

電気回路素子を理解するための
電気磁気学

博士(工学) 佐藤宣夫 著

コロナ社

本書を手に取り、ご覧になってくれた方、御縁に感謝します。ありがとうございます。

さっそくですが冒頭の写真は、乾電池（起電力 E [V]）から豆電球（電気抵抗 R [Ω]）へと配線がループ状に接続され、豆電球が点灯している回路の様子です。ここで、テスターで計測された電圧 V [V] に対して、電流 I [A] は回路中は一定の値を示しています。この現象は、豆電球が電子の運動エネルギーによって発光しているのではなく、乾電池内に蓄えられたエネルギーが別の形式に変換され、それが伝達された結果です。このような乾電池のエネルギーがどのように豆電球へ伝達されるのかを理解することは、電気磁気学の大きな魅力であると考えます。

本テキストでは、従来「電流が流れる」と表現される現象について、「電流が導通する」と記述しています。つまり、電流が単に存在するのではなく、物理現象（10.3.2 項で明らかになります。）に誘導されている点に注目しています。この様相を明らかにする過程こそ、電気磁気学が私たちに提供する洞察と言えるでしょう。

筆者自身は、大学での研究の一環として、磁気センサを用いて電流が導通する経路を可視化する装置の開発に取り組んできました。電流導通時に生じる磁気現象を検出することで、その経路が把握可能であることを示すとともに、回路写真に重ねた（コンピュータ解析結果の視覚化）データにより、乾電池と豆電球で構成される回路内の導通量が均一であることの証明となっています。

もう1つの図は、本テキストの主要内容とともに、電気と磁気を取り巻く広範な物理現象を俯瞰的に示す目的として作成しました。複雑な電気と磁気の相関関係を1枚の図にまとめることは、混乱を招くこともあるかもしれませんが、初学者が理解するためには、あらかじめ各現象およびその相互関係を概観しておくことが有益であると考えて作成しました。

本テキストのもう1つの特徴は、時間（1次元）と空間（3次元）、すなわち4次元時空を意識したアプローチで展開される点にあります。基礎的な物理量を各章で順次取り上げ、さらに電界（理学分野では「電場」と呼ばれる）、および磁界（同様に「磁場」）の概念、ポインティングベクトルやエネルギー方程式の解説を経ることで、電気回路素子に電磁気現象が空間的に閉じ込められていることを理解するための道標を示しています。

また本テキストの題名を「電磁気学」ではなく「電気磁気学」としました。「電磁気学」では、電界と磁界の相互作用に焦点を当てるのに対して、本書ではまず電界と磁界を個別に理解することを意図しています。さらに「電気回路素子を理解するための」と位置づける理由は、電気と磁気の相互作用そのものの追究よりも、人類の生活を便利にするために発明された電気回路、それに用いられる素子（キャパシタ、インダクタ、電気抵抗など）への理解を深めることに重点を置いているからです。つまり、空間的な側面は排して、時間の関数としての動作という利便性に着目した視点で、工学部（電気系）出身の筆者自身が学びたかった内容と流れに基づき執筆を行いました。

各章の冒頭には学習目標を明記しており、学習者自身が理解度を振り返り「理解できた」という達成感とともに次なる学びへ進む助けとなることを願っています。また、各ページの左（または右）には memo できるスペースを用意していますので、気になったことを書き込んでもらい、ご自身だけのオリジナルテキストに変えていただきたいと思います。さらに将来の技術者として、実践的な計算演習を通じて量的感覚を磨くため、「電気主任技術者試験（通称、電験）」という国家資格試験への挑戦も推奨する面から、実際に出題された問題を解くことで能力を養ってもらいたいという想いを込めています。

「学んだ後にはしか理解できない」という格言があるように、学ぶことの意義は、知識を得たときにのみ、その真価が明らかになる点にあります。これから電気磁気学の学習をされる皆さんにとって、自然界における事象が、想像をはるかに超える規模で広がっていることを実感していただけることを願う次第です。その一例として、ローレンツ変換により磁氣的な力がすべて電氣的な力に帰着する現象が挙げられます。電磁気学の理解を有している方々には、本書の内容は平易に感じられるかもしれませんが、1つの入口としてご容赦ください。

執筆にあたっては、物理単位の明記、文章の簡潔さ、そして豊富な図版の活用という3点にこだわりました。これらが、電気磁気学を初めて学ぶ皆様の理解を助ける一助となると信じているからです。また、大学などの講義での利用をご希望される方には、本書の図版データもご提供する用意がございますので、ぜひご活用ください。

最後に、本テキストの構想から完遂までに10年の歳月を要しました。この長い間、コロナ社の方々に温かく見守っていただき、忍耐強くご支援を賜ったおかげによりまして完成に至りました。ここに改めて深く感謝を申し上げます。ありがとうございます。

2025年8月

佐藤 宣夫

1 章 電気磁気学で扱う物理単位

- 1.1 国際単位系 (SI) 2
 - 1.1.1 7つの基本単位 2
 - 1.1.2 組立単位 3
 - 1.1.3 接頭語 3
 - 1.2 次元解析 4
 - 1.2.1 4つの基準 4
 - 1.2.2 実用単位 5
 - 1.2.3 単位記号と量記号 5
 - 1.3 エネルギーとその形態 6
 - 1.3.1 エネルギーとその単位 6
 - 1.3.2 最小単位と最小作用の原理 7
 - 1.3.3 物理単位からの理解 8
- 演習問題 10

2 章 電気磁気学で扱うベクトル解析

- 2.1 ベクトル解析 12
 - 2.1.1 スカラー場とベクトル場 12
 - 2.1.2 ベクトルの演算と名称 13
 - 2.1.3 勾配 14
- 2.2 ストークスの定理 17
 - 2.2.1 線積分と面積分 17
 - 2.2.2 回転 17
 - 2.2.3 回転のイメージ 17
- 2.3 ガウスの定理 18
 - 2.3.1 面積分と体積分 18

2.3.2	発散	19
2.3.3	発散のイメージ	19
	演習問題	20

3 章 電 荷

3.1	物質の種類	22
3.1.1	物質が有する電気	22
3.1.2	電 子	22
3.1.3	導体, 絶縁体, 半導体	23
3.2	電荷の性質	24
3.2.1	電荷の単位	24
3.2.2	帯電	25
3.2.3	静電気	25
3.3	点電荷に作用する力	26
3.3.1	静電気力	26
3.3.2	電荷分布	27
3.3.3	電荷密度	27
	演習問題	29

4 章 電 位

4.1	静電ポテンシャル	32
4.1.1	空間状態値	32
4.1.2	静電エネルギーと電位差	33
4.1.3	電位の基準	34
4.2	電気力線	35
4.2.1	電気力線の特徴	35
4.2.2	電気力線の様子	35
4.2.3	電気力線の描画	35
4.3	等電位面	36
4.3.1	等電位で結ぶ面	36
4.3.2	等電位面での静電気力	37
4.3.3	等電位面での静電エネルギー	37
	演習問題	38

5 章 電 界

- 5.1 電 界 41
 - 5.1.1 電 界 強 度 41
 - 5.1.2 電界強度の算出 41
 - 5.1.3 静電界と静電気力 43
- 5.2 電界の性質と電界エネルギー 44
 - 5.2.1 電 界 の 性 質 44
 - 5.2.2 電荷間力と仕事 45
 - 5.2.3 電界エネルギー 45
- 5.3 電界のガウスの法則 46
 - 5.3.1 電気力線と電界 46
 - 5.3.2 積分形による扱い 47
 - 5.3.3 2枚の電極板と静電エネルギー 48
- 演 習 問 題 50

6 章 電界中の物質

- 6.1 電界に反応する電荷 53
 - 6.1.1 静 電 誘 導 53
 - 6.1.2 静 電 遮 蔽 53
 - 6.1.3 静電誘導電界 54
- 6.2 誘 電 体 55
 - 6.2.1 電 気 双 極 子 56
 - 6.2.2 電 気 感 受 率 56
 - 6.2.3 常誘電性と強誘電性 58
- 6.3 静電容量の増減 59
 - 6.3.1 誘電体の作用 59
 - 6.3.2 誘 電 率 60
 - 6.3.3 電束と電束密度 61
- 演 習 問 題 62

7 章 電 流

- 7.1 電 気 伝 導 65
 - 7.1.1 電 流 密 度 65

7.1.2	電 流 素 片	66
7.1.3	電 荷 保 存 則	67
7.2	散 乱 現 象	68
7.2.1	摩 擦 と 粘 性	68
7.2.2	減 速 力	68
7.2.3	オームの法則	69
7.3	電圧と電流の関係	70
7.3.1	電 気 抵 抗 率	70
7.3.2	電 気 伝 導 率	70
7.3.3	電力と電力量	71
	演 習 問 題	72

8 章 磁 界

8.1	磁束と磁束密度	74
8.1.1	磁 極 と 磁 束	74
8.1.2	静 磁 気 力	74
8.1.3	磁界のガウスの法則	75
8.2	電流による磁気作用	76
8.2.1	アンペールの法則	76
8.2.2	ビオ・サバールの法則	77
8.2.3	直線電流と円形電流による磁界	78
8.3	電流と磁界のエネルギー	79
8.3.1	電流が受ける磁界からの力	79
8.3.2	ローレンツ力	81
8.3.3	磁界エネルギー密度	82
	演 習 問 題	83

9 章 磁界中の物質

9.1	磁 性 体	86
9.1.1	磁 化	86
9.1.2	磁気分極と磁化電流	86
9.1.3	磁界強度と磁束密度	87
9.2	磁性体の種類	88
9.2.1	反 磁 性 体	88

9.2.2	常磁性体	88
9.2.3	強磁性体	89
9.3	電磁界の相互的關係	90
9.3.1	磁束と磁束密度	91
9.3.2	$E-H$ 対応と $E-B$ 対応	91
9.3.3	源と力の關係	92
	演習問題	93

10 章 電磁誘導

10.1	磁束の変化	96
10.1.1	誘導起電力	96
10.1.2	インダクタに発生する起電力	97
10.1.3	強磁性体を利用したインダクタ	98
10.2	変位電流	100
10.2.1	電極板に含まれる電荷量	100
10.2.2	電界の時間変化	100
10.2.3	拡張されたアンペールの法則	101
10.3	ポインティングベクトル	102
10.3.1	電界と磁界の共存	102
10.3.2	エネルギーの移動	102
10.3.3	平行平板電極間の電界と磁界	103
	演習問題	104

11 章 電磁波

11.1	マクスウェル方程式	107
11.1.1	積分形と微分形	107
11.1.2	積分形のマクスウェル方程式	107
11.1.3	微分形のマクスウェル方程式	108
11.2	波動方程式の導出	110
11.2.1	光の速度	110
11.2.2	波動方程式	111
11.2.3	電磁エネルギー保存則	111
11.3	次なる学問体系へ	112
11.3.1	電磁ポテンシャル	112

11.3.2	ゲージ理論	113
11.3.3	現代物理学への展開	114
	演習問題	115

12章 電気回路素子とインピーダンス

12.1	蓄電素子	117
12.1.1	キャパシタ	117
12.1.2	電界エネルギー	118
12.1.3	誘電率の次元解析	119
12.2	誘導素子	119
12.2.1	インダクタ	119
12.2.2	磁界エネルギー	120
12.2.3	透磁率の次元解析	121
12.3	抵抗素子	122
12.3.1	電気抵抗	122
12.3.2	エネルギーの消費	123
12.3.3	電気抵抗率の次元解析	124
12.4	インピーダンス	124
12.4.1	分布定数回路	125
12.4.2	集中定数回路	125
12.4.3	大きさと位相	125
	演習問題	126

引用・参考文献 128

索引 129

章末問題解答例

以下より章末問題解答例がダウンロード可能です。

https://www.coronasha.co.jp/np/data/docs1/978-4-339-01501-6_1.pdf



本テキストで使用する物理量・記号・単位など

物理量	記号	実用単位	読み方	その他の 単位表記
電荷	Q	C	クーロン	A・s
電荷間力, 静電気力, クーロン力	F_E	N	ニュートン	
真空の誘電率	ε_0	F/m	ファラッド毎メートル	
電荷密度	ρ	C/m ³	クーロン毎立方メートル	
電位, 電圧	V	V	ボルト	J/C
静電エネルギー, 電界エネルギー	U_E	J	ジュール	N・m
電界, 電界強度, 電位勾配	E	V/m	ボルト毎メートル	N/C
仕事	W	J	ジュール	N・m
静電容量, キャパシタンス	C	F	ファラッド	C/V
電界エネルギー密度	u_E	J/m ³	ジュール毎立方メートル	
電気双極子モーメント	p_e	C・m	クーロン・メートル	
電気感受率	χ_e	-	(無次元量)	
比誘電率	ε_r	-	(無次元量)	
電気分極, 誘電分極	P_e	C/m ²	クーロン毎平方メートル	
誘電率	ε	F/m	ファラッド毎メートル	
電束密度, 電気変位	D	C/m ²	クーロン毎平方メートル	
電流	I	A	アンペア	
電流密度	J	A/m ²	アンペア毎平方メートル	
電流素片, 電流モーメント	$I dl$	A・m	アンペア・メートル	
電気抵抗	R	Ω	オーム	
電気抵抗率	ρ	$\Omega \cdot m$	オーム・メートル	
コンダクタンス	G	S	ジーメンズ	A/V
電気伝導率	σ	S/m	ジーメンズ毎メートル	
エネルギー	U	J	ジュール	N・m
電力, 消費電力, 仕事率	P	W	ワット	J/s

本テキストで使用する物理量・記号・単位など

物理量	記号	実用単位	読み方	その他の 単位表記
磁極, 磁束	Φ	Wb	ウェーバ	V · s
静磁気力	F_M	N	ニュートン	
磁界, 磁束密度, 磁気誘導	B	T	テスラ	Wb/m ²
磁界強度	H	A/m	アンペア毎メートル	
アンペール力	F_A	N	ニュートン	
グラスマン力	F_G	N	ニュートン	
ローレンツ力, 電磁力, 電磁気力	F_L	N	ニュートン	
インダクタンス	L	H	ヘンリー	Wb/A
磁界エネルギー, 電流エネルギー	U_I	J	ジュール	
磁界エネルギー密度	u_B	J/m ³	ジュール毎立方メートル	
磁気双極子モーメント	p_m	A · m ²	アンペア · 平方メートル	Wb · m
磁化	M	A/m	アンペア毎メートル	
磁化電流	I_m	A	アンペア	
磁化率, 磁気感受率	χ_m	-	(無次元量)	
透磁率	μ	H/m	ヘンリー毎メートル	
真空の透磁率	μ_0	H/m	ヘンリー毎メートル	
比透磁率	μ_r	-	(無次元量)	
磁気分極	P_m	Wb/m ²	ウェーバ毎平方メートル	
変位電流	I_D	A	アンペア	
ジュール熱	U_R	J	ジュール	
ポインティングベクトル	S	W/m ²	ワット毎平方メートル	
スカラーポテンシャル	ϕ	V	ボルト	
ベクトルポテンシャル	A	Wb/m	ウェーバ毎メートル	

1 章

電気磁気学で扱う物理単位

◆本章のテーマ

「電気磁気学」では、その名のとおりに、「電気」と「磁気」の現象を学ぶ。電荷や電流が存在することによって、時間的および空間的に生じる変化に着目することになる。ただし、物体運動とは異なり、私たちの眼には見えない。つまり、これまでの経験に基づいて学ぶことができないことが、電気磁気学の難しさでもある。

しかしながら眼に見えなくても、電気と磁気、それらの物理現象は確実に発現しており、それらを利用した電気器具は、利便性の高い生活の基盤となっている。そのような物理現象と向き合い、そこにある原理を、順を追って丁寧に理解していく楽しさもある。

本章では、原理そして法則として体系化されている物理学の1つである、電気磁気学を理解していくために、まずは物理単位の基本である単位の知識、基本単位、組立単位や接頭語について学ぶ。そして物理量における長さ、質量、時間、電荷などの単位の次元から、複数の物理量の間の関係を表す次元解析について述べる。

加えて、物体が仕事をすることのできる能力、すなわちエネルギーについても学ぶ。力学的エネルギー（運動エネルギー、位置エネルギー、回転エネルギー、振動エネルギー）のほかにも、電磁、光、熱、化学、原子などのエネルギー、さらに相対性理論によれば、質量そのものもエネルギーの一形態として扱われる。

◆本章の構成（キーワード）

1.1 国際単位系（SI）

7つの基本単位、組立単位、接頭語

1.2 次元解析

4つの基準、実用単位、単位記号と量記号

1.3 エネルギーとその形態

エネルギーとその単位、最小単位と最小作用の原理、物理単位からの理解

◆本章を学ぶと以下の内容をマスターできます

- ☞ 国際単位系と呼ばれるルール
- ☞ 電気磁気学で扱われる実用単位
- ☞ 長さと時間の最小単位

1.1 国際単位系 (SI)

1.1.1 7つの基本単位

国際単位系（略称：SI）は、国際的に定められた単位系である。各種の物理量を測定するために定められ、表 1.1 に示す互いに独立した7つの基本単位から構成される。

表 1.1 7つの基本単位

物理量	単位名	記号	定義	過去の定義例
時間	秒	s	単位 s^{-1} による表現で、セシウム (Cs) の固有周期により示される。	1日の(24時間×60分×60秒)分の1の時間
長さ	メートル	m	秒の定義に加え、真空中の光速 c [m/s] にて示される。	北極点と赤道を繋ぐ子午線の1000000分の1の長さ
質量	キログラム	kg	メートルと秒の定義に加え、プランク定数 (h [J·s]) にて示される。	最大密度 (3.98°C) 時の水 1ℓの質量
電流	アンペア	A	単位 $A \cdot s$ (Cに等しい) による表現で、電気素量 (e [C]) にて示される。	無限長の平行電線に1m当りに発生する力
温度	ケルビン	K	メートル、キログラム、秒の定義に加え、ボルツマン定数 (k [J/K]) にて示される。	水の融点と沸点の差の100分の1の温度
物質質量	モル	mol	単位 mol^{-1} による表現で、アボガドロ定数 (N_A) にて示される。	原子番号6番の炭素原子の12gの物質質量
光度	カンデラ	cd	単位 W/sr による表現で、単色光の発光効率の数値 (683) にて示される。	ろうそく1本の光度

2019年に、SI基本単位の導出が再定義され、表 1.2 に示す定義定数が使用されるようになった。これらは不確かさを有していないものとして与えられている。

表 1.2 7つの定義定数とその値

記号	単位	値	定義名称
$\Delta\nu_{Cs}$	Hz	$\Delta\nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770$ Hz	セシウム (Cs) 原子の基底状態における2つの超微細構造準位の間の遷移に対応する放射の周波数
c	m/s	$c = 299\,792\,458$ m/s	真空中の光速
h	J·s	$h = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J·s	プランク定数
e	C	$e = 1.602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C	電気素量
k	J/K	$k = 1.380\,649 \times 10^{-23}$ J/K	ボルツマン定数
N_A	mol	$N_A = 6.022\,140\,76 \times 10^{23}$ mol ⁻¹	アボガドロ定数
K_{cd}	cd	$K_{cd} = 683$ lm/W	周波数 540×10^{12} Hz の単色放射の視感効果度

7つの基本単位は、人工的な標準試料や測定方法に依存せずに、宇宙に普遍的に備わる定義定数、その値を基盤として確立されたのである。すなわち、すべてのSI基本単位はこの定義定数の組合せによって厳密に表現され、国際的な計測基準として高い信頼性を実現している。

このような体系は、これまでの人類の科学的探究の結晶である。人類が地球規模で統一された計測基準を確立したことは、未知への挑戦と理想への邁進という人間の営みの真髄であり、私たちの文明発展を象徴している。

1.1.2 組立単位

組立単位は、基本単位を組み合わせて、乗法・除法の数学記号を用いて表す単位である。例えば「力学」分野に関する物理量は、長さ、質量、時間の組合せで表されることから、長さの単位「m」、質量の単位「kg」、時間の単位「s」を用いる。

「電気磁気学」分野に関する物理量は、以上の3つのほかに、電流の単位、アンペア（記号A）を含めている。これら4つの物理量を基本として定めた単位系のことを、それぞれの単位「m」「kg」「s」「A」の頭文字から、MKSA 単位系と呼ぶ。

また、基本単位と組立単位は、国際的に共通して用いることができる**実用単位系**として制定されており、その具体例については、1.3 節にて紹介する^{†1}。

1.1.3 接頭語

大きな量、あるいは小さな量を端的に記述するために、10 のべき乗を利用する。その際、国際単位系 (SI) では表 1.3 のとおり、24 個の **SI 接頭語** が定められている^{†2}。

表 1.3 SI 接頭語

名称	記号	指数表記	十進数表記
クエタ (quetta)	Q	10^{30}	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000
ロナ (ronna)	R	10^{27}	1 000 000 000 000 000 000 000 000 000
ヨタ (yotta)	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
ゼタ (zetta)	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
エクサ (exa)	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
ペタ (peta)	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
テラ (tera)	T	10^{12}	1 000 000 000 000
ギガ (giga)	G	10^9	1 000 000 000
メガ (mega)	M	10^6	1 000 000
キロ (kilo)	k	10^3	1 000
ヘクト (hecto)	h	10^2	100
デカ (deca)	da	10^1	10

^{†1} SI ではないがオングストローム (Å) という長さの単位で、 $1 \text{ Å} = 0.1 \text{ nm}$ であり、水素原子の直径サイズとされる。また、1 グーゴル (googol) は、10 の 100 乗、つまり 10^{100} という数の単位もある。

^{†2} 接頭語は単位に 1 つだけを付けることになっている。例えば、1000 km を 1 kkm とはしない。

表 1.3 (続き)

名称	記号	指数表記	十進数表記
デシ (deci)	d	10^{-1}	0.1
センチ (centi)	c	10^{-2}	0.01
ミリ (milli)	m	10^{-3}	0.001
マイクロ (micro)	μ	10^{-6}	0.000 001
ナノ (nano)	n	10^{-9}	0.000 000 001
ピコ (pico)	p	10^{-12}	0.000 000 000 001
フェムト (femto)	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
アト (atto)	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001
zepto (zepto)	z	10^{-21}	0.000 000 000 000 000 000 001
yocto (yocto)	y	10^{-24}	0.000 000 000 000 000 000 000 001
ronto (ronto)	r	10^{-27}	0.000 000 000 000 000 000 000 000 001
quecto (quecto)	q	10^{-30}	0.000 000 000 000 000 000 000 000 000 001

1.2 次元解析

1.2.1 4つの基準

電気磁気学において基本となる4つの量、すなわち長さ (**L**ength), 質量 (**M**ass), 時間 (**T**ime), 電流 (**I**ntensity of electric current) として、すべての物理量の基盤として採用されている。これにより、各種の物理量の単位はこれら4つの基本単位の積として一意に定義される。

具体的には、任意の物理量 Z の単位を、長さの単位 L の α 乗、質量の単位 M の β 乗、時間の単位 T の γ 乗、電流の単位 I の χ 乗の積として表現する。すなわち

$$Z [L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\chi] \quad (1.1)$$

と記される。このとき、 $\alpha, \beta, \gamma, \chi$ はそれぞれ Z の次元を表す指数であり、この表現がいわゆる次元式となる。

この次元表示の枠組みは、次元解析の基本概念として、物理現象を理解し、解析する上で有用となる。なぜなら、次元解析により数式の整合性がチェックできるほか、未知の物理量の推論、似た構造をもつ異なる現象間の類似性を見出すことが可能となるからである。

さらに物理法則を記号、図、および方程式で表現する際には、各物理量が基礎単位に依存しているという視点は、理論の抽象化と実験結果との整合性を保つための理論的な柱にもなる。特に、これから学ぶ電気的および磁気的な現象、多くの量に関連する事象に対して、各量の次元関係を明確に提示することで、計算過程の見通しが立ち、物理現象に対する深い科学的洞察が得られるのである。

1.2.2 実用単位

過大または過小とならず、取り扱いやすい諸量の単位を**実用単位**と称する。ここでは、電気磁気学に登場する物理量、および実用単位の次元について、その代表例を表 1.4 に示す。

表 1.4 本テキストで利用する実用単位例

物理量とその量記号	実用単位	次元	扱う章
電荷 Q	C (クーロン)	TI	3 章
真空の誘電率 ϵ_0	F/m (ファラッド毎メートル)	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	3 章
電位, 電圧 V	V (ボルト)	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	4 章
電界, 電界強度, 電位勾配 E	V/m (ボルト毎メートル)	$LMT^{-3}I^{-1}$	5 章
静電容量, キャパシタンス C	F (ファラッド)	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	5 章
電束密度, 電気変位 D	C/m^2 (クーロン毎平方メートル)	$L^{-2}TI$	6 章
電気双極子モーメント p_e	$C \cdot m$ (クーロン・メートル)	LTI	6 章
電流 I	A (アンペア)	I	7 章
電気抵抗率 ρ	$\Omega \cdot m$ (オーム・メートル)	$L^3MT^{-3}I^{-2}$	7 章
電気伝導率 σ	S/m (ジーメンズ毎メートル)	$L^{-3}M^{-1}T^3I^2$	7 章
磁界, 磁束密度, 磁気誘導 B	T (テスラ)	$MT^{-2}I^{-1}$	8 章
磁束 Φ	Wb (ウェーバ)	$L^2MT^{-2}I^{-1}$	8 章
磁界強度 H	A/m (アンペア毎メートル)	$L^{-1}I$	8 章
インダクタンス L	H (ヘンリー)	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	8 章
真空の透磁率 μ_0	H/m (ヘンリー毎メートル)	$LMT^{-2}I^{-2}$	8 章
電気双極子モーメント p_m	$A \cdot m^2$ (アンペア・平方メートル)	$L^3MT^{-2}I^{-1}$	9 章

1.2.3 単位記号と量記号

単位記号および量記号は、日本産業規格 (JIS: Japanese Industrial Standards) に従う。単位記号は立体文字 (C, V, A, Wb など) を用い、量記号は斜体文字 (Q , V , I , Φ など) を用いる。加えて、量記号の後に単位記号を付する場合は、単位記号を括弧内に示す (例: $Q[C]$, $V[V]$)。また、ベクトル (あるいはベクトル量) の表記は、太文字斜体 (\mathbf{E} [V/m] など) ではなく、見た目のわかりやすさから上矢印 (\vec{E} [V/m] など) で表記する。

電気磁気学の修学に際して、物理学分野において時空間における普遍かつ抽象的な現象の記述を重視するため、「電場 (あるいは磁場)」という用語が用いられる。一方、工学分野では実用性および応用面を重視する観点から、「電界 (あるいは磁界)」という用語が多く採用されている。したがって、本テキストにおいては、対象領域を特に意識しない場合は「電場 (あるいは磁場)」と表記し、電気回路など適用領域を明示する場合には「電界 (あるいは磁界)」と表記する。これにより、扱う物理的内容の正確性と工学的応用性との両立が図られる。

索引

【あ】		逆起電力	96, 120	探り電荷	36
アボガドロ定数	2	キャパシタ	48, 117	鎖交磁束	98
アンペアの法則	76	キャパシタンス	49	散乱現象	68
アンペールの周回積分の法則	77	キュリー温度	59, 90	【し】	
アンペールの法則	76	強磁性体	89	磁化	86
アンペール・マクスウェルの法則	101	強誘電性	58	磁荷	74
アンペール力	80, 81, 91	強誘電体	59	磁界	65, 74
【い】		極性分子	56	——のガウスの法則	75, 107
イオン	23	キルヒホッフの法則	43	磁界エネルギー	120
位相	125	近接作用論	114	磁界エネルギー密度	83
位置ベクトル	13	【く】		磁界強度	75
移動ベクトル	13	空間	7	磁化電流	86
陰イオン	23	空間状態値	32	磁化率	87
インダクタ	78, 119	組立単位	3	時間	2, 7
インダクタンス	98, 120	グラスマン力	82	磁気感受率	87
インピーダンス	125	クーロンゲージ	114	磁気キュリー温度	90
【う～お】		クーロンの法則	27	磁気双極子	86
渦電流	98, 122	クーロン力	26	磁気双極子モーメント	86
エネルギー	6	【け】		磁気損失	122
エネルギー方程式	112	ゲージ固定	113	磁気分極	86
遠隔作用論	114	ゲージ理論	113	磁気飽和	89
オームの法則	69, 122, 123	結合係数	99	磁気誘導	74, 97
温度	2	原子	22	磁極	74
【か】		原子核	22	次元解析	4
外積	13	【こ】		次元式	4
回転	17	コイル	119	試験電荷	36
ガウスの定理	18	光子	113	自己インダクタンス	98
拡張されたアンペールの法則	101, 108	構成方程式	92	仕事率	6, 71
環状磁性体インダクタ	99	光速	2, 7	自己誘導	97, 120
【き】		光度	2	磁石	74
基底ベクトル	13	勾配	14	磁性損	122
起電力	32	勾配ベクトル	14	磁性体	86
基本単位	2	国際単位系	2	磁性ヒステリシス損	122
基本ベクトル	13	コンダクタンス	70	磁束	74
【さ】		コンデンサ	117	磁束密度	74, 75
最小作用の原理	8	【さ】		実用単位	5
				実用単位系	3
				質量	2
				自発分極	59, 89
				自由空間	124

トムソンの法則	75	分極	56	誘電損	119
【な行】		分極電荷	56	誘電体	56
内積	13	分極電界	56	誘電ヒステリシス損	119
長岡係数	98	分子	22	誘電分極	56
長さ	2	分布定数回路	125	誘電分極電荷	56
粘性	68			誘電分極電界	56
		【へ】		誘電率	60
【は】		平行平板キャパシタ	48, 100	誘導素子	119
媒質	61	ベクトル解析	12	誘導電荷	53, 55
発散	19	ベクトル場	12	【よ】	
発電機	6	ベクトルポテンシャル	112	陽イオン	23
波動方程式	110	ベクトル量	12	陽子	22
場の理論	115	ヘルムホルツの定理	113	【り】	
反磁性体	88	変位電流	101	量子電気力学	115
半導体	23	偏微分	14	量子電磁力学	27, 115
万有引力定数	7	【ほ】		量子力学	27
【ひ】		ポアソン方程式	114	量子論	115
ピオ・サバルの法則	78	ポインティングベクトル	103	【れ】	
ヒステリシス	59, 89	方向量	12	レンツの法則	96
ヒステリシス現象	89	放射ゲージ	114	【ろ】	
比透磁率	88	法線ベクトル	13	ローレンスゲージ	114
比誘電率	58	ボーアの原子モデル	22	ローレンス条件	114
標準理論	115	補助場	90	ローレンス不変性	113
【ふ】		保持力	89	ローレンス変換	113
ファラデーの法則	88, 96	ボルツマン定数	2	ローレンツ力	82
負イオン	23	【ま行】		【M】	
複素インピーダンス	125	マクスウェル方程式	102, 107	MKSA 単位系	3
物質量	2	摩擦	68	【S】	
物理量	2	源	92	SI	2
不導体	23	無限遠点	34	SI 接頭語	3
プランク時間	7	面素ベクトル	13		
プランクスケール	7	モータ	82		
プランク定数	2, 7	漏れ磁束	99		
プランク長さ	7	【ゆ】			
フレミングの左手の法則	80	誘電キュリー温度	59		

—— 著者略歴 ——

1993年 岐阜県立岐阜工業高等学校卒業（電気科）
1998年 名古屋工業大学工学部第 II 部卒業（電気情報工学科）
2000年 名古屋工業大学大学院工学研究科博士前期課程修了（電気情報工学専攻）
2003年 京都大学大学院工学研究科博士後期課程研究指導認定（電子物性工学専攻）
2003年 京都大学研究員
2004年 博士（工学）（京都大学）
2007年 京都大学助教
2012年 千葉工業大学准教授
2015年 千葉工業大学教授
現在に至る

電気回路素子を理解するための電気磁気学

Electricity and Magnetism for Beginners: Understanding Circuit Elements

© Satoh Nobuo 2025

2025年11月6日 初版第1刷発行



検印省略

著者 佐藤 宣夫
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来 真也
印刷所 三美印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

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 <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-01501-0 C3054 Printed in Japan

(新宅)



JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつと事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

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います。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いません。落丁・乱丁はお取替えいたします。