

2024

情報通信エンジニア

研修テキスト

はじめに

2005年の工事担任者規則で努力義務が制定されてからスタートした情報通信エンジニア認定制度ですが、昨今の情報通信ネットワークの変化に鑑み、情報通信エンジニアの申請対象資格を工事担任者全資格及び電気通信主任技術者資格へ拡大するとともに、ローカル5Gをはじめとする無線接続、無線ネットワークの拡大及び無線従事者の努力義務を踏まえて無線従事者へも拡大することとしました。

また、2021年の研修（テキスト）より、工事担任者スキルアップガイドラインの名称を情報通信エンジニアスキルアップガイドラインとし、委員会名称も情報通信エンジニアスキルアップガイドライン委員会と改めました。

本委員会では、情報通信関連の国家資格を保有し情報通信に携わる技術者の努力義務について議論しています。情報通信分野に関係する技術についてワンストップで対応できることを目標とし、更なるスキルアップの方向性に基づきガイドラインとして示したスキル修得を目指す範囲のうち、情報通信エンジニアが必要最低限修得しなければならない範囲を毎年設定し、その修得が確認できた者を「情報通信エンジニア」として認定します。実施に当たっては、ガイドライン委員会の提言に基づいて日本データ通信協会が資格者証の発行、管理を行っています。

本委員会は、毎年開催され、技術の進展を評価し、ガイドラインに最新の知識及び技術を盛り込むため、要件項目の見直しを行っています。現在、ガイドラインの2023年度版を公表しています。また、本委員会においては、本年も情報通信エンジニアが受講する研修カリキュラムの審議を行い、決定しています。

2024年研修テキストは、基本から最新の知識及び技術を記載し、体系的な学習ができるようにするとともに、これまで作成してきた研修テキストの内容で重要なものについては、繰り返し学習できるように最新版に改訂し、記載しています。本テキストは、以下のような内容で構成されています。

第Ⅰ部 総務省の取組

- IPネットワーク設備委員会第二次報告（2023年2月）については、2023年2月に取りまとめられた、仮想化技術等の進展を踏まえた電気通信設備に係る技術的条件について紹介しています。

第Ⅱ部 情報通信分野

〈ネットワークの技術〉

- トランスポートプロトコルでは、TCP、UDP及びRTPに加え、近年ウェブアクセスで使用されつつあるQUIC、5Gモバイルネットワークで使用されるSCTPを解説しています。
- アプリケーションプロトコルでは、ウェブサーバアクセスとウェブサービスに加え、電子メールのプロトコルについて解説しています。

- 5G技術の最新動向では、5G通信サービスの導入に加え、5G SA コアネットワーク及びSLA保証型スライシングについて解説しています。
- CATV技術の最新動向では、CATVの基本構成、デジタル放送の基本に加え、CATVのデジタル放送について解説しています。
- 伝送技術の基本では、光アクセスネットワーク（PON）の概要、PON標準規格及びPONシステム技術仕様に加えて、次世代PON技術の標準化動向について解説しています。
- コンピュータ技術の最新動向では、人工知能技術の歴史、人工知能と機械学習とディープラーニングの基礎に加え、人工知能技術の応用とその社会的影響などを解説しています。

〈端末設備の技術〉

- 無線LANで使用される無線技術では、無線LANシステム及び無線LAN送受信機の概要に加え、IEEE 802.11の物理層仕様及び伝送技術の詳細について解説しています。
- ローカル5Gによるネットワークシステムの構築技術では、ローカル5Gの概要、ローカル5Gのシステム構成、LLS型とAll-in-One型の事例を解説しています。
- 5G/IoT等の技術の活用事例では、代表的な事例として、社会インフラ設備のメンテナンス高度化、エンターテインメント分野及び産業分野における事例を解説しています。
- 通信機器の雷害対策及び故障事例では、雷、雷害及び接地の概要に加え、雷対策と雷による通信機器の故障事例を解説しています。
- ホームネットワークの接続工事の技術では、FTTHサービス、宅内における接続の基本形態、より高度な接続形態、トラブルシューティング、ケーブル敷設時の一般的な留意事項及びブロードバンドルータの設定上の留意点などを解説しています。

第Ⅲ部 サイバーセキュリティ分野

- サイバーセキュリティ対策では、セキュリティ脅威の傾向、侵入型ランサムウェア攻撃などの近年顕著化している攻撃手法とその対策、IoT及びテレワークのセキュリティ対策に加え、その他最近の動向としてEmotetのばらまき型メール攻撃を解説しています。
- 無線LANセキュリティでは、WEP、WPA、WPA2及びWPA3の仕組みについて解説しています。

第Ⅳ部 設計・施工管理分野

- 安全管理では、安全管理の基本的な考え方、人身事故の防止、設備事故などの防止、KY活動の一環である指差し呼称・KYT・現場KY及び労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）について解説しています。

本テキストの内容を十分に学習・理解され、名実ともに「情報通信エンジニア」としてご活躍されることを期待いたします。

目次

第Ⅰ部 総務省の取組 5

1章 IPネットワーク設備委員会第二次報告（2023年2月）について	6
1.1 背景	6
1.2 報告内容	7
1.3 今後の対応について	10
1.4 結び	11

第Ⅱ部 情報通信分野 13

コラム：IOWN構想とは？	14
＜ネットワークの技術＞	
1章 トランスポートプロトコル	15
1.1 TCP	15
1.2 UDPとRTP	29
1.3 QUIC	31
1.4 SCTP	33
2章 アプリケーションプロトコル	38
2.1 ウェブサーバアクセスとウェブサービス	38
2.2 電子メール	46
3章 5G技術の最新動向	51
3.1 5G通信サービスの導入	51
3.2 5G SAコアネットワーク	52
3.3 SLA（Service Level Agreement）保証型スライシング	55
4章 CATV技術の最新動向	57
4.1 CATVの基本構成	57
4.2 デジタル放送の基本	58
4.3 CATVのデジタル放送	65
5章 伝送技術の基本	69
5.1 光アクセスネットワーク（PON）の概要	69
5.2 PON標準規格	69
5.3 PONシステム技術仕様	71
5.4 次世代PON技術の標準化動向	76
6章 コンピュータ技術の最新動向	78
6.1 人工知能技術の歴史	78
6.2 人工知能と機械学習とディープラーニング	79
6.3 機械学習アルゴリズムの基礎	80
6.4 様々な教師あり機械学習	82
6.5 ディープラーニング	87
6.6 人工知能技術の応用とその社会的影響	89
6.7 AIの問題点	91
6.8 まとめ	93
＜端末設備の技術＞	
7章 無線LANで使用される無線技術	94
7.1 無線LANシステムの概要	94
7.2 無線LAN送受信機の概要	95

7.3	IEEE 802.11の物理層仕様	96
7.4	IEEE 802.11の伝送技術の詳細	97
8章	ローカル5Gによるネットワークシステムの構築技術	103
8.1	ローカル5Gとは	103
8.2	ローカル5Gのシステム構成	104
8.3	事例	109
9章	5G/IoT等の技術の活用事例	114
9.1	社会インフラ設備のメンテナンス高度化	114
9.2	5Gを活用した事例について	119
10章	通信機器の雷害対策及び故障事例	123
10.1	雷の概要	123
10.2	雷害とは	126
10.3	接地	127
10.4	雷対策	128
10.5	雷による通信機器の故障事例	130
11章	ホームネットワークの接続工事の技術	135
11.1	FTTHのサービス	135
11.2	宅内における接続の基本形態	136
11.3	パッチコードの試験	138
11.4	より高度な接続形態	140
11.5	トラブルシューティング	141
11.6	ケーブル敷設時の一般的な留意事項	143
11.7	ブロードバンドルータの設定上の留意点	144

第Ⅲ部 サイバーセキュリティ分野

147

1章	サイバーセキュリティ対策	148
1.1	セキュリティ脅威の傾向	148
1.2	サイバー攻撃事例	150
1.3	セキュリティ対策	157
1.4	その他最近の動向	162
2章	無線LANセキュリティ	166
2.1	WEP	166
2.2	WPAとWPA2	170
2.3	WPA3	177

第Ⅳ部 設計・施工管理分野

181

1章	安全管理	182
1.1	安全管理とは	182
1.2	人身事故の防止	183
1.3	設備事故などの防止	186
1.4	指差し呼称	187
1.5	KYTと現場KY	188
1.6	労働安全衛生マネジメントシステム(OSHMS)	189

第I部 総務省の取組

1章 IPネットワーク設備委員会第二次報告(2023年2月)について… 6

1章 IPネットワーク設備委員会第二次報告 (2023年2月) について

2023年2月、情報通信審議会情報通信技術分科会IPネットワーク設備委員会において、「仮想化技術等の進展に伴うネットワークの多様化・複雑化に対応した電気通信設備に係る技術的条件」のうち「仮想化技術等の進展を踏まえた電気通信設備に係る技術的条件」などについて第二次報告が取りまとめられた。本章では、検討の背景、第二次報告に記載された内容及び今後の対応について解説する。

1.1 背景

情報通信審議会情報通信技術分科会IPネットワーク設備委員会では、国内外で固定電話網のIP化への移行に向けた動きが活発化してきた頃より、「ネットワークのIP化に対応した電気通信設備に係る技術的条件」（平成17年10月31日付け諮問第20号）に基づく検討が行われており、以後、情報通信技術の進展に対応した電気通信設備に係る検討が進められている。

例えば、情報通信審議会答申「デジタル社会における多様なサービスの創出に向けた電気通信番号制度の在り方」においては、MVNO（Mobile Virtual Network Operator：無線局を自ら開設・運用せず移動通信サービスを提供する電気通信事業者）やBWA（Broadband Wireless Access：広帯域移動無線アクセスシステム）事業者への音声伝送携帯電話番号の指定を可能とすることが適当とされる^[1]など、通信サービスの提供構造の多様化・複雑化などが今後更に進展すると考えられる。

また、「電気通信事業ガバナンス検討会」においては、利用者が安心して利用でき、高い信頼性を有する通信サービスの確保に向けた検討が行われ、同検討会報告書には、多様な事業者による仮想化技術等を活用して提供される設備や機能など、通信サービスを提供する設備が多様化している状況を踏まえ、電気通信事業者に対する技術基準（事業用電気通信設備規則（昭和60年郵政省令第30号）で定める技術基準をいう。）の対象範囲等の見直しを行うことが必要である旨の提言がなされたところである^[2]。

こうした状況下においても、国民生活や社会経済活動の重要なインフラとなっている様々な通信サービスを確実かつ安定的に提供できる情報通信ネットワークの構築を確保していくことを目的として、「仮想化技術等の進展に伴うネットワークの多様化・複雑化に対応した電気通信設備に係る技術的条件」のうち「仮想化技術等の進展を踏まえた電気通信設備に係る技術的条件」について、IPネットワーク設備委員会において検討が行われ、その検討結果が第二次報告として取りまとめられた。

第II部

情報通信分野

<ネットワークの技術>

1章	トランスポートプロトコル	15
2章	アプリケーションプロトコル	38
3章	5G技術の最新動向	51
4章	CATV技術の最新動向	57
5章	伝送技術の基本	69
6章	コンピュータ技術の最新動向	78

<端末設備の技術>

7章	無線LANで使用される無線技術	94
8章	ローカル5Gによるネットワークシステムの構築技術	103
9章	5G/IoT等の技術の活用事例	114
10章	通信機器の雷害対策及び故障事例	123
11章	ホームネットワークの接続工事の技術	135

1章 トランスポートプロトコル

トランスポートレイヤとは、通信を行うノードの中で動作するプログラム（プロセス）の間で、アプリケーションの要求する通信品質（遅延、パケット損失率など）と、ネットワークレイヤまでのデータ転送機能のギャップを埋めて提供するレイヤである。アプリケーションが必要とする通信品質は多様であるため、複数のトランスポートプロトコルが必要となる。インターネットの場合の代表例はTCPとUDPである。本章では、これらに加えて、リアルタイム通信のためのRTP、近年ウェブアクセスで使用されつつあるQUIC、5Gモバイルネットワークで使用されるSCTPについても触れる。なお、RTPやQUICはアプリケーションレイヤに位置づけられる場合もあるが、機能的にはトランスポートレイヤに相当すると判断し、本章で解説する。

1.1 TCP

1.1.1 概要

TCP（Transmission Control Protocol）は、ネットワークレイヤ以下の機能を補い、データの誤りや紛失がない、信頼性のあるデータ転送を保証するトランスポートプロトコルである。このため次のような特徴を持つ。

- 通信するプロセスの間にTCPコネクションを確立し、コネクションの上に関連するデータ（ファイル、メール、ウェブページなど）を転送する。
- TCPコネクションは信頼性のあるバイトストリームを実現する。このため送信側のデータ送信要求に対応したデータがそのままの状態を受信されるわけではない。状況に応じてユーザデータの分割や連結が行われる。
- データにシーケンス番号を付与し、順序どおりの重複のないデータ配信を可能とする。
- 受信側は、受信したデータに対して確認応答（Acknowledgment: ACK）を送信する。一方、送信側は受信応答がないデータを再送する。
- 送信側は一定のウィンドウサイズの範囲内でデータを送信し、受信側のバッファサイズに合わせてデータを送信するフロー制御や、ネットワークの混雑（輻輳）^{ふくそう}の状況に対応してデータ送信量を調整する輻輳制御^{ふくそう}を実現する。

1.1.2 ヘッダフォーマット

TCPのデータ転送単位はTCPセグメントと呼ばれる。これはTCPがアプリケーションレイヤのデータを区切って（セグメンティングして）転送することに起因する。TCPセグメントはIPデータグラムのユーザデータ部分に含まれる。その際のIPヘッダのプロトコル（ネクストヘッ

2章 アプリケーションプロトコル

2.1 ウェブサーバアクセスとウェブサービス

2.1.1 概要

ウェブサーバアクセスは、現在のインターネットの基盤となるアプリケーションである。ユーザはブラウザと呼ばれるクライアントプログラム（Microsoft EdgeやGoogle Chromeなど）を用いて、ウェブサーバに保存された情報を検索する。この情報を指定するためにURL（Uniform Resource Locator）と呼ばれる識別子を用いる。URLは

```
http://abc.com:80/~smith/home.html
```

のような形式をとる。最初の“http”はアクセスするプロトコルを示し、次の“abc.com”が情報を保持するウェブサーバのドメイン名である。さらにドメイン名の後に“:”で区切り、ポート番号を規定することができる。その後続く“~smith/home.html”はサーバホスト内の情報の名前（ファイル名）である。

また、情報自身はハイパーテキスト（Hypertext）と呼ばれ、情報（文書）の任意の場所に、他の文書への参照情報（リンク）を埋め込むことができるようになっている。このためにHTML（Hypertext Markup Language）という言葉が使用される。この言語は、文書の中にタグと呼ばれる印をつけ、テキストの構造や、他の文書へのリンク情報などを記述できる。文書が互いに参照関係を持つために、ウェブ（Web:蜘蛛の巣）やWWW（World Wide Web）と呼ばれるのである。

図2.1にハイパーテキストの例を示す。この図の左側はHTMLで記述された文書で、右側はこれをブラウザで表示したものを示す。HTML文書は<HTML>と</HTML>のタ

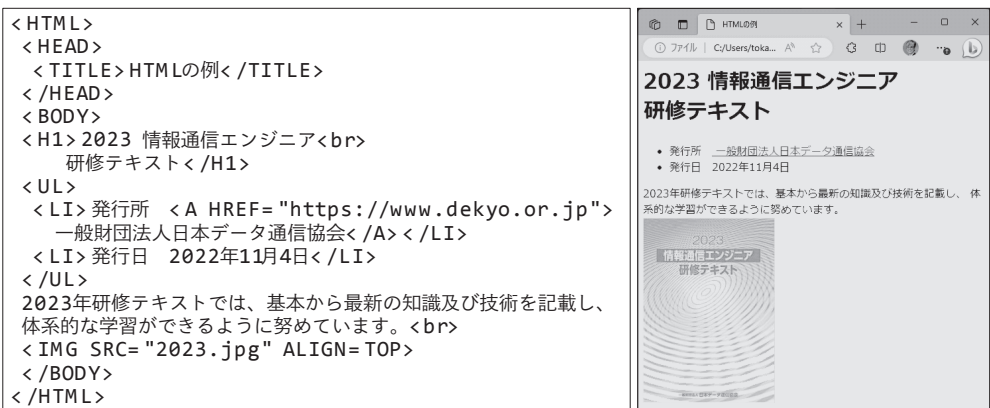


図2.1 HTMLによるハイパーテキストの例

3章 5G 技術の最新動向

3.1 5G 通信サービスの導入

3.1.1 5G 通信システムの概要

第5世代移動通信システム（5G: Fifth Generation）は、端末（User Equipment: UE）、無線アクセスネットワーク（Next Generation Radio Access Network: NG-RAN）、コアネットワークで構成される。このうち、NG-RANは、無線制御を行うgNB（next Generation NodeB）、あるいはgNBを機能分割したgNB-CU（Central Unit）及びgNB-DU（Distributed Unit）で構成される（図3.1参照）。

国内の5G通信サービスの開始時におけるネットワークの方式は、NSA（Non Stand Alone）方式を採用しており、5Gシステムの特徴の一つである「高速大容量」のサービス提供を行ってきた。NSA方式は、第4世代4Gの基地局eNB（evolved NodeB）のエリアに5G無線方式であるNR（New Radio）で通信する基地局gNBを追加することで5Gエリアを構築する方法である（図3.2参照）。端末はeNBに接続しながらgNBに同時に接続することで5Gサービスを受けることが可能となる。コアネットワークは、4Gのコアネットワーク装置であるEPC（Evolved Packet Core）が使用される。すなわち、NSAとはRANのみを5Gの仕様とする方式である。UEの認証や呼設定・解放などの制御プレーン（C-Plane）の通信はeNB経由で行い、UEとgNB、gNBとEPCの間はユーザデータを転送するユーザプレーン（U-Plane）の通信のみが行われる。NSA方式の詳細は2023年研修テキストで詳細に説明している。

一方、コアネットワークも含めてすべてが5GシステムとするのがSA（Stand Alone）方式である。この方式は、図3.2に示すように、5G用基地局装置であるgNB及び5G専用のコアネットワーク装置である5GC（Fifth Generation Core Network）によって構成される。

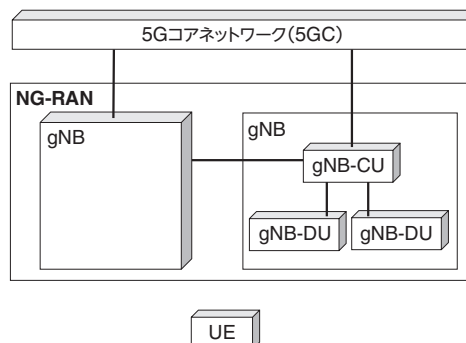


図3.1 5Gネットワークの概要

4章 CATV技術の最新動向

本章では、CATVデジタル放送についてその最新動向を交えて解説を行う。

4.1 CATVの基本構成

CATV事業者は、その加入者宅に対し、地上デジタル放送や衛星（BS及びCS）デジタル放送を再放送するほか、ケーブルデジタル放送、すなわちCATV事業者が独自に選択・調達した番組から構成される多チャンネルサービスの送信を行っている。CATVの基本構成を図4.1に示す。

CATV事業者は、地上デジタル放送や衛星デジタル放送の番組について、CATV局舎（ヘッドエンド）などに設置された受信アンテナ設備で地上電波や衛星電波を受信する。ケーブルデジタル放送の番組については、番組供給会社から専用線経由で受信する。ヘッドエンドの設備では、その放送番組の信号を、CATV網で配信できる信号に変換し、混合した上で、伝送路設備に送出する。伝送路設備は、ヘッドエンドと加入者宅内とをつなぐ屋外設置の設備であり、大きく分けてHFC（Hybrid Fiber Coaxial）とFTTH（Fiber To The Home）の二種類がある。HFCは、伝送媒体として同軸ケーブルと光ファイバケーブルの双方を使用するハイブリッド方式で、FTTHはそのすべてを光ファイバケーブルで構成する方式である。宅内設備としては、受信したCATV信号から加入者が希望の番組を選択し、TV受信機に映像・音声を提供するためのセットトップボックス（STB: Set Top Box）がある。

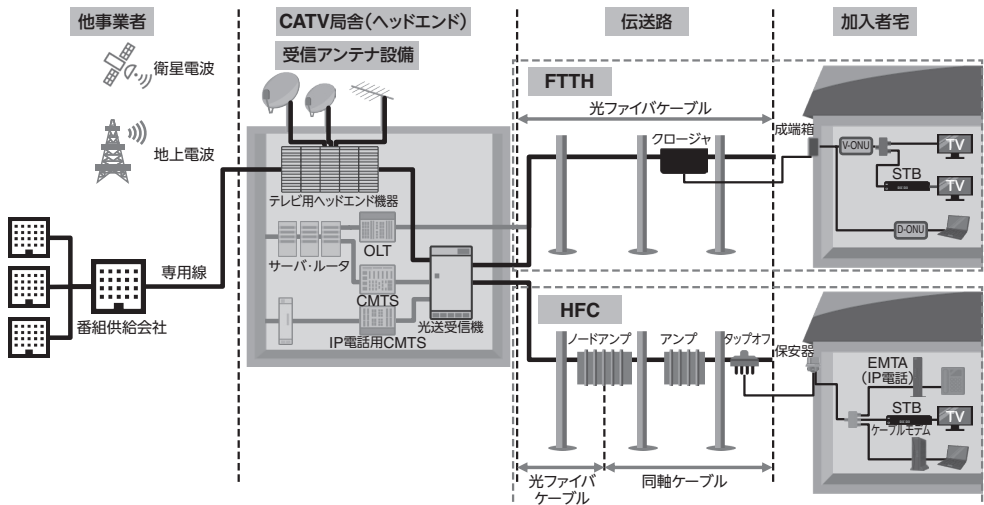


図4.1 CATVの基本構成

CATV技術の最新動向
4章

5章 伝送技術の基本

5.1 光アクセスネットワーク (PON) の概要

日本国内では、戸建て住宅や集合住宅に引き込まれた光ファイバ回線を通じてインターネットに接続するFTTH (Fiber-to-the-Home) サービスが固定系ブロードバンドサービスとして広く普及している。FTTHサービスでは、PON (Passive Optical Network) と呼ばれる技術が用いられており、通信局舎 (収容局) 側に設置される1台のOLT (Optical Line Terminal: 局側光回線終端装置) に、加入者宅内に設置されるONU (Optical Network Unit: 加入者側光回線終端装置) を複数台収容する構成が一般的である (図5.1)。OLT-ONU間の光ファイバ回線であるODN (Optical Distribution Network) には光スプリッタと呼ばれる光信号の合分波素子が用いられており、複数の加入者間で1本の光ファイバ回線を共有する構成となっている。ODNを構成する光ファイバ及び光スプリッタはいずれも電源供給が不要な「パッシブ」な光デバイスであることから、このような光アクセスネットワーク構成をPONシステムと呼んでいる。

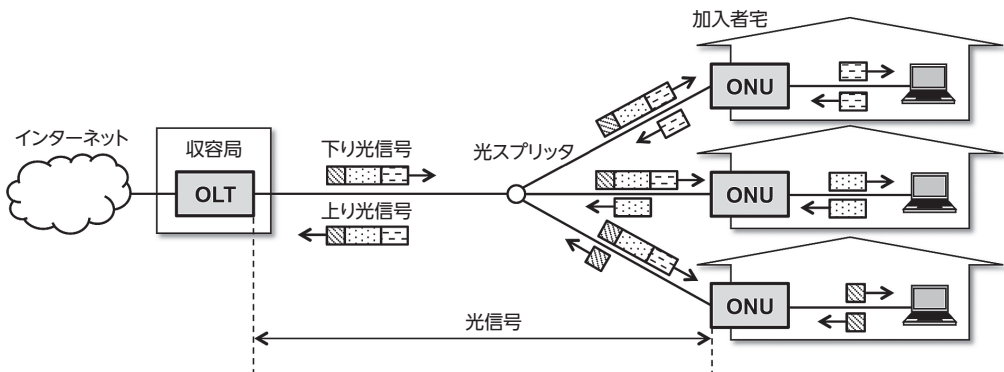


図5.1 PONシステム

5.2 PON標準規格

PONシステムは、IEEE及びITU-Tの2つの国際標準化団体によりそれぞれ標準規格が定められている (表5.1)。IEEE方式は、LANやWANなどで幅広く用いられているイーサネット規格をベースに策定されたもので、主に日本をはじめとするアジア地域と北米CATV事業者で採用されている^[1]。一方、ITU-T方式はイーサネット以外のサービスも含めて共通フレームで収容することを想定した仕様となっており、主に前記以外の各国通信事業者が採用している^{[2][3][4]}。日本国内でIEEE方式が普及した背景としては、国内で

6章 コンピュータ技術の最新動向

2010年代前半から始まった人工知能の興隆は一時のブームにとどまらず、様々なサービスの形で我々の生活に確実に定着しつつある。一方で人工知能の利用は多大かつ社会的なインパクトを持つため、その影響範囲を見定める必要がある。本章では、人工知能研究の歴史を振り返り、現在の人工知能の基礎となっている機械学習技術を概観する。さらに近年新たに登場した技術とその社会的なインパクトを概説する。

6.1 人工知能技術の歴史

人工知能とは、なんらかの知的な行為を機械的に実行することを目的とする計算機科学の一分野である。ここでいう「知的な行為」には認識、推論、創造などが含まれる。人工知能技術が特に注目を集めているのはこの10年ほどであるが、人工知能技術そのものは古い歴史を持つ（図6.1）。1950年代から現在までの間に3回の人工知能ブームがあったといわれている。

第一期の人工知能ブームは計算機そのものの黎明期でもある1950年代に起きている。1956年に人工知能（Artificial Intelligence）という言葉が提案された。この頃に行われた人工知能研究は探索や推論を中心とするものであったが、当時の計算機速度の制約もあり実用的な問題を解くことはできず、ブームは収束した。

第二期の人工知能ブームは1980年代に起こった。日本でも通商産業省（現経済産業省）が第五世代コンピュータプロジェクトに巨額の資金をつぎ込んだが、失敗に終わっている。

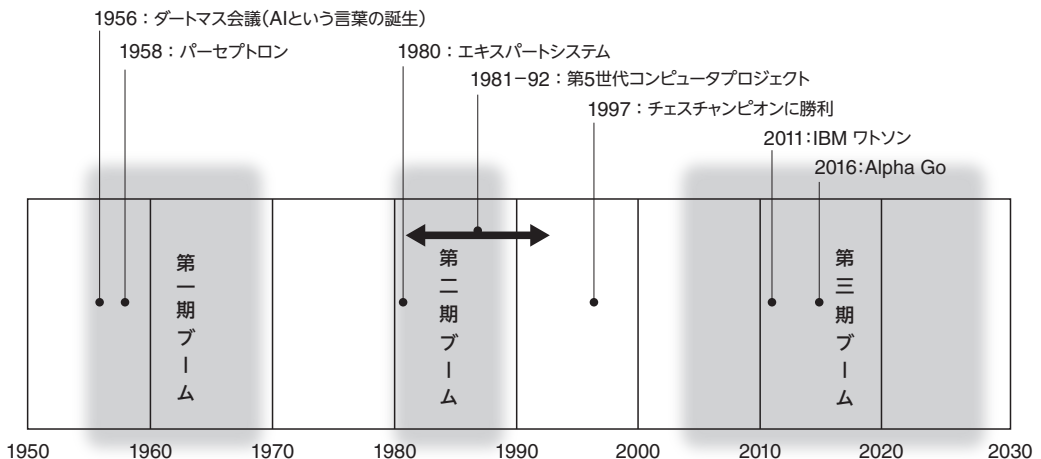


図6.1 人工知能の歴史

7章 無線LANで使用される無線技術

7.1 無線LANシステムの概要

無線LAN (Local Area Network) のシステム構成を図7.1に示す。まず、端末 (Station: STA) はアクセスポイント (Access Point: AP) へ基本的にランダムに接続し、データパケットを送信する。APで受信したパケットは光ファイバケーブルを介してルータへ送られ、インターネット上の目的地へ転送される。逆に、インターネット上のデータパケットはルータを介してAPへ送られ、目的地のSTAへランダムに転送される。このように、インターネット接続とランダムアクセスが無線LANの基本となる。

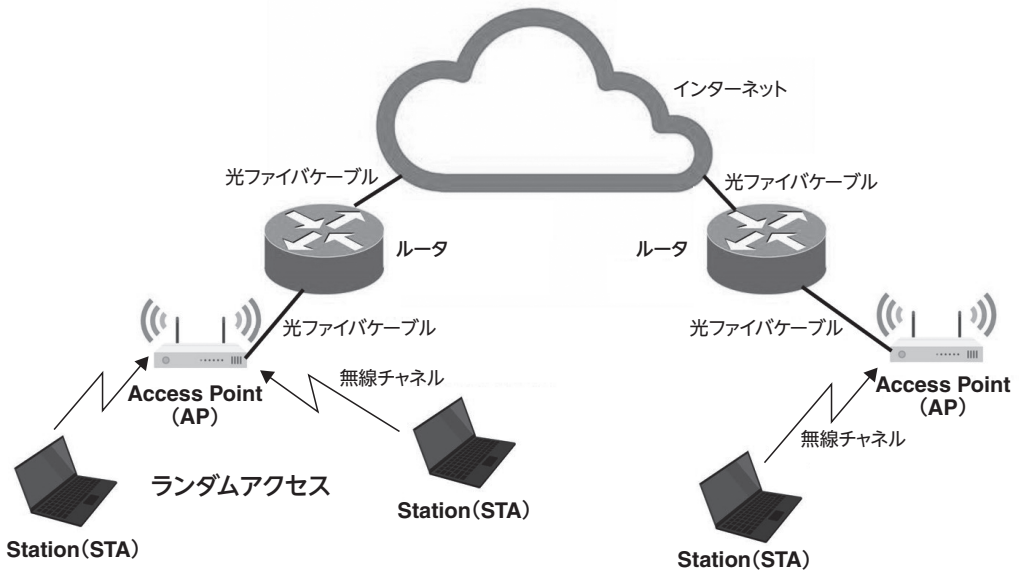


図7.1 無線LANシステムの構成

8章 ローカル5Gによるネットワークシステムの構築技術

8.1 ローカル5Gとは

2020年3月に3キャリアが相次いで5Gの商用サービスを開始し、国内でも5Gによる高速大容量通信を活用できるようになった。一方で5Gのビジネス活用という視点で見た場合、キャリアが展開する5G以外にもう一つ大きな盛り上がりを見せているのが、エリア限定で展開する5Gネットワーク「ローカル5G」である。

ローカル5Gは大手通信キャリアが提供する5G（キャリア5G）とは異なるシステムとして企業や自治体が独自に周波数免許を取得し、自身のプライベートなネットワークを構築、運用することができる仕組みである（図8.1）。

- ✓ ローカル5Gはキャリア5Gと比較して、用途に応じた、より自由なカスタマイズが可能である
- ✓ 干渉しないようにキャリア及びローカル5Gに対して電波が割り当てられる(周波数が分かれている)

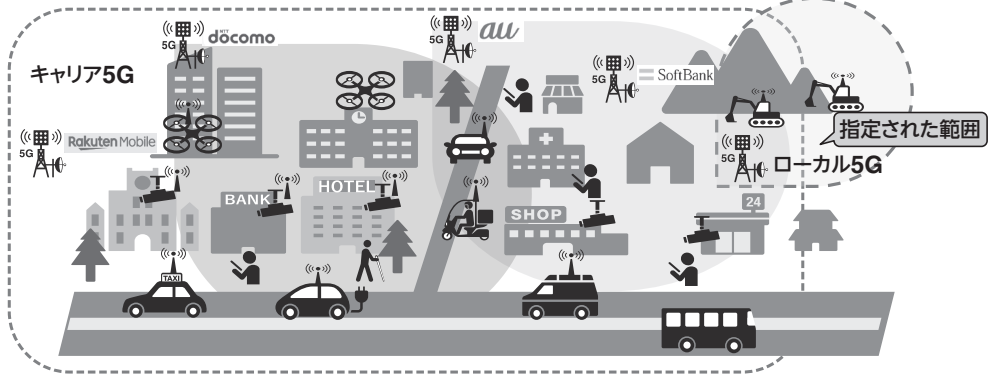


図8.1 キャリア5Gとローカル5G

ローカル5Gは有線LANやWi-Fiで構築されてきた従来のエンタープライズ市場におけるプライベートネットワークの課題を解決する手段として期待されている。

表8.1にWi-Fi6、キャリア5G、ローカル5Gの比較を示す。このように通信速度やカバレッジの広さに加えビジネス的な観点において重要とされる安定性、セキュリティ、モビリティ、さらにネットワークの柔軟性や自由度という点でローカル5GはWi-Fiとキャリア5Gのメリットを併せ持つソリューションといえる。ローカル5Gは少子高齢化による労働人口の減少が急速に進む我が国において地方創生を始めとする地域での生活環境の維持・発展を支えるものとして、また製造業などの産業界において生産性向上や事業の効率化などの実現や地域経済の発展を実現するものとして活用が期待されている。

9章 5G/IoT等の技術の活用事例

9.1 社会インフラ設備のメンテナンス高度化

NTTグループの通信ネットワークを支える通信インフラ設備（基盤設備）は、1960年代から1980年代が建築のピークであり、今から約20年後には、建築後50年以上経過する設備が約85%となり、設備の老朽化は年々深刻化していく。生産年齢人口の減少により、保守人員も急激に減少していくため、設備メンテナンスの効率化、高度なスキルやノウハウを必要としない手法への進化が急務となっている。

これらは社会インフラ全体の課題と考え、NTTグループとしても社会インフラ全体を対象としたスマートインフラ構想の下、ICTを活用した設備メンテナンスの効率的な運用への転換を進めている。以下に、その具体的な事例を紹介する。

9.1.1 インフラ点検の効率化に向けた技術

(1) 全方向水面移動式ボート型ドローンを用いた溝橋点検支援

全国で行われている橋梁本体の点検現場においては、国内の橋梁約72万橋のうち、11%の80,164橋が溝橋と呼ばれる狭隘な構造となっている橋であるとされ、これら溝橋の作業効率化のための新技術が求められている。これまでの溝橋の点検においては、点検者が溝橋内部へ直接入り点検するなど、作業効率が悪く、危険を伴う作業であった。また、空間が狭すぎ、点検が実施できない橋梁も多く存在していた。

このような点検作業が困難な橋梁への対策として、NTT西日本グループにて画像取得が可能なボート型ドローンを開発した。プロペラが船体上部にあるため、水深が10cm程度あれば航行が可能であり、ドローンと同様に真横に移動でき、効率的に撮影対象物の前に移動したり、正対したままの並行移動が可能であるなど高い操作性を持つ。機体の制御については、通常のドローンと同様に、ジャイロセンサを用いた姿勢制御が可能である（図9.1）。



図9.1 ボート型ドローン本体

10章 通信機器の雷害対策及び故障事例

落雷が発生すると、その膨大な電気エネルギーにより、しばしば建物、建物内にある通信機器や電子・電気機器などに甚大な被害を与える。本章では、雷の発生メカニズム、雷害の対策法及び雷害故障事例について説明する。

10.1 雷の概要

10.1.1 雷の発生メカニズム

雷は季節や気象条件により発生メカニズムが異なっている。ここでは、夏季雷と冬季雷の2種類について、それぞれの主な発生メカニズムを説明する。

(1) 夏季雷

夏季雷の発生メカニズムを図10.1に示す。夏の暑い時期などに地表で暖められた水蒸気が上昇して入道雲となる。上空数百mに達した水蒸気は冷やされ、水滴から氷となり、さらに上昇を続ける。大きくなった氷がその重みから下降を始めると、上昇してくる小さな氷とぶつかり合う。このとき、氷同士の摩擦により静電気が発生し、上昇する小さな氷はプラスに、下降する大きな氷はマイナスに帯電する。これにより、入道雲の上部はプラスの電荷をもち、下部はマイナスの電荷をもつようになる。この入道雲の下部がマイナスに帯電することにより、大地にプラスの電荷が誘電される^[1]。

雲と大地の間の空気は電気を通さない絶縁体であるため、誘電された電荷によって電気が流れることがない。しかし、絶縁体にその絶縁耐力を超えた力（電界）が加わると絶縁破壊を起こし、電気を通す（放電）ようになる。空気の絶縁耐力はおよそ3MV/mといわれ、これを超えると放電が開始される。

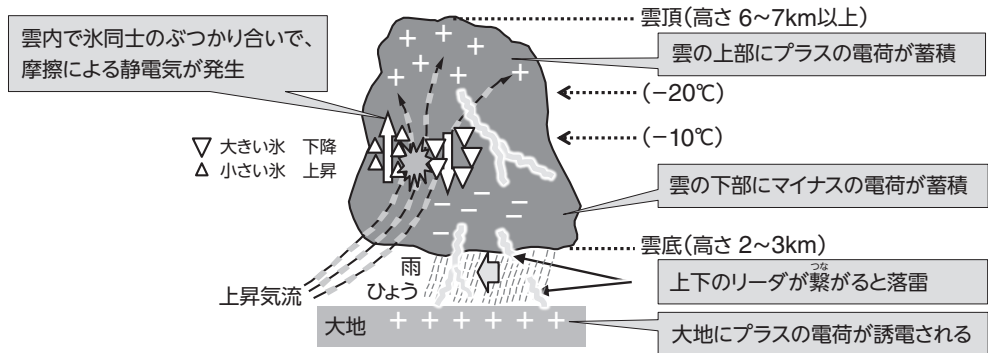


図10.1 夏季雷発生メカニズム

11章 ホームネットワークの接続工事の技術

日本では、FTTH（Fiber To The Home）サービスが3年前と比べ500万件増加となり、延べ3,500万件が提供されている。コロナ感染症により、企業では在宅によるテレワーク、サテライトオフィスによる働き方改革を推奨したことも要因の一つである。テレワークの拡大によりホームネットワークの重要性も高まっている。本章では現時点での最新のホームネットワーク技術について説明する。

11.1 FTTHのサービス

昨今の働き方改革に後押しされ、テレワークを推奨している企業が多くあり、社員の自宅でのネット環境の重要度は高まっている。コロナ以前の日本では、IEEEが標準化したGE-PON（Gigabit Ethernet Passive Optical Network）による下り最大速度1Gbpsのサービスが主流であったが、現在ではITU-Tが標準化したG-PON（Gigabit Passive Optical Network）による下り最大速度2Gbpsのサービスが提供されている。また、最近では10Gbpsのサービスも提供されている。表11.1に主なFTTHサービス一覧を示す。

表11.1 主なFTTHサービス一覧

技術名称	規格	下り/上り最大速度	主なサービス名
GE-PON	IEEE 802.3ah	1Gbps/1Gbps	NTT東/西 フレッツ光
G-PON	ITU-T G.984	2Gbps/1Gbps	NURO光 ^[1]
10G-EPON	IEEE 802.3av	10Gbps/10Gbps	NTT東/西 フレッツ光クロス auひかりホーム10ギガ/5ギガ
XG-PON	ITU-T G.987	10Gbps/2.5Gbps	NURO光10G ^[1]

現在では10Gbpsの回線速度が必要なファイルやコンテンツは稀少である。4人家族が4人全員で個別にオンラインゲームに興じるような家庭、又は何十ギガバイトもあるHDR10+で撮影した動画ファイルをアップロードする場合なら10Gbpsを導入した方が得策であるが、そうでなければ2Gbpsの回線速度があればホームネットワークの観点から十分といえる。

大部分を占めている1Gbps、2Gbpsサービスについて、伝送方式の違いを説明する。双方ともPON方式を活用しているが、そのPONの伝送方式が異なっている。

1Gbpsサービスでは、OLT（Optical Line Terminal）とONU（Optical Network Unit）間の通信方式はIEEE802.3ah標準に従いイーサネットフレームで転送するため機器内は簡単な処理となるが、レイヤ2プロトコルであるイーサネットフレームのデータ部分が最小46バ

第Ⅲ部

サイバーセキュリティ分野

1章	サイバーセキュリティ対策	148
2章	無線LANセキュリティ	166

1章 サイバーセキュリティ対策

近年における無線ネットワークやクラウド型サービスの普及とともに、PCやスマートフォンといった従来のICT端末だけでなく、情報家電、センサ、ロボットなどの様々なIoT機器が広く社会に浸透しつつある。IoT機器で収集されたデータを活用した新たなビジネスやサービスが登場し、情報通信ネットワーク上のサイバー空間は、現実社会のフィジカル空間と連携したデータの収集・蓄積・解析などを通じて、日常生活に不可欠な社会基盤として機能していくことが期待されている。

また、最近の働き方改革推進の動きやコロナ禍を契機にテレワークを始めとする新しい生活様式の定着や、DX（デジタルトランスフォーメーション）及びGX（グリーントランスフォーメーション）の推進に伴い、サイバー空間とフィジカル空間の一体化が進展するにつれて、社会に様々な豊かさをもたらすことが期待される。その一方で、企業などの組織や個人にとっては、サイバー攻撃によってサイバー空間とフィジカル空間の両方における経済的・社会的な損失の深刻化が懸念される。情報通信ネットワークを安心して利用するためには、サイバーセキュリティを確保することが重要である。

これらの課題に取り組むため、内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）は2023年7月に、3か年の行動計画であるサイバーセキュリティ戦略2023を決定した。サイバー攻撃から身を守るためには、企業や学校などの組織のセキュリティ担当者に一任するのではなく、利用者各自においても日常的にセキュリティ対策を意識した行動、すなわちサイバー衛生に取り組むことが重要である。本章では、近年発生が顕著化しているサイバー攻撃手法とその対策を紹介する。

1.1 セキュリティ脅威の傾向

インターネットサービスの進展やSNS、スマートフォンの普及に伴い、サイバー攻撃を受けるリスクが増え、サイバーセキュリティを取り巻く問題と環境が多様化している。近年では、被害がすべてのユーザに一律に降りかかるものではなく、攻撃者の意図や標的組織の環境により、攻撃対象を特定した攻撃も増えている。

2022年において社会的影響が大きかったセキュリティ上の個人／組織向け脅威として、IPA（独立行政法人情報処理推進機構）が上位に選出した脅威^①のうち、特に注意すべきものを以下にピックアップする。

●ランサムウェアによる被害

2020年以降連続で、組織向けの脅威でトップである。ランサムウェアと呼ばれる悪意あ

2章 無線LANセキュリティ

無線LANはイーサネットなどの有線LANと異なり、意図せずに建物の外に電波が漏れ出し接続可能となってしまう場合が多い。このため、無線LANの導入初期には車で接続可能なアクセスポイントを探すウォードライビングなどが行われた。このため、無線LANでは、盗聴の防止やアクセスポイントへの不正アクセスの禁止を目的とした無線LANセキュリティの実現が必須となる。

無線LANにおけるセキュリティは、TLSなどの上位のセキュリティと異なり次のような要求条件が考えられる。

●自己完結性（自己同期性：Self-synchronization）

無線LANはデータリンク層のプロトコルであるため、伝送エラーの影響を直接受け、場合によってはデータが欠損する。このため複数のデータフレームにまたがった暗号化などを行うことはできない。すなわち、無線LANにおける暗号化では、一つ一つのフレームで完結する方式を採用する必要がある。

●フレームごとの暗号化鍵

無線LANにおいて端末（ステーション）がアクセスポイントに接続されると、数時間又は数日にわたって接続状況が続く場合が多い。このため、ステーションとアクセスポイントの間で常に同一の暗号化鍵を使用すると、暗号化鍵を推定される危険性が高くなる。そこで、無線LANではフレームごとに異なる暗号化鍵を使用する。どのように異なる鍵の値を双方が合意するかは、プロトコル設計のポイントである。

このような要求条件を考慮して、最初に定められた方法がWEP（Wired Equivalent Privacy）と呼ばれるものである。以下ではWEP、その課題を解決するために設計されたWPA（Wi-Fi Protected Access）を順に説明する。

2.1 WEP

最初に導入されたWEPは、その名前のとおり、「有線LANと同程度のプライバシー」の実現を目指すことを目的とした。言い換えれば最初からそれほど厳密な機密性は求めていなかった。WEPの特徴を以下に示す。

(1) ストリーム暗号RC4の採用

WEPでは慣用系暗号方式のストリーム暗号RC4（Ron's Cipher 4）を採用している。

第Ⅳ部

設計・施工管理分野

1章 安全管理	182
---------------	-----

1章 安全管理

1.1 安全管理とは^[1]

働く人の安全を確保することは、事業者の責務であり、最優先に取り組むべき事項である。安全に取り組むことにより、働く人の命や健康を守るだけではなく、生産性の向上が期待できるとともに、働く仲間の士気を高め、働く人同士の信頼感の醸成につながる。このように安全な労働環境で働く人は働き甲斐をもって業務を実施し、持てる能力を最大限発揮することもできる。また、家族もそのような環境で働いていることで安心して当人を送り出すことが可能となる。このように、よい仕事の成果を出すには働く人の安全への取組と切り離せないものであり、各事業者のマネジメントレベルを示す重要な指標と位置づけることができる。

安全管理における基本的な考え方の一つに、労働災害の発生に関する統計分析結果に基づくハインリッヒの法則がある(図1.1)。ハインリッヒの法則では、労働災害の発生は、1(死亡・重症等の重大災害):29(軽傷事故・災害):300(危うく重大事故につながるおそれのあるヒヤリ・ハットした傷害のない事例)の割合で発生し、さらに事故発生までには至らない多数の不安全行動^[注]や不安全状態^[注]が存在し、また、労働災害の98%は、未然に防止することができるものとしている。

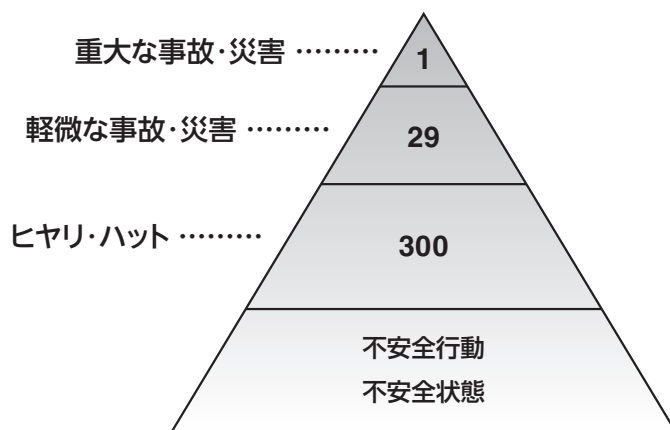


図1.1 ハインリッヒの法則

[注] 不安全行動・不安全状態: 人(作業者)による不安全な作業行為及び物(設備・機械・機材・環境等)における不安全な状態を指し、不安全行動は、作業者による操作、動作、意識に係わる誤りが主な要因であり、不安全状態は、作業設備、作業機材、作業環境等に係る4S(整理・整頓・清掃・清潔)の不徹底、認識不足などが主な要因とされている。