

■4群 (モバイル・無線) - 1編 (無線通信基礎)

1章 無線通信の発展

(執筆著者：富里 繁) [2009年3月 受領]

■概要■

通信の分野では、1837年にモールスにより電信が発明され、電気をを用いる通信システムが実現された。更に、1876年のベルの電話機の発明により、電気通信システムにより音声を伝えることが可能となった。その後、1895年にマルコーニによる無線通信実験の成功により、電波を用いた無線通信が実現されることになった。

無線通信は、当初、船舶と陸上や船舶間の通信など業務用で使われていたが、やがてラジオなどに用いられるようになり、身近に利用される通信方法となった。今では、テレビや携帯電話に代表される様々なシステムで無線通信が広く用いられており、社会的・経済的に不可欠な存在となっている。

このような無線通信における通信形態として、地上固定無線通信、衛星通信、移動通信、及び放送があげられる。この中では、移動通信が近年、急速に発展しており、特に携帯電話の利用が飛躍的に増大している。携帯電話については、ビジネスの利用だけでなくプライベートな利用も進展し、大人だけでなく子供による利用も増加した。このため子供の利用を制限するような社会問題に発展するまでになっている。更に無線 LAN システムなど各種無線通信サービスの発展と普及により、通信者、通信時間帯、及び通信場所を選ばないユビキタスなサービスが可能となってきている。また、高速・広帯域化により、音声だけでなく画像も含めたマルチメディアサービスの提供が可能となってきている。更に放送においてもテレビジョン放送のデジタル化の進展により、高品質な放送が実現し、また、双方向サービスが可能となるなど高度化が進んでいる。

このような無線通信における電波の利用では、周波数により利用するシステムを定めているが、上で述べたように移動通信の利用者が昨今著しく増大したため、周波数帯が不足する事態となっている。このため、今後、より一層、無線通信が発展していくためには、限られた周波数帯の有効利用が可能となる通信技術の研究開発や、従来使われていなかった新しい周波数帯の開拓が必要となる。

■4群 - 1編 - 1章

1-1 電波の用途・応用

(執筆者：富里 繁) [2009年3月 受領]

電波は放送や通信など非常に多くの用途に利用されている。電波は電磁波の一部で、電波法では、300万MHz以下の周波数の電磁波を電波と定義している。以下に周波数による電波の種類と用途を示す。

1-1-1 超長波 (VLF: Very Low Frequency)

超長波は10～100kmの非常に長い波長をもち、地表面に沿って伝わり低い山でも越えることが可能である。また、水中でも伝わるため、海底探査にも応用できる。

1-1-2 長波 (LF: Low Frequency)

長波の波長は1～10kmで、非常に遠くまで伝わる。1930年頃までは電信用として利用されていたが、大規模なアンテナと送信設備が必要であることと、短波通信が発展したことにより、電信用にはあまり用いられなくなった。

長波の一部はヨーロッパやアフリカなどでラジオ放送に使われているほか、日本では無線航行用のロランC局や、船舶や航空機の航行用ビーコン、及び電波時計などに時間と周波数標準を知らせるための標準周波数局に利用されている。

1-1-3 中波 (MF: Medium Frequency)

中波の波長は100～1000mで、約100kmの高度に形成される電離層のE層に反射して伝わる。電波の伝わり方が安定していて遠距離まで届くことから、主にラジオ放送用として利用されている。送信機や送信アンテナは大規模なものが必要となるが、受信機は簡単なものですむ利点がある。

1-1-4 短波 (HF: High Frequency)

短波の波長は10～100mで、約200～400kmの高度に形成される電離層のF層に反射して、地表との反射を繰り返しながら地球の裏側まで伝わっていくことが可能である。

長距離の通信が簡単に行えることから、遠洋の船舶通信、国際線航空機用の通信、国際放送及びアマチュア無線に広く利用されている。

1-1-5 超短波 (VHF: Very High Frequency)

超短波の波長は1～10mで、直進性があり、電離層で反射しにくい性質もある。山や建物の陰にもある程度回り込んで伝わるのが可能である。

短波に比べて多くの情報を伝えることができるため、アナログTV放送やFM放送のような放送メディアを中心に、多種多様な移動通信に幅広く利用されている。

1-1-6 極超短波 (UHF: Ultra High Frequency)

極超短波の波長は10cm～1mで、超短波に比べて直進性が更に強くなるが、多少の山や建

物の陰には回り込んで伝わるのが可能である。

伝送できる情報量が大きく、小型のアンテナと送受信設備を用いて通信できることから、携帯電話をはじめとした多種多様な移動通信システムを中心に、空港監視レーダや電子レンジなどに幅広く利用されている。

なお、アナログ TV 放送では超短波のほかに、この極超短波も利用しているが、デジタル TV 放送では、この極超短波のみを利用することになっている。

1-1-7 マイクロ波 (SHF: Super High Frequency)

マイクロ波の波長は1～10 cm で、直進性が強い性質をもつため、特定の方向に向けて発射するのに適している。

伝送できる情報量が非常に大きいことから、主に電話局間や放送の送信所間を結ぶ固定の中継回線、衛星通信、衛星放送、及び無線 LAN システムで利用されている。この帯域は無線 LAN や FWA などの無線アクセスシステム、次世代移動通信システムなどの移動通信システムへの需要が大きいことから、一部の周波数利用について見直しを行っている。

このほか、マイクロ波の直進性を活用した利用システムの一つにレーダがあり、気象レーダや船舶用レーダなどに利用されている。

1-1-8 ミリ波 (EHF: Extra High Frequency)

ミリ波の波長は1 mm～10 mm と非常に短く、マイクロ波と同様に強い直進性があり、非常に大きな情報量を伝送することができる。しかしながら、悪天候時には雨や霧による影響を強く受けるため、あまり遠くへ情報を伝送することができなくなる。このため、比較的短距離の無線アクセス通信や画像伝送システム、簡易無線、自動車衝突防止レーダなどに利用されている。更に、電波望遠鏡による天文観測にも用いられている。

1-1-9 サブミリ波

サブミリ波の波長は0.1 mm～1 mm で、光に近い性質をもっている。現状では巨大な無線設備が必要で、また水蒸気による吸収が大きいという性質があるため、通信用としてはほとんど利用されていない。一方、ミリ波と同様に電波望遠鏡による天文観測に用いられている。

■4群 - 1編 - 1章

1-2 周波数利用の国際的な取り決めの解説

(執筆者：富里 繁) [2009年3月 受領]

電波は国境を越えて伝搬するため、国内だけでなくほかの国の電波利用に影響を与えないように秩序正しく利用する必要がある。このため、無線通信に関する世界的な問題を取り扱う会議として世界無線通信会議（WRC：World Radiocommunication Conference）がある。

1992年12月にスイス・ジュネーブで開催された国際電気通信連合（ITU）の追加全権委員会議において、ITUの組織に無線通信・標準化・開発の3セクタ制を導入する大幅な組織再編成が行われ、従来の世界無線通信主管庁会議（WARC）の業務を引き継ぐものとしてWRCが設置された。WRCは、各周波数帯の利用方法、衛星軌道の利用方法、無線局の運用に関する各種規程、技術基準などをはじめとする国際的な電波秩序を規律する無線通信規則（RR）の改正を行うための会議で、各国主管庁及びITUに登録している事業者などの関係団体が出席し、通常3～4年ごとに開催されている。各国では、このWRCの決定に基づいて国内の各周波数帯の利用方法などを定めており、日本では電波法で電波の割当てを行っている。

無線通信規則に規定されている主な事項は以下のとおりである。

1-2-1 周波数分配

世界を以下の三つの地域に分け、9 kHz～275 GHzの周波数帯を各無線業務に分配

第一地域・・・欧州、アフリカ、ロシア

第二地域・・・南北アメリカ

第三地域・・・アジア、オセアニア

1-2-2 周波数の使用に関する国際的な手続

衛星の軌道・周波数の調整、登録手続など

1-2-3 無線設備の技術基準

スプリアス規定値、各無線業務間の共用条件など

1-2-4 無線局の運用方法

遭難・安全通信の通信方法、聴守義務など

また、無線通信の各方式が世界各国で使えるようにするためには、ネットワーク間やネットワークと端末機器間などの相互接続性や相互運用性を確保しておくことも不可欠となる。このため標準化によりハードウェア及びソフトウェアの規格を共通化する必要がある。無線通信方式の標準化はITUの中の無線通信部門であるITU-R（ITU-Radiocommunication Sector）で決められる。日本国内では総務省情報通信審議会による省令・告示に基づいて、電波産業会（ARIB）で標準化を行っている。

■4群 - 1編 - 1章

1-3 無線通信のデジタル化

(執筆者：富里 繁) [2009年3月 受領]

無線通信では、当初アナログ信号を用いて通信を行ってきたが、今では多くのシステムでデジタル信号が用いられている。デジタル通信は、無線伝搬路のマルチパスフェージングの影響、及び無線中継系における波形ひずみや雑音の累積に強く、高効率変調・符号化技術、多重化技術、等化技術、誤り訂正技術などを用いることにより優れた周波数利用効率が得られる。また、近年、伝送信号は音声だけでなく画像信号なども含めたマルチメディア化しており、このようなマルチメディア信号との親和性という観点からも無線通信のデジタル化が進んだ。

地上固定無線通信で2~15 GHzの周波数帯を利用する中継回線用無線通信はマイクロ波通信と呼ばれるが、日本では1967年に2 GHz帯においてデジタル変調のQPSKを用いて15.2 Mbit/sの伝送速度をもつデジタルマイクロ波通信方式が開発された。更に、1989年に256QAMを用いた方式が開発され大容量化が進んだ。

移動通信では、セルラ方式による最初の自動車電話が1979年に日本でスタートした。このシステムは第1世代移動通信方式と呼ばれるが、アナログ変調を利用したシステムである。その後、1980年代のLSI技術やデジタル信号処理技術の急速な発展を背景に、移動通信においてもデジタル化が進んだ。1992年には欧州の統一規格であるGSM(Global System for Mobile Communications)方式のサービスが開始された。この方式では、変調方式としてGMSKが用いられた。日本では、1993年に $\pi/4$ シフトQPSK変調方式を用いたPDC(Personal Digital Cellular)方式のサービスが開始されデジタル化が進んだ。これらの方式は、第2世代移動通信方式と呼ばれるが、伝送速度は数kbit/s~64 kbit/sだった。この後、日本では、2001年に第3世代移動通信方式のサービスが開始された。当初は変調方式としてはQPSKをベースとした方式を用いていたが、第3世代移動通信方式を高度化した、いわゆる3.5世代方式では、更に多値化され16QAM変調方式も用いている。このような変調・符号化技術や復調技術の進歩により伝送速度が高速化され、現在では数Mbit/sの伝送速度が実現されている。

一方、1990年代後半には無線LANシステムが実用化されたが、この中の規格の一つであるIEEE802.11aではOFDM(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)伝送技術を用いている。OFDMでは、高速な伝送信号を多数の狭帯域なサブキャリアに分割して通信するため、無線伝搬路のマルチパスフェージングの影響を軽減することが可能である。このため、高速・広帯域化したブロードバンド無線通信用に適しており、次世代の第4世代移動通信方式でも採用されている。

テレビジョン放送においてもデジタル化が進んでおり、2003年12月から地上デジタルテレビジョン放送が開始された。この方式においてもOFDM伝送が用いられている。テレビジョン放送デジタル化の利点の一つに周波数利用の高効率化があり、これによりアナログテレビジョン放送が使っていた周波数を利用した新たな無線サービスの登場が期待されている。また、一部の帯域のみを受信するワンセグ放送も行われており、携帯電話に内蔵されることにより、屋外でもデジタルテレビジョン放送が視聴できるだけでなく、各種双方向サービスが可能となっている。

■参考文献

- 1) 総務省電波利用ホームページ, <http://www.tele.soumu.go.jp>