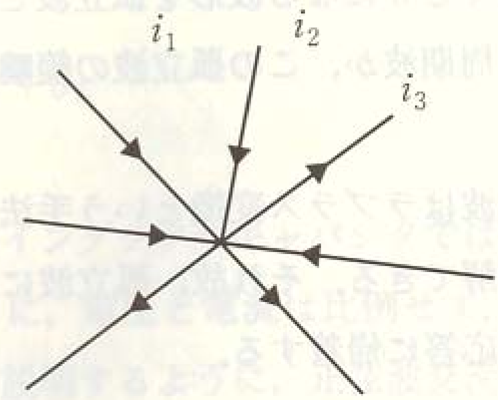

図 1.15　節点における電流

節点(node)に流入してきた電流は,そこで消滅することなく，すべて流出する.

$$\sum_{n=1}^{N} i_n = 0$$

電流は消滅することはない

（２）キルヒホッフの第２法則(電圧)

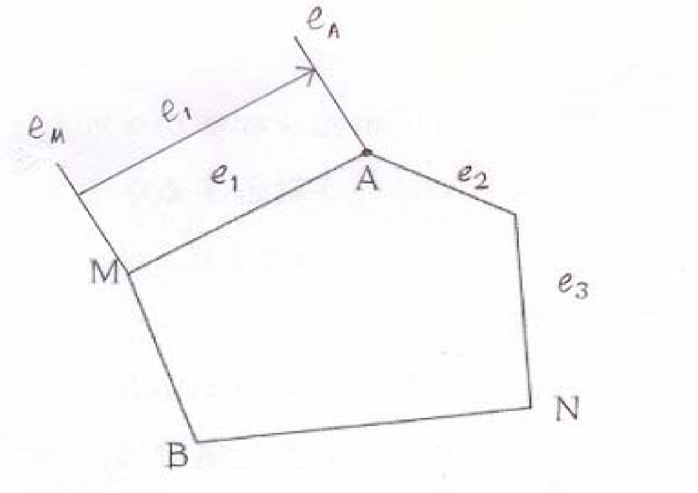

図 1.16 ループにおける電圧

点Mの電位　e_M

点Aの電位　e_A

$$e_1 = e_A - e_M$$

電圧：電位差

$$\sum_{n=1}^{N} e_n = 0$$

$$\sum_{n=1}^{N} i_n = 0 \leftrightarrow \sum_{n=1}^{N} e_n = 0$$

電流と電圧を入れ換えた関係

↓

双対性（duality）

［例題 1. 3］

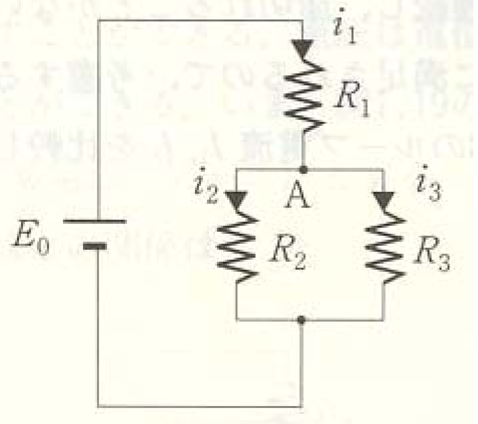

図 1.17

キルヒホッフの第１法則（電流）

節点A：$i_1 = i_2 + i_3$　―（１）

キルヒホッフの第２法則（電圧)

$R_1 i_1 + R_2 i_2 = E_0$　―（２）

$R_3 i_3 = R_2 i_2$　―（３）

（1），（2），（3）の連立方程式を解いて

$$i_1 = \frac{(R_2 + R_3)\ E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$i_2 = \frac{R_3 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$i_3 = \frac{R_2 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

（別解１）閉路電流法

（ループ電流法，閉電流解析）

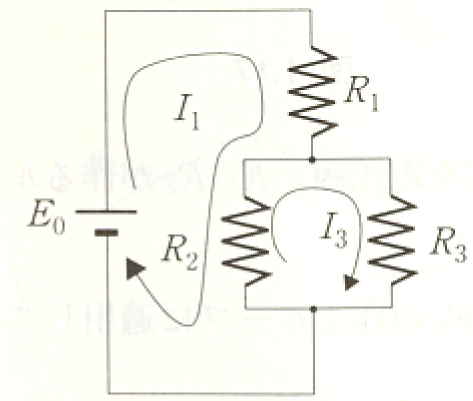

図 1.18　閉路電流法
（ループ電流法）

ループ電流：閉路を１周する電流

$$i_1 = I_1$$
$$i_2 = I_1 - I_3$$
$$i_3 = I_3$$

$$i_1 = i_2 + i_3 = I_1 - I_3 + I_3 = I_1$$

（キルヒホッフの第1法則を満足している）

キルヒホッフの第2法則より

$$E_0 = R_1 I_1 + R_2 \left(I_1 - I_3 \right) \quad \text{―（１）}$$

$$R_2 \left(I_1 - I_3 \right) = R_3 I_3 \quad \text{―（２）}$$

（１）と（２）の連立方程式を解いて

$$I_1 = \frac{\left(R_2 + R_3 \right) E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = i_1$$

$$I_3 = \frac{R_2 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} = i_3$$

$$i_2 = I_1 - I_3 = \frac{R_3 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

（別解２）節点電位法

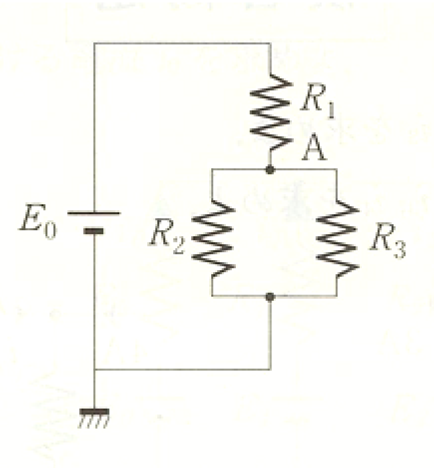

図 1.19　節点電位法

点Aの電位をVとする

$$i_1 = \frac{E_0 - V}{R_1} \quad —（１）$$

$$i_2 = \frac{V}{R_2} \quad —（２）$$

$$i_3 = \frac{V}{R_3} \quad —（３）$$

キルヒホッフの第1法則より

$$\frac{E_0 - V}{R_1} = \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$V = \frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1} E_0$$

Vを（１），（２），（３）へ代入

$$i_1 = \frac{\left(R_2 + R_3\right) E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$i_2 = \frac{R_3 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$i_3 = \frac{R_2 E_0}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$