

総 論

携帯電話のこれから

Mobile Communication System Evolution

ト 部 周 二*

Shuuji Urabe

要 旨

日本においては一人一台の時代となった携帯電話であるが、現在の第三世代は「3G」と呼ばれる世界標準化方式で、これから世界的な普及拡大が期待されている。携帯電話システムの世代交代には長い時間を要し 3G へ至るまでに 20 年以上かかってきた。サービスの高度化への要求へ対応するため、高度化システムに関して国際標準化が同一世代の中でも進行し、将来へ向けた 3.9G と呼ばれる方式の標準化が進行している。ユーザから見たサービスの視点から見ると携帯電話は電話を超えた情報機器となっており、動画に代表される高度化された情報の伝送が要請されている。そのため、利用できる周波数帯域の更なる拡大が必要で、2010 年以降を目指した周波数帯域割当の検討が国際機関で進められている。サービスの高度化の流れは視覚系サービスの充実を意味し、端末機を考えると表示系をいかに作るかが重要課題となる。本特集では、携帯電話方式のこれからの無線に関する国際標準化の動向と視覚系サービスの充実に対応する技術を中心に述べていく。

We feel like living in the cellular phone age. But the present third generation cellular system, 3G, is the first international standardized system. Its worldwide expansion is expected in the near future. Long time is required for the generation change of the cellular phone system. It took 20 years or more to become 3G. Standards are upgraded in the same generation to improve the system performances. The standardization called 3.9G progresses for the 3G long-term evolution. The cellular phone is not a telephone, but rather a personal information tool viewing from the current user's perspective. Higher transmission capabilities are required for upgraded information services such as video streaming. Therefore, in addition to the upgrade of the technology, a further expansion of the usable frequency range is necessary. The frequency assignment and allocation are discussed by the international organization aiming at deployment of the next generation mobile system after 2010. The direction of the upgrade of communication services is enhancement of the visual services. Well-composed information display system becomes an important key for cellular phones.

In this special issue, the current state of international standardization of the cellular phone system, and technologies corresponding to visual service enhancement are described.

すでに日本では一人一台の時代へ入った携帯電話であるが、母体である小ゾーン方式(セルラー方式と呼ぶ)自動車電話のシステム試験が米国シカゴで 1977 年に行われてから 30 年が経過している。最初から人が持ち運ぶことを構想し現在の携帯電話に近い形で研究された方式もあったが、当時は電話を持ち運ぶの

は夢のひとつであり、その実現には究極の技術が必要とされ、一日使える携帯電話機は本当の夢物語であった。日本においては、自動車電話から発展し、携帯電話と呼べるものが実用化されたのは 1989 年であり¹⁾、デジタル化・国際標準化を経て現在に至っている。

日本における電気通信サービスの加入契約数の変

* 技術本部 先端通信技術研究所

表1 携帯電話加入者数と普及率(世界)³⁾ 2005年末
 Table 1 Mobile phone subscribers and penetration by region (end to 2005).

			加入者数		人口普及率 (%)
			数(百万)	増加率(%)	
地域	先進 経済圏	アジア	102.5	3.9	76.1
		ヨーロッパ	463.5	9.7	96.1
		北米	221.8	11.6	66.3
		オセアニア	21.9	12.7	90.8
	先進経済圏計		809.9	9.5	83
	発展途上 経済圏	アフリカ	134.9	67.4	14.1
		アジア	799.9	25.2	22.1
		ラテンアメリカ & カリブ諸島	239.6	37	41.8
		オセアニア	0.5	58.8	4.6
		南・東ヨーロッパ & CIS	186.3	49.6	56.8
発展途上経済圏計		1174.9	31.3	22.8	
全世界		2171.2	23.5	33.6	

遷を見ると、既に2000年11月には携帯電話の加入契約者数が固定通信サービスの契約数を越え、2006年3月末時点で加入契約数は9648万で普及率は75%を越える状況となっており、統計上からも、ほぼ国民全員が携帯電話を持つ時代になってきていると言える²⁾。表1に携帯電話の世界的な普及状況を示す。2005年においては、加入契約数は全世界で約21.7億(世界人口は65億人)で、このうちGSM方式は220カ国で使用され加入契約16億を有するもので事実上の世界標準方式と考えられている。普及率は全世界では約34%で、先進国では西欧96%、北米66%と高いが、発展途上経済圏では23%にとどまっている。普及率が低い地域においては加入者の増加率が高くこれから市場が爆発すると見られている。2006年の携帯電話機の世界の出荷台数は約10億台と推定され、市場規模は携帯電話機だけでも10兆~15兆円と推定される超大型市場となっている^{3)~5)}。

携帯電話の世代は、無線技術の進展とともに移行してきたが、技術的には、伝送路への信号の乗せ方や加入者へアクセスする方式で主に分けられ、第一世代は1980年代にサービスされたアナログFDMA(周波数分割アクセス)方式、第二世代は1990年初頭からのデジタルTDMA(時間分割多重アクセス)方式、第三世代は進化したデジタル方式であるCDMA(コード分割多重アクセス)方式が採用された。標準化という観点からは、第二世代までは地域あるいは国のレベルの標準化であった。前述のGSM方式は、ヨーロッパの地域標準規格が世界へ普及拡大したものである。日本においてはPDC(Personal Digital Cellular)方式があるが利用可能範囲は日本国内に限られている。PHS(Personal Handyphone System)方式は日本で開発され、アジア地

域への拡大が見られる⁶⁾。現時点における、携帯電話の国際標準化のプロセスは若干複雑であり後述するが、第三世代は真の世界標準の策定を目標にIMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)方式という名称で国連の機関である国際電気通信連合(ITU: International Telecommunication Union)において国際標準化が行われ、世界で最初に2001年から日本でサービスが開始された。IMT-2000は詳細に言えば5つの方式があり残念ながら世界統一の唯一の方式ではなかったが、日本を含めて提案された方式は無線アクセス系にW-CDMA(Wideband CDMA)方式、制御を行うコアネットワーク系にGSMコアネットワークの拡張版を採用しているものであり、今後の世界展開に最も有力と考えられている。携帯電話の分野においては、世代交代を意図的に実施し適用する技術の高度化によって伝送速度の増大と周波数利用効率の向上をはかり、システムの加入者容量の拡大や扱う情報量の増大が実現されてきた。また、ユーザの要望するサービスを構想し想定する加入者数の拡大をも考慮して必要とされる周波数帯域幅の大幅な増大の実現も行われてきた。

第一世代は、各人が持って歩ける電話の実現の第一歩であり、ユーザから見たサービスの形態としては、「もしもし、はいはい」の通話ができる(音声)電話(いわゆる回転ダイヤル式の黒電話)が持ち運べるのが中心であり、機械間通信としてのデジタル信号伝送は一部のユーザの利用にとどまっていた。第二世代は音声コーデックによる通話回線のデジタル化によって加入者容量を拡大させることが主目的であったが、結果的にパソコンに代表されるデジタル機器間通信の利用が容易となり、携帯電話間の文字通信やiMODEの発展が起きた。この時点で、携帯電話は電話の領域を超え情報通信機器となったと同時に、大幅な普及拡大により、日本においては一般名称として「携帯電話」は「ケータイ」と呼ばれるようになってきた。電話帳、スケジュール帳など個人情報ツールとしての利用に加えて、第三世代においては、第二世代後期のユーザ利用シーンが伝送速度の飛躍的な向上によって拡大し、メールやインターネットとの利用にとどまらず、小さな画面ではあるものの、動画像を含むリッチコンテンツの配信や高度な安全性が必要とされるバンキングなどの機器間通信の領域など、「ケータイ」はほぼ完全に生活に不可欠なツールへと変貌し始めている。

携帯電話の世代交代は前述のように10年~15年かけて行われてきた。世界標準化方式であるIMT-2000の標準化の区切りのついた2000年2月には、ITUの無

線通信部門である ITU-R (ITU-Radiocommunication Sector) の Study Group 8 Working Party 8Fにおいて、研究課題 Q229「Future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000」として、第三世代の高度化とそれ以降のシステムについて課題が提出された。2003年6月には、「目標と構想」として、無線系としては ITU-R 勧告 Recommendation ITU-R M.1645, 'Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000' が、ネットワーク系としては ITU-T 勧告 Recommendation ITU-T Q.1702, 'Long-term vision of network aspects for systems beyond IMT-2000' が示された。第三世代の高度化については、次の世代(第四世代)の中間と言う意味から 3.5G と呼ばれ、日本においては、昨年後半からサービスが開始されている。また、携帯電話とは異なるシステム構成を有する無線技術(無線 LAN, WiMAX など)の台頭もあり、更に技術革新のスピードを上げるために、第四世代のわずか手前という意味から、第 3.9 世代(3.9G)なるものの標準化が昨年より 3GPP (Third Generation Partnership Project) において LTE (Long Term Evolution) としてスタートしており、OFDMA (直交周波数分割多重アクセス) 方式の適用がほぼ決定されている。3GPP は第三世代方式を世界標準化する目的で地域や国を代表する標準化組織が母体となって形成された国際標準化団体の1つであるが、ここでの標準化規格は前述の各国/地域の標準化組織(日本の場合は、(社)電波産業会 ARIB 及び(社)情報通信技術委員会 TTC)の標準規格とすることが合意されている。ITU の IMT-2000 の勧告では、その詳細仕様の部分は外部機関の文書(国や地域の標準化組織の規格)を参照する形となっているので、前述の 3GPP の標準化規格は上記のプロセスを経て、詳細仕様として ITU 勧告から参照されることにより国際標準となる。前述の日本を含めて提案された IMT-2000 方式は、この 3GPP において標準化されたものである。3G の LTE は Super 3G とも呼ばれているが、3G の高度化であるため使用する周波数は世界的に決定済みの 3G 用周波数であり、新たな周波数配置の議論を待たずに導入が可能で現在 3GPP において標準仕様策定の作業が活発に行われている⁷⁾。この動きに触発されるように、同様の団体である 3GPP2 (無線アクセス系は Cdma2000, コアネットワーク系は ANSI-41 (American National Standards Institute-41) コアネットワークの拡張版を採用した仕様の策定を行っている標準化組織)においても 3G の高度化の活動が行われている⁸⁾。

第三世代の次の世代については、Systems beyond IMT-2000 として、前述の勧告 ITU-R M.1645 や ITU-T

Q.1702 に示されたように、IMT-2000 や新たに追加される無線システムのみでなく、固定網や放送網との相互接続の可能性をも視野に入れたシステムとして構想されていた。しかしながら、一般的な言葉として、俗称的に、B3G (Beyond 3G), 4G, 第四世代ケータイなどと呼ばれ、解釈は様々で同じ言い方でも同じ内容を示すものではなかった。ITU の場においては用語の明確化をはかるため、名称の議論がなされ、新たに追加される周波数帯で実現される無線能力部分に IMT-Advanced という名称が採用された。それ以降、日本においては、4G とは IMT-Advanced を意味するようになって来ている⁹⁾。また、IMT-2000 と IMT-Advanced を総称して、IMT と呼ぶことになっている¹⁰⁾。IMT-Advanced (4G) は 3G で実現できない高性能なデータ伝送能力(60Km/h 以上で 100Mbps, 準静止状態では 1Gbps) がターゲットとなっている。前述の 3G における LTE (3.9G) の目標性能は走行時 30Mbps, 準静止 100Mbps となっている。これらの関係を図 1 に模式的に示した。

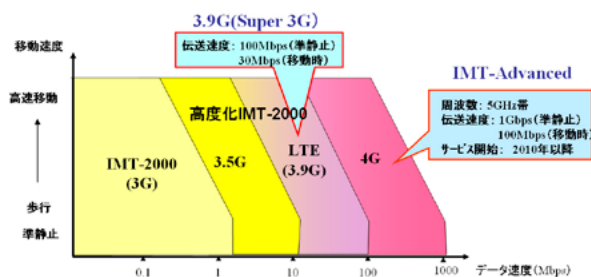


図 1 携帯電話システムにおける移動速度とデータ伝送速度の変遷

Fig. 1 Illustration of cellular mobile phone system capabilities (mobility vs. user data rate).

無線を利用する携帯電話においては、前述のように、周波数の確保が最重要課題であり、世界的にも同じ帯域の周波数が使えることが理想であることから、ITU-R が開催する世界無線通信会議 (WRC: World Radiocommunication Conference) の場で議論されてきた。無線通信電波として使用できる周波数は、国際的な電波秩序を規律する無線通信規則 (RR: Radio Regulations) で定められ、その具体的な周波数の利用方法が ITU 勧告として決められており、各国は、個別事情はあるにせよ、それに準拠することが要請されている。周波数と帯域幅を決定するためには、無線電波の伝播特性や適用される無線技術による処理可能な情報伝送量を推定し実現される時点でのサービスを想定して考える必要がある。IMT (IMT-2000 と IMT-Advanced) の周波数に関して、サービスと市場を調査して¹¹⁾、実現が期待できる将来技術による周波数利用

表2 IMTに必要とされる算出された周波数帯域幅¹²⁾

Table 2 Calculated spectrum requirements for IMT.

市場の状況	必要とされる周波数帯域幅 (MHz)		
	2010年	2015年	2020年
高度化された市場	840	1300	1720
開発途上の市場	760	1300	1280

効率を考えて、表2に示されるように必要な帯域幅が算出されている¹²⁾。各国のオペレータの数や加入者の密度によって算出値は異なるが、日本の都市部のようにユーザの密度が大きい地域で高度なサービスを行うとした場合は、周波数帯域幅として、1720MHzが算出されている。国情によって異なるが、世界的にIMT-2000用に割り当てられている周波数帯域幅は600～700MHz幅であり、その2～3倍の帯域幅の割り当てが考えられている。新たな周波数としては、5GHz帯以下が想定され、2007年秋に開催予定のWRC07の場で議題1.4として審議されることとなっている¹³⁾。

固定系の伝送速度はFTTH(Fiber to the Home)に代表されるように加入者系においても1Gbpsの実現がはかられ、メールやインターネットにとどまらず、高速広帯域な伝送特性が要求されるハイビジョン放送コンテンツの配信など高度なサービスが行われようとしている。携帯電話方式においても同様のサービスが期待されるが、前述の必要帯域幅の算出の過程においては、High Multimedia(< 30Mbps)の部類においてMobile HDTV & videoサービスとして考慮されている。

ユーザから見たサービスの形態という視点で再度考えてみる。音声、着信メロディ、音楽配信、ラジオ放送受信という聴覚の領域におけるサービスの高度化の流れと静止画、動画、TV放送受信という視覚の領域におけるサービスの高度化の流れという2つの流れがある。人間の五感と知覚への貢献度と言う観点から研究を行った事例によれば、知覚への貢献度は、視覚60%、聴覚20%、触覚15%、味覚3%、嗅覚2%と言われている¹⁴⁾。このことから、視覚系のサービスの充実が人間の知的コミュニケーションの最重要課題であることが再認識され、「ケータイ」電話においては視覚系をいかに考慮するかがポイントとなる。視覚系の情報量は聴覚系に比べてはるかに大きいため、視覚系のサービスの充実には無線系においては高速で高効率な伝送系が必要であり、携帯端末機では受信系の高性能化だけでなくディスプレイの高品質化や人が持ち運んで使う携帯機器であるが故の外形デザインが重要となる。外形デザインという観点からは、耳口を重要な要素とする聴覚系に基礎をおくハンドセットのデ

ザインを超越した新しいデザインが重要課題となる。

本特集では、上述のように携帯電話のこれからの流れとして重要な要素となる点について、サービスの更なる高度化へ向けての無線技術に関する国際標準化の動向や、今後の展開のキーである視覚系サービスの充実に重要な技術、具体的には、携帯電話におけるデジタルTV放送受信に関する技術や外形デザイン、LCD技術、携帯電話用プロジェクター技術、ユーザインタフェースのソフトウェア構成法、機器間的高速情報伝送のためのIrSimpleの標準化などについて詳述する。

参考文献

- 1) 平出, 卜部, “ムーバ(mova)開発物語”, 電気通信, Vol. 55 No. 547, 92-7, PP. 74-83 (1992).
- 2) 総務省報道資料, “移動通信事業加入者数の現状 平成 18 年 3 月末時点の公表 総合通信基盤局 平成 18 年 5 月 26 日”, (オンライン), <http://www.soumu.go.jp/s-news/2006/060526_7.html>, (2006-11).
- 3) UNCTAD, Information Economy Report 2006_The Development Perspective- 16(Nov. 2006).
- 4) GSM ホームページ, GSM World Coverage 2006, (online), <<http://www.gsmworld.com/index.shtml>>, (2006).
- 5) 米国IDC社発表資料, “Mobile Phone Shipments Continue Robust Growth in the Second Quarter, According to IDC; Will 2006 Be a Billion Unit Year?” (2006. 7. 20).
- 6) PHS MoU Group ホームページ, (オンライン), <<http://www.phsmou.or.jp/default.aspx>> (2006).
- 7) 3GPP TSG RAN; RP-060002 “Revised draft report of the 30th 3GPP TSG RAN meeting,” 8-10(March 2006).
- 8) 3GPP2 のホームページ, (online), <<http://www.3gpp2.org/>> (2006-11).
- 9) 尾上, “ドコモの4Gに向けた3G発展シナリオ～Super3GとIMT-Advanced～”, Proceedings of Wireless Communications Week at YRP (第4世代移動通信システム ワークショップ IMT-Advanced Workshop 主催 総務省), March 29, 2006 pp.63-85.
- 10) IMT-R Study Group 8: Draft New Resolution ITU-R M. [IMT. NAME], 6 January 2006.
- 11) IMT-R Services SWG Market; preliminary draft new Report ITU-R M. [IMT. MARKET], 19 Oct. 2005.
- 12) IMT-R SWG Specalc; Draft new Report ITU-R M. [IMT. ESTIMATE] on Spectrum Requirements for the Future Development of IMT-2000 and IMT-Advanced, 9 May 2006.
- 13) 総務省, 電波利用ホームページ, “WRC-07の議題”, (オンライン), <<http://www.tele.soumu.go.jp/j/inter/wrc/subject.htm>> (2006-11).
- 14) 総務省 ワイヤレスブロードバンド推進研究会 最終報告書 平成 17 年 12 月, p9 図表 2.1.5 「リアリティの追求に向けた将来サービスの検討事例」中の表(人間の感覚における五感の割合: 出展 画像通信電子通信学会, 1975).

(2006年11月22日受理)