

## Beyond 5G (6G) に向けたテクノロジービジョン



特集2  
ハイテク推進  
セミナー

情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター  
テラヘルツ研究センター  
寶 迫 巖 氏

### ・背景

第5世代移動通信システム (5G) の社会実装が本格化し、その活用に大きな期待が寄せられています。移動通信システムは、通信基盤 (1G~3G)、生活基盤 (4G) と進化し、個々人の生活に欠くべからざる要素となってきました。5Gにおいては Internet of Things (IoT) 等のように人だけではなくモノも繋がる社会基盤となってきており、人と人、人とモノ、モノとモノといった相互作用が、社会生活の様々な局面において大きな意味を持つに至っています。移動通信システムの利活用はデジタルトランスフォーメーション (DX: Digital Transformation) の推進と相まって加速度的に進展して行くと考えられ、移動通信システムを支えるコアネットワークや

ネットワーク上に存在するサーバー群、それらが織りなすサイバー空間を通じての様々な相互作用は、実空間とサイバー空間が融合したサイバーフィジカルシステム (CPS: Cyber Physical System) (図1) として捉えることが出来るものです。次世代の移動通信システム (Beyond 5G/6G) においては、CPSを支える通信網が社会それ自身の神経網ともいべきものになっていくと考えられます。すなわち、今後の移動通信システムが中心となって、社会における基盤的インフラとして機能することとも言えます。その結果として、人やモノが通信インフラを通じて自在につながり、様々なサービスが実現されて行くことになるでしょう。その一方で、基盤的社会的インフラに対する安全保障の側面から、様々な問題

## Beyond 5G(6G)に向けたテクノロジービジョン

移動通信システム：通信基盤 (～3G) → 生活基盤 (4G) → 社会基盤 (5G) へと進化

喫緊の課題：新しい生活様式の下での経済成長の実現 → 「ICTを活用した非接触型社会」

空間的に分散した個人が高度な神経網 (Beyond 5G(6G)) でつながり、サイバー空間を通じて他者やロボット、アバターと協働。いかなる時でも価値を創出し続ける。



実空間の事象を計測 (ビッグデータ) し、サイバー空間に投影し、解決策 (最適解) を見いだして実空間を駆動する「サイバーフィジカルシステム」の実現。



神経網となるBeyond 5G(6G)の開発と「サイバーフィジカルシステム (CPS)」の実現がカギ

### NICT 技術シーズ例

<p><b>テラヘルツ</b></p> <p>携帯電話で100Gbit/s級超高速無線を実現。バックホール回線等では屋外1kmを100Gbit/sで通信可能に</p>	<p><b>時空間同期</b></p> <p>超小型原子時計で電波の位相も自在に撮り、端末間・基地局間連携や、非GPS位置情報サービスも実現</p>	<p><b>電波エミュレータ</b></p> <p>インフラからアプリまで様々な電波システムを、仮想空間上で設計、評価、検証が可能な環境を提供</p>	<p><b>スペースB5G(NTN)</b> NTN (Non-Terrestrial Network)</p> <p>航空宇宙や海洋で実現する、シームレスに統合された多層的なネットワークの構築に必要な基盤技術</p>	<p><b>超大容量光ネットワーク</b></p> <p>光ファイバ(無線) (RoF) やマルチコア光ファイバ(技術等)で現実世界のみならず、サイバー空間内や現実世界と間のデータ通信の根幹を担う</p>
---	--	---	---	--

NICTの技術シーズを社会のニーズをソリューションとして提供するパートナー  
とともに、Beyond 5G(6G)の先駆けとCPSの早期実現を目指す

図1：Beyond 5G/6G に向けたテクノロジービジョン。上部は社会の神経網となる Beyond 5G/6G の位置付けを示し、下部は Beyond 5G/6G に向けた技術シーズを例示している。

が生じています。例えば、通信機器にスパイウェアを仕込んでいるのではないかという疑惑に基づき、通信機器の製造元の国籍等から特定の製造元の製品を排除するなどの動きが出てきており、世界的にも大きな問題となっています。

また、現在、新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の世界的流行 (パンデミック) のため、各国政府では、感染抑制のため、人と人が直接出会う機会を極力減らすようロックダウン等によって対応しています。エッセンシャルワーカーを除く多くの人々は在宅勤務を行うことが推奨/強制されています。在宅勤務においては、サイバー空間を通じて個人同士が繋がることが出来る (図1) ため、ある程度の経済活動の継続はできますが、一方で現在の ICT の力不足も認識される事態となっています。

このような背景から、Beyond 5G/6G に関する関心が、これまでの世代の切り替わり時点に比べ、大変高まって来ており、その研究開発をどのように進めるか等の議論が巻き起こっています。

#### • Beyond 5G/6G に関する白書等

2030 年代の社会像、さらにはそれから引き出さ

れる情報通信ネットワークの要件等が、各機関がそれぞれに出版しているホワイトペーパー [1-4] で議論されています。オウル大学を始め、世界の通信キャリア会社や研究機関等から Beyond 5G/6G に関する白書が Web 上で公開されています。5G での特徴的なネットワークスライスである超高速・大容量性、低遅延性、多数同時接続性に関して、大まかに 10 倍程度の高性能化を目指すとしている点、さらには移動通信システムの航空宇宙領域へ拡大するであろうと言う点はほとんど全ての白書に共通しています。

#### • Beyond 5G/6G に関する技術シーズ

これら共通部分への技術シーズとして NICT においては、図1に示す5つのシーズがあり、今後研究開発に注力する予定です。以下では、その中でも超高速・大容量性を実現するために不可欠であると考えられているテラヘルツ (THz: Terahertz) 無線通信について述べることにします。

THz 波の無線応用は Beyond 5G/6G で期待される超高速・大容量性 (> 100 Gbit/s) を実現する手段として期待されています。2019 年の世界無線会議

**Beyond 5G/6Gが切り拓く新サービスの例**

**VR/ARでエンタメに革新**  
・映像は現実と同様の高精細  
・現実や体の動きに低遅延で追従

**手術室に革新**  
内視鏡映像のリアルタイム伝送  
無線接続でケーブル配線を激減

**Beyond 5G/6G×VRゴーグルで  
誰もが最前列に！**

**超高精細×超臨場感×同時多数参加で  
オンラインサービスに革新**

**テラヘルツ帯無線の応用例**

**超高精細テレビに革新**  
・壁紙ほど薄い映像デバイス  
・チューナ、録画機とは無線接続

**放送スタジオに革新**  
・無線接続でケーブル配線を激減  
・新サービスに迅速に対応可能

**データセンターに革新**  
・無線接続でケーブル配線を激減  
・新サービスに迅速に対応可能

**無線システムに革新**  
・設置場所を選ばない小型アンテナでどこでも超高速通信

図2: Beyond 5G/6G が切り開く新サービスの例

(WRC-19: World Radio Conference 2019) において THz 周波数帯の 275-450GHz の間の合計 137GHz もの帯域 (275-296 GHz、306-313 GHz、318-333 GHz、356-450 GHz) が陸上固定無線 (FS: Fixed Services) と (LMS: Land Mobile Services) に特定化 (Identification) されたことも大きな理由の 1 つです。この内容は無線規則 (RR: Radio Regulations) に既に反映 (FN5.564A) されています。さらに直下の帯域 252-275GHz は既に FS と LMS に割り当て (Allocation) されており、これと先の WRC-19 の結果を合わせて考えると、450GHz 以下の帯域において、356-450 GHz の 94GHz 幅、252-296GHz の 44GHz 幅が FS と LMS として使えることとなります。このようにこれまでにない広大な帯域が連続して FS と LMS に使えるという事実は、これまでの無線通信システムにはない特徴と言えます。252-296GHz 帯では、大量生産により低価格化が期待できるシリコン半導体や高出力が期待できる窒化ガリウム半導体でも、技術が進展して無線通信用素子を実現できる可能性があります。このようなデバイス技術の進展も THz 無線への期待につながっていると言えるでしょう。

THz 無線のメリットは超広帯域性を活かした超高速・大容量性や、波長 ( $\lambda=1\text{mm}$  @300GHz) が短いことに起因するアンテナの小ささとそれに関連した機器の小ささにあると言えますが、一方で自由空間伝搬損が大きく、屋外においては降雨・降雪減衰が大きいため、伝送距離がかなり短くなってしまおうというデメリットもあります。超高速・大容量性と伝送距離のバランスをどのように取るかが、THz 無線を実現するために重要であることは言うまでもありません。これはどのようなユースケースを THz 無線によって実現するかに依りますので、まずはユースケースの議論を尽くすことが重要です。例えば高解像度映像 (8K) の非圧縮ストリーミング伝送 (最大で 144Gbit/s) は明らかに THz 無線のユースケースであると言えます。このような超高速性を支えるには、コアネットワークとどのような連携が必要となってくるかも検討して行く必要があります。THz 無線が Beyond 5G/6G の超高速・大容量性を実現したと仮定して、Beyond 5G/6G が切り開く新サービスの例を図 2 に示します。画像伝送系を中心に様々な革新的サービスが期待されてい

ます。THz 無線の社会実装へは、デバイス開発、システム開発、標準化等、様々なハードルが沢山ありますが、各種の白書に記載されている THz 無線への期待は大きく、世界各国での研究開発が盛んになって来ています。

#### •まとめ

Beyond 5G/6G が進むべき方向性として、2030 年代の社会の神経網となるべきこと、CPS の根幹をなすべきことを挙げ、それらを実現するための技術シーズ例を示しました。中でも究極の超高速・大容量性を無線で実現するために必要となる THz 無線について概観しその可能性の大きさを示しました。

#### 参考文献

- [1] 総務省 Beyond 5G 推進戦略懇談会  
[https://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000364.html](https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000364.html)
- [2] NTT の IOWN 構想  
<https://www.rd.ntt/iown/>
- [3] DoCoMo の 6G 白書  
<https://5ge-and-6g-summit.com/pdf/6gwhitepaper2.pdf>
- [4] Oulu 大学「6G channel」  
<https://www.6gchannel.com/>  
<https://www.6gchannel.com/portfolio-posts/6g-white-paper-validation-trials/>



講師 寶迫 巖 氏