

## 第2章 電波利用爆発の時代へ

現在では、携帯電話等の移動通信サービスと携帯電話等が備えるインターネット接続サービスの普及により、だれでも簡単にネットワークへ接続することが可能となった。また、ワイヤレスネットワーク接続が可能な無線 LAN 搭載機器や AV 機器、ゲーム機などのデジタル家電の普及により、家庭内でもワイヤレス化が進展した。このように、電波を利用してインターネット等に接続する様々な新サービス・新ビジネスの登場・普及によってユーザーの利便性が向上するなど、電波利用分野はますます成長・発展を遂げている。

携帯電話、無線 LAN を利用したリッチコンテンツの流通や利用が増加し、電波を利用したサービスやビジネスが成長・発展することによってワイヤレスネットワーク市場が活性化する一方で、データ量の増加によりトラフィックが急激に増大してきている。

また、電波の利用は、携帯電話や無線 LAN といった通信分野だけではなく、産業効率化分野、地域活性化分野、医療分野、環境分野等の様々な新分野への利活用が広がっており、電波利用の多様化が進展している。

さらに、ソフトウェア無線技術やコグニティブ無線技術、電力伝送技術など新しい無線技術の登場により、今後、これらの技術を活用したサービスが期待される。

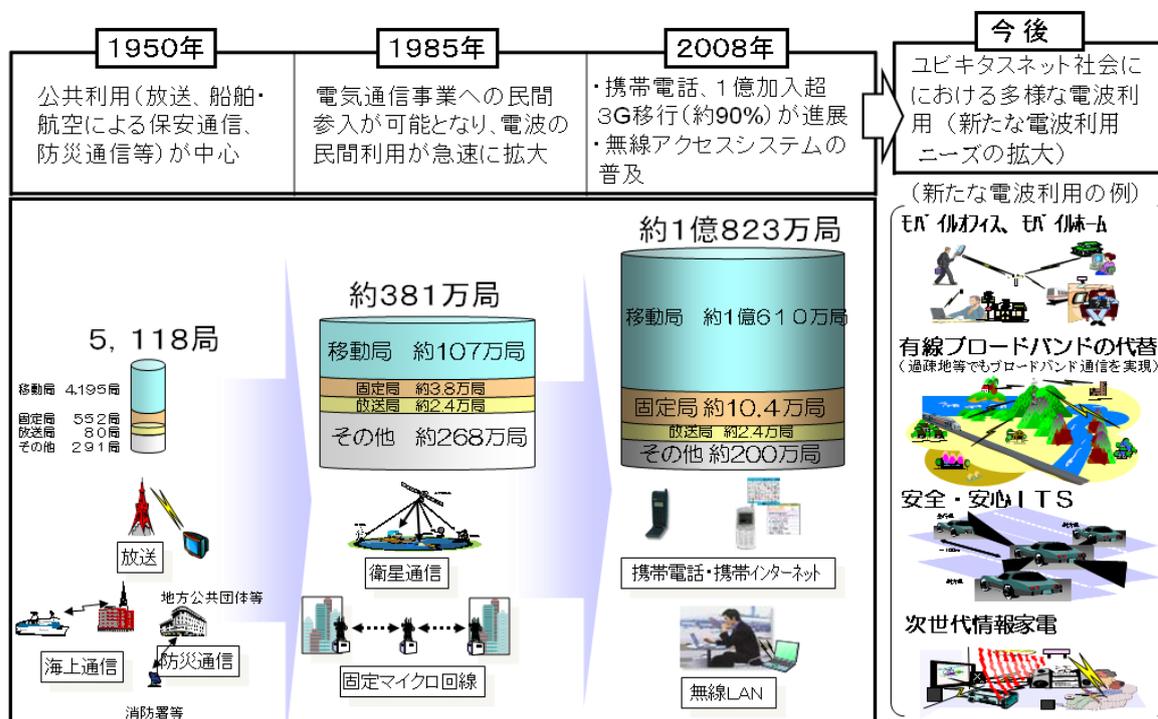
このほかにも、新たな電波利用を実現するための研究開発が進められており、我が国における電波利用はこれからも成長・発展が進むものと考えられる。

### 2-1 1億加入を突破した携帯電話—急増する電波利用

#### 2-1-1 多様な電波利用の進展

電波利用は時代とともに変遷しており、1895 年、マルコーニによって無線電信が発明されて以来、用途・局数ともに大きな進化を遂げている。1950 年代は、公共分野における VHF 帯等の低い周波数帯の利用が中心であったが、1985 年の電気通信業務の民間開放を皮切りに移動通信分野における利用が爆発的に普及・発展した。2008 年には、携帯電話の加入数が1億を超えるとともに、第3世代携帯電話への移行が進展したほか、無線アクセスシステムの利用も普及している。(図表 2-1参照)

図表 2-1 電波利用ニーズの拡大

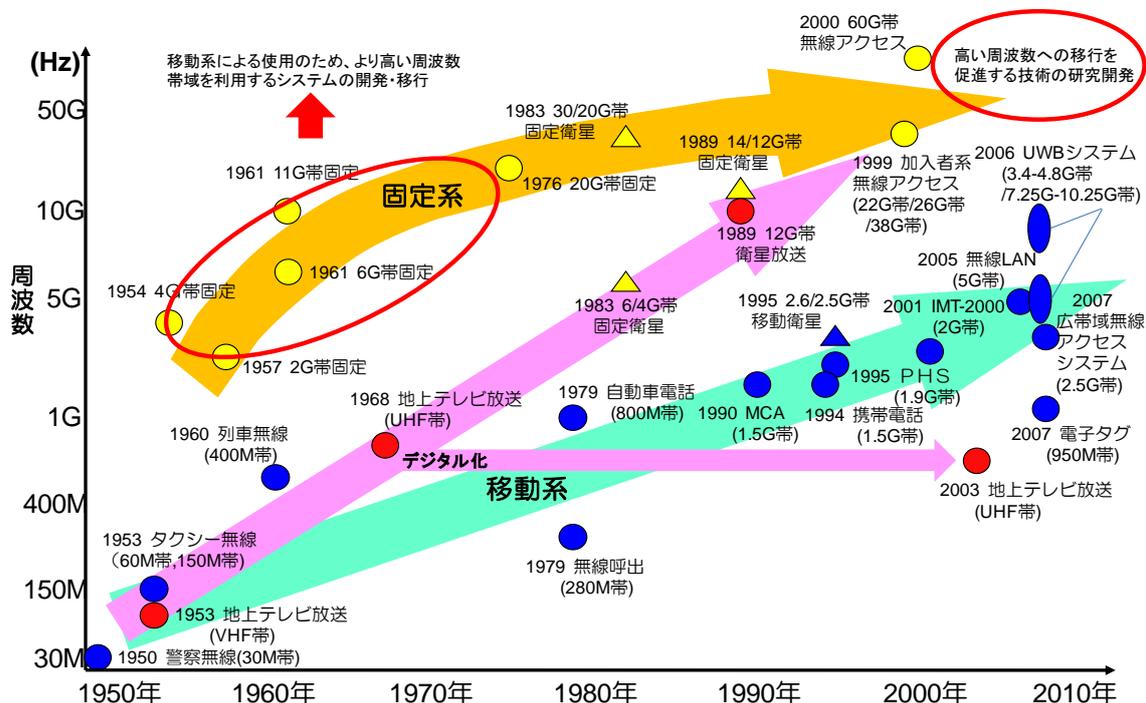


また、図表 2-2に示すように、年代を経るごとに、電波利用技術の高度化や通信の大容量化の進展に伴い、高い周波数帯域の利用が進んでいる。携帯電話や無線 LAN 等の移動系システムにおけるトラフィック増に対して周波数を確保するため、固定系システムをより高い周波数帯に移行し、これにより空いた周波数を移動系システムに配分している。

放送分野における電波利用においても、衛星放送の登場など、放送サービスの多様化が進み、多チャンネル化、高精細化を実現するためより高い周波数帯が利用されてきている。

また、第1章で述べたとおり、地上テレビジョン放送のデジタル化完了による空き周波数帯を他の電波利用システムに利用することとしている。

図表 2-2 電波利用システムの変遷

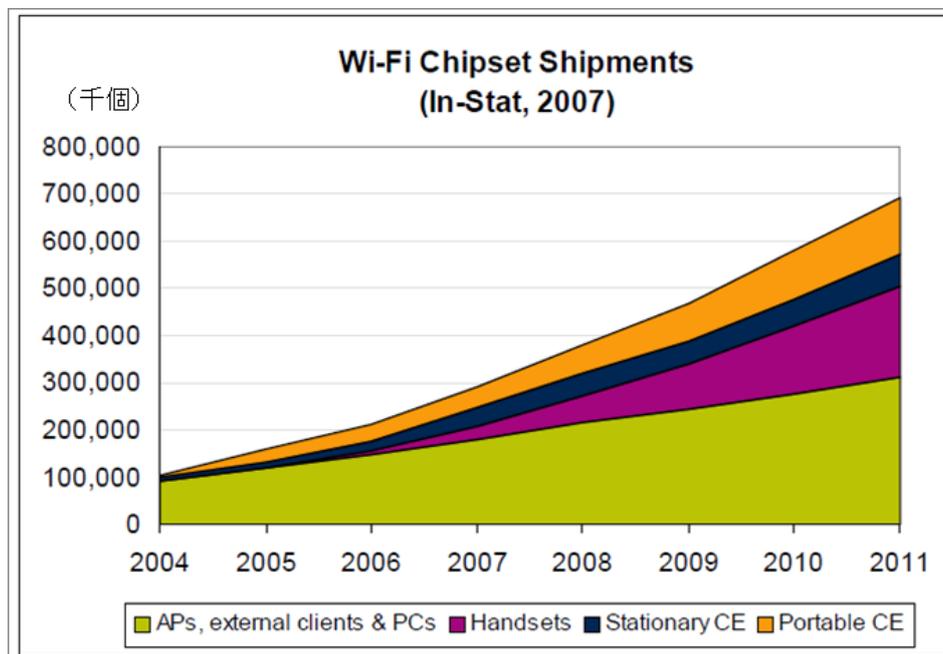


### 2-1-2 ワイヤレスネットワーク接続の増加

現在、パソコン以外でも、携帯電話、テレビやハードディスクレコーダー等のAV家電機器、更にはポータブルゲーム機など、様々な機器において無線LANをはじめとするワイヤレスネットワーク接続機能の搭載が進展しており、この機能を利用したサービスによって、デジタル家電等の新しい利用方法や楽しみ方が登場している。

こうしたワイヤレスネットワーク接続を実現する無線機器の一つにBluetoothや無線LANが挙げられる。Bluetoothの業界団体であるBluetooth SIGによれば、Bluetoothは、2008年までの世界におけるBluetooth搭載端末の累計出荷数が、15億台を超えたと発表した。一方、無線LANに関しても、図表2-3に示すように2004年以降、ノートパソコンに限らずデスクトップコンピュータ、据置及びポータブル家電、携帯電話等の様々な機器へのチップセットの搭載数量が増加し続けている。また、近年映像や音声などの大容量のデータ伝送を目的としたWirelessHDや、ワイヤレスUSB規格対応製品なども登場している。

図表 2-3 無線 LAN 用チップセットの出荷台数



出典：Wi-Fi Alliance 資料

また、ワイヤレスネットワーク接続環境の整備が進み、駅構内やその周辺、空港、図書館、コンベンションホール、ホテルやレストランといった公共の場においても公衆無線 LAN サービスが提供されるようになった。また、WiMAX を用いたネットワーク接続サービスも平成 21 年に開始され、順次エリアが拡大しつつある。

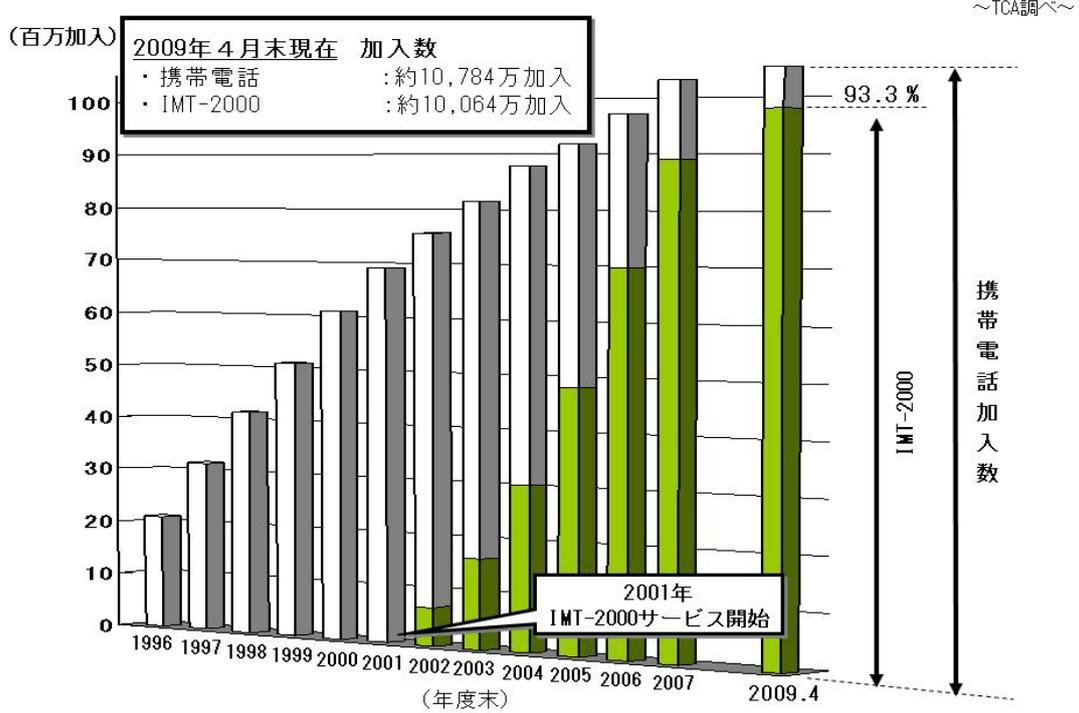
### 2-1-3 容易にアクセス可能なネットワーク

携帯電話等の移動通信システムの高度化と端末の普及によって、誰でも容易にネットワークに繋がることができる時代となってきている。

図表 2-4に示すとおり、我が国の携帯電話の加入数は、年々着実に増加を続けてきており、2009 年4月時点で1億 784 万加入に達する。このうち、93.3%が第3世代携帯電話の加入であり、WEB 閲覧や電子メール等に加え、ネットオークションやブログ等の利用のほか、音楽や動画等のリッチコンテンツのダウンロードといった幅広いネットワーク活用がなされ、音声通信や電子メールといった従来のサービスに限らず、多彩なビジネス展開が行われている。このように、第3世代携帯電話の普及により、携帯電話によるインターネット利用人口は、約 7,506 万人(2009 年3月末時点)に達している(図表 2-5参照)。

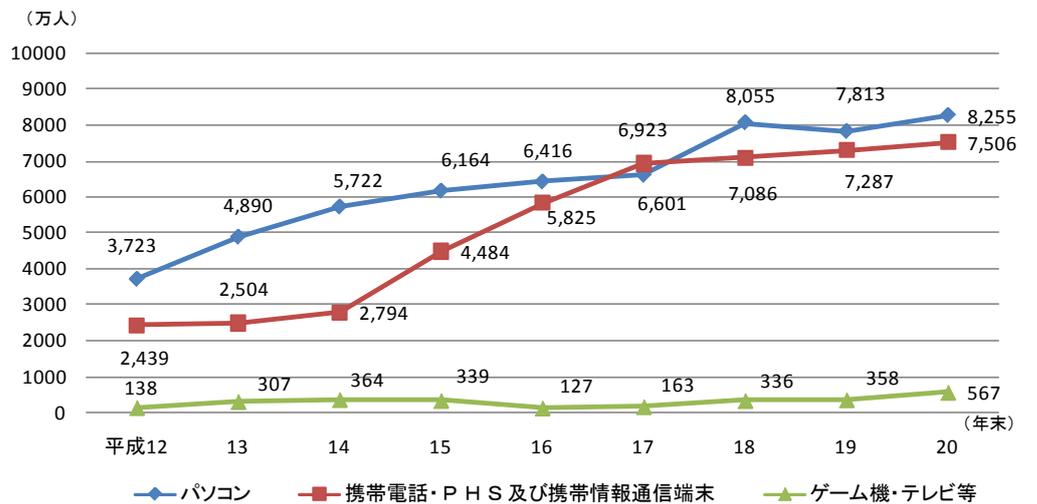
また、携帯電話からのインターネット利用者の増加に伴い、モバイルコンテンツやモバイルコマースの市場は、2002 年と比較し、それぞれ約2倍及び約7倍となっており、著しく成長している(図表 2-6参照)。

図表 2-4 携帯電話加入数の推移



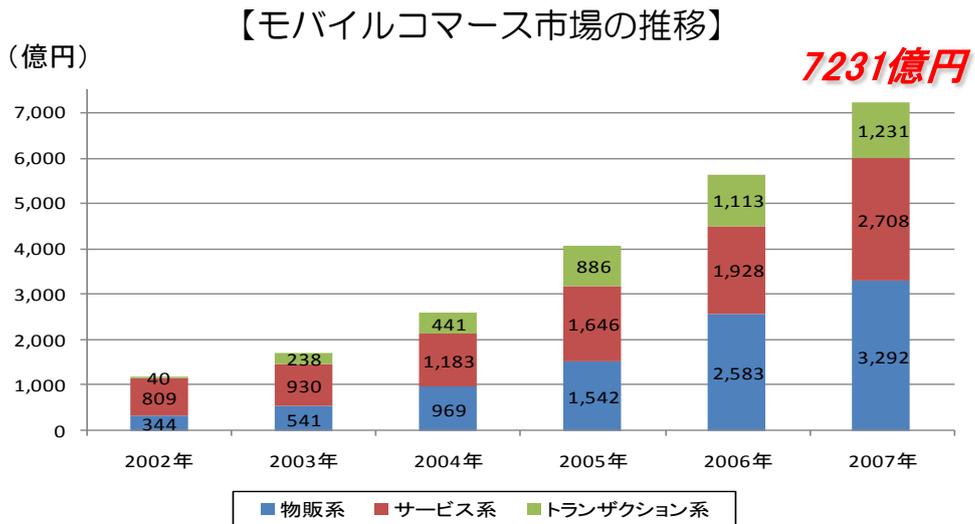
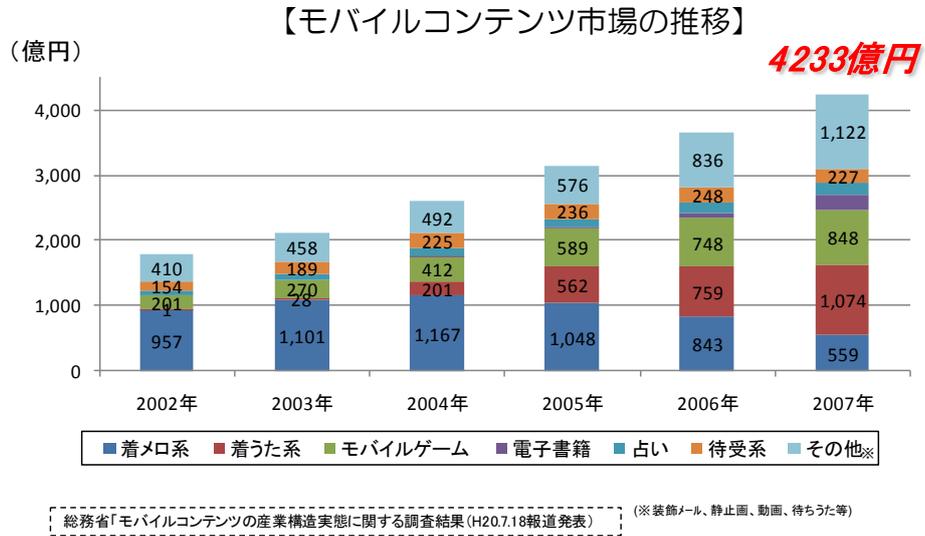
(財)電気通信事業者協会(TCA)の2009年の4月末時における加入者数調査報告より

図表 2-5 インターネット利用端末別の利用人口推移



(出典)総務省「通信利用動向調査」(世帯編)

図表 2-6 モバイルコンテンツ・コマースの市場推移

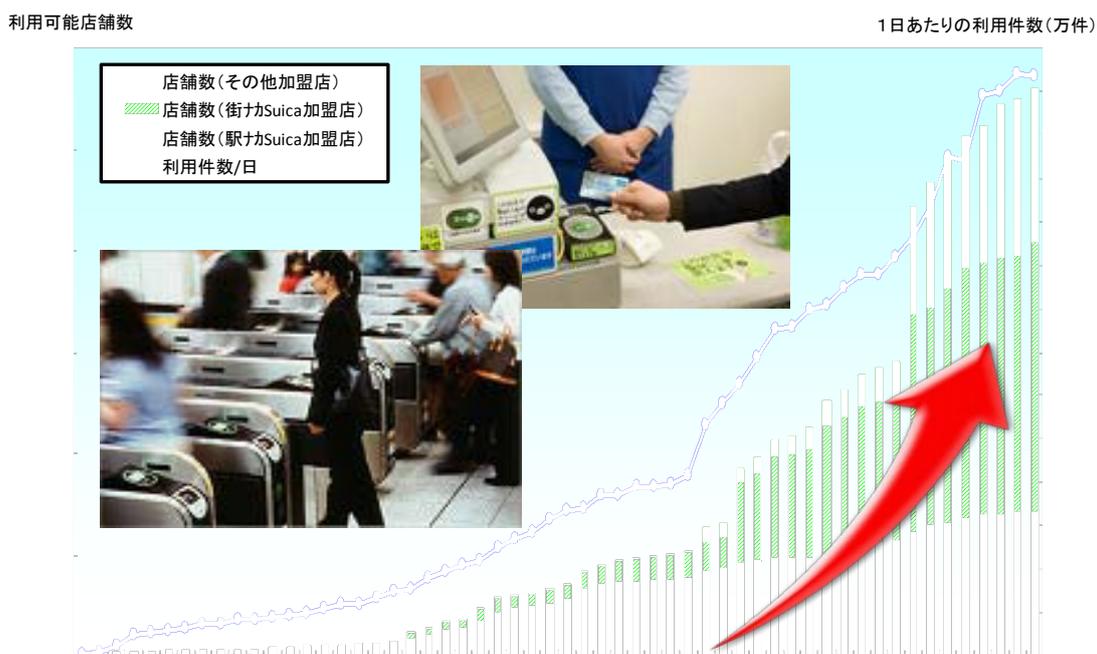


#### 2-1-4 電波を利用した多様なサービス

電波利用技術の発展とともに、電波を利用した映像・音楽配信やネットショッピング、電子マネー、ワンセグ放送、動画コンテンツ、オンラインゲームなどの今までにない多様なサービスが展開されている。

例えば、非接触方式ICカードを交通機関の乗車券に活用したサービスについて取り上げたい。これは、乗車の際に、自動券売機等で乗車券を並んで買う手間を省けるプリペイドカードや定期券の代替として利用されるだけでなく、入金することで繰り返し利用できる機能を活用することで、電子マネーとして利用可能である。つまり、乗車券として交通機関利用者の利便性を向上させるだけでなく、電子マネーの機能を活用した広範囲な小売業へのビジネス展開を可能としている。非接触方式ICカードのひとつであるsuicaの利用件数は、一日あたり134万件、利用可能店舗数は、約56,000店舗(2008年10月末)にもものぼるなど、複数の用途への利用により、多様で複合的な電波利用ビジネスを生み出している(図表 2-7参照)。

図表 2-7 非接触方式ICカードによるサービス加盟店、利用件数の推移

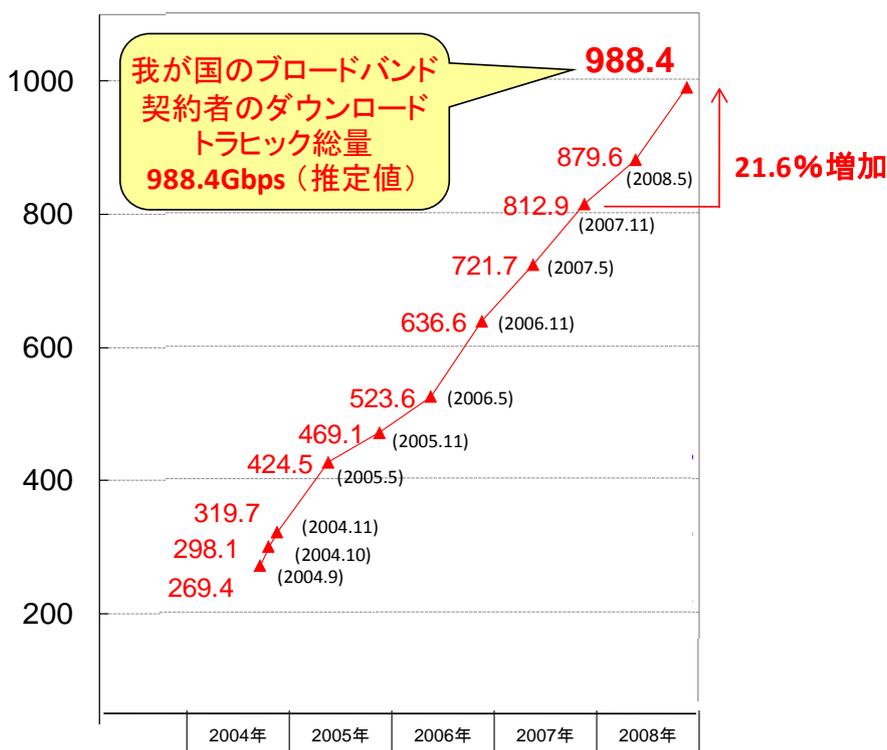


出典:電波利用システム将来像検討部会資料より

## 2-2 さらに200倍！- 膨れ上がる無線通信トラフィック

インターネットの利用は、WEB 閲覧や電子メールといった従来の利用方法に加えて、ショッピングやオークション、金融取引、WEB ログ(ブログ)のほか、映像・音楽の視聴や配信、オンラインゲーム等のリッチコンテンツまで幅広く利用されるようになった。これにより、ブロードバンド利用者の増加と併せて、図表 2-8に示すように、インターネットトラフィックは、急速に増大している。

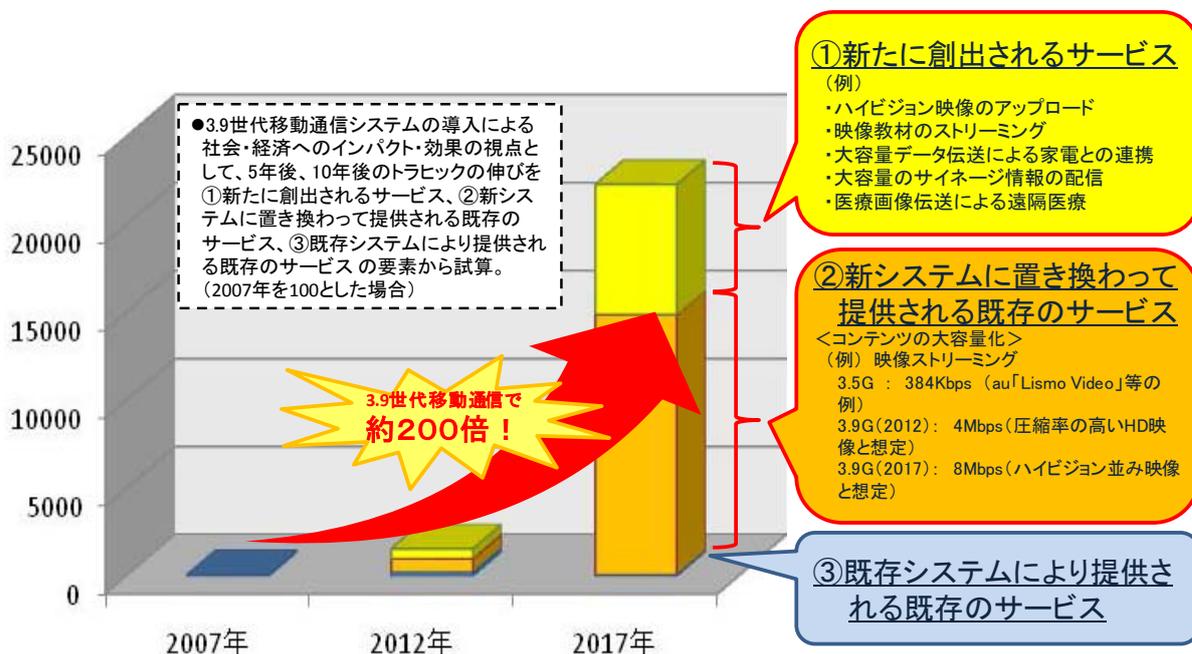
図表 2-8 我が国のインターネットトラフィックの推移



総務省 我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算  
(2008年11月時点の集計結果)より抜粋

携帯電話等の無線系のネットワークにおいてもブロードバンド化が進展・普及することにより、大容量コンテンツを用いた多様なサービスの提供が行われると見込まれている。情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等周波数有効利用方策委員会の試算によれば、3.9 世代移動体通信システムのサービスによるトラフィックは、2007 年に対して 2017 年では約 200 倍に増大するとしている(図表 2-9参照)。ハイビジョン映像のアップロード、映像教材のストリーミング、大容量データ伝送による家電との連携、大容量のサイネージ情報の配信や医療画像伝送による遠隔医療などの新たなサービスが登場するほか、新システムに置き換わって提供される既存のサービスにおいてもコンテンツの大容量化が進むことが想定される(映像ストリーミングを例にとると、3.5G で 384kbps、3.9G で 8Mbps と予想)。

図表 2-9 3.5 世代移動通信システムの導入による 2017 年までのトラフィックの推計

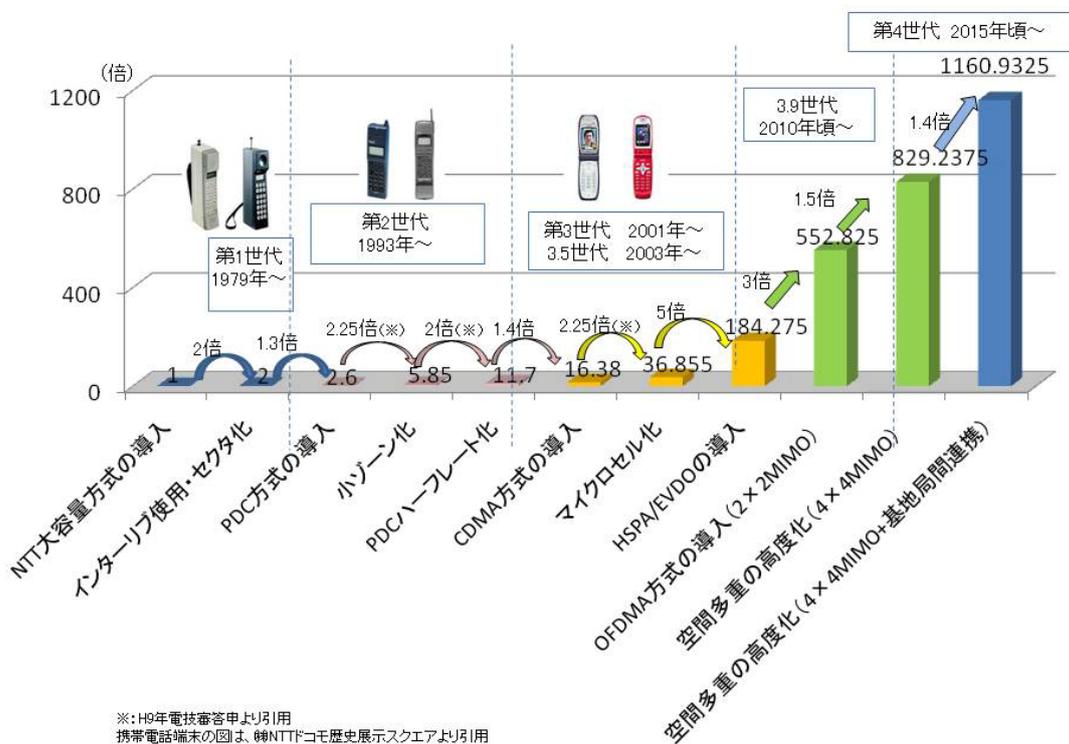


情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等周波数有効利用方策委員会  
IMT-2000高度化作業班(第8回)資料を基に作成。

### 2-3 ソフトウェア無線、コグニティブ無線—期待される新世代無線通信イノベーション

通信のトラフィック増大に対応し、これらのトラフィックを収容するために様々な技術が導入されている。移動通信システムでは、同一の周波数帯幅を用いて通信を行う場合、3.9 世代携帯電話では第1世代携帯電話の約 550 倍の通信容量を提供することが可能となるなど、第2世代、第3世代、3.5 世代、3.9 世代、第4世代移動通信システムへの進展に伴い、より高度な大容量化技術を採用することにより通信容量の拡大が実現されている(図表 2-10参照)。

図表 2-10 移動通信システムの通信容量の推移



また、電波利用技術の進展により、多様な通信方式に柔軟に対応することのできる革新的な無線方式や、無線による電力伝送といった新たな視点での無線技術に関する研究開発の取組が進められている。以下では、これらのうち近年注目を集めている無線技術のうちコグニティブ無線、ソフトウェア無線、ワイヤレス電力伝送を紹介する。

#### 2-3-1 ソフトウェア無線

ソフトウェア無線は、多彩な通信方式に柔軟に対応するための、ソフトウェアによる無線通信機能の実装技術である。

その具体的な実現方法や、ソフトウェアによって制御できる範囲は様々であるが、一般的には、

無線信号をアナログ／デジタル変換し、それ以降の処理をソフトウェアによって制御されるDSPやFPGAなどによりデジタル処理することにより、各種の無線方式に対応する。これにより、一つの端末で複数の無線方式に対応可能で、また新しい無線方式が登場した場合でもソフトウェアの書き換えだけで対応可能となるというメリットがある。

ソフトウェア無線は、1970年代より米軍が研究開発を進めるなど、軍事用途において、先駆的な取組が進められており、軍事用途・非常時通信用途での導入がみられる。例えば米軍では、2MHz～2GHzの帯域で複数の通信方式をカバーするソフトウェア無線システム Joint Tactical Radio System (JTRS)の2010年以降の本格導入を予定している。このJTRSを実現するため、ソフトウェア無線のハードウェアとソフトウェアがどのように協調的に動作するかを規定するソフトウェア無線のアーキテクチャ策定の取組が進められている。

民生部門においても、海外ではソフトウェア無線により実装された携帯電話の基地局が商用化されるなどの例が発表されており、我が国でも、携帯電話やWiMAXなどの複数方式に対応する端末の実装などの研究開発への取組が発表されている。

より柔軟に複数の無線方式に対応するソフトウェア無線の実現には、広帯域をカバーするための要素技術が重要であり、具体的にはソフトウェア無線に適した広帯域の無線周波数回路や、無線周波数フィルタ、アナログーデジタル/デジタルーアナログ変換器、ソフトウェアの安全性確認、検証方法をどのように実現するかが課題とされている。

ソフトウェア無線では、無線周波数からの信号をアナログーデジタル変換した後は、全てをデジタル処理により行うことを想定しているが、特に高周波帯を用いたり、高速な通信を行ったりするようなソフトウェア無線の場合、高速なデータ処理技術を必要とし、回路の小型化や低消費電力化など実装の難易度が増すことが知られている。

これらのソフトウェア無線技術に対し、各国で制度上の対応が検討されている。米国では、2001年にFCC(Federal Communications Commission:連邦通信委員会)が、ソフトウェアによる無線機の特性変更のための手続等を定める制度の改正を行っており、既にこれに基づいた商品も販売されている。欧州においても、欧州委員会が一部資金提供を行うE3プロジェクトにおいて制度上の課題の検討が行われている。

### 2-3-2 コグニティブ無線

周囲の電波利用環境やサービス品質を適切に把握し、最適な周波数帯・通信方式やネットワーク・システム等をダイナミックかつ柔軟に選択し通信すること等により、周波数利用を効率化する技術である。

コグニティブ無線を実現する際の目的は主に2つあり、時間的あるいは空間的に使用されていない周波数帯を活用して通信を行うことで、周波数の有効利用を主な目的としたものと、利用可能な通信速度やユーザーニーズ等に応じて複数の通信チャネルを切り替えながら通信することで、所望の通信容量や通信品質を確保することを主な目的としたものに分かれる。

コグニティブ無線は、周辺の電波環境を自動的に認識する技術や、ユーザーニーズに適した通信方式等を選択する技術などから構成される。

周辺の電波環境を認識する技術としては、他の送信機を検出するためのキャリアセンスなどの技術が必要であるが、いわゆる「隠れ端末」問題(複数の端末が、お互いの存在を認識しないまま通信を行い、通信が乱れる問題)などの解決が重要となる。また、自端末の位置を同定し、位置情報や時刻情報に基づき、データベースを参照することで無線環境や近傍の送信機を認識する技術が提案されている。

独立行政法人情報通信研究機構(NICT)ではIEEE1900.4標準に準拠したモバイル向けの無線ルータの開発に成功している。IEEE1900.4は、複数の無線アクセス技術が存在する環境において、複数の無線システムの収容能力及び通信品質の向上を目的として2009年2月に策定された標準仕様である。現在、詳細な仕様の策定がIEEE SCC41において進められている。また、コグニティブ無線を活用して遠隔地等にブロードバンド環境を提供するための、地域無線ネットワーク(WRAN)に関する標準IEEE802.22の標準化作業も活発に進められているほか、各国においても実用化に向けた研究開発の取組が進められている。

また、各国政府において、コグニティブ無線技術に対する検討が進められている。米国では、試作デバイスによる実地テストを2008年に実施し、2008年11月にテレビジョン放送用周波数帯において地域ごとの空きチャンネルを利用したコグニティブ無線の利用を認める方針を示している。現在は、この方針の下で無線機器に課される機器認証制度や保護されるべき無線局の周波数位置等を登録するデータベース制度の実現方法等の検討が進められている。

一方欧州では、EU全体としては実運用に関しては慎重な姿勢が見られ、2008年6月にEU/CEPTがまとめたレポートでは「ホワイトスペースにおけるコグニティブ無線技術の最終的な技術要件を判断するには時期尚早」との見解が示されている。一方、早期に実用化を目指す国も一部にあり、英国では、米国同様、テレビジョン放送用周波数帯において地域ごとの空きチャンネルを利用したコグニティブ無線の利用を認めるための制度化が進められている。

### 2-3-3 ワイヤレス電力伝送技術

ワイヤレス電力伝送は、これまで電源ケーブル経由で有線により行われていた電力伝送を、電磁波を利用する事で無線による機器への給電を可能とするものであり、家電機器や通信機器などの電源ケーブルのコードレス化を実現するものである。

現在、電力伝送技術には、主に電磁誘導型、電場・磁場共鳴型、電波受信型、2次元通信型の4つの方式が提案されている。

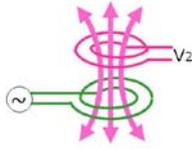
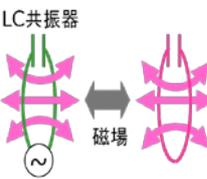
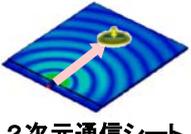
電磁誘導型は、2つの隣接するコイルの片方に電流を流すと発生する磁束を媒介して隣接したもう片方のコイルに起電力を発生させる電磁誘導を用いた技術で、電動歯ブラシ、シェーバーやコードレス電話機、非接触ICカードなどで、既に実用化が進んでいる。今後は携帯電話など多様な機器への適用に向けて実用化の取組が進められている。

電場・磁場共鳴技術は、電力を送信する側のアンテナに、共振周波数の交流電界を加えることにより、周辺に発生した振動磁場によって共鳴現象が起こり、数波長以内の距離にある受信側のアンテナに電力が伝わるといった原理を用いた技術である。米マサチューセッツ工科大学により、約2mの距離において45%の効率で60Wの電力伝送を行い、電球を点灯した実験例が発表されているなど、各所で研究が進められている。

電波受信型は、電流を電波に変換しアンテナを介して送信し、受信した電波を整流回路で変換し電力を取り出す技術である。海外では数mの距離で電力伝送を行う商品の例があるものの、電力の利用効率が低いため効率向上が課題となっている。

さらに、2次元通信型は、シートを介して電力伝送と通信を同時に実現する技術であり、シートとの接触面においてのみ電力供給が可能である。不要な電波を漏洩しないことが特徴であり、マイクロ波帯ISMバンドを用いた実現に向けた研究開発が進められている。

図表 2-11 伝送方式一覧

方式	電磁誘導型	電場・磁場共鳴型	電波受信型	2次元通信型
概要				 2次元通信シート
	コイルの間を貫く磁束密度の変化によって生じる起電力を利用	電場または磁場を共鳴させて電力を送信	電波を整流回路で直流に変換して利用	シートを介して伝搬する電磁波を接触面で高効率に電力エネルギーに変換して利用
送信距離	数mm以下	数十cm	数m	シートに接触

## 2-4 家庭、環境、医療、公共など様々な分野に広がり始める電波利用

電波利用は、地域活性化や医療、環境等の様々な分野へ活用され、社会基盤としての重要性がますます高まっている。図表 2-12に示すようないくつかの分野の事例をもとに、新たな分野での電波利用について述べる。

### (1) 物流管理・食の安全性

荷物のトラックや倉庫への搬入・搬出の管理や配送先での仕分けに電子タグを活用し、より詳細で一元的な物流管理を行うことにより、効率化が図られている。

また、近年、食品表示の偽装といった食の安心・安全を損なうような問題がクローズアップされており、無線技術を利用した食品情報の提供や品質管理などの試みを実施されている。例えば IC 無線タグ (RFID) やバーコードを使って個々の品物を識別し、インターネットを活用して、その商品の履歴情報データの照合を行い、食品偽装のような問題を回避する取組が行われている。

### (2) 地域ワイヤレスシステム

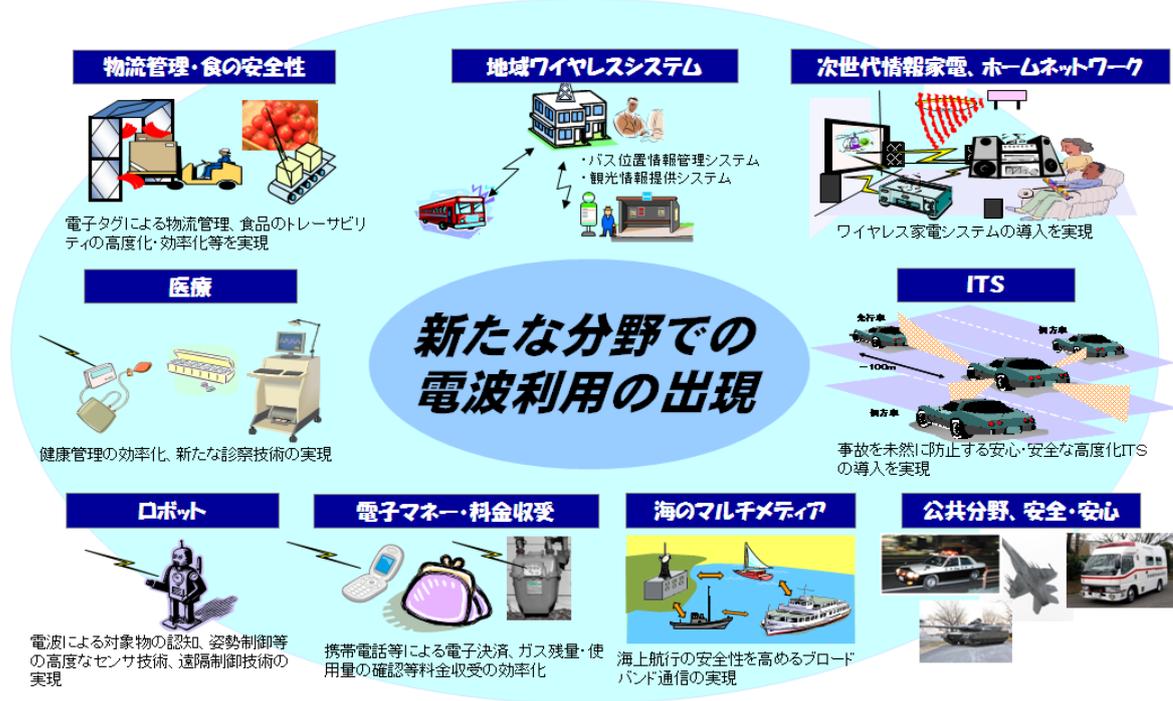
各自治体や組合においては、名物、特産品等の観光情報の提供などに無線技術を用いるといった地域活性化に関する様々な取組がなされている。

また、バス位置情報管理システムにより運行遅延の状態を把握することで、待ち時間の有効活用や運行管理を効率化したり、あるいは、公共交通機関が廃止された地域において、高齢者向けの公共送迎サービスを提供する際、無線による位置・運行情報の管理を効率化したりする取組が行われている。

### (3) 次世代情報家電、ホームネットワーク

携帯やパソコン以外の家電分野においても、Wi-Fi や Bluetooth 等を利用することにより、ワイヤレス化が進んでいる。例えば、デジタルカメラからワイヤレスでプリンタに写真を伝送し印刷する製品や、ハイビジョンテレビとレコーダーとの間をワイヤレスで接続し、映像を再生する製品が発表されているほか、電波を利用することで、操作したい機器の方向に向けなくても操作できるリモコンの製品化や、複数の規格からなる機器を単一の通信方式で操作するための標準化などの取組が進められている。

図表 2-12 新たな分野での電波利用の出現



(4) 医療

医療分野における効率化や医療環境を改善する取組に、無線技術や無線機器が導入されてきている。例えば、ワイヤレス心電計等で健康状態を感知し、そのデータをパソコン等に逐次送信し蓄積することで日常の体調管理等の健康管理を効率化する取組や、カプセルタイプの内視鏡からワイヤレスで体内の画像を伝送することにより胃カメラの飲み込む痛みや不快さの低減や、胃カメラでは撮影不可能だった小腸部分等の撮影を可能とする新たな診察技術の実現など、無線技術の医療への応用が進んでいる。

(5) ITS (高度道路交通システム)

最先端の情報通信技術を用いて、人と道路と車両に関する情報をネットワークで結ぶ ITS は、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決が期待される新しい交通システムである。

現在は、カーナビ等に渋滞情報を表示する VICS や、高速道路等で自動的に料金を徴収する ETC などが実用化されているが、更に高度化した ITS として、見通しの悪い交差点等での衝突事故などを防止する安全運転支援システムの実用化に向けた検討が行われている。特に地上アナログテレビジョン放送終了後に利用可能となる 700MHz 帯の周波数を用いた安全運転支援システムの実用化に向けた検討が活発に行われている。また、車載レーダーを用いた車車間の距離の測定により事故を未然に防ぐシステムも一部実用化されている。

#### (6) ロボット

我が国におけるロボット技術について、工業用ロボット以外にも、二足歩行ロボットや人工知能を搭載したロボット等が研究・開発されており、医療や公共といった様々な分野への応用が図られている。

例えば、電波による対象物の認知、姿勢制御等の高度なセンサー技術、遠隔制御技術を用いたワイヤレスロボットが開発されているほか、保護者の保育現場への遠隔参加や保育士との情報共有を実現するロボットの試作例が発表されるなど、実用化の取組が行われている。また、海外では観光用ロボットの実証実験等が行われている。

#### (7) 電子マネー・料金収受

近年は、インターネットオークションやインターネットショッピングなど、インターネットを利用して物を購入するという場面が多くなり、現金振込やクレジットカードでの支払以外に電子決済の利用が増えている。また、パソコン以外でも携帯電話や IC カードを使用した電子マネーによる電子決済が可能となっている。他にもガス・水道の料金徴収の効率化、無線や有線を利用しセンターから遠隔で自動検針を行う取組や、検針員が読取機器をメーターにかざし無線により検針を行う取組が行われている。

#### (8) 海のマルチメディア

これまでの海上における通信は、音声の伝送が中心で、情報量に限りがあったが、近年ブロードバンド化が進み、船舶上でのメール、文章ファイルの送受信、WEB 閲覧や映像・音楽といったデータのダウンロードを可能とするサービスの提供などが実現されている。

また、衛星と船舶に搭載した通信機器により6時間ごとにデータセンターに位置情報等を通報し、それら位置情報等をデータセンター間で交換することによる航行の安全性の確保や、捜索救助体制等の強化に関する取組が行われている。

#### (9) 公共分野、安心・安全

防災行政無線、消防無線、警察無線といった公共無線は、これまでも使用されてきたが、音声の伝送が中心で、情報量に限りがあった。近年、デジタル化等の無線技術の進展により、今まで以上に必要な情報のやり取りを公共無線で行えるようになった。例えば 60MHz 帯防災行政用通信による音声以外の文字情報の伝達、デジタル同報通信を使用した複数の人へのデータ送信、監視カメラ等による災害映像の伝送などにより、防災・被災情報を収集・伝達するためのシステム構築の取組が進んでいる。

また、デジタル・ディバイド解消のためにブロードバンドインフラの整備の推進、公共無線 LAN 整備等が各地域で実施されている。

## 2-5 電波の最新技術に加え半導体、ソフトウェア技術も進展—電波利用を支える技術動向

無線機器や無線システムが高度で多機能な一つの情報システムとして進化した現在、電波利用の進展は、アンテナ技術や発振技術といった電波技術のみならず、半導体技術やソフトウェア技術等の周辺技術と密接な関連を持っている。本節では、新しい電波利用を実現するために必要となるこれらの各技術の動向について述べる(図表 2-13参照)。

### ①新たな周波数領域の拡張可能性

現在、既に利用されている周波数帯以外の新たな周波数領域として、ミリ波やテラヘルツ波など高周波領域への利用の拡張が期待されている。ミリ波の利用では、近距離ブロードバンド通信や携帯基地局へのエントランス回線、車載用レーダー等で一部実用化されているシステムもあり、更なる高性能化・低価格化に向けた取組が進められている。テラヘルツ帯では、将来的には、高速かつ大容量な数十 Gbps 級のデータ伝送や、建造物の非破壊診断、危険物検査等を実現するためのデバイスの研究が進められている。

### ②デジタル変復調方式、干渉低減技術、周波数共用技術

電波利用の高度化に伴い、伝送速度の高速化への要求が一層高まるとともに、用途に応じた柔軟性も求められている。限られた周波数帯域の中で、高速化や高度化の要求を効率的に実現することに加え、端末の小型化に伴う伝送処理の効率化や、消費電力の低減化を実現することも重要性を増している。

これらの要求を満たすため、これまで多くの方式が提案されており、ひとつの周波数帯において複数の通信を同時に行う場合、周波数を複数のチャンネルに分割し共有する方式、同一の周波数を時間で分割し共有する方式、符号化等の高度な共有技術を用いる方式等が用いられている。近年では、直交周波数分割多重化方式(OFDM)や直交周波数分割多元接続方式(OFDMA)のような方式も注目を集めており、次世代携帯電話や WiMAX、デジタル放送などで用いられている。また、更なる効率向上を目指し、研究開発が進められている。

### ③アンテナ技術

無線機器の高性能化・高効率化・小型化のためには、アンテナの改良は不可欠であり、機器に溶け込むような小型アンテナの開発、高精度な制御が可能なアンテナの開発、アンテナの高効率化技術等の研究開発が進められている。

通常の方法と異なり、優れた誘電率、透磁率等の上での特性を有する材料を用いたメタマテリアルアンテナに関しては、実用化に向けた取組が進められており、米国企業から無線 LAN に搭載された製品が発表されたほか、次世代携帯電話や車載レーダーへの応用に向けた研究が進められている。

またコグニティブ無線や、ソフトウェア無線といった用途で、より広い帯域また多様な帯域に対応できるように、アンテナのマルチバンド化、広帯域化に関する研究も進められている。

図表 2-13 電波利用に関連する技術動向



④RF回路技術(アンプ、ベースバンド回路)

ワイヤレスネットワークを利用したサービス・ビジネスが発展するにつれ、各無線端末はより多くの高度な機能を安価に提供することが求められている。そのため、マルチバンド無線端末の低価格化や小型化に向けて、無線送受信回路のワンチップ化、低消費電力化、低面積化を実現する技術開発が進められており、これらの実現の鍵となる半導体製造ピッチ幅については、現在 45nm の技術が適用されており、今後は 32nm や 22nm の技術の適用に向け研究開発が進められている。また、回路の集積化や動作速度の高速化に伴って回路内における雑音の影響が増大しており、雑音低減技術の研究がなされている。

各種無線端末の高性能化や小型化、低価格化、あるいはコグニティブ無線やソフトウェア無線の実現に向けて、RF 回路技術及び雑音低減技術は、欠かすことのできない非常に重要な技術であり、さらなる研究開発の進展が期待される。

⑤通信品質・信頼性技術

今後、新サービス・新ビジネスの登場や、それに伴ったトラフィックの増大が予想され、2020 年までには、電波利用の質・量が爆発的に拡大し、トラフィックは 200 倍以上になると考えられており、多種多様なアプリケーションの実現に向け、高信頼かつ高効率な品質保証技術、帯域割当技術、干渉回避低減技術の研究がなされている。

無線では、有線よりも通信品質の保証の難易度が高いとされており、その保証技術の確立

が重要である。なかでも、伝送遅延に関しては、今後、2010年には通信速度 10Mbps で Round Trip 遅延が 10ms 以下、2015 年では通信速度 100Mbps で Round Trip 遅延が 1ms 以下、2020 年では通信速度 1Gbps で Round Trip 遅延が 1ms 以下という品質の実現が期待される。

#### ⑥光無線通信技術(赤外線通信、可視光通信)

赤外線通信や可視光通信は、通信を行う相手方同士が直接見通せる範囲において、簡易な技術で通信を実現できる特性を有することから、リモコンや携帯電話の赤外線通信機能をはじめとする多様な機器に用いられている。

各方式の速度としては、赤外線通信では現状の 100Mbps から 2020 年に向け 10Gbps 超の通信速度の研究が進められている。可視光通信に関しても 2010 年に向け 10Mbps、2020 年には 10Gbps 超の実現に向けた研究開発がなされている。

#### ⑦符号化・圧縮技術(高効率化、リアルタイム性)

大容量データ伝送に対応するため、回線負荷を軽減する高効率な符号化・圧縮技術が求められている。符号化技術としては、高速かつ高性能な誤り訂正技術が重要であり、また圧縮技術としては、画像を維持したままデータ量を削減するための高速な圧縮技術の研究開発が進められている。これらの符号化・圧縮方式としては、1995年に策定された MPEG2 が用いられてきたが、更に高性能化され、ITU-T により策定された H.264 方式を採用する機器も増加している。

後述するスーパーハイビジョン衛星伝送の実証実験も行なわれており、今後、研究開発の取組が 2020 年に向けて進められる見込みである。

#### ⑧OS技術

携帯端末をはじめとする無線端末の多機能化・高機能化、ワイヤレスと家電の融合等、より高機能化した無線端末において、様々な新サービス・新ビジネスの出現が期待される中、より高度なアプリケーションを円滑に動作させる必要があり、OS のより高度な計算処理の実現が重要となる。

汎用 OS においては、信頼性や処理性能の向上に向けて、複数の CPU に対応するためのマルチコア化、ハードウェアごとの差異をソフトウェアで吸収する仮想化、多量の計算を複数の機器で分担し処理する分散化等の技術の実現・高度化に向け開発が進められている。

また組込 OS については、マルチコア対応のほか、リアルタイム性と高信頼性を共に実現する仮想化技術対応 OS の研究が進んでいる。特に、携帯端末用の OS については、携帯向けソフトウェアの開発の簡易化や低コスト化を促すため、各団体による OS の統一化、またはオープン化が進められている。

#### ⑨セキュリティ、認証技術

今後、無線ネットワークを利用した決済や課金等が一層普及し、より高度な ICT 社会の実現が進むにつれ、無線通信の秘匿性の確保とユーザーや端末の適切な認証がますます重要となってくる。これらに関連する技術として、暗号の組込化・高速化技術や、生体認証技術といった多様な個体認証技術を中心に研究開発が進められている。その一方で、高度な秘匿性の実現には、高価で手間のかかる方式が必要となるため、今後、コストと利便性のバランスを考慮した認証技術の実現が求められる。

また、ネットワークやコンテンツの管理・監視技術も重要であり、それぞれ研究開発が進められている。加えてセキュリティ水準を向上させる将来の暗号化技術として、量子暗号技術の研究開発も進んでいる。

#### ⑩ バッテリー

無線機器の小型化、ポータブル化が進むにつれ、いつでも、どこでも無線機器を持ち歩けるような、小型で大容量な電源(バッテリー)の開発が求められている。近年、次世代燃料電池として最も注目されているのは DMFC(メタノール直接型燃料電池)である。

2020 年に向け、ボタン電池サイズへの小型化、体積エネルギー密度 1000Wh/L の達成を目標とし、研究が進められている。今後は、製造工程のさらなる改善や大量生産により、我々の生活への普及が期待されている。

#### ⑪ メモリ

無線機器の高機能化が期待されている中、メモリ技術分野では、クラウドコンピューティングの核となるサーバーやモバイル機器の大容量化、またユーザビリティを向上させる起動速度の高速化や省電力化などに向け、研究がなされている。

容量については、FLASH では、2010 年頃には 32Gbit(多値化 64/128Gbit)、2014 年頃には 64Gbit(多値化 128/256Gbit)が実用化される見込みであり、2020 年には 128Gbit(多値化 256/512Gbit)が実現されると期待されている。また FeRAM では 2020 年には 2Gbit、MRAM(誘導磁場型)では 2015 年に 256Mbit、MRAM(スピン注入型)では 2015 年に 2Gbit あたりが実用化されると考えられている。

また、世の中への普及にはコストも大きな課題となってくる。現在の予想では、動画記録用途のコンテンツ保存用メモリに関しては、2010 年の 200 円/GB から 2020 年の 2 円/GB にかけて百分の一程度の価格になると期待されている。

#### ⑫ CPU技術

無線機器の高機能化が期待されている中、CPU は機器における処理の中核を担う部品であり、人間でいう頭脳に当たる。CPU の動作周波数の高速化や消費電力の削減が無線端末の高性能化、高機能化に与える影響は非常に大きい。

汎用プロセッサに関しては、2010 年には動作周波数 3GHz で 8CPU/1Chip、2012 年には動作

周波数 3GHz で 16CPU/1Chip、2015 年には動作周波数 4GHz で 24CPU/1Chip といった形で成長が進むと考えられる。

加えて今後は、消費電力削減により、薄型軽量が要求されるモバイル機器の性能向上に寄与することが期待される。

#### ⑬ディスプレイ技術

ディスプレイは、各サービスとユーザーとを結ぶ主要なマンマシンインターフェースで、ワイヤレスネットワークで提供される環境の快適な利用をサポートするものであり、その高精細化、省電力化は重要である。

液晶ディスプレイ分野では、高反射電極反射型・反射半透過型液晶等を用いることで 2020 年に向け、現状の 3 分の 1 の消費電力を達成できるよう研究が進められている。

また有機 EL ディスプレイでは、2010 年に向けての高発光効率 EL 材料の研究や、2020 年に向けての超低電圧多段階層発光膜方式(マルチフォトン方式)に関する研究により省電力化が進められている。高精細化に関しても 2020 年に向け、印刷技術を応用したロール・ツー・ロール(R2R)技術の研究開発が進められている。

#### ⑭衛星関連技術

今後の電波利用における成長領域の一つとして衛星通信があり、現在、衛星開発基盤技術分野では、高度なミッションの実現に向けて、システムの高性能化、長寿命化、高効率化に関する開発がなされている。また、衛星通信・放送の商業利用の普及や、これに伴う国際的な競争の進展により、衛星システムの低コスト化・短納期化の要求が高まると考えられている。

静止衛星バス用技術では、2013 年までには耐久寿命 15 年、2020 年には、それ以上を達成するための研究開発が進められている。

また、エネルギー変換効率については、高電力効率化を目指し、2008 年で 120w/kg リチウムバッテリー、2014 年には 150w/kg リチウムバッテリー、2020 年には衛星搭載用再生型燃料電池の実現が期待される。加えて、衛星通信を行う地上端末の小型化や通信品質の確保、周波数の効率的な利用を図るため衛星に搭載される通信機能の高出力化やアンテナの大型化への取組が行われている。

#### ⑮測定技術

電波利用の多様化や無線システムの広帯域化・高度化に伴って、無線設備の製品開発や認証においては、高度な測定により無線設備の性能確認を行うことが不可欠であるため、測定技術の広帯域化・高度化に関する研究が進められている。今後も、コグニティブ無線や次世代移動通信システム等の新たな電波利用ニーズや無線システムの更なる高性能化に対応して、継続的に高感度・高精度な測定技術を実現していくことが期待される。