移動電波伝搬「奥村カーブ」の確立と 世界初商用セルラ電話の誕生に向けて

株式会社 NTT ドコモ 奥村幸彦 Yukihiko Okumura

はじめに

2013年2月19日に奥村善久氏（元日本電信電話公社電気通信研究所移動無線研究室長、現金沢工業大学名誉教授）が、『世界初のセルラー電話ネットワーク、システム及び標準規格に対する先駆的貢献』により、米国の研究機関である全米工学アカデミー（National Academy of Engineering）が表彰する「2013 チャールズ スターク ドレイパー賞（2013 Charles Stark Draper Prize）」を受賞した。チャールズ スターク ドレイパー賞（以下、ドレイパー賞）は、全米工学アカデミーが工学分野の発展に貢献した人物へ授与するもので、工学のノーベル賞とも呼ばれており、同氏のドレイパー賞受賞は、日本人研究者として初めての快挙である。

奥村氏は、1947年に金沢工業専門学校（現金沢大学理工学域）を卒業し、同年商工省（後の通商産業省、現経済産業省）へ入省。その後、1950年に電気通信省電気通信研究所へ入所した。同研究所は、1953年に日本電信電話公社（以下、電電公社）の電気通信研究所（1971年より武蔵野電気通信研究所、以下、通研）へ移行するが、同氏が、この通研において長年にわたり研究を行った陸上移動無線方式における電波伝搬特性の解明と電界強度推定法の確立、及び本格的な商用自動車電話サービスの実現を目指して研究開発を行った800 MHz帯セルラ方式による新方式の構想が、国内初にしてかつ世界初のセルラ電話の誕生に欠かすことのできない先駆的貢献であったことが、今回の同氏へのドレイパー賞表彰の理由となった。同氏は、電電公社を退職後、1979年に金沢工業大学の教授に就任し、2000年より同大学名誉教授となられている。

本開発物語は、2013年12月に本会 APMC 国内委員会

が主催したマイクロウェーブワークショップ MWE2013 の特別セッション⁽¹⁾において、奥村氏をはじめとする日本の自動車電話・携帯電話の黎明期から成長発展期に至るシステムの研究開発に活躍された方々が講演された際、同セッションの座長を務めた筆者が、奥村氏の講演内容及び同氏へのインタビューを元に、上述のドレイパー賞表彰理由となった同氏の業績につながる研究開発の経緯を述べたものである。以下、物語は今から63年前に電気通信省電気通信研究所へ入所した奥村氏が電波伝搬に関する基礎研究に着手したところからスタートする。

移动通信ネットワークを支える 「奥村カーブ」

電波伝搬の基礎研究

1950年に電気通信省電気通信研究所の電波課に配属された奥村氏は、戦後の新しいマイクロ波中継回線システムを作るために、4 GHz帯の固定無線回線における電波伝搬の研究に従事し、神奈川県大楠山でフェージング^{*1}の発生に関する詳細な測定実験を行った（図1）。その後、当時埼玉県入間郡大井村（現ふじみ野市）にあった電波観測所へ赴任することになり、そこで約2年間、短波電波伝搬の研究を行った。短波の遠距離伝搬における大地への垂直面入射角特性を解明するため、自ら製作した小形発振器を気球に取り付け、高さを変えながら地上の二つの受信アンテナの垂直面内指向特性を測定し、その指向性比により対米遠距離短波回線における電波の入射角の測定実験を1951～1952年にかけて行い、入射角と伝搬特性の関係を導き出した⁽²⁾。研究を続けていたある日、同氏は東京・神田の古書店で、1943年頃、電気通信学会雑誌に連載された短波フェージングの統計理論に関する仲上稔氏（国際電気通信、後に神戸大学）の記事を偶然見付け、少し値の張る会誌のセットを思い切って購入、電波伝搬フェージングに対する統計的处理とその理論の重要性を学んだ。

1956年、通研の無線課へ配属替えとなった奥村氏は、1957～1961年にかけて山岳回折を用いる見通し外長距離テレビジョン伝送方式の研究開発に携わり、同方式を用いたシステムの完成に大きく貢献した。見通し外通信における典型的なレベル変動が、対数正規分布（長時間中央

図1 マイクロ波伝搬実験中の奥村氏（1950年）

*1 フェージング（Fading）：電波を使用する無線回線において、送信局（送信点）から発射された電波が受信局（受信点）においてレベル変動を伴って受信される現象。

人間が生まれると、
腕時計大の電話機と
その人固有の番号を与えられる。

彼はそれで、自由に世界の
どこの人とも話ができる。

もし、ある人の応答がなければ、
その人はもうこの世にいないことを知る。

Dr. Frank B. Jewett

図2 移動通信の夢～究極の電話～

値変動)とレイリー分布(短時間瞬時値変動)を数学的に合成した総合分布で表せることを解明するとともに、同システムの無線回線設計において、熱雑音、伝搬ひずみ、干渉雑音の三つを考慮する必要がある、このうち伝搬ひずみが特に重要であることを突き止め、詳細な検討を進めた^{(3),(4)}。また、その後、鹿児島～奄美大島～沖縄間の長距離見通し外無線回線の構築が始まり、その伝送実験により、受信電界強度の変動がテレビジョン伝送上の品質に与える影響を明らかにするとともに、伝搬路に山岳回折を用いることで20 dB程度の回線利得が得られることなどを示した^{(5),(6)}。1961年、無線回線設計ほか研究開発全般を担当した同システムを完成させた奥村氏は、その功績により翌1962年に電電公社総裁表彰(発明・考案賞)を受賞している。同システムの研究開発を通して確立したレベル変動を伴う無線回線の電波伝搬モデルと設計の考え方、及び通信品質の推定・評価手法は、後の移動通信システムの研究開発において大いに生かされることになる。

1961年に見通し外長距離伝送システムを完成させた奥村氏は、その次に実用化すべきシステムを真剣に考え始めていた。そんな折、同氏は、米AT&Tのベル研究所(以下、ベル研)が発行するBell Laboratories Recordに紹介されていたベル研初代所長Frank B. Jewett氏(1879～1949年)の言葉(図2)を読み、「これからはやはり移動通信しかない」と直感。10年先の移動通信システムの開発において必要となる基本技術に取り組む決意をした。

ところがその頃、電電公社には、本格的な移動通信サービスを開始する気運はまだなく、新しい周波数に対応した移動通信システムを構築するためには、新たに無線回線設計の手法を確立させる必要があった。そこで、奥村氏はまず、移動電波伝搬に関する国内外の文献を調べ始めたが、断片的な電波伝搬データしかなく、それらに基づいて移動通信用の無線回線を設計することはとてもできない状況であった。そこで、この先、誰が担当しても回線設計が容易にできるよう、十分な移動電波伝搬データとそれに基づく移動電波伝搬推定法を整えることが必要だと考え、それに必要な移動電波伝搬特性の実験データ取得が同氏の大きな目標となった。

大規模移動伝搬実験

1962年、奥村氏は移動無線回線設計の基本となる電波伝搬特性を、実際に自動車走行しながら電波伝搬測定す

る実験(以下、移動伝搬実験)により解明し、受信電界強度とサービスエリアの推定法を一般化することを目標とした検討を開始した。陸上移動通信における基地局と移動局(移動機)間の電波伝搬特性は、移動局アンテナが固定通信で用いられるアンテナと比較して極めて低い位置にあることに起因して、地形(山や丘などの地表面の起伏)や地物(地表上にある家屋、ビル、樹木などの遮蔽物)の影響を受け、伝搬状態が複雑に変動する。そのため、単純・理想化した条件での理論的解析だけでは不十分で、実際の伝搬状況下における実験的解析を積み上げていく必要がある。そこで同氏は、各種地形・地物によって生じる複雑な電波伝搬特性の分析に有用となる地形と地物の分類法を考察するとともに、VHF・UHF帯における実際の移動伝搬データを取得するため、関東一円で大規模な走行実験を実施する計画を立て、更に得られた膨大な測定データを統計処理する方法も新たに考案することで、前人未到とも言える移動電波伝搬特性の解明に取り組んだ。

移動伝搬実験にあたり、奥村氏は実験を行うにはどのような設備や機材を準備する必要があるか、実験遂行時にどのような問題が起り得るかをあらかじめ周到に考え、プラスの要因もマイナスの要因も考えられるものは全て抜き出した。ところが具体的な実験に向けた取組みを開始すると想定外の問題が次々と起こることになり、実験実施における苦労は並大抵のものではなかった。

第1の問題は電波伝搬実験に用いる電波免許の取得である。新周波数帯を開拓するという目的から、東京・大手町の関東電波監理局に新たに450 MHz、920 MHz、1310 MHz、1420 MHz、1920 MHzの五つの周波数の電波免許を取得するべく申請したが、一度に五つもの周波数帯の電波免許を要求するという前代未聞の申請であったことなどから簡単には許可されなかった。「将来の移動通信技術の研究のために不可欠の実験であるので是非許可してほしい」と懇願し、粘り強く電波管理局へ通い続けた結果、最終的に6回目ようやく免許を取得した。

第2の問題は、どこで走行実験を行い、実験に必要な多数の送信設備(測定用電波の送信装置及び送信アンテナ)をどこに設置するかであった。実験場所については、市街地や郊外地を含む関東一円を対象に距離100 kmまでの移動伝搬実験を行うこととした。一方、送信設備の設置場所については、電電公社が多数保有する各地の無線中継所が候補となったが、それらの多くは山間部や関東平野の端の方に位置している。そこで、都心に位置し、高さのとれる「東京タワー(東京都港区)」に送信設備を置くのが一番良いと考え、早速奥村氏は海拔高150 mと250 mの位置に「一週間ずつ四つのアンテナを設置してほしい」と東京タワーに許可を申し出たが、けんもほろろに断られた。しかしながら、これはある程度覚悟していた。なぜなら同じタワーから送信されているテレビ放送の電波に万一影響があると大変なことになるとの危惧があるからだ。同氏は、厳密に干渉計算をして「実験用の送

(a) 東京タワー設置の送信アンテナ

(b) 受信電界強度測定車

図3 移動伝搬実験設備 (1962~1965年)

信設備を併設してもテレビの送信波に影響はない」という計算結果を持って再度説明に行ったが、それでもすぐには理解が得られず、都合3回目にしてようやく設置許可が下りた(図3(a))。そのほか、海拔高60mの低い位置の送信設備は台東区の蔵前無線中継所に、同830mの高い位置の送信設備は筑波山山頂の無線中継所に設置し、これらの送信設備を起点として、伝搬距離1~100kmの測定コースを設定した(図4)。送信設備から発射された電波を走行しながら受信測定するため、移動測定車(三菱・ジュビター、図3(b))を準備し、これに受信アンテナと受信電界強度測定器を搭載した。

実験の準備が整うと、実際の走行実験を1962年11月から1963年1月にかけてと1965年3月から同年6月にかけての2回に分けて実施した。1962年11月から実施した第一次実験では453 MHz, 922 MHz, 1310 MHz, 1920 MHzを、1965年3月から実施した第二次実験では453 MHz, 922 MHz, 1317 MHz, 1430 MHzの電波をそれぞれ使用し、走行しながら4波を同時に受信して、電界強度が地形や地物の影響を受けてどのように変化するかを連続的に測定した。常に4波同時に測定を行うことで、特定の周波数・時間における測定データが不確実性や誤差を生じたとしても、後からデータ処理する際に異なる周波数で得られた測定データの相互の関係を基に補正が行えるよう工夫した。

走行実験中にも想定外の問題は起こった。最初に直面したのは受信電界強度測定器の長時間安定度の問題で

図4 移動伝搬実験測定コース

あった。当時の測定器は真空管式(局部発振器にクライストロンを使用)で、これを朝8時から夕方5時まで1日連続動作させて安定度を調べて見ると、電源電圧を安定化する装置を入れているにもかかわらず、10 dB程度測定値の変化を生じることが分かった。これほど不安定な測定器はないと思ったが、これを使わずに実験はできないため、同時測定に用いる4台の測定器をそれぞれ30分ごとにレベル校正を行いながら使用した。また、測定器出力はペンレコーダで記録を行うのだが、四つの測定値を同時に記録できるレコーダが当時通研にはなかったため、同時記録が可能でかつ所望の応答性能を有するレコーダを東京中探し回り、ようやく見付け出した。しかしながら、これも動作が不安定で扱いに苦労した。

次なる問題は、測定車に搭載した測定機器の電源として使用する車載用発動発電機(以下、発々)の動作不調であった。前述した4台の測定器の電源として、約1 kWの電力供給可能な発々が必要であったが、当時通研にはそのような大容量の発々はなく、2, 3社発々メーカを当たってみたが、仕様を満足するものが見付からなかった。そこで、これも東京中探し回ったが、どうしても見付けることができず困っていると、友人が「所望のものが駐留米軍の払い下げで調達できる」との情報を提供してくれ、すぐに手配し2台の発々を手に入れた。ところが測定車に発々を載せて実際に走行してみると、当時の劣悪な道路環境から生じる振動に耐えられず、発々の不動作が起り、自動車修理工場へ修理に出す始末となった。そのため実際の走行実験では、2台の発々のうち1台を測定車に載せて実験に使用し、もう1台を修理・点検に出しておいて、使用中の発々が危なくなってきたらすぐに通研に戻って修理・点検済みの発々に載せ替えることで、実験が発々の修理で途切れてしまわないように工夫した。しかし、走行実験は関東一円で行っており、遠く茨城を走行しているようなときに限って発々が不調になってしまい、なだめすかしながら何とか持ち応えて

通研へ戻り、発々を載せ替えるとまたすぐに実験場所へ向かって出発するといった日々の繰返しであった。このようにして関東一円で二度にわたって実施した走行実験の走行距離は、延べ約 2,500 km にも及んだ。

そして最後の大きな問題は、走行実験で記録した膨大な測定データをどのようにして後処理するかであった。一つ一つの記録を読み取って数値化し、それらをまとめて統計処理の計算を行うのだが、当時すぐに利用可能なコンピュータや電卓^{*2}がなく、人海戦術で行うしかなかった。アルバイトを雇って測定データの読取りと計算を行ってもらったが、データを間違いなく読取った上で計算を繰り返す必要があり、膨大なデータに対する処理の精度を確保するのに腐心した。

今では想像できない環境と制約条件下にもかかわらず、奥村氏は電波免許の取得から、測定機器の調達と安定度の確保、走行実験、測定データ処理に至る実験業務全般にわたって起きた数々の問題に果敢に挑み、その多くを自ら解決・実行した。「30 代後半のバイタリティでしょうか。前人未踏の挑戦への意欲と信念を抱いてまい進していました」と同氏は当時を振り返る。「これは余談ですが、走行実験にあたり、実は警視庁にも行ったのです。関東一円を測定車で自由に走れるようにするため、右折禁止のところでも右折することができるよう特別許可証を発行してほしいと願い出たのです。こちらは国家的な実験を行っているのだからというのが言い分で、自分でも若干無理があると思いつながりながらも試しに頼んでみましたが、結果は案の定駄目でした。電電公社の実験に警察がそんな許可証を出すわけがありません」と同氏は笑いながら語った。

以上の大規模走行実験に基づいて移動電波伝搬特性の解明を行った結果は、電界強度、サービスエリアの推定に必要な受信電界強度の距離特性図（後に、いわゆる「奥村カーブ」と呼ばれる）を含む関連図表とともに 1967 年から 1968 年にかけて順次論文発表した^{(7)~(9)}。このうち通研が発行する研究実用化報告に掲載された論文⁽⁷⁾は、約 60 ページにわたり一連の研究成果を集大成したもので、当時同報告に掲載される一つの論文としては異例のページ数の多さで編集委員を悩ませたという。これらの論文において奥村氏は、受信電界強度の場所的変動の統計的モデルを、短区間の瞬時値変動、長区間の中央値変動、場所的総合分布波形の三つの要素でモデル化すること（図 5）を提唱し、更に、移動通信システム設計の実務担当者が基地局設置場所の選定作業とサービスエリアの推定を容易かつ能率的に実施できるようにする方法を提案した。同方法は、後に電電公社における「陸上移動無線方式の電界強度とサービスエリア推定の標準実施方法」として制定された。

ところで、移動伝搬実験の申請周波数として、当時、システムの大容量化を図るため、400 MHz 帯の次に有

*2 日本において国内メーカーが電卓の発売を開始したのは 1964 年であり、シャープ（当時は早川電機）とソニーが、同年 3 月に日本初の電卓を発表。

図 5 電界強度の場所的変動を表す統計的モデル

図 6 CCIR 勧告に掲載された「奥村カーブ」

力候補と考えられていた 800 MHz 帯だけでなく、1.5 GHz 帯や 2 GHz 帯に近い周波数をあえて含めていたことは、先に述べた 4 波同時測定により誤差を補正できるようにするためだけでなく、将来の移動通信システムの発展（その後、第 2 世代の移動通信システムにおいて 1.5 GHz 帯が、第 3 世代の移動通信システムにおいて 2 GHz 帯がそれぞれ使用開始）を何年も前から予見していたことになり、実際に、当時の研究成果が後続する世代の移動通信システムの研究・開発・運用に対し長年にわたって大きな役割を果たしたことから、奥村氏の先見性には感服させられる。

1969 年、当時の移動無線研究室の室長であった森永隆広氏が国際電気通信連合 (ITU) の国際無線通信諮問委員会 (CCIR、現在の ITU-R) 配下の SG-V 会合へ出席した際、議長より論文⁽⁹⁾の電界強度曲線を CCIR 勧告へ掲載したいとの要望があったことを受け、奥村氏は同文献を CCIR へ送付。その後、1974 年の CCIR 総会での決議を経て、450 MHz 帯と 900 MHz 帯の電界強度曲線（後者を図 6 に示す）が VHF・UHF 帯の電波伝

搬曲線に関する CCIR 勧告⁽¹⁰⁾へ掲載された。これらの動きと並行して、論文⁽⁹⁾に示された移動伝搬曲線は、米国、北欧、インドなどの研究者から奥村氏の下へ論文の送付依頼が来るなど、世界中に広く知れわたることとなり、特に海外の研究者から「奥村カーブ」「奥村モデル」と称されるようになった。その後、奥村カーブは世界の様々な移動無線システムの構築に実用的に使用されるようになり、現在の携帯電話システムにおいても、この奥村カーブに基づいて無線回線設計が行われるとともに、サービスエリアの品質調査や品質向上など、様々な場面で活用されている。

新移動通信システム／セルラ電話の研究開発

研究着手

1960年代の国内における移動通信システムには、公衆列車電話、警察無線、タクシー無線、報道中継用無線などの各種システムが既に実用化されていたが、将来の社会活動の多様化に向け、移動通信システムの更なる高速化、大容量化が求められていた。特に、需要が最も高まると予測されていたのが自動車電話であったが、欧米各国において一足早く大ゾーン方式の公衆自動車電話

図7 400 MHz 帯自動車電話方式開発経緯

図8 六角形小ゾーンで構成されるセルラ方式

サービスが開始されたのに対し、日本は出遅れていた。しかしながら、電電公社においては、通研が1954年から自動車電話の基礎研究を開始し、途中研究を中断した時期もあるが地道に研究を継続し、1961年には400 MHz 帯を使用する大ゾーン方式（半径10～20 kmのゾーンで構成）の自動車電話システム（手動交換、50 kHz 無線チャンネル間隔を採用）を完成。実験免許を取得した無線基地局を使った試用試験も行っていたが、結局事業用の周波数の割当がなく、同システム（第一次システム）は商用化に至らなかった。更に1965年には、奥村氏が担当して第一次システムの大容量化を図った第二次システム（自動交換、25 kHz 無線チャンネル間隔を採用）の仕様も完成したが、これも周波数の割当がなく、400 MHz 帯・大ゾーン方式が商用自動車電話サービスとして日の目を見ることはなかった（図7）。なお、同方式は、後に都市災害対策用無線電話システムとしての活路が与えられ、1970年に実用化している。

その後、通研では、1966年に移動無線研究室（初代室長は前出の森永氏、同室長補佐は奥村氏）が新設され、全国規模の新しい自動車電話サービスの実現に向け、800 MHz 帯を用いる大容量広域自動車電話方式の研究開発に着手した。同方式では、より多くの加入者を収容可能とし、より広いエリアで経済的にサービスを提供可能とするべく、六角形小ゾーン（市街地では半径3～5 km、郊外地では同7～11 km）を成す無線基地局を多数面的に隙間なく配置した上で、一定距離を置いた小ゾーン間で同一周波数（チャンネル）を繰返し使用する、いわゆるセルラ方式（図8*³）⁽¹¹⁾を採用することになった。

大阪万博ワイヤレステレホン

新しい移動通信方式の研究開発が通研において進められている中、電電公社は1970年3月から9月にかけて、大阪で開催された日本万国博覧会の電気通信館において「ワイヤレステレホン」*⁴と称した携帯型の無線電話機を出展し、屋内の限定エリアではあるが国内外の加入電話と実通話が可能な携帯型無線電話のデモンストレーションを行い、未来の電話を世界中から来た来場者へアピールした。当時このデモンストレーションに実際に関わった奥村氏は、基地局送信に150/400 MHz 帯、移動機送信に250 MHz 帯を使いPM変調・25 kHz 幅無線チャンネル（固定120チャンネル）を採用した重量550 gのワイヤレステレホンを130台準備し、現地に持ち込んだ（図9）。無線電話機の送信出力は1 mW以下に抑えた電波免許不要の微弱電力型で、パビリオン内のみで通話可能な仕様であったが、1台40万円程度する高価な試作電話機であることから、パビリオンから外に持ち出そうとすると出口ゲートでアラームが鳴るようにしてあった。そ

*3 無線ゾーンを正六角形とすることで隙間なくゾーンを並べたときのゾーン間オーバーラップ(干渉)を最小化。更に、複数の周波数（例えば3, 7, 9個）で構成される繰返しゾーンの導入により周波数利用効率を最大化。

*4 BK型携帯無線電話機・2010年に国立科学博物館の重要科学技術史資料「未来技術遺産」・第60号として登録。

図9 大阪万博のワイヤレステレホン（1970年）
左：当時の電気通信館における実通話の様子
右：NTT ドコモ R&D センタ保存・展示品（実物）

れでも期間中3台が紛失したとのことである。ちなみに、電電公社はこの大阪万博において、ワイヤレスホンと同時にテレビ電話のデモンストレーションも行っており、もう一つの未来の電話として紹介していた。

800 MHz 帯自動車電話方式の実用化

初代室長の森永氏の後を継いで1970年1月に移動無線研究室の第2代室長となった奥村氏は、自らの使命を新しい移動通信システムの構想を明確化することと、その基礎的技術課題を順次解決していき、できるだけ早く実用化計画書を策定して通研の重点研究開発項目とすることであると決めた。そのため、まず研究室メンバーの意識の転換を図り、今までの既成概念を捨て、全て新しい発想に基づく技術の積み上げを行うよう指示するとともに、在来当然とされていたシステム諸元・キーパラメータの再検討を命じて、各パラメータの選定根拠の明確化等、研究室メンバーの自主的・自発的な研究の遂行を促した。特に、システム動作上重要な制御信号の検討にあたっては、信号伝送時の所要信頼度を検証するため、同年7～8月にかけて夏休みを返上して明治神宮外苑エリアでフィールド試験を繰り返した。

基礎的研究の成果が積み上ってきたところで、奥村氏は上司に研究計画書の作成を上申した。ところが、当時通研では加入電話の積滞解消^{*5}とテレビ電話の実現に向けた通信容量大容量化の研究が主流であり、移動無線研究への理解が乏しかったことから、粘り強く上層部を説得して回り、何とか1970年10月に、まずは第一段階として研究計画書の策定が認められた。

そして、1年後の1971年10月に奥村氏は、新しい方式の構想を「大容量広域自動車電話方式の構想」（図10（a））^{（12）}と題してほかの二つの関連タイトル^{（13）、（14）}とともに本会の通信方式研究会において発表した。新方式の設計目標は、その加入者規模を、東京を中心とした

*5 1952年の電電公社が発足時、加入電話は供給が必要に追いつかない状態（これを積滞と呼んだ）が続いていたため、発足の翌年1953年以降、積滞解消を目標とした六次に行たる五か年計画を経て、1978年に積滞解消を達成。

(a) 表紙抜粋

(b) 方式の狙いと所要機能・新技術

図10 通信方式研究会における構想発表（1971年）

半径50 km エリアにおいて10万台、全国において40万台収容可能であることとし、全自動化した方式の実現を目標とした。また、新方式の狙いである大容量化、周波数有効利用、サービス広域化に対する所要条件・機能として、新周波数帯開発、チャネル高速制御、小無線ゾーン化など掲げた上で、それらに必要な新技術を特定した（図10（b））。これらの発表は、今後の通研の開発構想としてセルラシステムを世に問うたもので、当時の日本の新しい移動通信の開発を見守っていたメーカや業界紙を色めき立たせた。発表後、メーカを含む多くの業界の関係者が通研を訪れたという。

ところで、通研のセルラ方式検討と並行する形で、米国でもベル研が検討を進めていたが、上記発表とほぼ同時期の1971年12月にベル研より連邦通信委員会（FCC: Federal Communications Commission）に対し、大容量の移動電話システム構想として“High-Capacity Mobile Telephone System—Technical Report”が提示されている。このシステムは、後にAMPS（Advance Mobile Phone System）^{（15）}と呼ばれる米国初の商用セルラ電話となる。

新方式の構想を発表した後、奥村氏らは新方式の開発において重要となる回線制御機能の試作装置によるシミュレーション実験を武蔵野電気通信研究所内で実施し、1972年初頭には同実験系により通研幹部に対する新方式のデモンストレーション（図11）を成功させ、システム実現に向けた自信を強固にした。このことを契機として同年4月には「800 MHz 帯自動車電話方式」の実用化計画書の策定に漕ぎ着け、商用に向けた本格的開発の準備を整えた。新方式の検討開始から実用化計画書の策定までを当時としては異例の2年間で完了した。正に前代未聞の快挙であった。これ以降の実用化は横須

図 11 新方式のシミュレーション実験系（1972 年）
右は通話確認試験中の奥村室長

図 12 800 MHz 帯自動車電話方式開発経緯

賀電気通信研究所に引き継がれることになる。

商用サービス開始

1972 年 10 月に横須賀電気通信研究所において実用化が開始された 800 MHz 帯自動車電話方式（後に大都市方式と呼称）は、周波数有効利用技術、無線回線制御技術、移動体交換技術等の確立に向けた研究開発と、商用開始に向けた各種試験を経て、1979 年 12 月 3 日に世界初の 800 MHz 帯セルラ方式を採用した本格的な自動車電話サービス^{(16), (17)}として東京 23 区内で商用開始するに至った（図 12）。1979 年 8 月、商用開始直前の試験が行われていた東京・銀座から金沢工大にいた奥村氏のところへ試験通話の着信があり、走行中の自動車との間で大変明瞭な音声で会話ができたとのことである。

一方、米国で開発が進んでいた 900 MHz 帯セルラ電話は、AT&T の AMPS 方式が 1978 年にシカゴで、モトローラの DynaTAC (Dynamic Adaptive Total Area Coverage) 方式が 1978 年にワシントンでそれぞれシステムテストが始められたが、実際に商用サービスが開始されたのは 1983 年 10 月になったため、日本が世界で最初にセルラ電話の商用サービスを開始する形となった。ただし、前述した通研における研究計画書・実用化計画書の早期策定がなければ世界初の商用サービス実現には至らなかったかもしれない。同サービスは、その後、大阪、

(a) 受賞者

(b) 表彰メダル

(c) 表彰状

図 13 2013 全米工学アカデミー・ドレイパー賞

名古屋へ順次拡張され全国サービスへと発展した。

全米工学アカデミー・ドレイパー賞

全米工学アカデミー (National Academy of Engineering) は、1964 年に設立され、工学分野において、生活の質を大きく向上させ、社会に多大な影響を与えた業績を持つ研究者らに対して毎年「チャールズ・スターク・ドレイパー賞 (Charles Stark Draper Prize)」を贈っている。これまでに、集積回路技術、通信衛星技術、光ファイバ、GPS システム、医薬投与システムなど様々な分野において顕彰を行ってきており、2012 年度までの受賞者計 38 人のうち 4 人が後にノーベル賞を受賞しており、本賞が工学分野のノーベル賞と称されるゆえんともなっている。

2013 年 2 月 19 日、米国ワシントン DC のユニオンステーションにおいて、2013 ドレイパー賞の表彰式が執り行われ、奥村氏をはじめとする受賞者 5 人（図 13(a) の写真左より、奥村善久氏 [電電公社通研]、Dr. Thomas Haug [Chairman of Nordic Mobile Telephony (NMT)]、Mr. Richard, H. Frenkiel [Bell Labs, AT&T]、Dr. Joel, S. Engel [Bell Labs, AT&T]、Mr. Martin Cooper [Motorola]）は、『世界初のセルラ（自動車携帯）電話ネットワーク、システム及び標準規格に対する先駆的貢献』により同賞（図 13 (b) の表

彰メダル、(c) 表彰状) 及び副賞を授与された。

奥村氏への同賞授与理由は、以下の二つの業績を通して、世界初の商用セルラ自動車電話システムの実現に大きく貢献したというものである。

(1) VHF/UHF 帯移動無線電波伝搬特性を解明した「奥村カーブ」の確立

(2) 800 MHz 帯セルラ方式である「大容量・広域自動車電話方式」の構想及び実用化計画の策定

ところで奥村氏は、1971 年 6 月に単身渡米し、ベル研を訪問。当時日本と同じく米国でセルラ方式自動車電話の研究を本格的に推進していたベル研の主要メンバー 8 人と 1 日議論をしたことがあるが、そのメンバーの中に今回の受賞者 2 人 (Frenkiel 氏と Engel 氏) が含まれており、授賞式において実に 42 年振りの再会を果たすこととなった。授賞式後しばらくして、筆者もベル研の Frenkiel 氏とお会いする機会を得、1971 年当時の話を伺ったところ、ベル研のメンバーは、奥村氏の移動伝搬実験の成果である「奥村カーブ」を別の呼び方、すなわち「奥村データ」と称してその膨大な実環境における測定データに基づく信頼性の高い伝搬特性解明の成果を当時として極めて貴重なデータであるとして評価していたとのことである。

おわりに

現在、世界中に広まっている携帯電話システムと各種陸上移動通信システムの構築時の要となる無線回線設計は、「奥村カーブ」「奥村モデル」と呼ばれる奥村氏の移動伝搬研究の業績を基礎としてその設計が行われている。また、1979 年に、800 MHz 帯セルラ方式による本格的な商用自動車電話サービスが、世界で最も早く日本において開始されたことに対して、その 10 年以上前から奥村氏が新方式の実現を目指して幾多の問題に立ち向かい信念を貫いて研究開発を推進したことが大きく貢献している。これら奥村氏の業績が、このたびのドレイパー賞受賞を通して世界中に改めて認められ、称えられるに至ったこと、更に、その後の日本における自動車・携帯電話システムの研究開発と実用化が、常に世界をリードする形で行われてきたことにつながっていることへ、心より深く敬意を表したい。最後に、奥村氏が自らの研究開発を回想された言葉を紹介して本稿を終えたい。「今の若い研究者たちが、開発の揺らん期に、IC・LSI 製の測定器やコンピュータ等がなかった時代の苦勞を乗り越えてきた使命感と熱意を知ってもらえば、望外の喜びです」

文献

- (1) 奥村善久, 伊藤貞男, 倉本 實, 木下耕太, “【特別講演】自動車電話・携帯電話の黎明期から成長発展期に至る無線方式・技術の研究開発,” IEICE MWE2013 Microwave Workshop Digest, no.SS01-01, pp.205-206, Dec. 2013.
- (2) 大森武夫, 奥村善久, “遠距離伝播短波の入射角について,” 信学誌, vol.36, no.7, pp.366-372, July 1953.
- (3) 奥村善久, 原 昌己, “超短波の山岳回折における伝ばんひずみ,” 信学誌, vol.44, no.9, pp.1354-1362, Sept. 1961.
- (4) 奥村善久, “山岳回折における伝ばん歪に関する研究,” 電電公社研究実用化報告 (研実報), vol.10, no.11, pp.2299-2357, Nov. 1961.
- (5) 森永隆広, 奥村善久, 中村親市, “長距離山岳回折による見通し外回線の多重電話およびテレビジョン伝送特性,” 電電公社研究実用化報告 (研実報), vol.11, no.8, pp.1355-1448, Aug. 1962.
- (6) 奥村善久, 原 昌己, “山岳回折利得を用いた見通し外回線における伝ばん損失および伝ばんひずみの長期間特性,” 電電公社研究実用化報告 (研実報), vol.14, no.5, pp.845-872, May. 1965.
- (7) 奥村善久, 大森英二, 河野十三彦, 福田倚治, “陸上移動無線における伝ばん特性の実験的研究,” 電電公社研究実用化報告 (研実報), vol.16, no.9, pp.1705-1764, Sept. 1967.
- (8) 奥村善久, 大森英二, “陸上移動無線の電界強度とその変動特性,” 信学誌, vol.50, no.11, pp.2108-2115, Nov. 1967.
- (9) Y. Okumura, E. Ohmori, T. Kawano, and K. Fukuda, “Field strength and its variability in VHF and UHF land-mobile radio service,” NTT Public Corporation Review of the Electrical Communication Laboratory (Rev. Elec. Commun. Lab.), vol.16, no.9-10, pp.825-873, Sept.-Oct. 1968.
- (10) CCIR Recommendation 370, “VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz,” ITU, 1974.
- (11) 荒木欣一郎, 大森英二, 奥村善久, “全地域移動通信方式,” 信学通信方式研究会資料, 方式 64-7-12, July 1964.
- (12) 奥村善久, 松坂 泰, 渡辺松彦, “大容量広域自動車電話方式の構想,” 信学技報, CS71-76, Oct. 1971.
- (13) 野村卓也, 山田拓司, 吉川憲昭, 渡辺邦夫, 佐々木秋穂, “大容量自動車電話の無線方式,” 信学技報, CS71-77, Oct. 1971.
- (14) 清水 直, 秋山昌文, 坂本正行, 駒形日登志, 星田勝典, “大容量自動車電話の制御方式,” 信学技報, CS71-78, Oct. 1971.
- (15) W. R. Young, “Advance mobile phone service: introduction, background and objective,” Bell Syst. Tech. J., vol.58, no.1, pp.1-14, Jan. 1979.
- (16) 伊藤貞男, 松坂 泰, “自動車電話方式の概要 (自動車電話方式〈特集〉),” 電電公社研究実用化報告 (研実報), vol.26, no.7, pp.1821-1836, July 1977.
- (17) 伊藤貞男, “自動車電話方式 (我が国の移動通信〈小特集〉),” 信学誌, vol.63, no.2, pp. 122-127, Feb. 1980.

奥村幸彦 (正員: シニア会員)

1991 東京理科大学大学院工学研究科修士課程了, NTT 無線システム研究所入所。1992 分社化により NTT 移動通信網 (現 NTT ドコモ) へ転籍, 以来, 移動無線アクセス方式・技術の研究・標準化・開発に従事。現在 NTT ドコモ先進技術研究所ワイヤレス方式研究グループリーダー。博士 (工学)。IEEE Senior Member。