ワイヤレスネットワーク概論

博士（情報学）
博士（農　学）　平栗　健史
博士（工　学）　今井　哲朗【共著】
博士（工　学）　丸田　一輝

コ ロ ナ 社

ま え が き

近年，無線通信技術は，携帯端末や無線 LAN を始めとして，私たちの生活や社会インフラを支える重要な基盤技術となっている。さらに，IoT，衛星通信，ドローン，ロボットなどの普及に伴い，無線通信は地上通信のみならず，空間を含めた多様な環境で利用されるようになっている。これにより，ワイヤレスネットワークを理解するためには，アンテナ・電波伝搬，信号処理，アクセス制御，ネットワークプロトコルといった要素技術を体系的に学ぶことが重要となっている。

本書『ワイヤレスネットワーク概論』は，無線通信およびネットワーク技術を初めて学ぶ学生や技術者を対象として，ワイヤレスネットワークを構成する基礎技術を体系的に理解できるよう構成した教科書である。数式や理論だけでなく，「なぜその技術が必要となるのか」「実際の通信システムでどのように利用されているのか」を意識しながら説明することで，無線通信システム全体を俯瞰（ふかん）的に理解できることを目指した。

1 章では，無線通信システムの概要を示し，アナログ通信とディジタル通信，通信システムの基本構成，ネットワークプロトコルの基礎について説明する。

2 章では，アンテナと電波伝搬を扱い，マクスウェル方程式を基礎とした電磁波の性質や，反射・回折・フェージングなどの無線伝搬現象について解説する。また，章末には演習問題を配置し，伝搬特性やアンテナ特性の理解を深められるよう構成している。

3 章では，変復調，OFDM，MIMO など，無線通信システムを支える信号処理技術について学ぶ。さらに，演習問題を通して，変調方式や通信方式に関す

る理解を確認できるようにした。

4 章では，CSMA/CA を始めとするアクセス制御方式や，TCP/IP に代表されるネットワークプロトコルについて説明し，通信効率やネットワーク設計の考え方について解説する。また，演習問題では，スループット計算やアクセス制御の動作理解を確認できるよう配慮した。

5 章では，無線環境制御技術，ドローン通信，測位技術など，無線通信を応用したさまざまな技術について紹介し，ワイヤレスネットワーク技術の発展的な応用例について概観する。

本書では，ワイヤレスネットワークを単なる通信方式の集合としてではなく，アンテナ，伝搬，信号処理，アクセス制御，ネットワーク制御が相互に連携して動作する統合システムとして捉えることを重視している。そのため，各章を個別の知識として学ぶだけでなく，相互の関係を意識しながら学習することで，無線通信システム全体への理解が深まるよう配慮した。また，2 章から 4 章では，各章末に演習問題を配置し，本文で学んだ内容を確認しながら理解を深められるよう構成している。無線通信技術は，理論，数式，通信方式，ネットワークプロトコルなど，多様な技術が密接に関係しているため，実際に問題を解きながら学習することが重要である。本書が，講義用教科書としてだけでなく，自学自習や研究・開発の基礎を学ぶための一冊として活用されることを期待している。

2026 年 8 月

著者一同

—— 執筆分担 ——

平栗　健史　　1.1 節，1.2.3 項，1.3.3 項，4 章，5.2 節
今井　哲朗　　1.2.1 項，1.3.1 項，2 章，5.1 節
丸田　一輝　　1.2.2 項，1.3.2 項，3 章，5.3 節

目　　次

1. ワイヤレスネットワークの概要

1.1 無線通信とは……1

1.2 通信の基礎……6

1.2.1 アナログ通信とディジタル通信……6

1.2.2 無線通信システム，デバイスの構成……8

1.2.3 ネットワークプロトコルとレイヤ……12

1.3 本書の概要……18

1.3.1 アンテナと電波伝搬（2章の概要）……18

1.3.2 通信システムと信号処理（3章の概要）……19

1.3.3 アクセス制御方式とネットワークプロトコル（4章の概要）……20

引用・参考文献……22

2. アンテナと電波伝搬

2.1 マクスウェル方程式と電波……25

2.1.1 マクスウェル方程式……25

2.1.2 波動方程式とその解……27

2.1.3 電波の放射……28

2.2 電波の性質……31

2.2.1 偏　　波……31

2.2.2 反射と透過……33
2.2.3 回折……35
2.3 アンテナの基本特性……37
2.3.1 アンテナからの放射界……37
2.3.2 アンテナ特性の評価指標……38
2.3.3 アンテナの種類……41
2.4 電波の伝搬……47
2.4.1 自由空間伝搬……47
2.4.2 平面大地伝搬……50
2.4.3 移動通信環境における伝搬……53
演習問題……60
引用・参考文献……61

3. 通信システムと信号処理

3.1 通信モデルと要求条件……62
3.2 信号の表現と性質……62
3.2.1 信号とは……62
3.2.2 連続信号と離散信号……63
3.2.3 信号の数学的表現……64
3.3 変復調……65
3.3.1 変調の目的……65
3.3.2 変調とは……66
3.4 振幅変調……67
3.4.1 AMのスペクトラム……68
3.4.2 搬送波抑圧方式……69
3.4.3 DSB方式……69
3.4.4 SSB方式……69
3.4.5 AM送信機の構成……71
3.4.6 AMの復調……71

3.5 周波数変調……74
3.5.1 FM の変調波……74
3.5.2 PM の変調波……75
3.5.3 FM 変調波のスペクトラム……75
3.5.4 エンファシス……75
3.5.5 IDC 回路……76
3.5.6 FM 復調……76
3.6 ディジタル変調……77
3.6.1 アナログ-ディジタル変換……77
3.6.2 ディジタル変調方式……79
3.6.3 QPSK および QAM……80
3.6.4 ISI と帯域制限……82
3.7 OFDM……84
3.7.1 OFDM の原理……84
3.7.2 OFDM における信号の等化（ひずみ補償）……86
3.7.3 OFDM 送受信機の構成……87
3.8 移動通信システム……88
3.8.1 セルラ方式……88
3.8.2 複信方式……88
3.8.3 多元接続方式……88
3.8.4 移動通信システムでの多元接続の変遷……90
3.8.5 周波数繰返し……91
3.9 チャネル容量……92
3.10 MIMO……95
3.10.1 MIMO 技術の概要……95
3.10.2 MIMO システムモデル……96
3.10.3 MIMO 通信方式……97
3.10.4 性能評価……98
演習問題……99
引用・参考文献……101

4. アクセス制御方式とネットワークプロトコル

4.1 無線で用いるさまざまな MAC 層の技術……102
4.2 アクセス制御の種類と通信効率……103
4.3 ランダムアクセス制御方式……105
4.3.1 ALOHA 方式……106
4.3.2 CSMA 方式……107
4.4 CSMA によるパケット衝突検出と回避方式……109
4.4.1 CSMA/CD 方式……109
4.4.2 CSMA/CA 方式……110
4.4.3 CSMA と ACK を含む IP スループット計算方法……114
4.5 通信効率の考え方……118
4.5.1 CSMA/CA と CSMA/CD の通信効率の違い……118
4.5.2 全二重通信と半二重通信……120
4.5.3 TCP による有線と無線のプロトコルによる比較……121
4.6 キャリアセンスレベル……122
4.7 理論計算による伝送速度の計算方法……124
4.7.1 基本的な伝送速度の算出例……124
4.7.2 MIMO を用いた伝送速度の算出例……126
4.8 適応変調と伝送速度……127
4.8.1 伝送速度選択の方法……127
4.8.2 リンクアダプテーションによる遅延の課題……128
演 習 問 題……131
引用・参考文献……134

5. 無線通信を用いた応用技術

5.1　無線環境制御技術……135
5.1.1　技 術 的 背 景……135
5.1.2　再構成型インテリジェントサーフェス：RIS……136
5.1.3　RIS の設置効果……140
5.2　ドローン通信システムの概要……146
5.2.1　ドローンを用いた空中通信技術の背景……147
5.2.2　ドローン通信の特徴……148
5.2.3　ドローン通信で用いる通信方式……151
5.2.4　ドローン飛行測位……155
5.3　無 線 電 力 伝 送……161
5.3.1　無線電力伝送の概要……161
5.3.2　空間伝送型無線電力伝送……162
5.3.3　アレーアンテナの基礎……164
5.3.4　効率的な給電手法……168
引用・参考文献……171

演 習 問 題 解 答……173
索　　引……182

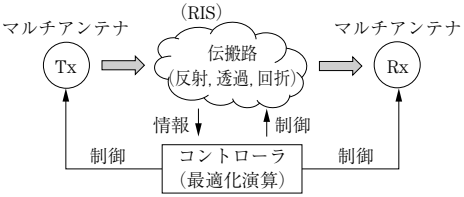


図 5.1　スマート無線環境の概念

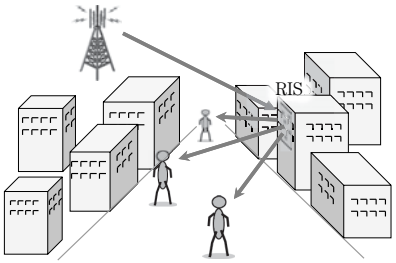


図 5.2　RIS による伝搬路制御

を図るのに対して，SRE では伝搬路（反射・透過・回折などの物理現象）も制御の対象とする。これにより，チャネル容量の向上のみならず

- カバレッジ拡張：カバレッジホールの解消や高品質エリアの拡大
- 電力効率化：ネットワーク全体の省電力化
- セキュリティ向上：伝搬路を制御することによる盗聴・干渉のリスク低減
- センシング統合：通信とセンシング機能を同一インフラで実現

などが期待できる。ここで，SRE の伝搬路制御デバイスとして検討されているものが**再構成型インテリジェントサーフェス**（**RIS**：reconfigurable intelligent surface）である。RIS は入射する電波の位相や振幅を制御し，反射波（ビーム）の方向を**図 5.2** のように変更するものである。RIS は従来の**中継器**（repeater）と比較すると，能動増幅なしにパッシブデバイスとして動作することから電力消費が少ない。したがって，無線環境内に多くの RIS を低コストで設置することが可能である。なお，中継器との技術的な比較評価については文献［4］に詳しい。また，RIS には透過型もあるが，以下では反射型を前提とする。

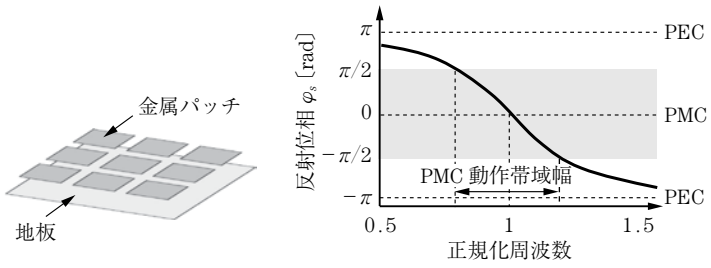
5.1.2　再構成型インテリジェントサーフェス：RIS

RIS における電磁応答の基礎となる技術はメタマテリアルの一種である**メタサーフェス**（metasurface）である[5],[6]。本項ではメタサーフェスから RIS に至る技術的な流れについて説明する。

〔1〕 メタサーフェス

物質の表面に入射した電波は 2.2.2 項で説明したように，スネルの法則に

従う方向に反射および透過する。したがって，電波を所望の方向に反射・透過させる場合には，電波が入射する面の向きを変える必要がある。これに対し，メタサーフェスは自然界に存在しない反射特性（異常反射）を持つ人工表面のことであり，その表面に入射した電波の反射を制御できる特徴を有している[5,6]。メタサーフェスは**ユニットセル**もしくは**メタ原子**と呼ばれる人工構造（共振素子）を周期的に配置して作られる。**図5.3**（a）は共振素子となる金属パッチをユニットセルとし，それと地板の2層構造からなるメタサーフェスである。ユニットセルのサイズを全て同一とすると，同図（b）のような反射特性が得られる。図に示すように，メタサーフェスは，ある周波数において反射位相 $\varphi_s = 0$（すなわち，反射係数 $R = 1$）となるPMC（完全磁気導体）の特性を持つ。なお，PEC（完全導体）の特性は $\varphi_s = \pm\pi$（反射係数 $R = -1$）となる場合であり，$-\pi/2 < \varphi_s < \pi/2$ の領域は一般に「PMC動作帯域幅」と定義される。図5.3（b）の特性は，ある周波数に着目すれば，「ユニットセルのサイズ」や「ユニットセルと地板間の距離」などを変えることにより，反射位相を制御できることを意味する。メタサーフェスでは，表面内の反射位相にさまざまな分布を持たせることにより，所望の特性を持った表面を設計することができる。その一つがつぎの反射方向を制御する**電磁傾斜表面**（**EGS**：electromagnetic gradient surface）である。



（a）　基本構造　　（b）　反射特性

図5.3　メタサーフェス

EGSでは，例えば，**図5.4**に示すように x 軸方向に金属パッチを間隔 d で並べ，さらにパッチサイズを調整して反射位相に勾配 $\mathrm{d}\varphi_s(x)/\mathrm{d}x = k_0 \sin\theta_R$（た

波数，消費電力，実装容易性，コストなども考慮する必要がある。

動的メタサーフェスがSREにおける伝搬路制御デバイスとして利用される場合，それは特に**RIS**と呼ばれる（図5.2参照）†。ただし，制御は動的であるとともに図5.1に示すようにプログラマブルであること，その設計には通信の観点も考慮されることが要求される。また，RISには反射型と透過型があり，特に反射型は**IRS**（intelligent reflecting sureface）とも呼ばれる。RISにおける電磁応答の動的制御法としては，応答速度が速いことからPINダイオードによる方法が多く検討されている[4]。PINダイオードによる位相制御は$\varphi_s = 0, \pi$の2値であることから，ユニットセル当り一つのPINダイオードが組み込まれたRISは**1ビットアレー**と呼ばれる。1ビットアレーは構造が簡易である反面，可変範囲に大きな制約がある。そこで，ユニットセル当りのPINダイオード数を増やすことによる多ビット化の検討も進められている。また，無線ネットワークの一部として最適に機能させるためには，送受信機とRISの間の精度良い**伝搬路状態情報**（**CSI**：channel state information）より表面内ユニットセルの位相分布を決定する必要がある。その方法として，例えば，RISの表面内にチャネルを直接観測可能な能動素子を一定割合で混在させ，能動素子による部分的な観測から各ユニットセルにおけるチャネルを推定するといった方法が提案されている[10]。

5.1.3　RISの設置効果

〔1〕 RISからの反射解析モデル

RISからの反射解析モデルを**図5.6**に示す。RISはxy面内に設置されており，その内部はN行M列のマトリックス状に配置された矩形ユニットセル（サイズ$\Delta_x \times \Delta_y$）で構成されている。なお，$\boldsymbol{r}_T$と$\boldsymbol{r}_R$はそれぞれTxとRxの位置ベクトル，$\boldsymbol{d}_{nm}$はユニットセル$U_{n,m}$の位置ベクトルである。また，$\boldsymbol{r}_T^{(nm)}$はユニッ

† 動的メタサーフェスが開口面アンテナの反射鏡として利用される場合，そのアンテナは**再構成型リフレクトアレーアンテナ**（reconfigurable reflectarray antenna）と呼ばれる。本アンテナはパラボラ面を平面にすることができるとともに，アレーアンテナと同様に電子的なビーム走査機能を有する。

適制御であればより大きな効果が得られることもわかる。なお，式(5.12)と式(5.22)で得られる受信電力が一致する RIS サイズは

$$L_x L_y = \frac{\lambda r_T r_R}{r_T + r_R} \left(= R_1^{\,2} \right) \tag{5.23}$$

である。すなわち，RIS のサイズが $L_x L_y < R_1^{\,2}$ である場合には伝搬方向制御で十分であるといえる。

5.2　ドローン通信システムの概要

近年，**ドローン**（unmanned aerial vehicle：**UAV**）は，映像撮影，インフラ点検，物流，災害対応，測量，通信支援など，幅広い分野で活用されている。こうした応用を支える中核的な基盤技術が無線通信システムである。ドローンは単なる飛行体ではなく，複数の通信リンクを同時に扱い，外部ネットワークと連携する移動通信端末として機能している。ドローン通信では，操縦や状態監視を行う「制御通信」，カメラやセンサによって取得した情報を伝送する「映像・データ通信」，そして機体位置を正確に把握するための「測位通信（GNSS）」の 3 系統が並行して動作している。これらはそれぞれ周波数帯，通信方式，必要な信頼性が異なり，統合的な設計が求められる。

また，ドローンは 3 次元空間を自由に移動する通信端末であるため，地上通信とは大きく異なる伝搬環境に置かれている。障害物が少ない見通し環境では通信距離が延びる一方で，反射や回折によるマルチパス干渉が発生すると通信品質が急激に変動する。さらに，複数のドローンを同時に運用する環境では，相互干渉や遅延の蓄積といった地上通信には見られない特有の問題が生じる。本節では，ドローン通信システムの基本構造と特徴を整理し，空中での伝搬特性や干渉の発生要因を理解したうえで，次節以降で通信方式および測位手法との関係を体系的に学ぶことを目的とする。

作している。補正データの伝送遅延や通信途絶は測位精度に直結するため，今後は GNSS と地上通信（5G/6G），さらには衛星通信（NTN）を統合した「測位・通信融合」の考え方が重要となる。通信と測位を同時に最適化する技術が，次世代の自律型ドローンや高精度移動体システムの基盤となっていくと考えられる。

5.3 無線電力伝送

スマートフォンやセンサを備える IoT 端末など，常時ネットワークに接続される端末は増加の一途をたどっている。これらの機器に対して，安定かつ効率的に電力を供給することが課題となる。例えば，電池で供給する場合は交換する手間がかかり，有線の場合は場所の制限も強くなり，配線の煩雑さも存在する。この問題に対する解決策として，**無線電力伝送**（wireless power transfer：**WPT**）が有望とされており，研究開発が進んでいる。無線電力伝送にはさまざまな手法があり，おもに電界や磁界，電磁波が用いられ，ケーブルなどで機器と優先接続することなく電力を供給することが可能である。無線電力伝送は IoT 機器以外にも電気自動車や医療機器，産業用ロボットに加え，宇宙太陽光発電などの分野での利用も想定されている[22]。

本節では，無線電力伝送について概要を述べるとともに，その一つの実現手法として通信と同じように電磁波を伝送することで機器への給電を行う空間伝送型についてその手法と原理について説明する。

5.3.1 無線電力伝送の概要

無線電力伝送には，おもに「電磁誘導方式」「磁界共振結合方式」「電界結合方式」「空間伝送方式」の四つの方式があり，それぞれに独自の特徴がある[24]。

電磁誘導方式は，コイルを介して磁界を結合することで電力を伝送する方式である。この方式は，回路構成が簡単で，小型かつ低コストで実現可能である。しかし，送電側と受電側の位置を正確に合わせる必要があり，伝送距離が数

索　　引

【あ】

アクセス制御　20,102
アクセスポイント　11
アダプティブアレーアンテナ　41
アナログ通信　7
アプリケーション層　16
アレーアンテナ　45,164
アレー応答　166
アレーファクタ　45
アンビギュイティ解消　158

【い】

位相シフトキーイング　9,66
位相変調　9,66
位相変調指数　75
1 ビットアレー　140
一般化スネルの法則　138
インテリジェント無線環境　135

【う】

右旋円偏波　32

【え】

エレメントファクタ　46

【か】

開口効率　44
回折損失　36
角度プロファイル　59
確認応答　113
下側波帯　68
ガードインターバル　86
加法性白色ガウス雑音　92
干渉測位　157

【き】

擬似距離　155
基準局ネットワーク　160
逆離散フーリエ変換　85
キャリアアグリゲーション　8
キャリアセンス　108
キャリアセンスレベル　123
競合方式　104
距離特性　56

【く】

空間分割多元接続　11
空間分割多重　168
下りリンク　88
クリアランス係数　36
グレーティングローブ　167
クロスレイヤ最適化　17

【こ】

高精度測位方式　159
高電力増幅器　87

【さ】

サイクリックプレフィックス　86
再構成型インテリジェント　サーフェス　136
再構成型リフレクトアレー　アンテナ　140
最小時間　111
最大角周波数偏移　74
最大比合成　97
サイドローブ　39,167
左旋円偏波　32
サブキャリア　124
サンプリング周波数　78

【し】

指向性　37
指向性関数　37
指向性相乗の原理　46
指向性利得　41
実効スループット　118
時分割多元接続　11
時分割多重　168
時分割複信　88
シャドウイング　55
シャドウフェージング　55
自由空間　47,127
自由空間損失　50
自由空間伝搬　48
自由空間伝搬損失　50
周波数再利用　91
周波数シフトキーイング　9,67
周波数分割多元接続　10,103
周波数分割複信　88
周波数変調　9,66
周波数弁別器　76
受信アンテナ　38
受電端末　169
主ローブ　167
瞬時偏移制御　76
上側波帯　68
シングルユーザ MIMO　6
信　号　62
信号測位　157
信号対干渉雑音比　151
信号対雑音電力比　10
振幅シフトキーイング　9,67
振幅変調　9,66

【す】

垂直偏波　31
水平偏波　31

スネルの反射と屈折の法則 33
スーパーヘテロダイン方式 71
スプラッタフィルタ 76
スマート無線環境 135

【せ】

静的メタサーフェス 138
絶対利得 40
セル間干渉 91
セル間干渉制御 92
ゼロフォーシング 97
全二重通信 120

【そ】

送信アンテナ 38
相対測位 155
相対利得 40
素　子 45

【た】

待機時間 21
ダイバーシチ利得 165
タイムスロット 103
楕円偏波 32
多元接続 21
単独測位 155

【ち】

遅延時間 58
遅延プロファイル 59
遅延ポテンシャル 29
チャネルボンディング 126
中間周波数 71
中継器 136
直線偏波 31
直列－並列変換 87
直交周波数分割多重 9
直交振幅変調 9,82

【て】

低雑音増幅器 87
ディジタル通信 7
デエンファシス 75
適応変調符号化 8
データリンク層 13,103
電磁界 25
電磁傾斜表面 137
電磁波 26
伝達公式 50
電　波 26
伝搬損失 49
伝搬路状態情報 140
電力パターン 39

【と】

等価等方放射電力 163
動作利得 41
同相成分 81
動的メタサーフェス 138
等方性 39
特異値分解 98
特性インピーダンス 28
トランスポート層 15,103
ドローン 146

【な】

仲上－ライスフェージング 55

【ぬ】

ヌ　ル 167

【ね】

ネットワーク RTK 157,160
ネットワーク層 103

【の】

上りリンク 88

【は】

波　数 27
バックローブ 39
波動インピーダンス 28
パラボラアンテナ 43
反射鏡アンテナ 43
搬送波 6
搬送波感知多重アクセス方式 105
バンドパスフィルタ 87
半二重通信 120

【ひ】

非競合方式 104
非地上系ネットワーク 1
ビット誤り率 98
ビームフォーミング 165

【ふ】

フォールバック 128
副ローブ 167
符号間干渉 10,83
符号分割多元接続 11
物理層 13,103
プリエンファシス 75
フリスの伝送公式 50
ブレークポイント 52
フレネル-キルヒホッフの回折公式 36
フレネル積分 36
フレネルの反射係数・透過係数 34
プロトコル 12
フロントバック比 39
分割周波数繰返し 92

【へ】

ベースバンド信号 6
変　調 66
変調度 67
偏　波 31
偏波効率 49
偏波面 31

【ほ】

包絡線検波 71

【ま】

マルチパス環境 53
マルチパス伝搬 149
マルチパスフェージング 54

【み】

見通し通信 148

【む】

無指向性 39

無線周波数 10,71
無線電力伝送 161
【め】
メインローブ 39,167
メタ原子 137
メタサーフェス 136
【も】
モノポールアンテナ 43
【ゆ】
ユニットセル 137
【ら】
ライスファクタ 55
ランダムアクセス制御方式 105
【り】
離散時間信号 63
リニアアレー 46
リミッタ 76
リンクアダプテーション 128
【れ】
励振係数 45
レイリーフェージング 55
レクテナ 164
連続時間信号 63
【ろ】
ローブ 39
ロールオフ率 84

◇ ◇

【A】
ACK 113
AM 9,66
ASK 9,67
AWGN 92
【B】
Backoff 期間 108
BER 98
BPF 87
【C】
CDMA 2,11,21
CLAS 160
CP 86
CSI 140
CSMA 21,105
CSMA/CA 11,14,21,110
CSMA/CD 21
【D】
D-GNSS 159
DIFS 112
DPSK 82
DSB 方式 69
【E】
EGS 137
EIRP 163
【F】
FDD 88
FDMA 5,11,21,103
FFR 92
FM 9,66
FSK 9,67
【G】
GI 86
GNSS 153
【H】
HAPS 3
HPA 87
【I】
ICI 91
ICIC 92
IDC 76
IDFT 85
IF 71
IGS 160
IQ コンスタレーション 82
IRE 135
IRS 140
ISI 10,83
ISM バンド 123,152
【K】
K ファクタ 55
【L】
LDPC 4
LNA 87
LOS 127,148
LSB 68
【M】
MAC 13,20,102
MANET 14
MEMS 139
MIMO 1,95
MMSE 97
【N】
NFV 17
NIC 110
NTN 1,147
【O】
OFDM 4,9,13
OSI 参照モデル 12,102
OSPF 14
【P】
PHS 90
PLL 71
PM 9,66,74
Polling 方式 105
PPP 160
PSK 9,67
Pure ALOHA 方式 106

【Q】
QAM 9, 82
QoS 17, 89
QPSK 80
QUIC 16
QZSS 160

【R】
Reservation 方式 105
RF 71
RIS 136, 140
RTK 157
RTK-GNSS 154, 159, 162

【S】
SDM 168
SDMA 4, 11
SDN 17, 22
SINR 8, 151
Slotted ALOHA 106
SN 比 10
SNR 10
S/P 87
SRE 135
SSB 方式 69
SVD 98

【T】
TCP 15, 115
TDD 8, 88
TDM 168
TDMA 5, 11, 21, 103
TE 入射 33
TEM 波 28
TM 入射 33

【U】
UAV 146
UDP 15, 115
USB 68

【W】
WPT 161

――著 者 略 歴――

平栗　健史（ひらぐり　たけふみ）
1999 年　筑波大学大学院博士前期課程修了
（理工学専攻）
日本電信電話株式会社
（現 NTT 株式会社）入社
2008 年　博士（情報学）（筑波大学）
2010 年　日本工業大学准教授
2016 年　日本工業大学教授
現在に至る
2024 年　博士（農学）（筑波大学）

今井　哲朗（いまい　てつろう）
1991 年　東北大学工学部電気工学科卒業
日本電信電話株式会社
（現 NTT 株式会社）入社
1992 年　エヌ・ティ・ティ移動通信網株式会社
（現 株式会社 NTT ドコモ）転籍
2002 年　東北大学大学院博士後期課程修了
（電気・通信工学専攻），博士（工学）
2019 年　東京電機大学教授
現在に至る

丸田　一輝（まるた　かずき）
2006 年　九州大学工学部電気情報工学科卒業
2008 年　九州大学大学院修士課程修了（知能システム学専攻）
日本電信電話株式会社（現 NTT 株式会社）入社
2016 年　九州大学大学院博士課程修了（情報知能工学専攻），博士（工学）
2017 年　千葉大学助教
2020 年　東京工業大学（現 東京科学大学）特任准教授
2022 年　東京理科大学准教授
2026 年　東京理科大学教授
現在に至る

ワイヤレスネットワーク概論

Introduction to Wireless Networks　© Takefumi Hiraguri, Tetsuro Imai, Kazuki Maruta 2026

2026 年 10 月 15 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

著　者　平栗　健史
今井　哲朗
丸田　一輝
発行者　株式会社　コロナ社
代表者　牛来真也
印刷所　壮光舎印刷株式会社
製本所　株式会社　グリーン

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 978-4-339-02961-1　C3055　Printed in Japan　（大井）

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，そのつど事前に，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。