

基礎から学ぶ

電気電子・

情報通信工学

田口俊弘・堀内利一・鹿間信介 編著



INTRODUCTION TO ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERING

講談社

基礎から学ぶ

電気電子・ 情報通信工学

田口俊弘・堀内利一・鹿間信介 編著

INTRODUCTION TO ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERING

講談社

執筆者一覧

- chapter ① 田口 俊弘 (摂南大学理工学部 電気電子工学科)
- chapter ② 堀内 利一
- chapter ③ 高瀬 冬人
- chapter ④ 井上 雅彦
- chapter ⑤ 堀内 利一
- chapter ⑥ 田口 俊弘
- chapter ⑦ 西 恵理
- chapter ⑧ 鹿間 信介
- chapter ⑨ 鹿間 信介
- chapter ⑩ 奥野 竜平
- chapter ⑪ 片田 喜章
- chapter ⑫ 奥野 竜平, 鹿間 信介
- chapter ⑬ 田口 俊弘, 工藤 隆則
- chapter ⑭ 工藤 隆則
- chapter ⑮ 田口 俊弘, 工藤 隆則

はじめに

電気の応用をメインテーマとした学問分野には、電気工学、電子工学、情報工学、通信工学などがあります。電気工学は、発電やモータといった電気をエネルギーとして利用する分野が中心です。これに対して電子工学は、電気の高速性を活かした電気信号の制御が主目的ですが、この制御には半導体が不可欠です。半導体は、電子材料とよばれる材料系の分野ですが、機能性材料という意味で電子工学に属しています。

情報工学と通信工学は、電子工学を基礎として発展し、独立して大きな体系になった分野です。情報工学はコンピュータのハードウェアとソフトウェアに関する学問ですが、コンピュータの進歩はめざましく、大量かつ高速なデータ処理と小型化という両極端を同時に成し遂げています。これも半導体技術のおかげです。また、通信工学も、電気の応用分野として一つの体系を形成しています。通信には固定電話のような有線もあれば携帯電話のような無線もありますが、どちらも電子回路なしでは成り立ちません。

このように多分野化していった電気の応用技術ですが、バラバラのように見えて、実は相互に深いつながりをもっています。たとえば、太陽電池を使った発電装置は電気工学の分野ですが、太陽電池は半導体です。また、モータは電子回路技術で効率を向上させています。通信はデジタルが主流になって、コンピュータと同じしくみになっています。そもそもスマートフォンはポケットサイズのコンピュータです。

さて、電気に関連した学問を学ぼうとして学科を選択し、大学に入学した学生にとって、このように多分野化した学問体系の中から、自分の将来への道筋を選択するのはなかなか難しいことではないでしょうか。本書の目的は、大学の電気電子系や情報通信系の学科に入学した学生が、これからどのような勉強をするのかを知って、その中でどの分野が自分に合っているかを探るための手助けをすることです。その過程で、最近の電気に関する分野が、その裾野を広げつつも互いに深く関わり合っていることを理解してもらえんことを期待しています。

本書は、摂南大学理工学部における「科学技術教養」という講義用に作成した資料を下地にしています。科学技術教養は、理工学部の各学科が2科目ずつ提供して、できるだけ平易にその学科の内容を紹介するという教養科目です。この講義の特長は、学生が必ず所属学科以外の学科が提供している講義を受けなければならないことです。このため、講義担当者は他学科の学生が理解できるように教えなければなりません。せっかくだから電気電子工学科に所属する学生にも教えたいと思い、「電気電子工学概論」という講義の教科書として大学入学時の学生を対象に書き直したのが本書です。本書は基本的に初年次向けとしてテーマと内容を決めています。各章を担当した先生の個性も出ていて、それぞれには最新の情報も含まれています。このため、全体を通して読めば、現在における、電気・電子・情報・通信という分野が、お互いどのように関わっているかもわかっていただけたと思います。また、興味をもった分野があれば、より深い勉強に進んでもらえるように各章の最後に参考図書を示しています。

本書は、摂南大学の多くの先生たちのサポートのおかげで完成しました。まず、本書を作成するきっかけを与えて下さったのは、摂南大学の前理工学部長、現・摂南大学名誉教授である森脇俊道

先生です。森脇先生は上記の科学技術教養を考案された先生です。森脇先生は科学技術教養の内容をもとにした書籍の出版も推進されていて、本書はその第一号でもあります。また、電気電子工学科の教科書を作成した際には、当時の編集委員であった小川英一先生（現・摂南大学名誉教授）のお力も非常に大きいものでした。また、理工学部科学技術教養編集委員会の委員長で、教科書出版の推進者の一人である都市環境工学科の頭井洋教授からもいろいろご指導をいただきました。さらに、実際に本書を作成する段階になってからは、電気電子工学科の山本淳治教授や大家重明教授の教科書原稿も参考にさせていただきました。

最後になりましたが、森脇先生、小川先生、頭井先生、山本先生、大家先生に心より感謝申し上げます。加えて、本書を出版するに当たっては、講談社サイエンティフィクの三浦洋一郎様に変なご尽力をいただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

編集者一同

目次

第1部 電気電子工学編

chapter 1	電気の基本法則とその発見の歴史	1
1 1	はじめに	1
1 2	静電気力とエネルギー	1
1 3	電池と電気回路	3
1 4	磁気と電磁石	4
1 5	電気抵抗とオームの法則	5
1 6	電磁誘導の発見と場の概念の導入	6
1 7	電磁気学の完成と電磁波の発見	8
1 8	その後の発展	9
chapter 2	電気をつくって送る	13
2 1	直流と交流	13
2 2	電磁誘導と交流発電機	14
2 3	変圧器	15
2 4	発電所のエネルギー源	16
2 5	水力発電所	17
2 6	火力発電所	19
2 7	原子力発電	20
2 8	つくった電気を送り届ける	22
chapter 3	モータのパワー	25
3 1	はじめに	25
3 2	磁石と磁界	25
3 3	コイルがつくる磁界	26
3 4	モータのトルクと出力	26
3 5	直流モータの回転原理	27
3 6	フレミングの法則	28
3 7	交流モータ	29
3 8	電車のモータ	33
chapter 4	半導体による技術革新	35
4 1	暮らしの中の半導体	35
4 2	半導体とは	35
4 3	半導体で実現できる機能	36

	4 4	半導体デバイスの略歴	39
	4 5	半導体によるエネルギー変換	39
	4 6	半導体集積回路技術の進化	41
	4 7	スマートフォンからウェアラブルコンピュータへ	43
chapter	5	太陽電池と家庭用発電システム	45
	5 1	再生可能エネルギー	45
	5 2	太陽エネルギーと太陽電池	45
	5 3	太陽光発電システム	48
	5 4	スマートハウス, スマートグリッド	52
chapter	6	電池のしくみ	55
	6 1	はじめに	55
	6 2	1次電池と2次電池	55
	6 3	電池の種類	56
	6 4	電池における電圧の発生原理	57
	6 5	電池の歴史	58
	6 6	1次電池の構造	60
	6 7	2次電池	61
	6 8	これからの電池利用	62
chapter	7	地球にやさしい照明技術	65
	7 1	はじめに	65
	7 2	光のスペクトル	65
	7 3	エジソンと白熱電球	66
	7 4	ハロゲン電球	67
	7 5	蛍光灯	67
	7 6	LED (Light Emitting Diode)	68
	7 7	道路における照明	70
	7 8	消費電力の低減	71
	7 9	光源のさまざまな利用	72
chapter	8	さまざまな電子回路	75
	8 1	電気回路と電子回路	75
	8 2	受動素子の働き	76
	8 3	電子回路の歴史	77
	8 4	各種半導体素子	79
	8 5	集積回路 (IC)	81
	8 6	代表的なアナログ電子回路	82
	8 7	身近な製品の電子回路	84

chapter 9	計算するデジタル回路	88
9 1	はじめに	88
9 2	アナログとデジタル	88
9 3	2進数とは	89
9 4	論理回路入門	90
9 5	論理ゲートと論理回路	92
9 6	2進数の計算	93
9 7	ハードウェア記述言語による設計	96
chapter 10	コンピュータの世界	98
10 1	はじめに	98
10 2	計算機の発達	98
10 3	計算機の構成	101
10 4	中央処理装置のしくみ	102
10 5	主記憶装置のしくみ	103
10 6	装置間の制御と接続	104
10 7	オペレーティングシステムとパソコンの起動	105
10 8	計算機の今後の展開	106
chapter 11	家電製品を制御するマイコン	108
11 1	はじめに	108
11 2	コンピュータと制御	108
11 3	マイコンで制御される家電製品	110
11 4	パソコンとマイコンの違い	111
11 5	マイコンの入出力	112
11 6	マイコン用プログラムの作成手順	114
11 7	こたつの温度制御プログラム	114
11 8	マイコンに求められる仕様	117
chapter 12	人とコンピュータの情報交換技術	119
12 1	はじめに	119
12 2	画像表示の重要性と歴史	119
12 3	画像表示の原理	120
12 4	各種ディスプレイデバイス	122
12 5	立体映像表示	124
12 6	コンピュータの入力デバイスの変遷	125
12 7	各種入力デバイス	126

	12 8	これからの入力デバイス	1129
chapter 13		電波と放送	1131
	13 1	はじめに	1131
	13 2	電波とは何か	1131
	13 3	電波の歴史	1132
	13 4	電波の分類	1133
	13 5	電波の変調	1135
	13 6	AM ラジオの基本的動作	1137
	13 7	テレビ放送	1138
	13 8	衛星放送	1139
	13 9	デジタル放送	1140
chapter 14		通信機器の発展	1142
	14 1	はじめに	1142
	14 2	電気を使わない通信	1142
	14 3	電信機とモールス符号	1143
	14 4	固定電話	1144
	14 5	ファックス	1146
	14 6	携帯電話	1147
	14 7	通信のこれから	1150
chapter 15		社会を変えたインターネット	1152
	15 1	はじめに	1152
	15 2	インターネットとは	1152
	15 3	インターネットの歴史	1153
	15 4	IP アドレスとネットワーク構成	1154
	15 5	家庭でのインターネット接続	1157
	15 6	電子メールと WWW	1158
	15 7	インターネットの危険性	1160
	15 8	これからのインターネット	1162
		演習問題解答	1164
		索引	1166

chapter

電気の基本法則とその発見の歴史

11 はじめに

私たちの暮らしに電気は欠かせません。蛍光灯がつかなければ夜中に勉強することとはできないし、冷蔵庫が動かなければ食べ物を保存することはできません。テレビやインターネットを通して情報を得ることはできないし、携帯電話やスマートフォンもただの箱です。

しかし、「電気」と聞いて何を思い浮かべるでしょうか。「電気つけて」と頼まれば、電灯のスイッチを入れ、コンセントが抜けていれば、「電気が来ない」などと表現すると思いますが、「電気とは何か?」と問われてもすぐには答えが出ないと思います。

本章では、電気の歴史をたどりながら、電気の基本法則を紹介します。その中で「電気とは何か?」という問いにも答えたいと思います。

2 静電気力とエネルギー

電気に関する記述は、古代ギリシャ時代にさかのぼります。紀元前 600 年頃、タレス (Thales) という学者により、琥珀 (こはく) を衣服でこすると小さな種子を引きつけたという記録が残っているそうです。琥珀と種子が離れていても引きつけ合うことから、不思議な力として考えられていたようです。なお、琥珀はギリシャ語で「エレクトロン」であり、これが今日の電気 (electricity) の語源になっています。

電気に関する定量的な研究は、1700年代のクーロン（Charles de Coulomb）の研究が最初です。クーロンは精密な実験を行い、電氣的性質をもった物体（電荷）の間に加わる力の関係を定式化しました。図 1.1 のように 2 個の点電荷が置かれているとき、働く力 F は、それぞれの電荷量 Q_1 と Q_2 に比例し、電荷間の距離 r の 2 乗に反比例するという法則です。式で書けば以下のようになります。

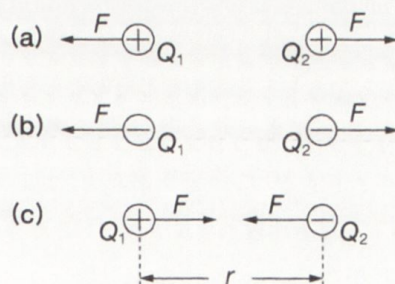


図 1.1 点電荷間に働く力

こほく
【琥珀】

(amber)

木の樹脂(ヤニ)が地中に埋没し、長い年月により固化した宝石。内部に昆虫や植物の化石が含まれていることがあり、化石資料としても重要な役割をもつ。