

〔1. 情報通信の動向〕

電波の有効利用と安全性の確保について

鈴木茂樹

SHIGEKI SUZUKI

(総務省 総合通信基盤局 電波部長)

はじめに

今日において、電波は多種多様な用途に使われており、我が国の社会・経済・文化の発展・成長や国民生活の安心・安全の確保に欠かせないものである。また、昨年3月の東日本大震災を受け、通信が国民の生活や企業の経済活動に必要不可欠な社会インフラとして、重要な役割を果たしていることが再認識されている。

このような状況の中、総務省は、電波の公平かつ能率的な利用を確保するための周波数管理や、より安全で安心できる電波利用環境を整備するため、様々な施策を実施している。

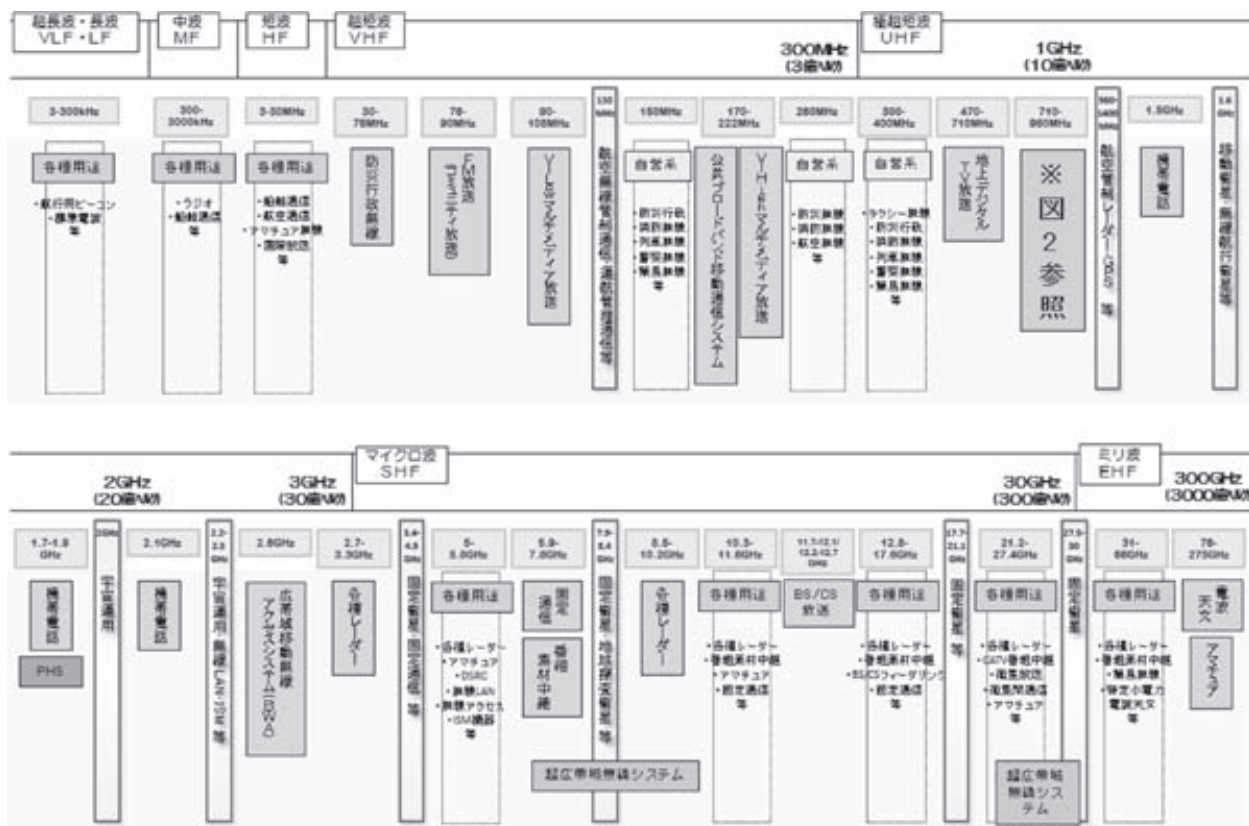
本稿では、我が国における各周波数帯の概要や利用シ

ステムおよび電波の安全性について解説する。

1. 我が国の電波利用

電波法において規定される「電波」とは3 THz（テラヘルツ： 1×10^{12} Hz）以下の周波数の電磁波のことを指し、周波数帯によって電波の伝わり方や伝送できる情報量が異なる。これらは周波数帯ごとに超長波（VLF）、長波（LF）、中波（MF）、短波（HF）、超短波（VHF）、極超短波（UHF）、マイクロ波（SHF）、ミリ波（EHF）、サブミリ波といった呼称が付されており、近年では移動通信分野を中心とした急激な電波利用の拡大等を背景に、特にUHF帯の周波数の需要が急速に高まってきている。

図-1に各周波数帯の利用用途の概要を示すとともに、



電波天文(局)：「宇宙から発する電波の受信を基礎とする天文学のための無線局」

アマチュア：アマチュア無線。アマチュア無線(局)：「個人的な興味によって無線通信を行うために開設する無線局」

図-1 周波数の主な使用状況

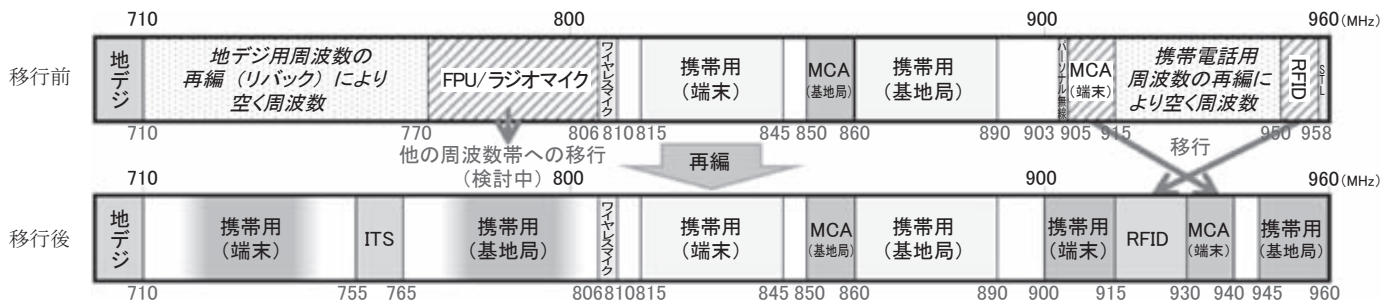


図-2 700/900MHz帯再編の概要

主な周波数帯における近年の利用動向について解説する。

1. 1 VHF帯 (30-300MHz)・UHF帯 (300-3,000MHz)

(1) 90-108MHz, 170-222MHz, 470-770MHz

本周波数帯は地上アナログテレビジョン放送で利用されていたが、東日本大震災で被災した岩手、宮城、福島の一部を除き、2011年7月24日に地上デジタルテレビジョン放送へ完全移行が行われた。このデジタル化により、高画質・高音質のテレビ放送の視聴や、データ放送により防災情報や地域情報など一歩進んだサービスの提供が可能となっている。また、デジタル化への移行により地上アナログテレビジョン放送に使用していた周波数が約3分の2（470-710MHz）に圧縮され、電波の利用が可能となった。この空いた周波数帯を利用して、V-lowマルチメディア放送（90-108MHz）、公共ブロードバンド移動通信システム（170-205MHz）、V-highマルチメディア放送（205-222MHz）など他の利用用途への活用を検討している。

なかでも、携帯端末向けマルチメディア放送（V-highマルチメディア放送）は、放送と通信それぞれの特徴を生かし、さまざまな情報を効率的に携帯端末へ提供するサービスとして、(株)ジャパン・モバイルキャストにより、2012年4月1日からサービス開始が予定されている。

(2) 710-960MHz

本周波数帯については、VHF帯と比べて伝送できる情報量が多く、SHF帯と比べてビル陰などの見通し外においても電波が伝わることから、主に携帯電話を始めとした移動通信システムに利用されている。特に最近では、スマートフォンなどのインターネット接続や動画像伝送等、携帯電話を利用したデータ通信利用が拡大しており、より高速・大容量で利便性の高い移動通信システムでの利用期待が高まってきている。

こうした中、総務省では周波数再編アクションプラン（2011年9月改定版）を改訂し、本周波数帯において移動通信システム用の周波数を確保した。

具体的には、地上アナログテレビジョン放送の終了に伴って空く700MHz帯および第2世代携帯電話用周波数の再編に伴って空く900MHz帯において、それぞれ新た

に携帯電話用の周波数を確保し、既存無線システム（FPU、ラジオマイク、MCA、RFID等）の周波数移行を進めるといった周波数再編を実施している（図-2）。

また、700MHz帯においては、新たに高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport Systems）に周波数を割当て、実用化に向けた制度整備を進めている。我が国の交通事故の状況として、見通しの悪い交差点等における事故や歩行者事故が高い割合を占めており、ITSは、見通しのきかない道路での車と車の間および道路施設と車の間の通信を可能とすることにより、事故の防止や渋滞の解消、さらには環境対策など様々な課題を解決することができるかと大きく期待されている。

(3) 960-3,000MHz

本周波数帯についても、携帯電話等の周波数需要が増加してきており、現在、第3世代携帯電話（3G）に利用されている1.7GHz帯について、新たに10MHz幅を確保するとともに、東名阪地域に使用が限定されている帯域について使用可能地域の拡大を検討しているところである。

さらに、近年の無線ブロードバンド通信に対するニーズの高まりから、2.5GHz帯における広帯域移動無線アクセスシステム（BWA：Broadband Wireless Access）の伝送速度の向上等の高度化を図るとともに、新たに30MHz幅の周波数の割当てを検討している。BWAとは、WiMAXやXGPに代表されるブロードバンド無線アクセスシステムのことで、従来は有線で行っていたブロードバンドサービス等のデータ通信を、無線によって可能とするものである。今後は上記の検討の結果により、サービスの更なる高度化・多様化が期待されている。

1. 2 SHF帯 (3,000MHz-30GHz)

本周波数帯については、マイクロ波（SHF）と呼ばれ、VHF帯・UHF帯に比べて電波伝搬における直進性が強い一方で、伝送できる情報量が非常に大きいことが特徴である。

本周波数帯のうち、10GHz帯および24GHz帯は、様々な検知センサーに利用されている。具体的には土砂崩壊や土石流等の前兆現象である小規模な砂利および小石の滑落ならびに湧水を検知するセンサーや建物内（廊下、

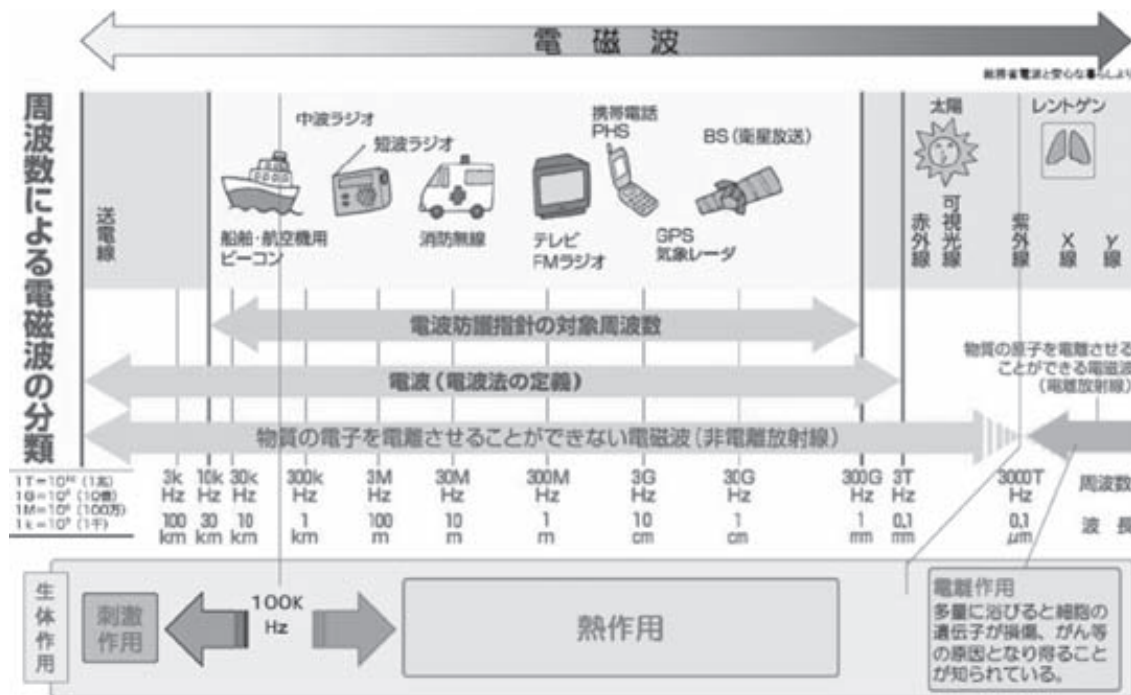


図-3 電磁波の分類と生体作用

トイレ、駐車場等)の人物等を検知するセンサーに利用されている。

また、本周波数帯は、移動通信システムへの利用が期待されていることから、現在3-4 GHz帯における第4世代携帯電話(4G)の導入に向け、2015年までに200MHz幅、2020年までに1.1GHz幅の帯域を確保するよう検討を進めているところである。第4世代携帯電話(4G)とは、現在の第3世代携帯電話(3G)よりもさらに高速化した移動通信システムの呼称であり、1 Gbps程度の高速大容量通信を可能とするものである。現在、ITUでは2015年のサービス開始を目処に、その標準化の検討を進めている。

1.3 EHF帯(30GHz以上)

本周波数帯における電波については、ミリ波(EHF)と呼ばれ、マイクロ波よりもさらに電波伝搬における強い直進性を持ち、非常に大きな情報量を伝送することができる。一方、雨や霧により電波伝搬における電波の減衰が非常に大きく、近距離通信に適している。低い周波数帯と比較してあまり利用が進んでいないことから、総務省としても本周波数帯の有効利用を図るため、利用技術の研究開発や各種の制度整備等を行っている。

具体的には、1 Gbps程度の高速通信を可能とし、光ケーブルの代替等への利用が期待される高速無線伝送システムや、超広帯域を利用することで高精度な測位等が可能となる性質を利用し、自動車の衝突安全技術を実現するUWB(Ultra Wide Band)レーダーの導入などである。

今後は、さらに航空機、船舶、鉄道におけるブロード

バンド利用環境を整備するため、40GHz帯において1.2GHz幅の周波数を確保すること等を検討している。

2. 電波の安全性

2.1 電波の安全基準について

電波が生物に及ぼす影響は、50年以上にわたって世界各国で研究が行われてきた。現在、その膨大な研究成果から、生体が非常に強い電波に当たると「刺激作用」や「熱作用」が生じることや、これらの作用を及ぼす電波を浴びた量が明らかになっている。

刺激作用とは、生体が電波を浴びると、電波の影響により電流が生じる作用である。生体に直接流れる電流の大きさは、周波数や生物の大きさ、形、電気的な特性などによって変わるが、非常に強い電波に当たって電流の大きさがある一定量を超えると、神経や筋の活動に影響を与え、血流の変化などを引き起こすことがあるといわれており、比較的低い周波数の領域(100kHz程度以下)で起こる。

また、熱作用とは、生体に電波を浴びると、一部が体内に吸収されてそのエネルギー(電力×時間)が熱となる作用である。非常に強い電波の場合には、発熱量も大きくなり体温が上昇する。熱作用は、通信や放送で用いられている比較的高い周波数の領域(100kHz程度以上)で起こる(図-3)。

日常生活において浴びる電波は非常に弱く、刺激作用や熱作用を及ぼすようなレベルではない。電波の強さは距離の2乗に比例して弱くなるが、電波利用の増加につれて、どのくらい離れていけば安全なのか客観的な基準

が必要となる。そこで、わが国では電波の安全基準である「電波防護指針」を策定している。

人体が電波を浴びる場合、全身に浴びる（全身加熱）ことの影響を考慮して基準値が定められている。全身に浴びたことにおける体温上昇により、小動物の行動パターンに変化が現れる閾値は、全身平均SAR（Specific Absorption Rate（比吸収率）：生体が電波に当たることによって、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量）で約4W/kg（長時間浴びた場合、約1℃の深部体温の上昇に相当）であることが知られている。そこで、電波防護指針では、4W/kgから10倍の安全率を考慮した全身平均SARの値として0.4W/kgを基礎指針値として定めている。なお、人間は小動物に比べて熱調整機能が発達しているため、温度上昇はより小さいことが知られている。一方で、実際にSARを測定するためには体内にセンサーを置く必要があり、測定が難しいので、電波防護指針では、測定可能な電界強度や磁界強度をこの全身平均SAR値を超えることがないように管理指針として規定している。

管理指針では、無線従事者の資格を持っている方を対象とする管理環境と一般の方を対象とする一般環境に分けて基準を定めている。管理環境では、基礎指針値である、全身平均SARが0.4W/kgを超えることがないレベルを定めており、一般環境においては、基礎指針値からさらに5倍の安全率を考慮して全身平均SARを0.08W/kgに相当するレベルとして定めている（表-1）。

また、携帯電話等を身体に近接して使用する場合には、

表-1 電波の強さ（平均時間6分間）の基準値（一般環境）

周波数 f	電界強度 E [V/m]	磁界強度 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
10kHz-30kHz	275	72.8	
30kHz-3MHz	275	2.18f ⁻¹	
3MHz-30MHz	824f ⁻¹	2.18f ⁻¹	
30MHz-300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz-1.5GHz	1.585f ^{1/2}	f ^{1/2} /237.8	f/1500
1.5GHz-300GHz	61.4	0.163	1

※fはMHzを単位とする周波数（例：900MHzなら900、1.5GHzなら1500の数値）

※f⁻¹は $\frac{1}{f}$ ，f^{1/2}は \sqrt{f}

表-2 代表的な無線局の基準値を超える範囲の例

局種	基準値を超えるおそれのある範囲
携帯電話基地局 (900MHz帯, 192W)	アンテナから指向方向に0.51m以内
携帯電話基地局 (2.1GHz帯, 360W)	アンテナから指向方向に0.60m以内
PHS基地局 (1.9GHz帯, 2W)	アンテナから0.03m以内 (垂直コリニアアレー)

アンテナ近傍の人体の一部において電波が集中することから、局所に浴びる（局所加熱）ことの影響を考慮した基準値（局所吸収指針）を定めている。局所に浴びたことによる局所的な体温上昇は、血流がなく熱に弱い組織である眼球への影響が調査されており、眼球でのSARが100W/kg以上の場合、43℃以上に温度が上昇（白内障が生じるレベル）することが報告されている。そこで、局所吸収指針では電磁界強度指針と同様に、眼球への影響の閾値に対して10倍・50倍の安全率を考慮して、局所SARの基準値を10W/kg（管理環境）と2W/kg（一般環境）としている。

2.2 電波防護指針の制度化

わが国では、より安全に、より安心して電波を利用するために、安全基準に基づいた電波防護のための規制を導入している。たとえば放送局のように、遠くの場所に設置される無線局については、電磁界強度指針の一般環境の基準値を適用し、その値を超える場所（表-2参照）に一般の人々が簡単に入出入りすることができないように、柵などを設けることを電波法令で義務づけている。また、携帯電話端末のように、頭のすぐそばで使用する無線機器については、局所吸収指針の一般環境の基準値（2W/kg）を適用し、これを遵守することを電波法令で義務づけており、現在市販されている端末はすべてこの値以下となっている。

2.3 電波の安全性の確保に向けた取組み

(1) 電波の人体へ影響に関する調査研究の推進

これまでの研究では、上述した安全基準を下回るレベルの電波で健康に悪影響を与える証拠は得られていない。

一方、平成23年5月にWHOのがん研究の専門機関である国際がん研究機関(IARC)が無線周波電磁界(電波)の発がん性評価を行い、携帯電話の使用について限定的な証拠があったとして、「人に対して発がん性があるかもしれない」(グループ2B)と分類した。これは、発がん性の分類を示したものではあるが、リスク(危険度)については評価していない。WHOも、携帯電話使用による脳腫瘍のリスク上昇は立証されていないものの、更なる研究が必要である旨の見解を示している。このため、

局種	基準値を超えるおそれのある範囲
AM放送 (594kHz, 300kW)	アンテナから15m以内
短波放送 (17.9MHz, 300kWカーテンアンテナ)	アンテナから前方55m以内
FM放送 (ERP44kW)	アンテナから27m以内
TV放送 (VHF, ERP85kW) (UHF, ERP110kW)	アンテナから28m以内 (VHF) アンテナから23m以内 (UHF)

※平成10年(1998年)11月電気通信技術審議会答申による(一部除く)

携帯電話を長期的に使用した場合の影響や遺伝子・細胞レベルでの影響を、現在、世界保健機関（WHO）を中心に、各国が連携を図り、電波の健康リスクに関する科学的な分析・検証が進められている。

WHOでは今後、発がん以外の健康影響も含め、電波の健康リスクを総合的に評価する予定であることから、総務省としては、携帯電話による健康影響に関する疫学調査をはじめ、今後も引き続き電波の人体への影響に関する調査研究等を推進していくとともに、その研究成果をWHO等に提供していく考えである。

(2) 無線機器の多様化に向けた対応

これまでの無線機器は音声通信の用途が専らであったことから携帯電話やPHSなど頭に近づけて使用するものがほとんどであったが、今日では、データ通信の需要が急速に増え、スマートフォンやタブレット端末など、頭以外の体の近くで使用する無線機器が身近な存在となってきた。また今後、無線LANや第4世代携帯電話等により、3GHz以上の高い周波数の利用が進展することが見込まれている。

総務省の情報通信審議会は、「局所吸収指針の在り方」

や「人体側頭部を除く人体に近接して使用する無線機器等に対する比吸収率の測定方法」について審議を行い、平成23年5月に局所吸収指針の適用周波数範囲を3GHzから6GHzまで拡張する旨、答申した。また、同年10月には側頭部以外の人体の局所SARの測定方法を答申した。

これらを受けて、前述した無線LANや第4世代携帯電話などに局所吸収指針を適用するとともに、スマートフォンやタブレット端末等の側頭部以外で体に近づけて使用する無線機器の局所SARの測定を行い、局所吸収指針の基準値に合致しているかを確認することができるようになった。

おわりに

今後、総務省では、昨今の電波利用に対する需要の急拡大や電波利用技術の進展を踏まえ、周波数の迅速な確保を進め、電波を利用した今後の新サービス創出等による経済成長、国際競争力の強化および安心・安全の確保に向け、電波の一層の有効利用を図っていくこととしている。

(平成23年12月16日 原稿受理)



講習会テキスト販売のお知らせ

「取組んでみた省エネ手法」

～新たな省エネ基準の構想と省エネ手法、エネルギー源選択の事例紹介～

(平成23年10月26日実施)

<主な目次>

1. ビルの新しい省エネルギー判断基準の策定に向けて
2. 神戸関電ビルディング ～省エネルギー性維持・改善の継続取り組み
3. キッコーマン野田本社 ～室内環境の快適性および省エネルギー性の維持・改善～
4. 鹿島技術研究所 新実験棟 ～省エネルギー・省CO₂技術の採用と検証～
5. 船橋市立リハビリテーション病院
～基礎杭利用型地中熱ヒートポンプシステムを組み込んだ全電化熱源システム～
6. 大阪富国生命ビル ～快適性と省エネ性への取り組み～

※数に限りがございます。在庫がなくなり次第販売を締め切ります。

価格 3,500円 (送料、税込み)

(社) 建築設備技術者協会