

## ■ 要旨

本報告書は、今日の「公衆移動通信システム」の基礎を作り出した約100年の歴史、技術とサービス発展の経緯、技術発達と社会・文化・経済・行政・海外の関わりを示す技術の系統化、課題と考察等の調査成果である。

\*日本の初期の無線通信は自主技術開発中心で発展：欧米の技術を輸入した有線電信電話とは異なり、国や軍主導の日本の無線技術は欧米諸国に劣らず、時にはしのぐものさえあった。1896年、無線通信の研究が、逓信省の研究機関で開始された。1905年、国産の「36式無線電信機」が、日露戦争で大活躍した。1908年、逓信省は、我が国最初の無線による銚子無線電信局を開設し、「船舶との公衆無線電報」の取り扱いを開始した。1912年、携帯電話の祖先の「TYK式無線電話」が、発明された。1929年、対欧送信施設の「依佐美送信システム」の開設、1940年代、中波・短波帯の無線電話が、国産技術(真空管使用)で実用化された。

\*世界初の自動車電話・第三世代携帯電話のサービス：移動通信が一般に普及したのは、第二次世界大戦後で、超短波帯で初めてFM(周波数変調)技術を採用した「警察無線」が開発され、続いて「船舶電話」、「列車電話」、1967年、「自動交換接続による都市災害対策用可搬型無線電話システム」が開発された。1968年、「ポケットベル」の開始、1970年、大阪万国博覧会で日本電電公社が「日本初の携帯電話」を出展した。これらの技術が、携帯電話やコードレス電話へ応用された。1979年、世界初の800MHz帯を利用する「小ゾーン自動車電話」が、サービスされた。1980年、1周波数方式のコードレス電話が、導入された。1985年に施行された通信自由化により、NTT以外の新規参入会社による自動車電話サービスが、開始された。1987年、日本初の「携帯電話」がサービスされた。1989年、日米貿易摩擦で米国方式電話も導入され世界に類のない複数方式で運用された。2001年、NTTドコモが第三世代の「携帯電話」を世界で初めて導入、2002年、auが米国方式を導入し複数方式で運用されている。

\*独自のテレターミナル・第二世代デジタル・PHS(簡易型携帯電話システム)：1989年、世界初の無線パケットデータ専用の「テレターミナルサービス」や1993年、第二世代の世界トップ性能の「デジタル携帯電話」が導入された。1994年、端末の自由化で自由競争時代に入った。1995年、1.9GHz帯の日本独自技術のデジタルコードレス電話PHSがサービスされた。1999年、携帯電話のインターネット接続サービスが導入され、利用者が急増した。

\*技術開発は周波数有効利用、伝送品質の向上、小型・軽量・経済化、多様化通信が推進されてきた。伝送方式の変遷は、モールス信号、アナログ方式、デジタル方式そしてインターネット、マルチメディア化へ、伝送メディアは音、データ、画像、映像へと進展している。第三世代携帯では世界のリーディング国になっている。

\*移動通信発展の特徴は、社会や経済活動の複雑化、効率化、高度情報化にともなって多様なシステムがサービスされ、ケータイが「ライフパートナー」としての位置付けになった。携帯電話とインターネット・カメラ・放送・パソコンの融合が、「ユビキタス移動通信時代」を推進している。

\*今後の開発課題は、第四世代移動通信システムのチャレンジングな開発、「フルIP(Internet Protocol)方式」へのスムーズな移行、安全で安心な「ライフパートナー」としての移動通信システムの開発、認証・セキュリティ対策、オリジナルデバイスと擦り合わせ化技術による世界市場への挑戦、国際標準化の強力な推進等である。

誰でも使用できる制約のない、人間性重視の、使いやすく、安全で、安心なオンリーワンの「わがままなユビキタス通信システム」の官・民・学一体の開発推進が重要である。

## ■ Abstract

An investigation was conducted into the approximate 100-year history of public mobile communications technology. We looked at the development process, transitions in technology and services, and "technological systematization" and have shown the relationship between technological development and society, culture, economy, governmental radio wave administration, and foreign countries. Finally, we looked at the problems and factors that needed to be taken into consideration as the systems were developed and those that will need to be considered in the future.

\*Wireless communications in Japan was initially developed independently from the rest of the world. The development history of Japanese radio technology differs from that of the wire communication which was imported from Europe and America. In fact, Japanese government-led wireless technology was, on occasion, superior to American and European technology. Research into wireless communication in Japan began in the research laboratories of the Communications Ministry in 1896. By the time of the Japanese-Russo War, the Japanese-developed 36-type radiotelegraph was playing an active part in the hostilities. The "TYK wireless telephone", the ancestor of the portable phone, was invented in 1912. In 1908, The Communications Ministry established the Choshi radio station which was the first radio communication station in Japan, and started a shore-to-ship public radio telegraph service. In 1929, the "Yosami Transmission Station" was established as the transmission station for Europe. In the 1940s, medium-wave and short-wave wireless telephone service were put into practical use using Japanese vacuum tube technology.

\*The first car telephones and the third-generation portable systems in the world were developed in Japan. After World War II, mobile communications started dissemination. VHF-wave "police radios" using FM technology were developed for the first time, and maritime and train telephones were introduced. A portable telephone system using an automatic exchange connection was developed in 1967 for use during city disasters. The "pager" was introduced in 1968. Japan's first portable phone was exhibited at EXP01970 by Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation in 1970. These technologies were then applied to portable and cordless phones. The first "cellular car telephone" in the world operated in the 800-MHz band was introduced in 1979. The single frequency cordless phone was introduced in 1980. Car telephone services by companies other than NTT began after the deregulation of communications, which began in 1985. The first "portable phone" service in Japan began in 1987. In 1989, the system using technology from the United States was introduced due to pressure applied by the U.S. government in response to the trade imbalance between Japan and U.S. Then two systems of NTT and U.S. were operated anomalously. In 2001, the world's first "third-generation portable phone" was introduced by NTT DoCoMo. In 2002, au by KDDI introduced the a third-generation portable phone service that used a U.S. system. Since then, both Japanese and American systems have been used in Japan.

\*Japanese original technology, TELETERMINAL, a second-generation digital and Personal Handy-phone System (PHS): In 1989, "TELETERMINAL service" was introduced for the first service to send data as packet, and the world's most advanced second-generation "digital portable phone" was introduced in 1993. In 1994, with the deregulation for phone terminals, an age of free competition started. In 1995, PHS based on Japanese original technology operating in the 1.9GHz band entered the market place. Internet connection services for portable phones were introduced in 1999. The user increased rapidly.

\*The technological development themes: Technological developments in mobile communications have been to use frequency resources more effectively, improve transmission quality, reduce the size, weight and cost of equipment, and diversify services. Over the years, signal transmission systems have evolved from simple Morse code to analog, to digital, and finally to Internet multimedia. What is actually being transmitted has advanced from sound only to data, to still images and finally to video. Japan is at the forefront of third-generation mobile phone technology in the world.

\* Feature of development: The various systems are becoming more and more part of our everyday lives. A "Ubiquitous mobile communication age" is coming upon us as cellular phones can now access the Internet, incorporate cameras and broadcasting capabilities, and connect to personal computers.

\*Future development subject: We are trying to develop the forth-generation mobile communication system. This will lead to "Full Internet Protocol (IP)" and the development of mobile communication systems such as "Life partner" that are safe, reliable and secure. We are challenging to supply the system to world market using original devices and fitting technologies promote international standardization and so on.

What really matters is the promotion of co-development amongst nations, industries, and academia of "fully flexible ubiquitous communications system" that is usable by anyone without any restrictions, that is compatible with human nature, and is easy-to-use, secure, and safe.

## ■ Profile

**森島 光紀** *Mitsunori Morishima*

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和38年3月 日本大学理工学部電気工学部卒業  
昭和38年4月 NEC 移動無線事業部開発部入社  
移動通信機器（自動車電話）の開発、  
NEC Australiaで自動車電話技術総括、  
次世代携帯電話の標準化、主席技師長  
平成5年2月 フォード自動車（日本）（株）技術開発研究所  
入社、欧州デジタルラジオ・ITSの研究開発  
平成13年1月 森島技術士事務所を設立（移動通信・ITS）  
平成17年4月 国立科学博物館 主任調査員  
技術士（電気・電子部門）、科学技術鑑定センタ  
ー委員（日本技術士会）、著書：「動く電話」  
NEC文化センター、1990  
「ISDN時代の移動体通信」、1992、オーム社ほか

## ■ Contents

|                            |                    |
|----------------------------|--------------------|
| 1.はじめに.....                | 181                |
| 2.公衆移動通信の発展経緯の概要.....      | 182                |
| 別図表.....                   | 189, 190, 191, 192 |
| 3.公衆無線通信の黎明期.....          | 193                |
| 4.第一世代のアナログの揺籃期から実用期.....  | 196                |
| 5.第二世代のデジタル化の成長期.....      | 205                |
| 6.第三世代のデジタル化の成長期.....      | 214                |
| 7.移動通信システムの技術発展の系統化分析..... | 220                |
| 別図表.....                   | 223, 224, 225, 226 |
| 8.今後の開発課題と考察.....          | 227                |
| 9.あとがき.....                | 231                |
| 付録 登録候補一覧.....             | 232                |

# 1 | はじめに

通信の究極の目的は「いつでも、どこでも、だれとでも通信できる」ことである。これを実現できるのは移動通信しかない。今まで、色々な移動通信が発展してきたのはそのためである。一方、社会、経済活動の複雑化、効率化、高度情報化にともなって、移動通信は益々重要になってきた。対象移動体も船舶、列車、自動車、航空にとどまらず携帯電話のパーソナル化へと進んできた。サービスエリアは室内、構内、地下、都市内、全国、全世界へ、さらに多様化、大容量化、高速化へ、伝送メディアは音、データ、画像、映像へと進展している。携帯電話のインターネット接続、カメラ実装、放送、パソコンとの融合が推進され、ケータイが「ライフパートナー」としての位置付けになった。本報告書は、今日の移動通信システムの基礎を作り出した、これまでの「公衆移動通信の基地局技術」の発展をまとめたものである。

## 1.1 具体的な調査項目

- (1) 本稿では以下の技術について、その変遷を日本を中心として調査した。すなわち、我が国最初の公衆無線通信である船舶電信、固定通信ではあるが公衆通信の原点である海外電報システムの対欧送信施設であった「依佐美送信システム」、長中波から短波通信への移行、船舶電話、自動車電話、携帯電話、無線呼出、コードレス電話、PHS（簡易携帯電話）システム、移動データ通信のテレターミナルシステム等である。列車無線、衛星通信およびITS（高度道路交通システム）関連は、時間的制約から取り上げなかった。
- (2) 技術開発が社会・経済・行政・海外の状況等とどう関係していたか、他の技術（放送、PC、認証技術等）との関連はどうであったか等の技術の系統化を行った。
- (3) 今後の開発課題を示し、これらについての考察を行った。

## 1.2 目次の説明

- (1) 1) 無線の黎明期、2) 第一世代アナログ化、3) 第二世代デジタル化、4) 第三世代パーソナル化に分類してその開発過程を調査した。
- (2) 第2章「公衆移動通信システムの発展経緯概要」：公衆移動通信の歴史と技術の発展経緯の全望、主要な移動通信システムの概要、加入者推移について述べる。
- (3) 第3章「無線の黎明期」：日本初の公衆無線通信の誕生、対欧送信の「依佐美送信システム」、長中波から短波通信への移行を調査した。
- (4) 第4章「第一世代のアナログ」：船舶電話、無線呼

出、都市災害無線、音声中心の世界初のNTTのアナログ自動車電話、新規参入事業者の米国のアナログ自動車電話、アナログコードレス、世界初のデータ通信のテレターミナル等の導入。

(5) 第5章「第二世代のデジタル化」：日本独自開発のデジタル携帯とインターネット接続サービスが導入され、1994年の端末自由化により成長期時代になった。米国のデジタル携帯（cdmaOne）、日本独自開発のデジタル方式のPHS等の導入。

(6) 第6章「第三世代パーソナル化」：世界初のドコモの第三世代携帯W-CDMA（日本・欧州）、auの第三世代携帯cdma2000（米国）等の導入。

(7) 第7章「移動通信システムの技術発展の系統化分析」：移動通信システム概念、技術分野毎の開発課題の動向を基に、移動通信システムの技術発展の系統化分析を試みた。製品の歴史、周辺技術の歴史、文化の歴史を織り込みながら、これらの技術開発について系統化分析を行った。

移動通信の技術開発については、「周波数有効利用」、「伝送品質向上」、「小型・軽量化・経済化」、「パーソナル通信」を追求してきた技術の系統化を示した。

移動通信の基盤技術については、交換・部品・デバイス技術を発展基盤にして、周波数有効利用の「セル構成」、「ハンドオーバ（またはハンドオフ）」「多元接続」、伝送品質向上の「誤り訂正」、「音声符号化」、「変復調」、「発振器」、更に「周波数割当」、「関連技術の融合」等の種々の基盤技術の系統化を示した。

(8) 第8章「今後の開発課題と考察」：世界のリード国として、「ユビキタス移動通信時代」を推進するための将来の開発課題と考察を示した。

## 1.3 実体、資料の所在調査の進め方

日本の産業技術の発展を支えた資料や歩みを示す実物資料を、「産業技術史資料」と位置づけ、関連する展示館、会社等と協力して、どこにどのような形で残されているかを調査した。多数の方々からデータを提供して頂いた。

今日の「デジタル時代」に、先人の残した「アナログ及びデジタル技術」の発展過程で得られた知識、経験、そして確立された技術の系統化を調査した本報告書から、今後の「移動通信システム」の技術開発の方向にながしかの示唆が見出されれば幸いである。

（森島光紀：“移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査”報告,Vol.6 March 2006 国立科学博物館も参照）



# 2 公衆移動通信システムの発展経緯の概要

公衆移動通信の歴史と技術の発展経緯の全貌、主要な移動通信システムの概要、加入者推移について述べる。

## 2.1 公衆無線システムの種類

日本の公衆移動通信のシステムのサービス開始時期、使用周波数、加入者数、サービス地域を示す(表2.1)。

表2.1 公衆無線システムの種類(2006/10末現在)<sup>(9),(11),(15)</sup>

| システム       | サービス開始年 | 周波数(MHz)  | 加入者数         | サービス地域    |
|------------|---------|-----------|--------------|-----------|
| 船舶電報       | 1908    | 中波        | 50           | 日本海岸      |
| 海外電報(固定)   | 1915    | 長波        | x            | ロシア、米国、欧州 |
| 湾港電話       | 1953    | 150       | 廃止           | 京浜・阪神     |
| 内航船舶電話     | 1964    | 150       | 衛星へ          | 日本海岸      |
|            | 1979    | 250       | 2万(廃止)       |           |
| 列車電話       | 1964    | 400       | 2端末x360(85)  | 東海道・山陽    |
|            | 1982    |           |              | 東北・上越     |
| 都市内災害電話    | 1967    | 400       | 2,300(廃止)    | 大都市       |
| 自動車電話      | 1979    | 800       | 10万          | 全国        |
| 航空機電話      | 1986    | 800       | 271(91')(廃止) |           |
| 携帯電話(デジタル) | 1993    | 800/1500  | 携帯           | 全国        |
| 第3世代携帯電話   | 2001    | 2000/800  | 合計9,408万     |           |
| 無線呼出       | 1968    | 150       |              | 全国        |
| デジタル       | 1978    | 250       |              |           |
| 高速化        | 1996    | 250       | 合計46万        |           |
| コードレス電話    | 1980    | 250/400   | 100万(94')    | 全国        |
| テレターミナル    | 1989    | 800       | 約2万(廃止)      | 東京・大阪     |
| PHS        | 1995    | 1900      | 489万         | 全国        |
| 衛星移動通信     | 1982    | 1600/1500 | 5万           | ほぼ全世界     |

今回の調査対象システムは、列車無線および衛星通信を除き、移動通信システムを中心とした。なお固定通信であるが公衆通信の最初である海外電報システムも含まれている。

## 2.2 公衆移動通信の歴史と発展経緯<sup>(1),(2)</sup>

国内、海外、電気通信情勢、出来事/世相の関連の歴史及び事業者の変遷については、「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書(Vol.6 March 2006)を参照されたい。

全体を、実験段階の「無線の黎明期」、音声中心の自動車電話の「第一世代のアナログ」、携帯電話・低速データ通信の「第二世代のデジタル化」、マルチメディア・高速データ通信の「第三世代パーソナル化」の発展に分類した。

無線の黎明期には、独自開発の「無線電信」が日露戦争で大活躍した。その後中波・短波帯の「無線電話」が国産技術で実用化された。移動通信が一般に普及してきたのは、第二次世界大戦後で、戦後の復興につれてどこからでも情報を伝達できる移動通信が警察、海運界などから要望され、超短波帯の警察無線が実用化

された。これに続き人命の安全確保と運転効率の向上に貢献する船舶電話、列車電話、情報伝達に便利なポケットベル、さらに自動車の普及により自動車電話が開始された。

そして1985年に施行された「通信自由化」により、NTT以外の新規参入会社による自動車電話が開始され、1994年の「端末の自由化」で自由競争時代に入った。移動通信が経済的な社会活動の効率化に不可欠な手段として認識される時代になり、アナログ携帯電話、コードレス電話、航空機電話、衛星移動電話、テレターミナル(無線データ通信)、デジタル携帯電話、PHS(Personal Handy-phone system, 簡易携帯電話システム)、VICS(道路交通情報通信)、第三世代パーソナル携帯電話と発展してきて、ユビキタス時代を迎えている(図2.1、図2.2:章最後)。

日本の移動通信技術を支えてきた代表的なシステムの変遷と特徴を次に上げる(図2.3、表2.2:章最後)。

- 1) 伝送方式はモールス信号、アナログ方式、デジタル方式そしてマルチメディア化・インターネット方式へ発展した。無線ゾーンは大ゾーン、中ゾーン、小ゾーン、マイクロゾーンへ推移し、その結果送信電力も小さくなり小型化が推進された。
- 2) 周波数帯は長波、中波、超短波、マイクロ波の高周波数への開発が進められた。
- 3) 端末の形状は可搬固定型、車載型、可搬型、携帯型、多様型・小型化・パーソナル化へ進んだ。
- 4) 実装技術はリード部品、表面実装部品、チップ部品、超小型チップ部品、モジュール化へと変遷してきた。
- 5) デバイスは真空管、トランジスタ、IC、LSI、VLSI(Very Large Scale Integration)へと発展してきた。

## 2.3 自動車・携帯電話システムの発展

### (1) 自動車・携帯電話の推移と加入者数推移

1) 第一世代「アナログ自動車電話と世界最小最軽量携帯電話の導入」:1979年に小ゾーン方式のアナログ自動車電話が世界で初めて導入され、1985年に通信自由化で新規参入会社が参入して以来順調な発展を遂げた。1990年に世界最小最軽量携帯電話(ムーバ)が導入された。

2) 第二世代「デジタル携帯とインターネット接続サービスの導入」:1993年にデジタル携帯が導入され、保



証金が廃止された。1994年に端末自由化により自由競争時代になった。1999年に「iモード」、「EZウェブ」、「Jスカイ」のインターネット接続サービスが導入され、2000年にカメラ付携帯が登場した。

3) 第三世代「高速通信の携帯電話機が世界で初めて導入」：IMT2000 (International Mobile Telecommunication 2000) という第三世代の無線通信技術の開発が世界で競われてきた。日本は一歩リードしている。実用化に向け標準化や制度整備等が早くから推進され、2001年10月には、NTTドコモグループがW-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 方式の第三世代携帯電話を世界で初めて開始し、2002年4月にはKDDIグループがCDMA2000 (Code Division Multiple Access 2000) 方式で、同年12月にはJ-フォン (現ソフトバンクモバイル) がW-CDMA方式でそれぞれサービスを開始した。2007年1月

末において、第三世代携帯電話の契約数は6千5万加入となり、順調に増加している (図2.13) (8)。

2007年1月末における携帯電話の契約数は9,532万契約 (8) である。携帯インターネット (携帯電話を使ったインターネット接続サービス) は8,296万契約 (87%) (8)、2005年3月末におけるカメラ付は6,637万加入 (76.3%) (1) に達している (表2.3)。

## (2) 世界の自動車・携帯電話方式の変遷

### 1) 第一世代 (アナログ)

世界では、日本の自動車電話、英国TACS (Total Access Communication System)、北 欧 NMT (Nordic Mobile Telecommunication System)、米国 AMPS Advanced Mobile Phone Service) の4方式がサービスされた。

表2.3 自動車・携帯電話システムの主要諸元の変遷 (1),(3)

| 項目            | 第一世代            |                  | 第二世代                 |               | 第三世代  |   |
|---------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------|---|---|
| 方式            | NTT/大容量         | TACS             | PDC                  | cdmaOne       | W-CDMA  | CDMA20001x                                      |
| 事業者           | 日本電電公社<br>IDO   | セルラ(DDI)/<br>IDO | NTT/IDO &<br>ツーカーセルラ | KDDI(au)      | NTTドコモ/<br>Vodafone                             | KDDI(au)  |
| サービス開始年       | 1979/1985       | 1989/1991        | 1993/1994            | 1998          | 2001/2002                                       | 2002  |
| 無線方式          | アナログ            | アナログ             | デジタル                 | デジタル          | デジタル  | デジタル  |
| 使用周波数(MHz)    | 800             | 800              | 800/1,500            | 900           | 2,000   | 800/2,000                                       |
| 回線アクセス方式      | 周波数分割多元接続(FDMA) | 周波数分割多元接続(FDMA)  | 時分割多元接続(TDMA)        | 時分割多元接続(TDMA) | 符号分割多元接続(CDMA)                                  | 符号分割多元接続(CDMA)                                  |
| 周波数偏移         | ±5.0/±2.5kHz    | ±9.5/5.0kHz      | **32kHz              |               | *200kHz   | *50kHz  |
| 送信出力          | 25W             | 45W              | 4W                   | 20W           | 20W/10W   |   |
| チャンネル間隔       | 25/12.5kHz      | 50/25kHz         | 50/25kHz             | 1.25MHz       | **5MHz  | **4.6MHz  |
| 信号方式          | FSK             | FSK              | QPSK                 | QPSK          | BPSK,QPSK                                       | BPSK,QPSK                                       |
| 通信速度 (回線交換)   |                 |                  | 9.6kbps              | 14.4kbps      | 64kbps  | 64kbps  |
| 通信速度 (パケット交換) |                 |                  | 28.8kbps             | 64kbps        | 下り384kbps<br>上り64kbps<br>下り(2006年)<br>平均2.2Mbps | 下り144kbps<br>上り64kbps<br>下り(2003年)<br>平均600kbps |
| 文字メッセージ       |                 |                  | ○                    | ○             | ○   | ○   |
| ブラウザ          |                 |                  | ○                    | ○             | ○   | ○   |
| UMカード         |                 |                  |                      |               | ○   | ○   |
| 動画再生          |                 |                  |                      |               | ○   | ○   |
| テレビ電話         |                 |                  |                      |               | ○   | ○   |

注:TACS:Total Access Communication System: Motorola社が英国向けに開発した方式  
PDC:Personal Digital Cellular:日本で開発された方式  
cdmaOne/CDMA20001x:米国の業界団体CDG(CDMA Development Group)によって策定された方式  
W-CDMA:Wideband Code Division Multiple Access:日欧標準案として提案された方式  
\*:キャリア設定周波数幅、\*\*:占有周波数幅

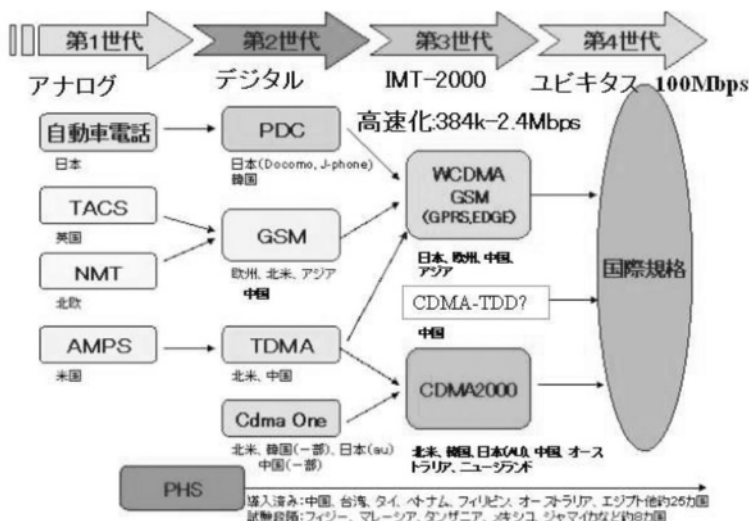


図2.4 自動車・携帯電話方式の変遷 (3)

## 2) 第二世代 (デジタル)

世界では、PDC (Personal Digital Cellular)、欧州のGSM (Global System for Mobile Communications)、米国のTDMA (Time Division Multiple Access) と cdma One (米国コールコム社のCDMA: Code Division Multiple Access)、そしてPHS (日本のPersonal Handy phone System) の5方式がサービスされている。

## 3) 第三世代 (高速データ通信)

20年前からITUで世界の携帯電話の標準化を推進してきた結果、W-CDMAとcdma2000の2方式に集約された。我が国も多大な貢献をしてきた。ユビキタス時代の第四世代で統一出来ることを期待したい (図2.4)。

# 2.4 公衆移動通信システム

## (1) 自動車・携帯電話システムの構成

自動車・携帯電話システムは、無線を使用しているため、固定電話と大きな違いがある。各加入者が決められた有限な周波数の共用を行う、必要な時だけ電波を送出する、移動局の居場所を見つけ出す、通話中に移動しても追跡して接続する、移動局の現在位置に基づく料金計算を行うなどの機能が必要である。

自動車電話交換局 (AMC)、無線回線制御局 (MCS)、無線基地局 (MBS) および移動局 (MSS) で構成される。サービス提供地域を半径5-10km毎に分け、同一周波数を繰り返し使用する小ゾーン方式である (図2.5)。

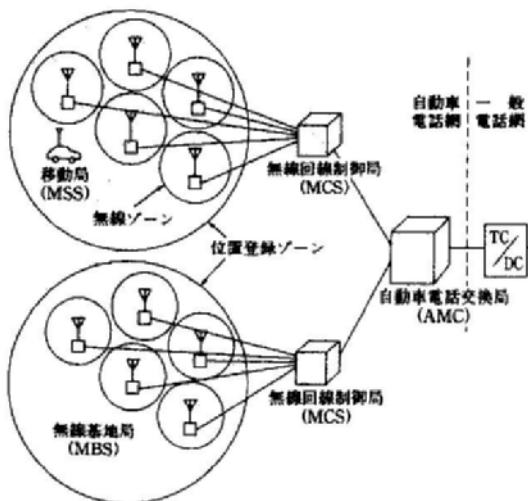


図2.5 自動車・携帯電話システムの構成 (NTTの例) (2)

\*自動車電話交換局 (AMC)：一般電話と自動車・携帯電話相互間の交換接続、自動車・携帯電話の位置記憶・課金登算処理を行う。

\*無線基地局 (MBS)：無線区間の各種信号の送受信、無線回線切り替えのための無線回線品質の監視等を行う。

\*無線回線制御局 (MCS)：無線回線の設定・切り替え指令、無線基地局の監視制御・試験等を行う。

\*移動局 (MSS)：無線区間の各種信号の送受信、無線チャネルの切り替え、位置登録情報の送受信等を行う。

## (2) 無線呼出 (ポケットベル) システムの構成

一般加入電話から呼び出したいポケットベル番号をダイヤルすると市内交換トランクを経由してレジスタに蓄積される。受信した番号の有無をチェックして、加入者である場合は符号化装置を起動し選択呼出し符号を各基地局へ送信し、発呼者へ現在呼び出し中であることをアナンスする。局間位相補償装置は複数の基地局で同一周波数の電波を発射する場合、電波の干渉エリアでも受信率が劣化しないように変調信号の位相を同じにする。

サービス開始とともに契約数は予想を上回る勢いで伸びていった。150MHz帯の周波数帯が満杯になったため、1974年から新しい周波数帯 (280MHz帯) を併用、1978年には世界に先駆けてデジタル方式が導入された。

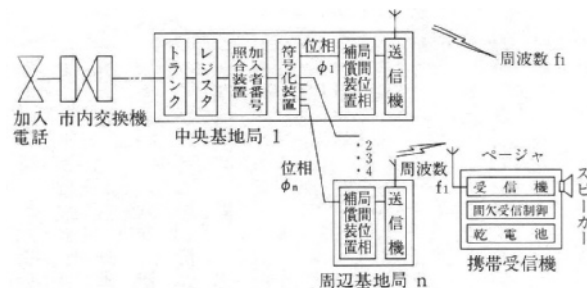


図2.6 無線呼出システムの構成 (NTTの例) (2)

表2.4 無線呼出システムの主要諸元の変遷 (5), (13), (14)

| 項目      | トーン方式      | デジタル                | POGSAG           | FLEX-DT            |
|---------|------------|---------------------|------------------|--------------------|
| 周波数帯    | 150MHz     | 250MHz              | 280MHz           | 280MHz             |
| 変調方式    | FM         | NRZ-FSK             | NRZ-FSK          | NRZ-FSK/<br>4値FSK  |
| 周波数偏移   | 0.5kHz/トーン | ±2.5kHz             | ±5.0kHz          | ±4.8kHz            |
| 送信出力    | 250W/70W   | 250W/70W            | 250W/125W        | 250W/16W           |
| チャンネル間隔 | 10kHz      | 12.5/25kHz          | 25kHz            | 25kHz              |
| 信号方式    | トーン組合せ     | デジタル                | デジタル             | デジタル               |
| 信号速度    | 250ms/トーン  | 200/400/<br>1200bps | 512/<br>1,200bps | 1,600~<br>6,400bps |
| 信号構成    | 2波直並列      | (31,16)BCH          | (31,21)BC<br>H   | (31,21)BC<br>H     |
| 呼出回数    | 3          | 3                   | 2                | 1~4                |
| 加入者容量   | 1万/波       | 3万/3.2万/<br>9万/波    | 6.2万/波           | 6.7~<br>53万/波      |
| 事業者     | 電電公社       | 電電公社・<br>NTT        | NCC              | NTTドコモ<br>/NCC     |
| サービス時期  | 1968       | 1978/1987<br>/1989  | 1987             | 1996               |

東京テレメッセージ系のPOCSAG (英国のPost Office Code Standardization Advisory Group) 方式とNTTドコモ系のNTT方式 (ともに伝送速度は1,200bps) がサービスされていたが、1996年以降は米国モトローラ社が開発した高速ページングシステムに

NTTドコモの技術のタイム・ダイバーシティを組み合わせた「FLEX-TD方式」(1,600~6,400bps)が主に提供された(図2.6,表2.4)。

### (3) 船舶電話システムの構成

船舶交換局、船舶基地局、船舶移動局からなる。船舶交換局は中心局(DC)に対応して設置され、船舶加入者のメモリがおかれ、呼の発信、位置登録およびその加入者情報へのアクセスを制御し、既存電話網との接続交換を行う。船舶基地局のゾーン半径は50-100kmで最初は2周波数の繰り返し、その後、干渉を軽減するために3周波数の繰り返しにて全沿岸をカバーした。

1964年に、150MHz帯を使用した手動交換内航船舶電話が横浜、神戸で開始された。1979年には日本沿岸全域に拡大するため250MHz帯を用いた自動交換内航船舶電話がサービスされた(図2.7)。

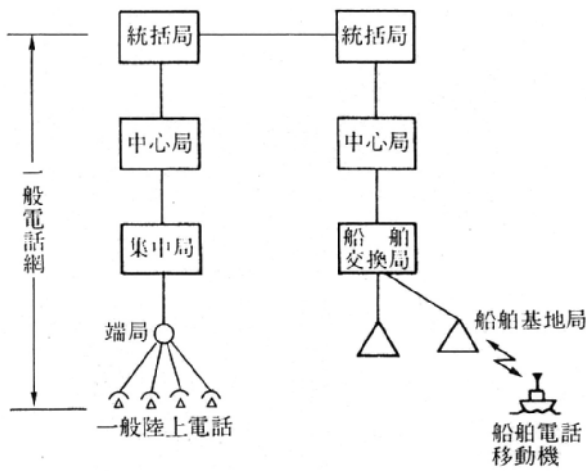


図2.7 船舶電話システムの構成 (NTTの例) (4)

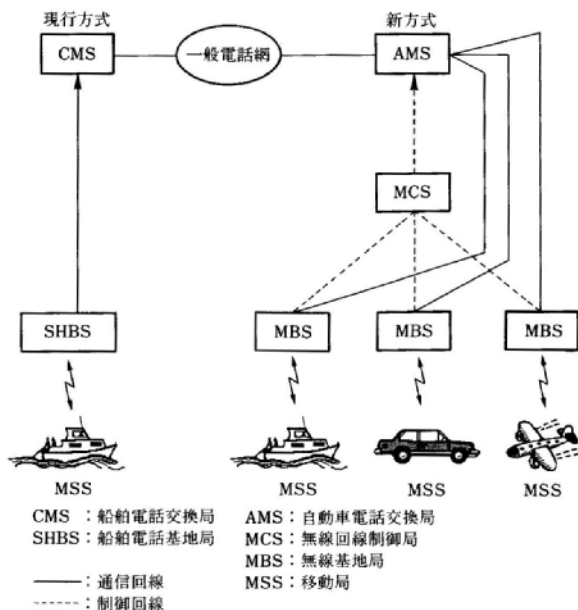


図2.8 船舶・自動車・航空の共用化新船舶システム (5)

1988年に利用者の増大のため自動車電話の技術を導入して、小型・軽量化・経済化や周波数効率の向上を図った。この新内航船舶電話は自動車・航空電話と共用化された。自動車電話の無線回線制御(MCS)、交換局(AMS)が共用された(図2.8、表2.5)。

表2.5 船舶電話システムの主要諸元の変遷 (5),(4),(13)

| 項目      | 手動方式      | 自動方式      | 新船舶方式            |
|---------|-----------|-----------|------------------|
| 周波数帯    | 150MHz    | 250MHz    | 250MHz           |
| 変調方式    | FM        | FM        | FM               |
| 周波数偏移   | ±5.0kHz   | ±5.0kHz   | ±2.5kHz          |
| 送信出力    | 40W       | 40W       | 20W              |
| チャンネル間隔 | 50/25kHz  | 25kHz     | 12.5kHz          |
| 信号方式    | トーン組合せ    | トーン組合せ    | SP-FSK           |
| 信号速度    | 250ms/トーン | 250ms/トーン | 250ms/トーン、300bps |
| 制御信号構成  | 2波直並列     | 2波直並列     | 2波直並列/(43.31)BCH |
| 無線回線制御  | 無定位循環     | 無定位循環     | 共通チャネル           |
| 交換機     | クロスバー     | 電子交換      | 電子交換             |
| 事業者     | 電電公社      | 電電公社      | NTT              |
| サービス時期  | 1964      | 1979      | 1988             |

### (4) コードレス電話・PHSシステムの構成

一般加入電話のコードの一部を無線回線に置き換えて、建物内に自由に持ち運んで通話できる無線電話である。接続装置とコードレス電話機からなり、送受信部、制御部、送受信器で構成されている(図2.9)。

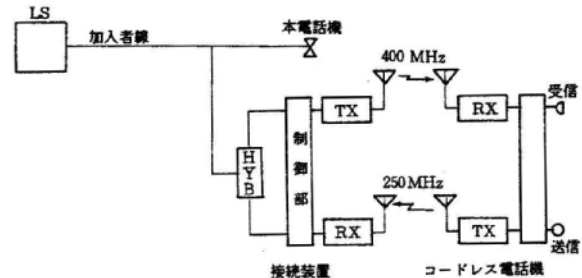


図2.9 コードレス電話システムの構成

1980年に東京、横浜、名古屋、大阪の4都市でサービスされ、全国へ拡大された。最初は、1つの周波数に固定された「1波方式」であったが、1984年から「マルチチャネルアクセス方式(MCA)のコードレス方式」が導入された。1台毎に免許が必要だったが、1987年、電波法の改正により免許不要の「小電力コードレス電話」が導入された。

1993年に1.9GHz帯の日本初の独自技術によるデジタルコードレス電話「PHS(Personal Handy-phone System)」が開発され、1995年にサービスが開始された。サービスを提供したのは、NTTパーソナル通信網9社(現NTTドコモ)、DDIポケットグループ(現ウィルコム)、アステルグループであった。携帯電話の普及により、NTTドコモは2005年4月30日に新規加入申



し込みを終了し、アステルグループは事業を停止した。一方PHSの利用はアジアを中心に80数カ国におよび、端末機の数も1億台をはるかに突破したとのことである(図2.10、表2.6)。

表2.6 コードレス電話・PHSシステムの主要諸元の変遷<sup>(4),(6),(13)</sup>

| 項目      | 一波方式       | MCA方式      | 小電力方式      | PHS                     |
|---------|------------|------------|------------|-------------------------|
| 周波数帯    | 250/380MHz | 250/380MHz | 250/380MHz | 1.9GHz                  |
| 変調方式    | PM         | FM         | FM         | QPSK                    |
| 送信出力    | 2mW        | 6mW        | 10mW       | 500mW(基地)<br>10mW(端末)   |
| チャンネル間隔 | 25kHz      | 12.5kHz    | 12.5kHz    |                         |
| チャンネル数  | 20         | 46         | 89         |                         |
| 信号方式    | トーン        | SP-FSK     | SP-FSK     | QPSK                    |
| 信号速度    |            | 300bps     | 300bps     | 64kbps<br>256kbps(パケット) |
| 制御信号構成  | アナログ       | デジタル       | デジタル       | デジタル                    |
| 無線回線制御  | x          | FDMA       | FDMA       | TDMA                    |
| その他     |            |            |            | 多重数:4<br>音声:ADPCM       |
| 無線免許    | 免許         | 免許         | 免許不要       | 端末:免許不要                 |
| 事業者     | 電電公社       | 電電公社       | NTT        | NTT/DDI/<br>アステル        |
| サービス時期  | 1980       | 1984       | 1987       | 1995                    |

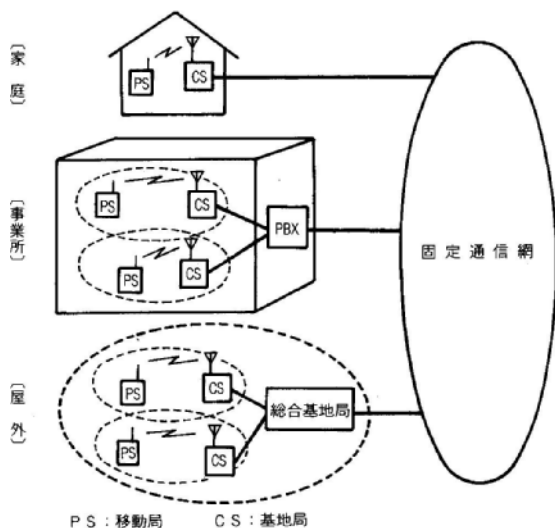


図2.10 PHSシステムの構成<sup>(6)</sup>

### (5) テレターミナルシステムの構成

無線を経由してデータ専用の通信を行う9,600bps無線データ通信システムである。データの送受信は、テレターミナル基地局およびパケット交換を行う共同利用センターを介して、ユーザーの移動端末装置とユーザーのコンピュータセンター相互間、またはユーザー

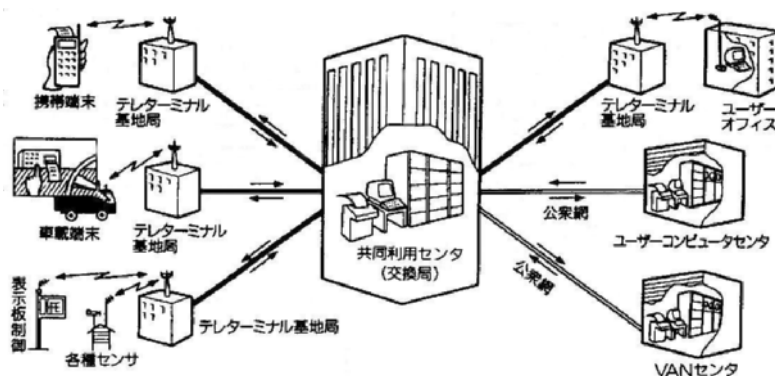


図2.11 テレターミナルシステムの構成<sup>(7)</sup>

の移動無線端末装置相互間で実現された(図2.11)。

1989年、日本シティメディア(株)が東京23区で、1997年、関西シティメディア(株)が大阪地区でサービス開始した。1990年の加入者は約1.4万であった。

1996年には、モトローラが開発した新方式「データTAC」(米国の方式)により通信速度を19,200bpsにアップさせたほか、サービスエリアの拡大(合計約130基地局)、テレターミナル端末同士での双方向通信も可能な新サービスの「Qメール」をスタートし、拡販を目指した。しかし携帯電話の急速な普及や音声通話ができない等の影響で、加入者は約2万で普及せず、1998年ドコモへ営業が譲渡された。その後、携帯電話の周波数の不足で本システムは停止され、携帯の電波として使用されている。

### (6) デジタル移動通信の通信速度の変遷<sup>(3)</sup>

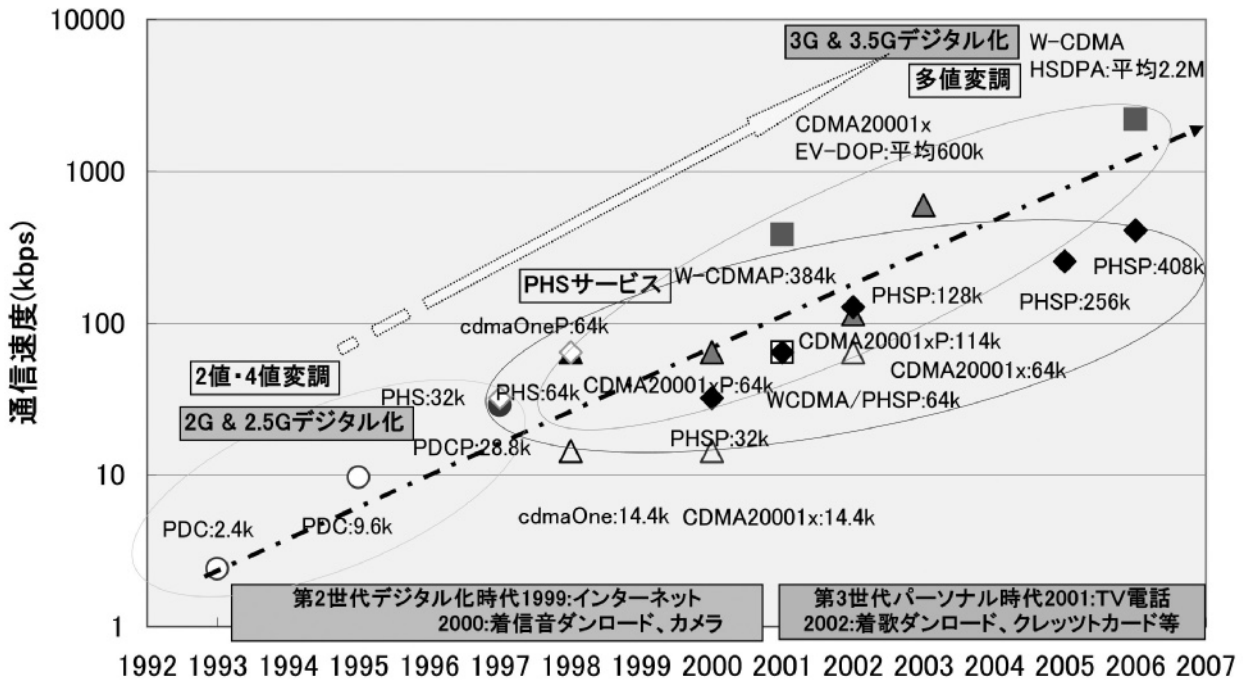
第二世代のPDCは、1993年に2.4kbpsでサービスを開始し、1995年に9.6kbps、1997年にパケット交換方式で28.8kbpsと高速化された。

cdmaOneは、1998年に14.4kbpsでサービスを開始し、2000年にはパケット交換方式で64kbpsと高速化された。

第三世代のW-CDMAは、2001年にパケット交換方式で384kbps、2006年にHSDPA(High Speed Downlink Packet Access)で平均2.2Mbpsを実現している。CDMA20001Xは、2002年に144kbps、2003年にCDMA20001X WINで平均600kbpsと高速化された。

PHSは、1997年に32kbps、1998年に64kbps、2001年にパケット交換方式で128kbps、2005年に384kbps、2006年にパケット方式を8チャンネル束ねて増速して408kbpsと世界に先駆けて高速化された。

1993年の2.4kbpsに比べて、2006年のHSDPAの平均2.2Mbpsは、1,000倍に高速化された。高速化の速度は、5年で約10倍の割合で高速化が実現されてきたことになる。それには変調方式として、2値・4値から多値変調方式が導入されたことが貢献している(図2.12)。



注：PDC ○(Personal Digital Cellular：第2世代デジタル), PDCP: (Packet), 変調： $4/\pi$  QPSK  
 PHS ◇(Personal Handy phone System：簡易型携帯), PHSP: (Packet), 変調：QPSK→8QPSK  
 cdmaOne △(米国のCDMA: Code Division Multiple Access), cdmaOneP: (Packet), 変調：BPSK  
 CDMA20001x △(米国のCDMA: Code Division Multiple Access、第3世代携帯)、変調：下りQPSK→8QAM,16QAM, 上りBPSK  
 W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access、第3世代携帯)、W-CDMAP(Packet), 変調：下りQPSK→16QAM, 上りBPSK

図2.12 デジタル移動通信の通信速度の変遷 (3)

## 2.5 公衆移動通信の加入者数の推移

1985年通信の自由化で新規事業者（NCC）の参入があり、さらに1995年端末の自由化で売り切り制が導入

されたことにより加入者数が急激に増大した。行政の戦略が非常に重要であることを物語っている。

内航船舶は1979年手動から自動交換へ切り替えられ、1995年にはN-STAR衛星電話が導入され、それ以降は衛星電話（ワイドスター）へ移行した。移動衛星

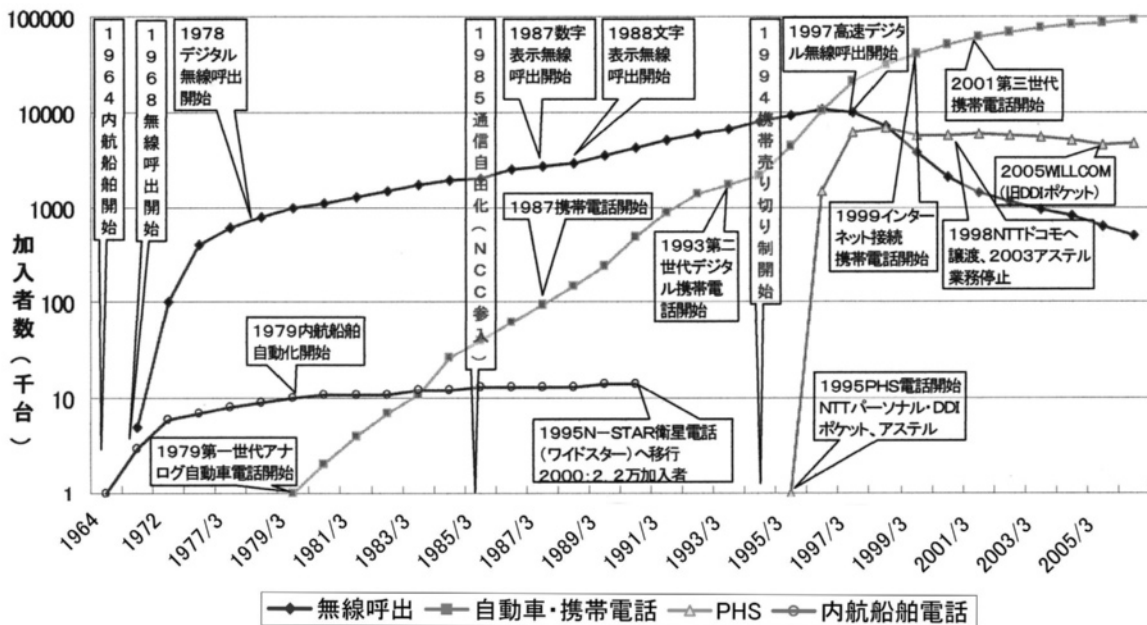


図2.13 公衆移動通信の加入者数の推移 (8),(9),(10),(11),(12)

の全加入者は2005年末に約5万加入になった。

無線呼出は、1978年アナログからデジタル方式へ技術移行し、数字表示、文字表示、高速デジタル呼出が導入されて、加入者数が1千万まで達した。しかし、これをピークに減少しているが企業での使用は続いている。

自動車電話は、1987年携帯電話、1993年第二世代デジタル電話、2001年第三世代携帯電話の導入により一人一台の約1億台まで普及している。

PHSは、サービス開始後、2年程度で加入者数が急増し約700万に達したがこれがピークで、携帯電話の普及により伸び悩んでいる（図2.13）。

#### 参考資料

- (1) 森島光紀：「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告, Vol.6, March 2006 国立科学博物館
- (2) 森島光紀：「動く電話」、C&C文庫、日本電気文化センター、1991.5.27、第2版 pp.61, 72
- (3) 「携帯電話の不思議」、パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株)、(株)SCC pp11, pp173 (2005.3)
- (4) 前田・林：「移動体通信のはなし」、日刊工業新

聞社、第1版 pp.38 (昭和63.5.30)

- (5) 斎藤・立川：「移動通信ハンドブック」、オーム社、pp327-328 (平成7年11.15)
- (6) 田中：「やさしいデジタル移動通信」、電気通信協会 pp.95 (1993.8)
- (7) 三上・徳永：「テレターミナルシステムを支える通信技術・回路技術」、エレクトロニクス、pp.47 (1990年8月)
- (8) 移動電気通信事業加入数の現況、社団法人電気通信事業者協会
- (9) 総務省：移動電気通信事業加入数の現況（平成18年3月末現在）、平成18年5月26日
- (10) 大容量移動通信方式、NTT国際シンポジウム pp.5-6 (1983, 3)
- (11) 総務省：電波の有効利用に関するヒアリング資料、NTTドコモ、平成13年10月15
- (12) 倉本・進士：移動通信の展望、電子通信学会誌、pp.1158-1167 (1985,11, 5)
- (13) 庄司監修：移動通信方式、科学新聞社、1971.2.25, 改版 pp.294-301 (1979.5.10)
- (14) 「ポケットベル・サービス30年の歩み」、NTTドコモ 研究開発企画部、2001.3、4.システム編。
- (15) 総務省、平成18年度情報通信白書、第2章、第5節



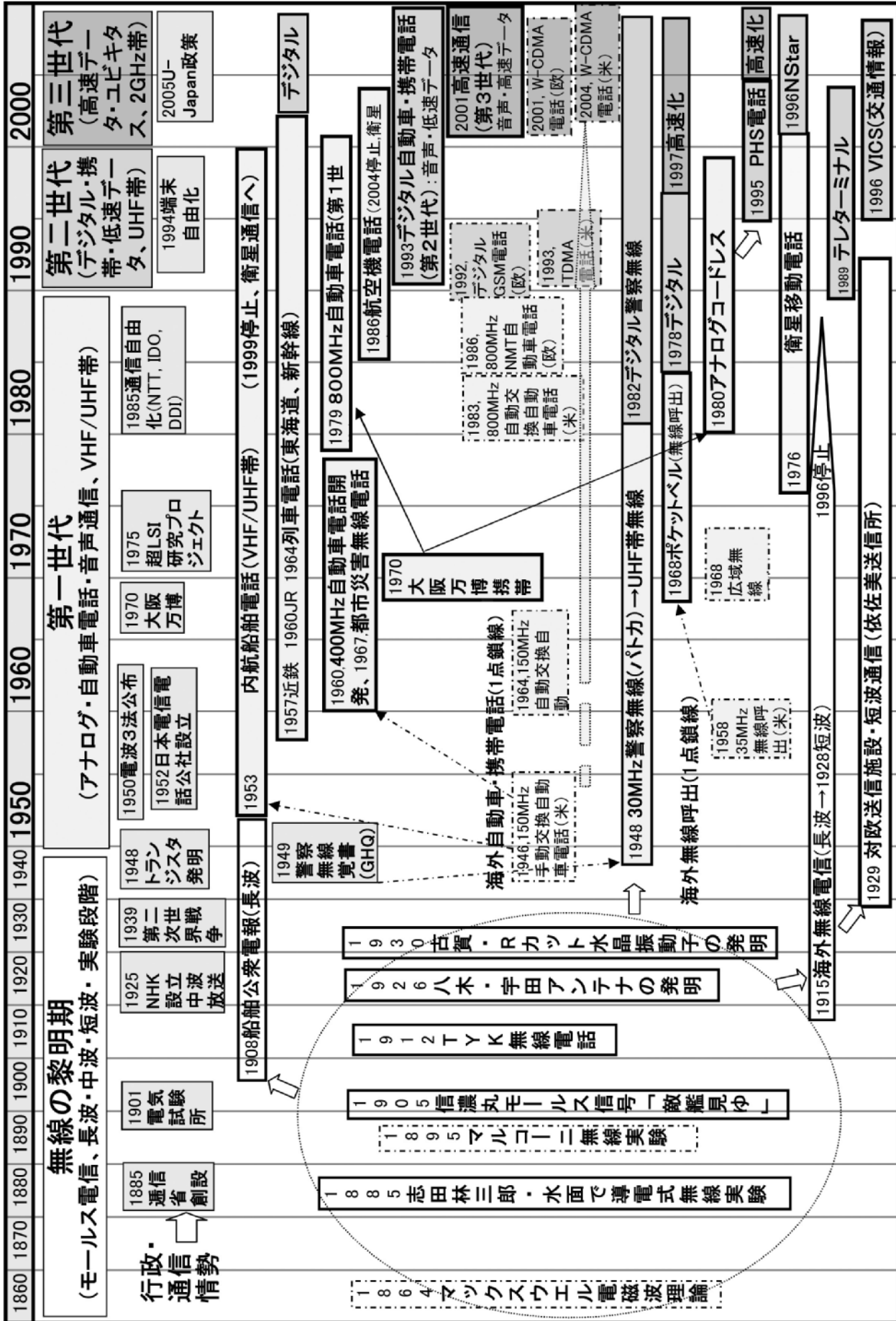


図2.1 公衆移動通信の発展経緯

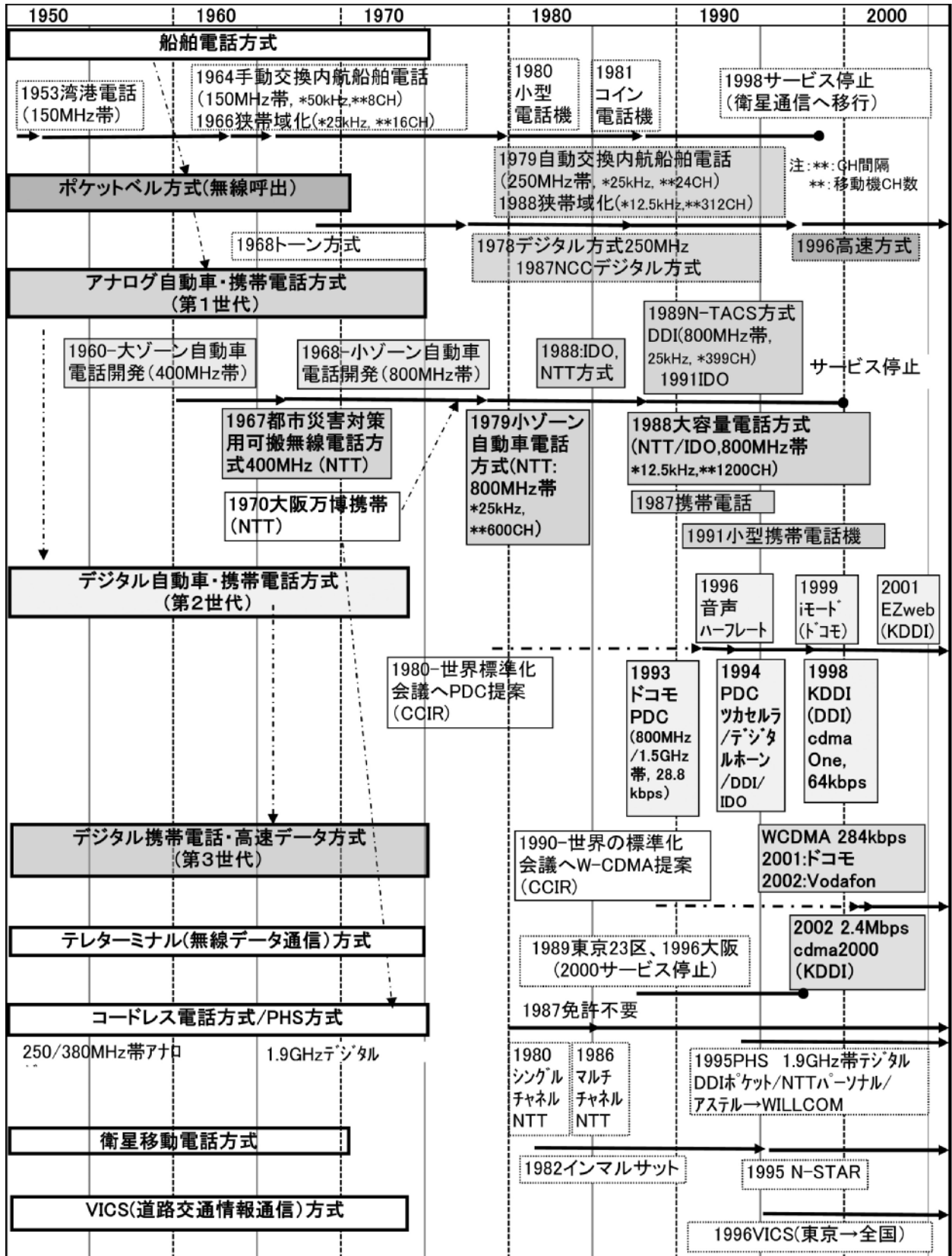
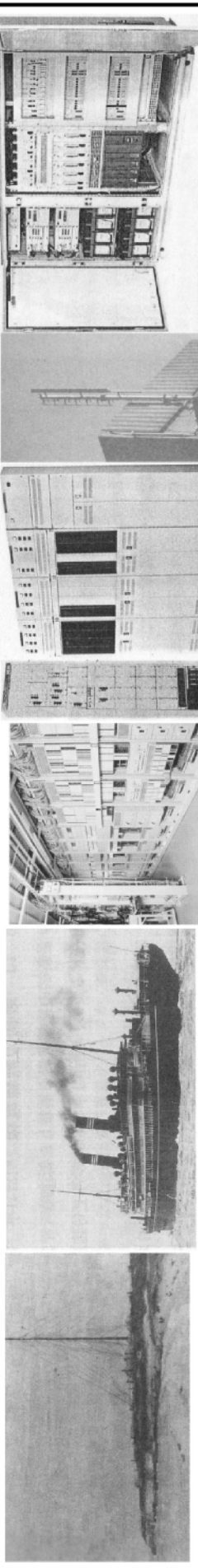
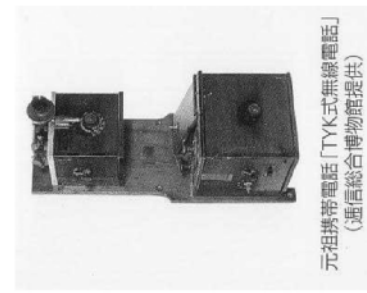


図2.2 公衆通信の方式経緯

| 項目      | 無線の黎明期     | 第一世代(1948-)           | 第一世代(1979-)    | 第一世代(1985-)   | 第二世代(1993-)    | 第三世代(2001-)          |
|---------|------------|-----------------------|----------------|---------------|----------------|----------------------|
| 伝送方式    | モールス信号     | アナログ方式                | アナログ方式         | アナログ方式        | デジタル方式         | マルチメディアインターネット方式     |
| 無線ゾーン   | 数km~3000km | 大ゾーン(半径20km以上)        | 中ゾーン(半径3~20km) | 小ゾーン(半径1~3km) | 小ゾーン(半径1~3km)  | マイクロゾーン(半径1km以下)     |
| 周波数帯    | 1MHz以下     | 30/60/150/250/400 MHz | 400/800 MHz    | 800MHz        | 800MHz, 1.5GHz | 2GHz, 800MHz, 1.5GHz |
| 変復調方式   | AM         | FM                    | FM             | FM            | デジタル多値変復調      | デジタル・スベクトル拡散・CDMA    |
| 基地空中線電力 | 数kW~数100W  | 250~40W               | 25~10W         | 25~10W        | 32~20W         | 20~10W               |
| 実装部品    | 金属シャーシ     | リード部品                 | 表面・リード部品混載     | 表面実装、チップ部品    | 超小型チップ部品       | モジュール化               |
| 端末機の形状  | ラック型       | 車載型                   | 車載型            | 可搬型・携帯型       | 携帯型(カメラ)       | パーソナル化(カメラ、TV)       |

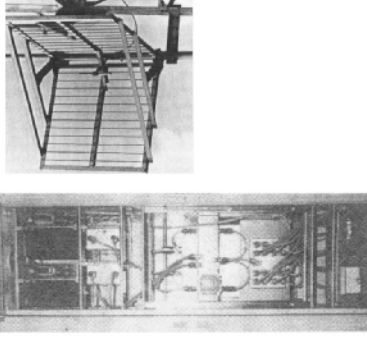


1908開設時の日本最初の銚子無線局と天洋丸との無線電信:1  
出典:1.若井登 高橋雄造(編):「てれこむ、夜明ヶ」pp193



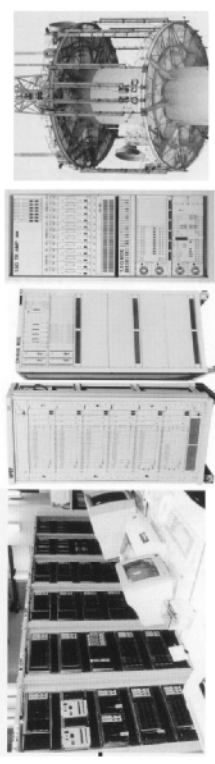
元祖携帯電話「TYK式無線電話」  
(通信総合博物館提供)

1912 TYK式無線電話



1953 内航船舶電話基地局:2と  
コーナー・リフレクタアンテナ:3  
出典:2.桑原・電波新聞「移動通信100年」  
2005.1-3. 3:日本電業)工作50年史 pp87

1979第1世代アナログ自動車電話交換機:4・制御:5・送受信:6・アンテナ(NTT):7

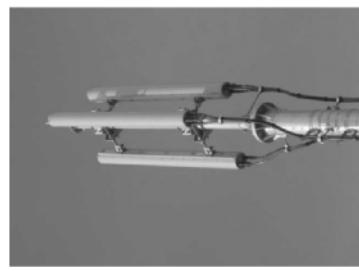


1993第2世代デジタル携帯交換機・音声・制御・送受信・アンテナ(ドコモ):8



1997トーンネル光伝送ブースタ親機(左)、子機(右)(ドコモ):8

2001第3世代W-CDMA・3セクタ  
2RF小型基地局(バッテリー電  
源・制御・送受信)(NEC):9



2002 W-CDMAアンテナ:10

出典:4. 日本電気最近十年史 pp26, 5:渡辺・他:「自動車電話方式の研究実用化」第26巻7号 pp280, 6:国際電気50年史 2005.9 pp203, 7:平出・小川:「新しい移動通信」オーム社 pp26, 8:NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル  
1.5GHzデジタル移動通信システム Vol.2 No.2 1994.1 福家・他:「光伝送ブースタ」, Vol.5 No.1 1999.4, 9:佐藤・他「WCDMA基地局の開発」INEC技術報 Vol.55 No.2 2002 pp28, 10.アンテナホームページ

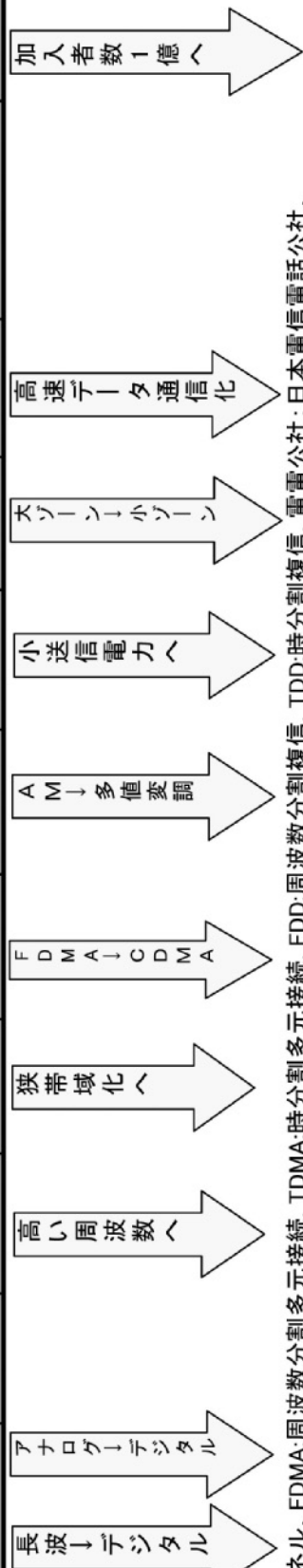
図2.3 移動通信システムの技術変遷



表2.2 移動通信システムの性能の変遷

| システム                        | サービス開始 | 無線周波数      | 占有帯域幅   | 無線アクセス            | 変復調方式   | 基地局送信     | ゾーン構成    | 通信速度                 | サービス事業者         | 加入者数   |
|-----------------------------|--------|------------|---------|-------------------|---------|-----------|----------|----------------------|-----------------|--------|
| 海外無線通信<br>(依佐美送信所)          | 1908   | 数10KHz     |         | x                 | AM      | 数100kW    | 数1000km  | x                    | 逋信省             | 0      |
|                             | 1930   | 数MHz       |         | x                 | AM/FM   | 数100W     | 数1000km  | x                    | 国際電話株           | 0      |
| 内航船舶電話                      | 1964   | 150MHz     | 25kHz   | FDMA              | PM      | 40W       | 中3-20km  | x                    | 電電公社            | 0      |
|                             | 1979   | 250MHz     | 25kHz   | FDMA              | PM      | 40/20W    | 中3-20km  | x                    | 電電公社            | 0      |
| 無線呼出<br>(ポケットベル)            | 1988   | 250MHz     | 12.5kHz | FDMA              | PM      | 20W       | 中3-20km  | x                    | NTT             | 0      |
|                             | 1995   | 2.6/2.5GHz | 12.5kHz | FDMA              | QPSK    | 2W(端末)    | 600km    | 64kbps               | NTTドコモ          | 約30k   |
| 都市災害無線<br>自動車電話<br>第1世代     | 1968   | 150MHz     | 10kHz   | x                 | FM      | 250/70W   | 大>20km   | 250ms/トーン            | 電電話公社           |        |
|                             | 1978   | 250MHz     | 12.5kHz | x                 | NRZ-FSK | 250/70W   | 大>20km   | 0.2-1.2kbps          | 電電話公社/NCC       |        |
| コードレス電話<br>自動車・携帯電話<br>第2世代 | 1996   | 250MHz     | 25kHz   | x                 | 4値FSK   | 250/70W   | 大>20km   | 1.6-6.4kbps          | NTT/NCC         | 514k   |
|                             | 1967   | 400MHz     | 25kHz   | FDMA              | FM      | 100/20W   | 中10-20km | x                    | 電電話公社           | 0      |
| 携帯電話<br>第3世代                | 1979   | 800MHz     | 25kHz   | FDMA              | FM      | 25/10/5W  | 中3-20km  | x                    | 電電話公社           | 0      |
|                             | 1985   | 800MHz     | 12.5Hz  | FDMA              | FM      | 25/10/5W  | 中3-20km  | x                    | NTT/NCC         | 0      |
| テレターミナル                     | 1989   | 800MHz     | 25kHz   | FDMA              | FM      | 45W       | 中3-10km  | x                    | NCC             | 0      |
|                             | 1980   | 400/250    | 25kHz   | FDMA              | FM      | <10mW     | 20-50m   | x                    | 電電話公社           |        |
| PHS<br>道路交通情報               | 1993   | 800/1500   | 25kHz   | TDMA/FDD          | QPSK    | 32W(1セクタ) | 小1-3km   | 28.8kbps             | NTTドコモ/J-Phone  | 43949k |
|                             | 1998   | 800MHz     |         | CDMA              | QPSK    | 20W       | 小1-3km   | 64kbps               | KDDI(au)        | 907k   |
| 第3世代                        | 2001   | 2/0.8GHz   | 5MHz    | CDMA              | QPSK    | 20/10W*   | 小1-3km   | 64-384kbps           | NTTドコモ/SoftBank | 24751k |
|                             | 2002   | 2/0.8GHz   | 1.25MHz | CDMA              | QPSK    |           | 小1-3km   | 64-600kbps           | KDDI(au)        | 21159k |
| PHS<br>道路交通情報               | 1989   | 800MHz     | 25kHz   | MC/ハイリット<br>ホーリング | 直接FSK   | 20W       | 中3-10km  | 9.6kbps<br>→19.2kbps | 日本シテイメディア       | 0      |
|                             | 1995   | 1900MHz    | 300kHz  | TDMA/TDD          | QPSK    | <500mW    | 数100m    | 256kbps              | WILLCOM等        | 4691k  |
| 第3世代                        | 1996   | 2.5GHz     | 85kHz   |                   | GMSK/AM | 10mW      | 60-70m   | 64kbps               | VICSセンター        | 14180k |
|                             |        | FM         |         |                   | L-MSK   | 5-10kW    | 25km     | 16kbps               |                 |        |
|                             |        | 850nm      |         |                   | PAM     | 2W        | 3.5m     | 1MHz                 |                 |        |

システムの特徴



注: MC:マルチチャネル, FDMA:周波数分割多元接続, TDMA:時分割多元接続, FDD:周波数分割複信, TDD:時分割複信, 電電公社:日本電信電話公社, NCC:New Common Carrier=新規参入事業者, NRZ-FSK:非ゼロ復帰-FSK:周波数シフトキーイング, L-MSK:Level controlled Minimum Shift Keying, 加入者数:k=単位は千人(2006年3月末現在), PAM:パルス振幅変調方式, QPSK:4位相偏振変調, GMSK:Gaussian Minimum Shift Keying

# 3 | 公衆無線通信の黎明期

今日の「ケータイ」の基礎を作り出した約100年の歴史、電波の発見の歴史、黎明期の端末技術の発展過程等については、「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書（Vol.6 March 2006）を参照されたい。

本章ではわが国最初の公衆無線通信の誕生、対欧送信施設の「依佐美送信システム」、長中波から短波通信への移行について、その概要を述べる。

## 3.1 公衆無線通信の誕生<sup>(1),(2),(3)</sup>

1908年、逓信省は、我が国最初の無線による公衆通信を行った銚子無線電信局を開設し、主に船舶との公衆無線電報の取り扱いを開始した（図3.1, 図3.2）。

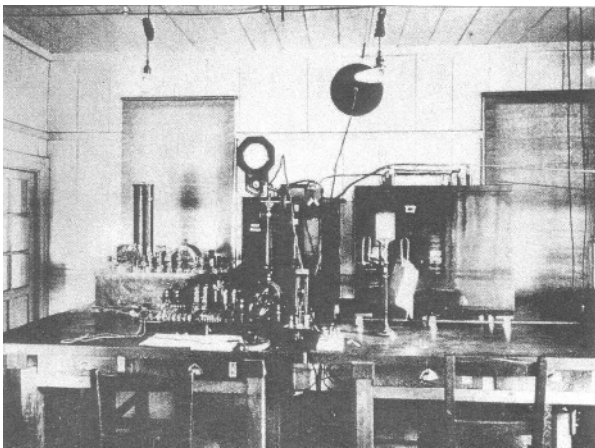


図3.1 我国初の銚子無線電信局の通信機械室<sup>(2)</sup>

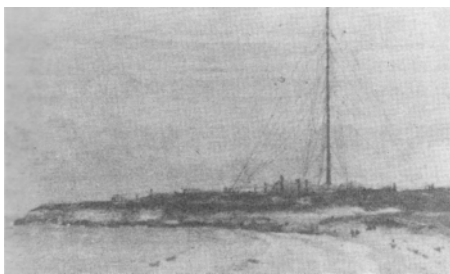


図3.2 我国初の銚子無線電信局アンテナ<sup>(3)</sup>

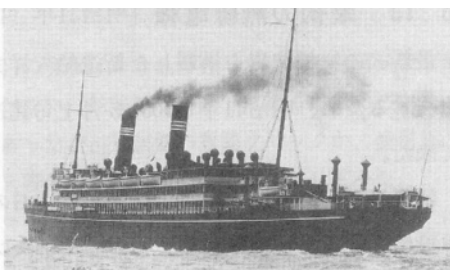


図3.3 銚子無線電信局と我国初の無線電報をした天洋丸<sup>(3)</sup>

船舶局として東洋汽船所属の天洋丸無線電信局が同時に開局した。当時はまだ無線局の私設は認められていなかったため、開局した無線局はすべて逓信省の所属であり、通信士は逓信官吏であり、民間の船でも、その通信室だけはお役人がいる役所であった。この状況は1915年、無線通信法ができるまで続いた（図3.3）。

1915年頃までに潮岬（和歌山県）、角島（山口県）、大瀬崎（現長崎）、落石（北海道）が開局し、海岸局6局、船舶局50局に達した。中波（波長300m）の電波による通信可能距離は約220km程度であった。船舶の安全航行に大きな役割を果たした。

1915年、落石無線電信局とロシアとの間で我が国初の海外無線電信業務が開始された。使用された周波数帯は、長波帯であった。

1916年、海軍と逓信省は船橋無線電信所を開設し、日米間の初めての電信業務が船橋局43kHz（波長7,000m）、ハワイ局約50kHz（波長6,000m）の周波数で開始された。

最初は海軍と通信時間を分け合っていた逓信省であったが、対米通信量が増加したことに加え、本電信所が送受信機を同一場所に設置しており、其の都度切り替えて行う単信方式であったから、送信中は受信できず、受信中は送信ができないという不便があったため、新たに送信所を原町に、受信所を富岡に建設した。

1921年に開局した逓信省磐城無線電信局の原町送信所には、高さ200メートルの鉄筋コンクリート製支柱を中心として、直径800メートルの傘型に線を伸ばしたアンテナが使用された。1922年、国産初の長波400kW電弧式のアレクサンダーソン発電機式送信機（芝浦製作所製）が用いられた。同局は1927年まで運用され、関東大震災の災害状況を含め対米国際通信に大きく貢献した。コンクリート塔は1982年に取り壊されたが、その跡地には記念塔が建てられている。当時の無線電報の料金は、和文15字以内が20銭、5字増す毎に5銭で、更に陸上分が一般料金として加算された。

## 3.2 対欧送信施設の「依佐美送信システム」<sup>(4),(5)</sup>

### (1) 依佐美送信システムの概要

依佐美送信所はヨーロッパとの無線通信のために、半官半民で創設された日本無線電信(株)によって、現刈谷市高須町につくられた。1927（昭和2）年に着工、1929（昭和4）年に完成して運用を開始した。



送信所の敷地面積は6.6ha、鉄塔の高さは250m、アンテナの長さは1760m、世界最大の出力500 kWという巨大な長波の通信施設でモールス信号伝送方式であった(図3.4)。受信所は四日市市郊外に1929年に完成した。

依佐美送信所が完成した頃には、短波による海外通信が始められ、長波の送信設備は無用の長物となったが、短波通信の補助的な装置として使われ、初期の目的は一応果した。

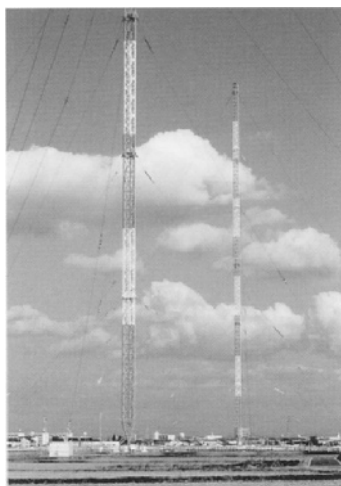


図 3.4 当時高さ250mの鉄塔が8本そびえていた<sup>(4)</sup>

その後、長波は水中へも伝播するという特性が注目され、1941(昭和16)年より海軍の管轄下に入り、潜水艦との通信用施設として依佐美送信所は新しい使命が生じた。第二次大戦が終了するとともに、依佐美送信所の役目はこの時に終了し整理される予定であったが、1950(昭和25)年よりアメリカ海軍の潜水艦への通信施設として使用されることになった。この施設を維持管理するため電気興業(株)が設立され、日本政府が、この会社より施設を借り受け、さらに米軍に貸与するという形をとった。アンテナの張り替え、送信機の整備等が行われ、1952(昭和27)年より再び送信が開始された。以来、米軍の極東における最重要通信施設として使われてきたが、1993(平成5)年に送信を停止し、翌1994(平成6)年に日本に返還された。



図 3.5 依佐美送信所の本館全景<sup>(4)</sup>

## (2) 逓信省建築の様式を受け継ぐユニークな建物

巨大な八基の鉄塔の西の端に、送信所の本館と送信室があった。この送信所の建設に際し、建設費の一部に第一次世界大戦におけるドイツよりの賠償金が充てられた。

設備はドイツのテレフンケン社製である。本館は半田市出身の建築家竹内芳太郎氏の設計で、かつての逓信省建築の様式を受け継ぐ大変ユニークな建物である(図3.5)。送信室内の様子は、発電機、電動機、コイルなど見上げる程の巨大なものばかりであった(図3.6, 図3.7, 図3.8)。



図3.6 依佐美送信室の全景<sup>(4)</sup>



図3.7 高周波発電機(電気興業社所蔵)



図3.8 コンデンサーとコイルによる共振で長波を発生(電気興業社所蔵)

三相誘導電動機で直流発電機を運転し、交流を直流に変える。次にこの直流で直流電動機を回し、制御して回転数を一定にする。この直流電動機で高周波発電



機を回して、安定した周波数（5.814kHz）の交流を発生させる。さらにこの交流の周波数を三通倍した17.442kHzの交流電流にしてアンテナに送り、波長が17.2kmという長波を発生させる。周波数を三通倍する回路では、直径約2mのコイルと多数のコンデンサが使われている。送信室内には、そうした電動機と発電機の組み合わせ設備が二組あって、当時はまさに発電所の様相であった。

### (3)「依佐美送信所記念館」に一系統を移設

平成9年3月には、8基の鉄塔が全て撤去され、現在は10分の1の高さ（25m）の鉄塔が1基記念に残されている。建物には無線送信機などの機器が残っており、現存する無線送信所跡としては国内で最古級であったが、最近撤去された。送信機は4台1式で、計2式ある。このうち1式は、刈谷市が跡地に隣接して建設した「依佐美送信所記念館」に移設済みで、2007年4月から公開展示される予定である。

## 3.3 長中波から短波通信への移行<sup>(5),(6),(7)</sup>

1928年頃になると、長波から短波へ移行し、送信機に真空管が使用されてきた。1940年代には、中波・短波帯の無線電話が、国産技術で実用化された。

(1) 小山送信所 1930年短波専用の小山送信所が開設され（図3.9）、福岡受信所と対をなす短波通信の体制が整い、長中波使用の福岡送信所は1932年に廃所、原町送信所も1933年に停止した。



図3.9 小山送信所送信機室  
（両側へぎっしり短波送信機）<sup>(6)</sup>



図3.10 SSB短波送信機（4.7～20MHz、10kW、KDDI所蔵）

小山送信所は、16m、20m、32mの3波を切り替える出力20kWから40kWの短波送信機4台と出力10kWの短波送信機3台を備えていた。いずれも国産であった（図3.10）。それまで海底電信で扱われていた電報が、急速に無線電信に移行し、1934年には米国方面との通信の約8割が無線電信で扱われるようになった。衛星通信の普及により、小山送信所は、1985年に廃所となり、その後1990年に「国際通信史料館」として活用されている。

建物は、赤のじゅうたんが敷かれ、天井は高く、豪華で古風な建物である。国際通信に大きな足跡を残した貴重な機器の展示がある。玄関前には真空管を水冷するための池があったそうであるが、今は小石で埋められている。周りは林で、短波時代は海外向けのアンテナが多数設置されていたが、今は撤去された（図3.11）。



図3.11 国際通信史料館前（当時前庭は真空管の水冷池）

(2) 銚子無線局 銚子無線局に1930年に500W送信機が、1939年に10kW水冷式が導入された。終戦後、銚子局は1952年に日本電信電話公社へ受け継がれた。1954年頃から南水洋捕鯨、南極昭和基地との交信、落石無線局の銚子局への統合等で設備増強が行われたが、船舶通信の衛星利用等で短波による業務は急激に減少し、1996年に停止し88年の歴史を閉じた<sup>(7)</sup>。

### 参考資料

- (1) 若井登監修：「無線百話」、(株)クリエイティブ・クルーズ
- (2) 日本の技術100年、5通信 放送 筑摩書房 第1版 pp.44（1987.9.25）
- (3) 若井登、高橋雄造（編）：「てれこむノ夜明ケ、黎明期の本邦電気通信史」、電気通信振興会、pp.204-244（1994）
- (4) 「依佐美送信所70年の歴史と足跡」、電気興業株式会社、平成9年3月31日発行
- (5) 「KDD社史」、KDD社史編纂委員会、KDDIクリエイティブ pp.16-336（2001.3）
- (6) 21世紀への礎国際通信を支えた建築群、国際電信電話株式会社、pp.90（2001.11）
- (7) 福島雄一：「につぼん無線通信史」、朱鳥社、pp.58-59（2002.12）

# 4 第一世代のアナログの揺籃期から実用期

移動通信が本格化したのは第二次世界大戦後のことであり、我が国の復興期に際して、戦時に研究されたFM無線技術は徐々に経済・社会に浸透して行った。1949年の警察無線に始まり、その後船舶無線、列車無線、タクシー無線、無線呼出（ポケットベル）、自動車電話・携帯電話、コードレス電話、航空機電話、テレターミナル等のサービスが実現した。これら各種のシステムの発展を支えたのは、1948年米国ベル研究所で発明されたトランジスタに代表される半導体である。

## 4.1 移動通信の離陸

日本の移動通信の商用サービス第1号は、1953年横浜港から出港した船からだった。イギリスのエリザベス女王の戴冠式にご出席になる皇太子殿下（今上天皇）のニュースが我が国最初の「湾港船舶電話サービス」を使って伝えられ、翌日の新聞の第1面を飾った。

### (1) 船舶電話サービス<sup>(1),(2)</sup>

#### 1) 湾港電話（1953年）

150MHz帯の「スケルチ方式：電波干渉を制御」を使用した港湾船舶電話は、1951年11月、当時の電気通信省が実験通話を神戸で行なった。1952年に日本船舶通信株式会社（現在のドコモ・センツウ株式会社）が設立され、1953年3月末に京浜地区および阪神地区の港湾内で、商用サービスが開始された。次いで1958年瀬戸内海、駿河湾で「パイロット方式：信号の発着呼動作の向上」を使用したサービスが開始された。

#### 2) 内航船舶電話（1964年、湾岸約50kmのサービス）

1964年、150MHz帯を使用した手動交換内航船舶電話が横浜、神戸で開始された。電話の接続は交換手が行った。陸上の電話加入者が船舶電話を呼び出す場合、その船舶が在圏しているような海域を担当する交換台に申し込む。

混信を防ぐため電波をA、Bの2群に分け、隣接する基地局ごとにA、B、A、Bと繰り返し利用する2ゾーン方式を採用していたが、電波の伝わり具合によっては1つ先のエリアから同じ周波数の電波が飛んでくる混信があり、通話品質が劣化する場合があった。

また、通話している途中で船舶が隣のゾーンに移ったときの追跡切り替えは行っていないので、そのときには再度、電話をかけ直さなければならなかった。

当初150MHz帯の50kHz間隔、32チャンネルで発足した。移動機はそのうちの8波から波を選べるように作られ、自船がいるエリアで利用可能な周波数に切り替えて通信を行った。

その後、電話の設置を希望する船が増えたため、25kHz間隔でチャンネル数を2倍にした。同時に移動機側も24波切り替えに改善された。

手動内航船舶電話方式は、船舶に設置される移動機、陸上無線基地局（無線機、交換機）、保守局、取り扱い局で構成される（図4.1）。主要諸元を次に示す。

- \*無線周波数：150MHz帯
- \*無線方式：多チャンネル自動切換方式
- \*通話方式：同時送受話
- \*呼出方式：パイロット信号制御方式、  
交換台→船舶方向は多周波符号による選択呼出
- \*通話品質：単音明瞭度60%以上
- \*送信出力：基地局：40W（AC200V停電時5W：DC48V）、  
移動局：10W
- \*空中線利得：基地局：7dB（90度コーナリフレクタ）、  
移動局：0dB（半波長ダイポール）

その後1979年には日本沿岸全域に拡大するため250MHz帯を用いた自動交換内航船舶電話がサービスされた。初めて盗聴防止のため反転秘話が導入された。基地局も約112局に増やされ、また電波を3群に分けて繰り返し利用する3ゾーン方式を採用したことにより、2ゾーン方式の頃にあった電波干渉がなくなって品質が大きく改善された。基地局送受信装置は、1964年に

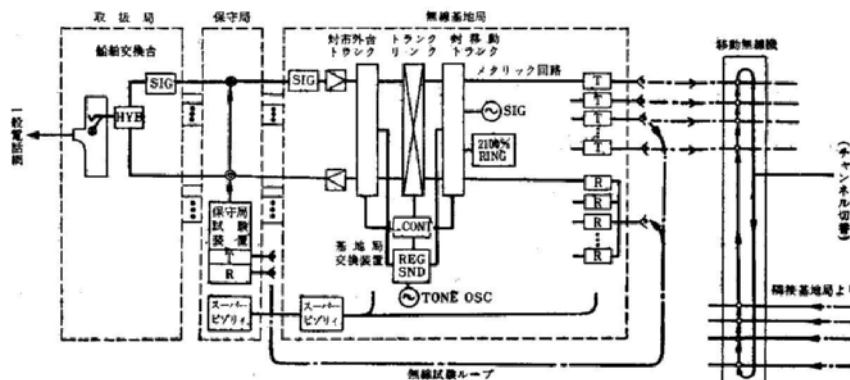


図4.1 手動内航船舶電話方式の回線構成（1964年）<sup>(2)</sup>



設置した真空管式が、1979年に全固体化された（図4.2, 図4.3）。

1980年に小型電話機、1981年にコイン電話機、1988年にカード型電話機がサービスされた。

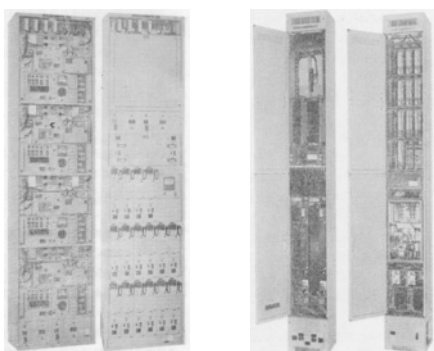


図4.2 船舶電話用基地局送受信装置

（左：真空管式、右：全固体化）<sup>(2)</sup>

左：150MHz帯：520x225x1800mm架：送信4台、  
受信：16台（AC200V/DC-48V）、1964年  
右：250MHz帯：260x225x2100mm架：送信4台（切替付時：2台）、  
受信：16台（DC-21V/-48V）、1979年

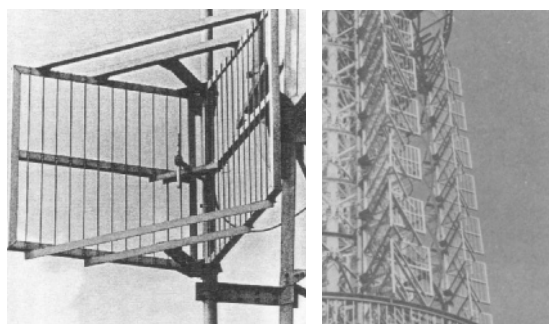


図4.3 基地局アンテナ：90度コーナリフレクタ<sup>(3), (4), (5)</sup>



図4.4 新内航船舶電話の基地局（NTT所蔵）

1988年、利用者の増大のため自動車電話の技術を導入して、小型・軽量化・経済化や周波数効率の向上を図った。この新内航船舶電話は自動車・航空電話との共用化が図られた。自動車電話の無線回線制御（MCS）、交換局（AMS）が共用された（図2.8、図4.4）。移動機は可搬型の新船舶電話機がサービスされた。

共用化により、システムコストの低減、移動機コストの低減・小型化、システム容量の増大（約1.4倍）等の向上を実現した。しかし、その後携帯電話の普及で湾岸でも利用できるようになったのと、衛星通信のデジタル方式の「ワイドスターのサービス」が1995年に開始され、日本沿岸約200海里（約370km）にいる船と陸上、また船どうしが連絡できるようになったので、このアナログ方式船舶電話サービスは1998年に終了した。

## (2) 都市災害対策用無線電話システム<sup>(2),(3)</sup>

自動車電話システムの研究は、1955年頃から始まり、1961年に400MHz帯を利用する手動交換接続が開発され、1967年には自動交換接続方式の自動車電話システムが開発された。この400MHz帯システムは、無線チャンネルの確保が難しいなどの理由で商用化には至らなかった。1968（昭和43）年に起きた十勝沖地震の経験から、地上の公衆電気通信網が全滅に近い状態に陥った事態における最終の通信手段として都市災害対策用無線電話システムが全国主要都市に導入された。主要諸元を次に示す。

- \*周波数：400MHz帯（送信と受信別）、\*無線チャンネル：71ch
- \*無線方式：多チャンネル自動切換方式、\*無線ゾーン：大ゾーン
- \*送信出力：基地局：100W（セラミック管）/20W、移動局：5W
- \*呼出方式：多周波符号による選択呼出
- \*制御信号：音声帯域内トーン（6波）
- \*変調・最大周波数偏移：PM変調、±5kHz \*チャンネル間隔：25kHz
- \*送信周波数安定度：基地局：±1x10<sup>-7</sup>、移動局：±5x10<sup>-6</sup>
- \*空中線利得：基地局：9dB（無指向性多段、コーナ、プレーン等）、  
移動局：0dB（スリーブ、ホイップ半波長ダイポール）
- \*交換方式：クロスバ型交換機、
- \*加入者容量：移動機収容最大7,000移動機収容可能

1974（昭和49）年から各省庁、地方自治体などに配備され（半径約20kmの中ゾーン構成）、一時は2,300台の電話機が災害に備えて待機したが、幸い、これが大活躍するような災害に遭遇することはなかった。

基地局は送受信装置、交換機、受信局選択装置、周波数制御装置などから構成されている。送信装置は標準架に400MHz帯、FM変調、100W長寿命セラミック



図4.5 都市災害対策用無線電話の基地局試験作業（1967年）<sup>(6)</sup>



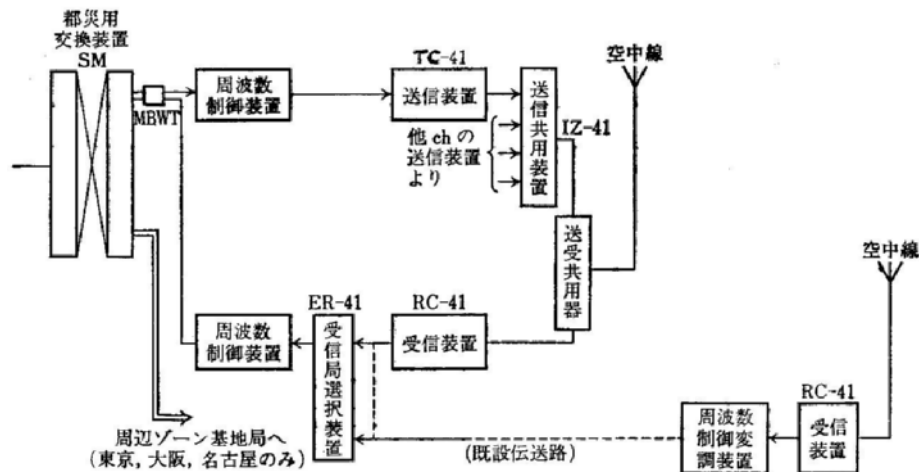


図4.6 都市災害対策用無線電話システム基地局の構成図<sup>(2)</sup>

管を1台実装した1号装置と20W送信機2台を実装した2号装置からなる。受信装置は標準架に400MHz帯、FM復調の受信機が16台実装されている。受信局選択装置は最良な受信出力を選択する機能を有する。周波数制御装置は音声周波数の反転（秘話機能）と伝送周波数ずれを補正する機能を有する（図4.5, 図4.6）。

交換装置は手動内航船舶電話方式と同様に無線回線を多数の端末機で共用するための無線回線制御、無線系の信号を一般電話網の信号に、あるいはその逆に一般電話網の信号を無線系の信号に変換する機能を有する。各種リンクはクロスバスイッチを使用している。

## 4.2 無線呼出(ポケットベル)サービス<sup>(7)</sup>

日本最初の公衆サービスは1968年に150MHz帯(TC11)のトーン方式で、日本電電公社が東京23区で開始した。サービス開始とともに契約数は予想を上回る勢いで伸びていった。150MHz帯の周波数帯が満杯になったため、1974年から新しい周波数帯(280MHz帯、TC15、CE15)を併用、1978年には世界に先駆けてデジタル方式が導入された(図4.7)。通信自由化により1987年、九州ネットワーク・システムズ等が開始し、1990年の宮崎テレメッセージまで36社が参入し、1地域2社(日本電電公社と新規参入会社)による競争時代に入った。1987年の連絡先電話番号を数字で表示できる方式、1994年のカナ文字を表示できる方式、1996年の漢字表示の多機能化の三つの表示方式が開発された。1995年3月の端末買い取り制度の導入とともに、急速な普及が始まり低価格化が進んだ。特に女子高生のコミュニケーションツールとして爆発的に普及し、注目を集めた。日本で広く一般に普及した初めての携帯通信機器である。無線呼出装置の変遷を以下に示す。

\*1号無線呼出装置(1968年から)：加入者のダイヤルパルスを呼出用の選択符号に変換して無線送信機へ送出する機能を持つ。制御方式はワイヤードロジックである。

\*2号無線呼出装置(1978年から)：デジタル化対応に開発された。制御方式はワイヤードロジックである。

\*3号無線呼出装置(1987年から)：固定網からの回線単位に対応する信号処理装置および信号処理装置と保守用端末とのインターフェース機能を有する装置である。CPUを有し、プログラム制御で動作する。

\*4号無線呼出装置(1989年から)：数字表示付きを開始するため、SPC(蓄積プログラム制御)方式による装置である。マルチエリアサービス(登録地域呼出サービス)機能を有する装置である。



図4.7 無線呼出基地局装置  
(左からTC11：150MHz送信装置，CE15：符号化装置，TC15：280MHz送信装置) (NTT所蔵)

## 4.3 自動車電話サービス

自動車電話が開発された当初は、一つの基地局のカバーエリアを大きくし、少ない基地局でサービスを提供する「大ゾーン方式」だった。利用者の増大に伴い、収容能力が大きく効率の良い「小ゾーン方式」へ変わってきた。

1970年に日本電電公社電気通信研究所は、全国規模の自動車電話サービスを提供するために、800MHz帯を利用するセル方式システムの開発に着手した。セル方式の特徴は、次のような点である（図4.8）。

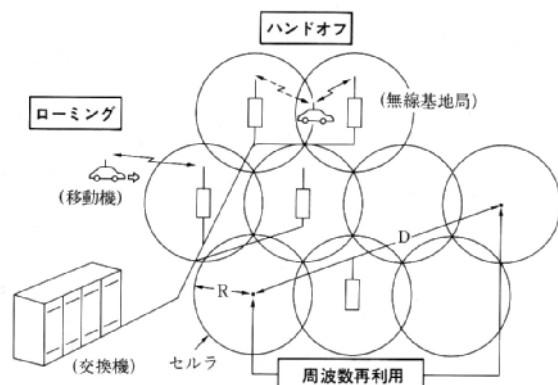


図4.8 セル方式の特徴

\*「セル」と呼ばれる多数の小さなエリアに分割し、同じ周波数の電波が互いに干渉しない程度の距離をとって、複数のセルで繰り返し利用する「小ゾーン方式」であり、限られた周波数帯を有効に活用できる。

\*大束の周波数を共用して、多数のユーザーが複数の周波数の中から空いている周波数を探して使用する。

\*追跡交換（ハンドオフ）機能がある。通話中の移動局が通信している基地局のエリアから外へ出て隣のエリアに移行しても自動的に追跡接続する。

\*位置登録（ローミング）機能がある。移動局の居場所を交換機へ登録しておくので、移動局の居場所を直ぐ見つけさせる。

\*「送信出力」を低く出来るので、装置の小型化が図れる。

### (1) NTTドコモとNCCの誕生

米国のセルラ電話の標準規格策定が遅れたため、日本の日本電信電話公社が世界で最初にセルラ電話サービスを1979（昭和54年）年に開始する幸運を得た。日本電信電話公社は1985年（昭和60年）4月1日に民営化され、日本電信電話株式会社（NTT）が誕生した。国内通信は日本電電公社、国際通信は国際電信電話（KDD）の各1社体制だった我が国の電気通信事業が

自由化され、新電電（NCC）各社が新たに電気通信事業に参入してきた。翌年には自動車電話、ポケットベルなどの移動通信の分野でも、NCCが誕生した。

トヨタ自動車系の日本移動通信（IDO）が1988年12月から首都圏で、翌1989年12月から中部圏で「NTT方式の大容量自動車電話方式」でサービスを開始した。また1989年7月から第二電電（DDI）系の関西セルラーが近畿圏で米国モトローラの開発した英国のTACS（Total Access Communication System）方式を日本の周波数に直したJ-TACS自動車電話サービスをスタートさせ、セルラー系はその後サービスエリアを九州、中国、東北、北海道、北陸、四国へと拡大し、更に狭帯域化したN-TACS方式を導入した。

日本のセルラ電話方式は日本の「NTT方式」と米国モトローラ社の「J-TACS方式」、「N-TACS方式」の世界に例のない複数方式で運用された。

日本移動通信（IDO）の事業地域である関東・東海・甲信地区と、DDIセルラーの事業地域である関西（大阪）などとの地区で、システムの互換性がないため相互利用ができない状態であった。さらに、米国の圧力によって米国包括通商法の電気通信MOSS協議が開かれた結果、1991年10月に、IDOも東京23区でN-TACS方式（トヨーキョーフォンとして）の導入を始め、1992年12月によりやく両グループのTACS方式のローミングが開始され、相互利用が可能になった。

こうして全国的に、IDOまたはセルラー系とNTTとの1地域2社の競争体制ができあがり、料金・サービスの競争が始まった（表4.1）。

表4.1 各事業者のセルラ電話システムの技術比較

| 事業者              | NTT    |           | 日本移動通信 (IDO) |           | セルラー系 (DDI)        |           |
|------------------|--------|-----------|--------------|-----------|--------------------|-----------|
|                  | NTT導入時 | NTT大容量    | NTT大容量       | N-TACS    | J-TACS             | N-TACS    |
| 方式               | 800MHz | 800MHz    | 800MHz       | 800MHz    | 800MHz             | 800MHz    |
| 周波数帯             | 25KHz  | 12.5KHz   | 12.5KHz      | 25KHz     | 50KHz              | 25KHz     |
| チャンネル間隔 (インターリフ) |        | (6.25KHz) | (6.25KHz)    | (12.5KHz) | (25KHz)            | (12.5KHz) |
| 無線チャネル数          | 600    | 1,200     | 800          | 800       | 400                | 800       |
| 移動機送信出力          | 5W     | 1~5W      | 1~5W         | 1~5W      | 5W                 | 1~5W      |
| ダイナミック受信         | なし     | あり        | あり           | なし        | なし                 | なし        |
| 最大周波数偏移          | ±5KHz  | ±2.5KHz   | ±2.5KHz      | ±5KHz     | ±9.5KHz            | ±5KHz     |
| サービス地域           | 全国     |           | 首都圏、中部圏      |           | 関西、九州、中国、東北、北海道、沖縄 |           |
| サービス時期           | Dec-79 | May-88    | Dec-88       | Oct-91    | Jul-89             | 1991      |

政府は、市場のさらなる活性化を促すために、NTTの移動通信事業部門を別会社として分離・独立させることを決定した。そして、「NTTドコモ」が1992年7月営業を開始した。それまでの携帯・自動車電話は、主として企業経営者、個人事業主、資産家などが利用し、「ステータスシンボル」的な面もあったが、ネットワークの充実によって使いやすくなったことや保証金の廃止などにより、この頃からユーザー層が拡大し、「ビジネスツール」として位置づけられるようになった。

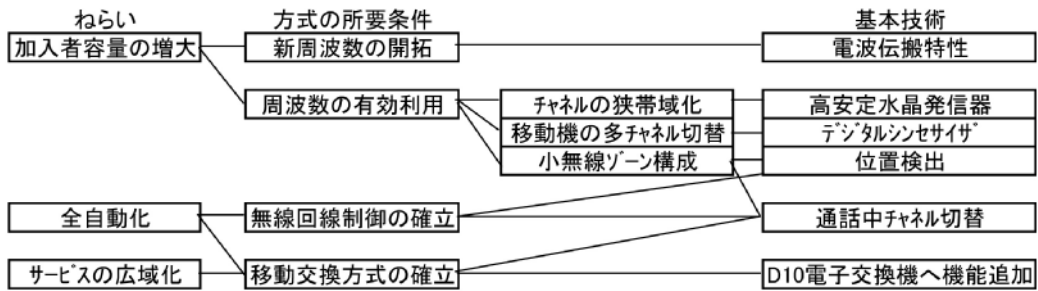


図4.9 自動車電話方式開発に取り組んだねらいと基本技術<sup>(6)</sup>

(2) 自動車電話方式の特徴と構成<sup>(9),(2)</sup>

自動車電話方式は無線技術を中心に交換、電話機などの統合技術開発により実現された。本方式開発に取り組んだねらいと基本技術と構成を示す(図4.9, 図4.10)。

\*無線基地局：無線区間の各種信号の送受信、および無線回線品質の監視などを行う(図4.11, 図4.12, 図4.13)。

\*無線回線制御局：無線回線の設定および無線回線の切替指令、無線基地局の監視制御および無線回線の監視制御、試験などを行う(図4.14)。

\*自動車電話交換局：一般電話と自動車電話および自動車電話相互間の交換接続、自動車位置の記憶、自動車電話発信通話に対する課金処理などを行う(図4.15)。

\*移動機：無線区間の各種信号の送受信、および無線チャネルの切替、位置登録情報の送出などを行う。

主要諸元を次に示す。

NTT自動車電話方式諸元

- \*周波数：800MHz帯(送信と受信別)
- \*無線チャネル：1000ch、通話：16-120ch、着信制御：2ch、発信制御：5ch、\*無線ゾーン：セルラ半径5-10km
- \*信号形式：無線回線制御：300bps、ダイヤル：トーン信号形式
- \*チャネル間隔：25kHz、\*加入者容量：1地域10万移動機収容
- \*送信出力：基地局：25W、移動機：5W
- \*周波数安定度：基地局：±0.15x10<sup>-6</sup>、移動機：±2.5x10<sup>-6</sup>
- \*変調方式・最大周波数偏移：位相変調(PM)、±4.5kHz
- \*空中線利得：基地局：11dB  
(無指向性4群共用アレー、64chを1アンテナへ)、  
移動局：0dB(ホイップ半波長ダイポール、トランクリット等)
- \*交換方式：D10自動電子交換機、

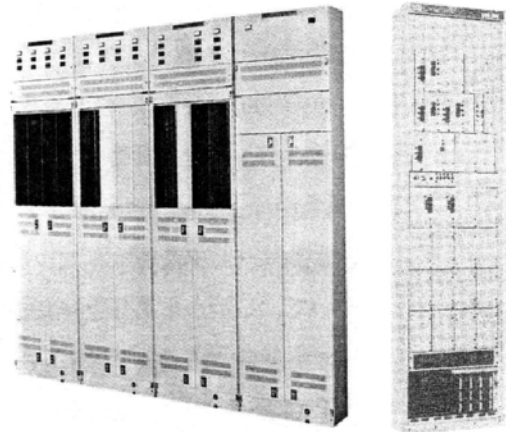


図4.11 基地局送受信装置(左)と無線基地局制御装置(右)<sup>(6),(8)</sup>

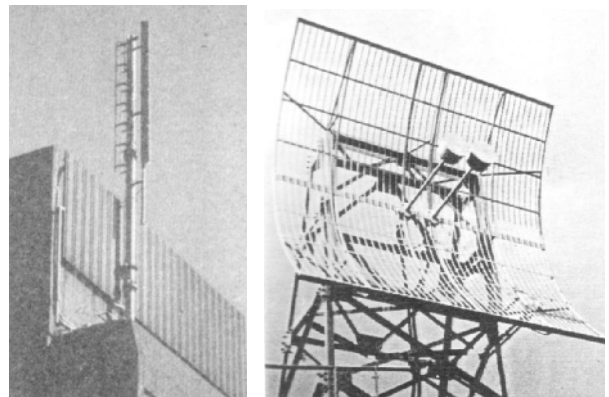


図4.12 基地局アレーアンテナ(左)と2次パラボラアンテナ(右)<sup>(4),(5)</sup>

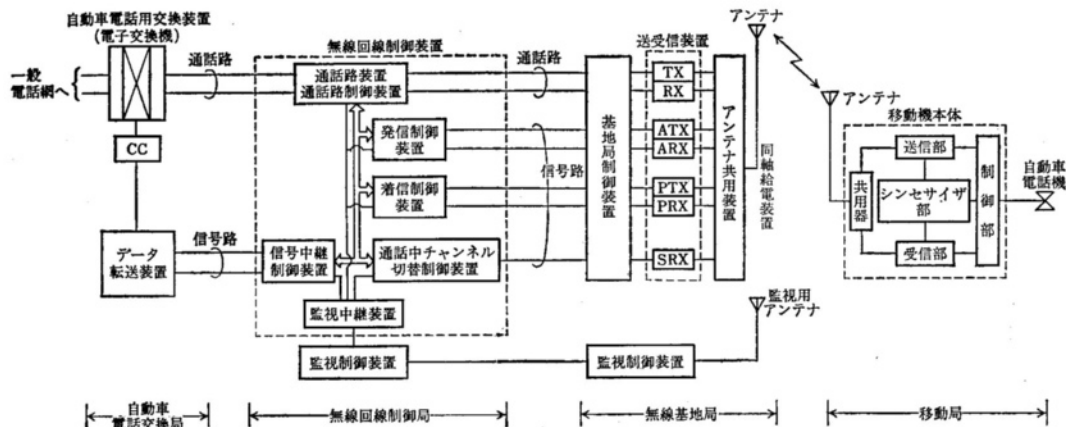


図4.10 NTT自動車電話方式構成図<sup>(2)</sup>



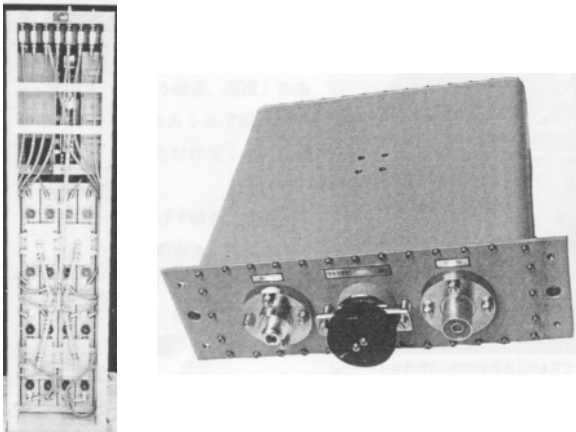


図4.13 基地局アンテナ多チャンネル共用装置 (左) ユニット (右)<sup>(5)</sup>

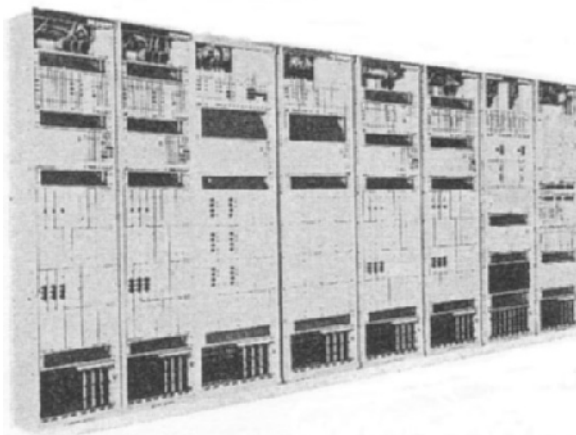


図4.14 無線回線制御装置 (着信・通話・チャンネル切替・接続動作)<sup>(9)</sup>



図4.15 自動車電話用D10自動電子交換装置 (NTT所蔵)

### (3) 中小都市用・大容量方式 (周波数有効利用の技術)

1983年には、中小都市用自動車電話方式が導入され、自動車は全国いずれのサービスエリアへ移動しても利用できる「全国サービス」を開始した。ところが、大都市地域の急増する自動車・携帯電話の需要に対応できなくなってきたために、1988年に大容量自動車電話方式と呼ばれる高効率方式が導入された。周波数有効

利用の宿命から、各方式の小ゾーン化、セクタ化、無線のチャンネル間隔の狭帯域化、隣接基地局でチャンネル間隔を半分で通信する「インターリーブ」が推進されて来た (図4.16, 図4.17)。

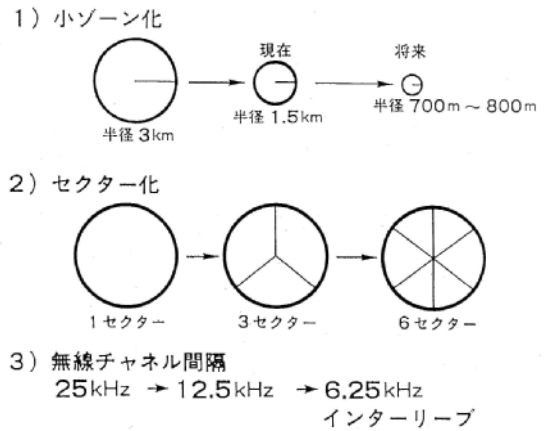


図4.16 動通信システムの周波数使用効率向上の推移

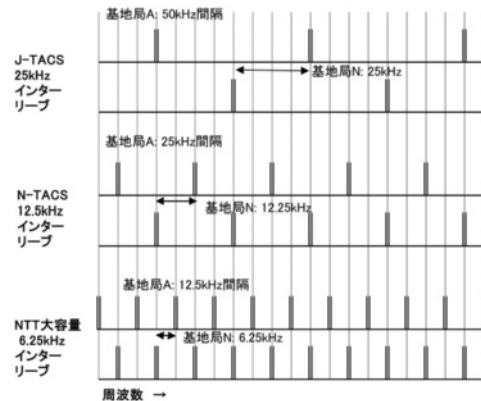


図4.17 各方式の無線の電波のチャンネル間隔

たとえば、ゾーンの大きさを半分にする、周波数利用率は面積比で約4倍になる。ゾーンを3セクタにすると、周波数利用率は約3倍になる。無線のチャンネル間隔を半分にすると、周波数利用率は約2倍になり、更に干渉の影響がない少し離れたなれた基地局で更にチャンネル間隔を半分に「インターリーブ」を使用すると更に約2倍向上する。

## 4.4 アナログコードレス電話<sup>(2)</sup>

1970年 (昭和45年) に大阪・千里丘陵で開かれた日本万国博覧会 (EXPO'70) へ日本電電公社から10年前から研究を進めてきたコードレス (携帯) 電話が出展された<sup>(1),(2),(3)</sup>。

### (1) 1周波数方式のコードレス電話 (アナログ)

1980年、1周波数方式のコードレス電話 (アナログ) サービスが開始された。600型電話機筐体内へコードレス電話、単一乾電池2本を実装した製品だった。無

線ゾーンは1台ごとに1波を使用することとし、2階以下の低層と3階以上の高層の2種類に分け、低層は150メートル四方、高層は300メートル四方を一単位とし、4単位を1区画として電波を割り振って行った。大変な作業であった(図4.18)。この面倒さを解決するため、自動車電話と同じ、マルチチャンネルアクセス方式の開発が進められた。

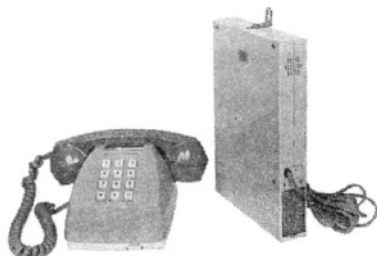


図4.18 1波 コードレス電話  
(左：コードレス電話機、右：接続装置)<sup>(2)</sup>

## (2) マルチチャンネルアクセス方式のコードレス電話

1984年からマルチチャンネルアクセス方式(MCA)のコードレスが導入された(表4.2, 図4.19)。MCA方式のコードレスの導入時は、ハンドセットとその置き台のツーピースであったが、小型化・軽量化・低価格化するため、IC化・小型部品化を図り容積・重量とも約1/3にしたワンピース型コードレス電話が実現された。

表4.2 MCA方式コードレス電話の主機能と性能<sup>(9)</sup>

| 項目    | ツーピース  | ワンピース   |
|-------|--|---|
| 電話機   | 寸法: 75x235x85mm<br>重量: 850g<br>電源: 乾電池(単2x2)         | 寸法: 60x200x110mm<br>重量: 400g<br>電源: 充電式(単2x2)   |
| 接続装置  | 接続端子: ネジ止め<br>電源: AC100V                             | 接続端子: モジュラ<br>電源: AC100V  |
| 機能・表示 | *発着信機能<br>*トーンリング音量切替<br>*低電圧表示<br>*圏外表示<br>*フックスイッチ | *発着信機能<br>*トーンリング音量切替<br>*低電圧表示<br>*圏外表示<br>*フックスイッチ<br>*機能ボタン(オン・オフ・再ダイヤル)<br>*充電表示<br>*電源スイッチ |
| 性能    | *空き無線チャンネル検出<br>*電波干渉検出<br>*バッテリーセービング               | *空き無線チャンネル検出<br>*電波干渉検出<br>*バッテリーセービング  |
| 周波数   | 接続装置送信: 380MHz<br>電話機送信: 250MHz                      | 接続装置送信: 380MHz<br>電話機送信: 250MHz   |
| 無線CH数 | 46CH(シンセサイザー式)                                       | 46CH(シンセサイザー式)  |

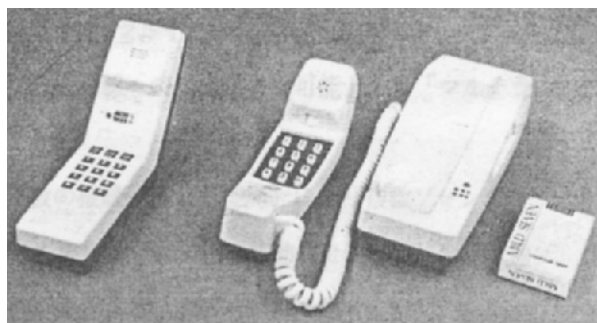


図4.19 MCA方式コードレス電話  
(左：ワンピース型、右：ツーピース型)<sup>(9)</sup>

無線チャンネルを1つしか持たない移動機は、もしその無線チャンネルが別の移動機で使用中であればその通信が終了するまで使用できない。この解決手段であるMCA方式は、移動機に複数の無線チャンネルを共有させ、空いている1無線チャンネルを割り当てて通信する方式である。そのため一個のクリスタルからどんな周波数の電波でも創り出すことのできる周波数シンセサイザが出現した。これが半導体技術の進歩により気楽に使える価格まで値下がりし、加えて混信しない周波数を自動的に選択する制御の技術が確立された。

## (3) 小電力型コードレス電話

1985年の電気通信制度の改革による電話端末機の売切り制の導入により家電製品メーカーの電話端末市場への参入が可能となった。

小電力型コードレス電話は、当初、1台ごとに免許の必要な無線機であったが、1987年、電波法の改正で小電力型と微弱型(免許不要)が制定され、小電力型は技術基準に適合した機種であれば免許が不要となり、爆発的に普及し始めることとなった(表4.3)。

表4.3 小電力型と微弱電波型コードレス電話の主機能比較<sup>(9)</sup>

| 項目         | 小電力型                           | 微弱電波型               |
|------------|--------------------------------|---------------------|
| 送信電力       | 10mW以下                         | 3mにて500 $\mu$ V/m以下 |
| 周波数        | 親機: 380MHz<br>子機: 250MHz       | 規定なし                |
| チャンネル間隔    | 12.5kHz                        |                     |
| チャンネル数     | 制御2 通話: 87                     |                     |
| 変調方式       | 周波数変調                          |                     |
| 空きチャンネル    | 受信2 $\mu$ Vを超える場合は電波の発射を行わないこと |                     |
| システムID     | 25ビット                          | 19ビット以上(25ビットを除く)   |
| 筐体構造       | 無線装置は1筐体に収められ、容易に開けられないこと      |                     |
| 通信設備との接続条件 | 端末設備規則を満たすこと                   |                     |
| 通話範囲       | 50~100m                        | 10~20m              |

1988年、NTTは新デザインの小電力型の「コードレスホン パッセ」を投入した。今まで電話機市場と無線だった家電メーカーも一斉に参入し、次々に新商品が登場した。家電販売店だけでなくデパート、スーパーマーケットにまで電話機コーナーが設けられて、人間が電話のところで話すという電話の常識を変えた(図4.20)。

複数の親機を数百メートル間隔で壁面や天井に配置し、子機との通話ができるシステムコードレス電話等も普及した。



図4.20 小電力型コードレス電話 (NTTパッセ)<sup>(10)</sup>

## 4.5 データ通信サービス<sup>(11),(12),(13)</sup>

1980年末頃から移動しながら、或いは移動先の端末で企業情報システムと相互情報交換するモバイルコンピューティングの要求が世界で高まった。更にポータブルパソコンより小型なコンピュータ、いわゆるパーソナルデジタルアシスタント(PDA)と移動データ通信機とを接続、ないしは一体化した機器も普及しつつあった。

無線データ通信は1986年に欧州でエリクソンのMobitexによって開始され、本格的利用は北米及び日本から始まった。

アナログセルラがほぼ全土をカバーしている北米では、その無線チャンネルと設備を共用してデータ網に乗り入れるデータ専用の通信システムが登場した。1990年にモトローラのARDIS (Advanced Radio Data Information Service: 4.8-19.2kbps)、1994年にセルラ事業者とIBMの協同によるCDPD (Cellular Digital Packet Data: 19.2kbps)、1992年にMobitex方式を導入したRAM Mobile (8kbps)、1995年にモトローラのTAM (Two-way Asymmetric Messaging) 等のシステムが実用化された。

### (1) 世界初のテレターミナル方式 (無線パケット通信)

1986年、テレターミナル実用化促進協議会が発足して実験を行い、1989年に日本シテイメディア株式会社が、公衆移動データ通信専用(セルラと別)のサービスにおいて、世界で初めてテレターミナル (Teleterminal) 方式という無線パケット通信を開始した。本システムは、双方向無線通信システムで、有線パケット通信網や一般電話網との相互接続が可能となった。

### (2) テレターミナルシステムの構成

車載型あるいは携帯型データ端末機 (TE) と無線でデータの授受を行うテレターミナル基地局 (TT)、

システムの中核となって通信データの交換やテレターミナル基地局の制御などを行う共同利用センター (CC)、ネットワーク管理装置 (NMC)、課金装置 (BC) 及びユーザセンタ (有線の場合UC-W) から構成される (図4.21, 図4.22, 図4.23)。

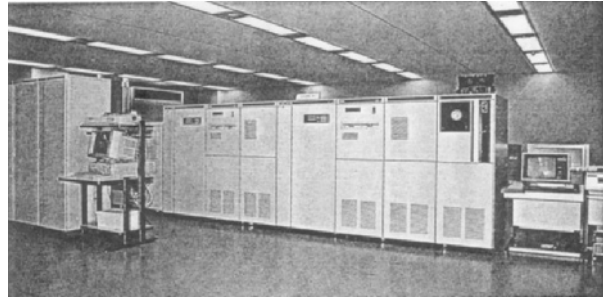


図4.22 共同利用センターのコンピューター室<sup>(13)</sup>

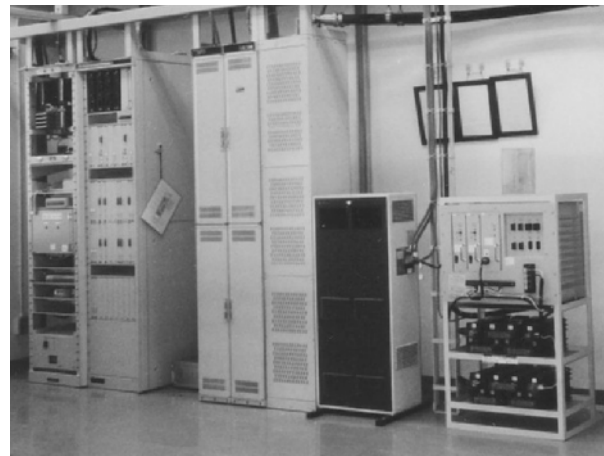


図4.23 テレターミナル基地局  
(左: 初期装置、右: 小型の高速化装置)<sup>(13)</sup>

小ゾーン方式であり、基地局838.0125~842.9875MHz、移動局893.0125~897.9875MHzの周波数帯を25kHz間隔で使用した。最大出力は、基地局20W、移動局5Wで、直接FSK (Frequency Shift Keying) で使用された (表4.4)。

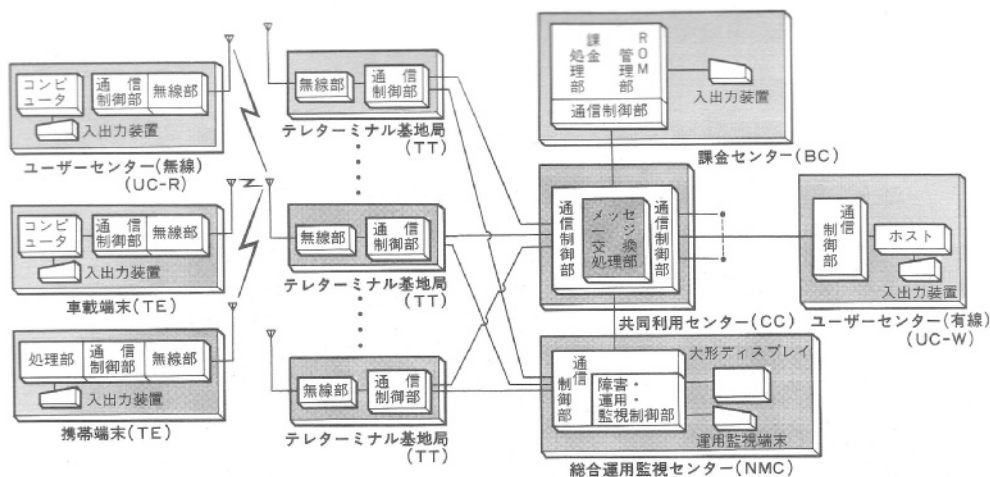


図4.21 テレターミナルシステムの構成<sup>(12)</sup>



表4.4 テレターミナルシステムの主要諸元の変遷

| 項目      | 初期                     | 高速化                    |
|---------|------------------------|------------------------|
| 周波数帯    | 800MHz                 | 800MHz                 |
| 変調方式    | FSK                    | 4値FSK                  |
| 送信出力    | 20W/5W(端末)             | 20W/5W(端末)             |
| チャンネル間隔 | 25kHz                  | 25/12.5kHz             |
| 信号方式    | 2周波複信                  | 2周波複信                  |
| 信号速度    | 9,600bps               | 19,200bps              |
| 制御信号構成  | 誤り訂正<br>再送、<br>ダイバーシ受信 | 誤り訂正<br>再送、<br>ダイバーシ受信 |
| 無線回線制御  | マルチチャンネルアクセス           | マルチチャンネルアクセス           |
| その他     | ハケット通信                 | ハケット通信                 |
| 事業者     | 日本シティメディア              | 日本シティメディア              |
| サービス時期  | 1989                   | 1996                   |

モデム内蔵型ペン入力手書きの「メサージュ」と称する小型のヒット商品も開発された(図4.24)。

ペン入力手書きの「メサージュ」は耳の不自由な人の利用(国の補助金制度の実現が出来ず、大幅な普及が図れなかった)、宅配便の手書き記録の通信等で大貢献し、マルチメディア応用の先導役を担った。



図4.24 分離型端末(左)と  
ペン書きのメサージュ端末(右)<sup>(11, 12, 13)</sup>

1996年には、モトローラが開発した新方式「データTAC」により通信速度を19,200bpsにアップされたほか、テレターミナル端末同士での双方向通信も可能な新サービス「Qメール」をスタートし、拡販を目指した(図4.25)。



図4.25 Qメール端末<sup>(13)</sup>(前日本シティメディア(株)所蔵)

1台のQメール端末(110mm×60mm×20mm)から最大9台まで同報でメールを送信したり、Qメールからポケットベルへメッセージを送信したりすることも可能であった。ポケットベルの対象ユーザー層(主に若年層)へのアピールを行った。ポケットベルの加入数は、携帯電話やPHSに押されて鈍化傾向にあったが、ポケットベルに双方向性を付与することで、携帯電話やPHSに十分対抗できるサービスであると、同社と

しては今まで未開拓であった消費者層への売り込みを図った。月額使用料は2,400円で、別に1通信当たり10円(512バイトまで)が課金された。

しかし携帯電話の急速な普及に押されたことや音声通信なしのデータ専用通信であったこと、先進的であったことなどによる苦しみを味わうこととなった。サービス地域が首都圏と関西地域のみだったので、サービス拡大も困難で、累積赤字の解消に苦しみ、1998年NTTドコモ及び関西セルラー(現KDDI)に引き取られた。その後携帯電話の周波数の不足の中で、本テレターミナルサービスで使用していた電波を携帯電話用に転用することとなり、本サービスは2000年7月に終了停止された。

将来のデータ通信の需要を見越して、パケットサービスの先頭を走ったテレターミナル方式は、社会や市場のニーズに数年早すぎたが、その後の日本の第二世代のデジタル携帯の回線交換からパケット交換への開発、「モバイルコンピューティング」、「無線パケット通信」、「パケット交換方式」、「マルチメディア端末の商品」などの企画・開発・サービス等へ引き継がれている。

#### 参考資料

- (1) NTTドコモの10年史(1992-2002)  
NTTドコモ10年史編集事務局 pp.4-5(2002.10)
- (2) 山内・渡辺・高村:「移動通信方式」、科学新聞社、1981.3.1改訂版、pp.209-234, 248, 294-301, 302-315, 1971.6.25、1版 pp.206-207
- (3) 桑原守二:電波新聞「移動通信100年」、2005.1-3
- (4) 平出・小川:「新しい移動通信」、オーム社、pp.26-27(1988.2)
- (5) 日本電業工作50年史、50年史編集委員会、平成4.12.15、pp.87
- (6) 国際電気30年史、国際電気社史編集委員会、1979.12.1、pp.338、50年史:pp.203(2005.9)
- (7) 近藤・他:「無線呼出特集」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol3. No.2 Jul. 1995
- (8) 渡辺・宮内:「自動車電話方式の研究実用化」、研究実用化報告、第26巻7号、pp.1813-2093(1976)
- (9) 「新コードレス電話の研究進む」、通研月報、39-2、pp.9-12(1986)
- (10) 日本電信電話公社社史、pp.19(1986.3)
- (11) 斎藤・立川「移動通信ハンドブック」、オーム社、pp.361-384(平成7.11.15)
- (12) 安田監修:「ISDN時代の移動通信」、オーム社、pp.34-43(1992.7)
- (13) 日本シティメディア株式会社資料

# 5 | 第二世代のデジタル化の成長期（1993～2000年）

アナログ方式の加入者の収容能力が限界に達する勢いであったため、日本独自でデジタル化の標準化が進められ、デジタル携帯とそのインターネットへの接続サービスが導入された。1994年端末自由化により、レンタル制から端末自由化へと移行し、事業者ブランドだけでなく、端末メーカーの独自ブランドも流通するオープンな市場時代になった。技術の変遷、モバイルインターネットのサービスの推移等を示す。

## 5.1 アナログからデジタル移動通信へ

デジタル移動通信は、1982年に秘話機能が重要な警察無線に初めて導入された。デジタル化の狙いは、周波数の有効利用を図りつつ、高品質で多彩な情報通信を経済的に実現することである。デジタル化の基本目標、技術課題、構成する技術の相互関係を示す（図5.1）。

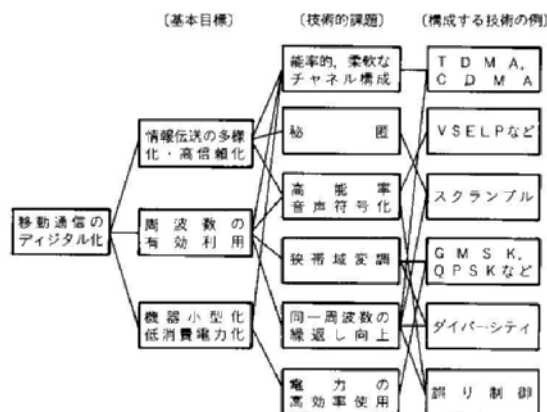


図5.1 デジタル化の狙い、技術課題、構成する技術の相互関係<sup>(1)</sup>

デジタル移動通信の長所は以下の通りである。

- ①雑音や干渉に強く、同一周波数を地理的に離れた場所で繰り返し使用できるので、周波数有効利用になる。
- ②音声符号化・変復調技術の進展で周波数有効利用が期待できる。
- ③LSI化に有利で、小型化、低消費電力化、経済化が期待できる。
- ④情報内容の高度化、暗号化で秘匿性の確保が容易である。

## 5.2 デジタル方式の標準化<sup>(1),(2),(3)</sup>

### (1) 日本のデジタル方式の標準化

電波産業会（ARIB）が1991年（平成3年）に制定した標準規格「PDC(Personal Digital Cellular)」は3チャンネルTDMA（Time Division Multiple Access: 時分割多元接続）である。日本・欧州・米国間の標準化が国際電気通信連合（ITU）の国際会議で審議されたが1本化はできなかった。結果として日・米・欧の3方式になった。

世界初のデジタル携帯電話としては欧州のGSM（Global System for Mobile Communications）がドイツで1992年にサービスされ、現在200以上の国で同方式が導入されており、事実上の標準となっている。残念だが世界一の性能のPDCは日本のみで使用されるに留まった。

米国ではTDMA方式をTIA（Telecommunication Industry Association）が標準化し、1993年に導入した。その後cdmaOne方式も標準化され1997年に導入された。現在実用化されている日・米・欧の第二世代のデジタル方式はTDMA方式とCDMA（Code Division Multiple Access: 符号分割多重接続）方式を採用している。日・米・欧のデジタル方式の比較を示す（表5.1）。

表5.1 日・米・欧の第二世代デジタル自動車・携帯電話方式の比較

| 項目          | 日本(PDC)                              | 欧州(GSM)                              | 北米(TDMA)        | 北米・日本(CDMA)            |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 周波数帯        | 940-956MHz                           | 890-915MHz                           | 824-849MHz      | 824-849MHz             |
| 移動機送信       | 1,429-1,453MHz                       |                                      |                 |                        |
| 基地局送信       | 810-826MHz<br>1,477-1,501MHz         | 935-960MHz                           | 869-894MHz      | 869-894MHz             |
| 送受信間隔       | 130/48MHz                            | 45MHz                                | 45MHz           | 45MHz                  |
| キャリア周波数     | 50kHz                                | 400kHz                               | 60kHz           | 1.25MHz                |
| 間隔          | (25kHzインターリーブ)                       | (200kHzインターリーブ)                      | (30kHzインターリーブ)  |                        |
| アクセス方式      | TDMA/FDD                             | TDMA/FDD                             | TDMA/FDD        | DS-CDMA/FDD            |
| チャンネル数/キャリア | 3(6)                                 | 8(16)                                | 3(6)            |                        |
| 伝送速度        | 42kbps                               | 270.833kbps                          | 48.6kbps        | 1.2288Mcps<br>チャプレート   |
| 変調方式        | $\pi/4$ シフトQPSK                      | GMSK                                 | $\pi/4$ シフトQPSK | 下りQPSK<br>上りOQPSK      |
| データ通信       | 2.4-9.6kbps                          | 9.6kbps                              | 8kbps           | 14.4kbps               |
| パケット通信      | 28.8kbps                             | 115.2kbps(GPRS)                      |                 | 64kbps                 |
| 音声符号化       | VSELP(11.2kbps)<br>PSI-CELP(5.6kbps) | PRE-LTP(22.8kbps)<br>VSELP(11.4kbps) | VSELP(13kbps)   | EVRC<br>1.2-9.6kbps4段階 |
| サービス時期      | 1993                                 | 1992                                 | 1993            | 1998日本<br>1997北米       |

## (2) 800MHz帯のPDCデジタル方式のサービス

日本はNTTドコモが1993年3月25日から、我が国初のPDCデジタル方式の携帯・自動車電話サービス(800MHz)を首都圏で開始し、音声通話以外に「データ通信サービス(2,400bps)」を世界に先駆けて開始した。携帯電話による非音声通信サービスの始まりである。

デジタル800MHzの基地局数も、サービス開始時(1993年3月)には250局であったが、1996年3月末には4,500局と急ピッチで増設された。この結果、デジタル800MHzサービスの全人口に対するカバー率は、1993年3月末には18%であったものが、2000年3月末100%を達成した。日本移動通信(IDO)は、1994年6月にPDCデジタル方式の携帯・自動車電話サービス(800MHz)を首都圏で開始した。

## (3) システム構成

システムは移動通信制御局(MCC)、基地局(BS)、および移動局(MS)で構成される(図5.2)。

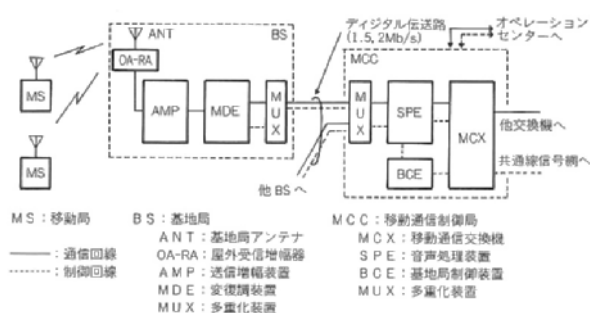


図5.2 PDCデジタル携帯電話システム (1)

1) 移動通信制御局(MCC) : D60型デジタル交換機を利用した移動通信交換機(MCX)、音声符号化用コーデック(CODEC)が主体の音声処理装置(SPE)および基地局の制御を行う基地局制御装置(BCE)で構成される(図5.3、図5.4、表5.2)。

SPEには音声CODEC、エコーキャンセラ、無音時の送信を断として移動局の低消費電力化に有効に働くVOX(Voice Operated Transmission)機能、更にモデム通信用の非電話アダプタも実装している。

BCEは無線区間の送受信機能を制御する。移動通信制御局(MCC)と基地局(BS)間は伝送路の多重化装置(MUX)を介してデジタル伝送路で接続される。

2) 基地局(BS) : 変復調装置(MDE)、送信増幅装置(AMP)、屋外受信増幅器(OA-RA)、基地局アンテナ(ANT)などで構成される。MDEは $\pi/4$ シフトQPSK(Quadrature Phase Shift Keying)変復調器、TDMA回路からなる送受信回路が実装される。1架で96キャリア(288チャンネル相当)を収容できる。AMPはMDEからの多数の無線キャリアを一括して共通増

幅してアンテナへ送り出すのでアンテナ共用装置が不要になった。増幅器の非直線性によって発生する相互変調歪を抑えるため、フィードフォワード補償回路を採用している。OA-RAは低雑音増幅器を用いており、アンテナ直近に設置し、電源は屋内のAMPから高周波同軸を通して供給される。ANTはアナログ方式で用いたアンテナと同じであるが、2周波共用して断面積を1/3に縮小している(図5.5、表5.3、表5.4、図5.6)。

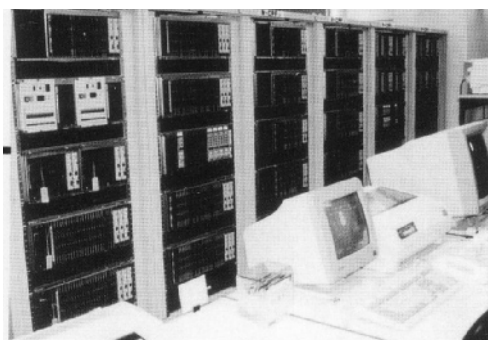


図5.3 D60デジタル交換機を利用した移動通信交換機(MCX) (4)

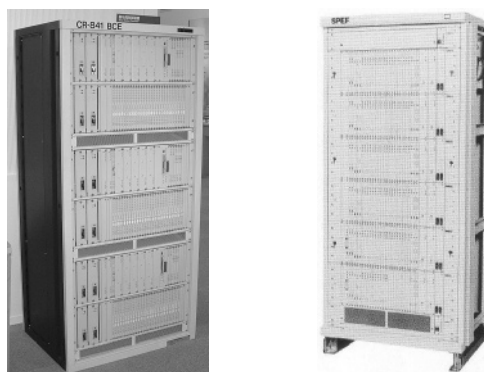


図5.4 基地局制御装置(BCE: NTT所蔵)と音声処理装置(SPE) (4)

表5.2 音声処理装置の諸元 (5)

| 項目          | 内容                          |
|-------------|-----------------------------|
| 音声符号化アルゴリズム | 11.2kb/s VSELP              |
| 誤り制御        | VSELPに組み込みとエラー区間の補間         |
| エコー制御       | エコーキャンセラ(最大時間40ms)          |
| VOX制御       | Voice Operated transmission |

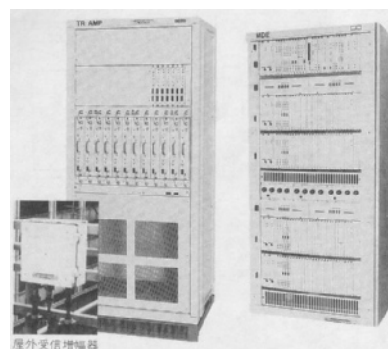


図5.5 送信増幅装置(AMP)と変復調装置(MDE) (1)



表5.3 増幅装置の諸元<sup>(5)</sup>

| 項目      | 内容                           |
|---------|------------------------------|
| 周波数帯域   | 送信: 800MHz帯<br>受信: 900MHz帯   |
| 通過帯域幅   | 20MHz                        |
| 送信共通増幅器 | 1Wx32キャリアx3セクタ、40dB(3セクタ構成時) |
| 屋外受信増幅器 | NF:3dB以下、利得: 40dB            |
| 屋外受信増幅器 | NF:3dB以下                     |

表5.4 変復調装置の諸元<sup>(5)</sup>

| 項目          | 内容                       |
|-------------|--------------------------|
| 収容キャリア数     | 最大96キャリア/架(288無線ch)      |
| セクタ数        | 最大3セクタ/架                 |
| 同期端局インタフェース | 速度: 2.048Mb/s, 1.544Mb/s |
| 制御装置インタフェース | 信号速度: 64kb/s             |
| 移動局インタフェース  | 日本標準エアインターフェース           |

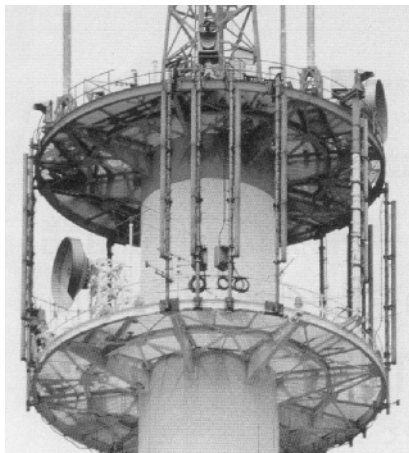


図5.6 基地局アンテナ (800/1500MHz共用)<sup>(4)</sup>

3) 日本で開発・提案された $\pi/4$ シフトQPSK変調器<sup>(15)</sup>

赤岩芳彦・永田善紀らによってこの技術の移動体通信への適用が世界に先駆けて研究・提案された。一回の変調(1シンボル)毎に互いに45度( $\pi/4$ ラジアン)位相の異なるQPSKを交互に用いた高効率変調器である。位相偏移時に零点を通らないため、振幅変動が小さく、増幅器への線形特性要求度が緩和できる。その結果、日米のデジタル携帯電話やPHSなど、多くの移動体通信の変調方式に採用されている。提案者らはこの貢献で米国のIEEE Vehicular Technology Society Avant Garde賞などを受賞した。

4) 新規事業者の参入(1.5GHzデジタル方式)

首都圏での携帯電話加入者の増加に対応するため、NTTドコモが1994年4月から首都圏30kmエリアで1.5GHzのPDCデジタル方式のサービスを開始した。通話料や基本使用料が安いのが特徴だが、通信使用エリアが限定されている。シティホンという機種でサービスを行ったが、1.5GHz帯にはiモードで利用するパケット通信網が用意されていないため、料金の安さにも拘らず、800MHzに比べて契約

件数が伸びなかった。

デジタルホン(現ソフトバンクモバイル)が1994年4月に、ツーカーグループ(現au)が1994年6月に、1.5GHzのPDCデジタル方式で参入し、NTTドコモと新規参入事業者との競争時代を迎えた。

5) cdmaOne方式のサービス

関西・九州・沖縄セルラー(現au)は1998年7月に、CDMA(符号分割多重接続)方式を利用した、第2.5世代の携帯電話規格のcdmaOne方式を導入した。その後セルラーおよび日本移動通信(IDO)は1999年4月にcdmaOne 全国シームレスネットワークを完成した。

cdmaOne方式の原型は、米国クアルコム(QUALCOMM)が開発したデジタル携帯電話(規格「IS-95」)である。PDCと比べ、帯域幅が広いいため音質が良く、3つの基地局から電波を同時受信できるため輻輳に強く切れにくいなどの特徴をもつ。最大14.4kbpsの高速データ通信を実現した。

6) ブースタシステム<sup>(7)</sup>

ビル、トンネル、地下等の電波の届かない場所でサービス(中継増幅)を提供する機能を持った直接中継増幅方式や光変換型無線中継増幅方式が開発された。光伝送ブースタは、地上基地局とRF信号を送受信する対基地局アンテナ、RF信号を合成分配して光伝送ブースタの親局装置と接続する送受信共用装置、および子機装置に接続する対移動局アンテナから構成されている(図5.7、図5.8)。

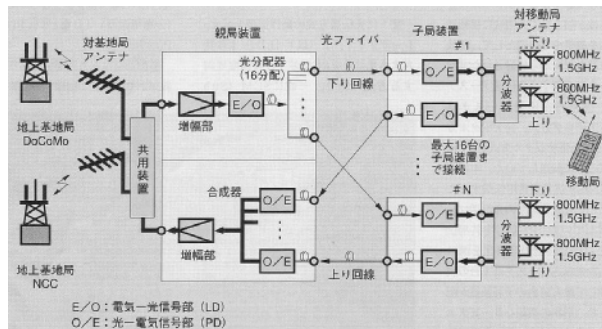


図5.7 光伝送ブースタの構成<sup>(7)</sup>

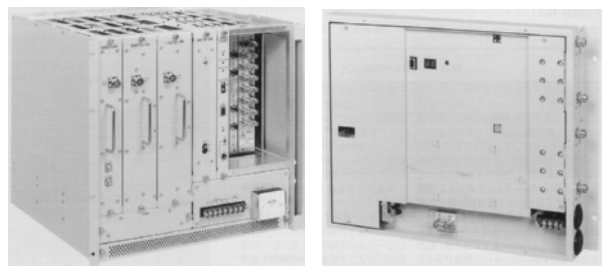


図5.8 光伝送ブースタの親機(左)と子機(右)<sup>(7)</sup>

## 5.3 PDCデジタル携帯システムの開発<sup>(3),(6)</sup>

詳細は報告書：動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査を参照されたい<sup>(16)</sup>。

### (1) デジタル携帯システム開発のポイント

アナログ方式と大きく異なる開発点を示す。

1) 音声符号化コーデック、2) 高速チャネル切替シンセサイザ、3) 直交変調器、4) 線形化電力増幅部  
特にデジタルシステムに固有の高効率音声符号化の技術開発に進展があった。

### (2) ハーフレート方式の開発<sup>(6)</sup>

デジタル方式ではフルレート方式と呼ばれる音声符号化の技術を用いている。周波数有効利用率を2倍にするための音声圧縮の開発が進められた。ドコモが提案したPSI-CELP (Pitch Synchronous Innovation Code Excited Linear Prediction) のハーフレート方式が最も優秀であるとARIBの規格委員会で認められ、1994年(平成6年)に標準方式として採用された。ドコモは1995年12月、世界に先駆けてこのハーフレート方式を導入した。

ハーフレート方式には次のような4つのメリットがあり、デジタルネットワークの充実と需要増に対応する通信環境を構築するうえで、大きく貢献した(図5.9)。

- 1) 周波数の利用効率の向上、2) システムの経済化
- 3) サービス性の維持・向上、4) 従来のフルレート方式とのコンパチビリティ

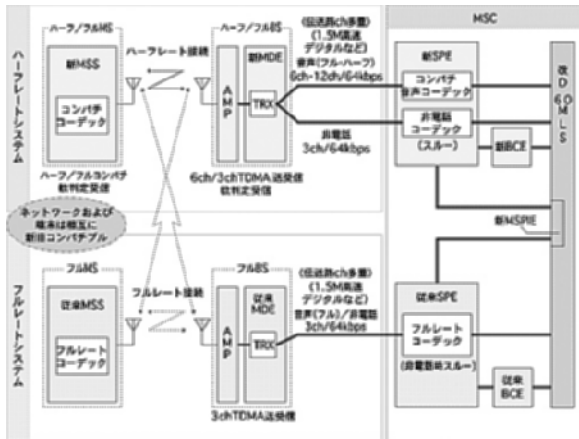


図5.9 PDCデジタル携帯電話のハーフレートシステム<sup>(3)</sup>

### (3) 1.5GHz帯のサービス(シティフォンサービス)

「ハーフレート方式」を導入しても需要の急増に対応できず、周波数の不足が想定された。そこで、ドコモは1996年10月から、それまでアナログ方式で使用していた周波数帯域に周波数利用効率のよいデジタル方式を順次導入した。アナログ方式の全帯域をただちにデジタル方式に変えるのではなく、数MHz単位で逐次変更していった。2001年からは800MHz帯と1.5GHz

帯の両帯域に対応可能なデュアルバンド対応システムを開発し、それまで異なるサービスとしていた2つの周波数帯域を自動的に切り替えることで、ネットワークの効率化と一層の周波数有効利用を実現した。

## 5.4 モバイルコンピューティング<sup>(3)</sup>

### (1) デジタル9,600bps高速データ通信サービス

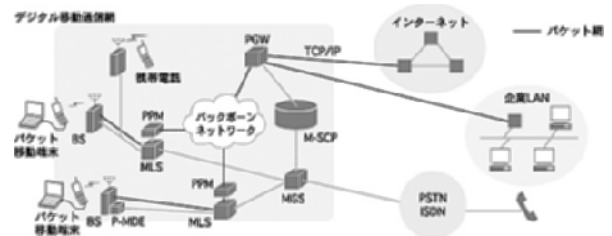
NTTドコモは、1995年4月から、他事業者に先駆けて「デジタル9,600bps高速データ通信サービス」を開始し、同時にノートパソコン用「デジタルデータ/FAXカード9600」などを発売した。

この高速データ通信では、それまで2,400bpsであった通信速度が9,600bpsへと一気に4倍に引き上げられた。これにより、通信料金が平均的な使い方での3分の1程度となった。また、データ圧縮機能が付加されたため、文字を中心とした伝送ではデータ量が約2分の1に圧縮され、効率的な情報伝送が可能になった。これらは、当時としては画期的なことであった。

### (2) パケット通信サービス「DoPa」

NTTドコモは1997年(平成9年)3月、モバイルコンピューティング市場の普及・拡大を目指して、東京・山手線圏内でPDC方式のネットワークを利用してパケット通信サービス「DoPa」(ドゥーパ: DoCoMo Packet)の提供を開始した。この「DoPa」は、無線環境において、適当な長さに分割した伝送情報に宛先や伝送順番など必要な制御情報を付加した「パケット」という単位で通信するシステムであり、最大28.8kbpsの通信速度を実現した(図5.10)。

パケット通信方式の「DoPa」は、パケット単位にデータを分割して通信するので、複数の通信を相乗りさせること(回線の共有)ができ、効率がよい。さらに、接続時間によらず情報量(パケット単位)によって課金する料金体系となっているので低料金で利用できる。



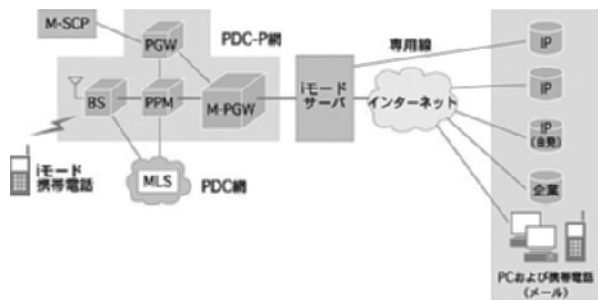
PGW: Packet Gateway Module (パケット関門中継処理装置), PPM: Packet Processing Module (パケット加入者処理装置), P-MDE: Packet Modulation/ Demodulation Equipment (パケット変復調), M-SCP: Mobile Service Control Point (移動サービス制御), MGS: Mobile Gateway Switch (移動中継交換機), MLS: Mobile Local Switch (デジタル移動加入者交換機), BS: Base Station (基地局)

図5.10 DoPaネットワーク構成<sup>(3)</sup>

## 5.5 モバイルインターネット

### (1) NTTドコモの例<sup>(3)</sup>

NTTドコモは、携帯電話からインターネットなどのオンラインサービスを直接利用できる新サービス「iモード」を1999年（平成11年）2月22日から開始した（図5.11）。



BS：Base Station（基地局），IP：Information Provider（情報提供事業者），MLS：Mobile Communication Local Switch（デジタル移動加入者交換機），M-PGW：Mobile Message-PGW（移動メッセージ用PGW），M-SCP：Mobile Service Control Point（移動通信サービス制御装置），PDC：Personal Digital Cellular Telecommunication System（デジタル方式自動車電話システム），PDC-P：Personal Digital Cellular Telecommunication System-Packet（PDC移動パケット通信システム），PGW：Packet Gateway Module（パケット関門中継処理装置）PPM：Packet Processing Module（パケット加入者系処理装置）

図5.11 iモードネットワーク構成<sup>(3)</sup>

「iモード」の特徴は、携帯電話機「単体」でインターネットにアクセスできることと、Eメール（電子メール）ができることである。それまで主にパソコンを使ったビジネスユーザーが中心だったこれらのサービスを、一般個人ユーザーにも利用しやすくしたものであった。そのため、「iモード」は爆発的に普及していった。

### (2) auグループのPacketOne

Au（KDDI）グループは2001年1月に、通信速度が

14.4kbps（上り）／64kbps（下り）のパケット通信サービスの「PacketOne」を全国で提供開始した。

利用するためにはPacketOneに対応した携帯電話が必要である。送受信したデータの量に応じて課金されるため、使用時に通話時間を気にしなくてよいというメリットがある。

## 5.6 高度無線呼出システム

Motorola社によって提唱された高速伝送（6,400bps）システムFLEX方式と、NTTドコモが提案した時間ダイバシティを融合させた国内向け「FLEX-TD（Time Diversity）」方式が1995年に策定された。時間ダイバシティとは、より多くの情報を送信するようになると、電波のフェージングによって受信したメッセージに誤りが発生する確率が増える。この誤りを除去するため複数回送信された情報を受信機において適切に合成することで品質を向上させる技術である。

1996年に東京テレメッセージ系列が「FX-TD」、NTTドコモ系列が「インフォネクスト」の名称でサービスを開始した。それまでは東京テレメッセージ系のPOCSAG（英国のPost Office Code Standardization Advisory Group）方式とNTTドコモ系のNTT方式（ともに伝送速度は1,200bps）がサービスされていたが、以降はFLEX-TD方式（1,600～6,400bps）が主に提供された。情報の一斉配信サービスとして一般ニュース、スポーツニュース、株価情報、星占いなどが提供された。従来の無線呼出装置の架数で約3倍の処理能力と加入者収容能力を実現した（図5.12、図5.12、図5.14、表5.5）。

その後、携帯電話の普及により本システムの需要が減少し、1999年5月、東京テレメッセージは会社更生法の適用を申請した。以後、各地に設立された無線呼

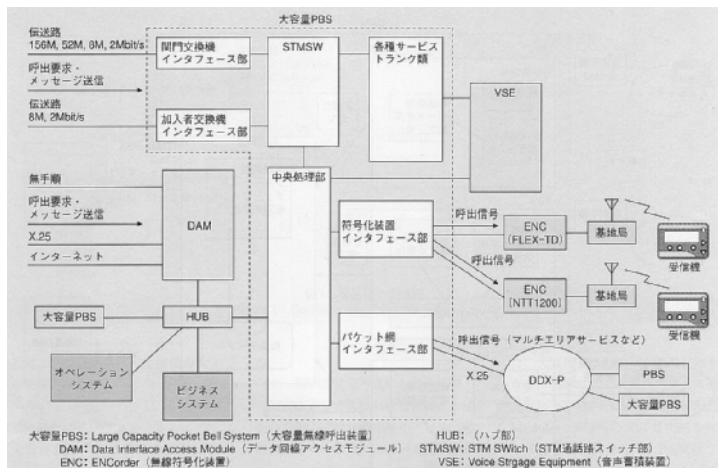


図5.12 基地局用高度無線呼出装置の構成<sup>(6)</sup>



出の事業者がドミノ倒しのように、2001年までに首都圏1都3県および沖縄本島を除き事業を停止した。

NTTドコモは2004年6月30日で新規受付を終了、「ポケットベル」サービスが始まって約30年にしてその歴史に幕を閉じることとなった。しかしながら、無線呼出は、強力な電波到達力、高速伝送、特定多数への同報性、低廉性などの特徴を有しており、災害時の一斉同報や職員への一斉通知などでの用途が残されている。

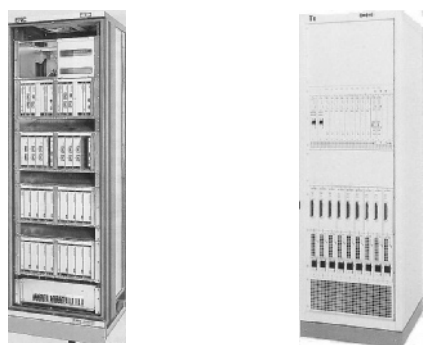


図5.13 無線呼出符号化装置（左）・送信装置（右）<sup>(9)</sup>

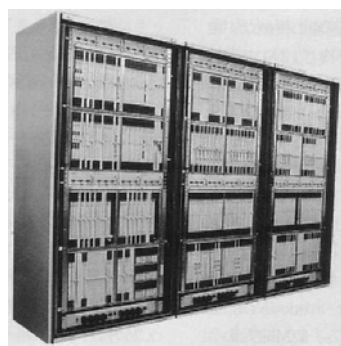


図5.14 基地局用高度無線呼出装置<sup>(8)</sup>

表5.5 高度無線呼出システムと従来システムの比較<sup>(3)</sup>

| 諸元           | 方式   |  |  |                                  |
|--------------|--|--|--|----------------------------------|
|              | 高度無線呼出システム (FLEX-TD)                         |  | NTT方式  | POCSAG方式※1                       |
| チャンネル間隔(kHz) | 25   |  | 25   |                                  |
| 伝送速度(kbps)   | 1,600  | 3,200  | 1,200  | 512                              |
| 変調方式         | 2FSK   | 2FSK<br>または4FSK                                | 4FSK   | 2FSK                             |
| 速度・送信回数可変機能  | 有  |  | 無  | 無                                |
| タイムダイバシティ    | 有  |  | 無  | 無                                |
| 誤り訂正符号       | BCH(31,21)+リリティ                              |  | BCH(31,16)                                       | BCH(31,21)+リリティ                  |
| 加入者容量※2      | 180万(1回)<br>6.6万(2回)<br>4.3万(3回)<br>3.2万(4回) | 26.7万(1回)<br>19.2万(2回)<br>8.7万(3回)<br>6.5万(4回) | 53.4万(1回)<br>26.4万(2回)<br>17.4万(3回)<br>13.0万(4回) | 3.2万(1回)<br>2.6万(2回)<br>6.2万(3回) |
| 長文分割伝送       | 有  |  | 無  | 無                                |
| トランスパレント伝送   | 有  |  | 無  | 無                                |
| OTA※3        | 有  |  | 無  | 無                                |

※1：NCC各社で使用されているシステム

※2：高度無線呼出システムおよびPOCSAG方式は数字15ケタ、NTT方式は数字12ケタで算出。最繁忙時呼数=0.2の場合で算出、( )は送信回数

※3：Over-The-Air Pager Control運用中の無線信号による受信機個別制御機能

## 5.7 日本の独自技術で開発した「PHS」<sup>(10),(11),(12),(13),(14)</sup>

PHS (Personal Handy-phone System：簡易型携帯電話システム) は、第二世代デジタルコードレス電話システムとして開発されたもので、公衆PHS、事業所用PHS、家庭用PHSの三つに接続可能な日本独自で開発したシステムである (図2.10 PHS参照)。携帯電話とPHSが基本的に異なる点は、基地局までのアクセスに独自の回線を設備するか、固定電話の加入者線を用いるかにある。すなわち、PHSは電話加入者線の先端に簡易な基地局用無線装置を設置するシステム構想であり、ネットワークの展開が容易である (図5.15、表5.6)。

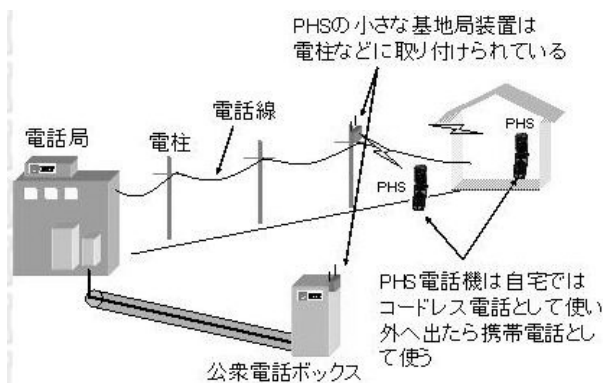


図5.15 PHSシステム構想<sup>(10)</sup>

表5.6 PHSシステムの主要諸元

| 項目      | 内容                         |
|---------|----------------------------|
| 周波数     | 1.9GHz帯                    |
| アクセス方式  | TDMA/TDD (時分割多元接続/時分割複信)   |
| 音声符号化方式 | 32kbpsADPCM (適応的差分パルス符号変調) |
| 多重数     | 4チャンネル                     |
| キャリア間隔  | 300kHz                     |
| 変調方式    | $\pi/4$ シフト-QPSK (4位相偏移変調) |
| 送信出力    | 10mW (端末機)                 |
| フレーム長   | 5ms                        |
| 無線伝送速度  | 384kbps                    |

音声の符号化方式として32kbpsのADPCM (適応的差分パルス符号変調) を採用し、無線条件が良好であれば固定電話並みの通話品質を提供できる。基地局の出力が小さく、設置コストが安価なことから、地下街や地下鉄の駅構内など、地上と比較して狭い空間へのエリア展開が、1995年のサービス開始当初から実施されている。

周波数は1.9GHz帯を使用する。1つの通話用キャリア上に、時分割複信・時分割多元接続方式 (TDD-TDMA) を採用している。1フレームを5msとし、これを8等分した625 $\mu$ sずつ4チャンネル分の送受信スロットが設定されている。TDDとして、前半4つのスロットを下り (送信：基地局→端末)、後半4つを上り (受信：端末→基地局)、として独立して使用するので、多重数は4となる。また、8スロットの内2スロットは

制御スロットとして使用するので、1つの周波数（1つの通話用キャリア）で同時に使用できるのは3通話となる。1通話スロットあたりのトラフィックチャンネル（通話チャンネル）のデータレートは32kbpsであるので、64kbpsのデータ通信を行う場合には、送受信スロットを2つ束ねて使用する（図5.16）。

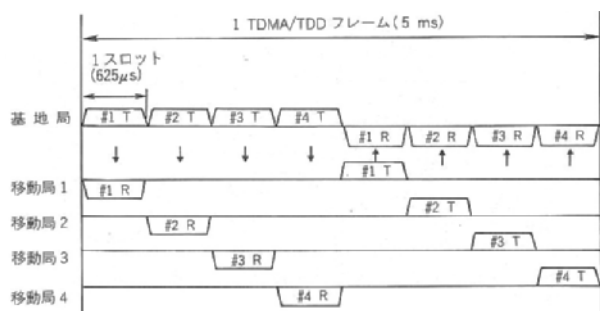


図5.16 PHSのフレーム構成 (1)

### (1) 公衆（屋外）PHSサービスの特徴

公衆PHSは、1995年（平成7年）7月から関東と北海道で、その他の地域では同年10月からそれぞれ開始された。サービスを提供したのは、NTTパーソナル通信網グループ（現NTTドコモ）、DDIポケット電話グループ（現ウィルコム）、アステルグループの3社である。

端末価格、基本使用料、通話料とも携帯・自動車電話に比べて低廉な料金で提供され、端末も小型・軽量で電池が長持ちする等の特色があった。また、コードレス電話システムを基本としているため32kbpsデジタル方式によるクリアな音声品質や高い秘話性能を有する。基地局から電波が到達する範囲は約100～500mと極めて短いのでPHS端末機の送信出力も10mWと小さくできる。また、医療器具等の精密機器へ与える影響が少ないため病院では携帯電話よりもPHSが使用されている。PHSのゾーン半径は自動車・携帯電話のゾーン半径に比べ約10分の1であり、面積で見ると100分の1となることから、電波の繰返し使用による有効利用は約100倍である。このような特徴をもつ一方、導入当初のPHSサービスには、高速移動中の通信には向かず、サービスエリアの拡大には多くの基地局を設置する必要があるといった短所もあった。その後、1999年に高速移動中の通信についてはハンドオーバー処理の高速化及びNTT交換網の改造により改善された。

### (2) 公衆PHSシステム構成の形態と経緯

公衆モードのネットワークの基盤には、NTT東日本・NTT西日本のISDNを基盤にしている「NTT網依存（活用）型事業者」と、独自に構築した「NTT網接続型事業者」の2つがある（図5.17 図5.18）。

依存（活用）型PHSではNTT地域会社の加入者電話交換機にPHS接続装置（PSM：PHS Subscriber Module）を接続し、PSMと基地局（CS）の間の通信にはISDN回線が使用される。既存のISDN網の末端にPSMやCS等の設備を取り付けてシステムを構築したものである。自前のネットワークを構築するよりも短時間でサービスエリアを広げることが可能で初期の投資も抑えることができるが、回線やPSMの使用料が毎月発生する。

接続型PHSは、ISDN網ではなく地域系通信事業者の網を経由してNTTの市外系交換機に接続する。NTTのネットワークを利用する部分が少なくて済み、またPSMも不要である。NTTへの依存コストは無い分、自前のネットワークの構築・維持コストが掛かる。また他の通信事業者とのローミングの整備も必要となる。

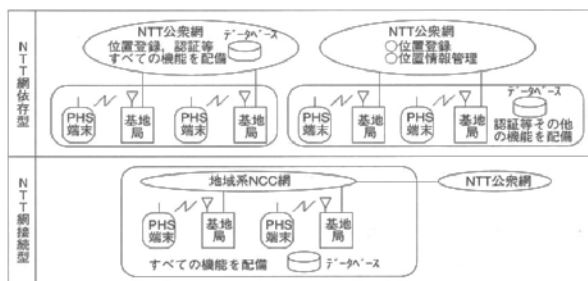


図5.17 PHSシステム構成の形態 (12)

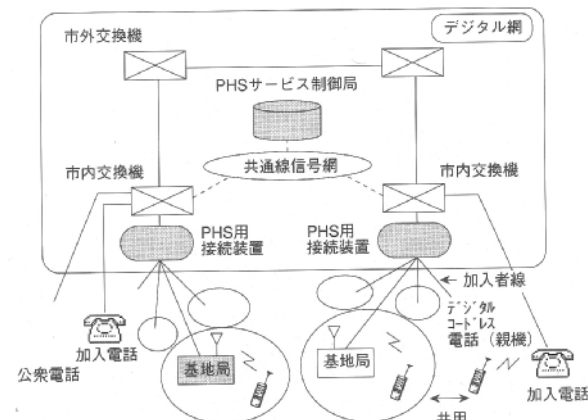


図5.18 PHSシステムの構成 (12)

PHSサービスは開始当初は料金の安さが売りで加入者は一気に伸びたが、その後携帯電話の料金が下がり優位性が薄れ、PHS全体で1998年の700万をピークに純減傾向が続いた。このような状況の中で各社ともPHSの強みであるデータ通信に力を入れたサービスを展開した。

1997年4月、各社がPIAFS（Personal Handyphone System Internet Access Forum Standard）回線交換方式により、データ通信サービスを最大通信速度32Kbpsで開始。続いてその後、各社とも64Kbpsサービスを開始した。

2000年に、定額制モバイルデータ通信サービスとして、旧アステルグループの各サービス、さらにDDIポケットの「Air H<sup>®</sup>」(現 AIR-EDGE)やNTTドコモの「@FreeD」、といったサービスが各事業者・会社にて開始された。

音声端末単体でもインターネット接続可能な端末として、アステルのドットiを皮切りに、NTTドコモの「ブラウザホン」、DDIポケットの「Air H<sup>®</sup> フォン」(現 AIR-EDGE PHONE)などが登場した。

また、基地局からの通話可能範囲が狭い事を逆手に取って、端末所持者の高精度な現在位置を確認できるようにした「位置情報確認サービス」(NTTドコモの「いまだこサービス」、ウィルコム (IHDDIポケット)の「位置情報サービス」(LI機能)コンテンツ)の提供も携帯電話に先駆けて行った。

安価で高速なデータ通信を利用して自動販売機などの販売機器や監視システムの遠隔管理を可能とする「テレメタリング」など、PHSの安価・小型・簡単なシステムを活用した運用がなされてきた。

DDIポケットは2001年にパケットデータ通信サービス「AirH<sup>®</sup>」(ネット25)を開始した。その後、データ量の大きいファイルや動画などの利用には、最大408kbpsのサービスが行われている。これがパケット方式を8チャンネル束ねて増速するAIR-EDGE[PRO]専用の通信方式である。

DDIポケットは、他社へのPHS網の再販事業(仮想移動体通信事業者)に乗り出し、日本通信など他社にデータ通信用として自社PHS網を再販した。それでもなお、音声通話ユーザによる解約を主とした契約数の減少により、総数500万台を割ることになった。

携帯電話の普及により、NTTドコモは2005年4月30日に新規加入申し込みを終了し、アステルグループは事業を停止した。アステル東京は、東京電力系列の東京通信ネットワーク(パワードコムを経てKDDIに合併)に統合後、電力系以外の通信事業者(鷹山→YOZAN)に事業譲渡された。

一方、ウィルコムは親会社であるKDDIグループから離れて独自展開にのりだした。ウィルコムでは2005年5月1日から、音声定額制「ウィルコム定額プラン」の導入により、PHS音声サービスで攻勢に出ている。ウィルコムはVoIP対応交換機(ITX:Ip Transit eXchange)を積極的に導入しており、Wireless IP Loopの構築をしている。これにより、音声通話およびデータ通信のトラフィックを従来の公衆交換電話網からウィルコム独自のVoIP/IP網に流す事によりNTT東西への接続料を削減し音声通話定額制を可能とした(図5.19)。

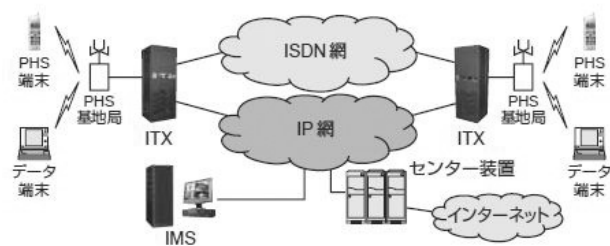


図5.19 PHSシステムのIP変換システム構成<sup>(13)</sup>

データ通信分野でのAIR-EDGEは公衆無線LANと比べて市中の広いエリアで利用できることもあって根強い人気があり、2004年3月以降ウィルコムのみユーザ数が増加に転じている。今後のワイヤレスブロードバンド時代に対応できるよう高度化PHSや次世代PHSの開発が進められている。

一方総務省、電波産業会、メーカの国際協力の推進により、日本の技術のPHSシステムの利用がアジアを中心に中国、台湾、タイ、ベトナム等80数カ国におよび、端末機の数も約1億台をはるかに突破して拡大されていることは喜ばしいことである。

### (3) 公衆(屋外) PHSサービスの例

屋外でPHS事業者の基地局と接続し、移動体通信として利用する公衆(屋外)サービスの例を写真で示す(図5.20、5.21、5.22)。



図5.20 NTTパーソナルPHS基地局  
(左：全景、右：送受信装置)



図5.21 WILLCOM PHS基地局  
(左：全景、右：送受信装置)





図5.22 ASTEL PHS基地局  
(左：全景、右：送受信装置)

#### (4) 事業者用PHSサービス

事業所向けの内線電話として、自営基地局システムを設置して使用する事業者用サービスの例を示す。事業所の広い敷地内での利用を考慮してマルチゾーン方式を採用している。オフィスビルでのマルチゾーン構成例を示す(図5.23)。

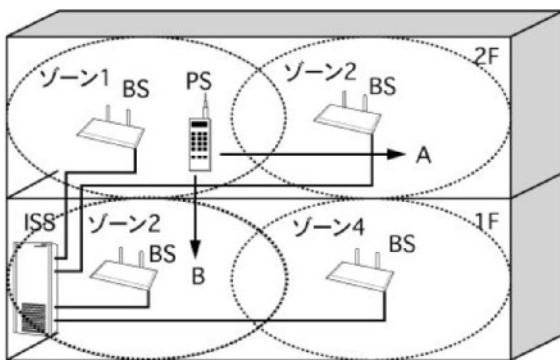


図5.23 HS事業所用システムの構成<sup>(14)</sup>

#### 参考資料：

- (1) 田中：「やさしいデジタル移動通信」、電気通信協会 pp.5, 89-90 (1993.8)
- (2) 木下・他：「デジタル移動通信方式」、電子情報通信学会、vol.77, No.2, pp.161-173 (1994.2)
- (3) NTTドコモの10年史 (1992-2002) NTTドコモ 10年史編集事務局 pp.63, 98, 147
- (4) 「1.5GHzデジタル移動通信システム」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol2.No.2, Jun 1994
- (5) 上林・他：「デジタル移動通信の基地局系装置技術」、NTT R&D Vol.40, No.10, pp.1309-1318 (1991)
- (6) 尾上・他：「ハーフレートデジタル移動通信」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol3.No.3, Oct. 1995
- (7) 福家・恵比根：「光伝送ブースタ」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol5.No.1, Apr. 1997
- (8) 山口・家田「無線呼出装置の開発」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol7. No.1 Apr. 1999
- (9) 伊藤・他「高度無線呼出システム特集」、NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナルVol4. No.1 Apr. 1996
- (10) 桑原守二：電波新聞「移動通信100年」、2005.1-3
- (11) 羽鳥：「移動通信の変遷と展望」、電子情報通信学会誌, Vol.82 No.2, pp.102-107 (1999.2)
- (12) 小川・小林：「やさしいパーソナルハンディホン」、電気通信協会、pp.13-24 (1995.2)
- (13) 鈴木・他：「通信事業者向けIP変換システム」、東芝レビュー、Vol.60 No.2. pp.46-49 (2005)
- (14) 矢澤：「デジタルコードレス情報交換システム」、FUJITSU、特集：移動通信 pp.499-502 (1997-11月号)
- (15) デジタル移動通信ワークショップ、無線通信システム時限研究専門委員会、電子情報通信学会、1987, pp.25-36
- (16) 森島：「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書 (Vol.6 March 2006)、国立科学博物館

# 6 第三世代のデジタル化の成長期

通信は本質的にボーダレスなものであり、グローバルな技術でなければならない。つまり、研究の段階からオープンにし、できるだけ多くの国と提携しながら開発することが重要である。

第三世代のデジタル化のシステムの標準化活動、特徴、技術動向、システム構成等を示す。

## 6.1 第三世代システム標準化の国際協調活動<sup>(1),(2),(3)</sup>

### (1) 我が国の標準化活動

第三世代システムの標準化作業のはじまりは1985(昭和60)年だった。

その後の「標準化の推進とヨーロッパのERICSSON社とアメリカのQualcom社の提訴合戦特許問題」は、平成17年度の「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書(1)を参照されたい。

1993年電波産業会(ARIB)にIMT-2000研究会が設立され、1994年に無線方式提案の募集が開始され、26機関から提案が出された。2年間の議論を経て、4つのCDMA(Code Division Multiple Access)方式(NTTドコモ、NEC、沖電気、松下通信)と2つのTDMA方式に集約された。日本はW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)方式をITU(International Telecommunication Union:国際電気通信連合)へ提案することで合意を得た。

日本は、ITUで進められた第三世代移動通信システ

ムの世界標準化の実施にあたって、日本で開発したW-CDMA方式の普及促進に向け国際的な取組みを推進した。日本の提案と欧州の提案のW-CDMAは異なっていたが、欧州のGSMと日本のW-CDMAは親和性が高いため、「無線部分はW-CDMA、ネットワーク部分は欧州のGSMをベースとした方式」を掲げ、1997年から精力的な活動を展開して両者を統一した。この統一を行う組織「3GPP」が1998年に作られた。これに対して米国を中心とするcdma2000方式(規格IS-95)陣営は「3GPP2」を発足させた。

何回ものITU会合や欧米や韓国の標準化団体との擦り合わせ活動が強力に推進され、W-CDMAとcdma2000の2方式に集約された。日本、欧州、米国、韓国の収束過程を示す(図6.1)。

### (2) 第三世代システムの特徴<sup>(3)</sup>

平成11年9月 総務省、電気通信技術審議会の次世代移動通信方式委員会が報告した推奨システムの特徴を以下に記す。

- 1) グローバルサービスの実現
- 2) マルチメディア通信サービスの提供(インターネットとの高い親和性)
- 3) 固定網と同等な高品質なサービスの提供
- 4) 高い周波数利用効率の実現(既存システムと同等以上の周波数利用効率)

なお、第三世代移動通信システムの導入当初のデータ伝送速度は、少なくとも、

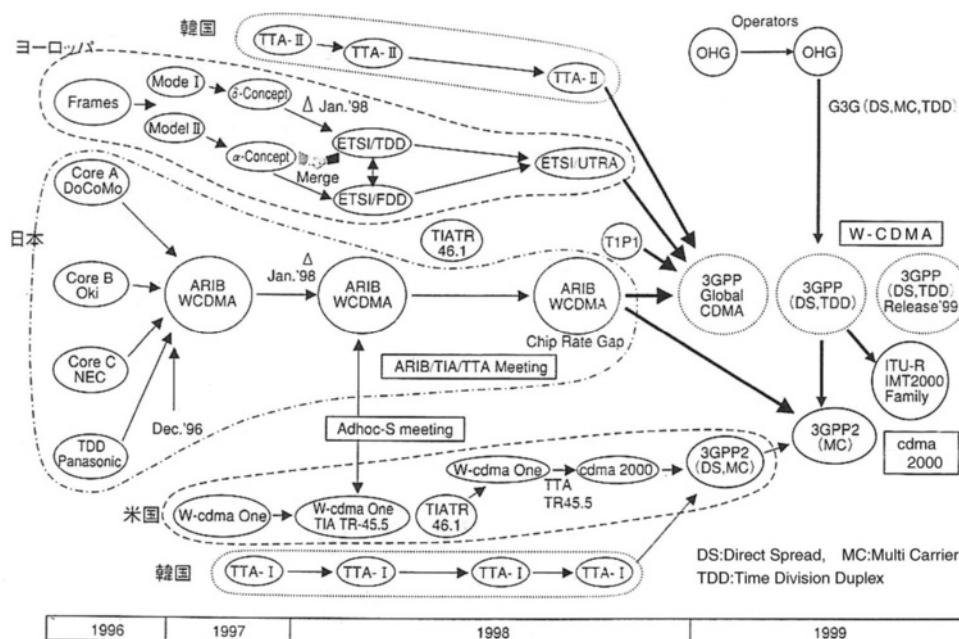


図6.1 第三世代移動通信システムの国際協調活動と収束過程<sup>(2)</sup>

\*高速移動：回線64kbps、パケット144kbps  
 \*低速移動：回線64kbps、パケット384kbps  
 \*室内：回線64kbps、パケットモード384kbps  
 程度までのサービスが期待されており、将来的には、2Mbps程度までのデータ通信のサービスを提供するとしている（表6.1）。

表6.1 無線基地局装置の主要諸元 <sup>(1),(3),(5),(6),(7)</sup>

| 項目      | W-CDMA             | CDMA2000 1x          |
|---------|--------------------|----------------------|
| 周波数     | 2GHz帯              | 2/0.8GHz帯            |
| アクセス方式  | 直接拡散               | マルチキャリア              |
| デュプレックス | FDD:周波数分割複信        | FDD:周波数分割複信          |
| 帯域幅     | 5MHz               | 1.25MHz              |
| チップレート  | 3.84Mcps           | 1.2288 or 3.6864Mcps |
| キャリア間隔  | 200kHz             | 50kHz                |
| データ速度   | パケット384kbps        | パケット144kbps          |
| フレーム長   | 10,20,40,80ms      | 5, 10, 40, 80ms      |
| 誤り訂正符号  | ターボ、畳込み            | ターボ、畳込み              |
| データ変調   | 下りQPSK, 上りBPSK     | 下りQPSK, 上りBPSK       |
| 拡散変調    | 下りQPSK, 上りHPSK     | 下りQPSK, 上りHPSK       |
| 基地局間同期  | 非同期(同期も可)          | 同期                   |
| 音声符号化   | ARM(1.95~12.2kbps) | EVRC(9.6kbps)        |

注: AMR: Adaptive Multi Rate, EVRC: Enhanced Variable Rate Codec, QPSK: 4位相偏移変調 BPSK: 2位相偏移変調 HPSK: Hybrid Phase Shift Keying

### (3) 各社のサービス導入時期

2001（平成13）年5月30日、NTTドコモは世界に先駆けて、W-CDMA方式で「FOMA（フォーマ）」の試験サービスを、10月に商用サービスを東京23区、横浜市および川崎市の一部地域で開始した。

Vodafone（旧J-Phone）はW-CDMA方式で2002年6月から首都圏（国道16号線内エリア）において「試験サービス」を展開し、同年12月から、首都圏・関西、その後、2004年10月から全国主要都市において「本格サービス」を開始した。

KDDIは2002年4月からcdmaOne方式を拡張した

cdma2000「1X」方式で最大144kbpsの高速パケット通信のサービスを東京圏・関西圏でサービスし、2004年3月より全国主要都市で一斉に開始した。携帯各社の第三世代システムの導入時期一覧と加入者の推移を示す（表6.2、図6.2）。

表6.2 携帯各社の第三世代システムの導入時期一覧

| グループ         | 開始時期       | 開始地域                                   |
|--------------|------------|--|
| NTTドコモグループ   | 2001年 5月試験 | 中央（東京23区、横浜市、川崎市）                      |
|              | 2001年 12月  | 東海、関西                                  |
|              | 2002年 4月   | 北海道、東北、北陸、中国、四国、九州                     |
| Vodafoneグループ | 2002年 6月試験 | 東京、東海、関西（東京23区、横浜市、川崎市、千葉市、浦和市、大宮市、など） |
|              | 12月サービス    |  |
|              | 2004年 10月  | 北海道、東北、北陸、中国、四国、九州                     |
| KDDIグループ     | 2002年 4月   | 東京、関西                                  |
|              | 2004年 3月   | 九州、中国、東北、北海道、北陸、四国、                    |

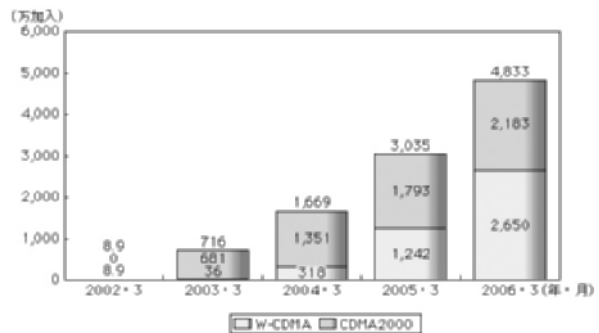


図6.2 第3世代システムの加入者数の推移 <sup>(4)</sup>

### (4) NTTドコモのサービス「FOMA（フォーマ）」

FOMAは上り最大64Kbps、下り最大384kbpsの高速データ通信のサービス、文字や静止画だけでなく、動画や音楽など、多岐にわたる情報をモバイル環境で提供でき、新たなモバイルの活用スタイルをつくり出した。ビジネス、公共、プライベート領域の今後のマルチメディアサービス例を示す（図6.3）。



図6.3 FOMAのマルチメディアのサービス例 <sup>(5)</sup>



パケット定額制の導入、「おサイフケータイ」や「モバイルSuica」のサービスも行われている。高速パケット通信の動画クリッピングサービス「iモーション」を開始し、モバイルマルチメディアに相応しいサービス拡充をしてきた。ニュースや天気、芸能/スポーツ、占い等の最新情報を特別な操作をすることなくケータイ画面に表示させる「iチャンネル」サービスも行われている。

### (5) au (KDDI) のサービス

CDMA2000 1x EV-DO (Evolution Data-Optimized) 方式を「CDMA 1X WIN」サービスとして、2003年11月から関東・中部・関西地域で、2004年3月から全国で開始した。上り最大144Kbps、下り最大2.4Mbps、平均600kbps程度と非常に高速なデータ通信のサービスである。ダブル定額制の画期的なサービスや端末のデザイン、音楽情報、テレビ付機能などが評価されている。

### (6) ソフトバンクモバイル (旧ボーダホーン) のサービス

国際ローミングサービスをより広い地域で利用できるよう、ボーダフォングループであることを生かして海外の多くの携帯電話事業者と協議を進めてきた。その結果、GSMネットワークで約165の国および地域で音声通話の国際ローミングサービスを開始し、それにより渡航先での日本人の約89%をカバーする。メール、動画伝送できる「ムービー写るメール」をサービスしている。

ボーダフォングループの日本法人であったが、ソフトバンクグループに買収され、2006年10月1日に「ソフトバンクモバイル株式会社」へ社名変更した。

## 6.2 第三世代システムの技術<sup>(5),(6),(7),(8)</sup>

CDMAの技術は、固定網並みの通信品質、加入者容量の増大、高速データ通信サービスを実現した。

### (1) 主要技術の特徴

#### 1) スペクトル拡散

第三世代システムでは、スペクトル拡散 (Spread Spectrum) の通信方式を採用している。送信データ速度よりも速度の速い、拡散符号 (W-CDMAでは3.84Mchip/s) と呼ばれる符号系列を、送信データに掛け合わせること (拡散) により周波数帯域幅 (W-CDMAでは5MHz) を広げて送信する方式である。送信データ速度に対する拡散符号速度の比が拡散率 (W-CDMAでは4/512) と呼ばれている。

受信側では、送信側で使用した拡散符号を受信信号に掛け合わせて (逆拡散)、データを復元する。スペクトル拡散にて、ユーザ毎に異なる拡散符号を使用す

ることで、同一の周波数帯域に複数のユーザ信号を重ね合わせることが可能となる。拡散符号が合致したユーザ信号のみが復元される。一例を次に示す。

送信側は送信データ (例1001) を一次変調 (BPSK: 2相位相変調)、ユーザA固有の拡散符号 (例1001101001) で広い周波数帯域に二次変調 (DSSS直接拡散) する。基地局は他のユーザ (例B,C,D) を含めて多重化する。受信側はユーザAの拡散符号 (例1001101001) を用いて逆拡散、次に一次復調 (QPSK: 4相位相復調) して受信データ1001を受信すると、ユーザAの受信電力だけが元にもどる。

拡散された信号を逆拡散により取り出すことができるのは、同じ拡散符号を2回乗積すると、1x1が1、(-1) x (-1) が1で常に1となり、もとの信号に戻る (図6.4)。

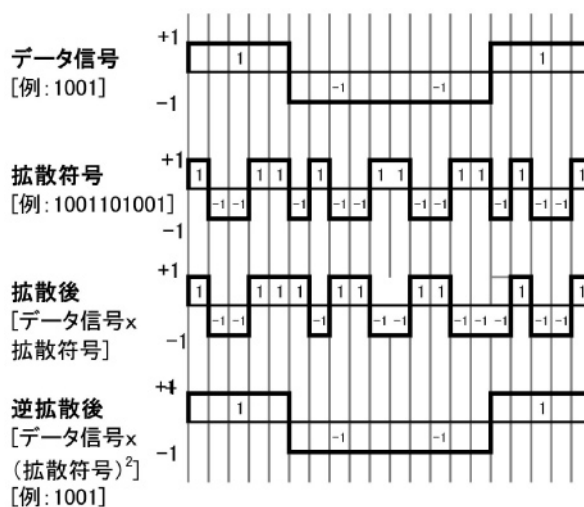
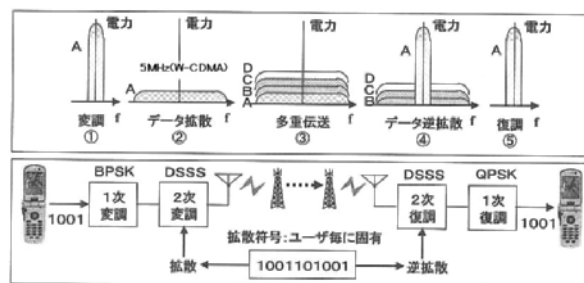


図6.4 スペクトル拡散の原理<sup>(8,5,6)</sup>

拡散符号には、移動機識別とセクタ識別をする「Scrambling コード」と、ネットワークのシステム情報の複数チャンネルを識別する「Channelization コード」の2種類を掛け合わせて送信データを拡散する。

上り回線 (端末機→基地局) では移動機毎に Scrambling コードがシステムで与えられるので、基地局受信機側ではその拡散符号は既知である。

下り回線 (基地局→端末機) ではセル毎に異なる Scrambling コードが割り当てられており、移動機はその Scrambling コードで逆拡散してセルを識別し、

ユーザの識別はChannelization コードで行う。移動機と基地局間は常に信号（パイロット方式）の交信をしている。詳細は電波産業会の標準規格で規定されている「参考資料の（5），（6）を参照」。

### 2) 送信電力制御

基地局は携帯電話からの信号対干渉電力比（SIR）を測定し、SIRが悪い場合は送信電力を上げ、過剰品質の場合は送信電力を下げる送信電力制御コマンド（TPC）を送信し、携帯電話の送信電力を高速で制御し、遠近問題を回避する（図6.5）。

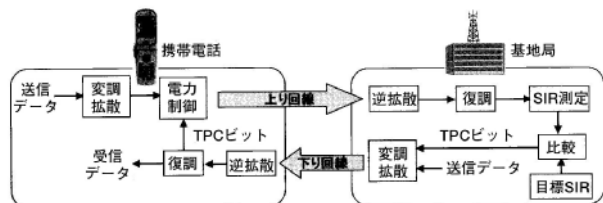


図6.5 送信電力制御の原理<sup>(6)</sup>

### 3) 可変レート音声符号化

可変レート音声符号化では、音量・音質・無音・周りの雑音などの状況により自動的にビットレートが多段階で変更され、送信する情報量が少ない場合ほど送信データ速度が低下する。送信データ速度がより低いほど拡散率は高くなり、拡散率が高いほど同じ通信品質を維持するための送信電力は小さくて済むため、結果的に、同時に多くの電波を使用でき、加入者容量を増やす事が可能となる。

### 4) レイク受信

送信側から受信側に直接届く電波のほかに、地上の構造物等で反射した電波が遅れて届くという現象（マルチパス現象）が発生し、遅延波の干渉が通信品質を低下させる要因となっていた。スペクトル拡散では、マルチパス現象による複数の受信信号それぞれを逆拡散することが可能となるため、マルチパス波（例A, B, C）それぞれの逆拡散信号を同相合成（同期：位相のずれなどを修正）する受信方式（レイク受信）を採用することにより、フェージングの影響を軽減でき、通信品質を改善することができる。レイク受信は、英語の熊手の意から、遅延時間の異なる複数の信号をかき集めて受信することから「レイク（RAKE）受信」と呼ばれている（図6.6）。

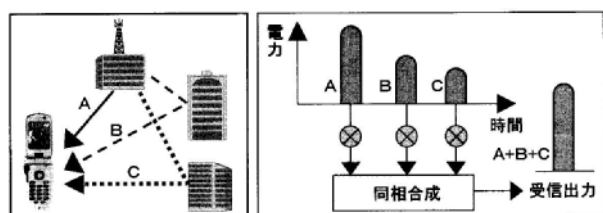


図6.6 レイク受信の原理<sup>(6)</sup>

### 5) ソフトハンドオーバー

周辺基地局からの複数の信号を受信し、通話が瞬断することなくスムーズなハンドオーバーができる。

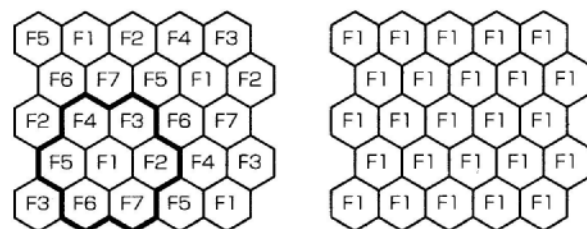
### 6) マルチレート伝送による多様なサービスの提供

伝送速度を可変にして各種マルチメディア信号を送送できる。スペクトル拡散率を変化させることにより、拡散幅を一定に保ちながら情報レート（伝送速度）を柔軟に変更でき、各種マルチメディアサービスの提供が可能である。

### 7) 1セル周波数繰り返しが可能

CDMAは各ユーザの識別は固有に割り当てられた拡散符号により行うため、同一周波数を隣接セルでも利用できるため周波数配置計画が不要である。

またPDC方式に比較してシステム容量の増大が可能である（図6.7）。



(a) PDC方式での周波数繰り返し（7セル繰り返し）  
(b) W-CDMA方式での周波数繰り返し（全セルで同一キャリアが使用可能）

図6.7

### 8) 送信ダイバーシティ（オプション）

複数のアンテナを用いて下り（基地局→端末）信号を送信することにより、端末受信機の負荷を上げることなく、空間ダイバーシティにて高信頼化が実現できる。

## (2) W-CDMA無線システムの構成

W-CDMA 無線システムの構成を示す（図6.8）。

移動機、無線基地局装置、無線ネットワーク装置、マルチメディア信号処理装置により構成されている。

1) 無線基地局装置（BTS: Base Transceiver Station）は、屋外受信増幅器（OA-RA）、屋外受信増幅器監視制御装置（OA-RA-SC）、送信増幅部（AMP）、無線変復調装置（MDE）から構成されている。MDEは無線部（TRX）、制御部（CNT）、有線伝送路インターフェース部HWY）、ベースバンド信号処理部（BB）で構成されている（図6.9, 図6.10）。

無線基地局装置の主要な機能概要を示す。

- ①送信増幅部（AMP）：無線部の出力信号を所要のアンテナ入力レベルまで電力増幅（利得40-50dB）する。
- ②屋外受信増幅器（OA-RA）：低雑音増幅器で、高信頼化のため並列構成される。利得は40dB程度であり、電源電力は高周波同軸線を利用して給電している。

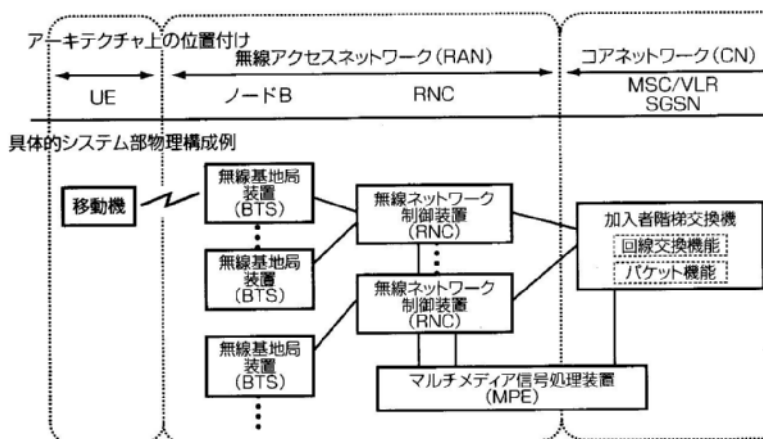


図6.8 W-CDMA無線システムの構成<sup>(5)</sup>

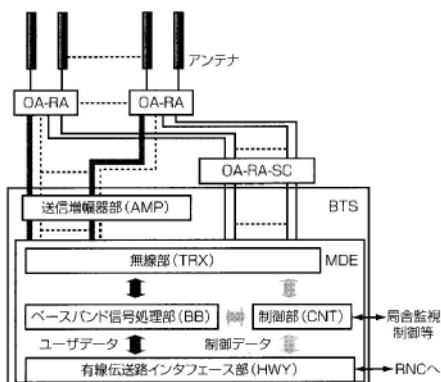


図6.9 WCDMA無線基地局機 (BST) の構成<sup>(5)</sup>

③無線部 (TRX) : ベースバンド信号処理部の送信信号をD/A (Digital to Analog) 変換し、直交変調により無線周波数信号に変換、屋外受信増幅部からの受信信号を準同期検波し、A/D (Analog to Digital) して、ベースバンド部に伝送する。

④ベースバンド信号処理部 (BB) : 送信信号の誤り訂正符号化、フレーム化、データ変調、拡散変調、及び受信信号の逆拡散、チップ同期、誤り訂正復合化、データの多重分離、セクタ間ダイバーシチハンドオーバー時の最大比合成の信号処理などを行う。



図6.10 WCDMA無線基地局装置機の概観<sup>9)</sup>

2) 無線ネットワーク装置 (RNC: Radio Network Control) は制御信号処理機能、保守運用機能、共通

チャンネル多重分離機能、ATM (非同期転送モード) スイッチング機能、ダイバーシチハンドオーバー機能を有し無線回線の回線接続制御、ハンドオーバー制御を行う装置である。本装置は、都市部のようにトラフィックが密集しているエリアから郊外地まで、多種多様のエリアを柔軟に収容する必要がある。このため数万BHCA (Busy Hour Call Attempt) 程度以上の処理能力、数Gbit/s以上のスッチング能力、数十程度の無線基地局装置局を収容可能とし、エリア設計に柔軟に対応できる必要がある (図6.11)。

3) マルチメディア信号処理装置 (MPE: Multimedia Signal Processing Equipment) は、パケット交換データにおけるプロトコル変換等のパケット信号処理機能や音声データにおける適応マルチレートからパルス符号変調への変換および逆変換を行う音声信号処理機能等を有する。

## 6.3 その他の基地局装置

### (1) 小型無線基地局

郊外や地下街など不感地をカバーするため、トラフィックの少ないエリアに適した小型で屋外に設置可能な装置が開発された (表6.3)。

表6.3 W-CDMA (屋外) 小容量基地局装置の主要諸元<sup>(10)</sup>

| 項目       | 特性              |
|----------|-----------------|
| 周波数      | 2GHz帯           |
| 変調       | データQPSK, 拡散QPSK |
| 復調       | データBPSK, 拡散HPSK |
| キャリア数    | 1キャリア/1セクタ      |
| 収容チャンネル数 | 音声換算96CH以上      |
| 情報伝送速度   | 送受信: 384kbps    |
| 電源電圧     | DC-48V          |
| 大きさ      | 575x395x244mm   |
| 消費電力     | 約370W           |
| 重量       | 約37kg           |



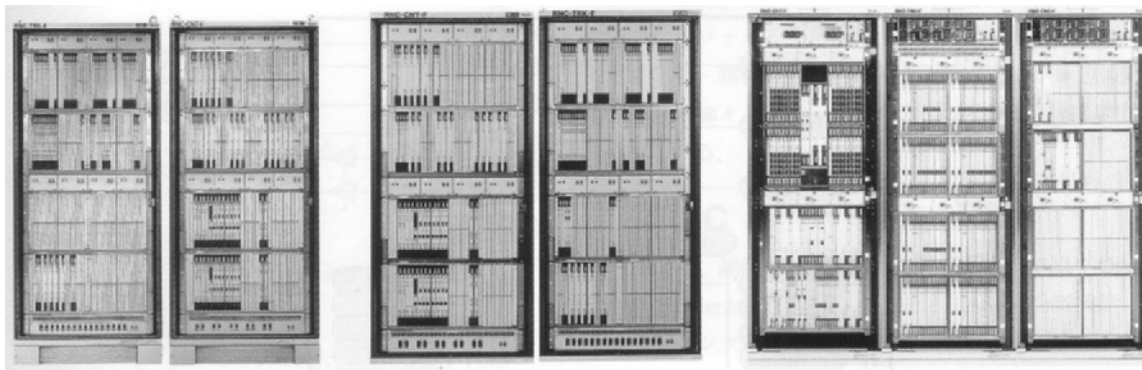


図6.11 無線ネットワーク制御装置（RNC）の概観<sup>(9)</sup>

小型、軽量、低消費電力化、低コストで最大96チャンネル（音声換算）対応の高性能デバイス、高効率の放熱特性筐体を実現した屋外設置用防水タイプの装置である。発売当初は2GHz帯対応のみであったが、2004年7月からは800MHz帯の商品も市場に投入された。送信増幅部、変復調部、保守監視制御部、ベースバンド信号処理部、制御部、インターフェース部、基準クロック生成部等で構成されている。

(2) 屋外用小型無線基地局

2m<sup>3</sup>のコンパクトなシェルター（架外形：1,200×1,850×850mm）に基本装置、伝送装置、整流器、バッテリーを実装した装置である（図6.12、表6.4）。3セクタ、2周波数を収容できる。バッテリーは外部からの電源停止後60分間動作を維持できる。

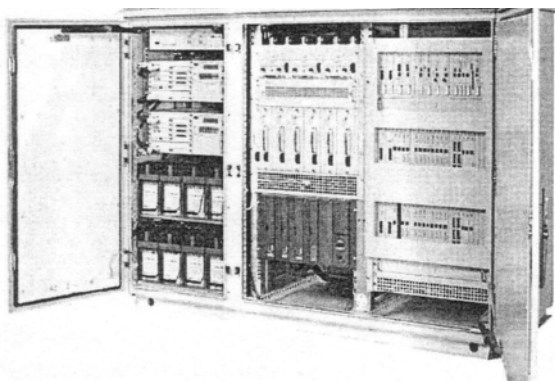


図6.12 W-CDMA 屋外用小型基地局装置<sup>(11)</sup>

表6.4 W-CDMA 屋外用小型基地局装置の主要諸元<sup>(11)</sup>

| 項目       | 特性                |
|----------|-------------------|
| 周波数      | 2GHz帯             |
| 変調       | データQPSK, 拡散QPSK   |
| 復調       | データBPSK, 拡散HPSK   |
| キャリア数    | 2キャリア/3セクタ        |
| 収容チャンネル数 | 音声換算480CH以上       |
| 情報伝送速度   | 送受信: 384kbps      |
| 電源電圧     | DC-48V            |
| 大きさ      | 1,200x1,850x850mm |
| 機能       | 防水、防塵、防虫、雷        |

参考資料

- (1) 森島：「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書（Vol.6 March 2006）、国立科学博物館
- (2) 古谷：「IMT2000の標準化」、NEC技報、Vol.55, pp3-5, No.2/2002
- (3) 第三世代移動通信システムの早期導入にむけて（総務省）電波監理審議会答申（1999.9.27, 2000.2.23）
- (4) 平成18年情報通信白書、総務省 第2章2節 移動通信、図表2-1-13
- (5) 木下：「やさしいIMT-2000」、電気通信協会、pp.1-106（2001.5）
- (6) 立川監修：「W-CDMA」移動通信方式、丸善(株)、pp.1-233（2001.6）
- (7) IMT-2000実現のための主な技術、(株)モバイルテクノの資料
- (8) 「携帯電話の不思議」、パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株)、(株)SCC pp.97-101（2005.3）
- (9) 尾上・他：「無線アクセスネットワーク技術」、DoCoMoテクニカルジャーナル、Oct. 2001 Vol.9 No.3
- (10) 篠原・他：「W-CDMA小型無線基地局装置」、松下テクニカルジャーナル、Vol.50, No.2, pp26-30（Apr. 2004）
- (11) 佐藤・他：「WCDMA 基地局の開発」、NEC技報、Vol.55, pp27-28, No.2（2002）

# 7 移動通信システムの技術発展の系統化分析

移動通信システム概念、技術分野毎の開発課題の動向を基に、移動通信システムの技術発展の系統化分析を試みた。

## 7.1 移動通信システム概念<sup>(1),(2)</sup>

### (1) 移動通信システムの特徴

移動通信システムの特徴は、1) 通信の究極の姿、2) 無線でしかできない、3) あらゆる通信技術の集積、4) ユーザーによる直接の機器操作、5) 使用できる無線周波数帯に限られる、6) 過酷な電波伝搬条件と使用環境、7) 大きい受信レベルの差、8) 端末機の経済性等であり、また社会情勢やニーズから、9) 通信量情報の増加、10) 移動範囲の拡大(地下街、海外)、11) 利用形態の拡大等が求められ、これらに対応するための技術開発が推進されてきた。

### (2) 移動通信システムの3大制約条件

移動通信システムの3大制約条件は、「コスト」、「周波数資源」、「セキュリティ」と言われている。

1) コスト：電波が伝わる状況が劣悪であるという条件のなかで通信品質の向上を図りつつ、安く、小型化・低消費電力化、利便性の高い機器の開発が推進されてきた。  
2) 周波数資源：移動通信の大衆化により周波数の2,000MHzまでは、ほぼ使用済みである。周波数不足に対応するため、周波数の狭帯域化、デジタル化、高い周波数帯の開発が推進されてきた(図7.1)。

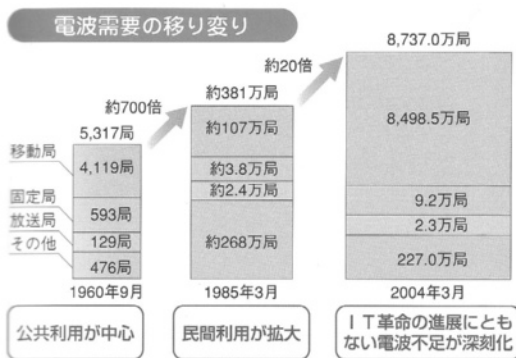


図7.1 電波需要の変遷<sup>(3)</sup>

3) セキュリティ：盗聴の問題はデジタル化により改善された。盗んだ携帯電話の暗証番号を解読して、キャッシュカードやクレジットカード機能で現金の引き出しを行った事件が発生している。電子決済の認証、迷惑メール・ネット利用の悪質商法への対応、個人情報保護等の安全・安心の検討が進められている。

### (3) 移動通信システムの経済性とサービスエリア

移動通信のコスト・パフォーマンスは、コスト、サービスエリア、利便性による。「ホーム型」のコードレス電話や無線LANは、サービスエリアが室内程度で狭いが、コストが安い。「街路型」のPHS、無線LAN、小電力無線は、ホーム型よりサービスエリアが広く構内、街路までであるが、コストが幾分高い位置づけになる。「携帯型」のケータイ、ポケットベル等はさらにサービスエリアが都市内、全国、海外にまで広がり、コストが幾分高い。「車型」の自動車電話、VICS、テレターミナルのサービスエリアは都市内、全国まで広がるが、更にコストが高い。

「衛星型」はサービスエリアが全世界と広く、コストもより高い位置づけである。今後の移動通信はコストが安く、サービスエリアが広く、安全・安心、利便性が高く、快適性の高いシステムの開発が必要である(図7.2)。

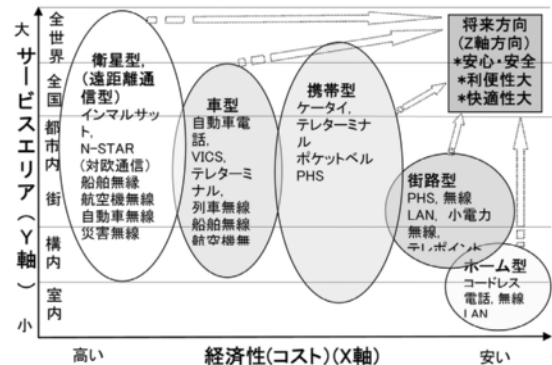


図7.2 移動通信システムの経済性とサービスエリア<sup>(2)</sup>

## 7.2 技術分野毎の開発課題の動向<sup>6)</sup>

移動通信分野のこれまでの技術開発状況を概説する。図7.3は、1978年から2000年までの特許出願件数約2.9万件の技術課題を分析したものである。無線制御と無線局のテーマが多く、操作性向上、通信品質向上、サービス向上等の技術開発項目が多かった。

1979年に、第一世代アナログ自動車電話方式、1993年に、第二世代デジタル携帯電話方式、1995年に、PHS方式等のサービスが開始され、爆発的に加入者が増加した。こうした状況に対応するための技術開発が推進された。1995年頃からは第三世代携帯電話方式の開発の推進により「操作性向上」、「通信品質の向上」、「干渉混信対策」などの特許出願の伸びが顕著になった。

要素技術分野毎の課題の特許出願テーマは、「ネッ

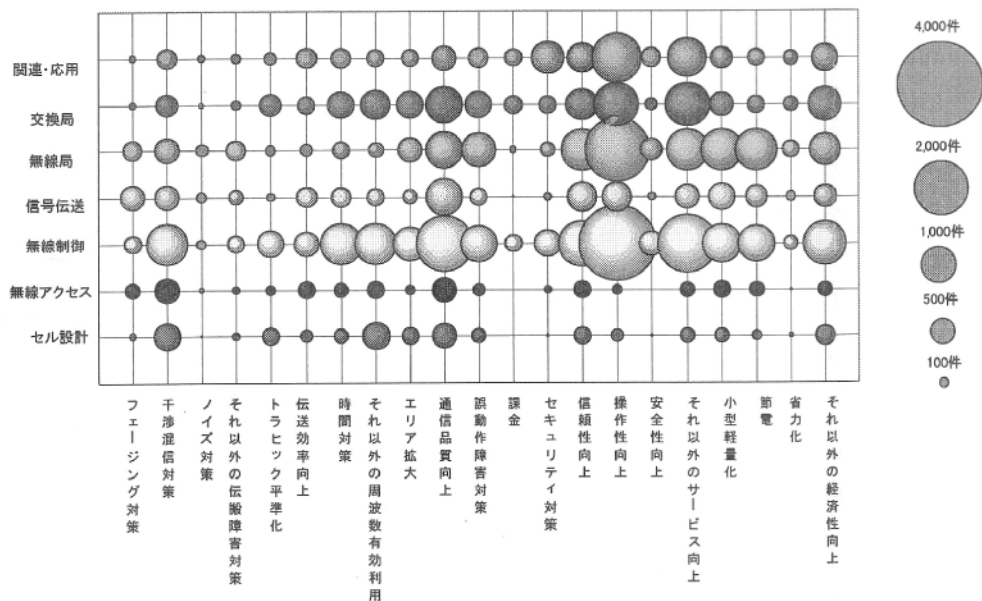


図7.3 技術分野毎の課題の特許出願件数（1978～2000年の公開された出願2.9万件数）<sup>(4)</sup>

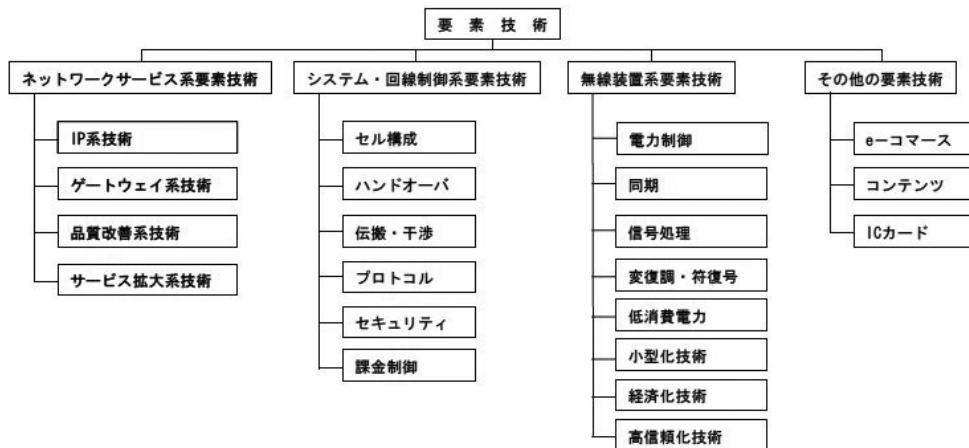


図7.4 要素技術の特許出願テーマ一覧（1978～2000年の公開された出願）<sup>(4)</sup>

ネットワークサービス」、「システム・回線制御」、「無線装置」、「その他のICカード」等に分類される（図7.4）。

日本は、第一世代自動車電話、第三世代携帯電話で世界初のサービスを実現し、世界をリードする国となったが、世界市場で貢献するための技術開発及び製品企画等の面で課題が残っている（8章参照）。

### 7.3 移动通信システムの技術発展の系統化

移动通信の各サービスの社会・文化・行政・技術発明・開発関係の発展関連の経緯を示す（図7.5：章の最後）。

社会動向について言えば、「公共中心」の安全・支援利用から「業務中心」の効率化を目的とした電話利用へ変わってきた。更に、生活を便利にする手段としての利用から、「パーソナル中心」の生活をより楽しむ、豊かにする、生活を支える社会基盤のユビキタスへ変遷した。第一・第二・第三世代でこれらのニーズの変化に

対応すべく種々なシステムがサービスされてきた。技術発明・開発関係は、トランジスタ・ICから、超LSI・デジタル技術へ、CDMA・マルチメディアへ、更に移動・放送・PCの融合への推進が大きく影響してきた。

国の行政については、戦後、GHQと警察無線に関する覚書を交わし、電波三法を公布した。その結果、警察無線、船舶無線、自動車電話等が次々に開発された。通信の自由化により新規事業者のサービスが開始され、端末の自由化でレンタル制から自由販売制へ変わった。

その結果、自由競争となり、IT化が推進され、e-Japan戦略、u-Japan戦略が追求され、移动通信市場が急激に拡大してきた。

移动通信文化は、「親指文化（ポケットベル）」を生み、「ビジネス文化（ステータス）」、「携帯文字文化」を創り出し、さらに「トモ文化（いつも誰かと一緒）」、「パーソナル文化（個室化）」へと進展している。



### (1) 移動通信技術開発の目標・課題・変遷・関連技術

図7.6 (章の最後) は、移動通信技術開発の目標・課題・変遷・関連技術を示す。移動通信の究極の目的は「いつでも、どこでも、だれとでも、なにでも」を実現することである。そのための基本目標は「周波数有効利用」(加入者容量増大、大容量化)、「伝送品質向上」(回線安定化)、「小型・軽量・経済化」(小さく、軽く、安く)、「パーソナル通信」(安全、安心、便利、高度化)の相互融合である。これら各課題に応えるべく、多くの技術開発がなされてきた。移動通信の基幹技術である無線伝送、回線制御、端末、デバイスの各技術および生産技術の他、関連技術として放送、PC、認証、AV、セキュリティ、GPS/位置情報そしてカメラ等の技術の融合が行われた。また電波を使用するので世界的な標準化が重要である。これらの技術開発は行政、企業競争、国際的環境、経済環境などの変化や市場ニーズに大きく関係した。

表7.1 (章の最後) は、詳細な移動通信の技術変遷と自主開発・海外技術導入の別、政治・社会、経済、行政の動きと共に示す。

### (2) 移動通信システムのセル構成

電波の有効利用と加入者数の増大のため、移動通信システムのネットワークは衛星移動体通信のジャイアントセル、自動車通信のスマールセル、携帯通信のマイクロセルやPHS・コードレス通信のピコセルで構成されている (図7.7)。

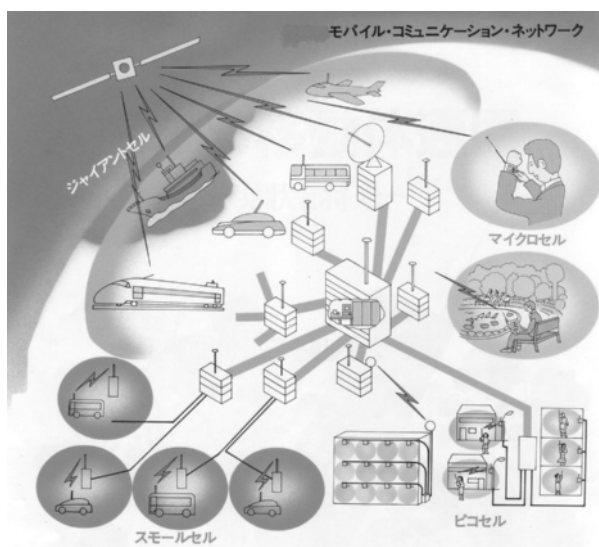


図7.7 移動通信システムのネットワーク

### (3) 移動通信の基盤技術の系統化<sup>(5)</sup>

図7.8 (章最後) は、移動通信の基盤技術についての系統化を示す。交換・部品・デバイス技術を基盤として、周波数有効利用の「セル構成」、「ハンドオーバ

(またはハンドオフ)」「多元接続」、伝送品質向上の「誤り訂正」、「音声符号化」、「変復調」、「発信器」、更に「周波数割当」、「関連技術の融合」等の種々の基盤技術が開発されてきた。

「セル構成」は、小ゾーン化が周波数利用効率化に大きく貢献したが、これには「ハンドオーバ (位置検出)」技術の向上および「多元接続」のマルチチャネルアクセス技術が大きく関係した。ゾーンの大きさを半分にすると、周波数利用率は約4倍になる。ゾーンを3セクタまたは6セクタにすると、周波数利用率はそれぞれ約3倍または6倍になる。

第一世代アナログ方式では基地局受信レベルが一定値以下に低下してから周辺基地局で移動機からの受信レベルをモニタして移行先を決定していた。このため移動機が基地局を移行したと判断するのに要する時間がかかり、高速移動時にハンドオーバが間に合わず限界があった。

第二世代デジタル方式は3チャネルTDMA方式であり、移動機が送信も受信もしないタイムスロットで周辺基地局からの受信レベルをモニタすることができるので、移動機自身が移行先基地局を判定できる。これをMAHO (Mobile Assisted Hand-over) と呼び、移行先判定時間が短縮でき、アナログ方式以上の小セル化が可能となった。

第三世代のCDMA方式では、全てのセルで同一の周波数を使用するため、常に隣接基地局からの電波を受信・モニタすることが可能になり、移行先基地局に切り換えるのではなく同時に受信するソフトハンドオーバが可能になった。

### 参考資料

- (1) 森島光紀：「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告, Vol.6, March 2006 国立科学博物館
- (2) 森島光紀：「動く電話」、C&C文庫、日本電気文化センター、第2版 pp.14-23 (1991年5月27日)
- (3) 斎藤正男監修：「身近な電波の科学」、(社)電波産業会、pp.50 ((2004.4))
- (4) 特許出願技術動向調査、「移動体通信方式」、特許庁、pp102, pp6 (平成15年度)
- (5) 倉本・木下：「移動体通信方式のれい明」、電子情報通信学会、Vol.89 No.8 pp.740-745 (2006-8)





注: AM: Amplitude Modulation(振幅変調), FM: Frequency Modulation(周波数変調), QPSK: Quadrature Phase Shift Keying(4位相偏移変調), BPSK: Binary Phase-Shift Keying(2位相偏移変調), TDMA: Time Division Multiple Access(時分割多重アクセス), CDMA: Code Division Multiple Access(符号分割多重アクセス), VSELP: Vector Sum Excited Linear Predictive(ベクトル和励起線形予測), EVRC: Enhanced Variable Rate Codec, AMR: Adaptive Multi Rate, EVRC: Enhanced Variable Rate Codec

図7.6 移動通信技術開発の目標・課題・変遷・関連技術・外部環境



表7.1 移動通信の技術・社会・経済・行政の変遷

| 項目     | 無線の黎明期     | 第一世代(1948-)       | 第一世代(1979-)       | 第一世代(1985-)            | 第二世代(1993-)                     | 第三世代(2001-)                       |
|--------|------------|-------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 方式名    | 長中短波方式     | 大ゾーン方式            | アナログ方式            | 大容量化方式                 | PDC/cdmaOne                     | W-CDMA/cdma2000                   |
| 伝送方式   | モールス、アナログ  | アナログ方式            | アナログ方式            | アナログ方式                 | デジタル方式                          | マルチメディア化インターネット方式                 |
| 無線ゾーン  | 数km~数100km | 大ゾーン 半径20km以上)    | 中ゾーン 半径3-20km)    | 小ゾーン 半径1~3km)          | 小ゾーン 半径1~3km)                   | マイクロゾーン 半径1km以下)                  |
| 周波数帯   | <1MHz,長中短波 | 30/60/150/400 MHz | 250/800 MHz       | 800MHz                 | 800MHz, 1.5GHz                  | 2GHz, 800MHz, 1.5GHz              |
| 狭帯域化   | x          | 50/25kHz          | 25kHz             | 12.5kHz(6.25インテグレーション) | 25kHz(1.25MHz/3ch/1.25MHz(CDM)) | 5MHz(1.25MHz(CDM))                |
| チャネル数  | 1          | 1/16/16/32        | 600               | 1,200                  | 4,000/(スベクトラム拡散)                | (スベクトラム拡散)                        |
| 有効利用   | AM         | FM                | FM/FSK            | FM/FSK                 | π/4シフトQPSK/QPSK                 | 上りQPSK, 下りQPSK                    |
| 変復調方式  | x          | x                 | 300bps 制御)        | 2,400bps 制御)           | π/4シフトQPSK/QPSK                 | π/4シフトQPSK/QPSK                   |
| データ速度  | x          | x                 | 300bps 制御)        | 2,400bps 制御)           | π/4シフトQPSK/QPSK                 | π/4シフトQPSK/QPSK                   |
| アクセス方式 | x          | シングル/マルチチャネル      | FDMAマルチチャネル       | FDMAマルチチャネル            | TDMA/DSS-CDMA                   | DS-SSMA/MC-CDMA                   |
| 空中線電力  | 数100W~数kW  | 250(ホタル)/100/40W  | 25/10W            | 25/10W                 | 32(1Wx32キリ)/セクタ/20W             | 20/10W                            |
| アンテナ   | 線状/傘型      | スタック/ユニホーン/八木     | フレ-2次ホーン          | フレ-2次ホーン               | フレ-2次ホーン                        | フレ-2次ホーン                          |
| 変調器    | 火花発信       | FM/PM変調、連倍        | FM(共振器VCO)        | FM(共振器VCO)             | デジタル直交変調器                       | デジタル直交変調器                         |
| 電力増幅   | x          | x                 | Si-Bipolar        | GaAs-FET               | GaAs-FET線形増幅                    | GaAs-FET線形増幅                      |
| 受信器    | 鉱石検波       | 2重/1重スーパーヘテロダイン   | 1重スーパーヘテロダイン      | 1重スーパーヘテロダイン           | ACT-LSI復調器/直交復調                 | レーク受信、低雑音増幅                       |
| 発信器    | 火花発信       | 水晶発信器             | 150MHz通倍形PLL      | 800MHz直倍形PLL           | 小型低消費電力直倍形PLL                   | 高速切替シンセサイザ                        |
| 音声符号化  | x          | x                 | x                 | x                      | VSELP(11.2kbps)/EVRC(9.6kbps)   | AMR(1.95-12.2kbps)/EVRC(9.6kbps)  |
| 送信電力制御 |            |                   |                   |                        | /送信電力制御                         | 送信電力制御                            |
| 誤り訂正   |            |                   | ARQ, FEC          | ARQ, FEC               | ARQ, FEC                        | ターボ符号, ARQ, FEC, 干渉キャンセラ          |
| ダイバシティ |            |                   |                   | 端末受信で採用                | 端末受信で採用                         | 送信基地で採用                           |
| ハンドオフ  | x          | x                 | 周波数切替(基地判定)       | 周波数切替(基地判定)            | 周波数切替(端末判定)/ソフトハンドオフ            | 端末 全波マルチソフトハンドオフ                  |
| トンネル対策 |            |                   |                   | トンネルブースタ               | トンネル光伝送ブースタ                     | トンネル光伝送ブースタ                       |
| 制御CPU  | x          | 4bit              | 4/8bit            | 8bit                   | 16bit                           | 32bit                             |
| 制御ソフト  |            |                   | ストードプログラム         | C言語, C++言語             | Java, C言語, C++言語                | Java, Linux, Symbian, Micro-ITRON |
| デバイス   | 鉱石・コイル     | 真空管・トランジスタIC      | トランジスタIC          | LSI IC・トランジスタ          | MMIC・VLSI, 小型フィルタ               | MMIC・VLSI, 小型フィルタ                 |
| 実装部品   | 金属シャーシ     | リ-1部品             | 表面・リ-1部品混載        | 表面実装、チップ部品(2125)       | 超小型チップ部品(1608/1005)             | モジュール化、超小型チップ(0603)               |
| 装置架    |            |                   | 標準架(1200x250x225) | 標準架(1200x250x225)      | 小型化標準架                          | 小型化標準架                            |
| 入力電圧   | AC/DC      | AC200V, DC-48V    | DC-48/-21V        | DC-48/-21V             | DC-48/-21V                      | DC-48V                            |
| 交換機    | x          | 手動→自動交換           | 自動交換              | 自動交換                   | 自動交換                            | 自動交換                              |

| 項目    | 自主技術導入      | 自主技術             | 独自技術          | 独自技術(FDMA)導入      | 自主 米国技術(CDMA)導入     | 自主 米国技術(CDMA)導入       |
|-------|-------------|------------------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------|
| 政治 社会 | 1914-39世界大戦 | 1962オリーブ・新幹線開業   | 1979フォード・ミニコン | 1989小型携帯 1991貿易摩擦 | 1993ホタル 1995災害 携帯活躍 | カメラ・テレビ・お財布 GPS LAN携帯 |
| 経済    | 戦後復興期       | TV/大量生産          | 自動車・パソコン・CD   | ハブル・財テク・FM        | インターネット             | IT化・多機能・省エネ           |
| 行政    | 1901通信省設立   | 1949警察無線許可 (GHQ) | 1981特定無線制度    | 1985通信自由化         | 1994端末自由化           | 2005U-Japan政策         |

注 AM:Amplitude Modulation(振幅変調), FM:Frequency Modulation(周波数変調), QPSK:Quadrature Phase Shift Keying(4位相変調), BPSK:Binary Phase-Shift Keying(2位相変調) FDMA:Frequency Multiple Access(周波数分割多重アクセス), TDMA:Time Division Multiple Access (時分割多重アクセス), CDMA:Code Division Multiple Access(符号分割多重アクセス) DS-SSMA:Direct Spread CDMA, MC-CDMA:Multi-carrier CDMA, VCO:Voltage-Controlled Oscillator (電圧制御発振器), Si-Bipolar:シリコンバイポーラ, GaAs-FET:Gallium Arsenide Field-Effect Transistor (ガリウムヒ素電界効果トランジスタ) ACT-LSI:Adaptive Carrier Tracking LSI, PLL:Phase-Locked Loop (位相ロックループ), MMIC: Monolithic Microwave IC, VSELP: Vector Sum Excited Linear Predictive(ベクトル和励起線形予測), EVRC:Enhanced Variable Rate Codec, AMR:Adaptive Multi Rate, EVRC:Enhanced Variable Rate Codec, AQR:Automatic Repeat Request(自動再送制御), FEC:Forward Error Correction(誤り訂正)

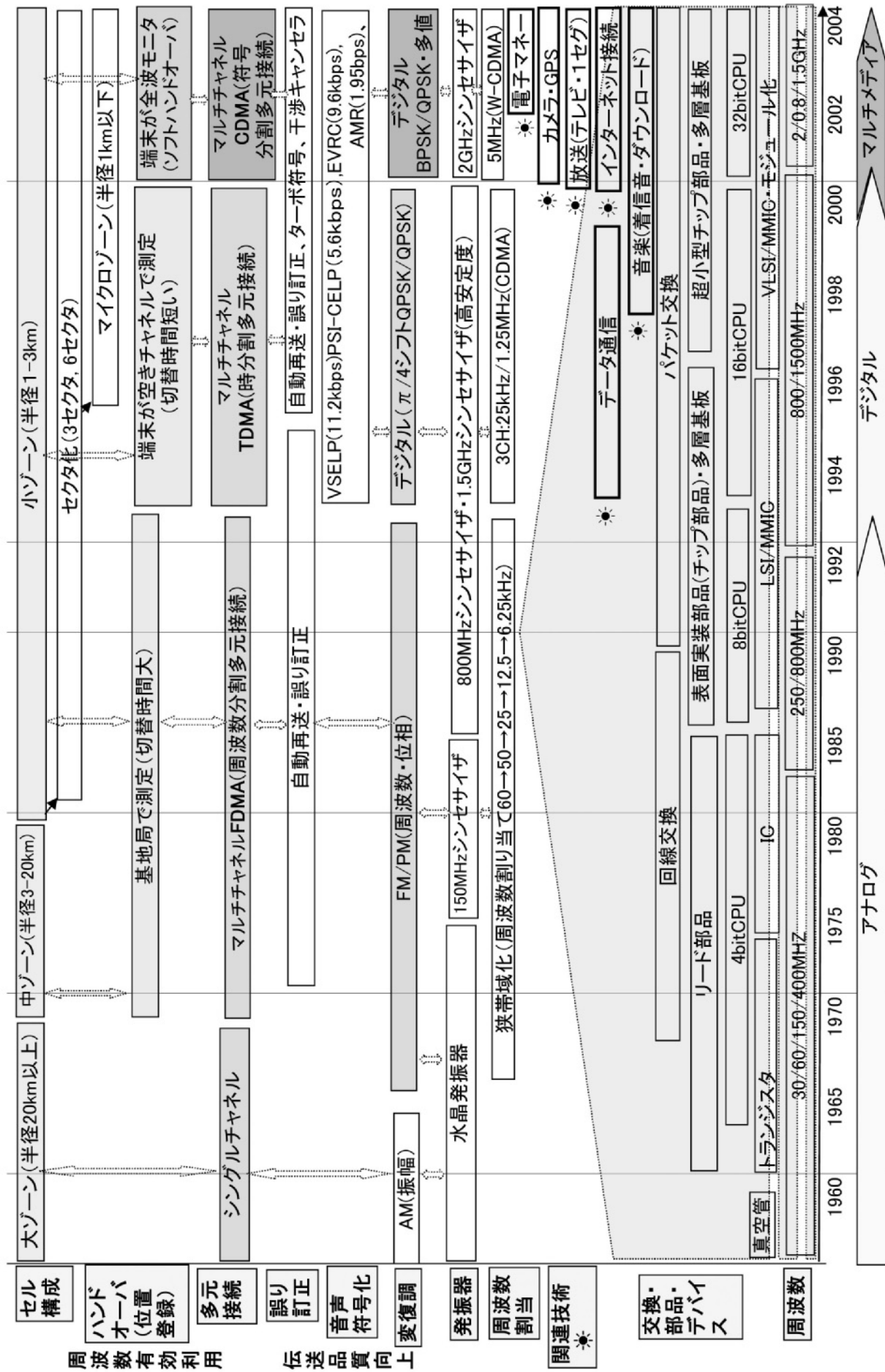


図7.8 移動通信の基盤技術の系統化



# 8 | 今後の開発課題と考察

携帯電話は国民1人に約1台まで普及した。世界のリーディング国として、「ユビキタス移動通信時代」を推進するための将来の開発課題と考察を示す。

平成17年度の「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書<sup>(1)</sup>も合わせて参照されたい。

## 8.1 携帯電話システムの開発課題

### (1) 新規業者のサービス提供で利便性の拡大

総務省は、携帯電話事業向けに、新たに1.7GHz帯、および2GHz帯を既存キャリアと新規参入希望者に割り当てることを決定した。早ければ2007年にも新規参入業者のサービス提供が始まる。1.7GHz帯では非対称デジタル加入者線(ADSL)大手のイー・アクセスの「イーモバイル」とNTTドコモが、2GHz帯の第三代携帯では通信ベンチャーの「アイピーモバイル」がそれぞれ名乗りを上げている。

ボーダフォングループの日本法人は、ソフトバンクグループに買収され、2006年10月1日に「ソフトバンクモバイル株式会社」へ社名変更された。新規参入者のサービス提供により更なる競争が促進され、利便性の高いシステムの導入が期待される。

### (2) 携帯電話の番号ポータビリティの導入<sup>(2),(3)</sup>

番号ポータビリティは、A社のユーザがB社へ移行した場合、それまで使用していた携帯電話番号をB社移行後も継続して利用できるようにするもので、海外では同制度を提供している国が増えている。日本では、2006年10月24日から導入された。

#### 1) 諸外国の導入状況

欧州各国は、EU指令に基づき1999年頃から導入が進んでいる。米国でも、事業者が必要さを疑問視して訴訟を起こすなどのトラブルもあったが、2003年11月に導入された。アジアでは、シンガポール、香港などで導入されている(表8.1)。

表8.1 諸外国の番号ポータビリティ導入状況<sup>(2)</sup>

| 国       | 導入時期   | 利用率   | 手続場所 |     | 手続期間    | 利用者負担                 |
|---------|--------|-------|------|-----|---------|-----------------------|
|         |        |       | 移転元  | 移転先 |         |                       |
| シンガポール  | Apr-97 |       |      |     |         | 有料-無料                 |
| イギリス    | Jan-99 | 5.0%  | ○    | ○   | 2日+1週間  | 30(¥5,400)            |
| オランダ    | Jan-99 | 5.0%  | ○    | ○   | 3営業日    | 9.08(¥1,300)          |
| 香港      | Mar-99 | 86.0% | ○    | ○   | 1~2日    | 無料→40(¥540)           |
| スペイン    | Dec-00 | 1.6%  |      |     |         | 無料                    |
| デンマーク   | Jul-01 | 11.0% |      | ○   | 30日     | 無料                    |
| スウェーデン  | Sep-01 | 5.0%  |      | ○   | 5営業日    | 無料                    |
| オーストラリア | Sep-01 | 8.6%  |      | ○   | 数時間     | 1事業者8(¥640)           |
| ノルウェー   | Nov-01 | 14.8% |      | ○   | 6.5日    | 85(¥1,300)            |
| イタリア    | May-02 | 1.6%  |      |     | 30日     | 無料                    |
| ベルギー    | Oct-02 | 2.2%  |      | ○   | 2日      | 最大15(¥2,100)          |
| ドイツ     | Nov-02 | 0.5%  | ○    | ○   | 4+2日    | 22.5-25(¥3,100~3,500) |
| アイルランド  | Nov-02 | 2.2%  |      | ○   | 2~数時間   | 無料                    |
| フランス    | Jun-03 | 0.1%  | ○    | ○   | 30日     | 15(¥2,100)            |
| 米国      | Nov-03 |       |      | ○   | 2.5時間   | 1.75(¥190)            |
| 韓国      | Jan-04 | 0.9%  |      | ○   | 30分~1時間 | 1,100(¥100)           |

### 2) 転送方式とリダイレクション方式

番号ポータビリティの方法には「転送方式」と「リダイレクション方式」の2つの方法がある。「転送方式」とは、元の携帯電話会社経由で、そのまま転送する単純な方法である。

「リダイレクション方式」とは、番号情報のみを以前のケータイ会社に確認し、移行後のケータイ会社へ直接接続する方式で、網間リダイレクション方式とも呼ばれている。中継する電話会社の交換機ソフトウェアの入れ替えが必要である(図8.1)。

この2つの方法のうち、どちらを採用するかは、総務省では決定せずに、電話事業者どうしの個別協議にゆだねることが決まっている。ケータイ会社では、「リダイレクション方式」をNTT東日本・西日本に申し入れており、NTTもその準備を始めている。ただし全国の交換機ソフトウェアを入れ替える必要があるため、すぐには対応できないようであり、2007年2月頃の予定である。それまでは転送方式を使うことになる。

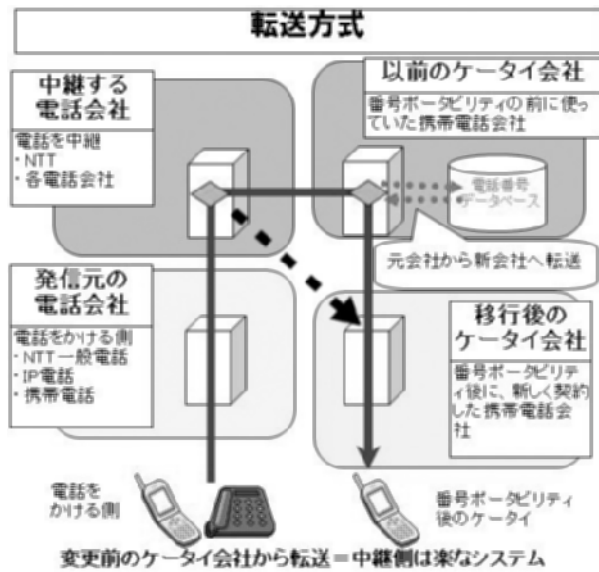


図8.1 転送方式とリダイレクション方式(点線)<sup>(2),(3)</sup>

### (3) 移動通信システムの進化

リモコン・リモート監視、位置情報の活用、財布・定期替わりへ進化している。更なるプライバシー、セキュリティ等の安全・安心対策、ユビキタス環境のコアへの応用(センサ通信、ウェアラブル通信等)が必要である(図8.2)。



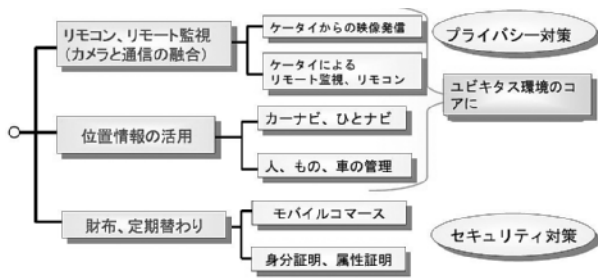


図8.2 移動通信システムの進化 (4)

#### (4) 電波の安全性の電波防護指針

基地局・携帯端末双方のアンテナから発せられる電磁波の人体への悪影響が心配されている。特に頭部に接して使用するために、脳腫瘍の発生を警告する意見もあり、世界中で研究されている。日本でも1990 (平成2) 年に「電波防護指針」が作成された。電波の強さが基準値を超える場所には入れないように柵などを設けなければならないことが決められている。

基地局の防護指針は $0.6\text{mW}/\text{cm}^2$  (900MHz) , $1\text{mW}/\text{cm}^2$  (1.5GHz) であり、実測で十分に小さいことが確認されている (図8.3)。今後とも官・学・産業界の研究・開発の推進と正確な情報発信が重要である。

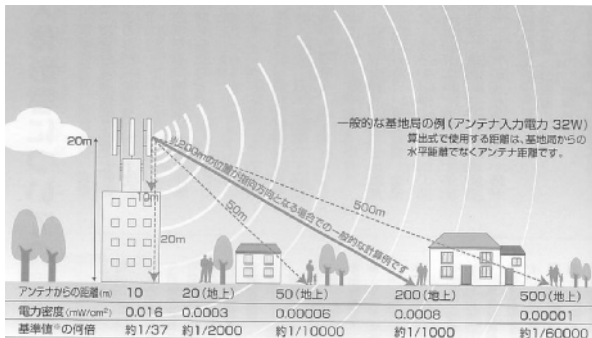


図8.3 携帯電話基地局アンテナからの送信電波の電力密度 (5)

#### (5) 緊急通報

総務省は2007年4月から発売される全ての第三代携帯電話にGPS受信などの位置情報機能を搭載することを義務付けると発表した。119番に電話すれば住所を言わなくても救急車が駆けつけるようになるだろう。

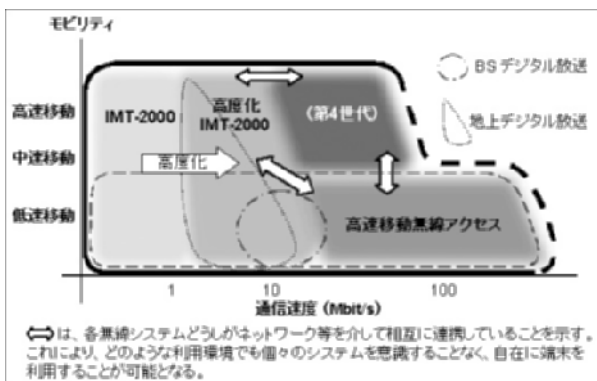


図8.4 第4世代の位置づけ (6)

#### (6) 第四世代移動通信システムの開発

第四世代移動通信システムとは、第三代に続く移動通信システムで、2010年の実現を目指している移動通信システムである。このシステムでは、光ファイバー並みの100Mbpsの高速データ伝送が可能 (第二世代の1万倍、第三代の50倍) で、また、高速移動中でも高画質の動画を送受信することが可能となる。さらに、高速移動無線アクセスシステムなど、他の移動通信システムと相互に連携することで、どのような利用環境でも個々のシステムを意識することなく、自在に端末を利用することを可能にする開発が必要である (図8.4)

#### (7) 翻訳携帯電話

自分が日本語で話すとネットワークで翻訳し、相手はその国の言語で聞くことが出来る。相手からの言語は携帯で日本語で聞くことが出来る翻訳携帯電話を期待したい。また、人間の五感を補助する全システムに対応する「シームレス携帯電話システム」の実現を期待したい。

#### (8) NGN (Next Generation Network) の開発

世界の通信業界は、100年に一度あるかないかの大きな曲がり角に直面している。新世代基幹ネットワーク通信が全てIP (Internet Protocol) 化された「次世代ネットワーク」の実現である。IP化により伝送速度の一層の高速化による高精細な動画伝送を含むマルチメディア移動通信の実現や、安全性・信頼性の高いシステムが実現できる。固定網と移動網を融合させるFMC (Fixed Mobile Convergence) IP網構築技術、多様なサービスを提供する技術、セキュリティ技術、端末機能の拡張技術など、多くの技術的側面を包含しており、一部技術については、具体的なシステム実装やトライアル検証が既に進められている。各国の通信事業者が勝手にNGNを作っているのは、相互接続に問題を残す。例えば日本のIP電話では、各社が独自の仕様を採用しているため、異なるIP電話事業者間の接続は、それぞれがIP化されているにもかかわらず、間に交換機やゲートウェイを挟まなければならない。これではIPを使うメリットもコスト削減効果も半減してしまう。世界標準化の確立と、どの事業者も利用出来るような中立性 (1社が独占しない) が重要である。

## 8.2 まとめと考察

日本の技術開発の初期の無線通信は、自主技術開発中心で発展してきた。最初から欧米の技術を輸入した有線電信電話とは技術の展開が異なり、日本の無線技術は欧米諸国に劣らず、時にはしのぐものさえあった。日露戦争で活躍した国産の「36式無線電信機」、世界で初めて実用化された携帯電話の祖先の「TYK式無線電話の発明」

等である。我が国最初の無線による公衆通信は1908年、通信省が銚子無線電信局を開設した時に始まる。主に船舶との公衆無線電報の発受信であったが、それ以降多様な移動通信システムが導入されてきた。「公共中心」から「業務中心」へ、更に「パーソナル中心」へと変わってきて、生活をより楽しむ、豊かにする、生活を支える社会基盤のサービスへと進展してきた。1979年、日本電信電話公社が世界で最初に第一世代セルラ自動車電話サービスを開始した。1999年までの20年間は小型・軽量の携帯電話として、その後現在まではインターネット接続の多機能携帯電話として進化してきた。2001年、NTTドコモグループが第三世代携帯電話のW-CDMA（Wideband Code Division Multiple Access）方式を世界で初めて開始し、世界をリードする国となった。今後は、世界共通の「ユビキタス移動通信」へ向けた開発面での貢献が重要である。

今後のユビキタス社会における移動通信を実現するための提言を記す。

前項課題の開発の他、次の推進が必要である。

#### **(1) 第四世代移動通信システム（4G）と次世代ネットワーク（NGN）でチャレンジングな開発**

次世代の通信方式はどうあるべきかが問われている。乱立する多様な無線システムとの親和性を高め、シームレスなサービス環境を提供できるシステム作りが必要である。たとえば、近距離通信が容易な無線LANや他セルラシステムに対して、利用者が何の意識もせずに接続できることなどが挙げられる。この方向性は高速化・大容量化とは相関性があり、互いのシナジー効果により新たなビジネスチャンスを創出する可能性を有している。しかし、そこには既定路線の方法論などは存在せず、これはある意味ではとてもチャレンジングな課題である。高速・大容量パケット伝送、システムコストの低減、システム間相互接続技術、インターネットと同様な方式で通信を行う次世代ネットワークの「フルIP（Internet Protocol）方式」へのスムーズな移行の開発推進が必要である。

#### **(2) 安全で安心な「ライフパートナー」としての移動通信システムの開発**

移動通信の今後のトレンドを考えるに、サービスの方向性を広い観点で捉える事が必要である。日本の携帯電話サービスは、世界に類を見ないほど進化し、生活基盤に根付いたものとなっている。更なる普及に従い、ケータイはライフスタイルさえも変化させてきている。ケータイに関わる様々な機能、サービスが広がって行き、まさに、ケータイが所有者個人の「ライフパートナー」と言う位置付けに進化してきていると言える。このような環境のなか、今後最も期待されるキーワードは、「安心、安全」である。「安心、安全」は、自然災害に対応するもの、迷惑メール、個人情報

報に関わるもの等様々である。プライバシー対策、セキュリティ対策、認証対策等が重要である。

#### **(3) オリジナルデバイスと市場ニーズにミートした機器開発・販売戦略で世界市場への挑戦**

2006年の全世界の携帯電話の販売数は約10億台で、日本全メーカ合計の世界シェアは約10%弱で、ノキア34.1%、モトローラ21.3%、サムスン11.6%が3強である<sup>(7)</sup>。第三世代携帯（3G）は日本、韓国、香港等が先行しているが、世界ではまだ第二世代のGSM（Groupe Speciale Mobile）が主流である。高機能の日本の3Gをそのまま世界へ供給しても各国の3Gの導入の遅れや文化が異なるのでそのままでは難しい。各国の市場ニーズにミートした機器開発や事業者主導からメーカ主導の販売戦略が必要である。

日本は高密度実装技術、ポリマー電池、リチウムイオン電池、積層チップセラミックコンデンサ、フレキシブル基板、カラー液晶とバックライト用白色発光ダイオード、デジタルカメラ等の技術に優れている。更に日本の携帯電話業界の生産方式は「設計から製造までクローズド戦略のもとで、フルライン化、部品の擦り合わせ化、小型・軽量・薄型化」をして成長した。今後各国で日本が先行しているネットサービスやテレビとの連携・融合が期待される。日本のこれらの強みを生かした製品作りで世界でのシェアアップを期待したい。

#### **(4) 国際標準化の推進（世界共通の第四世代移動通信システムの世界標準化推進）**

世界初の第二世代のデジタル携帯電話は欧州のGSMがドイツでサービスされ、現在200以上の国で導入されており、事実上の標準となっている。残念ながら世界一の性能の日本のPDCは日本のみで使用されているにすぎない。今後の世界の移動通信システムの標準規格の推進に官民学の協調で更に貢献することが望まれる。官民とも国際標準への認識や取り組みが不十分で、国際機関における日本の存在感が希薄である。国際機関で主導権を握る各種委員会幹事の日本の引受数は欧米に大きく水をあけられているのが現状である。独自技術を持つ企業に国際標準化への専門部署設置を促し、日本経団連や工業会等へも行動計画策定を求めるなど、民間の取り組みを盛り上げる政府の「国際標準総合戦略」を推進して欲しい。世界の標準規格の推進なしには、将来の進展はない。

#### **参考資料**

- (1) 森島：「移動通信端末・携帯電話技術発展の系統化調査」報告書（Vol.6 March 2006）、国立科学博物館
- (2) 総務省、「携帯電話番号ポータビリティの研究会」報告書 pp.1-54（1999/4/27）
- (3) NTT東日本資料、三上洋のWEBサイト

- (4) 平田：「携帯の進化」、慶応大学 大学院生講義 pp.10-11 (2005.10)
- (5) 斎藤正男監修：「身近な電波の科学」、(社) 電波産業会 pp.41 (2004)
- (6) 第四世代移動通信システム、総務省、電波利用ホームページ
- (7) 2006年世界の携帯電話端末シェア、米IDC



## 9 | あとがき

最近の携帯電話とインターネットは爆発的な普及があり、「予想外」であった。人間の予測能力には限界がある。長期的なことがらに対する創造的予測は優れた直感や暗黙知によることが大きいとはいえ、歴史に学ぶことにより、未来技術の予測や評価を行う上で大きな参考情報が得られることから、これに対する営々とした努力は不可欠であろう。先人達の技術開発への情熱と意気込みを感じ取れたという意味からも、今回の「技術の系統化調査」は意義深いものであった。

歴史は人々の心のよりどころであり、励みでも反省材料でもあり、可能な限り詳細かつ正確に残しておくことは有意義である。技術開発の変遷の調査を通じて、継続は力なりと信じ、失敗にめげず、息長く研究を続けることが大きな成果につながることを学んだ。部品さえ集めれば同じような製品が作れるデジタル時代にあって歴史のある「アナログ技術」（人間と端末機器のインターフェースは全てアナログである）をも融合したオンリーワンの「わがままなユビキタス通信システム」の官・民・学一体での開発推進が今後とも重要である。

### ■ 謝辞

今回の調査では多くの方々にご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

特に次の方々から所在調査の調査票の提供を頂いた。

- \*NTT情報流通基盤総合研究所：野村知義氏、塩沼浩二氏
- \*刈谷市教育委員会 生涯学習部 文化振興課：安野文夫氏
- \*パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株) 広報室：植田ひさみ氏
- \*株式会社ウィルコム総務部 広報グループ：柿島京子氏
- \*KDDI(株) 小山テクニカルセンター：渡部弘志氏
- \*中央コリドー情報通信研究所：北村彰啓氏
- \*日本電気株式会社 ネットワークサービス事業本部：山崎茂夫氏

次の方々から調査情報をご提供頂いた。

- \*KDDI(株) 広報部
- \*株式会社 NTTドコモ 広報部
- \*日本電気株式会社 モバイル・ワイヤレス事業本部
- \*埼玉日本電気株式会社
- \*株式会社 YOZAN 経営戦略室
- \*株式会社 日立国際電気 通信事業部
- \*電気興業株式会社 総務部

尚参考資料として、特に「NTTドコモの10年史」および「DoCoMo テクニカル・ジャーナル」を参考にしたので感謝する。

| 番号 | 名称                             | 資料形態 | 所在地                               | 製作者                       | 製作年           | 事業者                           | コメント  |
|----|--------------------------------|------|-----------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------------------|---|
| 1  | 高周波発電機                         | 実物   | 依佐美送信所記念館                         | テレフケン社(ドイツ):<br>A.E.G社    | 1927~<br>1929 | 日本無線<br>電信(株)                 | 日本初の対欧送信施設の送信機。出力500 kWの巨大な長波通信施設。  |
| 2  | 高周波コイル                         | 実物   | 依佐美送信所記念館                         | テレフケン社(ドイツ)               | 1927~<br>1929 | 日本無線<br>電信(株)                 | 日本初の対欧送信施設のバリオメータ型コイル。内径(直径1.2m)と外側(直径1.5m)の2個のコイルで構成。  |
| 3  | SSB短波送信機                       | 実物   | KDDI/小山 国際通信史料館                   | 国際電気株式会社                  | 1960          | KDD                           | 国産のSSB短波帯送信機、基地局送信出力:10kW(4.7~20MHz)、6kW(20~26MHz)。   |
| 4  | FS電波受信機(第一架:固定周波数、第二架:オールウェーブ) | 実物   | KDDI/小山 国際通信史料館                   | 国際電気株式会社 粕江工場             | 1928          | KDD                           | 国産の短波帯受信機、送信機周波数:5~26MHz、FS電波用の2波手動切替型電波受信機(第一架)およびオールウェーブ型電波受信機(第二架)。                        |
| 5  | ポケットベル基地局装置                    | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | 日本電気株式会社                  | 1968          | 日本電気<br>公社                    | 日本初の150MHz帯のトーン方式で、電電公社が東京23区で開始。   |
| 6  | 自動車電話用D10形自動交換機                | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | 日本電気株式会社                  | 1979          | 日本電気<br>公社                    | 世界初の一般電話と自動車電話および自動車電話相互間の交換接続、自動車位置の記憶、自動車電話発信通話に対する課金処理などを行う蓄積プログラム制御による自動電子交換機である。         |
| 7  | 新内航船舶基地局装置                     | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | 日本電気、国際電気、<br>日本電業工作      | 1980~<br>1987 | NTT                           | 日本初の250MHz帯自動交換内航船舶電話で自動車・航空電話と共用化された。  |
| 8  | 大容量自動車電話基地局装置                  | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | 日本電気                      | 1989          | NTT                           | 当時世界一周波数有効利用率が良いシステム。800MHz帯の無線チャネルの狭帯域化(6.25kHzインターリーブ)、ダイバーシティ受信を採用した。                      |
| 9  | デジタル携帯電話基地局装置                  | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | 日本電気、国際電気                 | 1995          | NTTドコモ                        | 日本初の800MHzのデジタル携帯電話。音声信号の帯域幅はハーフレートで5.6kbps、フルレートで11.2kbps。データ通信時の通信速度は9.6kbps(パケット28.8kbps)。 |
| 10 | PHS基地局装置                       | 実物   | NTT情報流通基盤総合研究所                    | NTTパーソナル                  | 1995          | NTTパー<br>ソナル                  | 日本独自で開発され日本初の1.9GHz帯のデジタル方式の簡易型携帯電話の公衆PHSシステム。  |
| 11 | PHS基地局装置                       | 実物   | 株式会社 YOZAN                        | 住友電気工業株式会社                | 1995          | アステル<br>グループ                  | 日本独自で開発され日本初の1.9GHz帯のデジタル方式の簡易型携帯電話の公衆PHSシステム。  |
| 12 | W-CDMA (屋外)小容量基地局装置            | 実物   | パナソニック モバイル<br>コミュニケーションズ株式会<br>社 | パナソニック モバイル<br>コミュニケーションズ | 2003          | NTTドコモ                        | 日本初の郊外や地下街など不感地をカバーする小型、軽量、低消費電力化、低コストで最大96チャネル対応の高効率の放熱特性筐体を実現。                              |
| 13 | テレターミナルQメール端末機                 | 実物   | 中央リポート情報通信研<br>究所                 | 国際電気株式会社                  | 1996          | 日本シ<br>ン<br>ティ<br>メ<br>イ<br>ア | 日本初の小型の双方向データ(通信速度:19,200bps)通信端末機である。双方向で50文字送受できる。  |

## 国立科学博物館 技術の系統化調査報告 第7集

---

平成19(2007)年3月30日

- 編集 独立行政法人 国立科学博物館  
産業技術史資料情報センター  
(担当：コーディネイト・エディット 永田 宇征 田里 誠、エディット 久保田稔男)
- 発行 独立行政法人 国立科学博物館  
〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20  
TEL：03-3822-0111
- デザイン・印刷 株式会社ジェイ・スパーク



正誤表(第7集4編 公衆通信システムの技術発展の系統化調査)

| 年月日        | 箇所                  | 誤                     | 正                                |
|------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 2007年3月30日 | p222<br>右段下から13、14行 | 同時に受信するソフトハンドオーバーが可能に | 同時に受信するソフトハンドオーバーまたはソフトハンドオフが可能に |