

解説



移動通信の将来と基盤技術

—移動通信の現状と将来展望†—

寺崎 明†† 島 伊三治††† 水谷 集 治††††
 今井 真一郎††††† 吉川 貞 行†††††

1. ま え が き

社会活動の発展は、人と人との通信の飛躍的増大のみならず、データベースへのアクセスにみられる人と機械との通信、あるいはドライバへのナビゲーションや生産・運転管理にみられる人工知能を用いた補助的なアドバイザーなどの機械から人への通信、さらには計算機間の金融決裁やセキュリティなどの機械と機械との通信など、通信は情報量の著しい増大のみならず、通信の質、多様性の変革に止まるところを知らない。

究極の通信の姿は、“いつでも”、“だれとでも”“どこでも”通信できるシステムとの定義には論を待たぬところであろう。かかる通信システムを構築するためには、事務所や家の通話相手をはじめ、飛行中の航空機上や自動車、列車、内航船舶などの移動体上の通信相手との通信など、通信相手の地域を限定しても、通信網の複雑に有機的に相互接続されたシステムが必要となる。ましてや、移動中の発呼者から移動中の着呼者への通信は、通信衛星や各種通信塔などから送信する電波を利用した通話路を形成しないかぎり実現できない。

電波を利用した通信の需要はカストロフィックに増大している。利便性を求める通信システムは、その通信速度をさらに高速化するために、技

術開発に強く関与している範疇においてすらいたずらに無線占有帯域の広帯域化に頼る傾向が垣間見られる。電波の利用技術は確かに人間の叡智、創造の賜物ではあるが、電波そのものは限りある自然の資源であり、無秩序に利用していけば近い将来に大切な電波資源が枯渇してしまうことを忘れてはならない。

かかる背景を考慮し、2. では、移動通信の歴史的経緯と通信メディアから観た発達経緯を述べる。3. では、将来への応用技術を適用分野別に論じる。4. では、行政サイドからみた移動通信の将来像と政策を説明する。

2. 移動通信の現状^{1),2)}

2.1 移動通信の推移

(1) 移動通信用無線局数

平成元年12月末現在において、全国の無線局数は約542万局であり、図-1に示すように、この10年間で約3倍、5年間で約2倍の増加を示している。

同図に示すように、移動通信用無線局数の総無線局数に占める比率は、70%~80%とほぼ一定と

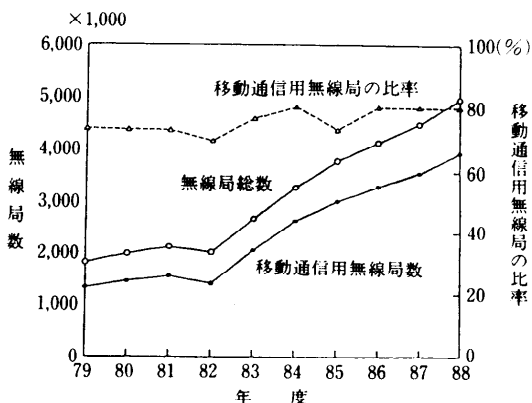


図-1 移動通信用無線局数の推移

† Future Trend and Fundamental Technologies for Mobile Communications —In Recognition and Perspective of the Mobile Communication Systems— by Akira TERASAKI (Telecommunication Bureau, Ministry of Posts and Telecommunications), Isaji SHIMA (Kansai Teleterminal System Promotion Council), Shuji MIZUTANI (Nippondenso Co., LTD), Shinichiro IMAI (Communication Products Eng. Dep, Nippondenso) and Sadayuki YOSHIKAWA (Industrial System Division, NTT DATA).

†† 郵政省電気通信局

††† 関西テレターミナルシステム推進協議会

†††† 日本電装(株)

††††† 日本電装通信機器事業部

†††††† NTT データ通信産業システム事業本部

より、昭和 62 年 9 月から新規参入事業者がサービスを開始しており、平成 3 年 3 月末現在、46 都道府県において NTT と新規参入事業者の 2 社体制になっている。

③ 昭和 62 年、ディスプレイ・ポケットベルのサービスが開始され、昭和 63 年 12 月からは、ペンシル型、カード型のサービスも開始された。

今後も、受信機の小型・軽量化、サービスの高度・多様化にともない、本サービスに対する需要は増加することが予想されており、加入者容量の増大を図った全国規模のサービスの実現が期待されている。

(2) 自動車電話

進展著しい陸上移動通信分野の中でも、年率 100% に及ぶ急成長を続けており、平成 3 年 3 月末現在、加入台数は、90 万台に迫る勢いで伸びている。現在までの経緯は次のとおりである。

① 昭和 54 年 12 月、NTT により、東京でのサービスが開始され、その後、順次全国的にサー

ビスエリアが拡大され、昭和 59 年 3 月には、全国広域サービスが開始された。

② 昭和 60 年 4 月の電気通信事業の自由化により、昭和 63 年から新規参入事業者が各地でサービスを開始している。

③ 昭和 60 年 9 月にショルダーフォンによるサービスが開始され、昭和 62 年 4 月には、携帯電話型移動局によるサービスが開始された。

自動車電話は、移動通信システムの基本的なインフラストラクチャとしての地位を占めており、今後の携帯電話の進展を考慮したシステム及びサービスの高度化が検討されている。

(3) コードレス電話

近年の生活様式にマッチした通信手段として、昭和 62 年に免許が不要な小電力型と微弱無線型のもが登場して以来、利用台数は爆発的に増え続けており、平成 2 年末現在でそれぞれ 800 万台程度普及しているものと思われる。現在までの経緯は次のとおりである。

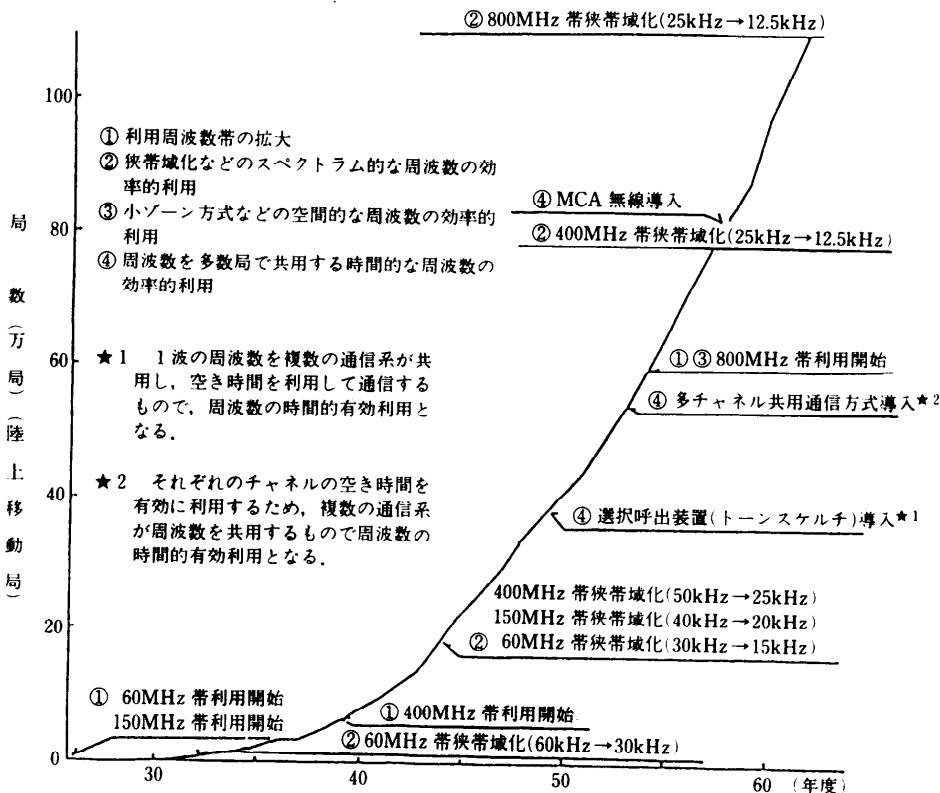


図-3 周波数高度利用化の経緯

① 昭和 55 年 5 月, NTT により 1 波方式のサービスが開始された。

② 昭和 59 年 3 月から MCA 方式のサービスが導入された。

③ 昭和 61 年に, 誤課金, 誤接続を防ぐためのコードレス電話の技術的条件が定められ, 昭和 62 年 10 月以降, 免許が不要なコードレス電話の利用が可能となり, 端末設備も自由化された。

将来のパーソナル通信において, 本サービスの発展型の果たす役割は大きいと思われ, システムの高度化・多様化が検討されている。

(4) MCA 陸上移動無線通信

複数の周波数を多数の利用者が共用するもので, 主に一般事業における短時間, 高頻度の通信需要に対応するサービスである。現在までの経緯は次のとおりである。

① 昭和 57 年 10 月, (財)移動無線センターが東京地区で MCA システムの運用を開始し, その後, 各地の(財)移動無線センターでサービスが開始された。

② 昭和 62 年 10 月から, 徳島地区において, MCA システムと同種のシステムである専用 MCA (JSMR システム) のサービスが開始された。

③ 平成 3 年 3 月末現在, 加入局数は約 46 万局に達している。

MCA システムは, 大都市での利用頻度が極端に高く, 急増する需要に対処するため, システムの狭帯域化などによる大容量化が進められてきたが, 利用者は毎年 50% の伸びで増加しており, 準マイクロ波帯を利用したシステムの早期実現が望まれている。

3. 将来の応用技術

3.1 次世代携帯電話

「いつでも, どこでも, だれとでも」通信できる究極の情報通信システムの実現に向けて, 郵政省では平成元年 1 月から, 次世代携帯電話システムに関する調査研究会(座長 辻井重男 東京工業大学教授)を開催し, 本格的な携帯電話システムについて検討を進め, 平成 2 年 4 月に報告書を取りまとめた³⁾。

報告書では, 次世代携帯電話の実用化を, コードレス電話の発展型である『第二世代コードレス電話』を 1991 年~1992 年に, 最終的なニーズに対応する『新世代マイクロセル型携帯電話』を 1990 年代中期を目標に二段階に分けて導入することを提案している。

調査研究会で取りまとめた『第二世代コードレス電話』及び『新世代マイクロセル型携帯電話』の主要諸元を表-1 に示す。

3.2 デジタル方式自動車電話

固定通信網において進められているデジタル化に呼応し, 良質で豊富なサービスの提供を実現するために, デジタル方式の自動車電話システムの登場に対する期待が高まっており⁴⁾, 郵政省では, 平成元年 4 月からデジタル方式自動車電話システムに関する調査研究会(座長 安田靖彦 東京大学生産技術研究所教授)を開催し, デジタル方式自動車電話システムの要求条件などの検討を進め, 平成 2 年 3 月に報告書を取りまとめた⁵⁾。主要諸元を表-2 に示す。

報告書では, 我が国におけるデジタル方式自動車電話システムの実用化は 1992 年であり, 西暦 2000 年には, 全国で, 少なくとも 800 万台の利用が見込めると想定している。

表-1 次世代携帯電話システムの主要諸元と所要帯域幅など

項 目	第二世代コードレス電話	新世代マイクロセル型携帯電話
実用化の時期	1991 年~1992 年ごろ	1990 年代中期 (1995 年以降)
使用周波数帯	2.6GHz 帯など	1~3GHz
アクセス方式	TDMA または TDMA/TDD	TDMA または TDMA/TDD
一波当たりのチャンネル数	3~8 チャンネル	6~16 チャンネル
変 調 方 式	GMSK または QPSK	QPSK
音声符号化方式	32kbps または 16kbps	16kbps または 8kbps
送 信 出 力	100mW 程度	100mW 程度
所要帯域幅 (送受)	20~25 MHz	160~200 MHz

3.3 準マイクロ波帯 MCA 陸上移動通信

多様化かつ急激に増大している業務用の陸上移動通信に対する需要に対応するために、郵政省では、平成元年6月に「準マイクロ波帯業務用陸上移動通信を行う無線局の無線設備に関する技術的条件」について電気通信技術審議会(会長 斉藤成文)に諮問をし、平成2年1月に答申を受けた⁶⁾。

審議会では、準マイクロ波帯 (1GHz~3GHz) を使用する業務用陸上移動通信を行う無線局の技術的条件について審議を行ってきたものであり、郵政省では、この答申に基づいて、今月末を目途に準マイクロ波帯を使用する MCA 陸上移動通信の導入が図られる予定である。

3.4 テレターミナル

テレターミナル・システムは、都市内に設置する無線(テレターミナル)基地局を通して、外勤中のサラリーマンなどが携帯する端末装置、車両に搭載する端末装置や各種センサの端末装置と、各ユーザのオフィスやセンタコンピュータとの間で、双方向のデータ通信を行うサービスであり、平成元年12月にサービスが開始された。

本システムは、MCA 方式とパケット交換方式の採用により、周波数及び無線設備の

表-2 デジタル方式自動車電話システムの主要諸元

項目	諸元
サービス開始予定	早ければ1991年
使用周波数帯	800MHz 帯および 1.5GHz 帯
キャリア周波数間隔	50kHz
アクセス方式	TDMA (時分割多重)
1キャリア当たりのチャンネル数	3チャンネル (将来6)
音声符号化方式 (CODEC 速度)	11.2kbps(注) (誤り訂正を含む)

注) 音声符号化の統一方式については、今後、(財)電波システム開発センターの主催によるコンテスト (9社が参加 (日本企業7社、米田企業1社、スウェーデン企業1社)) による音声評価などの実施により1社を選定。

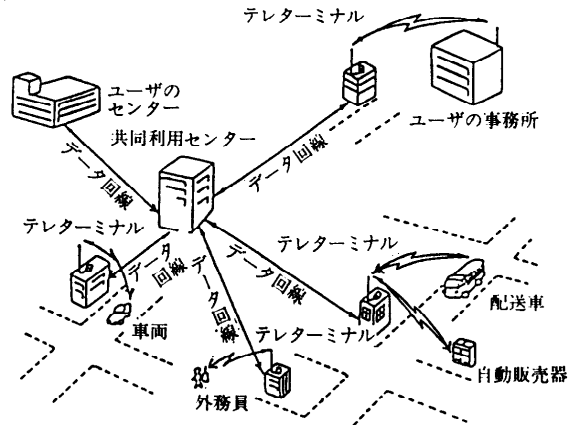


図-4 テレターミナル・システムの概念

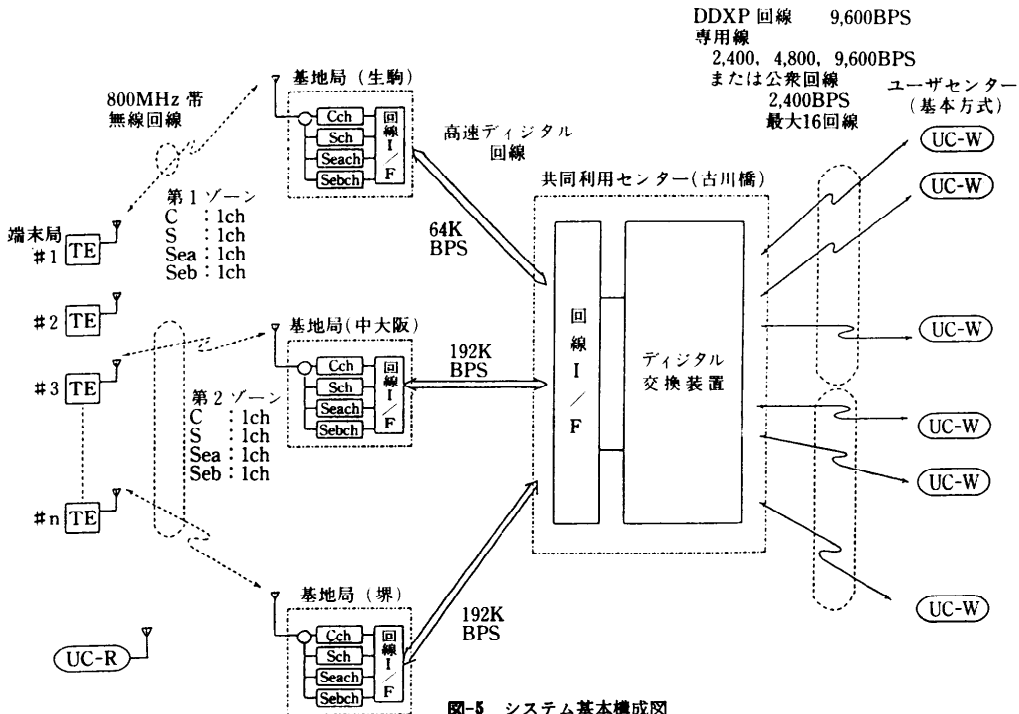


図-5 システム基本構成図

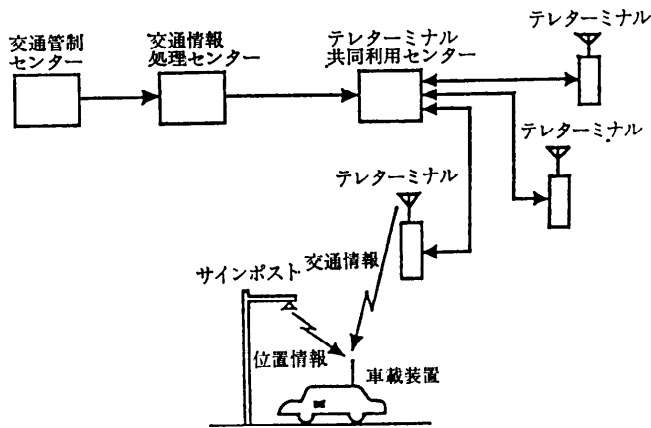


図-6 AMTICS のシステム構成

効利用を図ったシステムであり、これまで存在していなかった大規模な移動無線系のデータ通信需要に応えられるものと期待されている。

システム構成の概念を図-4 に示す。

テレターミナルは 800 MHz 帯の電波を用いて、直接 FSK 変調方式、二周波半複信方式を採用して、マルチチャネルアクセス方式により、無線区間信号速度 9600 bps を達成している。

本システムは、携帯型、車載型、可搬型、半固定型などの移動体と双方向の無線データ通信サービスを提供する事業用電気通信システムであり、電波法関係の規則では、陸上移動無線データ通信に分類される。

図-5 は関西テレターミナル・システム推進協議会のパイロット実験システムの基本構成を示す。

パイロット実験は、平成元年 12 月 1 日から試験電波を放射し 3 月 20 日に実験局 103 局の免許をうけた、生駒山、中大阪 (MID タワー)、堺の

3 局をテレターミナル基地局とし、古川橋に共同利用センターを設置して移動局 100 局を対象に開始された。

4 月 1 日に開幕した国際花と緑の博覧会にあわせて、図-6 に示す AMTICS (新自動車交通情報通信システム) の実験が開始されたが、シャトルバス、タクシー、パトカー、交通ガイド装置⁷⁾ な

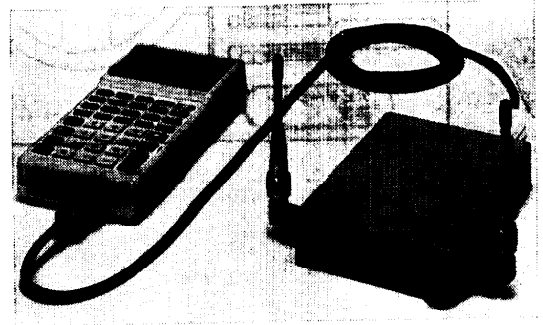
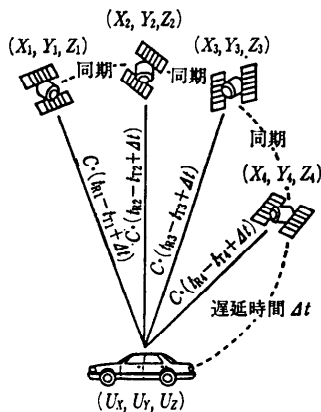


図-7 テレターミナル無線送受信機とデータ端末



- (U_x, U_y, U_z): 受信機の位置
- (X_i, Y_i, Z_i): 衛星の位置
- t_{ri} : 電波送信時刻
- t_{ri} : 電波到着時刻
- dt : 受信機時計の衛星時計に対する遅延
- C : 光の速度

測位の方程式

$$\sqrt{(X_1 - U_x)^2 + (Y_1 - U_y)^2 + (Z_1 - U_z)^2} = C \cdot (t_{r1} - t_{r1} + dt)$$

$$\sqrt{(X_2 - U_x)^2 + (Y_2 - U_y)^2 + (Z_2 - U_z)^2} = C \cdot (t_{r2} - t_{r2} + dt)$$

$$\sqrt{(X_3 - U_x)^2 + (Y_3 - U_y)^2 + (Z_3 - U_z)^2} = C \cdot (t_{r3} - t_{r3} + dt)$$

$$\sqrt{(X_4 - U_x)^2 + (Y_4 - U_y)^2 + (Z_4 - U_z)^2} = C \cdot (t_{r4} - t_{r4} + dt)$$

U_x, U_y, U_z, dt を未知数として方程式を解く

図-8 GPS の測位原理

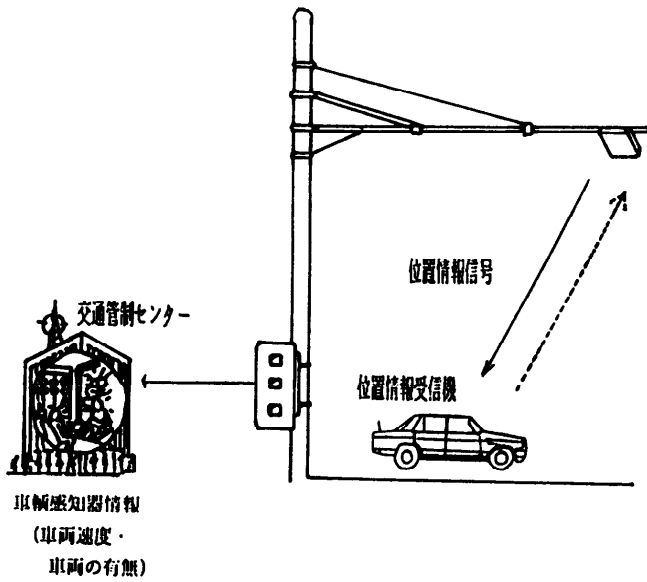
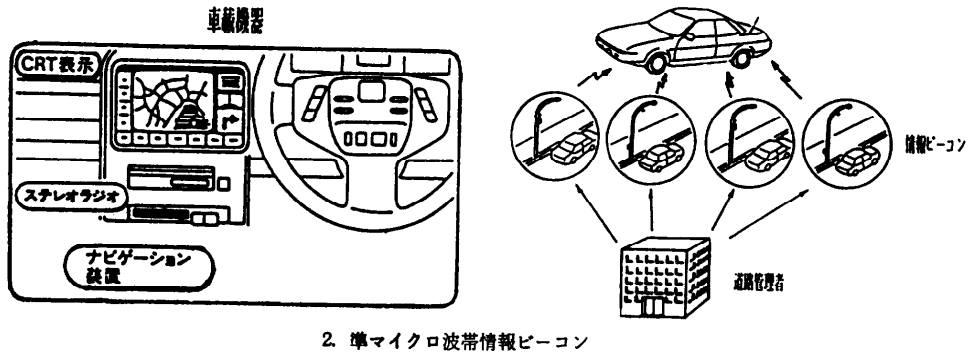
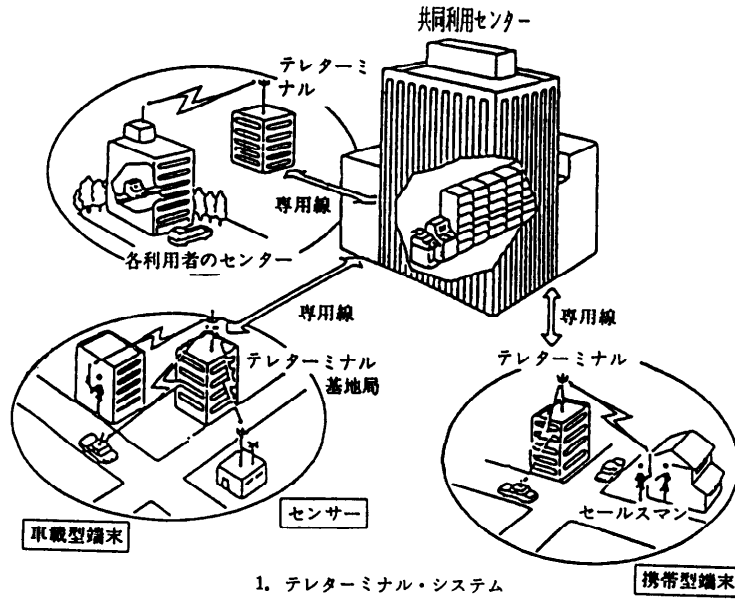


図-9 VICS のシステム構成

ど 50 台に対しての情報伝送はテレターミナルによって行われ、交通情報などは5分ごとに更新されたものを1分置きに送信した⁹⁾。

図-7 は実験に使用したテレターミナル無線送受信機とデータ端末を示している。

3.5 ナビゲーションシステム

(1) グローバルポジショニングシステム (GPS)

GPS (Global Positioning System) は米国により開発された人工衛星の電波を利用する測位システムである⁹⁾。

図-8 に示すように、高度 2 万 km、周期約 12 時間で地球を周回する 18 個の衛星が打ち上げられると、常時 4 個の衛星からの電波が受信できるようになる。4 個の衛星からの受信情報から衛星の位置、電波送信時刻を知り、計測した電波到着時刻とに基づき、受信機の位置、受信機時計の誤差を未知数とした連立方程式を解けば、自分の位置を知ることができる。

GPS では L1 帯 (1.5 GHz) 及び L2 帯 (1.2 GHz) の電波が使われるが、L2 帯は軍用であり、L1 帯のほうも C/A コード、P コードと呼ばれる 2 種類のコードのうち、一般に利用できるのは C/A コードのみである。この C/A コードを使った測位精度は、公称 100m とされているが実力的には 30m 程度であろう。

自動車のナビゲーションへの利用の場合、3 個の衛星による 2 次元測位でも良いが、現在名古屋

地区での利用可能時間は 1 日 15 時間程度である。また自動車の場合トンネル内、高架下、ビルの谷間などで衛星電波の受信が困難なことがあり、別の方法 (推測航法) での補完が必要となる。

(2) VICS

このほか、走行中の自動車へ交通情報を提供することを目的として、図-9 に示す VICS (Vehicle Information and Communication System) が開発されている^{7), 10), 11)}。これは将来の車社会のインフラストラクチャとなってゆくものと考えられる。

VICS の特徴は、図-10 に示すように①位置情報等の測位メディア、②道路情報や車の誘導等の情報ビーコン、③テレターミナル等の通信メディア、④各種放送メディア、ならびに⑤道路地図の伝送等のパッケージ系メディアを提供することにある。

4. 行政サイドからみた移動通信²⁾

4.1 移動通信の将来展望

高度情報社会の形成において、パーソナル・ユースの広がりとともに、移動通信の社会基盤としての位置付けが一層鮮明になるものと思われる。21 世紀に至る移動通信システムの将来展望を図-11 に示す。

4.2 今後の施策

移動通信システムの進展状況を踏まえながら、下記のような柔軟な施策を展開していく必要がある。

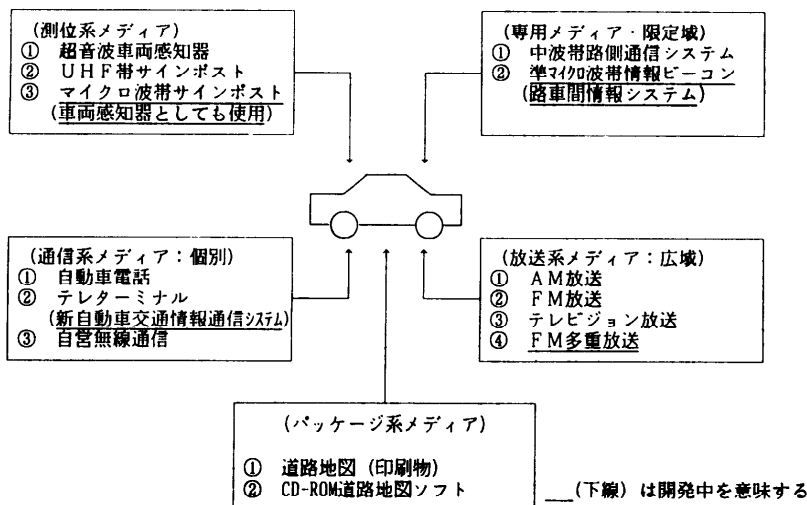


図-10 道路交通情報システム (VICS) 一総合化道路交通情報通信関係メディアー の概念図

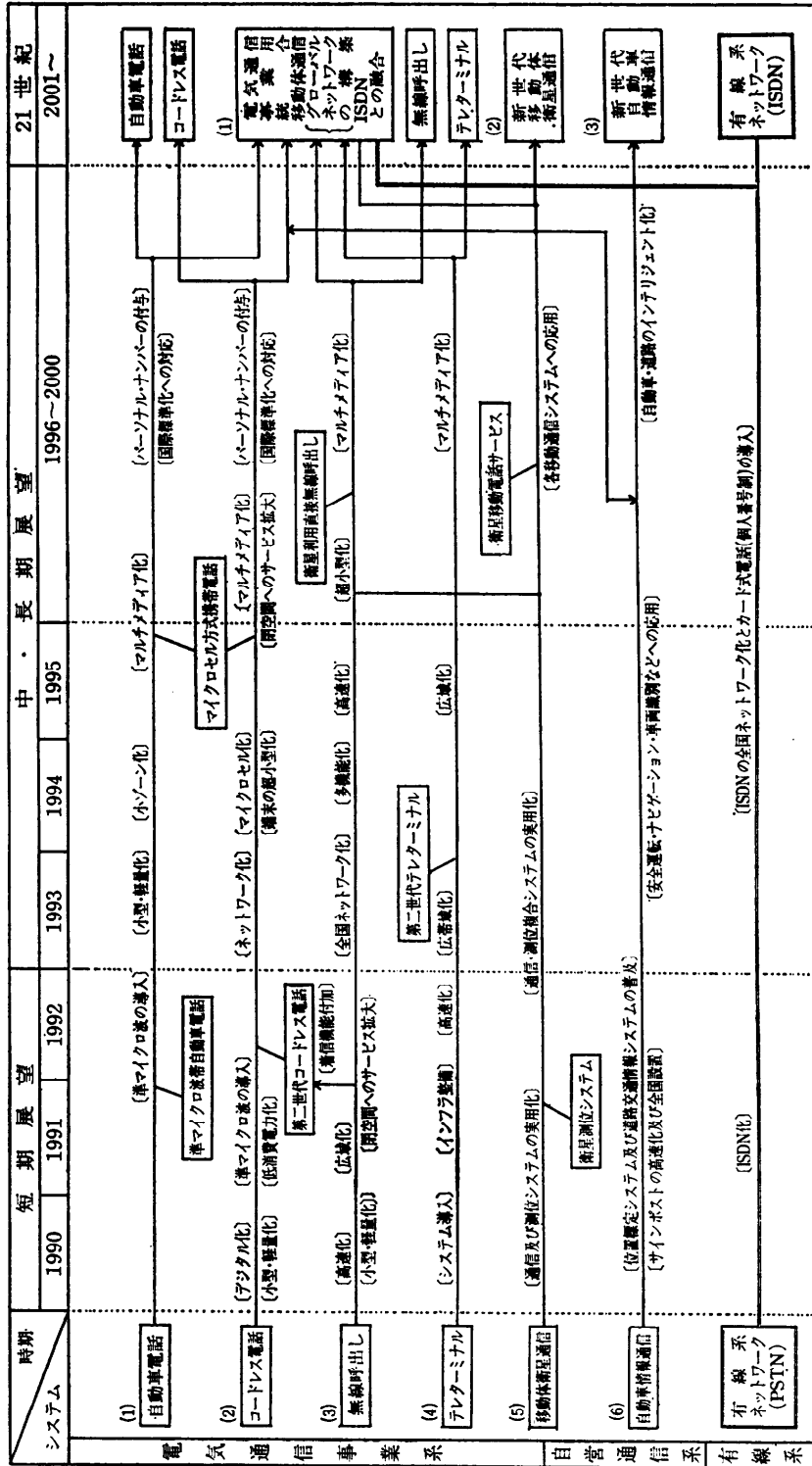


図-11 移動通信システムの将来展望

(1) 新システムの開発・実用化の推進

今後、開発投資が大きくなることが予想される移動通信分野において、多様化・個性化するニーズを的確に把握し、また、国及び民間レベルでの意識統一を図りつつ新システムの研究開発・標準化を推進していく体制が必要である。

(2) ニュートレンドへの対応

増大する電波需要に応えるための有効利用施策の促進及び、今後移動通信の分野で進展が予想される国際化、パーソナル化への対応が重要と考えられる。

(3) 技術的課題の検討

周波数の逼迫に対応するための新周波数帯の開発の促進や既存の周波数帯におけるナロー化・ダイナミック割り当てなどの周波数有効利用技術と利便性を増すマルチメディア化（デジタル化）などの向上が最大の課題であるが、その他、システムの統合化、端末の小型・軽量化、地下街などの不感対策の向上などについても検討する必要がある。

(4) 電波監理の在り方

移動機器の構造や機能が大きく変化するとともに、民間における技術開発能力も飛躍的に向上してきていることから、中長期的な視野に立って無線局監理制度の在り方の検討が必要である。

5. むすび

以上、行政サイドから見た移動通信の将来像と、テレターミナル、自動車社会と移動通信について議論した。将来の動向を、移動通信の発達経緯と今後の傾向を電波行政の施策から検討した。将来技術の応用として、次世代携帯電話、デジタル方式自動車電話、準マイクロ波 MCA 陸上移動通信、テレターミナルを中心にして、自動車社会と移動通信の係わりについて考察した。

なお、本論文は、共に情報処理学会中部支部主催で平成元年 12 月 7 日～8 日に開催した専門講習会“移動通信の将来と基盤技術”の講演に基づいてまとめたものである。

最後に、本論文をまとめるにあたり、有益な助言をいただいた愛知工業大学・岸政七氏、NTT データ通信開発本部・大野徹夫氏に感謝の意を表します。さらに、郵政省、情報処理学会中部支部、NTT、NTT データ通信の関係各位に深謝しま

す。また、専門講習会の開催に当たりご尽力いただいた豊田中央研究所・山中暎夫氏、情報処理学会中部支部前支部長・本告光男氏、太田忠昭前幹事、小川典孝前幹事、三井斌友幹事、和田幸一幹事、水野京子嬢に感謝します。

参 考 文 献

- 1) “移動通信に関する長期ビジョン懇談会中間報告書”，郵政省
- 2) “移動通信に関する長期ビジョン懇談会報告書”，郵政省
- 3) “次世代携帯電話システムに関する調査研究報告書”，郵政省
- 4) 石原伸幸，山本琢生：ハンドフリー自動車電話，自動車技術，Vol. 42, No. 2, pp. 175-180 (1988).
- 5) “デジタル方式自動車電話システムに関する調査研究会報告書”，郵政省
- 6) “準マイクロ波帯業務用陸上移動通信を行う無線局の無線設備に関する技術的条件答申書”，電気通信技術審議会
- 7) 水野雅男：AMTICS 車載装置，システム/制御/情報，Vol. 33, No. 7, pp. 363-370 (1989).
- 8) 岡本博之：新自動車交通情報通信システム (AMTICS) の実験とその概要，システム/制御/情報，Vol. 33, No. 7, pp. 337-345 (1989).
- 9) 日本測量協会：GPS-人工衛星による精密測位システム (1986).
- 10) 東 重利，堀部徹也，伊藤 徹：マルチインフォメーションシステムの開発，自動車技術，Vol. 42, No. 2, pp. 218-223 (1988).
- 11) 高田邦彦：路車間情報システムの開発状況，自動車技術，Vol. 43, No. 2, pp. 58-64 (1989).

(平成 2 年 7 月 6 日受付)



寺 崎 明

1952 年生。1974 年東京工業大学工学部電子物理工学科卒業。1976 年同大学院電子物理学専攻修士課程修了。同年郵政省入省。1979 年宇宙開発事業団筑波宇宙センター出向。1981 年郵政省電気通信政策局政策企画官室主査。1984 年同電気通信技術システム課長補佐。1986 年郵政省放送行政局企画課長補佐。1987 年同ハイビジョン推進室長補佐。1988 年同電気通信局電波部移動通信課長補佐。1990 年同電気通信局調査官，兼同電波部デジタル移動通信推進室長，現在に至る。この間、電気通信，宇宙通信，移動通信政策の立案に従事。



島 伊佐治

1931年生。1957年大阪工業大学電気工学科卒業。同年郵政省近畿電波監理局入庁。1983年同東海電波監理局放送部監理課長。1984年同電気通信局航空海上課検査官。1986年同九州電気通信監理局電気通信部長。1988年近畿移動無線センター開発担当次長。1989年関西テレターミナルシステム推進協議会技術部長。現在に至る。この間、航空、海上、放送、電気通信の監理、テレターミナルシステム開発に従事。



水谷 集治 (正会員)

1936年生。1959年名古屋大学工学部電気工学科卒業。1961年日本電装入社。1983年同電子技術部長。1989年同取締役、電子事業部担当。現在に至る。この間、自動車における各種制御システム、通信システムはじめ各種カーエレクトロニクスの開発、設計に従事。著書に「カーエレクトロニクス」(山海堂、共著)、「カーエレクトロニクス入門」(山海堂、共著)、「Car Electronics」(AL CA、共著)。電気学会、計測自動制御、SAE 各会員。



今井真一郎

1942年生。1965年慶応義塾大学工学部電気工学科卒業。1967年同大学院修士課程修了。同年日本電装入社。1967年同研究開発部研究員。1988年同通信事業室開発主査。1990年同通信機器技術部長。現在に至る。この間、移動体通信システムならびに車載装置の開発、設計に従事。自動車技術会員。



吉川 真行 (正会員)

1951年生。1974年山梨大学工学部精密機械工学科卒業。同年電電公社(現NTT)入社。オンラインデータ通信システム、デジタルデータネットワーク、ローカルエリアネットワーク、ワークステーション、OAシステムの研究・開発に従事。1985年新世代コンピュータ技術開発機構に外向。自然言語処理、知的プログラミングの研究に従事。1986年NTTデータ通信第一産業システム事業部サービス企画担当部長。1991年同ビル情報システム担当部長。現在に至る。AAAI 会員。