

歴史絵巻

電話

長距離電話にチャレンジ、 そして世界がつながった 20世紀エレクトロニクスの歩み(5)

相良 岩男

KOA
顧問

今号は、電話開発史の後半である。20世紀に入って、通信手段の高速化が国家にとって非常に重要だ、という認識が確立し、通信は国レベルの事業と位置付けられていく。そして通信網はより長距離へと広がり、世界中がつながり始める。世界がつながったいま、デジタル化の段階に入った。音声からデータへ、そして画像も扱えるようになる。一方、いつでもどこでもコミュニケーションしたい、という要望から無線の電話、つまり携帯電話が登場する。次は「電子回路」の歴史である。 (本誌)

相良 岩男(さがら いわお) 氏

1932年 東京生まれ。1956年 東京理科大学理学部 物理学科卒業。同年沖電気工業入社。研究所に配属。半導体応用技術者として、オーディオ機器、ゲーム機、信号機などに向けたICの開発設計に従事。1990年 ED事業部・電子応用技術部 技師長で退職し、同年 KOA 常務取締役。1996年6月から現職。

なお、ラジオの歴史は1996年4月8日号(no.659)に、テレビの歴史は1996年4月22日号(no.660)と1996年5月20日号(no.662)に、電話の歴史は1996年8月19日号(no.668)に1回目を掲載した。



当然の成り行きとして電話機利用者は、長距離電話を望んだ。すでに1899年2月1日、東京と大阪の間に長距離通話が開通している。しかし電話線に伝わる電流(音声信号)は、距離とともに減衰していくため、音が非常に小さくなってしまいうという問題があった。

この解決案として考えられたのが、電線を太くすることだった。だがこれも限界がある。どのようにしてこの問題を解決するかについて多くの技術者が争って研究を始めた。以下にその解決策を四つ紹介する。

インダクタンスを電話線路上に挿入

この問題に対して、英国のヘビサイドは一つの解決策を考え出した。彼は、電話線路(伝送線路)のインダクタンスを増やすと、電流(音声信号)の減衰が少なくなることを見いだしている。これを具体化したのは

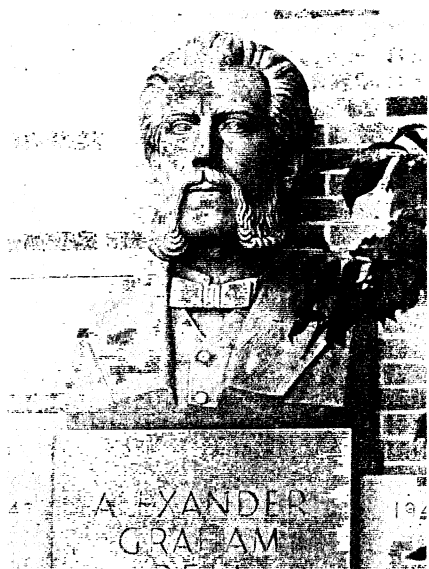


図1 A. ベルの言葉 米ベル研究所の玄関にある。"Leave the beaten track occasionally and dive into the woods. You will be certain to find something that you have never seen before" (冒頭 p.161 参照)。

米コロンビア大学の M. ピューピンだった。

M. ピューピンは、電話線路上に、ある間隔ごとに一定の値をもつインダクタンスを挿入してはどうか、と提案した。これを「装荷線輪(ケーブル)」という。このアイデアは大成功を収め、減衰量が激減したのだ。

日本では1920年、米ウエスタン・エレクトリック社の装荷線輪を輸入し、東京と名古屋の間395kmの長距離電話に架空裸線の代わりに装荷ケーブルを採用している。これに使用する性能の良い磁性体として、1923年にウエスタン・エレクトリック社のエルメンが「パーマロイ」を発明した。

電流を大きくする電話中継器の出現

二つ目のアイデアは中継器である。装荷線輪を用いても電話線路の長さには限度がある。さらに通話距離を長くするために考え出されたのが電話中継器だった。

つまり電話線路の両端、あるいは中間に電話中継器を挿入し、小さくなった電流を大きくしようというわけだ。この目的のため、1914年に水銀電弧式や真空管式で比較実験した結果、真空管式が良い成績を上げた。真空管式には1906年に発明された3極真空管を用いている。

この電話中継器を用い、1915年にはニューヨーク-サンフランシスコ間の約4800kmにわたって米国大陸横断電話回線が開通している。

このような背景から1924年12月27日、ウエスタン・エレクトリック社は電話発展の基盤となる技術を開発するため、ベル電話研究所

(Bell Telephone Laboratories) を設立した。この研究所では、まず電話中継器用101Dという3極真空管を研究したという。この真空管は酸化物被覆陰極を用いた低温度エミッション構造となっており、寿命が長く通信管と呼ばれていた。

ベル電話研究所(ベル研)の正面玄関のロビーにはA. ベルの胸像とともに「ときには踏みならされた道はずれて森の中に踏み込んでごらん。きっとなにか前に見たことのないものを見つけるだろう」というA. ベルの言葉が刻まれている(図1)。

日本では東京と岡山の間の長距離電話用として、1925年にウエスタン・エレクトリック社から輸入した中継器を収容した電話中継所が三重県亀山に設けられた。

1 本の電話線路を多数で使う

三つ目のアイデアは搬送電話である。そのころ1通話ごとに1本の電話線路(回線)を使用していた。このため長距離電話需要が急増するにつれ、既設の電話線路はすぐに満杯となってしまった。

特に長距離電話は、膨大な設備投資を必要とするため、1通話で1本の電話線路を必要とする方式ではなく、なにか新しい技術的ブレイクスルーが求められていたのである。

まず1915年、ドイツのK. ワグナーと米国のG. キャンベルは、それぞれ別々に濾波器(フィルタ)を発明している。フィルタとは、異なる周波数を分離することができる素晴らしい部品である。実は、そのころ黄金時代を迎えていたモールス電信でも同じような悩みを抱えていた。

当時の電信は、直流を断続して電信回線にモールス信号(電流)を送っていた。そこで1本の電信線路で複数の電信を送る多重電信が実現できないだろうか考えたのである。

もし送信側で、直流の代わりに、基準となる一定の周波数の信号を断続して電信回線に送ったとしよう。次に基準となる周波数からほんの少しズラした周波数を作り同じ動作をしたあと、同じ電信線に乗せてみる。受信側で、この少しズレた周波数を分離することができれば、多重電信が可能となるわけだ。電話も電信も同じ問題に遭遇していたのである。そこへフィルタが登場した。

1918年、米AT&T社のG. キャンベルとJ. カーソン、およびウエスタン・エレクトリック社のE. コックピッツとR. ハイジングは共同で、真空管による発振器とフィルタを用いて、5本の電信を1本の電信回線で送ることのできる多重電信を発表した。これは「超可聴5通信路搬送電信方式」と呼ばれた。

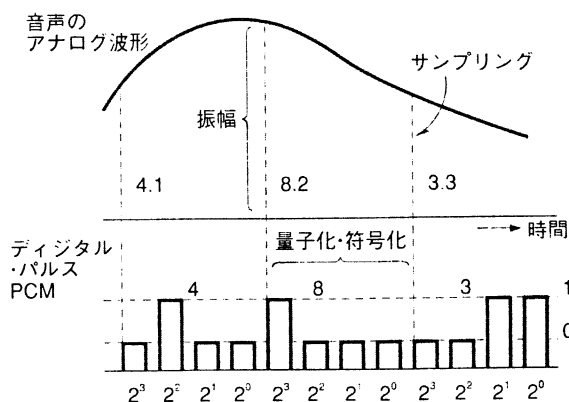
電信で成功したあと、電話用も開発され、フィルタを用いて同じ年、ワシントンD.C. とピッツバーグの間に1回線で4通話乗せることができる4通話路搬送電話を設置している。その後、1925年にベル研は1回線で3通話乗せられるC形3通話路搬送電話装置を標準機として開発した。

日本では1929年、この標準機をウエスタン・エレクトリック社から導入し、東京と青森の間で同年から搬送電話が始まっている。

世界を驚かせた松前と篠原の提案

四番目に紹介するアイデアは日本

図2 A. リーブスが考案したPCMの原理 A. リーブスは1937年にPCM(パルス符号変調)を発明した。音声を一定間隔でサンプリングし、振幅を量子化して符号化する。これをPCMという。その後、PCMは、電話から、オーディオ、さらに映像へと応用が広がっている。



から生まれた。そのころ、長距離電話は、裸線ではなく多数の心線をまとめた装荷ケーブルによって伝送されていた。装荷ケーブルの欠点は、音声の歪みや反響が生じ、音の質が低下し、音声周波数以上の周波数が通りにくいいため多重化が困難だったことである。

もし無装荷ケーブルを使うと、装荷ケーブルの欠点は改善されるが、音声電流の減衰が激しく、回線間の漏話が大きくなってしまふ。これをどう解決するかが問題になった。

1932年、通信省工務局の松前重義(元東海大学総長)と篠原登は共同で、画期的な長距離電話用の無装荷ケーブル案を提案した。これは、いままで用いられてきた装荷ケーブルをやめて無装荷ケーブルとし、広い周波数帯域を利用して多重化した多数の電話回線に乗せるというものだった。当然、減衰は生じるが、これは中継器増幅器で補償すればよいというのである。

この画期的なアイデアは、世界中の通信技術者に一大センセーションを巻き起こした。この装置は日本電

気の協力により、1934年3月、尾道と美ノ郷の間で実験したのち、1937年3月、旧満州の安東と奉天(現、瀋陽)の間で3通話搬送に成功した。

早すぎた発明、リーブスのPCM

これとは別に、もっと画期的な「デジタル」のアイデアが生まれている。A. リーブスは雑音問題の原因追究と、その文献調査、さらに問題点の解決に奮闘した。この結果、実に素晴らしいアイデアを思いついたのである(p.164の「『デジタル』の発明前夜」参照)。

A. リーブスは、まず1930年に振幅を変調するPAM(パルス振幅変調:pulse amplitude modulation)による時分割多重と、パルスの幅を変化させるPTM(pulse time modulation)を、続いて1937年にアナログ信号をデジタルのパルス符号にして伝送するPCM(pulse code modulation)を発明したのである(図2)。驚異的な発想だった。アナログと比較して、雑音による妨害に強い通信方式が実現できるのである。

彼は、これを直ちに実用化しようとしたが、当時、デジタルに適する部品は皆無だった。もし当時の部品で作ろうとすると、膨大な数を必要とすることから、ついに日の目を見なかった。再び注目されるまで11年の歳月が必要だったのである。

第二次世界大戦が終わった次の年、つまり1946年、ベル研を中心に、雑音に弱いアナログ多重通信に代わって、雑音に強いと予測されるPCMによる多重通信ができないだろうかという模索が始まった。負帰還増幅器を発明したH. ブラックが設計を開始している。雑音問題で頭を痛め

ていた米国陸軍も関心をもった。

このなかで1948年、ベル研で暗号通信の研究をしていたC. シャノンが情報を2進数符号で伝送すれば、雑音に強く正確な情報伝送ができるという情報理論を発表した。さらに1948年のJ. バーディーンとW. ブラッテンの点接触型トランジスタや、1949年のW. ショックレーの接合

型トランジスタの発明によって部品にもメドが立った。ようやくPCM技術を支える周辺技術が育ってきたのである。

やがてデジタルによる24チャネルの近距離用PCM搬送装置が米国で1962年に商用化した。そしてPCM技術がその後のエレクトロニクスを大きく変えることになる。

第二次世界大戦後、 日本の通信事業は混乱から発展へ

1945年8月15日に終戦の詔勅が下ったとき、1943年には最大108万

加入に達していた電話は、なんと47万加入へと激減していた。電信電話

「デジタル」の発明前夜

A. リーブスは、ITT社 (International Telephone & Telegraph Co.) のパリ研究所で働いていた。ITT社はS. ペンが創立した会社で、彼は35歳のとき、プエルトリコ島で友人から電話事業を譲り受けている。ところがS. ペンは、第一次世界大戦が始まったため、仕事は兄に任せ、米陸軍通信隊に入隊し、功績を残して退官した。

その後、兄が仕切っていた電話事業を共同で経営すべく1920年にITT社を作った。初めは兄が社長だったが、1933年からS. ペンが社長となっている。やがて彼はプエルトリコ島のみならず、米国以外の地域における電話事業に進出することをねらった。

まずITT社はAT&T社と共

同で1920年、米国とキューバの間に海底ケーブルを敷設し始めた。次にスペインへと事業展開していった。ここでもAT&T社の協力を得て電話機工場を建設しようとしたが拒絶されたため、AT&T社の直系にあったIEW社の買収を考えたのである。

一方、AT&T社は海外統括機関のIEW社を手放したくはなかったが、AT&T社の電話事業独占が問題となってきたため、やむなく手放したのである。欧州では、ドイツのジーメンス・ハルスケ社とスウェーデンのエリクソン社がそれぞれ電話機を作っていた。

このような背景のもと1925年、IEW社はITT社に買収され、ISE社 (International Standard Electric Co.) となった。

ITT社でA. リーブスは、より広帯域で、雑音が小さくなる通信方式の研究に没頭していた。そしてデジタル伝送による通信方式を研究することにした。この開発動機は、電話の歴史を振り返って見ることから始まったという。調査中に、ドイツのP. ライスがデジタルで伝送する音声電話を考えていたことを知る。

そのころは、A. ベルの発明したアナログによる音声電話が普及していたが、アナログ多重搬送では技術的問題が多く、悩んでいた。この悩みとは、漏話やフィルタ特性に起因する雑音問題だった。ここでもう一度デジタルを見直そうとA. リーブスは考えた。そしてPCMの発明という名誉をつかんだのである。

施設は壊滅的な打撃を受け、実に電話局の52%、電信回線の75%が失われている。

この通信事業が復旧するなかで、トランジスタ、IC、レーザ・ダイオード、光ファイバなど新しい部品が、応用ではマイクロ波、光ファイバ伝送、PCM、通信衛星などの新しい技術が登場してきた。これによって通信は姿を変えながら大きく発展していった。

この結果、戦後50年目の1995年には国際電話の即時通話、ポケット・ベル、自動車電話、携帯電話などが商用化され、家庭に1台だった電話機が、1人1台へと普及し始めている。

電話、遅々として復旧できず

電信電話事業を統括していた通信院は、戦後の事態を憂い直ちに行動を開始し、1945年8月下旬に「通信復興本部」を、同9月上旬には「電気通信復興局」を設けている。

政府は第二次世界大戦の真只中にあった1943年11月1日、通信省を廃止して通信院を設置していたが、1945年5月19日には通信院が廃止され通信院となった。通信院は1946年7月に通信省と昇格し、早急に戦災施設復旧を計ることとなった。

ここで「復旧3カ年計画」を策定したものの、インフレと物資不足などから、思うように計画は、はかどらなかつた。とはいえ1948年には、93万加入へと回復していた。

1948年7月、政府は「経済復興5カ年計画」を発表しており、この一環として前の計画は見直され、1953年には147万加入を目標とした「電気通信復興5カ年計画」を策定した。

その後も計画は物価の高騰や物資の不足などで予定がくるい、目まぐるしく改訂されている。

1950年6月になると、ようやく戦前の最大加入者数である108万加入を上回るまで回復したのである。このころ日本の経済界は活況を呈し始め、電話の需要は急増していた。

日本電信電話公社の誕生

ところが需要が大きすぎて、これに対応できないため、「つかない電話」、「かからない電話」といった苦情が1950年ころから電話局の窓口へ殺到し始めている。ますます多忙をきわめる電信電話事業に対して1949年6月1日、逓信省を電気通信省と郵政省に分離することにした。

この機構改革によって、電気通信省がこの事業を担当し、省の運営に企業的经营が採用されることになったのである。その背景には、逓信省のサービスが極端に悪くなっていたことが上げられる。需要に対応できない理由として逓信省は、電信電話関係の設備が戦争によって壊滅的な破壊を受けていたため、産業の復興や経済の拡大による電信電話の需要に追いつけないと言っていた。

これに対し、逓信省の態度は横柄だ、計画が明らかでないと国民の反感を買っていたのである。この反感を少しでも和らげるため、新しくできた電気通信省は、従来の役所のもつ堅さから民間企業のサービス精神をもつ柔らかさへと変身し始めた。

さらに民需路線を明確にするため、1951年10月には電信電話事業を公共事業体へ移行させようとして、政府は「日本電信電話公社案」を作成

したが、反対も多く、かなりの紆余曲折があった。

約1年間すったもんだの末、1952年8月1日にようやく日本電信電話公社が誕生したのである。日本電信電話公社の開業式で、「国民の満足する最良のサービスを最低の料金で提供し公共の福祉を増進したい」と梶井初代総裁は公社の進むべき方向を明らかにした。加えて、「技術は、戦争によって、米国や欧州と比較して20年は遅れている」と語り、技術革新の必要性も強調した。

1953年には「電信電話拡充第1次5カ年計画」が策定された。このなかで「戦時中の荒廃した施設復興が一段落しており、拡張が大きな目標である」と述べ、梶井総裁は精力的に事業を進めた。このとき国際電話事業を独立させることにし、1953年4月1日から国際電信電話(KDD)株式会社が業務を開始している。

1957年になると「サービス精神の徹底」が叫ばれるようになった。

世界最高水準へと飛躍する事業方策

1958年、日本電信電話公社の第2代総裁に大橋八郎が就任した。大橋は、「電信電話事業は技術、経済、人、3者の純然たる調和なくして、正しい運営は望めない」との基本理念のうえに立ち、「民間企業的センスによって企業性と自主性を強化し、能率的、進歩的運営を図る」ということと、「外国技術を輸入する段階から、日本の創意による技術を発展させる段階に移行すべき時期である」と述べている。

当時「第2次5カ年計画」を立案中であり、これに基づいてクロスバ

交換機、設備の小型化、マイクロ波や同軸伝送の多重化、小型部品の開発が進められることになった。事業の大きな目標は全国自動即時通話化だった。

そのころ、長距離電話は交換手に申し込むという形態であり、普通通話、至急通話などといった区分けがあった。もちろん料金は異なる。たとえば日黒から川崎まで電話をかけた場合、普通通話では、直接電車で行く時間とたいして変わらない2時間は待たされていた。

第3代の米沢総裁は1965年に就任している。ここで米沢総裁は二つのことを提唱している。一つ目は相手の立場を尊重し、人のために尽くそうというサービス精神、二つ目は「物」と「エネルギー」の時代から、「情報」が主導性をもつ時代へと変わっていくということである。情報革命の時代には「機械に置き換えること

のできる仕事は機械に置き換え、人間は人間でなければならない仕事に従事しよう」と言い、目標を人間尊重に置いた。

1955年～1960年、日本の経済は高度成長を遂げつつあった。半導体技術やコンピュータ技術は、技術革新の真っ只中にあり、これをどのように電気通信の分野に応用するかについて、「長期的視野に立った総合的な経営ビジョンと将来の発展」、「国民生活や経済社会と密着したサービス」、「自主技術の確立と将来の通信事業の多面的発展に備えるための基礎研究の推進」などを指示した。この結果、日本の電気通信技術は、世界最高水準に達したのである。

電話機の架設になんと3年かかる

当時、一般庶民にとって電話機をもつことは夢のようなことだった。なにしろ電話回線が極端に不足して

いた。まともに電話機の架設を申し込んでも3年以上は待たなければならなかった。

この危機的状況を打破するために日本電信電話公社は電話事業の大きな飛躍に向けて、インフラ整備計画を次々に打ち出したのである。そのスタートとなった計画が「電信電話拡充第1次5カ年計画」である。この計画は1953年からスタートし、電話需要の急増に対応することとなった。第1次の目標は架設需要の対応、および東京・名古屋・大阪の相互即時通話と県庁所在地間の通話接続時間を30分以内にすることだった。

このとき基本方針として1958年から始まる第2次5カ年計画に支障が生じないように先を見た長期的視野に基づく技術構想が樹立された。これがクロスバ交換機とマイクロ波回線の導入計画だったのである。

従来のステップ・バイ・ステップの

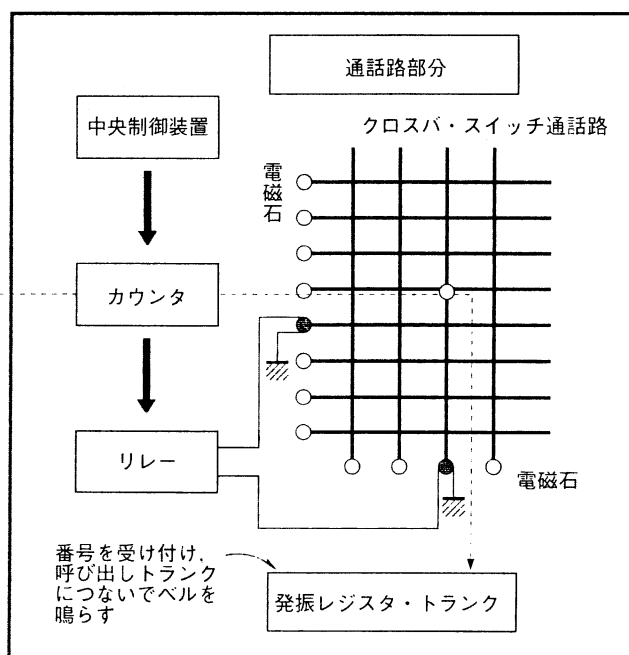
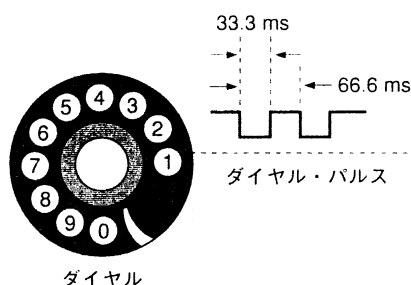


図3 全国自動即時通話化の立役者、クロスバ交換機
クロスバ交換機は制御部分と通話路部分とによって成り立っている。通話路部分のクロスバ・スイッチは縦方向と横方向の電磁リレーの交点が選択されるようになっている。

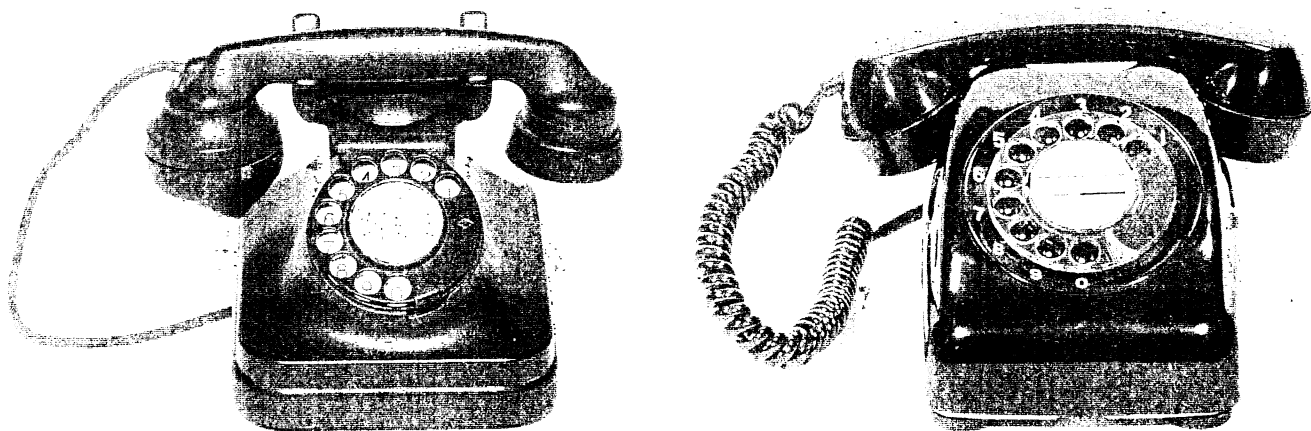


図4 送受話器を連結した電話機の登場 1933年(昭和8年)、送受話器を連結した3号電話機が開発された(左図)。その後、30年間にわたって標準電話機として使われた。これの感度を改善したのが1948年に開発された4号電話機である。「ハイファイ電話機」と呼ばれるほど性能が良かった。1961年に開発された600型電話機も広く普及した(右図)。現在使っている家庭もあるだろう。グレーやグリーンなどのカラー化が始まったのは、この電話機からである。

ストロージャ式交換機は、電話ルートに融通性がない、雑音が多い、課金に制約があるなどの欠点があった。このため東京・名古屋・大阪のみならず、全国の加入者からダイヤルで自動的につなぐ全国自動化ダイヤル網はストロージャ式交換機では実現が困難だった。

電子交換機へつながるクロスバ導入

日本電信電話公社(電電公社)の梶井総裁は、早くも次は電子交換機になると予想していた。そのころ、フォン・ノイマンが考案した蓄積プログラミング方式の電子計算機(真空管で作製)が商用化されており、電子交換機も注目されるようになっていた。技術的に類似していたからである。

梶井総裁は「電子交換機は回線数の多い大都市から導入されるだろう。その理由は回線数が少ないと不経済になるためで、地方の小さい局には、電子交換機との接続インタフェースの良いクロスバ交換機にまず切り替えておくとよい」と先見性のある発

言をしている。

1953年4月、自動交換技術委員会において、クロスバ交換機の導入が決定した(図3)。同時に電子交換機の開発が電電公社で始まったのである。クロスバ交換機は1905年にスウェーデンと米国でそれぞれ考案され、1926年にはスウェーデンで実用化されている。日本で研究を始めたのは1940年である。

ウェスタン・エレクトリック社やエリクソン社では、すでに1953年には実用化していた。ただしウェスタン・エレクトリック社は技術輸出に消極的だった。このため日本は1954年、ITT社の子会社であるケログ社から5800回線のクロスバ交換機を輸入し、群馬県高崎電話局などに設置した。

その後、日本でも開発が進められ1955年、日本電気は国産第1号としてPBX(構内交換機)用の装置を開発した。このクロスバ交換機は、通話路部分と制御部分で構成しており、かける相手の電話番号に対し、

うまく接続できるような通話路を選択する機能があった。

1956年、国産のクロスバ交換機が栃木県の三和局に納入され、その後、次々に日本中に設置され始めた。電話機にも大きな変化があった。1948年、日本が独自に設計した4号自動式卓上電話機を、1961年には600型電話機を開発している(図4)。

驚異的な同軸ケーブルとマイクロ波

日本経済の繁栄に従って1960年ころから急激に長距離電話をかける回数が増加し始めてきた。この増加に対応するため、一つのケーブルをより多重化して有効に利用することがきわめて重要となった。このため新しい多重化装置の開発と、搬送中・長距離回線用の同軸ケーブル回線とマイクロ波回線の大容量化が進められることとなった(図5)。従来は無装荷ケーブルだった。

まず搬送用として同軸ケーブル回線とこれに用いられる多重化装置の実用化が始まった。

実は日本では、1937 年から研究していたのである。1934 年に米国で開発された同軸ケーブルを用いて、東京オリンピック（1940 年開催予定だった）の広帯域映像を大阪に中継するねらいで研究していた。しかし研究は戦争で中断された。これが再開されることになったのである。

ここで採用された多重化は、周波数を分割する FDS (frequency division signal) 方式であり、その基本はアナログだった。

1958 年には短距離搬送用多重化装置として、平衡対ケーブルを使ったアナログ伝送による 12 チャンネルの T-12 S-Tr 方式(トランジスタを採用)が開発された。しかし平衡対ケーブルを用いると、4 MHz の高い周波数では漏話が多くなる。そこで大容量に適する同軸ケーブルが採用されたのである。

電話 1 チャンルの周波数帯域は 4 kHz なので、960 チャンネルを送るために多重化すると約 4 MHz の周波数帯域が必要となる。人間の声は 300 Hz~3.4 kHz の周波数帯域があれば十分な明瞭度を得られるので、電話の周波数帯域幅はマージンをとって 4 kHz となっている。

1959 年になると、長距離搬送用に 60 チャンネルのアナログ C-4 M 方式(4 MHz 同軸ケーブル方式)が完成し、12 月に東京と大阪の間に導入されている。

1962 年には 2700 チャンネルの C-12 M 方式(12 MHz)の超多重化が東京と静岡の間で、さらに 1973 年にはなんと 1 万 8000 チャンネルの超大容量の C-60 M 方式(60 MHz)が池袋と立川の間で実用化した。

次が搬送用のマイクロ波回線である。公衆通信用には 2 GHz 帯、4

GHz 帯、5 GHz 帯、6 GHz 帯、11 GHz 帯、15 GHz 帯が用いられている。マイクロ波多重化装置として 1954 年、電話 120 チャンネルと白黒テレビ 1 チャンネルを伝送できる SF-131 方式(4 GHz 帯)が、1959 年には電話 600 チャンネルまたはカラー・テレビが伝送できる SF-133 などが次々に開発されていった。これらはすべてアナログである。

クロスバ交換機、同軸ケーブル回線、マイクロ波回線の導入により第 1 次 5 年計画の実績は計画を大きく上回ったのだ。しかし加入申込の積滞は依然としてひっ迫していた。

幻の PCM 技術がよみがえる

1950 年には朝鮮戦争による特需景気、1955 年からは船舶輸出のブームによる神武景気が始まった。すでに第二次世界大戦が終わって 11 年目の 1956 年 7 月、経済企画庁の出した『経済白書』は「回復を通しての経済成長は終わった。今後の成長は技術や産業の近代化によって発展する」と未来を予測している。

その後、景気は一服し 1958 年まで鍋底景気となって低迷していたが、再び 1959 年には岩戸景気と呼ばれ好況に転じた。好景気を反映して 1958 年ころから、大都市間の通話数が増えつつ活発化してきた。電電公社は、この切羽詰まった状況を打破するため、1958 年に第 2 次電信・電話拡充 5 年計画を立案した。ここでの大きな目標は、210 万の加入電話を増設し、市内ダイヤル化率を 76% に高め、市外通話として東京・大阪・その他県庁所在地の即時通話化を進めることだった。

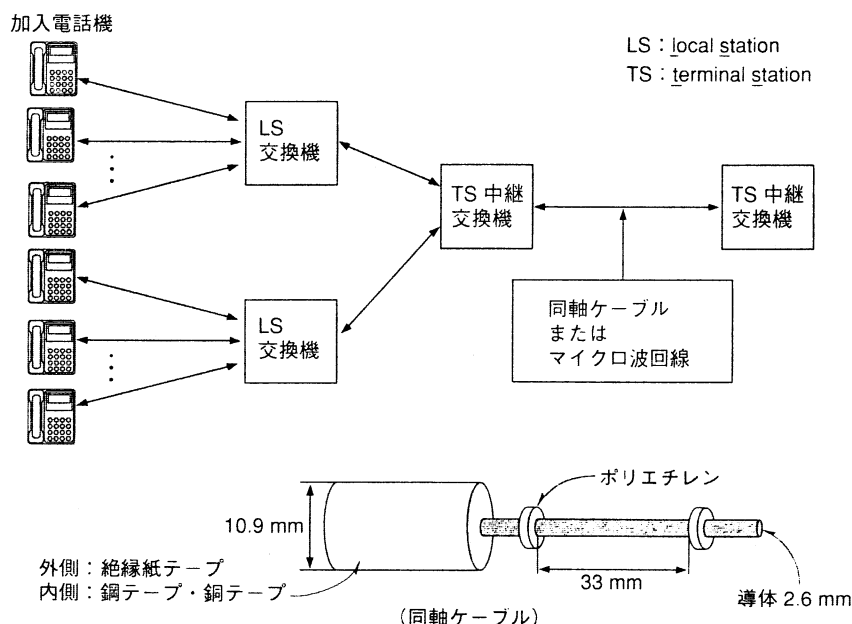


図 5 同軸ケーブルとマイクロ波回線 搬送用同軸ケーブルは 1934 年、米国で開発された。1959 年に 960 チャンネルで帯域幅 4 MHz の同軸ケーブルが東京と大阪の間に引かれた。公衆マイクロ波回線は 2 GHz~15 GHz 帯を用いている。

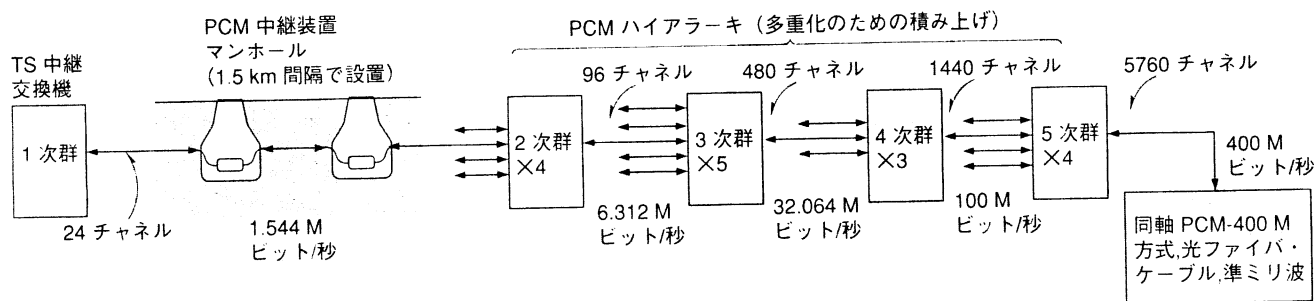


図6 同時ケーブルによるデジタル伝送網 雑音に強く、かつ多重化しやすいPCM搬送装置によって全国自動ダイヤル化が可能となった。400 Mビット/秒の光ファイバ・ケーブルでは25 kmごとに中継器が設置されている。

ここで問題となったのが搬送、つまり電話の多重化をどうするかということだった。

一方、米国も電話の事情は同様だった。だが従来の技術の延長では、より高度な多重化は困難でなんらかのブレイクスルーが必要となってきた。多重化のため、このころ注目されたのが、PCM技術と半導体技術だった。1937年に真空管や部品の数が多くなると敬遠されていたデジタルによる多重化、つまりPCMが復活してきたのである。デジタルによる多重化では、電話1チャンネルを使用時間ごとに割り当て、時分割にする。

PCMの特徴は、従来のアナログと比較して、雑音が少なく、多重化が容易であることから理想的な通信方式といわれていた。

ただ技術的問題として、PCMでは、アナログと比較して、より広い周波数帯域が必要になる。たとえば24チャンネルの場合、アナログでは $24 \times 4 \text{ kHz} = 96 \text{ kHz}$ の周波数帯域があればよいが、24チャンネルのPCMは1.544 Mビット/秒、周波数帯域に換算すると772 kHzも必要にな

る。従来の真空管技術では対応しにくかったが、これを解決したのが半導体を利用したトランジスタだった。

まず有線をデジタル化

PCMの応用には有線と無線があるが、多くの技術者は初め、無線への応用のほうが向いていると考えていた。しかし実際には有線からスタートしている。その理由は、PCMを短距離伝送路に利用した場合、品質の良くない伝送路で驚異的な特性改善（S/N：信号対雑音比）が可能ならコスト面での経済効果が期待できそうだったからである。

そこで周波数帯域拡大の技術を確立し、平衡対ケーブルによる24チャンネルのPCM-24方式の開発が日本で1963年から始まった。すでに1962年、米国では実用に入っており、これらの効果が実証されていた。

2年後の1965年に近距離24通話、PCM-24方式が日本でも完成した。その後、1975年にはペア・ケーブルによる1440チャンネルで100 Mビット/秒のPCM-100 M方式が、1977年には同軸ケーブルによる5760チャンネルで400 Mビット/秒のPCM-

400 M方式が実用化されていった（図6）。いずれも約1.5 kmごとに中継器が地下に布設され、用いられている。S/N改善に対するPCMの期待は予想通りだったのだ。

次いでマイクロ波もデジタルへ

PCMの無線への応用は、1965年ころから開発が進められた。このとき無線PCMは信頼性の点からGHz帯まですべて固体化で進めようということになった。

やがて2 GHz帯のマイクロ波を使用した192チャンネルの無線PCMが世界に先駆けて日本で実用化している。さらに1971年から20 GHz帯、30 GHz帯の準ミリ波による無線PCMの開発も進められた。ついに日本のPCM技術は世界をリードするまでに成長したのである。日本の半導体技術のレベルが高かったこともこれを支えた一因だろう。

以上のように第2次5カ年計画では、大規模な設備の拡充を実施した。第2次5カ年計画が終了した1962年には、全国自動化ダイヤルの走りとして、東京と名古屋の間のダイヤル通話が始まっている。

1963年から始まった第3次5カ年計画のねらいは、第2次5カ年計画を軌道に乗せ、本格的なサービスを行なうことだった。重要な目標は、大都市間のみならず全国市外通話の自動化を実現するためのインフラ作りを進めることである。

やがて1968年4月26日には全国の電話加入者数が1000万を突破している。だが問題点がいくつかあった。相変わらず、加入を申し込んでも電話架設に時間がかかるし、ほとんどの市外通話は交換手を通さなければならなかった。

1968年から始まった第4次5カ年計画では、一般加入電話を930万台増設することと、すでに構築したインフラをベースに市外ダイヤルの自動ダイヤル化を推進することをまず優先し、次が新しいサービスの提供だった。考える余裕が少してきたのだろう。

この計画に従って1968年7月1日からポケット・ベル、1973年8月1日からファクシミリのサービスが始まった。だがそのころから企業間の情報交換が急増し始め、加入電話の積滞は解消するどころか、さらに増加の一途をたどっていた。これに対処するため、拡大修正した新しい7カ年計画が策定されたのである。この7カ年計画は問題提起型の長期計画でもあった。

1973年からの第5次5カ年計画は、住宅用電話の普及、積滞の解消、全国自動ダイヤル化の完了、情報化社会の発展に寄与するための電子交換機の導入、事業発展の基盤作り、が目標だった。この結果、1975年8月15日には電話加入者数が3000万を

突破し、1978年に加入電話積滞の解消がほぼ達成され、1979年3月14日には、ついに念願の全国自動ダイヤル化が100%完了した。

こうして初期の目的は達成したが、ここまで達するのに第二次世界大戦が終わってからなんと34年の年月が必要だったのである。そして次の目標は、1980年から始まる、いわゆる情報化社会へのインフラ作りとなった。

夢の電子交換機を開発へ

電子交換機の開発はトランジスタが開発されてからスタートしたのではない。実はストロージャ式自動交換機が普及するにつれ、通話路におけるリレー接点の障害と共通制御部における低速度が問題となっていた。通話中の雑音が多いうえに、ダイヤルしても誤動作したり、相手につながらるまでに時間が長く必要だったりした。

このためストロージャ式自動交換機に電子管サイラトロンを使用した電子交換機の研究を1939年から逓信省工務局で始めていた。この試作が、なんと1942年にでき上がっていたのだ。驚きだ。だが戦争のため中断してしまった。

この問題は米国でも同じだった。ベル研のマービン・ケリーは1937年ころ、W. ショックレーに「自動交換機に用いる通話路用リレー接点を電子スイッチに置き換える必要がある」と話しかけている。理由は、通話用リレー障害によって電話機の接続を誤ったり、通話中に雑音が発生するなど悩まされていたためである。

W. ショックレーはこの言葉に強

い感銘を受け、研究に没頭した。多くの困難を乗り越え、12年後にほぼ理想的な電子スイッチであるトランジスタを発明した。トランジスタはリレーと比較して雑音が小さく、接点障害がなく、かつ高速動作ができるのである。やがてトランジスタを採用した電子交換機「No1 ESS」をベル・システムが開発し、米国で初めて、1965年5月にサカサカ局で商用試験を開始した。

電話の歴史にとって画期的な瞬間だった。このとき電話は新しい時代に向かって動き出したといえるだろう。

日本でも電子交換機導入始まる

日本でも1953年から、再び電子交換機の研究が再開されている。だがその開発方針は、新しい電子スイッチの開発ではなく、既存部品の組み合わせで対応しようということだった。そのころまだトランジスタは存在しなかったため、通話路にクロスバ・スイッチを、共通制御部にパラメトロンを使用した α 交換機や β 交換機が次々に試作されている。

やがてトランジスタの開発成功のニュースに続き、トランジスタが利用できるようになったため、1964年から本格的な電子交換機の開発が始まった。この研究には電電公社の通信研究所^{注1)}を中心に日本電気、日立製作所、沖電気工業、富士通が参加している。

1966年には、通話路にリード・ス

注1) その後、1970年から武蔵野通信研究所という名称になった。この武蔵野通信研究所は、現在はいくつかの研究所で構成しており地名は入っていない。

イチを、共通制御部のメモリにメタル・カードを使用した空間分割型による電子交換機 DEX-1 (Denden-kosha Electric Exchange-1) が完成している。これをさらに改良し、通話路に小型クロスバ・スイッチを、共通制御部へプログラム制御を採用した空間分割型によるアナログ電子交換機 DEX-2 が誕生し、1969 年 12 月に東京・牛込局でサービスを開始している。

電子交換機と並行して、これに用いる新しい電話機の開発も始まった。1968 年にはダイヤル電話に代わって、数字ボタンを押すと数字に応じた周波数の信号音を発するプッシュホンが登場している。1970 年になると、DEX-2 をより高性能化した DEX-21 が開発された。これらの経験を基に実用化に向けて本格的な D 10 形電子交換機が開発され、1972 年 6 月から東京の銀座局と大阪の船場局でサービスを開始している。いよいよ夢の電子交換機時代へ突入したのだった。

高性能なデジタル電子交換機へ

開発当初の電子交換機の目標は、通話路の電子化はとりあえず保留し、交換機の機能をつかさどる共通制御部をプログラム方式とすることにして開発した。これは通話に必要な高速化に IC 技術が追従できなかったのと、経済性を重視するためだった。電子交換機の方式は、アナログに適する従来の交換機とほぼ同じ空間分割型と、デジタルに適する非常に能率の良い時分割型があるが、まず空間分割型からスタートしている。

やがて IC 技術が進んできたため、

通話路の電子化も実現できることになった。このため通話路と共通制御部を両方とも電子化したうえに、時分割型によるデジタル電子交換機が開発されることになった。アナログ電子交換機では加入者からのアナログ音声信号をそのまま通していたが、デジタルでは加入者からのアナログ音声信号をデジタル信号に変換して多重化し通話路を通すのである。

この時分割型デジタル電子交換機の 1 号機となった D-70 は 1983 年 11 月 22 日から、名古屋の大同電話局でサービスを開始している。その

後、ISDN (総合デジタル通信網) にも採用されるようになった。新しいデジタル電子交換機の登場によって、ここで用いるデジタル電話機も開発された。デジタル電話機は、数字ボタンを押すと番号に対応したデジタル・パルスが発生し、音声もコーデックを通してデジタル・パルスとなる INS (information network system) 電話機である。

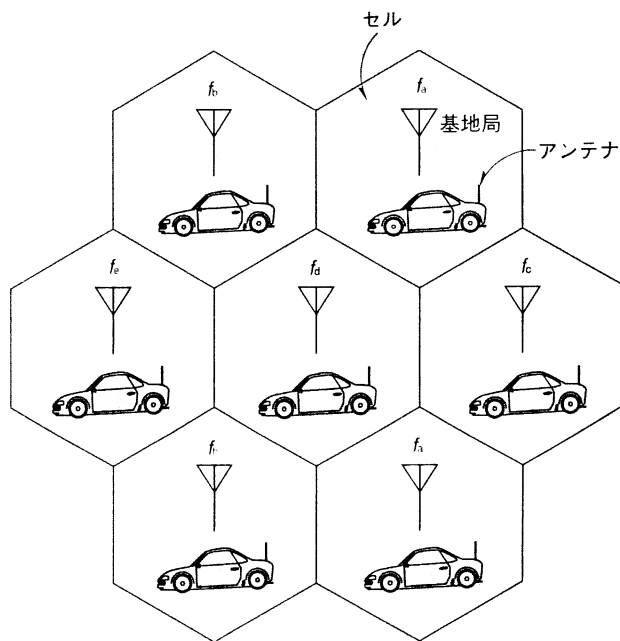
さらに将来に向けてデジタル電子交換機は進化し、情報化時代の核となる ATM (非同期転送モード: asynchronous transfer mode) 交換機が登場してきている。

夢の移動体電話が誕生へ

自動車の中から電話ができれば、歩きながら電話ができれば、と多く

の人たちが夢みていた。この夢がついに実現したのである。この夢の電

図7 いつでもどこでも電話をかけられるようになった自動車電話アンテナから発射された電波が届く領域をセルという。セルからセルへ自動車が移動すると周波数 f_0 を f_1 に代えて通話できる。周波数 f_0 は、干渉しないという条件の下で他のゾーンで再び使用する。



話は、日本では1970年に大阪で開催された万国博覧会の電気通信館で展示され、実演されたことから始まる。ただし実用化までにはもう少しばかり時間が必要だった。

1979年12月3日、東京地区でサービスを開始したアナログ式自動車電話の第一声は、女優の中村五月さんと電電公社総裁の秋草篤二との会話だった。この光景がテレビで放映された。

米国では1983年10月にシカゴで、シカゴ地区の地域電話会社アメリカン・テレコム社の社長が、アレキサンダー・グラハム・ベルの孫とアナログ式自動車電話で会話をしたことからはじまっている。ただし、商用試験は1977年から始まっていた。

日本も米国も、電話の歴史のなかで感激すべきシーンだった。

まずは自動車電話が実用化

日本においてアナログ自動車電話の研究が電電公社で始まったのは1965年ころからである。このアナログ自動車電話は、半径5km～10kmくらいの小さなセル(地域)を設けて、そのセルごとに800MHz帯の600チャンネルを共用する。チャンネル間隔は25kHzという方式だった。

セル(cell)を使うことから「セルラ電話(cellular-phone)、あるいは自動車内や歩行中など移動しながら使えるため「移動体電話」とも呼ばれている(図7)。

実用化されたころの大きさは容量8l、重量10kgもあり、乗用車のトランクに収納されていた。

そのころ、乗用車のトランク側面に取り付けられた黒いアンテナは、

若者のステータス・シンボルとなっており、疑似の黒いアンテナとにせ物の電話機がたくさん売れたとのことである。そのくらいに自動車電話を持つことが人々のあこがれだったのだろう。

1985年には容量2.5l、重量2.5kgとずいぶん小型軽量になった。IC技術が急速に進み、より小型化が可能となったためである。

小型で便利な携帯電話が実現

1985年9月18日にショルダ型携帯電話が初めて公開された。アンテナ、送受信器、電池が一体となった最初の携帯電話の大きさは、18cm×7.4cm×4.2cm、重量は750gだった。

その後、さらに開発が進み、電話の究極の目標である携帯電話サービスが1987年4月10日から始まったのである。サービス・エリアは自動車電話システムと共有し、同じセルを兼用することになった。

1988年4月になると急増する加入者に対応するため、チャンネル間隔を半分の12.5kHzとしたハイキャプ方式が導入されている。

このころ携帯電話はNTT(日本電信電話)のみに限定せず、広く開放すべきであるとの世論が盛り上が

ってきた。これにこたえて1985年4月1日が電気通信事業法の施行され、NCC(New Common Carrier:新規第一種電気通信業者)が許可された。これに従って新しく、IDO(日本移動通信)が1988年12月から、1989年7月からはKCT(関西セルラ電話)が、さらにDDI(第二電々)などの民間企業が誕生した。

これに対し、すかさずNTTは、1992年7月から移動体通信本部を独立させ、NTT移動通信網(NTTドコモ)として営業をスタートしている。そしてNTTドコモと新しい会社との競争が始まったのである。

1989年12月に米モトローラ社(Motorola Inc.)は、容量221cc、重量303gと小型軽量のマイクロTACを開発し、世間を驚かした。と同時に、市場開放を求めて日米通信摩擦が発生している。その後IDOによって日本にTACSネットワーク・サービスが構築された。いまでは、このアナログ携帯電話が、ファクシミリやパソコンとも効率よく接続できるデジタル携帯電話(800MHz帯と1.5GHz帯)へと大きく変わってきている。1チャンネル当たりの帯域幅は2.8kHz(5.6kビット/秒)へと狭くできた。圧縮技術のおかげである。

世界のどこへでもダイヤル一つで

旧西ドイツ・バイエルン地方のミュンヘンで第20回オリンピックの開会式を知らせるファンファーレが高らかに鳴り響いた1972年8月26日、すでに旧西ドイツから日本への

国際ダイヤル通話(直接通話)は完成しており、オリンピックに参加した日本人はあまりの便利さに感嘆したことだろう。しかも公衆電話からも可能だった。しかし逆に日本から旧

西ドイツへ直接電話をかけることはできなかった。

やがて日本でも1973年8月30日から米国、スイス、旧西ドイツ向けの国際ダイヤル通話が始まった。この劇的ともいえる国際ダイヤル通話に大きく貢献したのがKDD（国際電信電話）である。

国際電信電話会社の誕生

日本で国際間の情報伝送はまず電信からスタートしている。この事業はデンマークの大北電信会社（GNTS）が敷設した海底ケーブルによって長崎と上海が1871年8月12日から、長崎とウラジオストクが1872年1月1日から国際電報の取り扱いを行なっている。このときすでにウラジオストクとヘルシンキとの間も結ばれていた。日本は国際電信でも遅れていたのである。

この結果、日本の国際電信は大北電信会社によって独占されていた。やがて1906年、日本政府は東京と小笠原の海底ケーブルを敷設し、ここで米国の電信線に接続し、ようやく外国メーカに依存しない道を歩き始めたのだ。

やがて国際間の活動が活発化するにつれ、長距離通信に海底ケーブル以外に無線も使われるようになっていった。このほか、無線電信として船舶連絡用に銚子無線電信局（NTT 管轄）が開設された。同局は1996年3月に廃局となった。1925年には国際電信業務を取り扱う半官半民の日本無線電信電話株式会社が設立されている。

1927年になると、日本と米国、日本と英国の間にそれぞれ国際電話が

初めて開通している。この電話業務を担当する会社として1932年に国際電話会社が設立された。

その後、経営上の問題や技術の発展に対応するために、この両社は合併して、1938年、国際電気通信株式会社となって発足することになった。80年の間、日本と欧州の間の通信に貢献してきた大北電信会社は戦争のため1942年から運用を停止したのち、1948年から再開したが、1968年7月には日本海ケーブル（JASC）の開通によって撤退した。ようやく日本は国際間の電信と電話に関して、自主権を獲得したのである。

しかし、すんなり事が運んだわけではなかった。第二次世界大戦の終わった1947年5月、GHQによって国際電気通信株式会社は解散させられ、逓信省に吸収されている。当時の日本では国際通信などぜいたくだと思われていたのだろう。またしても世界から隔離されたかにみえた。

逓信省は業務拡大に伴い1949年に郵政省と電気通信省に分離された。1950年6月25日から始まった朝鮮戦争によって日本は特需景気になると同時に、国際間の情報交換が急増し始めたのである。このため1952年7月31日、公社形態による日本電信電話公社法案と、株式会社形態による国際電信電話株式会社法案が可決され、1953年4月1日に新しく国際電信電話（KDD）株式会社が誕生した。初代の社長に澁澤敬三が就いた。同氏は方針として国際通信の近代化を掲げた。

海底ケーブルの敷設を急ぐ

第二次世界大戦が始まる直前の

1941年、日本と海外とを結ぶ無線通信網は電信26回線、電話13回線、写真電報3回線、有線通信網は電信2回線だった。ところが終戦のときには、スイスなど中立国との間に電信6回線と電話2回線しかなく、さんたんたる状況となっていた。

このころの電信は、ほとんど短波通信に依存していた。終戦を迎えて2カ月後、ようやく無線電信回線として、サンフランシスコが1945年10月20日、ロンドンが1946年1月10日、無線電話回線としてサンフランシスコが1946年1月11日に復活した。当時の無線電話は、双方向同時送話ができず、相手の話が終わってから自分の話をしないと、自動的に通話のスイッチが切り替わり、会話が途切れてしまうというものだった。

これをベースに1956年ころには、電信15回線、電話17回線、写真電報23回線まで回復している。海外テレックス・サービスは、東京とサンフランシスコ間で1956年9月1日に開設された。

日本経済は発展の途上にあり、海外との情報交換は急増していった。これに対応するため、KDDはAT&T社と共同で日本とハワイの間に広帯域幹線となる画期的な性能を持つ海底ケーブルTPC-1（第1太平洋横断ケーブル）の建設を1959年に計画している。このモデルはすでに1956年、米国と英国の間で開通しているTAT-1だった。

TPC-1は1965年5月15日に開通している。そして、ハワイで第1ハワイ・ケーブルに接続され米国本土とも結ばれた。ケーブルの性能は、

SD型同軸ケーブルを用い、電話で使用する帯域幅3kHzの回線を128回線を有していた。日本の陸揚局は神奈川県二宮町だった。

1964年6月19日、盛大な開通式は池田首相とジョンソン大統領のメッセージ交換から始まった。同年7月にはTPC-1とCOMPAC(英連邦太平洋ケーブル、1963年開通)とが接続され英国やカナダへと回線が結ばれた。ようやく日本と世界との国際通信サービスが、明瞭な音質をもって大きく飛躍するのである。

だが一つの問題点があった。日本海の回線容量が少ないため欧州への電話は、ほとんどTPC-1を利用し

て、米国経由で行なわれていたのだ。このため、従来からあった日本海のGNTCの近代化としてJASC(日本海ケーブル)が計画された。

KDDとGNTSとの合意のもと、1968年には新潟県直江津の五知から旧ソ連のナホトカに向けて、10月10日からケーブル敷設を開始し、1969年7月25日に開通した。このケーブルによって、旧ソ連、デンマーク、旧チェコスロバキア、スイス、旧西ドイツの各首脳とのメッセージ交換が行なわれている。

同軸ケーブルから光ファイバへ

米国への電話がよりいっそう急増

し、TPC-1のみでは処理しきれなくなってきた。そのころすでに衛星通信がスタートしており、電話の60%以上は衛星を利用せざるを得なくなっていたのである。このため、新しい海底ケーブルとしてSF方式(845電話回線)を持つTPC-2が建設され、1976年1月8日からシドニーへ、3月26日から米国へと開通している。

従来、KDDのみが国際電話業務を担当していたが、1985年4月1日の電気通信事業法により、第2KDDとなる日本国際通信(ITJ)と国際デジタル通信(IDC)が国際通信事業者として参入し、国際通信に関する企業間競争が始まった。この競争のなかで新技術として注目され始めたのが、PCM方式による光ファイバ海底ケーブルを用いた通信だった。

1988年になると大西洋を横断する光ファイバ海底ケーブルTAT-8が、AT&T社と英BT社によって建設されている。この光ファイバ海底ケーブルは、電話1回線当たり64kビット/秒として約6000回線の容量をもっていた。驚異的な大容量で、通話料金を安くできそうなので、KDD、ITJ、IDCは競って導入したいと考えた。

その後、英C&W社がTAT-8の数倍の容量を持つPTATのサービスを1989年から始めたのだ。これに対し1989年4月、KDDとAT&T社は共同で、光ファイバ海底ケーブルTPC-3を完成させている。容量は約7500回線だった。ようやく日本も世界市場に参入したのである。

一方、IDCは、米パシフィック・テ

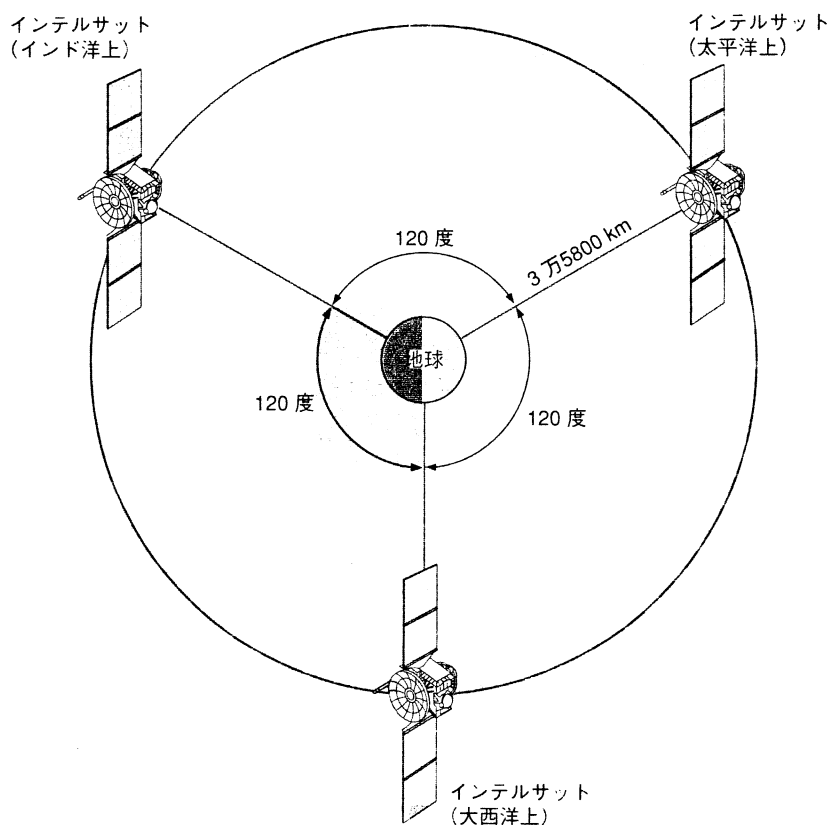


図8 通信衛星 赤道上3万5800kmのところ通信衛星を120度間隔で打ち上げ、地球の自転と同じ方向に回ると静止衛星となる。

レンス社やC & W社と共同で、約1万7000回線の容量を持つNPCを1991年に開通させている。KDDはさらにTPC-4を構築し、光ファイバによる海底ケーブル伝送はますます競争が加熱してきた。光ファイバ海底ケーブルは、今後、単に音声やデータのみではなく、画像伝送に威力を発揮するだろう。

通信衛星で世界をカバーする

ベル研究所によって発表された本格的な能動型の通信衛星テルスタ1号が米国で打ち上げられたのは1962年のことである。この年、米国は、「世界通信網の一部に通信衛星を導入する」という衛星法により、通信会社COMSATを設立した。同年にKDDはテルスタによる衛星通信実験に参加する方針を決定し、茨城宇宙通信実験所を建設した。ここで1963年7月7日12時3分、日本で初めて1万4000km彼方のテルスタ2号の電波を受信したのだった。

その後、1964年8月20日には、世界商業通信衛星組織（インテルサット）が11カ国によって設立され発足した。日本の代表はKDDである。

インテルサットは1965年4月に通信衛星インテルサットI号を実験用として大西洋上に打ち上げた。容量は、テレビ1チャンネルまたは電話240回線分だった。

さらにグローバル・システムを構築するため、赤道の上空3万5800kmに3個の通信衛星を等間隔に配置する静止通信衛星を打ち上げることになった。1967年1月にインテルサットII号を太平洋上に、1969

年6月にインテルサットIII号をインド洋上に打ち上げている(図8)。

インテルサットII号によって日本と米国の商用衛星通信が開通した1967年1月11日、日本の佐藤栄作首相(代理)と米国のジョンソン大統領との間でメッセージ交換が行われた。このとき日本と米国の会場には、NHKの協力によってカラー・テレビが置いてあり、この様子をお互いに中継したのである。

通信衛星を利用した場合、あまりに伝送距離が長く衛星との往復には0.5秒の伝送遅延があるため、会話をするうえで若干の慣れを必要とした。かつエコーが生じ聞きにくかった。つまり相手の話が完全に終わってから自分の話をしないと話がだぶり混乱してしまうのである。この点、

距離が短い光ファイバはクリアな会話となる。

その後、インテルサットは、さらに通信能力を高めるため、より高性能なインテルIV-Aを開発して3カ所に配置した。インテルIV-Aの通信容量はテレビ2チャンネル、電話6000回線で、寿命は7年である。

日本における最初の通信衛星地球局は、マイクロ波中継網との混信のおそれのない茨城県多賀郡十王町に、KDD茨城宇宙通信実験所が設置されたが、その後1966年10月27日から茨城衛星通信所と名称が変わった。さらに欧州に対する地球局として、最低運用仰度5度(通信衛星に対して)を満足する山口市高島に山口衛星通信所が1967年5月10日に開所している。

第3世代 通信はデジタルによるマルチメディアのかなめに

19世紀最大の発明となったA.ベルのアナログ電話は、20世紀の人々に大きなインパクトを与えた。人々をつなぐ電話線は、人類の神経網として世界にくまなくアナログ通信網が張り巡らされている。自由に会話のできる電話は、いまや生活に密着した必需品となった。だが人間はこれで満足していない。

次の目標は、人間の顔を見ながら会話のできるテレビ電話や、必要とする情報を人間に代わって選択し、その結果を報告してくれる電話などの実現である。特にテレビ電話に対する試みはすでに古くからあったが、技術的なブレークスルーを必要とすることから、はかどらなかった。た

だしIC技術やデジタル技術の驚異的な発展によって実現可能なことがわかってきていた。

ここにきて電話に対する人々の考え方が変わり始めている。このきっかけの一つがパソコン通信やインターネットによる電子メールの普及だろう。加えて、インターネットではテレビ電話も情報交換も一括して処理できる。いまや電話は、単なる音声電話から、パソコンやPDA(personal digital assistance: 携帯型情報端末)と融合しつつある。

テレビ電話と同時に、新聞や雑誌といった情報のデータベースやファクシミリなども一緒に通信のなかで処理したい。そのためにはアナログ

通信網に代わって、新しくデジタル通信網を張り巡らそうという発想が芽生えてきたのである。

21世紀は「情報」を中心としたマルチメディア社会、つまり高度情報化社会になるといわれている。これを実現するためには、なんといっても基幹インフラとしてデジタルによるネットワークを構築することが重要である。安価に大量の情報を送受信できるからだ。

従来のメタリック・ケーブルによるアナログ通信網は、伝送速度が遅く、音声など比較的情報量の少ない通信にしか利用できず、かつ情報が雑音に左右されやすかった。

これに対し、今後の光ファイバ・ケーブルによるデジタル通信網は、伝送速度が桁違いに速く、画像など膨大な情報を伝送することができる。

そのうえ雑音に左右されにくい。この光通信によって21世紀には世界規模の広帯域ISDNが構築されることになるだろう。

ISDNによって、デジタル通信機器はA.ベルのアナログ電話機以上の大きなマルチメディア革命を迎えることだろう。

21世紀はマルチメディアと同時に新しいタイプの携帯電話が注目されよう。この携帯電話は単なる音声だけでなく、データや画像も送ることができるようになる。

特に手軽に使えるPHS(パーソナル・ハンディホン・システム)と、世界のいかなる場所でも通話できるグローバル・フォンFPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication System)が中心となるだろう。

夢の伝送を可能にしたレーザ

光通信には、20世紀最大級の発明といわれるレーザと光ファイバが用いられている。

レーザ(LASER: light amplification by stimulated emission by radiation)は1960年に米ヒーズ社のT.メイマンによって発見された。初めてのレーザは、長さ4mの放電管の近くに、端面が正確に平行になるように磨いたピンク・ルビーを置いた。放電管からピンク・ルビーに光を当てると、その側面からわずかに1/500秒という短いパルス光が観測されたのである。

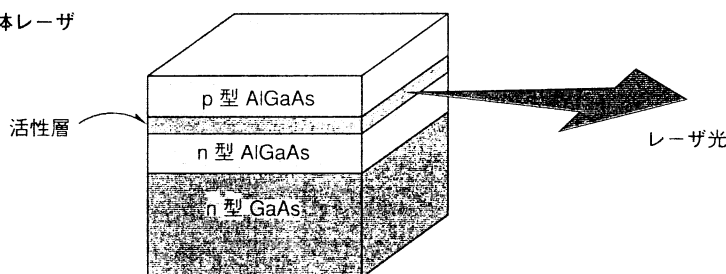
ぼんやりした放電光の近くから突然発する強力な輝度と鋭さをもつレーザは、人類に限りない夢を与えることになった。

この鋭い光は、いったい、何が普通の光源から発する光と違うのだろうか。普通の光は位相や波長はまったくランダムである。この普通の光をピンク・ルビーに入射すると、このエネルギーがあるエネルギー準位に集められ、元の状態に戻るとき波長と位相のそろった光がピンク・ルビーのエネルギー準位から放出されてくる。この光が位相や波長のそろった、コヒーレントといわれているレーザ光なのである。

コヒーレントとはどのような特徴があるのだろうか。もし完全な連続波レーザができれば、このコヒーレント性を利用してラジオやテレビの電磁波と同様に変調や復調ができるし、さらにその当時不可能だった光ディスク・メモリに必要な点光源を作ることができる。

ピンク・ルビーの成功に刺激され、

(a)半導体レーザ



(b)光ファイバ

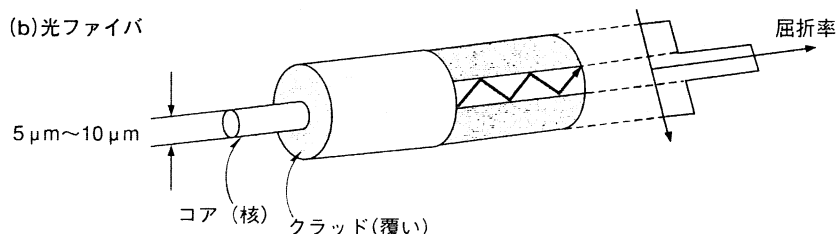


図9 光ファイバ・ケーブルと半導体レーザによる光通信で大容量化 レーザは1960年、T.メイマンによって発見された。これは20世紀で最も注目される発明の一つである。これが半導体で実現されるようになって、がぜん脚光を浴びるようになった(a)。安価に大量生産できるからである。光ファイバには、単一モードと多モードがある。単一モードはコアの直径が $5\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$ で屈折率は0.5%~1.0%である(b)。多モードは直径 $40\mu\text{m}$ ~ $100\mu\text{m}$ で屈折率1%~5%。単一モード・ファイバはモード分散が少ないため、長距離伝送に適している。

半導体レーザの可能性を期待して、半導体による連続波レーザの研究が始まった。1957年には西沢潤一が半導体レーザの構想を、1962年には米IBM社が半導体共振器形成のアイデアを提案している。ついに1963年にはIBM社とMIT（マサチューセッツ工科大学）がそれぞれ、温度77 Kでの連続発振に成功したのである（図9）。

室温連続発振は、まがりなりにも1970年にベル研の林が、本格的半導体レーザは1977年にベル研と電電公社の電気通信研究所がそれぞれ開発し、実用化の見通しが立ったのである。1970年、電電公社の池田らは「レーザを光ファイバに通した場合、波長1.0 μm ～1.6 μm で光損失が最も小さくなる。理論値としては波長1.55 μm で1 km当たり0.1 dB減衰と最小になる」との論文を発表している。

この論文を目標に、半導体レーザと光ファイバの開発が始まった。そして、期待通りの特性が得られたのである。ここで用いられたレーザ光は、厳密には完全なコヒーレント光でない。このため、レーザ光をアナログ伝送で用いる場合は、光の強度を変化させる強度変調を用いている。

もし完全にレーザ（周波数 10^{11} Hz）がコヒーレントならば、周波数変調も可能となり、マイクロ波（周波数 10^9 Hz）と比べて1万倍以上の伝送能力をもつことになるだろう。これは現在、開発中である。デジタル伝送に使うときは、光の強度をデジタル・パルスによって変化（オン/オフ）させているが、これは1秒間に100億回（10 Gビット/秒）

以上のデジタル・パルスにも応答できる能力がある。従来のより対線によるメタリック線では、たかだか1秒間に33 kビット/秒程度である。

光ファイバ・ケーブルを使ってデジタル伝送すれば、NTSC方式テレビ信号を94.4 Mビット/秒のデジタル・データ（パルス）に変換したとして、一度に100チャンネル以上伝送できる可能性がでてきたのだ。画像圧縮技術を使えば、もっとチャンネル数を増やせるだろう。

100 μm のガラス芯線で情報伝送

古くギリシャのトレマイオスは、光が空気から水に入るとき、屈折が生じることを発見した。1620年になると、オランダのV. スネルは屈折の法則を見いだしている。

その後、1637年に、フランスのR. デカルトは、V. スネルの考えをもとに光の反射・屈折を数学的に解析した。ここから屈折率の異なる二つの物質を通過する光は入射角を大きくすると、すべての光を全部反射する全反射現象が起こることを見つけた。光を閉じこめるには、光の全反射が常に繰り返すように屈折率の変化を持たせた媒体を作ればよいと、多くの科学者が考えていたのである。やがて細いガラス管で実現できたが、その応用はいま一つ不明だった。これを光ファイバという。

1951年になると細いガラス管内部の屈折率を変化させた光ファイバを作り、その細いガラス管をたくさん集めて胃の中を見る内視鏡が登場している。実は、この光ファイバを通信に用いようと考えた人は大変に古く1854年、英国のJ. チンダルだ

ったという。彼は先見の明をもった人だったが、アイデアのみにとどまったことはいうまでもない。

1966年になると英STL研究所のカオは、PCM発明者である英国のA. リーブスのアドバイスを受けて、J. チンダルの考えた光ファイバ通信の可能性を発表し、多くの人たちから注目を集めた。

しかし内視鏡用のガラス光ファイバでは光の減衰が大きく実用に適さないことがわかった。このため、伝送損失の小さい石英ガラスを使った光ファイバ（単に光ファイバと表す）の研究がスタートしている。

1970年には米コーニング社のマウラー、カブロン、ケックが共同でCVD（chemical vapor deposition：化学的気相成長）法によって伝送損失20 dB/kmという画期的な光ファイバを試作した。このガラス光ファイバの伝送損失は大きく、わずか10 m程度でないと使えなかったが、やがて100 mくらいになり、実用化について見通しがつき始めたのである。これはガラス中の不純物や気泡を徹底的に取り除くことで実現したのだった。特に石英ガラスの中に水酸基（OH基）があると、微小な気泡ができやすく、光を散乱させる原因となっていた。

その後、1975年になるとベル研がModified CVD法により1 dB/kmを、1979年になると電電公社の電気通信研究所がVAD（vapor phase axial deposition：気相軸付け）法を用いて0.2 dB/kmを達成した。

この光ファイバを用いると、なんと数百 kmも中継器なしに伝送できるのである。しかも電話のみなら

ずテレビ映像も伝送可能だ。メタリック線では信じられない性能が得られることがわかってきた。このようにして光ファイバの開発は進められ、驚異的な発展を成し遂げた。

光ファイバには単一モードを送るステップ・インデクス型と多モードを送るグレーデッド・インデクス型とがあり、ステップ・インデクス型が一般に用いられている。1本の論文が、大きな方向づけをしたという好例だろう。

21世紀の通信インフラで最も期待されているのが光ファイバによる1T(テラ)ビット/秒以上の伝送だ。

これを実現するためには一つの波長のレーザ光ではなく、波長が異なる多数のレーザ光を使う「波長多重」通信が重要になる。そして所望の波長のみを取り出す光フィルタが必要になる。

米国と日本の電話事業が大転換

米国の電話事業は1980年代に急速に拡大し、米国市場を握るAT&T社は世界最大の企業となった。このころAT&T社の従業員は約100万人でIBM社の3倍にも達していた。

マンモス化したAT&T社に対し、米司法省は独占禁止法によって分割する訴訟を起こし、FCC(連邦通信委員会)はコンピュータ業務への進出を禁止するという規制を加えてきた。1982年、司法省との折衝で、AT&T社は企業分割を認める代わりに、コンピュータ産業への参入を許された。

その後、準備を進め1984年1月1日、AT&T社は、長距離電話部

門と、ウェスタン・エレクトリック社を中心とする製造部門と、ベル研を中心とする研究開発部門のみとなり、AT&T社に属していた22の地域電話会社を分離して独立させた。22の会社は7地域に統合され、七つの新しい地域電話会社となって発足したのである。

日本では、電気通信事業は1952年8月1日に電気通信省から分離し誕生した日本電信電話公社が運営していた。国営という立場から、採算にのらない地域にも電話は公平に拡大されていった。いわゆるユニバーサル・サービスが義務づけられていたからだ。この目的はほぼ達成できた。

そして1985年4月1日、電気通信制度改革3法が国会を通過し、新しい電気通信制度が始まった。公社法が廃止となり、日本電信電話公社は民営化し、日本電信電話(NTT)株式会社となった。従業員は32万人で日本最大の企業が生まれた。

このときNTT株が1988年11月17日から売り出されたが、1株119万円と株価が急騰したものの、その後の株値下落もあって大きくもめた。1988年7月にはNTT本体からデータ通信事業を専門に行なうNTTデータ通信株式会社が誕生している。1996年2月にはマンモス企業NTTの分割論が話題になっている。

また公社法廃止に伴って、電気通信事業法が1985年4月1日に施行され、他企業が電気通信事業へ参入できるようになった。独占だった電気通信事業に競争の原理が導入されたのである。

日本は電気通信事業の自由化とい

う新しい時代を迎え、第二電々、日本テレコム、日本高速通信という長距離(市外通話)電話会社が誕生しNTTとの競争が始まった。従来とは異なった新しい通信サービスが次々と生まれてきたのである。さらに、ここにて国際電信電話(KDD)が1999年までに東京-大阪間に光ファイバ網を構築し、国内参入を計画するなどますます通信事業は多様化してくるだろう。

高度情報システムの実験がスタート

1983年は「世界コミュニケーションの年」だった。これに呼応するように、NTTが民間会社となる1年前の1984年9月、NTTは東京・三鷹地区と霞ヶ関地区を結んで「INS(Information Network System)モデル実験システム」をスタートさせている。

従来のラジオやテレビは、一方的に情報を送って、そのなかからユーザが情報を選択していた。これに対し新しく提唱したニューメディアでは、送り手と受け手が情報を相互にやり取りできること、つまり「双方向」を大きな目的としていた。

INS実験には、ディジタル・ファクシミリ、ディジタル・キャプテン、ディジタル電話、テレビ電話が登場し多くの話題を集めたのだ。この実験は3年で終了しているが、ここでは光ファイバを使ってディジタル伝送をしていた。そのころまだ「マルチメディア」という言葉は存在していなかった。規格は日本独自のものだった。

日本で、この斬新な実験システムが稼働し始めた1984年、CCITT(国

際電信電話諮問委員会)は、将来に向けて電話やニューメディアなどすべての情報をデジタルに統一し、光ファイバとメタリック線によってデジタル通信網を構築することを提唱した。これを ISDN (integrated services digital network) と呼んだ。その統一規格の採用が日本でも 1988 年に決まった。やがて ISDN が未来の電気通信の期待を担って業務を開始している (p.180 の「ケーブル火災で通信網が麻痺」参照)。ここで注目すべきことは、従来の電話網ではアナログ音声を通す交流対応だったが、INS 網ではデジタル・データも通すことのできる直流対応となったのである。

この 1984 年はジョージ・オーウェルによって 1934 年に書かれた小説『ナインティーン・エイティフォー 1984』で話題となった年でもある。

この小説では「1984 年に政治的な問題が発生する」と警告した。まさにその通りでインディア・ガンジー首相が射殺されたり、ラテン・アメリカで発生した金融問題が世界を恐怖に陥れたりした。

このほか、技術的なこととして「テレビスクリーン、つまりケーブル・テレビ (CATV) と、スピークライト、つまり情報がデータベースからアクセスできる時代となる」と述べられていた。なんと 50 年も前に予測していた。

21 世紀に向けて、ISDN 構築へ

1988 年 4 月 19 日、東京、名古屋、大阪の 3 地域で 21 世紀に向けて新しい通信システム ISDN が高度情報化社会のインフラとして華々しく

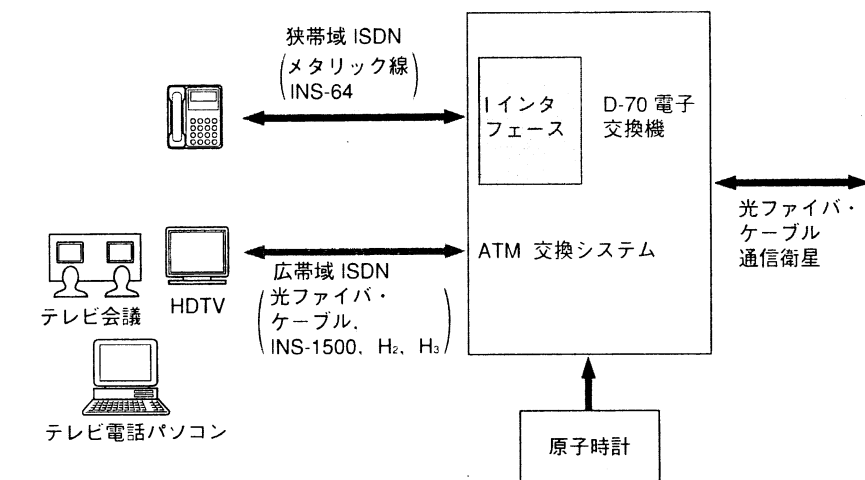


図 10 21 世紀の通信基盤 ISDN 21 世紀に向けたデジタル伝送による新しい電話網が ISDN である。従来のアナログ伝送による一般加入者電話網は PSTN (public switched telephone network) と呼ばれている。今後は電話は、音声だけでなく映像をも取り込んだテレビ電話となる。さらにデータベース、ビデオ・オン・デマンド、テレビ・ショッピング、ホーム・バンキングなどのできるマルチメディア端末へと進化するだろう。

スタートした。1890 年に東京と横浜でアナログ電話が開通したとき以上の大きなインパクトを社会にもたらすことだろう。

ISDN は、電話、ファクシミリ、パソコン通信、テレビ電話、テレビ会議などの音声や画像情報を一つのデジタル・ネットワークに統合し、1 次元的にサービスを提供する新しいデジタル伝送網である。従来は、アナログ電話網、アナログ・ファクシミリ網、デジタル加入電信網、データ通信網などと分離されていた。

この ISDN の伝送網はメタリック線と光ファイバ・ケーブルによって各家庭に引き込まれる予定である。まずスタート時点は、現在家庭に引き込まれているメタリック線による電話線をそのまま利用している。回線の基本インタフェースは INS 64 である。これは 2 B+D (144 k ビット/秒) である。B は 64 k ビット/秒、

D は 16 k ビット/秒。

特徴は、デジタル電話機のベルが鳴ると同時に相手の番号を表示したり、1 台のデジタル電話機を使用中にもう 1 台のデジタル電話機を動作させたり、カラー動画像のテレビ電話機の利用を可能としたり、当然、ファクシミリやパソコン通信にも使える。

人間の声は、デジタル電話機でいったんアナログからデジタルに変換 (code) されたのち、伝送され、相手のデジタル電話機でデジタルからアナログへ変換 (decode) されて音声となるのである。INS 64 を狭帯域 ISDN (N-ISDN: narrow-band ISDN) と呼ぶこともある (図 10)。

次に、1989 年 6 月 27 日から光ファイバ・ケーブルによるサービスも始まった。だがまだ家庭ではなくオフィス専用である。回線の基本イン

タフェースはINS 1500。これは23 B+D(1488kビット/秒)となっており、会社などでテレビ電話/会議用に用いられている。さらにH₀として384kビット/秒や、H₁として1536kビット/秒のサービスもスタートしている。高品位動画像としてはH₂、つまり30Mビット/秒~45Mビット/秒や、H₃(60Mビット/秒~70Mビット/秒)などがある。

このような時代が来ることを見越してNTTは、1981年から幹線となる光ファイバ・ケーブルの建設を北は旭川から南は鹿児島に至るまで進めていた。この延べ距離は3400km

で日本列島縦貫幹線とも呼ばれ1985年に完成した。そのときの伝送能力は400Mビット/秒である。その後、発振波長1.3μmの半導体レーザを改良し、伝送能力は飛躍的に向上した。これによって2.5Gビット/秒の伝送が可能となり、延べ距離は7万kmにも達している。

当然、次のステップとしてこの光ファイバ・ケーブルを家庭まで延長しようとNTTは計画した。NTTは、21世紀に向けての未来ビジョンとして1990年、VI & P (Visual Intelligent and Personal Communication Service) を提唱している。

VI & Pは基本的に個人用の高品位映像通信を意味しており、テレビ・ショッピング、ケーブル・テレビ、パソコン通信、テレビ通話、テレビ放送など、それぞれのメディアを1次元化しようというマルチメディア構想だ。

マルチメディアとは複数のメディア(映像、音声、テキスト、データなど)を組み合わせた通信形態を指し、これをディジタルで通信するというものである。この映像通信を可能にするのが、次の世代に登場してくる新しい光ファイバによる広帯域ISDN(B-ISDN: broadband ISDN)なのである。

こうなると狭帯域ISDNの伝送速度では対応できなくなる。狭帯域ISDNでは回線用として144kビット/秒、幹線用として2.5Gビット/秒だったが、広帯域ISDNでは回線用として156Mビット/秒、幹線用として1Tビット/秒(Tera: 10¹³)が必要となってくる。

当初、NTTは2015年までに光ファイバ・ケーブルを全家庭に引く計画だった。FTTH(fiber-to-the-home)という。1991年から始まった平成不況のため、1992年7月、突然断念してしまった。

ISDN から, NII, GII へ

これに対し米国は1994年1月、クリントン大統領とゴア副大統領が「情報スーパーハイウエー(NII: National Information Infrastructure)」構想を提案している。ゴア副大統領は1940年代に米国に高速道路(スーパーハイウエー)網を構築しようと尽力したゴア議員の息子であ

ケーブル火災で通信網が麻痺

豊かな情報社会を目標に華やかに繰り広られつつあった電話事業に予期せぬトラブルが発生した。

1984年11月16日午前11時50分ころ、東京・世田谷電話局前の地下電話ケーブル溝で火災が発生したのだ。この火災によって一般電話回線8万9000回線、専用回線4000回線、三菱銀行など3行の全国オンライン・システムがストップするという大惨事になった。

1地域のローカルな火災と思っても、そこには全国、いや全世界を制御する重要な通信網が通っているのである。金融機関をも巻き込んだ史上最大の通信網の麻痺は、意外なところから発生した。大きな波紋を投げかけると同時に情報社会の盲点をさらけ出したのだ。通信網の再検討が始まったことは

いうまでもない。

ここで特に注目されたのが、通信衛星による通信網の構築と、コンピュータ・ネットワークの2重系統化などによる安全対策だった。

この火災の原因はケーブル用ポリ塩化ビニール被覆膜が工事中のトーチ・ランプによって加熱され発火したという。これによって通信事業が再検討されることになった。

だが、1995年1月17日午前5時46分に発生した阪神・淡路大震災では、一部この教訓が生かされたが、まだまだ不十分であることが明らかになった。ケーブルは切断され、衛星パラボラ・アンテナは位置ズレを起こした。このなかで、携帯電話のみが威力を発揮したという。

る。この情報スーパーハイウエー構想は、日本で提案されている広帯域 ISDN と基本的に同じである。

米国ではケーブル・テレビが広く普及しているが、ここに至りて地域ごとに独立した双方向ケーブル・テレビが注目されるようになってきた。双方向ケーブル・テレビの目的は、ビデオ・オン・デマンドや、テレビ・ショッピング、ホーム・バンキングなどにこたえるためである。このため家庭の近くまで光ファイバ・ケーブルを引き、そこから既存の同軸ケーブルで各家庭までつなごうと計画している。これを FTTC (fiber-to-the-curb) という。

幹線となる「情報スーパーハイウエー」が全米に走り、既存の各地域の双方向ケーブルがこれに接続されたとするならば広帯域 ISDN が構築されたことになる。もしかしたら日本より早いかもしれない。

光ファイバ・ケーブル網が完成したとしても、マルチメディア通信を実現するためには ATM (非同期転送モード) 交換システムが必要となってくる。

伝送のデジタル化では同期が重要だが、公衆回線での同期は困難である。このためデジタル情報を送信側で細切りにしてあて先をつけたパケット (小包) とし、各パケットを交換機で判断しながら受信者に送り、これを組み合わせて音声や映像を伝送できるようにするのである。

この光ファイバ・ケーブルのほか、データ伝送や高画質映像を送る高速衛星通信計画もある。これは GII (Global Information Infrastructure) 構想の一つである。

移動体通信サービスもデジタル化

移動体通信としてはすでに一般公衆用にアナログによる携帯電話 (パーソナル電話) や、自動車電話、ポケット・ベル、列車・飛行機・船舶電話などが使われ、一般業務用として MCA (multichannel access) やパーソナル無線などがすでに広く利用されている。これらすべての移動体通信に対して、高品質な通話を目標にデジタル化が邁進中である。

特にデジタル携帯電話の開発動向が注目されている。一つはデジタル化による加入者増への対応であり、もう一つは「いつでも、どこでも、どこからでも」つながる通信衛星へのアプローチである。これによって究極の携帯電話が誕生することだろう。

高音質のデジタル携帯電話

携帯電話の加入者増大に伴い、周波数の有効利用を計るため、チャネル間隔を狭くすることが必要となっており、これをデジタルで行なおうとしている。デジタル化すると、秘話性が高く、音声の品質が高品質になり、ファクシミリ・データの伝送にも対応しやすい。

現在、欧州では時分割多元接続技術を使う統一方式の GSM (Global system for Mobile) を、米国では時分割多元接続の TDMA (time division multiple access) 方式と符号分割多元接続の CDMA (code division multiple access) 方式、日本は時分割多元接続の PDC (Personal Digital Cellular) 方式を採用しており、各国とも互換性はない。

しかし GSM 方式を採用する発展

途上国が増え、米国でも一部採用され始めた。GSM 方式が実質的な世界標準となりつつある。GSM 方式の大きな特徴は国境を越えても番号の変更がなく、世界中と通話できるのである。これにも特許が絡んでいる。日本の方式は次第に孤立しつつあるようだ。

日本では RCR (電波システム開発センター、現在は電波産業会) によって移動体端末と基地局とのエア・インタフェース (無線伝送時の標準インタフェース) が標準化されている。これによって一つの端末でさまざまなサービスに対応できるようになった。

デジタル移動体通信による携帯電話のサービスは、1993 年 3 月 25 日から NTT ドコモ (NTT 移動通信網) が東京を中心に 800 MHz 帯でスタートしている。1994 年 4 月 1 日から東京デジタルホン、同年 5 月 1 日からツーカー・セルラが、1.5 GHz 帯を使用して首都圏 30 km 以内で利用できるようになった。

ここでは VSELP (vector sum excited linear prediction) という音声の高エネルギー符号化方式 (データ圧縮方式) が用いられている。アナログの音声信号を単にデジタルにしただけでは帯域幅が 5 倍も必要になる。そこでこういったデータ圧縮方式を採用しているのである。伝送方式には時分割多元接続 (TDMA) 技術を使っている。

デジタル携帯電話はさらに進化する。次はデータ通信を念頭においた携帯電話システムとなる。たとえば米国では、1.9 GHz 帯のマイクロセル使う PCS (personal communi-

cation system) が実用化に向けて動いている。FCC はこのサービスに使う周波数帯域を競売にかけた。ここでは米 Qualcomm Corp. が開発した CDMA 方式が主流となりそうだ。

日本では、1994 年 4 月 1 日から携帯電話機端末の自由化が始まった。従来のレンタルから、売り切りも可能となり、日本におけるデジタル携帯電話は新たな飛躍をするだろう。

新しい携帯電話 PHS

家庭用電話機の送受話器からじゃまなコードを取り除いたコードレス電話機は、1975 年ころ東南アジアから日本に密輸されて入ってきたのが始まりのようである。美容院などで大変に人気を呼んだが、電波管理法違反なうえ混信がはなはだしかった。

このため NTT は、規格を設定した。1980 年 5 月 29 日、東京など 4 都市で販売が始まった。だが無線周波数の制限などから加入者が制限されたため、1984 年 3 月にマルチチャネル方式のコードレス電話が導入された。

その後、1987 年 10 月 1 日、電波法が改定され二つの方式が決定した。一つが微弱電波方式で、低価格だが 30 m くらいしか通話できない。もう一つは小電力方式で、若干高価格だが 100 m ほど通話できるといった特徴がある。その後、小電力方式の需要が年々、倍々ゲームで伸び続けた。1996 年、微弱電波方式は中止となっている。

このコードレス電話が 1991 年、電気通信技術審議会の答申により、

今後、1.5 GHz 帯でデジタル化することになった。これによって子機間の通話のみならず、これを利用して簡易な携帯電話を実現することも決まった。これを簡易型携帯電話と位置付け、パーソナル・ハンディホン・システム (PHS)^{注2)}と呼ぶ。

PHS は、従来からある公衆電話ボックスや郵便局の上にアンテナを設置し、これを光ファイバで接続すれば、町中で手軽に使用できる携帯電話となる。しかも低コスト化が実現できるのである。

ただセルラ型では移動中でも通信できるが、この PHS はセルラ間を自動的に切り替えていく機能がないため、アンテナ近傍での通話しかできない。こういった欠点はあるものの、安価という利点を生かして大市場になるとの期待がかかっている。すでに 1995 年 7 月 31 日から DDI 東京ポケット、NTT 中央パーソナル通信網がサービスを開始した。その後、10 月 31 日には 14 社、1996 年 4 月には 21 社となった。

これに対し欧州は DECT 方式で統一している。1.9 GHz 帯を使い一つのセルの大きさは 30 m~300 m という。米国では、1.9 GHz 帯の PCS を 1996 年 12 月ころから開始する計画である。NTT は、PCS のサービス開始を検討している米ネクストウェーブ社に出資するという。

衛星利用の電話、グローバル・ホン

現在の自動車電話や携帯電話は地上設備を利用しているため、都心部

または高速道路からある距離以上離れると通話ができない。通話範囲は日本国土の 40% (1996 年 2 月現在) をカバーし、海上は沿岸から 35 km くらいである。外国へ持っていても使えない。このため、地球上のいかなるところからでも通話できる通信衛星を利用したグローバル通信ネットワークによる移動体通信が注目されるようになってきた。

これは究極の移動体通信網であり、デジタルによって初めて実現できるのである。現在、10 件ほどの計画がある。ここではそのうちの四つについて述べてみよう。

まず米 Motorola 社が提唱している「イリジウム」構想である。イリジウムは、原子番号で 77 番目であるところから 77 個の周回衛星を打ち上げる予定だったが、高度 780 km の軌道上に 66 個で十分カバーできるようになった。この計画に対し、1995 年 1 月 31 日、FCC から免許を取得している。日本では第二電電 (DDI) が参加しており、衛星と日本国内を結ぶ関門局を長野県豊科町など 3 カ所に 1996 年 2 月 15 日から建設する。1998 年 9 月からサービスを始める予定である。

次がインマルサット (国際海事衛星機構) が計画している「プロジェクト 21」である。インマルサットは携帯電話システム「インマルサット P」の会社を 1994 年 5 月 10 日に設立した。4 個の静止衛星と 70 個の周回衛星を使って、1999 年からサービスを開始する予定である。ここには KDD や NTT などが参加している。

このほか、米 TRW 社は 12 個の

注 2) 1994 年 8 月ころまでは PHP (パーソナル・ハンディホン) と呼ばれていたが、出版社の名前と混同するため改称した。

衛星で実現するというオデッセイ計画がある。グローバル・ホンに関して TRW 社はすでに特許を取得しているため、「インマルサット P」と紛争するのではないかといわれている。

電話で静止衛星を経由した場合、1 回の会話のやり取りに、3 万 5800 km(静止衛星までの距離)×2(衛星までの往復)×2(会話の往復)≒14 万 4000 km となる。これは 1 秒間の光の速さの 1/2 となるため、音声は 0.5 秒ほど遅れてしまう。このため通信衛星の軌道をあまり高くすることはできない。

逆に軌道を低くすると、地球をカバーするための衛星の数を増やさなければならなくなるし、通信衛星の寿命が短くなってしまう。

最後が NTT で、1995 年 8 月 29 日フランス領のギアナから打ち上げた 2 個の静止衛星 N-STAR によって日本国内の山間部や沿岸から 360 km の範囲まで通話できる携帯電話サービスが始まる。これらは地上の一般携帯電話とも連動するデュアル・モードである。

通信衛星を利用するこういった究極の電話ともいえる携帯電話は、さらに発展するだろう。最近、マイクロソフト社 会長兼 CEO のビル・ゲイツを中心に AT & T 社も関係したテレデジック社は 840 個の通信衛星を打ち上げテレビ電話のグローバル化を計画している。

新しいスタイルによるテレビ電話

テレビ電話機は 1927 年にベル研によってニューヨーク-ワシントン D.C. 間でニブコー円盤を使って走

査線数 50 本で実験したのが始まりだ。日本では最初の撮像管の試作品が完成した 1935 年に、横浜博覧会において走査線数 405 本で展示されていたという。その後も開発が進められたが、通信網のインフラやテレビ電話機などの未整備によってあまり社会に受容されなかった。

1970 年にはベル研や NTT でも、ともかく技術開発を進めている。

やがて 1980 年代になるといくつかの飛躍的な技術的發展があった。これは ISDN というデジタル通信網、画像圧縮技術、大型プロジェクションや小型液晶などのディスプレイの登場である。これを用いて、企業向けテレビ会議システムが、さらにパソコンを使ったテレビ会議システムが実用化し始めている。

さらに圧縮技術を利用してアナログ電話網でも動画を送れるシステムが開発されるようになってきたが、なにか一つ爆発的普及のパンチに欠けているところがあった。

たとえばテレビ電話は、かける前に一度音声のみの電話で確認をとってから再度かけ直すというぎこちなさがあるという。これはあらわな姿を人に見せたくないという人間の心理的作用によるかもしれない。ところがここにきて思わぬ方向にテレビ電話は動き出そうとしている。

それはインターネットに代表されるような情報交換である。その一部に情報提供者の顔が登場するのである。ここでは人間の顔は主役ではない。また顔の映像がそれほど鮮明である必要もない。あくまでも情報が主役で、顔は確認する程度であり、あらわな姿は小さなスペースへの登

場ですむのである。

このためにまずパソコンに静止画を取り込むためのデジタル電子スチル・カメラが注目されるようになってきた。パソコンに「目」が付いたのである。

その先鞭をつけたのが 1995 年 3 月に、カシオ計算機から売り出された「QV-10」というデジタル電子スチル・カメラである。最像には CCD 型固体撮像素子(25 万画素)を用いている。

デジタル記録のカメラ一体型 VTR も登場した。1995 年 9 月には松下電器産業とソニーが発売し、その後シャープや日本ビクターなども発売している。

これは 1994 年 4 月に業界団体「デジタル VCR 懇談会」が決めた仕様に準拠している。これがパソコン入力装置となる可能性がある。ソニーの製品はデジタル・インタフェース(IEEE 1394)を備えており、デジタル時代に対応できるようになっている。

インターネットで画像交換が一般化すれば、テレビ電話は、単独で再び急速に普及する可能性を秘めている。光ファイバ網で構築したケーブル・テレビや、通信衛星によるテレビ電話、動画の送れる携帯電話網などが考えられよう。

21 世紀に向けての新しい動き

インターネットが新しい電話網の一つになるとして騒がれているが、これは通信ネットワークの応用の一つにすぎない。これ以上のものが 21 世紀に登場する可能性がある。さらにこれを支える通信網は大きく変わ

ろうとしている。

NTTは1997年4月から新しいコンピュータ通信ネットワーク「オープン・コンピュータ・ネットワーク(OCN)」をスタートさせる予定である。これは128kビット/秒の伝送能力がある。これをマルチメディア時代のコンピュータ通信のインフラとする計画だ。このネットワークは21世紀における日本の神経となるだろう。

このNTTに対して1996年3月、郵政省の電気通信審議会より「分離分割すべきだ」という答申が郵政大臣に提出された。欧米に比べて日本の情報通信産業が遅れている原因はNTTの独占構造のためだ、としている。

長距離電話会社と、東西の2社の合計三つに分割するという。これが実現すれば1985年のNTT民営化以来の重要な出来事だ。

分割後、長距離は国際通信に、KDDは国内通信に参入できるようになる。低コスト情報網の提供は国民の望むものだが、複雑になり理解しにくくなるかもしれない。

一方、米国は通信改革法が1996年2月8日に成立した。これは、地域系電話会社、長距離系電話会社、ケーブル・テレビ会社の相互参入を認めるもので、通信に自由化の波が押し寄せている。

情報スーパーハイウエーの提唱者であるゴア副大統領は「通信業界のベルリンの壁が崩壊した」と語った。この結果、1984年の独禁法訴訟によってAT&T社から分離した地域電話会社「ベビーベル」7社も大きな荒波を迎えることになった。早

くもベル・アトランティック社とナイネックス社の合併が発表された。

世界中で、21世紀のマルチメディア時代に向けて情報企業の激しい競争が始まったのである。

参考文献

- 1) 国際電信電話編、『国際電信電話株式会社25年史』、国際電信電話、1979年2月。
- 2) 平山秀雄、『わが回想録(一)、(二)』、電波新聞社、1990年12月。
- 3) 沖電気工業編、『100年のあゆみ』、沖電気工業、1981年11月。
- 4) 日本電子機械工業会編、『電子工業20年史』、日本電子機械工業会、1968年9月。
- 5) 日本エレクトロニクスショー協会編、『エレクトロニクスショー20周年記念出版、電子の歩み』、日本エレクトロニクスショー協会、1981年11月。
- 6) 日本電信電話編、『NTTデータブック'91』、日本電信電話、1991年3月。
- 7) NEC編、『最近10年史、創立80周年記念』、NEC、1980年2月。
- 8) NEC編、『70年史』、NEC、1972年7月。
- 9) 東京芝浦電気編、『東芝100年史』、東京芝浦電気、1977年3月。
- 10) 日立製作所編、『日立製作所(1)、(2)、(3)、(4)』、日立製作所、1980年12月。
- 11) 城阪俊吉、『科学技術史』、日刊工業新聞社、1990年7月。
- 12) ソニー、『ソニー創立40周年記念誌』、ソニー、1986年5月。
- 13) 小松左京、堺屋太一、立花隆、『20世紀全記録』、講談社、1987年9月。
- 14) 日経エレクトロニクス編、『エレクトロニクス50年史と21世紀への展望』、日経マグローヒル社、1980年11月。
- 15) 田崎公郎、『通信の基礎知識』、日本実業出版社、1992年4月。
- 16) ISDN研究会編、『あなたの電話をISDNに』、オーエス出版社、1996年1月。
- 17) 北原安定、『新たな飛躍へ』、電波新聞社、1980年12月。
- 18) 将来像研究会編、『21世紀の電気通信』、日本経済新聞社、1983年12月。

- 19) 志賀信夫、『BS、CS衛星放送時代』、電波新聞社、1992年8月。
- 20) 岩崎昇三監修、『ISDN-Iシリーズ国際標準とその技術』、オーム社、1987年11月。
- 21) 郵政省移動通信課監修、『次世代携帯電話システム』、日刊工業新聞社、1990年7月。
- 22) 村上治監修、『ファクシミリ——新しい通信メディア』、電気通信技術ニュース社、1981年3月。
- 23) 前田隆正、林昭彦、『移動体通信のはなし』、日刊工業新聞社、1988年5月。
- 24) 郵政省通信政策局監修、『テレコム基礎技術が開く新時代』、日刊工業新聞社、1985年12月。
- 25) 前田光治監修、『新版 光ファイバ通信』、電気通信技術ニュース社、1981年12月。
- 26) 廣田憲一郎、植田義明、『明日の通信と技術——変貌するネットワーク』、電気通信技術ニュース社、1977年12月。
- 27) 高月敏晴、『データネットワーク』、電気通信技術ニュース社、1979年3月。
- 28) 杉岡良一、『ディジタルPBX入門』、オーム社、1987年9月。
- 29) 小田原敏、『情報通信業界』、教育社、1991年5月。
- 30) 日刊工業新聞社編、『にっぽん株式会社戦後の50年——産業と経済の半世紀』、日刊工業新聞社、1995年7月。
- 31) 朝日新聞社編、『眼で見る昭和(上)、(下)』、朝日新聞社、1975年2月。
- 32) 清水欣一、『富士通』、TBSブリタニカ、1992年2月。
- 33) 敷島隆、『日立からいま目を離すな』、かんき出版、1992年11月。
- 34) 山口開生、『NTTにかけた夢』、東洋経済新報社、1992年12月。

このほか『朝日新聞』、『電波新聞』、『日刊工業新聞』、『日本経済新聞』の各紙、および『電子技術』(日刊工業新聞社)、『日経エレクトロニクス』(日経BP社)、『ラジオ技術』(ラジオ技術社)の各誌を参考にした。

本誌注) この内容に関して、ご意見のある方や「実はこうだった」といったことをご存じの方は本誌までご連絡ください。●