特別寄稿

無線は進化する
—6G以降のシステムに向けて—

新潟大学　工学部　准教授　西森（にしもり）　健太郎（けんたろう）さん

最近の無線通信の話題といえば，なんといっても5G（第5世代移動通信システム）のサービス開始である．ちょうどこの記事が掲載される号は5G関係の特集号と聞いている．ここに至るまで，有線通信（区別のために呼ぶが）と比較し，さまざまな面において非常に困難な環境を突破した技術であるといえる．第1～第4世代（1～4G）といった約10年単位ごとの進化を遂げて現在がある．ここでは，筆者の研究経験を踏まえながら，無線通信における現状と今後についての私見を述べたいと思う．

筆者がアンテナ・伝搬および無線通信に関する研究を始めたのは1994年，大学生の頃で，ちょうど第2世代と呼ばれるデジタル方式の携帯電話が導入されたものの，当時はポケットベルが主流だった．学生には当初少し割高だった携帯電話ではあったが，やがてコードレス電話を屋外で利用するコンセプトで導入されたPHS（Personal Handy phone System）の商用サービスが開始された．学生である自分でも分かるくらい，移動通信の波が押し寄せてくることを感じていた．

携帯電話は数kbpsという通信速度であり，有線通信と比べると伝送速度では大きく劣っていたが，将来の無線通信システム（現在では3Gに相当する）に向けてさまざまな研究が行われていることを知った．とても面白い技術がたくさんあり，将来は無線通信に関する技術を研究していきたいと強く感じた．

ところで，先に述べた無線通信システムにおける困難な環境とは，筆者がこの分野に携わった1990年の後半に入るまではマルチパス*1環境によるフェージング*2であるといわれていた．しかも，電波は通信だけに使用することができない．これは通信だけでなく，放送や非常時無線などのさまざまなサービスが存在するためである．したがって，特定の限られた周波数帯を通信では使用することとなる．こういったマルチパスフェージング環境下において，限られた周波数帯でいかに伝送速度を上げ，効率よく通信するかが課題であった．

筆者は，その中でアレーアンテナを用いた信号処理に関する技術について研究を行ってきた．アレーアンテナとは，アンテナを複数並べてアンテナに入力される信号の振幅と位相を制御することで，電波の受信感度を強め，フェージングの原因でもある干渉信号を除去する機能を有するものである．これを信号処理技術により実現し，電波の環境に応じて適応的に制御する技術である．これは学術的にはアダプティブアレーアンテナと呼ばれている．アダプティブアレーアンテナは，1960～1980年代頃にその理論体系は確立していたが，おもにレーダ用途などで使用されていた．1990年代中盤頃までは，通信に関しては商用レベルでは活躍の場は見いだせなかった．しかし，移動通信が爆発的に普及するにつれて，その重要性が認識されてきた．実は，5Gの主要技術の1つであるMassive MIMO（Multiple Input Multiple Output）と呼ばれる技術はこのアダプティブアレーアンテナの技術の延長線上にある．このあたりの技術史の詳細は文献［1］に記載しているので興味のある人はご覧いただきたい．

1990年代後半～2000年代前半にかけて，現在の主要技術となる無線通信において2つの技術が開発された．1つはOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing），もう1つはMIMOである．前者は周波数軸上に複数のデータを並列で伝送することでマルチパス環境でも良好に動作する方式である．後者は，複数のアンテナを送受にもたせて，アンテナ本数に比例して通信速度を向上できる技術である．面白いところは，これまでマルチパスフェージングは“悪”であると考えられてきたところを逆手にとって利用しているところである．このようなパラダイムシフトを得るためには，常識にとらわれない柔軟な発想が必要である．一方，MIMOで必要となる

Profile

1994年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒．1996年同大学院修士課程了．同年日本電信電話㈱入社．2006年デンマーク国オールボー大学客員研究員．2009年より新潟大学工学部准教授，現在に至る．博士（工学）．2010年度電子情報通信学会論文賞受賞，2001年IEEE AP-S Japan Chapter Young Engineer Awardなどを受賞．電子情報通信学会，IEEE会員．

複雑な信号処理は半導体デバイスの進化で実現でき，商用化のためにはタイミングもとても大事であることに触れておきたい．ちなみにこれら技術は，4Gより導入され，携帯電話のシステムのみならず幅広く無線通信システムで導入されているとともに，5Gでも基本技術はこれらをベースとしたものとなっている．

筆者は現在もMIMOに関する技術について研究している．MIMOは先に述べたアレーアンテナを受信だけでなく送信でも利用する技術であり，アダプティブアレーアンテナと共通する部分が多い．筆者はほとんど技術的には同じものと考えているが，アダプティブアレーアンテナは単純に干渉を低減して通信品質を向上させること（システム側の都合）にフォーカスしていたのに対して，MIMOは直接ユーザにメリットを与えた点が大きい［1］．先に述べたMassive MIMOは，基地局アンテナを多素子化することでMIMOとアダプティブアレーの利点を併せもった技術であり，技術開発の流れとしては自然なものといえるだろう．

筆者は2009年より新潟大学に赴任し，この10月で10年となった．ちょうどMIMOが4Gや無線LANなどに導入され，MIMOの進化型としてMassive MIMOの実現に向け検討を進めてきた．先に述べたOFDM，MIMO，高性能の誤り訂正技術が実用化され，伝送速度や周波数利用効率の改善という観点ではある意味限界に近いところまで達成した感がある．そのような中，将来の無線を考えると，次なる世代，直近では5G beyondやその先の6Gといったもの，そして，さらなる未来はあるのだろうか？

まず，5G beyondについては5Gの運用がまだどの程度となるか分からないが，現状の問題点から以下が考えられる．ミリ波は広帯域で通信ができるため，伝送速度の観点からは非常に有効であるが，Massive MIMOを併用したサービスエリアの設計には課題も多く，そこからも新技術が生まれるチャンスはあるだろう．6Gについては，これまでの考えにとらわれない新しい発想が必要ではないかと思われる．個人的な見解であるが，そろそろ，1人1台基地局もしくはアクセスポイント（AP）がある世界が到来してもいいのではないかと考えている［1］．

例えば，APロボットがユーザのニーズに応じて通信の情報を運んでくれる（無線伝送の意味でもAPそのものでも）ようなことができると快適な無線通信が実現できる．まさに，1人1台端末ではなくて，無線ルータの高機能版という位置付けで，1人1台APロボットを所有する時代が来るのではないだろうか．ただ，ロボットなので，適切な場所に自動で移動することがこの発想のポイントである．また，自分たちで開発した信号処理アルゴリズムがオプションで選べて，それが高いオプション機能の場合より高い性能を得られれば面白いと考える．いずれにしても，あまりハードウエアの制限というようなことは度外視して夢物語を考えるのが次世代の無線を実現するキーになると考えられる．こういった夢物語がある以上，6G以降の無線は必ず進化すると筆者は確信しており，日々研究にまい進している．また，読者の皆様も進化する無線システムに注目してほしいと思う．

文　献

［1］　西森　健太郎：“アンテナシステムのこれからの50年：将来の信号処理アンテナについて，”電子情報通信学会会誌，Vol.99，No.8，pp.838–845，Aug. 2016.

＊1　マルチパス：電波伝搬・無線電気通信において，無線信号が空間を伝搬する際に2つ以上の伝搬経路をもつことにより生じる反射などの現象を指す．

＊2　フェージング：無線通信では，マルチパスが建物などに反射することで，時間差をもって到達した電波が互いに干渉することを指す．