



Beyond 5G／6G時代のライフスタイルとその実現技術について

KDDI総合研究所 先端技術研究所長 兼 KDDI技術戦略本部副本部長

こにし さとし
小西 聡



1. はじめに

日本では、5Gが商用化された2020年3月とほぼ同じ時期にCOVID-19の感染者が増え始め、瞬く間に人々の生活や経済活動、社会の在り方が一変した。我々の生活に焦点を当てると、インターネットを用いたオンライン会議やフードデリバリー、医療の遠隔診断などが一気に普及した。

COVID-19の感染拡大前からデジタルトランスフォーメーション（以下、DXと略記）の必要性が人々に認知されていたが、New Normalとも呼ばれるWithコロナやPostコロナの時代では、人々の生活や経済活動を支えるためにDXの加速が急務となっている。また、近年では、温室効果ガスを削減し、「脱炭素社会・カーボンニュートラル」の早期実現を目指す必要がある。つまり、5Gの次のシステムとして期待されるBeyond 5Gや6G（以下、B5G/6Gと略記）が実現する2030年ごろに向けて、「人々の生活を豊かにし、経済を活性化しながら、環境を守る社会システムの実現」というバランスの取れた新たな社会基盤を実現する必要がある。そのために、情報通信技術に対する期待はますます大きくなる。

本稿では、まず内閣府が掲げるSociety 5.0^[1]を早期に実現するための筆者らの構想を紹介する。筆者らが検討中の2030年ごろのライフスタイルとユースケースについて触れた後に、例としてあるユースケースを概説しつつ、このユースケースの実現に必要な技術についても紹介する。

2. Society 5.0の早期実現に向けた社会構想「KDDI Accelerate 5.0」

情報通信技術によって得られるデータは、我々が存在するフィジカル空間において、様々なデバイスを通じて安全性が担保された状態で取得され、有線や無線のネットワークを介して、データを処理するサイバー空間に送られる。このサイバー空間に集まった様々なデータを用いて、サイバー空間でフィジカル空間に有用な情報やデータを作成し、ネットワークを介してフィジカル空間にいる我々やモノに対して伝えられる。そして、フィジカル空間で受け取った情報やデータを基に、生活や経済活動、社会活動が進められ、その中で新たに収集されるデータをサイバー空間に送る、とい

う循環が行われる中で、新たなビジネスの創出や、組織と社会基盤の変革が行われる。

これはまさしく我が国が掲げるSociety 5.0であり、Society 5.0を早期に実現することがDXの推進につながると考える。このことを踏まえ、KDDIとKDDI総合研究所（以下、総称として“KDDI”と表記）は、2020年8月に“次世代の社会構想”として、「KDDI Accelerate 5.0」を発表し、Society 5.0の世界を早期に実現する必要性を述べている^[2]。

KDDI Accelerate 5.0において、KDDIは、国内外問わず大企業からスタートアップまで幅広いパートナーとともに、新たな社会基盤となるネットワークのみならず、データを処理するプラットフォーム、そして、新たな価値を提供するためのビジネスという3つのレイヤの環境整備を進めることを宣言している。

KDDIでは、前述した3つのレイヤの活動を支えるため、図1に示すような「7つのテクノロジー」の研究開発を推進する。また、オーケストレーションと題し、研究開発やビジネスの連動性を高めていくことに注力する。結果として、フィジカル空間とサイバー空間の間で、生活者・経済・社会から得られるデータの循環を活性化し、生活者一人ひとりが快適で生活できる持続可能な社会の実現に貢献する。

5Gの普及によりフィジカル空間とサイバー空間の融合は進み、フィジカル空間のデータはネットワークやIoTによってサイバー空間に集められ、プラットフォーム上で様々な分析やシミュレーションが行われるようになる。そして、AIやXR、ロボティクスによって、フィジカル空間へフィードバックする技術の研究開発を強化し、両空間の融合を加速する。

筆者らは、フィジカル空間からサイバー空間に送られる「データ収集（図1における左側の矢印）」については、5Gまでのネットワークの進化やセンサーデバイスの発展と普及により、実現しつつあると考えている。一方で、サイバー空間からフィジカル空間に送られる「フィードバック（図1における右側の矢印）」については、まだ十分に実現できていないのではないか、と考えている。右側の矢印で示すフィジカル空間へのフィードバックが十分に行われ、フィジカル空間に存在する人々がフィードバックの内容の有効性を実感すれば、左側の矢印で示されるデータ収集の量が多くな



■図1. Society 5.0の実現に寄与する「7つのテクノロジー」

り、データ収集の頻度も上がり、結果的に正のスパイラルが出来上がる。この正のスパイラルができないと、Society 5.0を真に実現することは困難だと考えている。図1において、左側の矢印に比べて、右側の矢印を太く明るく描画しているのは、右側の矢印の重要性を表すためである。

図中の右側の矢印においてフィジカル空間に存在する人々に直接的な影響をもたらす技術が「6. XR」や「7. Robotics」であるが、これらの技術に対してどのような情報やデータを送るべきかを判断するのが「5. AI」であり、判断するためにデータを安全に管理し、運用する機能として、「4. Platform」が必要である。

センサから様々なデータをサイバー空間に上げるためには、「3. IoT」の技術が必要である。サイバー空間のみならず、フィジカル空間に存在する様々なデータを安全に管理するために、「2. Security」の技術が必要である。そして、大量のデータを低遅延かつ信頼性も担保された状態で送受信させるためには「1. Network」が必要不可欠であり、ネットワーク技術には無線通信技術のみならず光通信技術やコアネットワークを支える技術などの様々な技術が存在する。

3. 2030年のライフスタイルとユースケース

世界中で5Gのキラーアプリケーションを模索中である現状において、2030年のライフスタイルやユースケースを明確に答えることは容易ではない。

そこで、筆者らがまとめたB5G/6G向けのホワイトペーパー^[3]に示すように、まず、人間の欲求の分類から始めており、欲求を物質的な欲求と精神的な欲求に分けている。そして、物質的な欲求として、「食」「購買」「健康」「住み方・

暮らし方」を、また、精神的な欲求として、「働き方の変化」「学びの変化」「趣味・遊びの変化」「休養の変化」「交流の変化」に分類し、合計9つからなるライフスタイルについて検討を進めている。

紙面の制約上、すべてのライフスタイルを紹介することはできないが、一例として「働き方の変化」を紹介したい。B5G/6Gが普及する時代では、住む場所を固定せず、好きな場所で好きな環境に囲まれながら仕事ができることを人々が望むようになるのではないかと筆者らは考えている。

このようなライフスタイルをかなえるためには様々な技術が必要になる。例えば、五感体験を直接脳波で伝送し、離れた空間にいても認識齟齬が発生しない世界を作る必要がある。図2で示すようなホログラムを用いて、フィジカル空間の様子を臨場感のある形で相手に伝送するとともに、頭の中で想像した内容を脳波でそのまま相手に伝達できる脳波通信を用いることであれば、遠隔地の同僚との遠隔打合せでもリアルな環境と同様に、高い成果を出せるようになるだろう。



■図2. ホログラム伝送による遠隔打合せ



4. 2030年のライフスタイルの実現に必要なB5G/6Gを支える技術

3章では一例として「働き方の変化」のみに焦点を当てたが、日常の生活を営むためには複数のライフスタイルの変化に遭遇することになる。そして、様々な新たなライフスタイルの実現するためには、様々な技術が必要となる。

本章では、想定するユースケースとして、「家族の誕生日パーティを開催すること」を例に挙げる。まず、パーティの参加者ごとの健康状態に合わせて適切なメニューが選ばれることを考える。このためには、ウェアラブルデバイスや健康管理のためのセンサを通じて個人の健康状態を把握する。また、必要な飲料品や食料品の不足分は図3 (a) に示すようなセンサによって検知され、自動購入することができるようになっている。なお、自動購入に当たっては、家族の健康状態を個別に把握した上で、図3 (b) のようなバーチャルヒューマンがカウンセリングを行いながら、健康と嗜好を加味した飲食料品を選ぶことができる。さらに、誕生日パーティ

のような非日常的なイベントが開催される場合も、図3 (c) のように、センサを通じて事前にかつ自動的にドローンを含めた様々な配達ロボットによって必要な飲食物が届けられる。このほか、事前に注文した料理やパースデーケーキなども配達ロボットによって運ばれる。なお、誕生日パーティのリアルな場に参加できない人にも希望に応じてパーティ会場と同様の食材がロボットを通じて届けられる。また、図3 (d) に示すような点群データによる3D画像に加え、触覚情報が伝達されることによって、リモート参加者がリアルな場にいる感覚を得ることができる。

このようなユースケースを実現するためには、ユーザが五感を通じて感じる技術に加えて、少なくとも、以下に示す技術が必要になる。

まず、センサによる情報収集を行うためには、様々な場所にセンサを配置しておく必要がある。蓄電池で動作するセンサ用のデバイスは常に正確な位置情報を得ながらサイバー空間へ情報を送る必要がある。このようなメンテナンス



(a) センサによる飲食物の自動購入



(c) ドローン型ロボットによる自動配達



(b) バーチャルヒューマンによるカウンセリング



(d) 点群データによる3D動画：誕生日パーティ

■ 図3. 2030年でのユースケース例



フリーなセンサ用デバイスを実現するために、センサデバイスが自ら必要な電力を作り出すエネルギーハーベスト技術や位置情報を取得するためのVirtual Positioning System^[4]が必要となる。

いうまでもなく、センサで送られる情報のセキュリティの確保には万全を期す必要がある。2030年ごろには量子コンピュータが普及していることを想定し、量子コンピュータでも情報が解読されないような次世代の暗号方式を用いる必要がある^[5]。また、用途に応じて必要なデータだけをサイバー空間に送るような仕組みが必要である^[6]。

現在も、配達ロボットを用いたデリバリーサービスの実験や検証が行われているが、今後は様々な種類のロボットが使用されるようになる。様々なロボットを管理し制御するためには、Platform上にRobotics as a Service (RaaS) と呼ばれる新たな機能が必要となるだろう^[7]。

様々なデータを用いながら、フィジカル空間での次のアクションを決定するのがAIである。フィジカル空間では、身の回りの環境が時々刻々変化する。したがって、同じような環境が生じばいいフィジカル空間では、既知の情報として大量に存在するデータを用いて学習する既存のAIを用いることはできない。よって、従来のAIとは異なった、フィジカル空間特有の課題を解決する「フィジカル空間指向AI」が必要となる^[8]。上述の誕生日パーティの例に当てはめると、誕生日という限られたイベントにおいて、年々、誕生日を祝ってもらう本人や祝福するメンバを取り巻く外部環境が変化しているため、限られたデータを基に対象とする事象を予測する必要がある。また、フィジカル空間指向AIによって得られた結果を基に、フィジカル空間にいるユーザに対して、食習慣や運動習慣、移動手段といった様々な変化を促す働き掛けを行うためには、対象のユーザの個性や趣味嗜好に合わせた情報を送る必要がある。このような働き掛けを実現する技術が「説得AI」である。併せて、ユーザが自ら健康促進のための食事管理や運動のような行動をするか否かは、ユーザがAIを信頼できるか否かに依存する。そこで、このような予測や結論をAIが導いた理由を提示するなどの技術である「信頼できるAI」も必要になるだろう。

これらの新たなAIによって、図1に示す右側の矢印を通じて、サイバー空間からフィジカル空間のユーザに対してどのような情報を伝えればよいかが決まる。ここで、伝えるべき情報を、画像や映像による視覚を含む五感の情報として表現する技術がXRである。まず、画像に関しては、図2や図3 (d) に示すような3Dによる画像伝送が普及するだろう。

3D画像を実現する手段の一つとして、点群データという点の集まりによって3D画像を表現する技術が存在するが、2Dに比べて多くの通信容量が必要となる。そこで、3D画像の品質を落とさずに、点群データを圧縮する技術が求められる^[9]。このほかにも遠隔地にいながらあたかも同じ空間を共有しているかのように感じるためには、触覚や嗅覚を伝達するマルチモーダル連携も必要となる^[10]。

遠隔操作のロボットやロボット間の通信を遅延なく動作させるためには、ロボットが送受信する画像の伝送遅延時間を短くする必要がある。そのためには、最新の映像符号化方式を用いるだけでなく、画像の符号化遅延時間を短縮する技術も必要不可欠である^[11]。

配達ロボットのみならず、家庭内のお手伝いロボットや人の行動を支えるロボットが普及すると、人とロボットが共存できなければならない。これまでは、人からロボットへの指示が中心だったが、今後は、ロボットから人への提案や、人の安全が危ぶまれる場合はロボットから人への指示もあるだろう。このような場合、上述の様々なAI技術に加えて、人とロボットとの相互作用に関するHuman Robot Interaction技術が必要となる^[12]。

これまで述べてきたように、3D画像のような大容量のデータのみならず、センサをはじめとする様々なデバイスから送られる少量データまで、通信サービスのコンテンツはますます多様化するだろう。これに伴って、サービスごとのトラフィック特性やネットワークに求める要件も千差万別になると思われる。遅延時間に関してもネットワークでの遅延のみならず、アプリケーションレイヤまでを考慮した遅延時間の短縮が求められる。更に、自動車の自動運転のみならず、ロボットの自動配達のようにモノの行き来に伴う安全性が必要不可欠であるため、これを支える通信ネットワークも必要になる。

上述の例を踏まえ、今後は人だけではなく、ロボットの位置や移動場所にもカバレッジエリアを提供する必要がある。そこで筆者らは、人やロボットが存在する場所にスポットライトを当てるかのように、カバレッジエリアを動的に構築する新たなアーキテクチャ「ユーザセントリックアーキテクチャ」が必要だと考えている^[13]。ユーザセントリックアーキテクチャでは、分散配置された多数のアンテナ同士が協調してカバレッジエリアを構築する。この実現のために、Cell-Free Massive MIMOという技術の利用が考えられる^[14]。

また、ウェアラブル端末のような身の回りの端末との協調送信を実現し、アップリンクのスループットを向上させる「仮



想化端末」という発想も必要になると、筆者らは考えている^[13]。

このように、2030年ごろの誕生日パーティを構成する一部のシーンを切り取るだけでも、ネットワークのみならず、7つのテクノロジーを構成する様々な要素技術を駆使して初めて実現できることが分かる。

5. おわりに

本稿ではまず、COVID-19がきっかけとなって、Society 5.0を早期に実現する必要があること、また、COVID-19のみならずカーボンニュートラルのような人類全体の課題を解決するために、人々の生活を豊かにするだけでなく、経済を活性化し、かつ、持続可能で安全安心な社会を創ることがこれから求められている事を述べた。このような社会の実現に向けて、KDDIが発表した「KDDI Accelerate 5.0」という2030年に向けた新たな社会構想の中で、3つのレイヤと7つのテクノロジーによって新たな社会を実現することも紹介した。

B5G/6Gが実現する2030年ごろのライフスタイルやユースケースを創り上げていくために、筆者らは「ライフスタイルの研究」と「そのライフスタイルを実現するための技術の研究」という両輪で検討を進めている。本稿では一例として、将来の誕生日パーティを挙げ、このユースケースに必要な技術を前述の7つのテクノロジーの観点から紹介した。

B5G/6Gの実現に向けて、ユースケースの発掘や基礎研究、技術開発、技術の標準化など多岐にわたる検討が必要になる。Society 5.0を早期に実現し、より良い社会を将来に残すために、様々なパートナーや関係者の皆様にご協力並びにご指導ご鞭撻をいただけると幸いである。

参考文献

- [1] 内閣府 “Society5.0,” https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- [2] KDDI総合研究所, “KDDI Accelerate 5.0,” http://www.kddi-research.jp/kddi_accelerate5_0/, 2020年8月.
- [3] KDDI, KDDI総合研究所, “Beyond 5G/6Gホワイトペーパー Ver.2.0,” 2021年10月.
- [4] “衛星写真からの3Dマップ生成が特長のVPS技術を保有するSturfeeと戦略的パートナーシップを締結”, KDDI株式会社, <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2019/06/24/3883.html>, 2019年6月24日.
- [5] National Institute of Standards and Technology, “Post-Quantum Cryptography Standardization,” <https://csrc.nist.gov/projects/post-quantum-cryptography/post-quantum-cryptography-standardization>, 2016.
- [6] ITU-T, X.1363: Technical framework of personally identifiable information handling in Internet of things environment, 2020.
- [7] “TIS, ロボットによる人の業務代行・分担を実現する「サービスロボットインテグレーション事業」を提供～複数のロボットを統合管理するプラットフォーム「RoboticBase」で、人手不足の解消と業務生産性の向上などの社会課題を解決～”, TIS, https://www.tis.co.jp/news/2018/tis_news/20181016_1.html, 2018年10月16日.
- [8] “海外最先端の研究者との共同研究プロジェクトの開始～次世代社会構想KDDI Accelerate 5.0の実現に向けて～”, KDDI総合研究所, <https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2020/102601.html>, 2020年10月26日.
- [9] MPEG-3DG: “MPEG Point Cloud Compression”, <http://www.mpeg-pcc.org/>
- [10] “「オンラインでも乾杯の感触を」触覚技術で遠くにいる人との気持ちがつながります コミュニケーションシステム「Sync Glass」を開発”, KDDI総合研究所, <https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2021/031501.html>, 2021年3月15日.
- [11] “遠隔操作ロボット用映像伝送技術で50ミリ秒の超低遅延映像伝送を実現!～視覚と操作のずれを感じることなく遠隔操作が可能に～”, KDDI総合研究所, <https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2020/070901.html>, 2020年7月9日.
- [12] ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, <https://dl.acm.org/conference/hri>
- [13] 小西聡, “6G時代の社会を支える新たな無線ネットワークアーキテクチャ,” 電子情報通信学会誌104巻10号, pp.1069-1071, 2021年10月.
- [14] H.Q. Ngo, A. Ashikhmin, H. Yang, E.G. Larsson, and T.L. Marzetta, “Cell-free massive MIMO versus small cells,” IEEE Trans. Wireless Commun., vol.16, no.3, pp.1834-1850, March 2017.