

ポイントで学ぶ  
**電気回路**  
—例題・演習編—

工学博士 三浦 光 編著

工学博士 小野 隆

博士(工学) 西川 省吾

博士(工学) 塩野 光弘 共著

博士(工学) 門馬英一郎

博士(工学) 直井 和久

博士(工学) 松村 太陽

コロナ社

# まえがき

本書は、電気回路の理解を深めるための総合的な例題・演習問題集です。姉妹書である「ポイントで学ぶ電気回路—直流・交流基礎編—<sup>1)†</sup>」および「ポイントで学ぶ電気回路—交流活用編—<sup>2)</sup>」の内容に沿った章構成にしています。

しかしながら、標準的な内容で、電気回路で学ぶ範囲を網羅していることから、独立した例題・演習の問題集として学べるようにしています。そのため、電気工学の分野だけでなく、電子工学や情報通信工学の分野などにおける電気回路の学びにも適しています。

本書は、以下に示すような特徴を有しています。

- (1) 電気回路を十分に理解するためには、一般に**数多くの例題・演習問題を解く必要があるため、十分な量の良問で構成**しました。
- (2) **多くの執筆者で構成**することによって、幅広い観点から、**示唆に富んだ演習問題**を用意しました。
- (3) 各章の初めに「**学修のポイント**」として、何が学べるかを示しました。また、問題を解く際の手助けになるように各問題ごとに「**解法のポイント**」を、例題では各問題の直後に示し、演習問題では巻末の解答の前にまとめて示しました。
- (4) 初学者の理解を容易にするため、解答は途中でつまづかないよう**出来るだけ詳しく示**しました。また、問題によっては**別解答も示**しました。
- (5) 重要な公式などは姉妹書 1), 2) に「**ポイント**」として示し、詳しい説明をしているので、本書には記載しませんでした。

本書が電気回路を学ばれる皆さんにとって、十分な理解を得るための一助になれば幸いに思います。

最後になりますが、日頃からお気遣いいただいている株式会社コロナ社に深く感謝申し上げます。

2016年7月

編 著 者

---

† 肩付き数字は、巻末の参考文献番号です。

# 目 次

■ 例題と解法・演習問題	
1. 直 流 回 路	1
演習問題	5
2. 直流回路の法則・定理	7
演習問題	16
3. 正弦波交流回路	18
演習問題	24
4. 複素数表示による正弦波交流回路	26
演習問題	32
5. 回路解析の基礎	35
演習問題	41
6. 回路解析法	44
演習問題	53
7. 回路解析の諸定理	56
演習問題	65
8. 2 端子 対 回 路	67
演習問題	76
9. 三 相 交 流 回 路	78
演習問題	88
10. ひずみ波交流とフーリエ級数	91
演習問題	98
11. 分布定数回路	100
演習問題	107
12. 微分方程式による過渡現象	109
演習問題	117
13. ラプラス変換と過渡現象	120
演習問題	130
■ 演習問題解法のポイント	132
■ 演習問題の解答	142
参 考 文 献	226
索 引	227

## 1

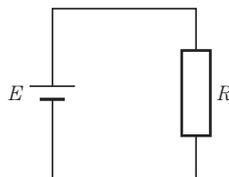
## 直 流 回 路

## □ ■ ■ 学修のポイント

直流回路におけるオームの法則，抵抗の直列・並列接続，および電力・電力量などや，直流に対するコンデンサの働きなどについて説明することができる。

## 例題 1.1

例図 1.1 において，起電力  $E$  が  $1.5\text{ V}$ ，抵抗  $R$  が  $3\Omega$  であるとき，流れる電流  $I$  を求めなさい。



例図 1.1

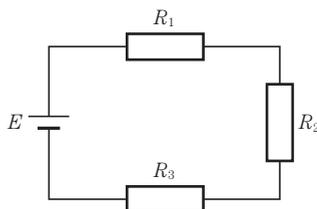
解法のポイント    オームの法則を理解し，使うことができる。

【解法】 オームの法則より，電流  $I$  は

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1.5}{3} = 0.5\text{ A}$$

## 例題 1.2

例図 1.2 において，起電力  $E$  が  $18\text{ V}$ ，抵抗  $R_1$ ， $R_2$ ， $R_3$  が順に  $20$ ， $30$ ， $40\Omega$  であり，直列に接続されている。全体の合成抵抗  $R$ ，回路を流れる電流  $I$ ，各抵抗の端子電圧  $V_1$ ， $V_2$ ， $V_3$  を求めなさい。



例図 1.2

## 2 1. 直 流 回 路

**解法のポイント** 抵抗が**直列に接続**されている場合の電圧・電流の関係が理解できる。

**【解法】** 合成抵抗  $R$  は

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 20 + 30 + 40 = 90 \Omega$$

である。このとき、電流  $I$  は

$$I = \frac{E}{R} = \frac{18}{90} = 0.2 \text{ A}$$

である。したがって、各抵抗の端子電圧は

$$V_1 = R_1 I = 20 \times 0.2 = 4 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 I = 30 \times 0.2 = 6 \text{ V}$$

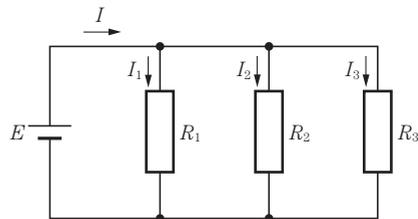
$$V_3 = R_3 I = 40 \times 0.2 = 8 \text{ V}$$

である。確認すると

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 4 + 6 + 8 = 18 \text{ V}$$

### 例題 1.3

**例図 1.3** において、起電力  $E$  が 18 V であり、3 個の抵抗  $R_1 = 20 \Omega$ 、 $R_2 = 30 \Omega$ 、 $R_3 = 40 \Omega$  が並列に接続されている。全体の合成抵抗  $R$ 、全電流  $I$ 、各抵抗を流れる電流  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  を求めなさい。



例図 1.3

**解法のポイント** 抵抗が**並列に接続**されている場合の電圧・電流の関係が理解できる。

**【解法】** 合成抵抗  $R$  は

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{40} = \frac{13}{120}$$

であるから、 $R = 9.23 \Omega$  となる。したがって、全電流  $I$  はオームの法則から

$$I = \frac{E}{R} = \frac{18}{9.23} = 1.95 \text{ A}$$

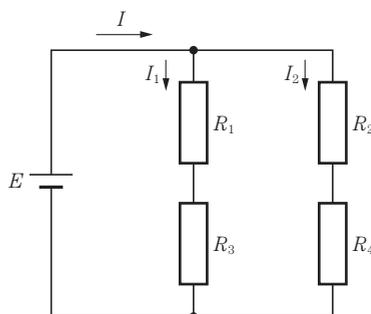
となる。各抵抗を流れる電流は、それぞれの抵抗にかかっている電圧がいずれも 18 V であるから

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{18}{20} = 0.9 \text{ A}, \quad I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{18}{30} = 0.6 \text{ A}, \quad I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{18}{40} = 0.45 \text{ A}$$

となる。検算してみると、 $I_1 + I_2 + I_3 = 1.95 \text{ A}$  となり、全電流と一致する。

### 例題 1.4

4 個の抵抗  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 20 \Omega$ ,  $R_3 = 30 \Omega$ ,  $R_4 = 40 \Omega$  が例図 1.4 のように接続されている。全体の合成抵抗  $R$ , 全電流  $I$ ,  $R_1$  と  $R_3$  を流れる電流  $I_1$ ,  $R_2$  と  $R_4$  を流れる電流  $I_2$  を求めなさい。ただし、起電力  $E = 24 \text{ V}$  である。



例図 1.4

**解法のポイント** 抵抗が直並列に接続されている場合の電圧・電流の関係が理解できる。

**【解法】** 抵抗  $R_1$  と  $R_3$  は直列であるから、 $R_1 + R_3 = 10 + 30 = 40 \Omega$  であり、抵抗  $R_2$  と  $R_4$  も直列であるので、 $R_2 + R_4 = 20 + 40 = 60 \Omega$  である。したがって、合成抵抗  $R$  は  $(R_1 + R_3)$  と  $(R_2 + R_4)$  とが並列であるから

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_2 + R_4} = \frac{1}{40} + \frac{1}{60} = \frac{1}{24}$$

より、 $R = 24 \Omega$  となる。したがって、全電流  $I$  は、オームの法則より

$$I = \frac{E}{R} = \frac{24}{24} = 1 \text{ A}$$

である。 $R_1$  と  $R_3$  を流れる電流  $I_1$  は

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_3} = \frac{24}{40} = 0.6 \text{ A}$$

同様に、 $R_2$  と  $R_4$  を流れる電流  $I_2$  は

$$I_2 = \frac{E}{R_2 + R_4} = \frac{24}{60} = 0.4 \text{ A}$$

検算として、 $I_1$  と  $I_2$  の和を求めると、 $I_1 + I_2 = 0.6 + 0.4 = 1 \text{ A}$  となり、全電流  $I$  と一致することが確認できる。

**例題 1.5**

電圧 100 V で消費電力 800 W のヒータがある。定常状態での抵抗  $R$ 、電流  $I$  を求めなさい。

**解法のポイント** 抵抗で消費される電力と電圧・電流の関係が理解できる。

**【解法】** 抵抗  $R$  は、電圧  $V$  と消費電力  $P$  との関係から

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{800} = 12.5 \Omega$$

流れる電流  $I$  は

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{12.5} = 8 \text{ A}$$

**例題 1.6**

静電容量  $C_1 = 2 \mu\text{F}$ 、 $C_2 = 4 \mu\text{F}$  のコンデンサ 2 個を直列に接続した。全体の静電容量  $C$  を求めなさい。

**解法のポイント** コンデンサを直列に接続した場合の静電容量が理解できる。

**【解法】** 直列に接続したときの全体の静電容量  $C$  は

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$$

から、 $C = 1.33 \mu\text{F}$  になる。

**例題 1.7**

〔例題 1.6〕のコンデンサを並列に接続したときの全体の静電容量  $C$  を求めなさい。

**解法のポイント** コンデンサを並列に接続した場合の静電容量が理解できる。

**【解法】** 並列に接続したときの全体の静電容量  $C$  は

$$C = C_1 + C_2 = 2 + 4 = 6 \mu\text{F}$$

## 例題 1.8

静電容量  $C$  [ $\mu\text{F}$ ] のコンデンサが 3 個ある。これらのコンデンサを 1～3 個使ってできる静電容量の大きさをすべて求めなさい。

**解法のポイント** コンデンサを直列や並列に接続した場合にできる静電容量が理解できる。

**【解法】** コンデンサ 1 個の場合,  $C$  [ $\mu\text{F}$ ] のみ。

コンデンサ 2 個の場合, 直列接続して  $\frac{C}{2}$  [ $\mu\text{F}$ ], 並列接続して  $2C$  [ $\mu\text{F}$ ]。

コンデンサ 3 個の場合, 直列接続して  $\frac{C}{3}$  [ $\mu\text{F}$ ], 直並列接続して,  $\frac{2}{3}C$  [ $\mu\text{F}$ ] と  $\frac{3}{2}C$  [ $\mu\text{F}$ ], 並列接続して  $3C$  [ $\mu\text{F}$ ] となり, 合計 7 通りの大きさの静電容量ができる。

## 演習問題

- [1.1] 抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  を直列につなぎ  $0.5\text{ A}$  の電流を流すと, それぞれの抵抗の電圧降下が  $30\text{ mV}$  と  $170\text{ mV}$  であった。抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  の値を求めなさい。また, 回路の合成抵抗  $R$  を求めなさい。
- [1.2] 抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  を並列につなぎ  $5\text{ V}$  の電圧を印加すると, それぞれの抵抗に電流  $0.4\text{ A}$  と  $1.5\text{ A}$  が流れた。抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  の値を求めなさい。また, 回路の合成抵抗  $R$  を求めなさい。
- [1.3] 抵抗  $R_1$  と抵抗  $R_2$  を並列につなぎ  $5\text{ V}$  の電圧を印加すると, それぞれの抵抗に電流  $0.4\text{ A}$  と  $1.5\text{ A}$  が流れた。それぞれの抵抗のコンダクタンス  $G_1$  とコンダクタンス  $G_2$  の値を求めなさい。また, 回路の合成コンダクタンス  $G$  を求めなさい。
- [1.4] 電源電圧  $E = 120\text{ V}$  に, 3 個の抵抗  $R_1 = 10\ \Omega$ ,  $R_2 = 5\ \Omega$ ,  $R_3 = 15\ \Omega$  が直列に接続されている。以下の問いに答えなさい。
- 回路の合成抵抗  $R$  を求めなさい。
  - 回路に流れる電流  $I$  を求めなさい。
  - 抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  における電圧降下  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  をそれぞれ求めなさい。

# 索引

<b>【あ行】</b>	
アドミタンス	33, 157
アドミタンス行列	190
アドミタンスパラメータ	68, 188
位相差	19, 149
位相定数	104
位置角	104
インダクタンスブリッジ	38
インピーダンス	19, 150
インピーダンス行列	185
インピーダンス三角形	25, 151
インピーダンスパラメータ	67, 185
ウィーンブリッジ	39
影像インピーダンス	73, 193
影像パラメータ	73, 137
枝電流	173
枝電流法	44, 135
オイラーの公式	129
オームの法則	1, 142
<b>【か行】</b>	
開放インピーダンス	194
開放電圧	147
角周波数	18
重ね合せの理	8, 56, 136
過渡現象	109, 120
過渡項	126, 223
奇関数	91
基本波	95
逆回路	64, 185
逆相電流	90
逆ラプラス変換	122
キャンベルブリッジ	37

供給電力	81
供給電力最大	144
共振周波数	31, 158
極座標形式	32, 134, 152
キルヒホッフの第1法則	144
キルヒホッフの法則	8
偶関数	93
矩形パルス	131
クラメルの方法	45, 145
結合係数	141
検流計	37
コイル	25, 150
格子形回路	74
合成インピーダンス	36
合成抵抗	2, 142
高調波成分	91
コンダクタンス	142
コンデンサ	4, 22, 144
——の充電曲線	109
——の放電曲線	115
<b>【さ行】</b>	
最大供給電力	132
最大値	26, 149
最大電力	144
三角波	91
三相回路	81
三相交流回路	81
三相交流発電機	86
——の基礎式	87
三相三線式	81
磁界のエネルギー	141
自己インダクタンス	19
指数関数形式	32, 134, 153
実効値	21, 149, 200
時定数	109
周期	149

縦続接続	71, 186
集中定数回路	100
周波数	18
受電端	101, 209
瞬時値	19, 133, 148
瞬時電圧	20
瞬時電流	20
瞬時電力	20
消費電力	81, 144
初期位相	133
初期電荷	130
枝路電流	34
ステップ関数	141, 223
正弦波交流	18
正相電流	90
静電容量	4, 19, 144
節点電圧法	46, 136
節点電圧方程式	52, 136, 173
先鋭度	158
線間電圧	138, 195
線電流	81, 195
双曲線関数による表示	101
相互インダクタンス	37
総合力率	205
相互誘導回路	35
——の等価回路	35
相互誘導係数	43
相互誘導結合回路	134
双対回路	63, 184
送電端	101, 209
相電流	195
相反の定理	62
<b>【た行】</b>	
第3高調波	95
第5高調波	95
対称座標法	85



## 一 編著者・著者略歴および執筆分担一

みうら ひかる  
**三浦 光** (編著, 11 章)  
1979 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
1981 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
前期課程修了 (電気工学専攻)  
1988 年 工学博士 (日本大学)  
助手, 専任講師, 助教授を経て  
2007 年 日本大学教授  
現在に至る

おの たかし  
**小野 隆** (13 章)  
1977 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
1979 年 日本大学大学院理工学研究科修士  
課程修了 (電気工学専攻)  
1989 年 工学博士 (日本大学)  
助手, 専任講師, 助教授を経て  
2005 年 日本大学教授  
現在に至る

にしかわ しやうご  
**西川 省吾** (8~10 章)  
1982 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
1982 年 株式会社関電工勤務  
2000 年 博士 (工学) (日本大学)  
助教授を経て  
2011 年 日本大学教授  
現在に至る

しおの みつひろ  
**塩野 光弘** (3~5 章)  
1986 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
1988 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
前期課程修了 (電気工学専攻)  
2003 年 博士 (工学) (日本大学)  
助手, 専任講師, 准教授を経て  
2012 年 日本大学教授  
現在に至る

もんまゐいちろう  
**門馬英一郎** (6 章, 7 章)  
1996 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
1998 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
前期課程修了 (電気工学専攻)  
2011 年 博士 (工学) (日本大学)  
助手を経て  
2012 年 日本大学専任講師  
現在に至る

なおい かずひさ  
**直井 和久** (1 章, 2 章)  
2000 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
2002 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
前期課程修了 (電気工学専攻)  
2013 年 博士 (工学) (日本大学)  
助手を経て  
2014 年 日本大学専任講師  
現在に至る

まつむら たいよう  
**松村 太陽** (12 章)  
2003 年 日本大学理工学部電気工学科卒業  
2005 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
前期課程修了 (電気工学専攻)  
2005 年 日本信号株式会社勤務  
2010 年 日本大学大学院理工学研究科博士  
後期課程修了 (電気工学専攻)  
2010 年 博士 (工学) (日本大学)  
助手を経て  
2013 年 日本大学助教  
現在に至る

ポイントで学ぶ 電気回路 — 例題・演習編 —

Essentials of Electric Circuits : Exercises

© Hikaru Miura 2016

2016年10月5日 初版第1刷発行

★

検印省略

編著者 三 浦 光  
著者 小 野 隆  
西 川 省 吾  
塩 野 光 弘  
門 馬 英 一 郎  
直 井 和 久  
松 村 太 陽  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛 来 真 也  
印刷所 美研プリンティング株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00892-0 (森岡) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします