はじめて学ぶ情報通信

理学博士　和保　孝夫　編著

博士(工学)　小川　将克
博士(工学)　高橋　　浩
博士(工学)　萬代　雅希
博士(工学)　渋谷　智治　共著
博士(工学)　林　　等
博士(工学)　炭　　親良

コロナ社

編著者・執筆者一覧

○編著者

和保孝夫

○執筆者（執筆順）

和保孝夫（上智大学）：1～3章
小川将克（上智大学）：4章
高橋　浩（上智大学）：5章
萬代雅希（上智大学）：6章
渋谷智治（上智大学）：7章
林　　等（上智大学）：8章1～2節
炭　親良（上智大学）：8章3節

（2016年8月現在）

ま　え　が　き

近年，スマートフォンや携帯電話，タブレットなどの情報端末が日常生活を送るうえで不可欠となり，ともすると，端末画面上で展開される多彩なサービスに目を奪われがちである。しかし，端末画面の「向こう側」には，世界中に張り巡らされた巨大なネットワークがあり，大量のデータを蓄積したサーバにつながっていて，さらに，膨大な情報の流れをコントロールする巧妙な仕組みが存在する。それらを内包する世界規模の情報通信システムが今日の情報化社会の基盤となり，今なお進化し続けている。

本書は，このような情報通信システムを勉強したいと考えている初学者を対象に，できるだけ平易な言葉で，基本的事項を説明することを目的としている。情報通信は多くの要素技術が総合化された技術体系で，従来のカリキュラムでは，それらの要素技術を十分に学んだうえで情報通信に進むことが多かった。それに対して，専門課程に進む前の学生に「一般教養」として情報通信の全体像を学ぶことを目的として本書を執筆した。全体を俯瞰（ふかん）したうえで，興味をもった分野をさらに学べばよい。専門的な内容に踏み込んだときに，なぜそれが必要かを広い枠組みの中で理解し，将来，どの方向に進んだらよいかの指針を得るために，本書で学んだことが役立つことを期待している。初学者が短時間でその全体像を俯瞰することは容易なことではない。それは読者の挑戦であるが，じつは，本書を企画したわれわれの挑戦でもある。

通信工学という分野は昔からあった。19 世紀に遡（さかのぼ）る電信電話サービスの開始以来，さまざまな技術が蓄積されてきた。現在でも基本的な骨組みとしては変わらない部分も多い。しかし，半導体技術の驚異的な進歩により，取り扱うことのできる情報量が爆発的に増加し，それが超高速でネットワーク上を行き交うようになった。インターネット上で展開される新しいビジネス，ビッグデータに象徴される新しい社会的枠組み，再び脚光を浴びている人工知能，な

どを考えると，もはや従来の通信工学の枠組みではとらえきれない革新的な概念がつぎつぎに誕生しているのが現実である。このような意味で，本書では「情報通信」という言葉にこだわった。最先端の情報通信システムに関する詳細な議論を展開することは本書の範囲を超えるが，少しでも，その入口を示すことができるよう配慮した。

取り上げた題材は慎重に選択したつもりである。最先端技術はいずれ鮮度が落ち，陳腐化してしまう。しかし，時を経ても変わらない，芯となっているテクノロジーの本質は何なのか，われわれは絶えず頭に思い描きながら執筆を進めた。必ずしも意図したことが十分に表現し尽くされていない部分もあるかもしれないが，読者の新鮮な想像力で行間を埋めてほしい。本書は，それぞれの分野の専門家が分担して執筆したが，各章の内容だけでも優に1冊の教科書になるほどの技術的な拡がりがあり，思わぬ誤解があるかもしれない。読者の皆さまからご指摘をいただければ幸いである。

また，本書演習問題の解答はコロナ社のwebページ†からダウンロードできるので，ぜひ活用していただきたい。

最後に改めて本書の目的を記す。

（1）　身近な例を取り上げて情報通信の重要性を示す。

（2）　ハードウェア，ソフトウェアの両面から情報通信システムの基礎を示し，今後の新たな展開にも柔軟に対応できる技術力が養えるよう手助けをする。

（3）　情報通信システムがさまざまな要素技術から構築されていることを示し，将来，この分野を体系的に学んでいくうえでの指針を与える。

情報通信は，もはや単なる技術を超えて社会の基盤となり，人類共通の財産になっている。それを学んでいくことが読者の喜びとなり，その積み重ねが，安心して暮らせる豊かな社会の実現につながるであろうことを願っている。

2016年8月

編著者　和保孝夫

† http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339028577/

目　　次

1. 情報通信とは

1.1　情報通信ネットワーク …… 1
1.1.1　情報通信で使われる信号と送受信機 …… 2
1.1.2　無線通信と光ファイバ通信 …… 4
1.1.3　インターネットへの接続とセキュリティ …… 5
1.1.4　情報通信技術の応用 …… 6
1.2　学習の指針 …… 7
演習問題 …… 8

2. 情報通信における信号

2.1　時間領域と周波数領域 …… 9
2.2　アナログとディジタル …… 13
2.2.1　アナログ/ディジタル変換 …… 13
2.2.2　サンプリング …… 15
2.2.3　ディジタル化のメリット …… 18
2.3　変調 …… 19
2.3.1　アナログ変調 …… 20
2.3.2　ディジタル変調 …… 22
2.3.3　コンスタレーション …… 24
2.3.4　直交変調 …… 26
2.4　CDMA …… 27

演 習 問 題……30

3. 送 受 信 機

3.1 振幅変調を用いた送受信……31
3.1.1 時 間 領 域……32
3.1.2 周 波 数 領 域……35
3.2 送受信機の構成と機能……39
3.2.1 構 成……39
3.2.2 受 信 経 路……41
3.2.3 回路の非線形性……44
3.2.4 イメージ信号の除去……46
3.2.5 出 力 経 路……47
演 習 問 題……48

4. 無 線 通 信

4.1 通信ネットワークの構成とつながる仕組み……49
4.1.1 移動通信ネットワークの概要……49
4.1.2 第3世代の移動通信ネットワーク……50
4.1.3 第4世代の移動通信ネットワーク……52
4.2 無線アクセスネットワーク……56
4.2.1 複 信 方 式……56
4.2.2 多元接続方式……58
4.2.3 多元接続方式と複信方式の組合せ……62
4.3 電波の性質とセル間干渉対策……63
4.3.1 電 波 の 発 生……63
4.3.2 回 折 と 反 射……65
4.3.3 伝 搬 損 失……66
4.3.4 干渉抑止対策……68

4.4　近距離無線通信 …… 69
4.4.1　無線 LAN : IEEE802.11 規格 …… 69
4.4.2　Bluetooth …… 85
演　習　問　題 …… 87

5. 光ファイバ通信

5.1　通信ネットワークの役割 …… 89
5.2　光 ファイバ …… 91
5.2.1　通信に光を用いる理由 …… 91
5.2.2　光ファイバの概要 …… 93
5.2.3　光ファイバ中の光の伝搬 …… 95
5.2.4　光ファイバの長所 …… 98
5.3　光ファイバ伝送システム …… 99
5.3.1　送信・受信の基本構成 …… 99
5.3.2　発光素子と受光素子 …… 100
5.3.3　時 分 割 多 重 …… 103
5.3.4　短パルス化における課題 …… 104
5.3.5　波長分割多重 …… 106
5.3.6　波 長 分 波 器 …… 107
5.3.7　多値位相変調伝送 …… 108
演　習　問　題 …… 109

6. インターネット

6.1　インターネットの仕組み …… 111
6.1.1　IP アドレス …… 111
6.1.2　DNS …… 119
6.2　インターネット上のサービス …… 124
6.2.1　検索サービス …… 124

6.2.2 コミュニケーションツール …… 128
6.2.3 ソーシャルネットワーキングサービス …… 129
6.2.4 インターネットショッピング …… 130
6.2.5 動 画 配 信 …… 131
演 習 問 題 …… 132

7. 誤り訂正と暗号

7.1 通信プロトコル …… 133
7.1.1 通信プロトコルの必要性 …… 133
7.1.2 プロトコルの階層化 …… 134
7.2 通信の信頼性向上と符号化 …… 139
7.2.1 パケットエラーの補償 …… 139
7.2.2 誤り訂正符号 …… 141
7.3 通信内容の秘匿と暗号 …… 144
7.3.1 情報通信システムにおけるセキュリティ …… 144
7.3.2 通信内容の暗号化 …… 145
7.3.3 秘 密 鍵 暗 号 …… 149
7.3.4 公 開 鍵 暗 号 …… 150
7.3.5 改ざん検出と相手認証 …… 153
演 習 問 題 …… 155

8. 情報通信技術の応用

8.1 RFID …… 157
8.1.1 特 徴 …… 157
8.1.2 構 成 と 分 類 …… 158
8.1.3 応 用 分 野 …… 162
8.1.4 位置推定システム：GPS など …… 162
8.1.5 バ ー コ ー ド …… 165

8.1.6　非接触 IC カード …… 166
8.2　IoT とセンサネットワーク …… 168
8.2.1　IoT …… 168
8.2.2　センサネットワーク …… 168
8.2.3　スマートメータネットワーク …… 169
8.3　リモートセンシング …… 171
8.3.1　通信との類似性 …… 172
8.3.2　観測衛星を使ったリモートセンシング …… 173
演　習　問　題 …… 178

引用・参考文献 …… 179
索　　引 …… 184

談　話　室

ソフトウェア無線 …… 48
移動通信の歴史 …… 88
光通信は成長しすぎ？ …… 110
誤り訂正符号/暗号化の歴史 …… 156

1 情報通信とは

スマートフォン（smartphone）で通話ができるのはなぜか，データベースにアクセスできるのはなぜか，近い将来，どのようなサービスが可能か，これらの問いに答えるためには，スマートフォンやデータベースをつなぐ情報通信ネットワークについて理解する必要がある。本章ではそれを概観するとともに，後に続く本書の各章との対応を述べ，本書の構成について説明する。さらに，この分野を学習していくうえでの指針を述べる。

1.1 情報通信ネットワーク

スマートフォンや従来型の携帯電話（以下，携帯電話），タブレット端末など，われわれが情報をやり取りするときに実際に手にする機器のことを情報通信端末，あるいは単に通信端末と呼ぶ。今，端末 A をもっていて，端末 B をもつ相手と通信したり，インターネットを介して情報を取得することを考える。**図 1.1** にはこれらの端末間やインターネットをつなぐ情報通信ネットワー

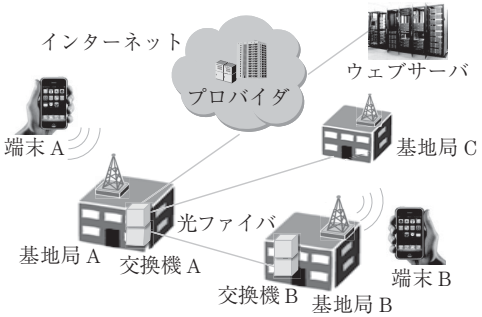

図 1.1 情報通信ネットワークのイメージ

クのイメージを示す。端末 A から発信した情報は最寄りの基地局 A から遠方の基地局 B を経由して端末 B に届く。また，基地局 A はインターネットとつながっていて，ウェブサーバと情報のやり取りをする。これらの経路については以下で順を追って説明するが，その前に，このような情報通信に使われる信号について考えてみる。

1.1.1　情報通信で使われる信号と送受信機

端末 A では，音や入力データを電波に変えて基地局と通信する。音は 20 Hz～20 kHz の周波数をもつ空気の振動であるのに対して，電波はそれよりはるかに高い周波数で振動する電磁波である。このように端末のユーザが使う信号と，実際の通信に使う信号とは，その形態が異なることになる。送りたい信号を通信に適した信号に変換することを変調と呼ぶ。その逆に，端末 B では受信した電波からもとの音声を再生しなければならない。これを復調と呼ぶ。また，これらを合わせて変復調と呼ぶ。特に近年では，より多くの情報を効率的に伝えるために，さまざまな変復調方式が開発され，情報通信量の飛躍的な増加を可能にした。また，情報は基本的にディジタル的に処理されるが，電波や音声はアナログ信号なので，情報通信分野ではディジタルとアナログを相互に変換する必要がある。これらの信号の変換方法や代表的な変調方式について 2 章で説明する。

図 1.1 に戻り，端末 A や端末 B が通信に使う電波について考える。**図 1.2** に示すように，電波は放送や業務用の通信など，広く一般の通信に利用され，その周波数により用途が決められている。電波は，電界または磁界が周期的に変化しながら空間を伝搬する波であり，周波数はその周期の逆数で，1 秒間に電界または磁界が何回振動するかを意味する。ラジオ放送を受信するとき，受信機のチューナをその周波数に合わせることで所望の放送局から送られる放送を聞くことができる。本書では，電波と電磁波をほぼ同義で用いるが，わが国の「放送法」では，300 万 MHz 以下〔すなわち 3 THz（テラヘルツ）以下〕の電磁波を電波と呼ぶことが定められている。

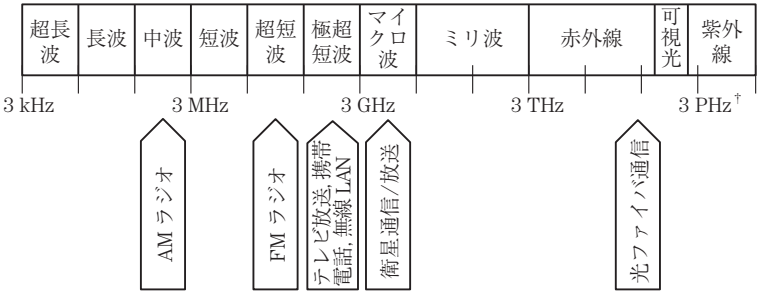

図 1.2　情報通信で使う電磁波の周波数

放送も含めて異なる通信システムが，同じ物理現象である電波を利用するため，互いに混信しないように，使用できる電波の周波数が厳密に定められている。また，同じ携帯電話サービスであっても，ある周波数の範囲でごくわずかに違う複数の周波数が割り当てられたチャネルが用意されていて，その中から一つのチャネルをユーザが使って通信する。このような状況を考えると，端末 A はあらかじめ割り当てられたチャネルの周波数をもつ電波しか発信してはいけないことになる。そうしないと，他のユーザから見たとき，妨害電波を出している，と見なされてしまうのである。

電波を受信する端末 B では，状況がもっと複雑である。空中にはテレビ放送の電波など，さまざまな電波が行き交っていて，これらの電波が端末 B で受信される可能性がある。もちろん端末 B では，このような多くの電波の中から，端末 A と通話するために割り当てられた周波数のチャネルの電波のみを選択してスピーカで再生する必要がある。たまたま運悪く，端末 B の近くに別のチャネルが割り当てられたユーザの端末があり，それが電波を発信しているとすると，遠くの基地局のアンテナから端末 B が受信したい所望の電波よりはるかに強い電波が隣から発信されていることになる。送受信に必要なこれらの条件を満足するため，各端末には特別な仕掛けが備わっている。3 章ではそれらについて説明する。

† 1 PHz（ペタヘルツ）＝ 10^{15} Hz。単位の接頭語：k（キロ）＝ 10^{3}，M（メガ）＝ 10^{6}，G（ギガ）＝ 10^{9}，T（テラ）＝ 10^{12}，P（ペタ）＝ 10^{15}，E（エクサ）＝ 10^{18}。

1.1.2　無線通信と光ファイバ通信

再び図 1.1 に戻って，端末 A と端末 B がつながる仕組みを考えてみる。もちろん，これらの 2 台の端末は直接電波をやり取りしているわけではなく，基地局 A および基地局 B を経由して信号が届くことはすでに述べた。基地局 A では，端末 A から受け取った電波からその相手先が端末 B であることを知り，端末 B の最寄りの基地局 B に宛てて通話内容を送信する。基地局 A のアンテナでは，端末 A 以外にも近くにある他の端末から送られてくる電波も受信する。そこで基地局では，このように多くのユーザから送られてくる情報を，それぞれの相手先に適切に振り分ける機能が必要になる。基地局に設置された交換機と呼ばれる装置がその役割を担っている。

相手先の情報端末が送信元と同じ基地局と通信していることはまれで，多くの場合，相手は遠く離れた場所にある基地局と通信できる状況にある。そこで，送信情報は基地局間をつなぐ光ファイバで相手先の基地局の交換機に送られ，その後，基地局に設置されたアンテナから電波で相手の情報端末に届けられることになる。情報端末は移動することを前提にしており，通話中に最寄りの基地局が変わる場合もありうる。そのとき，通話が途切れないように，基地局間で端末情報を受け渡すための特別な仕掛けがある。無線通信はスマートフォンや携帯電話だけでなく，タブレット端末で使われる Wi-Fi[†1] に代表される無線 LAN（local area network：構内通信網）や，Bluetooth[†2] などの機器間のワイヤレス接続などでも利用される。このような無線通信について，関連技術も合わせて 4 章で説明する。

基地局間の通信には，図 1.1 で示したように，多くの情報を同時に送信できる光ファイバが使われている。それぞれの基地局に置かれた交換機は，光ファイバによって網目状に接続されている。光ファイバは細い繊維状のガラスで，光の強弱に変換された情報を遠方まで伝えることができる。日本全国のみならず，大陸間にも光ファイバを内蔵した海底ケーブルが設置されていて，地球規

† 1　Wi-Fi：4.4.1 項参照。
† 2　Bluetooth：4.4.2 項参照。

模のネットワークを構成している。また，多くのユーザの情報を一つの光信号にまとめて送信している。光ファイバ通信で使われる光も電磁波の一種で，500 THz 前後の周波数を有する。電波と合わせて図 1.2 に示した。このような光ファイバ通信について 5 章で説明する。

1.1.3　インターネットへの接続とセキュリティ

さて，スマートフォンや携帯電話は相手との通話だけでなく，インターネットに接続して，さまざまなデータベースにアクセスし，情報検索をすることにも利用される。図 1.1 では，交換機 A が，端末 A から送られた信号の宛先がインターネットと接続されたウェブサーバだと判断した場合，しかるべきプロバイダを介して目的とするウェブサーバに接続される様子を示した。インターネットには多数のコンピュータが接続されていて，互いに情報をやり取りしている。そのためにはスマートフォンや携帯電話の電話番号のように，相手を識別するための固有番号が必要であり，IP（internet protocol）アドレス[†1]と呼ばれている。また，LINE[†2]，Facebook[†3]などは，スマートフォンや携帯電話がインターネットを介してそれぞれのサーバと接続されることで，はじめて可能になったサービスである。これらについて 6 章で説明する。

このように，現代社会では，さまざまな種類の，膨大な数に及ぶ情報機器が相互に接続された巨大な情報通信ネットワークが構築されている。それらを稼働させるために必要なエネルギーは無視できない量になっており，限られた資源で，できるだけ多くの情報を，間違えずに伝えることが大きな課題になっている。さらに，近年，われわれの日常生活がこれらの通信ネットワークに強く依存するようになったため，情報が第三者に漏れたり，第三者が情報通信に介入したりすることを防ぐための，セキュリティの強化が重要な課題になってきた。そのために堅固な暗号技術の開発が望まれており，これに関して 7 章で説

† 1　IP アドレス：6.1 節参照。
† 2　LINE：6.2.2 項〔2〕参照。
† 3　Facebook：6.2.3 項〔1〕参照。

索　　引

【あ】

アナログ回路 158
アナログ/ディジタル変換 13
アナログ変調 20
アプリケーション層 136
アメリカ航空宇宙局 NASA 171
誤り検出再送要求方式 140
誤り訂正符号 142
アレイ導波路回折格子 107
暗号化 146
暗号化アルゴリズム 147
暗号化鍵 147
暗号文 146
アンテナ 157
アンテナ共用器 41
アンペールの法則 63

【い】

イーサネット 137,138
位相シフトキーイング 22
位相偏移変調 22
位相変調 20
位置登録エリア 53
一斉呼び出し 55
移動通信ネットワーク 141
イメージ信号 46
医療診断 171
インターネット 5,111
インターネットサービス プロバイダ 91
インターネット層 136
インフラストラクチャ 90

【え】

エラー 137

【お】

折り返し 16
オンオフキーイング 99
音　波 172

【か】

ガードインターバル 78
改ざん 144
回　折 95
下位層 138
階層化 134
階層構造 136
解　読 146
鍵配送問題 150
拡　散 28
拡散率 28
確認応答 140
可聴音波 173
可聴周波数帯域 31
活性層 101
環境観測 171
環境観測技術衛星 みどり２号 176
干　渉 108,141
観測衛星 173

【き】

基地局 2
機密性 145
逆拡散 30
キャリア波 20
共　有 149
局部発信器 46

【く】

空間分解能 175
屈　折 96
屈折率 96
クラッド 96
繰返し符号化 142
クロージャ 95
クローラ 126

【け】

経路選択 138
ケーブル 94
ゲルマニウム 98
検索サービス 125
減　衰 141
検　波 172

【こ】

コ　ア 95,96
公開鍵 151
公開鍵暗号 149
公開鍵証明書 153,154
交換機 4
高周波発振器 32
高密度波長分割多重 107
コンスタレーション 24
コンセントレータ 170
コンボリューション 35

【さ】

雑　音 141
サンプリング 14,15
サンプリング定理 17

【し】

シーケンス番号 139

シーザー暗号 146
紫外吸収 98
時間領域 9
資源探査 171
時分割多重 103
シャノン 156
周波数 2
周波数シフトキーイング 22
周波数選択性フェージング 75
周波数分割デュプレックス 40
周波数分割複信 40
周波数偏移変調 22
周波数変調 20
周波数ホッピング方式 72
周波数領域 9
受動型（passive）センシング 172
瞬時周波数 21
上位層 138
消失パケット 137,139
正真性 145
冗長ビット 142
所望波 16,41
信号帯域 91
振幅シフトキーイング 22
振幅偏移変調 22
振幅変調 20
シンボルレート 24

【す】

スネルの法則 96
スペクトラム拡散方式 72
スペクトル 11
スペクトル拡散 28
スマートメータ 169

【せ】

制御情報 138
正　孔 102
石英ガラス 93
赤外吸収 98
赤外光 92
セキュリティ 5
セ　ル 53
センサネットワーク 157
センサノード 168
全数探索法 148

【そ】

素因数分解 151,156
相互変調歪 45
ソーシャルネットワーキングサービス 129
ソフトウェア無線 48
損　失 97

【た】

ターボ符号 143
対称暗号 149
多元接続 59
多重化 18,58
畳み込み 35
畳み込み符号 143,156
多値位相変調 109
単一換字暗号 148

【ち】

チェックサム 139
チェックデジット 165
地球観測衛星搭載だいち２号 174
チップレート 28
チャネル 3,40
中間者攻撃 153
中間周波数 46
超音波 173
直接拡散方式 72
直交変調 26

【つ】

ツイッター 130
通信プロトコル 134

【て】

低雑音増幅器 42
ディジタル回路 158
ディジタル署名 153,154
ディジタル変調 20
データベース 5
デュプレクサ 40
電　子 101
電子現金 156
電子タグ 157
電子投票 156
電磁波 172
伝送速度 91
伝送ビット 142
伝送メディア 138
伝送路 90
伝導電子 102
電　波 2
伝搬損失 97
電力増幅器 47

【と】

盗　聴 144
ドメイン名 119
ドライエッチング 108
トランスインピーダンスアンプ 102
トランスデューサ（変換器） 172
トランスポート層 136

【な】

名前解決 121
成りすまし 145

【に】

認　証 145,156
認証局 154

【ね】

ネットワークアドレス 113

ネットワークインタ
フェース層 136,141

【の】

能動型（active）セン
シング 172
ノード 90

【は】

バーコード 157
ハイブリッド暗号化
システム 152
パケット 114,138
——の消失 137
波長合波器 108
波長分割多重 106
波長分波器 106
波動方程式 173
ハミング符号化 143
搬送波 20,91
反　転 143
バンド 40
半導体レーザ 100
ハンドオーバ 55
バンドパスフィルタ 42

【ひ】

光ファイバ 4,93
光ファイバケーブル 94
非接触 IC カード 166
非線形性 44
ビットレート 24,28
否　認 145
非破壊検査 171
秘密鍵 151
秘密鍵暗号 149
秘密分散 156
平　文 146

【ふ】

ファラデーの法則 63
フィルタ 35
フーリエ級数 11,105
フォトダイオード 102
フォトリソグラフィ 108
復号化 172
復　調 2,172
符号化 14,172
符号分割多元接続 27
プランクの公式 176
フリスの伝達公式 66,164
フリップチップ実装 158
フレーム 138
プレフィックス長 112
ブロードキャスト
アドレス 113
プロトコル 134
分散制御 117
分波器 41

【へ】

ページランクアルゴリズム
126
ページング 55
ベストエフォート 117
ヘッダ 137
変　調 2,19,91,172
変復調 2

【ほ】

妨害波 15,41
放射計 176
放射率 177

【ま】

マイクロ波 174
曲げ損失 97
マルチホップ 170

【み】

見える化 170
ミキサ 33

【む】

無線 LAN 4,138
無線タグ 157

【め】

メッセージ 146
メモリ回路 158

【も】

モノのインターネット 157

【ゆ】

誘導放出 101

【り】

リーダライタ 157
リモートセンシング 171
量子アルゴリズム 156
量子化 14
リンク 90

【る】

ルータ 91,115
ルーティングテーブル 115

【れ】

レイリー散乱 98
レーザダイオード 100
レイリー・ジーンズの
近似公式 176

【ろ】

漏　洩 144
ローパスフィルタ 38
ロングテール 130

【数字】

2 値位相偏移変調 24
4 値位相偏移変調 24
16QAM 26
16 値直交振幅変調 26

【A】

active 型 158
ADEOS-II 176
AdSense 128

AdWords 126
A/D 変換器 13
AES 84,149
ALOS-II 174
AM 20
Amazon.com 130
AQUA 177
ARQ 140
ASK 22
AWG 107

【B】

BCH 符号 143
beacon 型 159
BLE 85
Bluetooth 4
BPF 42
BPSK 24

【C】

CCK 72
CCMP 84
CDM 58
CDMA 27,59
CS 型 128

【D】

DES 149
DNS 119
DNS サーバ 121
DSSS 72
DWDM 107

【F】

Facebook 5,130
FDD 40,57
FDM 58
FDMA 59
FM 20
FSK 22

【G】

Google 124
GPS 6,162
GSM 40

【H】

HF 161
HTTP 137

【I】

IC 157
IC カード 6
IC 乗車券 6
IC タグ 157
ID 157
in situ 171
in vitro 171
in vivo 171
IoT 157
IP 137,138
IP アドレス 5,111,138
ISM バンド 49,72
IV 82

【J】

JAN コード 165
JAXA 174

【L】

Landsat 衛星 1 号 171
LDPC 符号 143,156
LF 161
LINE 5,129
LNA 42
LPF 38
L バンド 174

【M】

mod 2 142

【N】

NFC 166

【O】

OFDM 58,62
OFDMA 59
on-off keying 99
one-time pad 156

【P】

P2P 型 128
PA 47
passive 型 159
PM 20
pn 接合 100,102
POS 165
PSK 22,83

【Q】

QAM 27,109
QPSK 24,109

【R】

Reed-Solomon 符号 143
RF 13
RFID 157
RFID タグ 157
RF アナログフロントエンド 158
RF タグ 157
RM 符号 156
RSA 暗号 151
RSS 162
RS 符号 156

【S】

semi-active 型 159
semi-passive 型 159
Skype 128
SMTP 137
SSL/TSL 152

【T】

TCP 137
TDD 57
TDM 58,103
TDMA 59
TK 83

TKIP 83
ToA 162

【U】

UDP 137
UHF 161

【W】

WDM 106
WEP 82
Wi-Fi 4
WPA 82
WPA2 82

【Y】

Yahoo! 125
YouTube 131

――編著者・著者略歴――

和保孝夫（わほ　たかお）
1973 年　早稲田大学理工学部物理学科卒業
1975 年　早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了（物理学及び応用物理学専攻）
1975 年　日本電信電話公社（現在の日本電信電話株式会社）電気通信研究所勤務
1978 年　理学博士（早稲田大学）
1999 年　上智大学教授
現在に至る

高橋　浩（たかはし　ひろし）
1986 年　東北大学工学部電気工学科卒業
1988 年　東北大学大学院工学研究科博士前期課程修了（電気及通信工学専攻）
1988 年　日本電信電話株式会社勤務
1997 年　博士（工学）（東北大学）
2013 年　上智大学准教授
2015 年　上智大学教授
現在に至る

渋谷智治（しぶや　ともはる）
1992 年　東京工業大学工学部電気・電子工学科卒業
1994 年　東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了（集積システム工学専攻）
1994 年　東京工業大学助手
1999 年　博士（工学）（東京工業大学）
2003 年　大学共同利用機関メディア教育開発センター助教授
2008 年　上智大学准教授
2015 年　上智大学教授
現在に至る

炭　親良（すみ　ちかよし）
1991 年　上智大学理工学部電気・電子工学科卒業
1993 年　上智大学大学院理工学研究科修士課程修了（電気・電子工学専攻）
1996 年　上智大学大学院理工学研究科博士課程修了(電気・電子工学専攻), 博士（工学）
1996 年　日本学術振興会特別研究員（PD），上智大学, イリノイ大学（アメリカ）, およびキール大学（イギリス）客員研究員
1998 年　上智大学講師
2008 年　上智大学准教授
現在に至る

小川将克（おがわ　まさかつ）
1998 年　上智大学理工学部電気・電子工学科卒業
2000 年　上智大学大学院理工学研究科修士課程修了（電気・電子工学専攻）
2003 年　上智大学大学院理工学研究科博士課程修了(電気・電子工学専攻), 博士（工学）
2004 年　日本電信電話株式会社勤務
2011 年　上智大学准教授
現在に至る

萬代雅希（ばんだい　まさき）
1996 年　慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業
1998 年　慶應義塾大学大学院理工学研究科修士課程修了（電気工学専攻）
1998 年　ソニー株式会社勤務
2004 年　慶應義塾大学大学院理工学研究科博士課程修了（開放環境科学専攻），博士（工学）
2004 年　静岡大学助手
2006 年～07 年　ブリティッシュコロンビア大学（カナダ）訪問研究員
2007 年　静岡大学助教
2009 年　静岡大学講師
2010 年　上智大学准教授
現在に至る

林　　等（はやし　ひとし）
1990 年　東京大学工学部電子工学科卒業
1992 年　東京大学大学院工学系研究科修士課程修了（電気工学専攻）
1992 年　日本電信電話株式会社勤務
2000 年　博士（工学）（東京大学）
2000 年～01 年　マサチューセッツ工科大学（アメリカ）客員研究員
2012 年　上智大学准教授
現在に至る

はじめて学ぶ情報通信
Introduction to Communication Engineering
© Waho, Ogawa, Takahashi, Bandai, Shibuya, Hayashi, Sumi 2016

2016 年 10 月 26 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

編著者	和保孝夫
著者	小川将克
	高橋浩
	萬代雅希
	渋谷智治
	林等
	炭親良
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

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 978-4-339-02857-7　（新井）（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