

# いつでも、どこでも、だれとでも、 ○○でも、△△でも

福井大学 学術研究院 教授 ふじもと みとし 藤元 美俊さん

移动通信の代表といえる携帯電話は1990年代より急速に普及し、今では1人1台以上保有する時代となりました。また、その端末として、折り込み式のフィーチャーフォンが主流であった時代もありましたが、現在ではスマートフォンが主流となりました。さらに、通信機能としての電話のほかに、Wi-Fi、GPS、FM放送受信、ワンセグ放送受信などさまざまな機能が搭載されています。利用状況は、屋内外、電車やバスなどの移動中、最近では国際線航空機内でも利用可能となり、1990年代の初めに移动通信技術者がめざしていた「いつでも、どこでも、だれとでも」情報通信が可能な状態が、ある意味達成された感があります。私が無線通信に関する業務に携わり始めたのが、ちょうどこの3つの「○○でも」の実現をめざして研究開発が始まったころでした。本稿では、その実現に向けた時代の流れと、これからについて思うところを記したいと思います。

私が初めて通信に関する業務に携わったのは、1985年に(株)豊田中央研究所に入社し無線技術の部署に配属されたときでした。プライベートでも電波を利用することが多かったことからアマチュア無線の無線従事者の免許を取得しました。まだ携帯電話が普及する前でしたので、無線を使ったコミュニケーションは無線従事者の資格をもつ者の特権のように感じていました。また、女優の原田 知世さん主演のスキーをテーマにした映画が1988年に大ヒットし、その中でアマチュア無線が利用されていたことから、当時、アマチュア無線の利用者が急増しました。以前から無線を利用していた私としては、ある種の優越感を覚えたことを記憶しています。仕事柄、単なるユーザではなく、端末の送信電力、周波数、変調方式を明確に意識し、さらに交信距離や受信レベルなども意識していました。周波数と自動車の速度によって受信レベルの変化の様子が大きく異なることや、高い山では遠方からの電波がたくさん受信でき過ぎて空きチャンネルが見つからないなど、現在の携帯電話では実感できないことを体験しました。しか

し、1995年ごろから大きく普及し始めた携帯電話のユーザはそんなことを意識することなく利用できます。つまり、「いつでも、どこでも、だれとでも」通信するために、アマチュア無線時代に苦勞し、工夫したことをシステム側にすべてやってもらえるようになりました。無線の知識など全く必要なく、「いつでも、どこでも、だれとでも」通信可能な移动通信システムを開発された関係各位の努力は計り知れないものであったことは間違いありません。

では、その後について考えてみましょう。携帯電話はその世代を重ねるにつれ、CDMA (Code Division Multiple Access)\*<sup>1</sup>、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)\*<sup>2</sup>、MIMO (Multiple Input Multiple Output)\*<sup>3</sup>伝送などの新しい伝送方式が開発、導入されてきました。以前の携帯電話では、周辺物体で反射、回折された遅延波は正常な通信にとって“じゃまもの”でしたが、CDMAにおけるRAKE受信\*<sup>4</sup>により遅延波も利用されるようになりました。また、MIMO伝送では、遅延波を利用したマルチストリーム伝送が可能となり“じゃまもの”を味方につけるようになりました。これらの技術の実用化によって、たとえば“電車の中でYouTubeの動画を見る”などという1990年代には考えられなかった利用方法が、ごく普通に行われるようになりました。これは、「どんな環境でも」通信を可能とする、新しい「○○でも通信」と言えます。

一方、携帯電話とともに私たちの生活に欠かせない無線システムとして、Wi-Fiと地上デジタル放送があります。いずれも2000年前後に実用化され、いずれもOFDM伝送方式が採用されています。OFDM伝送では、ガードインターバル\*<sup>5</sup>を設けることによりガードインターバル以内の遅延波の影響はほぼなくなります。すなわち、“じゃまもの”を無かったことにする効果があります。実際のところは“無かったことにする”よりも、むしろ遅延波があったほうが、若干受信特性が向上することが研究の成果として明らかにされています。私は、1990年代後半、



## Profile

1985年(株)豊田中央研究所入所。1991年名工大大学院修士課程修了。2000年同大学院博士課程修了。博士(工学)。2003年福井大学助教授。2014年福井大学教授、現在に至る。アダプティブアレーアンテナ、地上デジタル放送移動受信、到来方向推定、MIMO通信の研究に従事。1992年度IEEE AP-S Tokyo chapter, Young Engineer Award, 2013年電子情報通信学会通信ソサイエティチュートリアル論文賞、2020年IEICE Communications Express TOP DOWNLOADED LETTER AWARDなど受賞。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

地上デジタル放送の移動受信特性改善技術の開発に携わっていました。当時、地上アナログテレビ放送に比べて地上デジタル放送ははるかに高品質であるが、移動受信に弱いという弱点がありました。私は主に、地上デジタル放送移動受信用の指向性制御技術の開発に取り組んでいましたが、こうした電波関連技術のほか、同期技術、復調技術、符号化技術などの発展と相まって、現在ではタクシー、電車の中など、移動体でハイビジョン放送を楽しむことができるようになりました。また、ワンセグ放送であれば新幹線の中でも受信できます。これは、「どんな高速移動体でも通信できる」、ある意味、新しい「〇〇でも通信」の1つと考えます。

また、2010年以降、あらゆる“もの”がインターネットにつながるIoT (Internet of Things) 時代が到来するといわれるようになりました。その実現に向けて、IPv6 (Internet Protocol version 6)\*6の導入をはじめさまざまな技術開発が進められています。これにより、「あらゆるもの同士でも通信」というこれまでにない、また新しい「〇〇でも通信」が実現することになります。

近年では、第5世代移動通信システム (5G) が大きな話題となっており、バラエティ番組などでも“5G”というキーワードが飛び交うようになりました。ただ、それがどのように新しいのか一般の方々にはまだ十分に理解されていない面もうかがえます。5Gで実現される3つの柱として、①eMBB (enhanced Mobile BroadBand)、②mMTC (massive Machine Type Communication)、③URLLC (Ultra-Reliable and Low Latency Communication) がうたわれています。

①eMBBは、従来の高速・大容量通信によって実現してきた「どんな情報でも通信」の拡張版に相当し、やがては味や匂いなども送受信できる時代が来ると思います。

②mMTCは、たくさんの物と物とがつながりあう、「あらゆるもの同士でも通信」するIoTの

実現につながる機能といえます。

③URLLCは、低遅延かつ高信頼な通信を意味し、遠隔医療や遠隔無人操作への応用が期待されています。近年開発が進んでいる、バーチャルリアリティ技術と融合することにより「あたかもそこにいるかのような環境を作り出す」ことが可能になることでしょう。さらには「どこからでも」あたかもそこにいるかのように診療、操作が行えるようになることが期待されます。これは、新しい「△△でも」に相当するのように思います。

すでに5Gのサービスが開始されていますが、現状では、上記のeMBB、mMTC、URLLCの機能をどこでも十分に利用できる状態とは言えません。しかし、これまでのシステム開発がそうであったように、通信技術者たちは、目標として掲げたことをそれが困難であってもことごとく達成してきました。従って、5Gの3つのユースケースに見合う機能が普及する時もそう遠くないでしょう。最近では、Beyond5G、6Gというキーワードを含む話題も耳にするようになりました。新しい機能が実現され、それを活かした新しい「☆☆でも」とは一体どのようなものなのか、楽しみです。

- \*1 CDMA：符号を利用して複数の情報を多重化する技術。
- \*2 OFDM：高速なデータをいったんたくさんの低速なデータに変換し、それぞれ異なる周波数をもちいて並列に伝送する方式。周波数利用効率が高く、地デジ、Wi-Fiなど広く応用されている。
- \*3 MIMO：送受信それぞれに複数のアンテナ素子を配置し、多重波環境における複数の電波伝搬経路を利用して並列に伝送することで高速伝送を実現する技術。
- \*4 RAKE受信：多重波環境における遅延波も受信し、タイミングを合わせて合成する受信方式。
- \*5 ガードインターバル：OFDM伝送において遅延波の影響を低減するために、信号区間に挿入される特殊な信号。
- \*6 IPv6：インターネットで使われる通信規約の1つ。現在広く使われているIPv4よりも、はるかに多くのIPアドレス(固有番号)を使用可能である。