

# セルラシステムの研究開発で学んだこと

東京都市大学 知識工学部 情報通信工学科 教授

さわはし まもる  
佐和橋 衛さん

LTEが世界的に急速に普及し、本格的なモバイルブロードバンド時代が到来しつつある。前職のドコモにおいて、多くの優れた上司の指導を受けて、実用システムの構築に携わる経験をできたことは、現在の大学での研究においても大変役立っている。

私が最初に実用システムに従事したのは、W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access)\*1方式の無線アクセスの研究開発である。当時上司であった安達文幸氏（現東北大学教授）に、企業の研究所における実用システムの技術構築のイロハを教えていただいた。標準化会議で無線インタフェース仕様に採用される技術提案（すなわち、技術提案し、特許として知的財産権を確保する）を行うことが企業の技術競争に非常に重要であることを学んだ。また、決してアカデミックではない膨大な量の計算機シミュレーション評価を地道に行い、実験装置の仕様および標準化会議への提案仕様を決める作業の手法を学んだ。

私がW-CDMAの研究開発に従事した1990年代前半当時は、Qualcomm社が提案したCDMA (Code Division Multiple Access)\*2方式のcdmaOneがすでに2Gの商用サービスを提供していた。CDMAをセルラシステムに適用するために必須である高速送信電力制御、Rake受信、ソフトハンドオーバーなどのキー技術は、すでに導入されていた。したがって、W-CDMAの研究開発の立ち上げ時には、3GのCDMA方式はQualcomm社の2GのCDMA方式に比較して数倍以上のチャンネル容量を実現するために、干

渉キャンセラ、マルチユーザ検出器の高機能受信機などの新技術の適用が必要であるという議論が社内外であった。学会でもこれらの新技術に関する発表が盛んに行われた。しかし、無線インタフェースの標準化のステージになると、Qualcomm社のCDMA技術をベースに信号電力対干渉電力比（SIR：Signal-to-Interference power Ratio）ベースの送信電力制御、コヒーレントRake受信、ターボ符号、空間・時間ブロック符号など高度化技術を適用し、特にユーザ端末の実装コストおよび消費電力などの実用性を考慮したRobustな要素技術に収束していった。標準化会議ではむしろ、コヒーレントRake受信のためのパイロットチャンネル構成やSIRベースの送信電力制御の効果などの要素技術の完成度を高める検討が盛んに行われた。このように、W-CDMA、LTEなどの新しい無線方式の立上げ時期には、高度な技術を含めて多数の技術提案が企業や大学から行われるが、標準化会議で無線インタフェース仕様が決まっていくに従って、適用される技術が実現性を考慮したRobustな技術に収束していくプロセスを経験した。学会で着目される技術先導的な技術と、実装面の制約・コストなどを考慮した実用システムに採用される技術には違いがあることを、W-CDMAの研究開発で実感した。

W-CDMA標準仕様の技術を見ると、変復調、チャンネル符号化、送信電力制御、送信ダイバーシチ（空間、周波数）、再送制御などのキー技術の柱は2GのCDMA方式で採用されている技術の柱と変わ

## Profile

1983年東大工学部卒業，1985年同大学院修士課程修了．1998年奈良先端大学院大学博士後期課程修了．1985年NTT横須賀電気通信研究所入所．1992年NTT移動通信網株に転籍．W-CDMAの無線アクセス技術，第4世代移動通信方式の無線アクセス技術，LTEの無線アクセス技術などの研究開発に従事．2006年武蔵工業大学（現東京都市大学）工学部教授．現在，東京都市大学知識工学部情報通信工学科教授．工学博士，IEEE，IEICE各会員．

っていないように思う．さらにW-CDMAからLTEになり，マルチアクセス方式はCDMAから直交周波数分割多重アクセス（OFDMA：Orthogonal Frequency Division Multiple Access）・シングルキャリアFDMA（Single Carrier-FDMA）に変わった．しかしながら，無線マルチアクセス方式のキー技術については，W-CDMAおよびCDMAを用いた高速パケットアクセス（HSPA：High Speed Packet Access）\*3の各キー技術に比較して高度化しているものの，この世代でもシステムを支える技術の柱は変わっていないように考える．

そして，1つ当りは小さな利得でも多数のキー技術の高度化によって積み重ねた総合的な利得の和で，柱を大きくしシステムの性能の向上を実現している．前述のように，無線方式を構成する技術の柱はあまり変わっておらず，各世代の無線システムへの要求条件，実装技術レベルに応じて，各技術の柱の成長する幅が各世代で異なっていると考える．W-CDMAではPDC（Personal Digital Cellular）\*4に比較して，高速適応送信電力制御，チャネル符号化の高性能化（ターボ符号）などの革新的な技術が提案・導入され，送信電力という無線リソース割当ての高速化，チャネル符号化の柱の成長幅が大きかったと考えられる．各世代のシステムの要求条件およびそのときにおける大学や企業の研究所で考案された新規技術により，技術の柱の成長への貢献（利得）が大きなキー技術が生まれている．

移動通信・無線通信のように実際の商用サービス



という「出口」がある技術分野では，初期の研究段階の技術候補は多数あるが，標準化の検討段階で，適用技術が絞られていく．国内および欧州の3G方式の無線インタフェースの標準化会議においてもOFDMの提案があったが，結局，3G方式としてはCDMA方式が採用された．当時は，3Gの無線アクセス方式の主要目標が，音声チャネルの大容量化であったためであると認識している．3GPP（3rd Generation Partnership Project）においても，LTEの無線インタフェースの標準化以前に，OFDMの3G方式への適用性のStudy Itemと呼ばれる技術検討が行われていた．LTEで採用されたOFDMAのサブキャリア帯域幅の15 kHzという値は，このStudy Itemの検討結果を用いた．さらに，LTE

の初期検討段階では、将来の高効率な非直交マルチアクセスの技術として考えられているIDMA (Inter-leave Division Multiple Access) \*5やOFDM/IOTA (Isotropic Orthogonal Transform Algorithm) \*6などの技術提案があった。標準化作業を通して、その世代の要求条件、実装上の理由により、OFDMAのように、不幸にも採用されなかった技術も後世の世代に採用される場合があるということも学んだ。また、W-CDMAにおけるターボ符号のMAP復号器、LTEにおけるMIMO (Multiple-Input Multiple-Output) \*7信号分離処理のように膨大な演算量を要する回路をチップ化して携帯端末に実装してしまうメーカーの技術力にも感動を覚えた。

ドコモ、メーカーの諸先輩、大学の諸先生方からのご指導により、貴重な経験をさせていただいた。企業から大学に異動してまず感じたことは、情報の少なさである。国内、国外学会、および学術論文の無線通信、とりわけ移動通信の件数は相変わらず多い。インターネットや学会の論文の検索システムは飛躍的に利便性が向上し、標準化会議の寄書や学会の論文を短い時間で手に入れることができる。しかしながら、企業時代の標準化会議や企業との会議におけるFace-to-Face会議に比較して、最新の技術情報がダイレクトに入ることは少ない。したがって、技術の方向性、従来技術の位置付けを間違えて認識することが多々ある。従来技術を正確に理解しないと、新規性が不明瞭になり、将来の移動通信で適用される技術開発の方向性も見誤ってしまう。一方で、

W-CDMA、HSPA、LTEの進化を見ると、前代のシステムに比較して高いシステムの要求条件を、キー技術の発展の方向を見極め、実現性を考慮しながら技術開発を行うことによって達成してきたことは明白である。このようなことから、大学という閉鎖的な環境において、学会活動、論文発表、研究計画の検討などを通じて、学外の専門家から受ける批判が非常にありがたい。できるだけ学会参加や論文投稿を行い、特に先輩方や若い研究者、技術者の貴重な意見、批判を受けて、方向修正を行い、産業界に少しでも貢献ができる成果を出すことを目標としているこの頃である。

---

※キー技術の柱とは、変復調技術、チャンネル符号化、送信電力制御、送信ダイバーシチ (空間、周波数)、再送制御などの、物理レイヤーの要素技術分野を指しています。換言すれば、学会などのトラックやセッションに相当する物理レイヤーの技術の分類項目のことです。

W-CDMAでは、送信電力制御の中の信号電力対干渉電力比 (SIR) ベースの送信電力制御、変復調技術の中のコヒーレントRake受信、チャンネル符号化の中のターボ符号、送信ダイバーシチの中の時間・空間ブロック符号が提案されて採用されました。

- \*1 **W-CDMA** : 広帯域符号分割多元接続方式。
- \*2 **CDMA** : 符号分割多元接続方式。各通信ユーザに固有の拡散符号を与えて、拡散符号で通信ユーザの多重アクセスを行う方式。
- \*3 **HSPA** : 高速パケットアクセス、W-CDMAの無線インタフェースに基づくデータトラフィックを高効率に送信するパケットアクセス方式。
- \*4 **PDC** : 日本国内で普及した第2世代移動通信方式の1つで、ドコモなどが採用した。
- \*5 **IDMA** : インタリーブ分割多重アクセス。各通信ユーザに異なるインタリーブパターンを与えることにより、同一の周波数、時間に複数の通信ユーザを多重する方法。受信機では、マルチユーザ受信あるいは干渉キャンセラが必要。
- \*6 **IOTA** : 時間および周波数領域で優れた減衰特性を有するフィルタのアルゴリズム。
- \*7 **MIMO** : 複数の送信機 (送信アンテナ) および受信機 (受信アンテナ) を用いることにより、データレートの高速化あるいは受信品質の高品質化を実現する技術。