

# Beyond 5G時代に向けた取り組み

永井 研

## 要旨

2030年頃に実現が期待されるBeyond 5G時代の将来社会の世界観と社会像の考察を行い、通信とそれを取り巻く環境、期待される役割の変化、ユースケースを踏まえたNECのBeyond 5Gのビジョンについて説明します。また、それらの実現のために必要と考えられる技術進化の方向性と重点技術領域について述べ、オープンイノベーションとエコシステム形成の取り組みを併せて紹介します。



Beyond 5G/6G/2030年/確率的デジタルツイン/共創活動/リビングラボ/オープンイノベーション/  
エコシステム/社会実装

## 1. はじめに

急速に発展するAIやIoTをはじめとしたデジタルテクノロジーを用いて、社会や経済、産業を変革するデジタルトランスフォーメーション(DX)が加速しています。このDXによる事業プロセスやビジネスモデルの変革には、5G(第5世代移動通信システム)などの通信技術が重要な役割を果たしています。5Gの特長である超高速・大容量、超低遅延・高信頼、同時多接続、これに加えてローカル5Gの安全性、安定性、柔軟性といった特長を生かしたサービスとユースケースの模索が始まり、企業や地域の課題解決に向けた多様なソリューションが検討されています。NECはこの5G/ローカル5Gを活用し、通信事業者及び広範な領域のパートナーの皆様と共創活動を既に多方面で進め、DXにとどまらない新たなビジネスモデルの創造や、次世代の都市基盤の実現などを推進しています。

本稿では5G時代の先、2030年頃と予想されているBeyond 5G時代の発展形態を広く想定して目指す社会像について考察し、通信とそれを取り巻く社会環境が今後どのように変化するか、通信がどのような役割を担うか、ユースケースとそれを支える技術に関し、NECのビジョンと取り組みを例として紹介します<sup>1) 2) 3)</sup>。

## 2. Beyond 5G時代の世界観と社会像

デジタル技術が浸透した世界では、性別・年齢・人種・障がいの有無などの垣根がなくなり、物理的・時間的な距離を超えて誰とでもつながり、さまざまな価値観を反映した個人に最適化された暮らしや、多様な働き方が当たり前となります。仕事を通じた自己表現、時空間・言語・世代を超えた豊かなコミュニケーションによる知恵の共有と共感を実現した「インクルーシブな社会」が到来すると考えられます。個と個が直接つながる次世代の分散型インターネットとしてのWeb3や、中央集権的な存在に支配されることなく透明性と公平性に富み誰でも参加可能な組織である分散型自律組織(DAO: Decentralized Autonomous Organization)なども既に生まれ始めています。生活者は通信とその周辺技術が実現するBeyond 5Gによる社会インフラに支えられ、人間が本来持つ創造性をより発揮しやすくなります。

“誰もが人間性を十分に発揮できる持続可能な社会”を目指すうえで、コミュニケーションは社会を変える大きな力を持っています。人間が生来持っている能力や可能性の限界を、Beyond 5Gによって社会実装された“テレX”なサービスによって超えていく社会ともいえます。これら

は「人間を超える」「空間を超える」「時間を超える」ことができる未来ととらえており、このような社会を実現するための新しいコミュニケーション像こそが、Beyond 5Gの目標とするものだと考えています(図1)。

「人間を超える」のユースケースとしては、お互いに同じ場所にいなくとも、五感、感情、周囲の雰囲気まで伝わり、あたかもその場に一緒にいるかのような体験の実現が挙げられます。サイバー空間を通じて同じ場所に立って、同じものを見て、同じ空気を感じて、そしてお互いの温もりが伝わり合い、感動の共有もできるようなことが体験できる世界を目指しています。

「空間を超える」では、地球規模のネットワークによって、ありとあらゆる場所でリアルタイムに「つながる」ことで、そこにいる人にとって今必要な情報が瞬時に届き、それがその人を支え、さまざまな価値を導き出します。これからは、どこでもつながるというカバレッジが拡大するのみでなく、場所やシチュエーションに応じてそれぞれのユーザーに応じて必要な情報が届くようになります。

「時間を超える」では、確率的デジタルツイン技術の活用などにより、実社会のなかで少し先の未来を適切に予測できるようになることで、ロボットと人との共存環境における事故のない安全・安心な環境を提供し新たな価値を創造することが可能になります<sup>4) 5)</sup>。

### 3. Beyond 5Gビジョン

2030年以降の将来社会に向けては、新しいテレコミュニケーションへの進化と、それを支える技術の進化が求め

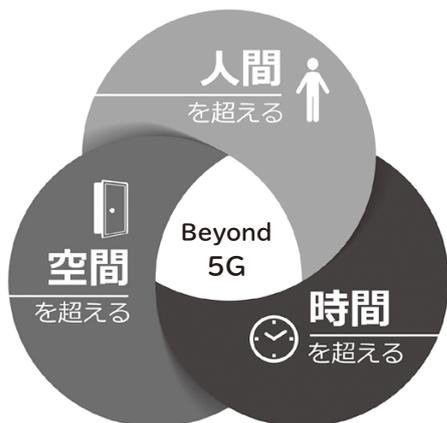


図1 「人間」「空間」「時間」を超える世界

られます(図2)。

4G、5Gまでの進化に加えて、Beyond 5Gでは人間・空間・時間を超えていくことにより、人の外面や内面だけでなく、身の回りから地球全体まで、あらゆる空間に存在するモノをAIで分析・理解して瞬時にデジタルデータ化し、過去のデータ、リアルタイムなデータ、未来の予測データを自由に活用できるようになります。そして、Beyond 5Gは人々の生活と社会をより豊かにするエッセンシャルインフラとしての役割を担うようになります。

このことを踏まえ、NECでは、Beyond 5GのScopeを、5Gの量的拡大だけではなく、分散データ処理まで統合してとらえています。すなわち、Beyond 5Gを、ネットワークと分散データ処理を融合し、全世界に分散する通信・計算資源を有機的に活用し、実世界とのリアルタイムなインタラクションを実現するためのシステムと定義しています。

Beyond 5Gは新しいコミュニケーションとして、(1) 時空間を超えた人と人、人とモノとの超現実感コミュニケーション、(2) デジタルツインとサイバーフィジカルシステムの拡張、(3) 全地球上のあらゆる場所でシームレスにつながるカバレッジ、などを実現します。

### 4. 技術進化の方向性と重点技術領域

NECではBeyond 5Gを無線通信技術の進化としてのみとらえるのではなく、分散コンピューティングやAIなどのデータ処理基盤をネットワークに融合した「社会インフラ基盤の進化」と考えています。Beyond 5Gの技術的なScopeを、超高速・広帯域通信や超カバレッジなど

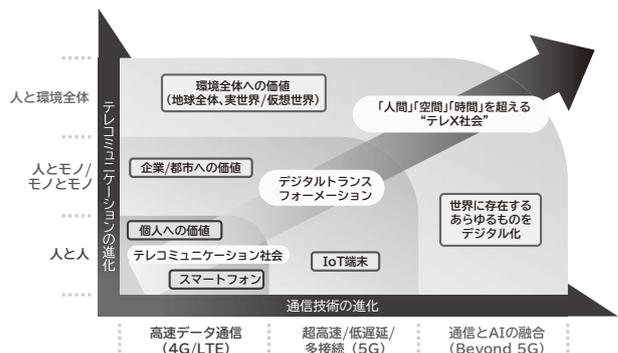


図2 テレコミュニケーションと通信技術の進化

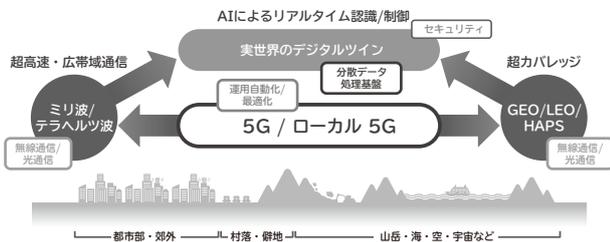


図3 Beyond 5Gの技術スコープ

無線通信/光通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 高速大容量化/小型低消費電力化：広域分散MIMO/Radio over Fiber (RoF)、Sub THzデバイス</li> <li>■ カバレッジ拡大：衛星間光通信、モバイルダイレクトアクセス</li> <li>■ 無線/光センシング</li> </ul>
運用自動化/最適化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ サービスやアプリケーションに即したEnd-to-endネットワークの最適化：アプリウェア無線通信制御技術</li> <li>■ 運用管理自動化レベルの向上</li> <li>■ AI技術の活用と進化：インテントに基づく自律的なネットワークの設計・運用</li> </ul>
分散データ処理基盤	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 通信とAIアルゴリズムの共進化：エッジ学習・推論プラットフォーム</li> <li>■ デジタルツインの構築：確率的デジタルツイン</li> <li>■ 確率的ロボティクス：リスクセンシティブ確率制御</li> </ul>
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 通信インフラのセキュリティ：バックドア検査、セキュアシステム自動設計、サイバー攻撃リスク自動診断技術、軽量プログラム改ざん検知</li> <li>■ データ処理基盤のセキュリティ：秘密計算、高秘密連合学習</li> </ul>

図5 Beyond 5Gの重点技術領域

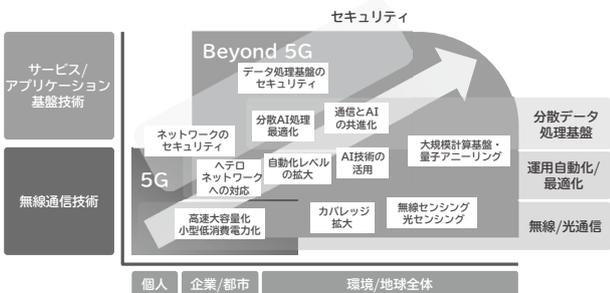


図4 技術進化の方向性

の無線通信技術と、AIによるリアルタイム認識/制御などのサービス/アプリケーションの基盤技術の両面からとらえています(図3)。

無線通信技術ではミリ波/テラヘルツ波を活用した使いやすい通信を実現したり、利用者の体感品質(QoE: Quality of Experience)を最大化するネットワーク制御技術を用いたりすることで、どこでも人とロボットが共存できる環境の実現を目指します<sup>6)7)</sup>。来るべきBeyond 5G時代の社会では、世界をまるごとリアルタイムにデジタルツイン化する技術や、ロボット行動計画、瞬時の未来予測などインフラと協調するAI技術がネットワークとともに進化していきます。その際に、両者は完全に独立して進化するのではなく、お互いに補い合う、いわば“共進化”の関係になっていくと考えられます。

これらの技術進化の方向性を図4に示します。ここでは、横軸をテレコミュニケーションの進化、縦軸を無線通信技術からサービス/アプリケーション基盤技術への広がりとしています。NECではこの進化のなかで必要となる技術要素を4つの重点技術領域として、(1) 無線/光通信、(2) 運用自動化/最適化、(3) 分散データ処理基盤、

(4) セキュリティに整理し、それぞれ連携しながら研究開発に取り組んでいます(図5)。

## 5. おわりに

Beyond 5Gは生活や社会のあらゆるシーンを支える最新の情報通信技術として浸透し、DXのプラットフォームとして人々と社会を支える重要な役割を果たすようになり、実世界と仮想世界の人、モノ、コトのインタラクションのシームレス化に貢献していきます。人々は快適なライフスタイル、ワークスタイルの実現のためにこれまで以上に通信技術を活用するようになります。その際のネットワークの敷設、運用やサービス提供に関しては、現在よりも選択肢が格段に広がって自由度が増し、エリアに関しても都市部や繁華街にとどまらず地方や過疎地などにおいてもサービスが必要な場所にネットワークが展開されるようになるでしょう。企業、団体などによる自営や閉域のネットワークの敷設/運用/利用が一般化し、これと併せて配置され偏在する分散データ処理基盤を効率良く用いることが期待されます。

複雑化するサービスやソリューションの提供に添えていくためには、技術的な観点からの性能や要件の担保が必要なことに加えて、ネットワークとアプリケーションやサービスが一体となりシステム全体の最適化を図りながら発展・進化させていくことが求められます。NECはネットワーク・ITからデータ・サービスまでの幅広い領域において世界トップクラスの技術をバランスよく保有する数少ない企業です。情報通信技術という従来までの枠を超え、Beyond 5Gの実現に不可欠と考えられる5Gの量的拡大と分散データ処理に関し、研究開発の段階から一体的・統合的にアプローチしていきます。



図6 Beyond 5G時代に向けた共創活動で目指す姿

NECが保有する技術アセットに加えてシステム構築や運用のノウハウも最大限に活用し、お客様・パートナーの皆様との協働による研究開発や事業開発のオープンな取り組みを進めます(図6)。例えば、産学共創活動では個々の技術の研究開発に加えて、社会実装まで見据えたビジョン形成と社会コンセンサスの醸成までを活動範囲としてカバーしていきます。大学や企業内の研究室の中に閉じた活動にとどめず、実社会で稼働中の施設や大学キャンパスをリビングラボとして活用し、技術面の実証に加えガバナンスや制度面の検証も行うことで、実用化や社会実装を前提とした社会受容性の高い研究開発を進めています<sup>8)</sup>。将来社会の縮図としてのリビングラボを常設して運営することにより、より多くの企業や大学、自治体などを呼び込んで協働し、2030年代に向けたオープンイノベーションとエコシステム形成を進めます。

Beyond 5G時代における“できたらすごいを社会に創る”の実現に向けて、幅広いステークホルダーの皆様と協働して「未来の共感」を創り、最先端技術を社会へ実装し、すべての人に価値を体感してもらうためにNECは挑戦し続けます。

\* LTEは、欧州電気通信標準協会(ETSI)の登録商標です。

\* その他記述された社名、製品名などは、該当する各社の商標または登録商標です。

## 参考文献

- 1) NEC プレスリリース：NEC、Beyond 5Gに向けたホワイトペーパーを公開，2020.11  
[https://jpn.nec.com/press/202011/20201126\\_03.html](https://jpn.nec.com/press/202011/20201126_03.html)
- 2) PR TIMES：NEC、「Beyond 5Gホワイトペーパー技術編」を公開，2022.3  
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000090.000078149.html>
- 3) PR TIMES：NEC、Beyond 5G ホワイトペーパー2.0版を公開，2023.3  
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000295.000078149.html>
- 4) NEC プレスリリース：大阪大学とNEC、「NEC Beyond 5G 協働研究所」を設置，2021.10  
[https://jpn.nec.com/press/202110/20211025\\_01.html](https://jpn.nec.com/press/202110/20211025_01.html)
- 5) 大阪大学：大阪大学とNEC、「NEC Beyond 5G 協働研究所」を設置\_より高度なデジタルツインの実現を目指し、産学連携を加速，2021.10  
[https://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/public-relations/press\\_release/2021/10/20211025\\_01](https://www.osaka-u.ac.jp/ja/guide/public-relations/press_release/2021/10/20211025_01)
- 6) NEC プレスリリース：東京大学とNEC、Beyond 5G技術の確立に向け「Beyond 5G 価値共創社会連携講座」を開設，2022.2  
[https://jpn.nec.com/press/202202/20220215\\_02.html](https://jpn.nec.com/press/202202/20220215_02.html)
- 7) 東京大学【工学部/工学系研究科】プレスリリース：東京大学とNEC、Beyond 5G 技術の確立に向け「Beyond 5G 価値共創社会連携講座」を開設，2022.2  
[https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws\\_202202150921476517381916.html](https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/foe/press/setnws_202202150921476517381916.html)
- 8) NEC プレスリリース：大阪大学とNECによる「NEC Beyond 5G 協働研究所」、確率的デジタルツインの社会実装に向けたリビングラボを設立，2023.3  
[https://jpn.nec.com/press/202303/20230302\\_01.html](https://jpn.nec.com/press/202303/20230302_01.html)

## 執筆者プロフィール

### 永井 研

次世代ネットワーク戦略統括部  
シニアプロフェッショナル

## 関連 URL

### NEC Beyond 5G

<https://jpn.nec.com/nsp/5g/beyond5g/>

# NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧いただきありがとうございます。  
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報 (日本語)

NEC Technical Journal (英語)

## Vol.75 No.1 オープンネットワーク技術特集

～オープンかつグリーンな社会を支えるネットワーク技術と先進ソリューション～

オープンネットワーク技術特集よせて  
NECのオープンネットワークに向けた技術開発と提供ソリューション

### ◆ 特集論文

#### Open RANとそれを支える仮想化技術

Open RANがもたらすイノベーション  
モバイルネットワークにおける消費エネルギー削減  
自己構成型スマートサーフェス  
Nuberu: 共有プラットフォームによる高信頼性のRAN仮想化  
vrAln: vRANにおけるコンピューティングリソースと無線リソースのためのディープラーニングベースのオーケストレーション

#### 5G/Beyond 5Gに向けた無線技術

グリーン社会の実現に向けたNECにおける5G/Beyond 5G基地局のエネルギー効率化技術開発  
双方向トランシーバアーキテクチャを備えたミリ波ビームフォーミングICとアンテナモジュール技術  
5G/6G屋内ワイヤレス通信向け1ビットアウトフェーシング変調による光ファイバ無線システム  
空間分割多重を用いた28GHz帯マルチユーザー分散Massive MIMO  
28GHz帯マルチユーザー分散MIMOシステムを用いたOTFS変調信号のOTA測定  
Sub6GHz帯アクティブアンテナシステムにおける空間多重性能の改善  
トランジスタ非線形モデルを使用しないブラックボックスドハティ増幅器の設計手法  
最大8マルチユーザー多重化を実現する39GHz帯256素子ハイブリッドビームフォーミングMassive MIMO

#### オープンAPN (オープン光・オール光) の実現への取り組み

APN実現に向けたNECの取り組み～Openな光ネットワーク実現に向けて～  
APN実現に向けたNECの取り組み～APN製品(WXシリーズ)の特長～  
APN実現に向けたNECの取り組み～フィールドトライアル～  
オールフォトニクスネットワークを支えるシリコンフォトニクス光源による波長変換技術  
NEC Open Networksを支える光デバイス技術～800G超の光伝送技術～

#### コア&パリューネットワークへの取り組み

カーボンニュートラルな社会の実現に向けたデータプレーン制御を支える技術  
5G時代の人々の暮らしを支えるNECのネットワークスライシング技術  
Beyond 5G、IoT、AIを活用したDX推進を支えるアプリケーションアウェアICT制御技術  
通信事業者向け5Gコアネットワークにおけるパブリッククラウド活用

#### 高度なネットワークサービスを提供する自動化・セキュア化への取り組み

OSSにおける運用完全自動化へのNECの取り組み  
利用者の要件に基づくネットワークの自律運用技術とセキュリティ対応の取り組み  
情報通信ネットワークの安全性を向上するセキュリティトランスペアレンシー確保技術  
ネットワーク機器のサプライチェーン管理強化に向けた取り組み

#### ネットワーク活用ソリューションとそれを支える技術

通信事業者向け測位ソリューション  
5Gのポテンシャルを最大限に引き出すトラフィック制御ソリューション (TMS)  
ローカル5G向け小型一体型基地局「UNIVERGE RV1200」及びマネージドサービス  
産業DXを支えるローカル5G活用によるパーティカルサービス  
ローカル5G、LAN/RAN融合ソリューション

#### グローバル5G xHaulトランスポートソリューション

トランスポートネットワークの高度化を実現するxHaulソリューション・スイート  
xHaulトランスフォーメーションサービス  
xHaulトランスポート自動化ソリューション  
5G/Beyond 5Gにおける固定無線トランスポート技術  
Beyond 5Gに向けたSDN/自動化  
高効率・大容量無線伝送を実現するOAMモード多重伝送方式

#### Beyond 5G/6Gに向けて

Beyond 5G時代に向けた取り組み

### ◆ NEC Information

2022年度C&C賞表彰式典開催



Vol.75 No.1  
(2023年6月)

特集TOP