

■4群 (モバイル・無線) - 3編 (移動通信)

1章 概要

(執筆者: 太郎丸真) [2010年5月 受領]

■概要■

「移動体通信」または「移動通信」といえば、携帯電話、すなわちセルラー形の無線アクセスシステムがその代表格であることは言うまでもない。また、今日普及が進み一般の人々にとって身近な存在となった携帯電話や無線 LAN も、ノート PC や PDA (personal digital assistance) などの携帯端末の無線アクセスであるから、移動通信の一つである。移動通信システムは無線伝送を利用することにより、通信端末を移動体、すなわち船舶、航空機、車両、歩行者に装備することが可能となったものであり、歴史的にはマルコーニが商用化した船舶通信、すなわち海上移動通信が最も古い。その後、航空、陸上移動通信、あるいは宇宙通信へと展開されてきた。用いられる電波の周波数も、その伝搬特性や回路技術の進歩に伴う無線機の実現性・実用性によって広がっていったが、近年においてはむしろ周波数の空き状況によって決まる側面が強い。本章では携帯電話だけでなく、船舶・航空通信や、公共・保安・一般業務用の陸上移動通信を含めた移動通信の概要を、その歴史的側面と周波数利用を中心に、以下の構成により述べる。

【本章の構成】

本章の構成は以下のとおりである。

- 1-1 移動通信の発展
- 1-2 移動通信における周波数利用

■4群 - 3編 - 1章

1-1 移動通信の発展¹⁻³⁾

(執筆者：太郎丸真) [2008年8月 受領]

今日の移動通信の代表とも言える携帯電話は、我が国の PDC、欧州の GSM、米国 IS-54 及び IS-95 の各方式により 1990 年台にデジタル化され、第 1 世代のアナログ FM 方式に対しこれらは「第 2 世代」と呼ばれている。第 2 世代携帯電話が普及するのと並行し、伝送速度の向上を目指した「第 3 世代」方式の開発と標準化が日米欧で進められた。第 2 世代は音声通信が主な用途であったのに対し、第 3 世代は画像やデータなどのマルチメディア伝送への対応と、世界共通方式の実現を目指したものであった。この第 3 世代方式の開発に当たっては当初から国際電気通信連合 (ITU) において IMT-2000 と呼ばれる標準化が行われた。しかし無線方式については日欧の提案をベースとする W-CDMA の 2 方式、米国の提案をベースとする cdma2000 の 2 方式、更に欧州提案の GSM をベースとする EDGE の計 5 方式併存で標準化を終え、今日の実用化に至っている。更に第 4 世代へ橋渡しの方式として、「3.9 世代」“3G-LTE” (3rd-Generation Long Term Evolution)、あるいは“super 3G”などと呼ばれる標準化が終了し、2010 年度中のサービス開始が予定されている。更に、「第 4 世代 (4G)」の性能目標や方式提案が ITU で議論されている。一方、そのほかの移動通信でもデジタル化は漸次進められてきた。かつては短波によるアナログ音声及びモールス通信が主であった海上・航空移動通信は、衛星回線によるデジタル化が進行している。陸上移動通信では、デジタル化の利点である秘話性の向上を目的に、主として警察などの公共・保安通信からデジタル化が始まり、現在ではタクシー無線などの業務無線にも広がっている。家庭におけるコードレス電話はアナログ FM が用いられていたが、1990 年台に登場した我が国の PHS や欧州の CT-2 と DECT 方式によりデジタル化が進行し、現在では米欧を中心に DECT 方式が主流となっているほか、2.4 GHz ISM 帯向けに DECT を周波数ホッピングにした WDCT 方式が用いられている。なお、上記各方式の詳細は本編 3 章を、標準化については本編 4 章を参照されたい。

ところで無線による情報伝送は、正弦波交流信号である搬送波に何らかの変調を行い送信することによりなされる。この変調により電波の周波数スペクトラムは占有帯域幅を有し、動画像など高速な伝送を行うほど、より広い占有帯域幅が必要となる。一方、陸上移動通信に適した周波数帯は、アンテナの大きさや電波伝搬の性質から VHF 及びマイクロ波帯に限られている。したがって、互いに干渉することなく同じ地域で同時に伝送可能な電波の数は限られる。近年の移動通信の普及と高速伝送へのニーズ、更には RF-ID (無線タグ) などユビキタス社会の進展に伴う様々な無線システムの登場により周波数の需給は逼迫しており、MIMO (Multi-Input Multi-Output) や SDMA (Space Division Multiple Access) などの空間多重技術や、コグニティブ無線などの周波数共用または複数無線システム間で電波資源を有効利用する技術の開発や進展が期待されている。

■参考文献

- 1) 奥村善久・進士昌明監修，“移動通信の基礎，”電子情報通信学会，1986。
- 2) 桑原守二監修，“デジタル移動通信，”科学新聞社，1992。
- 3) 立川敬二監修，“W-CDMA 移動通信方式，”丸善，2001。

■4群 - 3編 - 1章

1-2 移動通信における周波数利用

(執筆著：太郎丸真) [2008年8月 受領]

1-2-1 周波数需要と新規周波数開拓

移動通信においては、想定される通信距離や電波伝搬環境により使用周波数が決められてきた。しかし周波数が高くなると伝搬損が高くなり、見通し外への伝搬は更に悪化する。このため電波利用は歴史的には低い周波数から進んできた。

しかし技術の進歩や社会的ニーズに伴って増加する周波数需要のなか、新規に割当て可能な「使い勝手の良い」周波数帯は限られることから、無線システムにとって必ずしも適した周波数が割り当てられるとは限らない。例えば無線通信黎明期の20世紀初頭においては短波の電離層反射による伝搬は知られていなかったこともあり、見通し外の遠方へ安定して届く長波または中波への需要が高かった。このため米国では当時「使い勝手の悪い」波長 200 m 以下、つまり約 700 kHz 以上がアマチュア無線に対し割り当てられている¹⁾。また 1950 年台の文献 2)には「1250 Mc [MHz] 以上」なる周波数の上限が規定されていないアマチュアバンドが見える。このようななか、短波の電離層反射による長距離通信が発見・実証され、その後遠洋の船舶や洋上対空通信で短波 (HF) 帯が利用された。一方、携帯電話など基地局から端末まで見通し外となることが多いセルラーシステムにとっては、アンテナサイズも考慮すると数百 MHz の周波数が望ましく、1990 年代までは 800~900 MHz が主に用いられた。しかし移動通信の需要の高まりにより周波数が不足するようになると、1.5 GHz 帯など高い周波数も利用されるようになり、2010 年以降の第 4 世代システム用には 4 GHz 帯の利用も予定されるなど、より高い周波数の利用が進んでいる。更に近年においてはミリ波帯無線システムなど未利用周波数帯開拓の研究開発や、同一周波数帯の共用技術が電波利用料を用いて実施されるなど、産学官での周波数開拓・周波数有効利用への取り組みがなされている。

1-2-2 移動通信に用いられる周波数³⁻⁴⁾

無線通信の利点は限定的なインフラで通信回線を設定できることにある。したがって、無中継で安定した遠距離通信ができるに越したことはない。しかし近年では、割当て可能な周波数は限られることから、むしろ伝搬距離を限定して複数の無線ゾーンを構成し、ゾーン間で周波数の繰り返し利用を行うことで周波数の有効利用を図る、セルラーシステムなどの無線システムが移動通信では一般的である。前者のように無中継で遠距離通信を行う場合は長波、中波、短波が、後者の場合は超短波 (VHF) 以上の周波数が用いられる。以下、周波数ごとの移動通信利用の概略を述べる。いずれの周波数帯にもアマチュアバンドが割り当てられているが、携帯無線機や車載無線機による移動通信に比較的好く用いられるのは、V・UHF 帯である。なお、移動通信以外の利用に関する記述は割愛した。

(1) 長波 (LW: Long Wave) 及び中波 (MW: Medium Wave) (~3 MHz)

主として船舶無線に用いられる。モールス電信や振幅変調 (アナログ AM) の電話のほか、近年では船舶無線電信 (NAVTEX) による航行安全情報の放送も行われている。いずれも通信距離は数十ないし 300 km 程度である。

(2) 短波 (SW: Short Wave または HF: High Frequency) (3~30 MHz)

電離層反射及び電離層と大地反射を繰り返すことで数百 km の遠方はもちろん、地球の裏

側まで無中継で通信できる場合がある。太平洋や大西洋など遠方の洋上を航行する航空機との通信や遠洋船舶との通信に一部用いられているが、近年では UHF 帯以上を用いるインマルサット衛星や運輸多目的衛星による衛星回線の利用に移行しつつある。短波帯の変調・通信方式としては、古くから用いられているモールス電信や振幅変調（アナログ AM）の電話のほか、ファクシミリ、狭帯域直接印刷電信（ラジオテレタイプ）が用いられる。電離層伝搬は日変化、季節変化、太陽活動や地磁気による変動があるため、使用周波数を適宜切り換えて運用するのが普通である。なお、市民無線や一部の船舶無線は 26~27 MHz で運用されているが、電離層反射による遠距離通信を目的としたものではなく、下記 VHF に準じた電波利用目的での割当てである。

(3) 超短波 (VHF: Very High Frequency) (30~300 MHz)

波長が数 m でアンテナの車載が比較的容易で、建物の陰など障害物の裏側へも電波が回り込むため、船舶、航空無線はもちろん、公共・保安通信、鉄道、バス、タクシー無線など一般業務用の陸上移動無線や、アナログコードレス電話など、各種移動通信に広く用いられている。通常は通信距離 100 km 未満であり、陸上移動通信では山上や高塔で中継して数十 km 程度の無線ゾーンを形成している。一部低軌道周回衛星による衛星移動通信（オープンコム）にも用いられている。電離層反射は基本的にないが、VHF 帯を反射するスプラディック E 層と呼ばれる電離層が夏期を中心に突発的に発生し、突然数百ないし二千 km 遠方の通信が干渉することがある。また、太陽黒点数上昇時には F 層及び F2 層の臨界周波数が上昇し、数十 MHz の VHF 電波が HF 同様に海外へ伝搬する現象が見られる。

(4) 極超短波 (UHF: Ultra High Frequency) (300 MHz~3 GHz)

携帯無線機へのアンテナ搭載が容易となる一方、障害物の陰への回り込みが少なくなる。携帯電話/PHS、MCA による業務無線、公共・保安通信、パーソナル無線などの陸上移動無線、デジタルコードレス電話や無線 LAN などの屋内または近距離通信、及び航空無線に利用されている。屋内・近距離通信を除き、基地局（制御局、中継局）を中心とする無線ゾーンは、数百 m~数 km である。ただし MCA 無線の基地局は山上や高塔に設置され、10 km 程度の無線ゾーンを形成する。インマルサットなどの移動衛星通信にも用いられる。

(5) 3 GHz 以上のマイクロ波、準ミリ波 (3~30 GHz)

無線 LAN、DSRC (ETC システムなど) の路車間・車車間通信など、屋内または近距離通信に用いられるほか、2010 年以降第 4 世代セルラーシステムへの割当てが予定されている。主として見通し・直接波による伝搬が支配的で、障害物の陰への回り込みは減少する。

(6) ミリ波、サブミリ波、テラヘルツ波 (30 GHz~)

消防など公共機関によるヘリコプターからの画像伝送のほかには移動通信への利用はあまり見られない。なお、60 GHz 帯を用いたミリ波無線 LAN や無線 PAN: Personal Area Network など、近距離屋内通信システムの研究開発や標準化が進められている。

■参考文献

- 1) C.B. DeSoto, "200 meters & down: The Story of Amateur Radio," American Radio Relay League, 1936.
- 2) 杉本哲, "初歩のラジオハンドブック," 山海堂, 1957.
- 3) 情報通信白書平成 20 年版および電波利用ホームページ, 総務省, 2008.
- 4) 立川敬二監修, "W-CDMA 移動通信方式," 丸善, 2001.