



Beyond 5G/6Gに向けた 国際連携力強化

東京大学 大学院工学系研究科 教授 中尾 彰宏

中尾 彰宏（なかお あきひろ）●1991年東京大学理学部卒。1994年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。日本IBM・米国IBMテキサスオースチン・東京基礎研究所などを経て、2005年米プリンストン大学大学院コンピュータサイエンス学科にて修士号および博士学位取得。現在、東京大学大学院工学系研究科教授。

■ 次世代情報通信の重要性

現在、グローバルなモバイル市場は急速な成長を続けている。2023年末の統計によれば、世界の人口の69%にあたる56億人がモバイルサービスに加入しており、そのうち47億人がモバイルインターネットを利用している。モバイル技術とサービスは世界のGDPの5.4%に相当する5.7兆ドルという莫大な経済価値を生み出しており、この分野は約3,500万人の雇用を創出し、経済的にも社会的にも重要な役割を果たしている。

モバイル市場における主要なトレンドとしては、5G SA（Stand-Alone）および5G-Advancedの導入が挙げられる。これらにより、ビジネス分野での新たな収益源とイノベーションの機会が創出されている。また、ネットワークAPIの標準化と商業化が進展しており、通信事業者にとってさらなる収益源となることが期待されている。さらに、低軌道（LEO）衛星や高高度プラットフォームシステム（HAPS）を含むNTN（非地上系ネットワーク）と5Gの連携により、山岳地帯や海洋地域といった遠隔過疎地の接続環境が大幅に改善されつつある。

次に、モバイル接続は、SDGs（持続可能な開発目標）の達成にも重要な役割を果たしている。特に産業、イノベーション、インフラ分野における影響が顕著である。このような社会的影響を通じて、モバイル技術は持続可能で包摂的な社会の実現に寄与している。将来的には、モバイル技術による経済価値が2030年までに6.4兆ドルに達することが見込まれている。この経済的なインパクトは、特に製造業、公共サービス、スマートシティの分野で拡大すると考えられる。

また、デジタルソリューションへの移行は、移動や輸送の削減も促進しており、カーボンフットプリントの削減とスマートエネルギー管理の推進に寄与している。このように、モバイル市場の成長は経済的、社会的、環境的な側面で多くの可能性を秘めており、今後もさらなる発展が期待される。以上を踏まえると、情報通信技術は社会基盤としてその重要性を増し、Beyond 5G（B5G）

および6G技術が登場することで、その役割がさらに拡大することが期待される。

これらの技術は、従来の「高速」「大容量」「低遅延」という5Gで導入された特徴に加えて、カバレッジ拡張（基地局が移動局端末と通信できるエリアを、現在の移動通信システムがカバーしていない空・海・宇宙などのあらゆる場所へ拡張すること）、低消費電力性、安全性、自律性といった新たな要件を満たす必要がある。この進化により、通信技術は産業界の競争力向上だけでなく、医療、教育、地方創生といった社会全体に広がる課題への対応を可能にする。さらに、環境に配慮した通信技術は、持続可能なエネルギーの利用と相まって、地球規模の課題にも対応する基盤となる。本稿では、日本が次世代通信技術の開発と導入でリーダーシップを発揮するための具体的な戦略と展望について検討する。

■ 次世代情報通信基盤整備戦略の要諦

情報通信は、世界中どこでもシームレスに利用可能とするため国際標準化が必須であり、グローバルに共通する価値を前提とする必要がある。次世代通信技術の前提となる人類共通の価値には、ライフラインとしての安全性・信頼性と、環境持続可能性、包摂性、カバレッジ拡張、高付加価値の創出といった要素が含まれる。5Gのマネタイズに課題感があり、通信事業への投資が滞りつつある中で、グローバルに共通する価値を実現する技術への選択・集中的な投資を行う必要がある。

① ライフラインとしての安全性と信頼性

自然災害やサイバー攻撃時にも通信が維持される安全性は、次世代ネットワークの最優先課題である。特に、NTN（非地上系ネットワーク）の導入は、災害時の通信インフラの復旧や、遠隔地での接続性を保証する鍵となる。例えば、日本における東日本大震災や能登半島地震の経験から、NTNによる迅速な通信手段確保の重要性が明らかとなった。

また、人知を超えるAIを活用した、通信障害・通信事故の未然防止や、障害からの迅速な復旧が将来的に可能

となることが見込まれている。今後の情報通信においては安全性と信頼性の向上に投資をするべきであろう。

② 環境持続可能性

AI技術を活用したユーザーの行動予測に基づく動的リソース管理やモバイル通信基地局の電力消費削減が環境に優しいインフラの構築を推進し、同時に情報通信インフラの持続可能性を向上させる。例えば、ユーザーの接続がほとんどない夜間に基地局の一部をスリープモードに切り替える技術が、エネルギー効率を劇的に改善する可能性を示している。このように、AIを活用したインテリジェントなグリーントランスフォーメーションが期待されている。通信とセンシングを同時に実現するJCAS (Joint Communication and Sensing)も、基地局の一部の電力をオフにすることに貢献し、環境持続可能性を向上させる。

③ 包摂性

需要の多様化・複雑化に対応して、ローカル5Gなどの自営網の技術が台頭しつつある。日本だけでなく、台湾やドイツなどでも、自営網活用による包摂的な通信の提供が期待されている。デジタルデバイドの解消が進むことでより公平な情報アクセスが可能となる。

④ 高性能の接続性（拡張カバレッジ）

LEO衛星やHAPSなど低遅延のNTNを活用することで、経済的・地理的に不利な地域への通信インフラ提供が実現しつつある。日本の国土の30%が通信事業者のサービスが展開されていない地域であり、NTNによるカバレッジの拡張に対して期待も大きい。これまで通信が脆弱であった過疎地、特に山岳地帯や海洋にて、ライフラインとして通信が提供されることが期待されている。

また、データ伝送能力の高性能化と接続性カバレッジを実現するため、7-15GHzのミッドバンドの電波周波数利用にも期待が高まっている。

⑤ 高付加価値の創出

次世代通信技術は、AIやIoTとの統合を通じて、新たな産業革命を引き起こす可能性を秘めている。特に、低コストでの通信提供を目的に進化してきた既存のパケット交換方式から、高価となるおそれはあるが、交換における遅延が小さく予測が容易なエンドツーエンドの光通信（APN, All Photonics Network）へ移行することで、より高付加価値なビジネスの創出が期待されている。

例えば、遠隔機器制御、遠隔運転、遠隔医療など、遅延の突発的な増大や、予測不能なジッタ（遅延の揺らぎ）がサービスの実現に致命的な影響を与えるユースケースにおいては、コストが多少高くてもAPNの需要があるだろう。

⑥ 説明可能性・アカウントビリティ

本来は、安全かつ信頼できる情報通信インフラを提供することが重要であるが、不具合や障害が起きたときには、その原因を可視化し、迅速に復旧に向けた情報を得るための説明可能性・アカウントビリティが重要である。過去のモバイル大規模障害の例を振り返ってみると、原因特定のための時間が被害を甚大にする例が多いことから、将来の情報通信インフラはアカウントビリティを備える必要がある。

⑦ 通信事業産業における設備投資のサステナビリティ

現在、通信技術の世代更新における必要投資額が飛躍的に増大し、グローバルで通信事業への投資が滞りつつある一方、通信事業者はAIと通信インフラの設備共用を



人と、地球の、明日のために。

安全な水の供給
水処理技術

エネルギーの効率化
エネルギーマネジメントシステム

電力の安定供給
地熱発電

温暖化の原因となるCO₂削減や安全な水の供給など、深刻化・複雑化する社会課題の解決が、世界中で求められています。東芝は創業時から培ってきた発想力と技術力を結集し、脱炭素社会実現に向け、地球環境に配慮した事業やソリューションを世界中で展開。社会の発展に貢献しています。私たちはインフラサービスカンパニーとして、製造から運用、メンテナンス、データ活用により、豊かな価値を創造し、環境調和を両立させる、持続可能な世界を目指していきます。人と、地球の、明日のために。

推進し始めている。社会インフラとなった情報通信インフラにおける設備投資の継続性を確保するためには、需要の高いAIの計算資源と通信インフラの計算資源の設備共用を図る動きが加速している。

■ 重要な技術分野

上記の議論を参照すると、次世代通信の基盤となる投資すべき主要技術分野が見えてくる。

① AIと通信の融合技術(AI for Network)

AIによるネットワーク自動化と最適化は、通信効率を飛躍的に向上させる。例えば、AI-RAN (AI Radio Access Network) は、トラフィック予測や自動運用を実現し、基地局の運用コストや消費電力を削減する可能性がある。通信インフラがAIシステムを支え、同時にAIがネットワークの効率や柔軟性を最適化することで、革新的なサービスを提供可能である。通信技術を核にしたAI応用（エッジAIや分散型AI）は、物流、農業、エネルギー、製造業などの幅広い産業分野で新たな価値を生む。

② APN(All Photonics Network)

エンドツーエンドで確定的な低遅延・低ジッタ（デジタル信号における「揺らぎ」）の通信品質を保持可能とするAPNにより、これまでの通信では実現が困難と考えられてきた新たな付加価値サービスの創出に期待が高まる。

③ 非地上系ネットワーク (NTN)

NTNは、特に災害時のバックアップや遠隔地への通信インフラ提供に重要な役割を果たす。LEO衛星のコンステレーション（複数の人工衛星を連携させて一体的に運用するシステム）による広域カバレッジやオンデマ

ンドで通信を提供可能なHAPSなどは、通信インフラが脆弱な地域や被災時において大きな恩恵をもたらす。

④ 新たな周波数利用 (New Radio)

Upper Midbandと呼ばれる7-15GHzの周波数は、性能とカバレッジを同時に実現する新たな周波数（NR）として期待を集めている。Upper Midbandは、都市部の高密度トラフィックを処理するだけでなく、地方での広域通信にも応用可能である。特に7-8GHz帯域の開放は、既存のセルサイト（移動体通信ネットワークの音声やデータ機能を運用するために必要な基地局）などのインフラを活用しつつ、新しい通信サービスを展開するための鍵となる。

また、DSS（動的周波数共用）の導入は、既存の周波数利用とNRの調和を促進し、周波数帯域の効率的な利用が可能となる。なお、新たな周波数利用は国際的な協調が必要であり、迅速な情報収集と合意形成が必須となる。

⑤ Joint Communication and Sensing (JCAS)

JCASは通信とセンサー機能を統合する次世代技術であり、多くの新たなユースケースを創出する可能性がある。低消費電力化のために端末の移動予測を行う例は前述したが、これ以外にも、通信とセンシングを同じインフラで実現することは有益である。例えば、5Gネットワークを用いたリアルタイム交通監視システムは、交通事故の防止や渋滞の緩和に寄与する。

⑥ New Radio Network Topology (NRNT)

高周波における通信品質の確保に向けて、見通し(LOS, Line of Sight)のカバレッジを確保し輻輳を回避する空間多重通信方式(massive MIMO)などをコスト効率良く実現するために、新たな無線ネットワークトポロジー



OKI Open up your dreams

社会の大丈夫をつくっていく。

<https://www.oki.com/jp/>

の提案が行われている。例えば、分散MIMO技術によるLOSのカバレッジ確保や輻輳回避は期待が大きく、さらに、複雑な複数アンテナ制御を実施するためにもAIの活用が期待されている。

⑦ エンドツーエンド通信・クロスレイヤー制御

次世代情報通信というと6Gなど無線技術だけが注目を集めるが、無線システムの仮想化やクラウド化に代表されるようにエンドツーエンドの有無線統合技術も進化させる必要がある。特に、ソフトウェア化、オープンインターフェース、仮想化技術などは注目すべき技術である。また、無線技術の進化により、ミリ波、サブテラ波およびNTNの利用が進む中で、上位層のプロトコルは旧態依然のままであり、無線の物理層の情報をういた上位層のプロトコル最適化というクロスレイヤー制御が重要となると考えられる。

⑧ セキュリティ技術の進化

次世代通信技術において、セキュリティは極めて重要である。ゼロトラストセキュリティモデルの導入は、ネットワーク全体の安全性を向上させるとともに、サイバー攻撃から重要なインフラを保護する。例えば、量子暗号技術は、現在の暗号化手法に比べて格段に高い安全性を提供することが期待されている。

■ AI・半導体・通信の三位一体の研究開発

これまでは通信を中心とした議論をしてきたが、実は、次世代通信技術の発展には、AI、半導体、通信技術の三位一体が不可欠である。これらの技術は単体であっても多くの課題を解決できると期待されているが、統合することでさらなる便益を生むと考えられる。

AI技術の進化は、膨大なデータ処理を効率化する半導体技術と通信技術の進化と密接に関連している。例えば、エッジAIプロセッサは、IoTデバイスにおいてリアルタイムデータ処理を可能にする。近年では、通信機器を構成する半導体とAIを実現する半導体を組み合わせる試みがある。さらに、再構成可能な半導体やソフトウェア化による機械学習・AIの導入は、柔軟に新たな課題に対応する継続進化可能な通信ネットワークの構築を可能にすると考えられる。

■ 国際連携力の向上

国立研究機関や大学を中心としたオープンイノベーションの推進は、日本の技術競争力を高める鍵となる。また、政府の資金提供を通じた研究開発の支援も重要である。さらに、日本の通信技術をグローバルに展開するためには、学術と民間企業との連携も欠かせない。日本が6G技術で先導的な役割を果たすためには、国際会議や標準化団体への積極的な参加が必要である。

■ 最後に

次世代通信技術の成功には、グローバルの価値の追求やAI・半導体・通信技術の統合的な研究開発、国際連携力の強化が必要である。これらの要素が緊密に結びつくことで、日本はBeyond 5Gおよび6G時代において持続可能で包摂的な社会を構築できるだけでなく、グローバルな社会全体に持続可能な価値を提供することが可能となる。これにより、日本は技術大国としての地位をさらに確立し、世界の課題解決に貢献できるだろう。



MITSUBISHI ELECTRIC
Changes for the Better

Crossing for

総合電機メーカーならではの
強みを掛け合わせて、社会課題の解決へいち早く。
三菱電機は、そんな思いのもと、
ITソリューションを進化させていきます。

エネルギー	公共	交通	ビル	宇宙・通信
産業・FA	自動車機器	半導体・電子デバイス	空調・冷熱	ホームエレクトロニクス

ITソリューション

AI IoT ビッグデータ セキュリティ 電子認証

力を、掛け算。

三菱電機のITソリューション

www.MitsubishiElectric.co.jp/it/ 三菱電機株式会社