

新
未知への群像

科学者・技術者の
自伝による開発史

桑原守二 著

科学新聞 科学通信情報

科学新聞社発行
昭和二十六年四月一日

復刻版

Ver 1.0

主な項目

ドコモ研究所で開催された無線会	.....	一
多重電話無線方式の嚆矢	.....	八
マイクロ波方式の始まり	.....	九
二GHz方式の試用試験	.....	一三
東京統制無線中継所	.....	一七
四GHz方式の発展	.....	二〇
広島統制無線中継所	.....	二四
六GHz方式の開発	.....	二七
マイクロ波PCM方式の開発	.....	三〇
世界に冠たる256QAM方式	.....	三三
最初の公衆移動通信ポケットベル	.....	四一
コードレス電話	.....	四三
四〇〇MHz帯自動車電話	.....	四五
無線加入者線方式MAS	.....	四六
八〇〇MHzセルラー電話	.....	四八
移動機の小型化	.....	五一
セルラー電話のデジタル化	.....	五二
PDCにおける符号化アルゴリズム	.....	五四



本復刻版は桑原守二著「新未知への群像（科学者・技術者の自伝による開発史）」を桑原氏が所持していたWord原稿（テキストのみ）と冊子の写真をスキャナーで読み取り、再構成しました。

なお、なるべく原本に忠実を心がけましたが、ソフトウェアの関係で一部異なっている場合もあります。ご了承ください。

また、本復刻版の内容によって生じた損害等の一切の責任を負いかねますので併せてご了承ください。

「ドコモの研究所で開催された無線会」

本年三月二十六日、横須賀リサーチパークに建てられたドコモの研究所が竣工、その披露が行われた。総面積五万㎡、六階建ての堂々たる建物に、招待客の皆が目を見張る。

三百人が入る講堂で大星社長が挨拶、来賓の祝辞などがあつた後、二階まで吹き抜けのエントランスで楽隊入りのパーティ。近年の移動通信事業の華々しい発展を象徴する、この盛大な祝宴。

招待客は、移動通信機器メーカー、ソフト会社、関連工事会社などの社長、幹部の方々である。その多くの人が、十年前にはドコモと殆ど関係していなかった。当然ながら、研究所の内容の充実ぶりに驚嘆の言葉はあつても、遠い昔を振り返って感慨に耽る人は少なかった。

その数日後、無線技術を専門にする、或いはかつて専門にした人達の、「無線会」と称する集

まりが同研究所で催された。NTTの電気通信研究所に籍を持つ人の無線会と、事業部門に籍のある人の無線会があつて、従来別々に集まることが多かったが、今回はドコモの新研究所の見学を兼ねて合同して行われた。

当然、かつてない盛会となった。私より後に電電公社に入社した（といっても大部分がすでにOBであるが）研究者、技術者に混じって、私よりもっと古い時代から無線技術の研究に従事された先輩の姿も多数見られた。

出席者は四十才前の現役から八十才近い先輩にまで分布し、若い人と年配者は互いに相手を知らない。

私は技術局（民営化の後には技術部、あるいは技術企画本部）の勤務が長く、現役を退くまで半分以上の期間を技術開発に関する仕事に携わらせて頂いた。そのため、研究所の先輩方とも接触する機会が多かったし、若い世代も大抵は顔見知りである。

こうした無線会の集まりでマイクロ波方式が始まったばかりの昔を懐かしみ、あるいは移动通信の黎明期の話題になると、間に挟まって、いつか通訳のような役割を果たすようになる。



無線会で研究所の先輩と懇談する筆者
中央は増田孝雄氏、左は野村卓也氏

「電電公社で、専門に無線を選択」

私が日本電信電話公社に入社したのは昭和三十一年である。同期で電電公社に入社した技術系学士は四十一名うち六名が研究所に配属になったので、事業部門は三十五名であった。

採用数は昭和三十七年から逐年増加したが、それ以前は二十八年卒を除き（この年は新制大学と旧制大学が同時に卒業生を送り出し、そのため通常の年次より五割がた人数が多かった）毎年同程度の人数である。昭和三十一年の職員総数が約十六万であり、これとくらべて極端に少ない。もちろん、最近の千名、二千名といった採用数とは比較しようもない。

技術系の他に事務系が約三十名と、建築科卒が五名おり、これら総勢八十名弱が本社採用と称された。いわゆるA学士である。

彼等は幹部候補生としての特訓を受ける。入社後三年半は「養成」と呼ばれる訓練期間で、定

員外で各機関を転々と回り、事業全般についての知識を修得する。

公共企業体である電電公社は、職員の総数がすべて郵政省の認可事項であり、本社から電話局に至るまで定員と呼ばれる人数枠ががちり定められていたから、見習い生とは云え真面目に働く若者を枠外で使えるのは、引き受け側の機関にとっても悪い話ではなかった。



学園寮にて（左が筆者）

A 学士達は入社後直ちに、調布市の中央電気通信学園に入る。原則として全員が入寮することとされていた。地方から入社した者は勿論、東京在住者も、寮生活に必要な日用品を行李につめ込み、学園に送った。自宅から大学へ通えた人間にとっては、生まれて初めて味わう親元を離れての生活である。

戦後十年しかたっていない当時、寮の設備は質素なもので、二段ベッドが二つと、壁から張り出した勉強机だけの部屋に四人が同居する。学生食堂の食事も質素であるが、味噌汁とパンという妙な組み合わせの朝食には驚いた。

前期、後期の中央学園訓練に加えて鈴鹿電気通信学園での訓練があり、合計三回の学園での共同生活は、大学までの学友とは違った友情を同期生同士に芽生えさせた。この一体感は、その後の仕事を進めていく上で、互いに助け合い、あるいは切磋琢磨していくのに有意義なものであった。

二カ月ほどの学園研修が終わると、技術系は五専門の現場実習に入る。五専門とは、線路、交換、伝送、無線、電信の五技術である。



線路の実習訓練（工事用車両で出勤するところ）

都内の電話局、中継所等へ行き、それぞれの機器が実際に稼働している状況を見る。この間は完全な見学で、現場機関に配属されている四、五年先輩の学士が指導にあたる。

この現場実習の経験と学園で勉強した知識をもとに、自分は今後どの技術分野を専門として仕事をしていくかについて希望を提出する。

入社約半年後のこの選択は公社生活における最初の岐路である。私は迷うことなく「無線」を選んだ。

「学友の影響でラジオ作りが趣味に」

私が大学で電気通信学科に入ったのも、電電公社で無線を専門にしたのも、小学校から高校まで約六年間をともに過ごした学友、大山君の存在によるところが大きい。

大山君が東京から浦和に引っ越してきたのは、小学校五年生も終わりの頃だった。横浜の家が戦災で焼けたためと言っていた。父上は貿易関

係の会社に勤務のようであったが、定かではない。浦和中学（旧制）の土肥先生と姻戚関係でもあるのか、その二階を借り、二人の妹と家族五人で二間の不自由な生活を強いられていた。

この大山君が大変な科学少年だった。そこに転がっている材料を利用して、直流モーターを作った。

缶詰の空き缶を切り抜いたブリキ板を重ね合わせ、これにエナメル線を巻いてロータとステータを作る。さらに、銅板を切つて整流子とブラシを作る。これらを組み立てると直流モーターの出来上がりである。乾電池をつなぐとグルグルよく回る。

電気のイロハも知らぬ田舎の学童達は、ただ目を見張り眺めているだけだった。私も真似をして作つてみたかったが、生まれつき不器用で手が出なかった。

浦和中学へ上がると、大山君の趣味はラジオ作りに移つていった。

画用紙を、中央の円盤から放射状に足を出すように切り抜き、これにエナメル線を巻いてスパイダーコイルを作る。コンデンサーに何を使つたのかは思い出せない。鉱石検波器を通し、レシーバをつなぐと、あら不思議、放送が聞こえるではないか。

コイルの所々からタップを出し、クリップで挟むタップを選ぶと、NHK第一、第二放送、進駐軍放送（FENを当時はこう呼んでいた）等がみな入る。NHKのアンテナが目に見えるくらいの近さであったので、こんな簡単な細工でもよく聞こえた。

彼に教わりながら、私も作つてみた。私にも出来た。レシーバを家族の皆のところへ持つて回り、自慢した。

それからは、私もラジオ作りにのめり込んでいった。並四（当時の標準型四球受信機）から高周波増幅付き、さらにスーパーヘテロダイナ受信機、オールウェーブへと進んでいった。

スピーカも高級なフリーエッジのダイナミックスピーカを買い求めた。近所の大工に頼んで作らせた大きな密閉箱にこれを入れ、「6L6（ビーム出力管）を3極管接続して、プッシュプルにすると、ダンブが効いて良い音がする」などと生意気なことを言う。プッシュが押す、プルが引くという意味の英語であることも知らず、すべてが耳学問である。それでも配線図は空で書ける。どこまで原理を理解していたのだろうか。

やがて受信しているだけでは飽きたらずに、送信機まで作り始めた。

出力測定などをしなかったのだから、送信管に807を使つたから、Aクラスで動作させてもトワット位出ていたのではなからうか。



（高校一年）左端が筆者
左から3人目が大山君

約一五〇〇キロヘルツの周波数で、数百米しか離れていない大山君と交信して喜んでいた。もちろん無免許のアンカバーである。やがて「変な放送がラジオに入る」と近所で噂になり、慌てて不法いたずらを止めた。

「大山君の死」

大山君の家はかなり裕福で、小遣いを相当貰っていたようだ。受信機の高周波特性を調整するのに当時のお金で五千円もするテストオツシレータを持っていた。私もそれが欲しくて、両親にねだつたが叶わず、親戚の商売用の電蓄を製作した礼金でようやく手に入れたのを記憶している。ところが、大山君を大変な不幸が襲った。まず、父上が急死された。

痛にでも冒されたのであろうか。稼ぎ手を失った大山家は一度に窮乏生活となった。

「この真空管を××円で買って欲しい」

と言う。一緒に神田の露天商街(当時アマチュア無線のマニアが集まるのは秋葉原でなく、神田須田町であった)を流して歩き、探して買いた求めた米国製のメタルチューブである。手放す彼の心情を察して心が痛んだ。

不幸はそれだけに止まらなかった。大山君自身も亡くなったのである。

知らせがあり私が駆けつけたときには、もうこの世の人ではなかった。母上に何とお悔やみを申し上げたらよいかも分からず、ただ呆然とするばかり。

学校から帰宅して「頭が痛い。どういふふうに帰ってきたかも分からない」と言って寝込んだまま、間もなく意識不明になったとのこと。悪性の脳腫瘍と後で聞かされた。

大山君という無二の相棒を失い、私のラジオ

作りの熱も急速に冷めてしまった。囲碁の方に趣味が移り、そして高校三年、あの厭な受験勉強の時期を迎える。

しかし大学の専門学科を選ぶときは、わき目もふらず電気通信であり、そして電電公社でも専門は「無線」と希望した。それが今の私に繋がっている。大山君が私の人生に与えた影響の如何に大きかったことか。



新制の浦和高等学校の記念カードから

「多重電話無線方式の嚆矢」

初期の無線通信は、専ら中波、短波を用いての対船舶用である。無線技術を市外電話回線に導入できるように進歩させたいというのは、無線技術者の長い間続いた願望であった。

その第一歩として、昭和十五年、米澤滋博士の提案により、青森県石崎から津軽海峡を経て北海道当別までの多重電話伝送方式が、世界で初めて試みられた。六〇メガヘルツ帯で振幅変調を用いた本方式の実用化は、現役の技師長で亡くなられた黒川廣二博士が実験に参加されたことも含め、無線屋の中で語り伝えられている。

実験から三十年も後の昭和四十六年、私が東北通信局の施設部長として赴任し



青森電話局に建てられた
超短波実験記念碑

ての初仕事は、この実験を記念する碑のようなものを作ることであった。当別にはすでに記念碑が建てられていたが、青森側にも何か残したいというのである。

こんなことが仕事というところであるが、当時は米澤博士が総裁であり、黒川博士が亡くなられた直後で、起案したのが無線の先輩である千野孝副局長であったから、いい加減に済ませられる話ではなかった。

石崎は僻地すぎて記念碑を建てても誰も見てくれまいという理由で、結局は青森電話局の敷地内に碑を建てた。

総裁の臨席を仰いだ除幕式の段取りは一仕事であったが、これ以上の深入りは止める。

六〇メガヘルツ帯で振幅変調を用いた六チャネル多重電話方式は、雑音が多いという理由から、正規の市外電話回線としてはあまり使ってもらえなかった。

周波数帯として二〇〇メガヘルツ帯を選び、位相変調を用いることにより品質を向上させた十二チャネル方式が開発され、新潟、秋田間に建設された。

有線伝送の専門家による厳しい品質評価を何とかクリアし、市外伝送路規格を満足する伝送方式として認定されたときの「無線屋」の喜びのくだりを、先輩から何度も聞かされた。

この方式はさらに周波数を二五〇メガヘルツ帯に変更し、二十四チャネル方式に改良されて、マイクロ波方式の監視制御用として広く全国で使用された。

また、これらの技術を継承する六〇メガヘルツ帯のTZ-68（三チャネル）、四〇〇メガヘルツ帯のTZ-403（二十四チャネル）などの可搬型無線装置が、災害時の臨時回線作成用に今日でも用いられている。

「マイクロ波方式の始まり」

日本電信電話公社二十五年史の年表によると、マイクロ波方式の研究は昭和二十三年に開始された。電気試験所から分かれて電気通信研究所が開所した年である。

この辺りの事情は、身近な先輩では小口文一元技師長が詳しく、雑誌などに書かれている。

また、昭和四十七年に編纂された「電気通信自主技術開発史（多重無線編）」に詳細な記録がある。以下これらを参考にしつつ話を進める。

研究所は、パルス位相変調を用いたマイクロ波方式の研究から始めたが、この方式ではテレ

ビ信号の伝送が困難であるという理由から打ち切りとなり、代わりに周波数変調超多重電話方式の研究プロジェクトが二十六年秋にスタートした。

当時、米国ではすでにテレビが急速な普及をみせ、昭和二十二年にはTD-2と呼ばれるマイクロ波方式により、ボストンとニューヨーク間でテレビ中継が開始されていたことも大きく影響した。

研究所のマイクロ波方式の研究は、日本電気の協力を得て急速に進展し、昭和二十九年四月、東京と大阪間に我が国初のマイクロ波中継方式SF-1が誕生した。この方式は進行波管増幅器やパスレングスアンテナなど、各所にTD-2とは異なる我が国独自の技術を採用しているが、全中継所が有人保守で回線自動切替の機能がなく、装置も大型で直流電源を外部に必要とするなど、改良すべき多くの点を残していた。

そこで、先駆した外国技術に急速に追いつき、将来の発展を期する目的から、英国のSTC社から四ギガヘルツ帯マイクロ波方式を輸入することとなった。



東阪回線が開通した日の東京統制無線中継所

「マイクロ波方式の拡大」

昭和二十九年七月、マイクロ波回線建設推進体制の整備・一元化のため、臨時極超短波部が設置された。初代の部長は、当時の技師長、中尾徹夫氏が兼務された。

臨時と付けて発足したのに、この組織は電電公社が民営化される昭和六十年まで存続した。ただし、名前は昭和三十九年に臨時がとれて、マイクロ無線部の呼称に変更された。

同部の初仕事は、大阪く福岡間S T C方式三システムの建設であった。英国から技術者が来て指導にあたり、部内では初見辰二氏、大阪分室長の林新二氏等が責任者となった。同方式は、昭和三十一年四月に開通した。

一方、S F - B 1の経験を基礎に、S T Cの技術を吸収、消化し、更に、一本の進行波管を発振と増幅に共用するという独創性を織り込んだS F - B 2方式が、S T Cに遅れること半年の十月に東京く仙台に開通した。

この方式は無人中継で、三エンジンによる交流無停電、遠隔監視制御、回線自動切替など、S T Cとは異なる独自の技術が開発された。

進行波管の発振・増幅共用を発明したのは日本電気の森田、海東氏で、森田氏は恩賜発明賞、紫綬褒章を授章されている。その後には、電気通信研究所の深海、増田、高田氏等の二周波増幅に関する精緻な研究解析があったという。

当時の研究所の担当課長は染谷勲氏であった。この辺りの年代になると、先輩でもようやく身近な存在となる。

S F - B 2方式の建設を担当した極超短波部の技術者は「S T Cに負けるな」と言っていたが、と当時設計係長であった故井手和彦氏（十九年卒）から後に伺ったことがある。

このことを、当時技術係長で、S T Cの建設を担当した川原田安夫氏（同じく十九年卒）に話したら、「B 2側には優秀な技術者をたくさん集めていた」と言われた。

「調査課無線係に配属」

学園訓練、五専門の現場実習が済み、各自が専門を選択する段階で、私は無線を希望した。もちろん、希望がすべて叶えられるとは限らない。幸い、私は第一希望通りに無線係に配属と決まった。

当時、養成の最初の年は全員が技師長室調査課（後の技術局調査部門）で訓練を受けた。調査課長が黒川廣二氏、無線係長は小西一郎氏の時代である。私と一緒に無線係に配属になったのは庄司正志、木幡靖郎、出口富義、中村嘉男君の五人であった。

翌年の現場機関配属の段階からは、伊藤史朗、池田勉、岡田秀夫、矢野敏行、山縣武夫君が無線に加わり、総勢十名になった。全体の三分の一に近い多さである。マイク口波方式全盛の時代を目前にして、無線技術者の急増が求められていたのであろう。



木造社屋
渡り廊下前の筆者

その頃の電電公社の本社は虎ノ門一丁目にあった。アメリカ大使館の前、現在共同通信社がある処にコンクリート建ての本棟があり、主要部局はこの中であつた。入社試験の面接も此処で受けた。

その東側、大蔵省造幣局がある辺りに、南北に長い木造二階建ての社屋が数棟建つていた。技師長室調査課は本棟に一番近い棟の二階にあつたように記憶する。

「ニギガヘルツ方式の試用試験」

調査課に配属になって間もない三十一年九月下旬、箱根の双子無線中継所に出張を命じられた。

昭和二十九年に開通した東京く大阪間マイク口波回線は麻布宮村町に東京端局があり、最初の中継所が磯子の近くにある円海山、二番目の中継所が箱根の双子山にあった。

新しく開発したニギガヘルツ方式の試作装置を東京、円海、双子の三中継所に仮設し、東京送り、双子折り返し、東京受けの四スパンの回線を構成して試験を行う、その手伝いのためである。とりあえず二週間ということであったが、結局は一カ月以上の長期出張となった。

東名阪のSFBI方式の中継所はすべて有人保守で、双子中継所の事務所は双子山の麓、箱根駅伝が走る国道一号線の傍らにあった。

保守員は毎日、歩いて山上の中継所まで登り降りする。登るのには約一時間かかった。

双子に設置された装置は中継の機能しかないので、東京側で試験する間、装置を保守しているだけの仕事である。しかし2C39Aという送信用板極管の寿命が短く、エミッション不良になった球を取り替えた都度、中継機の特性を測定、調整した。

公社の中継所の隣りに米軍のニギガヘルツの中継所があった。彼等は定期取替保守を行って



双子無線中継所にて

いて、ごみ箱に2C39Aが捨ててある。それを拾ってきて使うと、日本製の新品よりも良い特性が出るのである。

四ギガヘルツのSFB1方式はマイクロ波増幅用に進行波管を使用している。これに関しては、自主技術開発史に収録されている座談会（昭和四十五年八月）の中で染谷氏が「板極管の研究は二ギガヘルツまでやったが、四ギガヘルツになると電極間のギャップをさらに縮めなければならず、諦めた」と語っている。

米国のTD-2も、最初は板極管の寿命が短くて苦労したという。当初二〇〇時間位であったのを、ベル研究所とウエスタン・エレクトリックの共同研究の成果により昭和二十七年には八〇〇〇時間までに延ばしたとの記録もある。

日本はそこまで工作技術が追いつかず、板極管の使用を諦め、進行波管を用いることにしたが、これは将来に向けての技術の流れに沿う正しい選択であった。

二ギガヘルツ方式の試験結果をまとめる作業の手伝いをしている過程で、私はマイクロ波方式の回線設計に興味を惹かれた。指揮官だった松本高士氏を始め、先輩方にしつこく訊いた。

説明を聞くだけでは理解できない点が多かった。学会誌の論文などを読んでみたが、断片的な知識が得られるだけで、頭が体系的に整理されない。こうしたとき、林新二氏（故人）の著書「マイクロウェーブ通信方式」が、まことに時宜を得た参考書になった。

「テレビ伝送理論の解析から 電話伝送理論へ」

私のそんな様子を見てのことであろう。松本氏が当時手掛けておられたマイクロ波方式によるテレビジョン伝送の理論解析の手伝いを私に命じられた。答えを求める道筋は同氏が既に描いており、私の一年先輩の林義昭氏が理論式を途中まで展開済みであった。

本来が凝り性の私は、一度取り組むと明けても暮れても数式をいじっていた。理論式が出来上がると、今度は数値計算である。今なら電卓で一週間あれば出来る計算が、タイガー計算機では数カ月もかかった。

その結果を松本氏が論文にまとめ、昭和三十二年九月、「FM伝送回路の特性がテレビジョン伝送特性におよぼす影響」として学会誌に発表した。林氏と私も連名にして頂いたが、これが私にとって最初の学会論文である。松本氏は、この論文をさらに発展させて博士論文とした。テレビジョン伝送の解析を行う過程で、これと同じ手法を発展させることにより、超多重電話信号をFM伝送したときの準漏話雑音を計算できることに気が付いた。松本氏にそれを言うのと、解析を進めるよう励まされた。

伝送路に非直線性があると、伝送後の波形に歪みが生ずる。周波数分割の多重電話信号を伝

送した場合は、二次或いは三次結合波となって電話信号の上に落ち込み、それが一種の雑音のようになる。これを準漏話雑音と言う。

この準漏話雑音の発生原因と発生量の因果関係を解析するのが、マイクロ波多重電話伝送理論の中心になる。これについては黒川廣二氏、尾佐竹侑氏など多くの先輩が手掛けており、私の解析はその延長にある。

後述するように、私は現場実習を東京統制無線中継所で行ったので、引き続き松本氏の指導を頂くことができた。その結果を「フリーエ法による、雑音装荷されたFMあるいはPM波の漏話量の解析」として昭和三十四年七月の学会誌に発表した。

私の博士論文「周波数変調による超多重電話のマイクロ波伝送に関する研究」は、上記論文を中心として、その周辺の解析を付加したものである。

「後期学園訓練」

技師長室調査課においての約一年間の訓練が終了すると、後期学園訓練が始まる。昭和三十一年八月、技術系の学士四十一名（研究所配属を含む。建築系は除く）が、まず鈴鹿電気通信学園（現在の鈴鹿研修センター、以下鈴鹿学園という）で専門技術の体験訓練を受けた。

中央学園は経営・管理の人材を育成することを主目的としていたのに対して、鈴鹿学園は現場機関の技術者を育成するための学園であった。長期の訓練生として中央学園には高等部（二年コース）、鈴鹿学園には専門部（一年コース）の学生がいた。それに対して学士達は総合研修科と呼ばれた。在園期間の短い、少数派である。

新規採用学士に対する養成訓練の制度は、昭和二十五年から始まったと聞いている。それ以前には、通信省或いは電通省に入省すると直ちに現場機関に放り込まれ、本社等にいる先輩が

引っ張り上げてくれるまで、何年間も現場の仕事が続けていたようだ。

昭和三十一年頃は、養成制度も完全に定着した状態ではなく、学園の教官や訓練生等の意見をもとに毎年のように手直しが行われた。



鈴鹿電気通信学園の正門

鈴鹿学園での訓練も二十八年卒まで行われたのが二十九年卒は中止、三十年卒には復活して三カ月実施、三十一年卒は一ヶ月実施と変わってきた。三十三年卒の人に聞くと、彼等は冬期に鈴鹿学園に入園したとのことである。

鈴鹿学園は昭和二十四年、鈴鹿海軍航空隊跡の土地、建物を利用して開設されたものである。学生寮は兵舎を改造した二階建てのバラックで、夏にはトタン屋根が昼間熱せられると、夜になっても蒸し風呂そのものだった。逆に冬は鈴鹿おろしが吹き、寒気が厳しいと聞いている。

寮生活は快適とは言えなかったが、技術の実習は楽しかった。トーチランプで鉛を溶かしてケーブル接続部を被ったり、電話機を分解してダイヤルの回転速度を調整するなど、その後の電電公社の生活では二度と扱う機会のなかった技術に触れた。伊勢・志摩への見学旅行も、今では懐かしい思い出である。

九月に入ると、二度目の中央学園である。互

いにすっかり顔馴染みになった同期生達は、放課後の寮生活を楽しんだ。

鈴鹿学園は、夜十時の門限が厳しく、それを過ぎると守衛に始末書を書かされるので、塀を乗り越え、隠れて帰寮する不埒者が現れたりしたが、中央学園の学生寮には塀がなく、それを良いことに新宿あたりで夜更かしをする者も多_くいた。

「東京統制無線中継所で現場実習」

昭和三十二年十月末から、今度は現場期間に配属されての養成訓練である。

東京の人間は必ず地方へ行かされる、地方の人間は出身地と反対方向へ行くなどの噂があり、浦和から離れたことのない私は地方へ行くもの_かと思っていたが、東京統制無線中継所（東端と略称した）に配属となった。こうした配属先の決め方なども、毎年方針が変わっていたようだ。東端は麻布宮村町にあった。東名阪回線（SF

―B1方式)、東仙札回線(SF―B2方式)の統制局である。私がいた昭和三十三年五月に東京(金沢)大阪(東金阪)回線が開通し、東京、大阪間がループになった。これは東日本ループと呼ばれた。

局舎は三階建てで、三階に無線設備、二階に搬送端局装置が設備されていた。一階は事務室である。その他、電源装置、バッテリーなどが置かれた別棟があった。屋上には高さ二十米程の鉄塔が作られ、東名阪用のパスレンジスアンテナ、および東仙札と東金阪用のパラボラアンテナが設置されていた。

鉄塔に登ると、中継所のある宮村町が小高い丘になっているのが分かった。溜池、麻布十番、霞町などが低く見える。当時は電波が遮られるような高いビルも周りになかった。

東端は全国の無線中継所から兄貴分として尊敬されていた。これは統制局としての権限の他、優秀な無線の人材が集結していたことによる。



東京統制無線中継所鉄塔上、パスレンジスアンテナの傍らで
(当時は周りに高いビルは建っていない)

東端の初代所長は古市米雄氏である。十九年卒のA学士で、開局のときは卒業後十年という若さであった。私が赴任したときには二代目の坂本忠勝氏に代わっていた。同氏は官練十五年卒である。

前述のように、当時は学士の採用数が極めて少なかった。A学士の他に、通信局採用（B学士）、縁故採用（C学士）などがいたが、全て合わせても所詮は少数派に過ぎない。現場機関を高いレベルに維持したり、通信局の中堅幹部として活躍していたのは、工業専門学校の卒業生と官練（或いは高通）卒の人々であった。

官練、高通については少々説明を要する。通信省時代、通信官吏練習所という学校があった。官練はその略称である。戦後になって高等通信講習所（略して高通）と名前が変えられた。旧制中学の卒業から入学する資格が得られるので、旧制の高等学校や専門学校に相当する。

官練や高通に入ると学費が要らないだけでなく、通信省の職員となり手当てを貰えた。中学に進むのすら珍しかった戦前では、学業優秀にも拘わらず何かの理由で高校進学が難しかった学生は、こうした学校に入った。

通信省、電通省、電電公社を通して、官練、高通の卒業生は、浜松工専、米沢工専など後に新制大学の母体となった工業専門学校の卒業生と同等あるいはそれ以上の処遇を得た。それだけの實力がある人材も揃っていたのである。後に述べる移動通信の初期に、その開発に携わった木村正道氏は高通二十三年卒である。

なお、電電公社になった後、全国の職員の中からさらに勉学を志す人材を選抜試験で採用し、二年間の高等教育を施す制度ができた。これが前に述べた中央学園の高等部である。高等部第一回生は昭和三十年に卒業した。高等部は後に研修部、さらに大学部と名前が変わっている。

ところで、私は東端の試験課に所属した。回線の監視、試験、運用を行うのが仕事である。回線に異常が発見されると、その原因を究明し、どの装置が故障であるかを特定して、整備課の職員に修理を依頼する。

試験課や整備課の輪番要員は、「日勤、泊まり、明け、日勤、泊まり、明け、休み」の繰り返しである。泊まりといっても、当時のテレビ回線の運用は夜十二時に終わり、その後で定期試験などを行っても、午前二時頃には仮眠室で休める。翌朝、八時半に日勤者への「引き継ぎ」を行えば、その後は自由である。

こうして週に五日も自由な昼間がある生活は、電話伝送理論の解析を行い、論文をまとめるための多くの時間を提供してくれた。

「四ギガヘルツ方式の発展」

昭和三十三年十月、私は二度目の本社訓練で技師長室調査課無線係に戻った。

課長は森元和氏、係長は土井博之氏に代わっていた。技師長室以外に、施設局や保全局などに配属になった者もいた。

私はSF—B2の後継方式であるSF—B3を担当した。

B1、B2方式の進行波管は、直流電流を流した大きなソレノイドコイルに電子銃を挿入する形式であり、ヘリックス電流が最少になるよう、チューブの位置を微妙に調整する面倒さがあった。

それに対しB3方式では、リング状の永久磁石を重ねた交番磁界の中に電子銃が挿入された形で、工場内であらかじめヘリックス電流が最少になる位置に固定されている。進行波管を中継機に装填するには、管の出入部を装置の導波管とネジで留めるだけでよかった。

このパッケージ形進行波管の採用とともに各部の小型化が図られ、床面積は1/6に縮小された。すべての操作を前面のみで行えるため、

架を背中合わせ（バック・ツー・バック）に設置することが可能で、これも床面積の節約に役立った。



宇奈月でB3方式商用試験報告会が行われたとき
左から松本高士氏、筆者、伊藤史朗君（現・日本電業工作社長）

併せて、伝送特性も改善された。SF1B1方式が一システムあたり三六〇チャンネル、B2方式が同四八〇チャンネルの対して、B3方式では同六〇〇チャンネルに増大された。一歩ずつの前進である。

当時の四ギガヘルツ帯の無線周波数配置は、四〇メガヘルツの間隔で送受信を交互に行い、その中間に分岐用のスロットチャンネルをとっていた。一システム当たりの周波数帯域幅を二〇メガヘルツ以下に収めるため、周波数変調するベースバンドの最高周波数は六メガヘルツ程度が限界となる。

B3方式に次いで開発されて昭和三十七年に導入されたB4方式は、一システムあたり電話九六〇チャンネルを伝送できるもので、上記のような観点から可能限界に近いものであった。

四ギガヘルツ帯マイクロ波方式もB4方式に至って、同軸ケーブルを用いたC-4M方式と多重度の点で肩を並べることができた。

またB4方式は、CCIR（国際無線諮問委員会、現ITU-R）のDG、DP規格を満足するカラーテレビ信号の伝送が可能であった。東京オリンピックに向けて、東名阪B1方式などをB4方式に更改するカラー化工事が、昭和三十七年から全国的に進められた。

一方米国では、昭和三十七年にTD-3が開発されるまで、TD-2が標準方式として長く用いられていた。この間に、公社では四つの方式が開発、導入されている。研究成果があがる都度それを採り入れた新方式を開発し、少しでも欧米に追いつきたいという気持ちの表れであろう。

「ニギガヘルツ方式の開発」

四ギガヘルツ帯を用いて全国的に主要幹線系の伝送路の建設計画が進められたが、ローカル回線用にニギガヘルツ帯を用いた簡易なマイクロ波方式の開発が行われ、昭和三十一年に東京

く双子間で試用試験が行われたことは前述した。試作は日本電気、富士通、国際電気の三社に発注されたが、四ギガヘルツ方式ですでに経験を積んだ日本電気が最も早く開発を完了した。最初の導入ルートとしては東京く甲府が選ばれ、昭和三十二年七月に商用試験が始まった。

昭和三十三年、富士通の装置がようやく完成し、名古屋く高山間に導入された。ところが、一度開通したものの回線試験で信号対雑音比が規格に入らない。困った保全局が監査試験を発動し、調査課に戻って間もない養成三名が応援に派遣された。高山中継所では奥村試験主任が私達を種々と支援してくれた。

簡単に済むと思っていたところが、雑音の原因が分からない。変調器の微分特性や中継機の遅延特性など、通常の測定では悪いところが見つからない。回線借用して夜間に試験を行い、昼間は宿に戻って休むという毎日が二週間近く続いた。



高山局富士通製二ギガヘルツ中継装置の前で
左から池田勉君（現・古河電工副社長）
奥村省三試験主任、中村嘉男君

結局は、パネル間の電波の回り込みが原因と分かった。対策はシールドするしか方法がない。

富士通の担当者は関澤義氏であった。夜中に私達が試験を行い、具合の悪そうな部分を指摘すると、翌日の昼間に関澤氏が予備パネルに対策を施し、夜になるとそのパネルを挿入してまた試験をする。カットアンドトライの繰り返しである。

関澤氏は私達の試験中も立ち会っていたから、ほとんど寝る間がない。同氏は現富士通の会長であるが、このときの困難な作業は同氏にとっても忘れられない思い出であろう。

今日、二ギガヘルツ帯は移动通信用に使用していくという世界的方針にもとに、同周波数帯を使用しているマイクロ波方式を十一ギガヘルツなどの高い周波数帯に移していく作業が進められている。

PHSはこれに近い一・九ギガヘルツ帯を用いているが、その携帯機が六〇cc程度の小さなケースに入っているのを見ると、昔パネル間干渉で手こずった事など夢のような気がする。

「初めての地方勤務で

広島統制無線中継所へ」

三十一年採用の私達は三年半の養成期間が終了し、昭和三十四年十月、現場機関の主任として一斉に全国各地に転任した。私は広島統制無線中継所試験課第一試験主任を拝命した。

大阪↔福岡S T C回線の中継所として建設されたこの局は、常山（岡山近郊）とともに有人局で、大阪側に段原、福岡側に祖生、錦、勝山の四無人中継所の遠隔保守も行っていた。

また広島↔松江のS F - B 3回線が建設されたばかりで、この回線については統制局の役割を持つていた。当時の所長は小田隆治氏（日大専門部昭和八年卒）で、私の他に学士はいなかった。広島統制無線中継所は略称「己斐」と呼ばれている。広島は西方約5 k m、高さ約四百mの己斐山頂にあり、山上局まで専用のロープウェイが作られ、保守員はこれを利用して毎日登り降りしていた。

ロープウェイの運転を専門にする職員がいたが、日勤の最初の職員を登らせるときは、泊まりの職員が運転する。私も何回か運転したが、ゴンドラを定位置に、スムーズに停止させるのはかなりの熟練を必要とした。

走行途中に急ブレーキをかけると、ゴンドラは前後に揺れる。地上高は最大で約百mあるので、空中で大きくブランコさせると大抵の人は肝を冷やす。歓迎と称して時々いたずらする悪いのがおり、私も赴任したとき最初の登りで驚かされた。

ところで広島↔松江B 3方式は、私が調査課で開発を担当したものである。保守の標準実施法も私が原案を作り、保全局に渡した。しかし、その内容には自信がなかった。定期試験項目や周期など、B 2方式のそれを踏襲しただけで、全く検証をしていなかったからである。

そこで、保全局伝送無線課の谷池宏係長の許可を得て、装置を調整しないで放置したときに



ロープウェイで通勤した広島統制無線中継所

振幅特性、遅延特性などが時間とともに劣化していく程度を確かめることにした。進行波管のヘリックス電流が過大になるなどの緊急状態を除いて、装置に全く触らない保守を行ったのである。もちろん雑音装荷試験は定期的に行い、S/Nが規格内に入っていることだけは常に確認した。

その結果を保全局が主催する連絡会で報告した。全国の中継所が個々に保全局からテーマを与えられ、それについて調査した結果を報告する場である。今でいえばサークル活動の発表会のようなものだが、標準実施法が現場の保守者からバイブルのように扱われていた時代に、それを無視した保守を行ったことは出席者の関心をよんだ。

得られたデータをもとに、定期試験の項目、周期などの見直しが行われた。開発に携わった人間が、その方式が導入された直後に保守をする機会に恵まれた幸運な成果であった。

「新しい周波数帯の開発」

昭和三十四年十月から広島統制無線中継所試験課に赴任していた私は、三十六年三月に再び技師長室の調査部門に戻った。この年の一月に調査課から発展した組織である。無線調査役は菅原鼎山氏であり、フランスから帰国した松本高士氏が調査員でいた。同年九月、技師長室は技術局に昇格し、初代技術局長には黒川廣二氏が就任した。

場所も虎ノ門から日比谷に引越していた。三年前までN T T本社であった電電ビルである。鹿鳴館跡の大和生命のほか、帝国ホテル、第一勧銀なども建て直す前で、周りに高い建物はなく、建築学会賞を受賞したという電電ビルはその辺りで一際立派だった。当時、公社の独身社員は目指す女性を日比谷公園に伴い、電電ビルを見せて口説いたという話を聞く。

松本調査員の下で、私の仕事の半分は、後に述べるマイクロ波P C Mの技術検討であった。

残りは、六ギガヘルツ、十一ギガヘルツなど新周波数帯を用いる方式の開発サポートである。



周囲に高層ビルが無かった頃の電電ビル

無線が発展してきた歴史は、常に新周波数帯の開発と表裏をなしている。四ギガヘルツ方式の次に、ローカル回線用として二ギガヘルツ帯が開発されたことはすでに述べた。二ギガヘルツ帯は周波数帯域幅が狭く、伝送しうる容量に限りがあるため、約一ギガヘルツの帯域幅がある十一ギガヘルツ帯をローカル回線に用いることとなった。

十一ギガヘルツ帯では二つの方式が同時期に開発された。SF-T1方式とT2方式である。

T1方式は、四ギガヘルツB4方式の高周波部分を十一ギガヘルツ帯に置き換えたもので、研究所の力を借りずに技術局が実用化した。

担当したのは岩崎昇三氏(現・コムシス会長二十年卒)である。本方式は九六〇チャンネルの容量で、名古屋〜四日市・津に昭和三十六年十二月に開通した。ローカル回線用としては、後に十五ギガヘルツ帯も開発されている。

一方、T2方式は研究所で研究が進められたもので、クライストロン二本を除いてすべての真空管がトランジスタに置き換えられた。マイククロ波方式の固体電子化の始まりである。最初の方式は容量が六〇〇チャンネルで、所沢・川越に三十七年九月に開通した。技術局で同方式を担当したのは室谷正芳氏(三十二年卒)だったと記憶する。

ここで担当者とは、主として携わった技術者を指しており、これを一、二人の養成がサポートし、さらに商用試験などで人手を要するときには他の担当者も可能なかぎり協力する。

「六ギガヘルツ方式の開発と

一八〇〇チャンネル化」

昭和三十二年、郵政省が第一次テレビチャンネルプランを決定したことにより全国的にテレビ映像を伝送する需要が増大し、四ギガヘルツ帯マイククロ波回線の大部分がこれに充たされた。

このため新たに六ギガヘルツ帯で電話伝送を目的とするマイクロ波方式の開発が緊急の課題となった。

研究所では、中間周波数に変換して増幅するヘテロダイン方式に代わり、三本の進行波管を用いてマイクロ波のまま増幅する直接中継の研究を進めていたが、開発には更に時間が必要と考えられた。そのため、技師長室が主体となり、容量が一二〇〇チャンネルのSF-U方式を開発した。

同方式は昭和三十三年に東京く宇都宮で試用試験を実施し、三十六年六月に東名阪の四ギガヘルツ回線に併設された。試作の段階は久保雄一郎氏（二十八年卒）が担当し、林義昭氏（前出）がこれを引き継いだ。

同じ三十六年、米国のベル研究所が、六ギガヘルツ帯で一八〇〇チャンネルを伝送しうるTH方式を開発したと報じられた。当時、東名阪の第二ルートの建設計画が進められており、当然

ながら一八〇〇チャンネルの伝送が可能な六ギガヘルツ方式の開発が期待された。

ここで、ヘテロダイン中継のままいくか直接中継を導入するかが再び議論となった。

前述の如く、私は養成時代にFM伝送理論、特に振幅周波数特性に基づく微分利得(DG)から発生する準漏話雑音を解析している。その理論から、U方式のDGを等化することにより一八〇〇チャンネルの伝送が可能になるのではないかと考えた。

伝走路上にエコーがあると、振幅特性と位相特性に正弦波状のうねりが生じる。時間を進めたエコーと遅れたエコーの一对を主信号に加えると、位相特性は平坦なまま、振幅特性だけに正弦変化を生じさせることが出来る。この原理を中間周波数帯に応用することを思い立ち、日本電気に試作をお願いした。

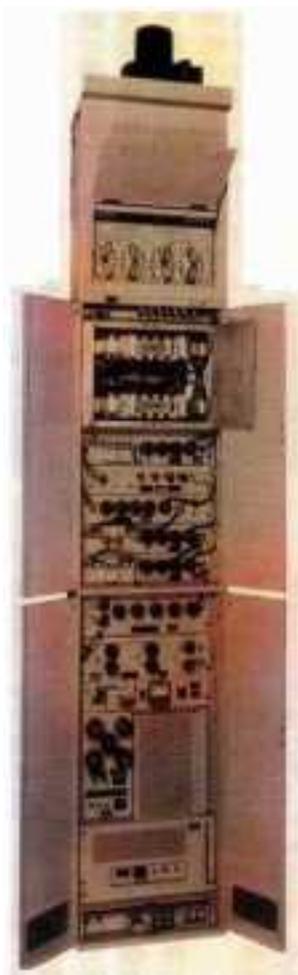
確認試験は東く名のU方式の一システムを借用し名古屋で測定した。現用回線なので作業

はすべて夜中になる。毎日徹夜の連続で、手伝いをしてくれた養成の高村充君（三十七年卒）には後々までぼやかれた。

幸いに準漏話雑音を減少させる効果を確認することができた。当時直接中継を研究していた研究所無線課の森好文補佐が視察にこられ、試験結果の説明を詳細に聞かれたことを思い出す。

直接中継に用いる進行波管の長寿命化が期待ほどに進展しなかったこともあり、中間周波数帯での分岐、挿入のメリットのあるヘテロダイン方式の導入が決まった。

一八〇〇チャネルを伝送しうる六ギガヘルツ帯U2方式が第二東名阪に開通したのは、三十九年十一月である。



DG 等化器を搭載した
SF-U2 方式復調器

直接中継方式が実用化されればS F—S 1と
呼称されるはずであったが、ついに世にでるこ
とはなかった。しかし高出力進行波管をはじめ
各種回路、部品など、直接中継を目指して行わ
れた研究の成果なくしては、U 2方式の開発は
不可能であった。

D G特性の等化による準漏話雑音の改善は、私
の博士論文の重要な主題となった。またペアー
ドエコーを用いるD G等化器は、これを製作し
た日本電気の鋪氏が博士論文を書くのに役立っ
たと聞いている。

このD G等化器を用いて、四十七年に世界で
初めて二、七〇〇チャネルの容量を有する五ギ
ガヘルツS F—E 1方式を実現させた。しかし
五十四年のS F—E 2方式（三、六〇〇チャネ
ル）になると、A M—P M変換の原理を応用し
た新しい形式のD G等化器に代えられ、ペアー
ドエコー型等化器は姿を消した。

「マイクロ波P C M方式の開発」

私が今でも大事に保存している一通の手紙が
ある。昭和三十五年、フランス留学生としてC
N E T（フランス電気通信研究所）にいた松本高
士氏から、広島統制無線中継所の主任でいた私
に届いたものである。同氏にお許しを頂き、以
下に原文をそのまま載せる。

「今日君に手紙を書くのは、P C Mを手がけ
ないかという勧誘です。十年ぐらい先にならな
いと実用にならぬかもしれぬが、公社で手がけ
得る技術はこれしかないようです」

三十六年、技師長室の調査部門に戻った私は
前年フランスから帰国して調査員であった松本
氏の指導のもとで、マイクロ波P C M方式の理
論的解析を進めることになった。三十六年卒の
川船武則君、村田忠明君、さらに翌年には三十
七年卒の立川敬二君（現・中央ドコモ社長）等、
入社したばかりの新鋭が投入された。

松本氏がどうしてフランスの地でPCMを考えたのか、また、その後何故にあれほどまでPCMに思い入れたのか明らかでない。しかし、ある時点からは、故黒川廣二氏、日本電気の森田正典氏等が係わっていたことは確かである。

事実、日本電気の中でも伊東祐弥氏をリーダーとして、横山清次郎氏（現・同社副社長）等が研究グループを作り、電電公社と併行して検討が進められていた。途中で、一緒に作業した方が良いということになり、立川君は半年ほど日本電気多摩川工場につめつきりであった。同君は電電公社で、周波数変調マイク口波方式を勉強せずに育った最初の年代である。



マイク口波PCM検討を進めた頃の若手技術者達（前列左から川船君、筆者、立川君、後列左から長谷川君、村田君、高村君）

「無線部会および」

国際会議への提案」

マイク口波PCM方式の開発については伝送部門の方々から大反対を受けた。無線グループの中にも賛成でない人が少なからずいた。

こうした局面を打開するために、考え出された策の一つが電電公社電気通信技術委員会の無線部会への提案であり、もう一つは国際電気通信連合（ITU）の国際会議の利用であった。

第五十九回（三十八年四月）から第六十一回（同年十月）まで、三回の無線部会に連続してマイク口波PCMに関する議題を提出し、開発についての支持を得た。

一方、昭和三十八年の秋ジュネーブにおいて「宇宙に関する臨時無線主管庁会議」が開催され、衛星に割り当てられる周波数の議論が行われた。地上固定通信と周波数を共用するほかに方法はなく、当然両者間の電波干渉をいかに避けるかが、この会議の大きな技術的課題であった。

干渉の軽減、これこそマイクロ波PCMの特長としてあげていた点である。郵政省に働きかけ、わが国から「衛星通信系と地上通信系との相互干渉を軽減するため、地上のマイクロ波方式にPCMを採用することを研究課題とすべきである」という提案を行い、CCIR（現ITU-R）への勧告を決議することに成功した。このときの立役者も松本高士氏である。



モンテカルロ中間会議に出席した技術局の土井博之調査役と研究所の森永隆宏調査役

この勧告を足がかりに、四十年二月、モンテカルロで開かれたCCIR第九研究委員会中間会議に新課題案を提案した。

このとき、私はフランス政府給費留学生としてパリにいた。留学生が国際会議に日本代表として出席するなど、公式には認められることではなかった。

フランス郵政省に国際会議の見学だけの了解を得、旅費はNTTジュネーブ事務所初代所長の安藤健二氏（故人）が工面してくれて、なんとか会議に出席できた。提案文書を作成したのは技術局にいた立川君である。

中間会議では新課題案の作成に成功したが、翌年オスロで開催されたCCIR第十一回総会では、国際会議の難しさを思い知らされた。

PCM無線中継方式の回線設計についてやや詳細に論じた文書を提出し、報告（レポート）の作成を目論んだのであったが、日本が先行し過ぎることに對しての反発もあり、ヨーロッパ諸国がこぞって時期尚早との理由で反対した。

その結果、オスロ總會では、「伝搬、干渉問題」を検討する研究項目を設定するだけで妥協せざるを得なかった。

「世界最初のマイクロ波」

PCM方式の誕生」

電気通信技術委員会、国際会議等における議論が進む中で、ようやく公社内でマイクロ波PCM方式の研究を進める気運が盛り上がった。研究所に無線符号伝送研究室が設置されたのは昭和四十一年一月である。

太田正光室長、宮内一洋室長補佐、更田博昭研究主任以下、精銳が揃った。無線部会へ提出した内容そのままに、中容量回線に適し、固体電子化の容易なニギガヘルツ二四〇チャンネル方

式に目標がしぼられた。

四十一年には日本電気に発注した試作機が完成し、研究所（武蔵野）と川越無線中継所間で現場試験が行われた。そして四十四年、世界で最初のPCM多重マイクロ波方式が福岡と篠栗間に開通したのである。

「世界に冠たる256QAM」

デジタルマイクロ波方式」

前述のようにCCIRにおけるPCMの議論はわが国から必死の働きかけを行ってスタートしたものであるが、その後各国からの寄与文書が逐次増加し、四十九年の最終会議には約六十件の文書が提出され、二つの作業部会を設けて審議を行う盛況となった。さらに五十年代になると、CCIRに提出される文書のほとんどがデジタル方式に関するものとなる。

その間、CCIRにおけるデジタルマイクロ波方式の技術基準の作成において、わが国が常に主導的役割を果たしたことはいうまでもない。

また日本メーカも日本電気、後に富士通も加わり、これらを中心にマイクロ波機器の輸出を大きく増進させることになった。

一方、世界に先駆けて二ギガヘルツ帯のマイクロ波PCM方式を開発したわが国は、その後五十年に十一／十五ギガヘルツ帯四メガビット／秒（九六〇チャンネル）方式、五十八年には四／五ギガヘルツ帯を用いた16QAM二〇〇メガビット／秒（二、八八〇チャンネル）方式が開発されたものの、研究の主目的は方式の信頼性、経済性の向上に向けられていた。

ところがその間に、世界中でデジタルマイクロ波方式の開発競争が進められ、64QAM技術が幾つかの国で実用に供された。この時点では、多値という観点からは他国の後塵を拝することとなっていたのである。

五十八年、技術局の伝送担当次長であった私は、小松山賢二無線伝送研究室長に64QAMの開発を命じた。しかし、彼は256QAMを

開発すると主張した。マイクロ波の位相と振幅の両方を変化させ、256値をとらせるというのは、まことに精緻な技術である。一度に前人未踏のレベルに挑戦するよりも、堅実に段階を踏んで開発するべきだと私は思ったが、研究者達の自信と熱意に説得され、256QAMの開発を決断した。



前橋一甲府 256QAM 方式商用試験装置を調整する友田郁雄研究員（六十二年卒）

この研究を進める過程では大変な苦勞があったようだ。しかし結果は彼等の言い分が正しかった。六十一年、中野統制無線中継所の現場試験に連れていかれ、見事に開いているアイパターンの見せられたが、このときの研究者達の晴れがましい顔を私はいまだに忘れることができない。

こうして、再び世界で最高レベルの256 QAM四〇メガビット／秒（五、七六〇チャネル）方式が、平成元年、前橋く甲府く名古屋間で商用に供された。本方式は、電波の有効利用に寄与したということで、郵政大臣から電波功績賞を受賞した。

「悲運のハイテク技術 準ミリ波（二〇ギガヘルツ）方式」

無線通信は、扱う情報量の増大にあわせて、必然的により高い周波数の開拓を目指す。同じ比帯域で、より広い周波数帯域幅がとれるからである。

十五ギガヘルツ帯の次に開発の対象になったのが二〇ギガヘルツ帯であった。

三・五ギガヘルツという広い周波数帯域幅と、ガンダイオード、インパットダイオードなどの新しい半導体素子、マイクロ波用混成IC、モノリシックICなどの新しい回路等は、将来の画像通信時代の基幹回線用として準ミリ波方式をきわめて魅力あるものにみせた。

しかし準ミリ波の致命的な弱点として、雨による電波の減衰がある。降雨減衰は十一、十五ギガヘルツ帯でも中継間隔を長くとれない要因であったが、二〇ギガヘルツ帯では更にシビアとなる。不稼動率を他の方式と同レベルに収めようとする、中継間隔を三km以下とする必要があった。

中継数が多くなっても経済性が損なわれないよう、外径約1m、高さ二五mの円柱上に無線装置とアンテナを一体に収容した中継局を開発した。しかし、見通しを確保しつつ、近隣住民

から鋼管柱を建てる了解を得て3kmおきに敷地買収を進めるのは大変な作業であった。

これらの困難を乗り越え、最初の準ミリ波方式20L-PIの商用試験が、五十一年に東京と横浜、大阪と神戸の二区間で行われた。四相位相変調を用い、一無線チャネルあたり四〇〇メガビット/秒（五、七六〇チャネル）を伝送しうる本方式は、世界で最初の準ミリ波帯・超高速デジタル方式である。

かかる技術の先進性から、五十二年に電子通信学会業績賞、通信協会前島賞、毎日工業技術賞などを受賞した。



準ミリ波方式の
円形中継局

20L-PI方式は、更に送信出力の増大、雑音指数の改善などの改良を加えられ、五十七年に20G-D2方式として仙台―東京―大阪―広島に導入された。しかし、それ以降の拡大は中止された。光ファイバー方式が急速に進歩し、大容量、経済性の両面から、将来のネットワークの主たる伝送方式として同方式が揺るぎ無い位置を確立したためである。

一方、昭和二十七年頃から二十数年にわたり研究が行われ、実用化の段階まで技術を完成させたミリ波導波管方式も、光ファイバー方式の出現の前に姿を消した。しかし、小口氏に始まり、宮内一洋氏等多くの研究者が情熱を注ぎ、準ミリ波方式の研究成果は、デジタルマイクロ波方式はもちろんのこと、光ファイバー方式の中にも基本技術として受け継がれている。

マイクロ波方式研究開発に関する記述を終える前に、紙面の制限と私の浅学の故から、数多の研究者、技術者の名前とその輝かしい功績を明記できなかったことをお詫びしておきたい。

「衛星通信の研究」

昭和三十二年十月、ソ連が世界で最初の人工衛星スプートニクの打上げに成功したというニュースを聞いたのは、私が中央学園で二回目の訓練を受けていた時のことである。

人類が初めて宇宙を自分のものとし、将来これを通信媒体として利用できるという期待は、私たち通信技術者、特に無線を専門とする者にとって筆舌に尽くせない、まことに大きな感動であった。

昭和三十年代、衛星通信は電電公社ではいまだ神代である。それでも三十五年から三十八年にかけて、電気通信研究所電波課で行われた成層圏通信の研究があった。以下は池上丈夫先輩から伺った話である。

同氏は電波伝搬の世界的な権威で、C C I Rの研究委員会の議長も務めた。本研究は、二〇〇三〇km上空の成層圏にプロペラで静止させた気球を浮かべ、中継局として利用しようというものである。

成層圏での風速が予想以上の最大四〇m/秒に達することがわかり、エネルギーの確保が困難という理由で中止されたという。今日また郵政省、科技厅が共同して、新しい技術をベースに研究を開始しようとしている。

昭和四十二年、研究所伝送研究部に衛星通信研究室が設置され、本格的な研究が始められた。初代研究室長は土井博之氏である。

この時代の注目すべき研究として、郵政省と公社が協力して行ったS—M A X方式の実験がある。これは、N A S Aが打上げた応用技術衛星A T Sを借用し、日本の鹿島と米国のロスマン（ノースカロライナ州）およびモハービ（ネバダ州）の三地球局を結んだ、時分割多元接続（T D M A）P C M伝送実験である。

郵政省電波研から塚本賢一、通研から森本盛、池田博昌、技術局から立川敬二の諸氏が各地球局へ出張し、六ヶ月にわたってデータを収集した。地上でようやくP C Mが導入され始めようというこの時期に、T D M Aのような先駆的な

技術の採用を企画した中村親市、近藤昭治、井上幸雄氏等のチャレンジ精神に敬意を表したい。

四十五年十月、横須賀市野比に衛星通信実験所の建設が開始された。地上マイクロ波方式と四／六ギガヘルツ帯を共用するため、既存ルートと干渉を生じない場所で、しかも武蔵野研究所から遠くないという条件から同地が選定されたものである。

なお、現横須賀研究所は、衛星実験所が設立された後、そこから近い現在地に建設された。

「CSからCSS-3まで」

昭和四十七年九月、郵政省は「五十一年度の実験用中容量静止通信衛星（CS）と放送衛星（BS）を打上げること」を宇宙開発委員会に要望した。すでに気象庁からは気象衛星（GMS）の打上げを要望していた。わが国の宇宙開発は、同時に三衛星を打上げるといふ画期的な時代を迎えたのである。

CSは五十二年に打上げられた。この実験用衛星に引き続いて、五十八年に商用衛星CS-2号、六十三年に同3号が打上げられた。前者は三五〇kg、後者は五五〇kgであり、インテルサット等の衛星と比較して小型ではあるが、他には見られない特長を有している。

第一は、Ka（三〇／二〇ギガヘルツ帯）という準ミリ波帯を使用している点である。Cバンド（六／四ギガヘルツ帯）は、すでに公衆通信用マイクロ波方式に隙間なく使われ、基地局の設置が思うに任せない。またKuバンド（一四／一二GHz帯）は公衆通信以外の免許人に広く使用されているとので、当時は衛星通信での利用は許可されなかった。

衛星通信の活用法として、中心局相互をメッシュに結び、既設回線からオーバーフローするトラフィックを流すことを予定していたから、国内どこでも送受信可能なためにはKaバンドを用いるしかなかった。ちなみに、Kaバンド

を地上と衛星の両方式で共用することは、昭和四十七年の無線主官庁会議にわが国から提案し、決定をみたものである。この会議には北原安定（当時総務理事）、岩崎昇三（前出）氏等が出席した。

第二は、ここでもデジタル技術を世界に先駆けて使用している点である。小さな衛星で、何としても存在価値あるシステムを実現するため苦勞があった。



アリアンロケットで
打上げられるN-STAR

CS-3号の実現まで、更田博昭、山本平一、森広芳照氏等、多くの研究者が参画している。

「N-STARの実現」

将来の電気通信網の高度化を展望したとき、一〇万〜二〇万回線の容量を持つ大型衛星が必要と考えられた。重量二トンの静止衛星CS-4号をH-II型ロケットで打上げることとし、昭和六十一年から具体的な開発に着手したが、

ここで米国から「商用衛星については内外無差別の公開入札で調達すべきである」との注文があった。

途中の経緯は省略するが、松本慎二国際調達室長等の努力によりスーパーコンピュータと同様の調達手続きが日米間で合意された。衛星はスペースシステムズロラル社に発注され、名前もN-STARと変えられたが、技術的にCS-4の内容を踏

襲している。開発責任者は鮫島秀一氏（現NTTサテライト社長）である。打上げのロケットはアリアンと決まった。

N—S T A R a号機は平成七年九月、b号機は八年二月にフランス領ギアナから打上げられた。a号機の打上げには山口開生（当時NTT会長）、武内宏充（当時ドコモ副社長）氏等も現地に行き、轟音とともに炎にくるまれて夜空の中に消えていくN—S T A Rを感激とともに眺め、成功を喜んだのであった。



打上げを喜んで
スペースシステムズロラル社のベリー社長（左）、
アリアンスペース社のビゴー会長（中央）と筆者（右）

「船舶で始まった移動通信」

線がなくても通信ができるという無線の特質は、まず船舶の通信に活用された。銚子無線局から船舶へ向けての無線電報業務が開始されたのは、明治四十一年のことである。

大洋を航行する船舶への通信は、後に静止衛星インマルサットを経由してのサービスが始まるまで、短波を使用してのモールス通信が唯一のものであった。印刷電信技術による機械化も進められたが、インマルサット通信の普及によりトライフックが激減したため、本年六月をもって業務が停止された。

近海の船舶を対象とする電話は、第二次大戦中のレーダ開発に伴う超短波技術の進歩により実現した。まず横浜、神戸港で昭和二十八年に港湾電話が開始され、その後、他の港や瀬戸内海にサービエリアを拡大し、三十九年に日本沿岸全域をカバーする内航船舶電話として完成した。

本方式についても、周波数帯やゾーン配置の変更、共通制御チャネルによる接続率の向上、接続時間の短縮など、幾度かの技術的改良があった。これには木村正道（高逓二十三年）、後の年代では木村康弘（大学部四回生）氏等が活躍している。

しかし、百局以上の沿岸基地局を運用しなければならぬ非効率性から、現在N-I-S-T-A-Rを用いた衛星移動に切り替わりつつある。ここにも、技術の変遷に伴う方式の栄枯盛衰がある。

「最初の公衆移動通信ポケットベル」

電線を張って行う有線通信では、その線の先に通信を行う相手が見つがっている。ところが一つの電波を多数の端末で共用する移動通信では、通信に先立って相手の端末を選び出す、選択呼出しという行為が行われる。短波におけるコールサインもこれである。

この選択呼出しの機能だけを利用し、用事のある相手を呼出すサービスがページングであり、米国では「ベルボーイ」の名前で一九五八年に始められている。

わが国では最初の段階で、単に呼出し信号を送りベルを鳴らすだけの仕事で、公衆通信と言えるかどうか議論になった。最終的に「信号報知業務」として電電公社が提供できることになり、ポケットベルの愛称で昭和四十三年に東京二十三区でサービスが開始された。

四桁のポケベル番号を選択呼出しするには、十一波四組の音声周波数の中から二波ずつ二回選んで送出する信号が用いられた。三十六年頃、技術局の高須勇調査員（二十二年卒）、山田幸輝（高等部四回生）、研究所の森永隆広氏等が議論を重ね考案された本方式は、七人連名の特許になり、その後各方面で利用されたという。

三十八年、技術局に移動無線担当が設置され、

初代調査役に山根信義氏（二十四年卒）調査員に三野昇氏（三十年卒）が就任した。研究所に移動無線研究室が設置されたのは、さらに遅れて四十一年のことである。それ迄はマイナーな世界だったと言える。

四十三年サービス開始当初の「ポケベル」は、約一五〇cc、一七〇g、今日の携帯電話の約二倍もあった。当時はレンタル制しかなく、月額使用料は二千円である。

それでも、移動中の人に対し何とか連絡できるのだから、セールスマンなど忙しく飛び回る人達には福音だった。

五十二年には全国五十地区でサービスが提供され、加入数も七十万に増えた。当時の米国の加入数三十万をはるかに凌駕している。呼出し時の電話代（通話一度数分）及び付随して発生する通話料収入を除いても、収支率は約八十%になった。ここに初めて、黒字の大衆向け移動通信サービスが実現したのである。

「移动通信の新サービスに取り組む」

フランス留学から帰国した私は昭和四十一年、技術局三野調査員の後任を命じられた。移动通信



昭和四十一年、技術局無線部門の調査員達 左から室谷正芳、海老原勇夫、筆者、岩崎昇三、林義昭氏

信担当の調査役は渡辺正信氏（二十六年卒）に替わっていた。

木村調査員がすでにポケットベルを担当しており、私は将来の移动通信を発展させる新技術を模索することにした。検討したのは自動車電話、コードレス電話、短波モールス通信の印刷電信化等である。自動車電話については研究所で開発が進められていたから、私の時代に始めたと言えるのは、後の二者である。

コードレス電話は、当時のアメリカ映画で、長いコードを引きずりプールサイドまで電話機を持ち出して電話するのを見て、あのコードを無くしたらさぞ便利になるだろうと考えた。

最初の試作は昭和四十一年である。養成でいた米岡泰君等と一緒に、いつの日には全電話機の1/3をコードレスにしてみせると意気込んでいたが、ICが未発達の当時ではとても持ち運ぶことができるような代物ではなかった。

しかし、その時に郵政省の了解を得た二五〇メガヘルツと四〇〇メガヘルツの周波数が、今

では何百億円かの産業を支えている。

コードレス電話がサービス開始したのは昭和五十五年、爆発的な普及を見せたのは六十年の本電話機開放後になる。周波数シンセサイザによりマルチチャネル型が可能になったのが技術的背景にあるが、家電メーカーを含めての熾烈な競争による低価格化が原動力と言えよう。

短波の印刷電信化は、常時フェージングがある短波の伝搬条件を克服しなければならない。頻繁にバーストエラーが発生することへの対処が必要である。サイクリック符号やコンボリユーショナル符号を用いて、自動誤り訂正を行うことを考えた。しかし、LSIが無い時代には容易なことではなかった。

西野孝平君（三十四年卒）、山形進君（高逋二十四年卒）等が苦勞したが、システムが実用化できたのは五十年代であり、さらに、無線通信士の処遇という厄介な問題を解決して実際に導入されたのは、民営化された後の六十二年のことである。



短波印刷電信の実験で、オーストラリア航路の貨物船に乗り込む
西野君（中央）と山形君（右） 左は見送りの米岡君

「商用化出来なかつた

四〇〇メガヘルツ帯自動車電話方式

公衆用自動車電話の研究は、研究所無線課で昭和三十年に始められた。岩井文彦氏（現富士通顧問）、森永隆廣氏（現群馬大学名誉教授）等の名前が文献に見られる。三十九年には、手動交換方式の試作、試験が行われ、良好な結果を得たという。

引き続き四〇〇メガヘルツ帯を用いた自動交換方式の研究開発が行われ、その現場試験には技術局の我々も参加した。試験用の車を購入する予算がなく、廃車した幹部用の車を秘書課に頼み込んで譲り受け、これに試作機を載せて都内を走り回ったが、車のクラッチが擦減つていて加速が悪く、往生したのを覚えている。

昭和四十二年、研究所から技術資料が送付されてきた。ところが、仕様書を書く段階で待たがかかった。結局は商用化中止の命令である。

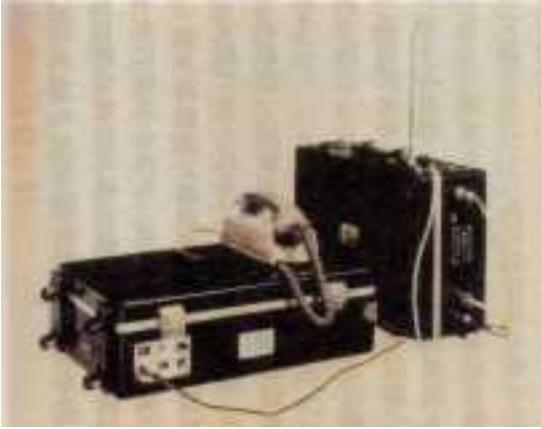
我々は議論に参画させてもらえなかつたが、

「四〇〇メガヘルツ帯の逼迫した周波数状況の中ではチャネル数が多くとれず、特定のV I Pのみを対象とするサービスとなり、公衆通信にならない」という結論のみが伝えられた。

米国では一九四六年に自動車電話のサービスが開始された。一九五〇年代にはヨーロッパの多くの国でサービスが始まっている。しかし当時は欧米でも、庶民が広く利用できるサービスではなかつた。わが国で開発されたシステムも技術的に遜色ないものであったが、それを商用化できないことを嘆きつつ、私は発足直後のデータ通信本部技術管理担当調査役として技術局から転出した。

自動車電話として商用にならなかつた四〇〇メガヘルツ方式に、幸いにも出番があつた。

四十四年の安保騒動で緊急事態における通信手段の必要性が議論され、まず東京で最小限のシステムが導入された。さらに十勝沖地震での



T Z - 41 型都市災害対策用可搬無線電話

経験から、公衆通信網が壊滅した事態における最終通信手段として、全国主要都市に導入することになった。これが「都災」と略称されているTZ-41型都市災害対策用可搬無線電話である。今日でも各省庁、地方自治体などで、約二千台の電話機が災害に備えて待機している。

「無線加入者線の嚆矢だったMAS」

都災は緊急時の無線回線であるが、有線より安くなると期待して開発した無線加入者線方式がある。私はこれをMAS（マルチアクセス・加入者無線方式）と名付けた。

私が東北通信局施設部長でいた昭和四十七年頃、八幡平に散在する温泉宿に電話がなかった。国立公園内であるため電柱を建てることを許さず、さらばといって、地下配線で電話を開通するには一億円以上の費用が必要と試算されたためである。そこで私は無線技術を加入者線に用いる構想を描いた。

翌年、施設局の無線課長として本社に戻ったとき、内航船舶電話方式を陸上で使用することの検討を命じた。海上で使われている電波を、内陸部で用いても互いに干渉しないと考えたのである。郵政省と相談を進め、ほぼ実現しうる感觸を得た。

実用化は、私が施設局から技術局の無線部門調査役に移った後になる。萩原忠利君（高等部六回生）等が開発を担当した。MASを用いて八幡平の温泉宿に電話がついたのは昭和五十年十二月である。

しかし、内航船舶方式のマルチアクセス技術を使うには、電話機ごとの呼量が大きすぎた。何しろ宿に一つしかない電話である。行列するようにして電話をかける。それに見合うだけのチャンネルを用意していなかったから、顧客からいつも回線ビジーだという苦情になった。

シンセサイザーなどの技術が導入される以前のこと、基地局装置や端末機のコストも高かった。吹雪の中でも保守員が困らないよう、前室付の立派な局舎を建てたから、地下配線より安いと必ずしも言えない結果になった。

かくして、今日流行のWLL（ワイヤレス・ローカルループ）の嚆矢とも言うべきMASは、

八幡平に咲く徒花で終わった。しかし現在は、PHSの技術を用いたWLLが新たな花を咲かせようとしている。



MA S方式基地局の候補地を視察する筆者（当時無線課長）中央は加藤磐氏（仙台通信部長）、右端は釜田五郎治氏（秋田通信部長）

「八〇〇メガヘルツ帯

小ゾーン方式の開発」

四〇〇メガヘルツ帯自動車電話方式の不採用が決定した昭和四十二年を境に、「多数の加入者に全国的な規模でサービスを提供すること」が可能で新たな方式を目指すことになった。

限られた周波数資源を有効に活用し、できるだけ多くの加入者にサービスするためには、各基地局のカバーする範囲を小さくし、同一周波数の電波を地域的に繰り返し使う「小ゾーン方式」が適当と考えられた。また周波数帯としては、広い帯域幅が期待しうる八〇〇メガヘルツが選ばれた。

移動通信技術者が勉強する教科書であった「移動通信方式」という本がある。初版は渡辺正信氏著、改訂版は同氏と高村充氏との共著で、それぞれ昭和四十六年と五十四年に出版された。

渡辺氏は、技術局移動通信担当の後、横須賀通研複合伝送研究部長も務めた。

「移動通信の育ての親として今でも研究者から尊敬されています」とは、後に登場を願う平出賢吉氏の言である。

また高村氏は、養成時代から技術局調査役に至るまで、事業部門で一貫して移動通信の開発に従事した。今日の携帯電話の礎を築いた一人といえる。

ところで、四十六年の初版本に「将来の移動通信方式」として、米国で開発中の九〇〇メガヘルツ帯小ゾーン方式が詳細に紹介されている。後にセルラー電話と呼ばれる本方式も、ベル研究所で最初に研究が始まったと考えてよい。日本で八〇〇メガヘルツ小ゾーン方式を研究のターゲットにしたのも、米国をお手本にしていることであろう。

移動通信研究室長は、初代の森永隆広氏から奥村善久氏、さらに四十八年には伊藤貞男氏へと受け継がれる。伊藤氏は五十四年のサービス開始まで六年以上室長を続けた。正にセルラー

電話の生みの親といえる。

一方、研究所の成果があるまで待機状態となった技術局では、渡辺正信氏が転出した四十四年から西野孝平氏が就任する四十九年まで、移動無線担当調査役は不在のままにおかれた。私自身は四十四年にデータ通信本部、四十六年に東北通信局へ転勤となり、無線とは直接関係のない職務が続いた。

しかしこの間、着々と研究は進んだ。

四十七〜四十八年と四十九〜五十年の二度にわたり、装置試作および総合現場試験が実施され、システムとしての実現性が確認された。また研究開発と併行して、郵政省の電波技術審議会においても八〇〇メガヘルツ帯を陸上移動業務に用いることに関する審議が行われた。

私は、四十八年に無線課長として本社に戻り、審議会に参加できた。さらに、五十年に技術局無線部門調査役となり、開発側の責任者となった。同じ年、移動無線担当調査員の高村充君が

調査役に昇格し、一緒に自動車電話のサービス開始に向けて取り組むことになる。



800メガヘルツ帯自動車電話方式を視察する技術局村上次長
説明者は伊藤室長 左後方は高村調査役 左端は筆者

かくして昭和五十四年十二月、世界で最初の八〇〇メガヘルツ自動車電話方式が東京二三区においてサービスを開始することができた。

通信研究所で森田和夫氏等が八〇〇メガヘルツ帯の伝搬について解明を始めた頃から、実に四分の一世紀近い年が経つ。私が関与してからも十数年である。コードレス電話についても同様であるが、新しいサービスを開発するのは時間がかかるものである。

一方、わが国より先行していたと考えられるアメリカの九〇〇メガヘルツ帯セルラー電話は、AT&TのAMPS方式が昭和五十二年にシカゴで、モトローラのDinatac方式が五十三年にワシントンでそれぞれ市場テストを開始した。

しかし移動機に関する仕様の統一に時間がかかり、商用サービスの開始が五十八年になったため、日本が世界で最初にセルラー電話のサービスを開始するという栄誉を得た。

「大容量方式の導入」

サービスを開始して十年後の六十三年には、自動車電話の加入数は約三十万まで増加した。年率約五十%で順調に拡大してきたといえる。しかし、残念ながらそれ以降、増加のピッチは急激に鈍化する。

これはひとえに料金・制度の結果である。

値下げに耐えるだけの利益が上がっていたにも拘わらず、そして適切な料金とすることにより需要が増え、コストも下がり、利益がさらに増大すると予想されたのだが、政策に反映できなかった。拡大したとはいえ、巨大なNTTの中では、幹部会議で議論するほど重要な事業になり得ていなかったのである。

しかし技術陣としては、将来の拡大に向けて大容量方式の開発を進めた。チャネル間隔二五キロヘルツを十二・五キロヘルツに狭め、ゾーン半径も五kmから三kmに縮小した。その他にも新しい研究成果を盛り込み、加入数の拡大

に耐える新方式を、首都圏、大阪地区、名古屋地区へと逐次導入していった。

「移動機の小型化」

ここで画期的な一つの出来事があった。携帯電話「ムーバ」の開発である。

五十四年のサービス開始時の移動機は、容積六・六リットル、重量が七kgあった。初めて周波数シンセサイザを採用するなど、当時としては技術的に最先端をいくものであったが、「自動車のトランクに入れるとゴルフバッグが積めなくなる」等と苦情を言われた。

LSI化などにより部品点数を1/4に減らし、五十七年には一・五リットル、二・四kgまで小型化に成功した。さらに、平成元年からは四百cc、六百gの携帯電話の提供を始めた。この時点では、次期のバージョンは三百ccの携帯機というイメージが研究者の頭にあった。

ところが同年四月二十五日、モトローラ社が

二百cc、三百gの携帯電話「マイクロタック」を発表した。これはまさしくショックであった。

最先端を行っているという自信が一遍に崩れ去った。担当役員であった私を含め、移動通信に係っていた研究者一同は社長の叱責に対して答えるすべを知らなかった。

直ちに無線システム研究所（山本平一所长）を中心とするプロジェクトチームが編成された。チームリーダーに選ばれたのは、四十二年入社、四十八年から移動通信の研究一筋に生きてきた平出賢吉氏である。

研究所内はもちろん、移動体通信事業部からも優秀な人材が集められた。容積目標は以前からの計画の半分、百五十ccに設定された。

回路、部品、電池、アンテナなど、すべての構成要素が徹底的に見直された。従来の積上げ方式から発想を変え、まず百二十cc程度の箱を作り、その中にいかに部品類を詰め込むかを考えていく方法が試行された。

RFPを行った結果、試作パートナーとして日電、松下、三菱、富士通の四社が選定された。それまでの統一したデザインから、初めて各社



ムーバ開発に苦心した
平出賢吉氏（右）と占部周二氏（左）

ごとの自由設計とした。ここに、メーカー間で生き残りをかけた競争が始まる。

多くのトラブルに見舞われたが、それらを何とか乗り越えつつ、三年四月二十五日、ムーバの発売を開始することができた。この日、奇しくもマイクロタック発売から丁度二年後の同日であった。

ムーバの開発は、それだけで一つの物語である。いずれかの機会に平出氏による直接の執筆を期待したい。

「自動車電話方式のデジタル化」

ネットワークのデジタル化は、マルチメディアサービスを提供するためであると同時に、進歩した半導体技術を活用し、経済性を高める上で必然とも言える流れである。移動通信システムのデジタル化の検討も、一九八〇年代前半から日、米、欧で競って開始された。

デジタルセルラー電話方式について公にされた論文としては、木下耕太氏（現・ドコモ研究開発企画部長）等が八二年にIEEE（米国の電子通信学会）の移动通信誌に載せた「TD/FDMAを用いたデジタル移动通信方式」が最も早いようである。

八五年米国のIDC社がデジタルセルラーに関する特許を出願、十九九国で二十一件の特許が成立したという。この特許に絡んで、九三年以降、IDCと他のメーカー間で訴訟が起きていく。特許無効確認を要求するメーカーが、法廷に出出しているのが木下論文である。IDC特許が日本で公告されたときにも、強力な防波堤になることであろう。

電気通信技術でベル研究所が世界に君臨していた頃、同所の新しい研究開発の成果は機関紙BSTJ（ベルシステムテクニカルジャーナル）に詳細に発表された。NTTの研究者達はそれらの論文を読んで勉強し、あるいは啓発された。



米国の学会誌に掲載したデジタルセルラー電話方式に関する世界最初の論文と木下耕太氏

善悪はともかくとして八〇年代もベル研究所が旧来の機能を保っていたら、デジタルセルラー方式の最初の論文はBSTJに掲載されていたのではないかと思う。

なお、NTT研究所が出していた「研究実用化報告」も、わが国の電気通信技術の最先端を世界に発信する役割を担っていたといえる。

現在、デジタルセルラーには四つの標準方式がある。

最も標準化が早かったのはETSI（欧州電気通信標準化機構）で、移動通信に関する特別グループ「GSM」が一九八七年に八チャネルTDMA（時分割マルチプルアクセス）を採択した。グループの名前をとってGSMと略称されるこの方式は、欧州のみならず世界の大多数の国で採用され、事実上の世界標準となっている。

米国では九十年に、TIA（米国電気通信工

業会）が三チャネルTDMAの標準仕様IS-54を制定した。さらに九十三年にはCDMA（符号分割マルチプルアクセス）の技術をベースとするIS-95を追加制定した。

わが国のRCR（現ARIB…電波産業会）が三チャネルTDMAの標準規格「PDC」を制定したのは九十一年（平成三年）になる。

「PDCにおける符号化アルゴリズム」

電話システムのデジタル化を行うためには、音声信号の符号化というプロセスが必要である。

ISDNでは、音声を64キロビット／秒のPCM信号に変えて伝達する。しかし、電波の帯域幅を節約しなければならない移動通信では、もっとビット数の少ない符号化方式が要求される。

PDCでは、アナログ方式と同じ二十五キロヘルツ間隔の電波を用いて、4相位相変調により42キロビット／秒のデジタル信号を伝送す

る。三チャンネルTDMとすると、制御用などに用いられるビットを除いて一チャンネルあたりは一一・二キロビット／秒になる。

音声をこのビット速度の符号に変換するアルゴリズムについて、RCRが平成二年春までに決定することになり、平成元年夏、関係機関に提案を求めた。

NTTも直ちに提案の準備を始めた・・ところで愕然とした。音声符号化の専門家が四人しかない。光ファイバ時代には伝送容量が十分にあり、低ビットなどは時代遅れとの判断から研究体制を縮小してしまっていた。

大急ぎで体制を整え、懸命の努力をしたが、遅かった。オピニオン評価の結果はモトローラ方式が一位になった。電波の受信レベルが良い状態ではNTT方式が最高の評価を得たのが、わずかに救いであった。

音声処理の技術でメーカに後れをとったのは、電気通信事業者の研究所として存在意義に

拘わる。約三年後に予定されるハーフレート化（チャンネルあたりのビット数を、半分の五・六キロビット／秒にする）では、何としても雪辱を果たすことを誓い合った。

アルゴリズムはヒューマンインタフェース研究所および基礎研究所、誤り訂正とハード化は無線システム研究所、品質評価は通信網総合研究所と分担を決め、入社後間もない研究者を含めて約十五名の特別グループを構成した。背水の体制により研究は着々と進み、二年後には新アルゴリズムの骨格が固まろうとしていた。

平成四年七月、ドコモが発足し、移动通信を専門とする研究者約百名が新会社に移籍した。それからは、NTT側は守谷健弘主幹研究員をリーダーとする九名、ドコモ側は三木俊雄主幹研究員をリーダーとする七名の二チームが、互いに切磋琢磨しつつ、新アルゴリズムの最適化と装置化を併行して研究を進めた。

暮れも正月もない必死の努力が結実した。平

成五年四月、ドコモ案が一位、NTT案が二位という評価が出た。

しかも驚くべきことに、六・七キロビット／秒（訂正符号込みで一・二キロビット／秒）で音声を送達するフルレートよりも、三・四五キロビット／秒（同五・六キロビット／秒）しか使わないハーフレートの方が高い評価点を得た。アルゴリズムの進歩である。

ハーフレート化により今まで一無線チャンネルで三つの音声しか運べなかったのが、六音声を運べるようになった。まさに無から有を生ずる手品のような話である。動作時間率が小さくなって消費電力が少なくなり、携帯機の小型化にも役立つ。ただし、音声の時間遅れなどの代償があるのはやむを得ない。

数多くの需要に対して広く充足するという観点から最高の機能を発揮した現方式に替わり、マルチメディア時代にふさわしい次世代移動通信方式の開発が進んでいる。いわゆるIMT-2000である。

ここでも、「未知への群像」の取り組みは、未
来に向けて果てしなく続いていくであろう。



ハーフレート符号化アルゴリズムのリーダー NTTの
守谷健弘主幹研究員（右）とドコモの三木俊雄主幹研究員（左）

「新・未知への群像」

日本における科学技術の発展に尽くした学者、研究者、技術者が、その人脈・系譜を交えた開発史を自伝により紹介するシリーズ。

【紹介文】

現在、携帯電話が三千万台を越す爆発的な普及を遂げ、移動通信を中心に無線通信の利用が脚光を浴びている。そこで、本シリーズでは今回、国内で最大の電気通信事業者として、日本の無線通信の今日までの発展を築いてきたNTT（日本電信電話株）の技術者集団にスポットを当て、無線通信工学の権威の一人であるNTT特別顧問の桑原守二氏（六十五歳）に登場して戴くことにした。

桑原氏は、早稲田大学第一理工学部電気通信学科を昭和三十一年三月に卒業し、電電公社に入社。以後、NTT代表取締役副社長を最後に、平成四年に退任するまでの現役時代の半分を技術開発の仕事に従事した。

入社後は無線を専門とし、アナログマイクロ波無線方式の研究開発に取り組んで、日本のマイクロ波中継システムの理論的基礎を確立した。この成果により、早稲田大学から昭和四十二年に博士号を授与された。その後、デジタルマイクロ波無線方式を世界に先駆けて実用化したり、自動車電話、衛星通信、多値デジタルマイクロ方式等の開発実用化を指揮するなど、世界トップレベルの無線通信技術の実現に努力した。

それ以降も、世界初のISDN（総合デジタル通信網）の開発推進など、NTTのR&D全体のリーダーとして活躍し、NTTの技術戦略策定、ネットワークのデジタル化進展に貢献した。

この間、国内外で幅広く活動

し、科学技術会議専門委員、郵政省電気通信技術審議会専門委員などを歴任したり、CCIR（国際無線通信諮問委員会）の会議等で国際標準化に尽力した。現在は、日本の無線分野の民間標準機関であるARIB（電波産業会）の規格会議委員長、早稲田大学客員教授、中国・北京市にある清華大学客員教授等に従事している。

電子情報通信学会の業績賞・功績賞、前島賞、毎日工業技術賞など受賞も多く、海外からは、それまでの実績が認められてIEEE（米国電気電子学会）フェローに推挙されているほか、日仏交流貢献によりフランス国家功労賞シュバリエ章の勲章も授与されている。今年の五月には、電子情報通信学会の名誉員となった。

このようにNTTの無線分野の中枢を歩んできた権威の一人である桑原氏に、いまや世界トップレベルに達したNTTの無線通信技術の開発史を、自伝により今回のシリーズで興味深く紹介して戴く。

科学新聞社の池田社長から、「未知への群像」に執筆するよう依頼されました。私は研究者でもありませんし、ご期待頂けるような見識を持ち合わせていないと幾度かお断りしたのですが、「以前に黒川廣二様にお願ひしてインタビュー形式で進めていたのが、お病気になるられて中斷している。その続きのようなものだ」と説得されました。もちろん黒川様の代役が務まるとは思っておりませんが、大変名譽なことと受け止め、精一杯努力することとお引き受けいたしました。

お恥ずかしい内容の記事ではありましたが、この度十四回の連載が終了いたしました。原稿料を頂く代わりとして、新聞社にお願ひして作って頂いたのが本小冊子であります。

素人の編集でお目苦しい点が多々あることをお詫び申し上げます。代をともしして頂いた方には、昔を思い出すよすがとなり、また、現在も、さらに将来も無縁関係のお仕事をされる方には、創造への道を歩まれる一助ともなれば望外の幸せに存じます。