

## 5-2 ITU-R における標準化活動

### 5-2 Standardization Activities for Beyond 5G in ITU-R

菅田 明則

SUGATA Akinori

NICT の Beyond 5G に関連する研究を行っている研究室のうち、ITU-R での標準化活動を行っている研究室（時空標準研究室、テラヘルツ連携研究室、ワイヤレスネットワーク研究センター）のこれまでの活動状況を紹介します。さらに、テラヘルツ研究センターを加え、今後の標準化に向けた取組及び研究が目指すところを記述する。

The states of standardization activities related to IMT-2030 in ITU-R, which have been engaged for a few years by laboratories, such as Space-Time Standards Laboratory, Terahertz Laboratory, and Wireless Network Research Center of NICT, are introduced. Further, initiatives towards standardization of researches by them adding Terahertz Research Center and what they are aiming in their research fields on IMT-2030 are described.

#### 1 はじめに

ITU は、国連の専門機関の一つで、電気通信の運用により平和的關係、国際協力、経済的及び社会的発展を目的に設立された。ITU-R は、無線通信の研究を行い、その配下の WP5D では、約 10 年ごとに国際移動通信 (IMT) の基本構想を策定し、2023 年、WRC-23 直前に、IMT-2030 (日本では Beyond 5G で総称) の基本構想を示す枠組み勧告が承認された。

NICT の Beyond 5G に係る研究で、ITU-R での標準化活動に関係する研究として、次が挙げられる。

- ① 時空標準研究室における、Wi-Wi (Wireless 2-Way Interferometry)、原子時計チップ、クラスタクロックを活用する時刻同期技術及びそれを活用した高精度の位置出し技術に関する研究
- ② テラヘルツ連携研究室における、種々半導体やダイオードを使った、テラヘルツ帯で使用する発振/受信デバイス、種々形態のアンテナに係る研究
- ③ ワイヤレスシステム研究センターにおける、テラヘルツ帯 (一般に 0.1 ~ 10 THz) における 220-500 GHz の伝搬特性の研究

それぞれについて、ここ数年の標準化に向けた活動、今後の活動と目指すところについて以下に紹介する。

#### 2 時空標準研究室の ITU-R での B5G 関連の標準化活動

##### 2.1 B5G の標準化へ向けたこれまでの取組状況

Beyond 5G が使われる今後の無線網には、自動運転機能、ドローン、CPS (Cyber Physical Space) 等が接続され、活用され、「モノからモノへの低遅延通信、大量の端末装置間を接続する通信」が要求される状況が想定される。そして、すべての有線・無線において通信の主体として能動的な役割を果たす機器や機能実態 (ノード) に時刻と場所のタグが付された状況 (= 時空間同期) が必須になると考えられている。

それを実現するための三つの技術「原子時計チップ (CLIFS: Chip Level Integrated Frequency Standard)、ワイワイ (Wi-Wi: 無線双方向時刻同期) 技術、クラスタ時系」について研究が進められ、これら技術を広く使えるようにするための技術開発と標準化を目指している。

これら技術が世の中で広く使われ、標準技術となるためには、製造業者、通信事業者、システム利用者等、世界中の関係者から、その技術を使うことで得られる利便性や手ごころな価格での使用可能性について賛同を得ることが必要となる。研究室における実証研究と併行して、多くの関係者の理解を得ることが必要である。

ITU-R の WP5D (IMT system を検討する作業体) では、2030 年前後から使用に供される次世代 IMT システムの将来構想をまとめ、2023 年 9 月の SG5

において勧告案が最終化され、2023年11月のRA (Radiocommunication Assembly: 無線通信総会)-23においてIMT-2030 (ITU-RでのIMT-2020の次の世代の呼称。いわゆる“6G”。)の枠組みに係る勧告 (ITU-R Recommendation M.2160) を承認した。ここに至る前、2022年10月には、WP5DにおいてIMTで利用可能な将来技術の動向をまとめたレポート案を作成、最終化し、2022年11月のSG5において承認し、ITU-R Report M.2516となった。

このレポートのセクション5.7「実時間サービスと通信を固有に支援する技術」(小型原子時計による正確な時刻と周波数の生成と獲得。高周波数帯での誤り率の低減への貢献。各ノードが持つ時刻情報を正確に安定保持。複数ノードの時刻情報から最尤時刻生成とノード時刻の補正。ノード間の時刻同期と空間的位置出し同期。これらが自律分散動作や低遅延通信手順の構築を支援。移動端末への通信情報の配信を低遅延で効率的に行う網側の信号処理と通信資源の管理。これらへの貢献の可能性が言及されている。)に、時間空間同期に関する情報が、将来技術として列記されている。NICTからも小型原子時計の開発、Wi-Wi技術を将来の有望技術として寄与文書を入力し、研究成果を当該レポートに反映させた。

また、IMT-2030枠組み勧告M.2160においては、IMT-2030システムで実現が期待される能力として15能力要素が示された。そのうちの一つであるPositioning (位置出し)において、今後の研究開発目標値の可能性として、位置出しの正確さの精度を1~10cmとすることで合意された。ここでcmオーダーを残せたのは、NICTでの小型原子時計モジュールを使った実証実験の結果に基づき、可能性のある値としての根拠を踏まえた数値である。

## 2.2 今後の標準化に向けた取組及び目指すところ

今後、IMT-2030システムについては、最小要求条件の策定、その条件を満たすIMT-2030無線インタフェース候補技術の募集、要求条件を満たすか否かの評価、評価結果に基づきIMT-2030無線インタフェース技術として認定へ向けた合意形成、そして、2030年にIMT-2030無線インタフェース技術の勧告案の最終化と承認手続きが行われる。

現在、WP5Dにおいて、最小要求条件の策定(2026年1月目標)中であり、要求条件の中でPositioning (位置出し)の条件について、NICTの研究が反映されるように活動している。併行して、ITU-Rからの候補技術募集に応じて、候補技術を提案する外部団体における検討にも寄与することで、位置出しのための具体的な技術が、その外部団体が応募する候補技術に反映され

ることを目指し、関係者は引き続き努力している。

## 3 テラヘルツ研究センターテラヘルツ連携研究室のITU-RでのB5G関連の標準化活動

### 3.1 B5Gの標準化へ向けたこれまでの取組状況

B5Gに係る標準化を検討するITU-R WP5Dが作成したITU-R Report “Future Technology Trends (将来技術動向)” (2022年11月にSG5で承認されITU-R Report M.2516として発刊)に、NICTがテラヘルツ帯の技術に関連しITU-R WP5Dに寄与文書を入力(2021年5月)した情報の中で、次の内容が将来技術動向レポートに反映された。

送受信機に使用される最も高い周波数部品として、GaAs (Gallium Arsenide)あるいはInP (Indium Phosphide)などの化合物系半導体デバイスを使用すること。THz発振機能のために共鳴トンネルダイオードが、またTHz帯の検出機能のためにショットキー障壁ダイオードが小型送受信機を構成できること。また、リチウム・ニオブ酸化物の単一側帯光変調器と単一走行キャリア光ダイオードを組み合わせた光デバイス技術により大幅に発振周波数を伸ばせること。

ITU-R WP5Dが取りまとめ作成したITU-R Report 「100 GHz以上のIMT技術の実現可能性」(2024年2月にWP5Dで最終化され、2024年5月のSG5で承認された)には、NICTからTHz技術を反映すべく寄書入力(2022年10月、2023年1月、6月)し、テラヘルツ帯のアンテナ技術として、小型アンテナ(階段型ホーンアンテナ、誘電体直方体アンテナ、導波管型開口アンテナ)及びアクティブアンテナシステム用給電技術に関する情報が反映された。

このように研究成果技術のITU-R文書への反映により、世界の多くの関係者の耳目に触れることにより、テラヘルツ帯で使用する製品に活用され、その技術の国際展開、さらには技術の標準化につながる可能性が期待される。

### 3.2 今後の標準化に向けた取組及び目指すところ

テラヘルツ帯の周波数帯が部分的にIMTに特定される可能性は、WRC-23での議論の結果により、テラヘルツ帯のIMT特定についての議論は、WRC-31の暫定議題「102-109.5 GHz, 151.5-164 GHz, 167-174.8 GHz, 209-226 GHz and 252-275 GHzのどこかの周波数帯をIMTに特定することを検討」となったことから、WRC-27においてWRC-31の議題として承認されれば、WRC-31までの会期において、検討対象周波数帯におけるIMTと同一周波数帯あるいは隣接周波数帯に割り当てられている無線業務との共用両立性検

討への寄与を行う。

この IMT 帯特定とは別に、B5G システムが支援する可能性があって、2030 年前後以降に実現が期待される使用例(超高精細×超臨場感×同時多数参加でオンラインサービス、VR/AR でエンタメ(現実と同様の高精細映像/低遅延で現実追従動作)、手術室内機器への活用(内視鏡映像の即時伝送/無線接続で配線を激減)、超高精細テレビ(壁紙様薄い映像デバイス/チューナ・録画機と無線接続)、放送スタジオ設備への活用(無線接続で配線激減/新サービスに迅速対応可能)、データセンター装置に活用(無線接続で配線を激減/新サービスに迅速対応可能)、無線システムへの活用(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))に係る機能の実現に活用されるかもしれないテラヘルツ帯技術の使用に係る検討も推進する。

## 4 ワイヤレスシステム研究室の ITU-R での B5G 関連の標準化活動

### 4.1 B5G の標準化へ向けたこれまでの取組状況

テラヘルツ帯の伝搬測定に係る寄与文書を ITU-R SG3 WP3K に継続的に入力している。2017 年 3 月に 3 K/110 “WRC-19 議題 1.15 の下での固定業務応用のための 300 GHz 帯伝搬モデルの追加提案”、2022 年 5 月に 3 K/238 “232-330 GHz 帯で廊下における伝搬測定”、2023 年 5 月に 3 K/325 “232-500 GHz 屋内伝搬測定”を入力した。

ITU-R 勧告 P.1238 “300 MHz to 450 GHz における屋内無線通信システムおよび無線 LAN の計画のための伝搬データおよび予測方法”の r10 改訂時(2019 年 8 月)に、サイトスペシフィックモデルとして「屋内伝搬損計算のための電力損失係数」が採択され、様々な周波数について表化されている。その中で周波数 300 GHz でのオフィス、廊下、データセンターの環境下における値は NICT から提案(3 K/110)した値で、最新版の r12(2023 年 8 月)にも記載が反映されている。

電力損失係数について、3 K/238 で 232 から 330 GHz にわたり 12 の異なる周波数で 0.3 - 53.5 m の距離を変化させて測定した結果を提案しているが、CG 3 K-6 での継続審議となっている。継続審議の背景は、これ以上表が大きくなるのを回避したいという議長の意見によるもので、ほかからのデータも集まった段階で議論することになっている。

3 K/325 “232-500 GHz 屋内伝搬測定”の情報入力寄書に関しては、ITU-R 勧告 P.676-13 “大気及び関連効果による減衰”に基づく計算により、400 GHz 前後の帯域において大気減衰の影響を受ける可能性が考えられ、ITU-R 勧告 P.1238 で検討しているテラヘルツ帯の

伝搬損失の一般モデルについては、モデルの適用可能周波数帯が考慮されるべきという内容が、議長報告に記載された。

### 4.2 今後の標準化に向けた取組及び目指すところ

これまで、屋内環境で測定し、屋内伝搬モデルを提案してきた。共用検討には屋外環境モデルも必要で、今後は屋外環境の測定も実施して伝搬特性のモデル化を行い活用することを想定している。

2026 年以降へ向けては、これらテラヘルツ帯での伝搬特性モデルが活用され、IMT システムなどの陸上移動業務との共用検討を行う際などに貢献することが考えられている。

IMT がテラヘルツ帯で特定されるかどうかは、WRC-27 で WRC-31 の議題として承認され、WRC-31 での審議結果如何であるが、電力伝搬損失モデルは周波数及び 2 点間の距離に応じた減衰量推定の計算に必須の情報であり、システム設計に欠くべからざる情報である。伝搬損失モデルの周波数に応じた数値情報には、ITU-R WP3K で継続審議となっていたり、テラヘルツの周波数帯で適用しようとしている伝搬損失モデルについては、有効な周波数範囲の考慮が必要という重要な事実も見いだされたりしており、今後、IMT-2030 システムの検討、IMT-2030 が支援する様々な使用例に係る検討が進むにつれ、本件研究成果は伝搬の基本情報として有用で、活用され、Beyond 5G のシステム構築に貢献することが期待される。

## 5 まとめ

本稿では、Beyond 5G に係る NICT の研究のうち、ITU-R における標準化活動に焦点を当て、これまでの取組及び今後の標準化に向けた取組についてまとめた。Beyond 5G は、5G の能力要素の高度化に加え、現在予想されていて将来、対処が求められる可能性のある様々な課題を克服するために、最近話題の AI の活用、種々災害に強靱で、被災後の迅速な復旧、これまで通信できなかったところとの疎通等、Beyond 5G システムが幅広く支援することを目指している。このようなシステムの実現へ向けた技術的な具体的検討は未だ緒に就いたところで、無線インタフェース技術の仕様化への検討とその標準化はこれから本格的に進められる。

## 謝辞

本稿をまとめるに当たり、関係研究室の室長ならびにご担当者から、適格な情報を頂きました。

この場を借りて感謝の意を表したい。

### 【参考文献】

- 1 NICT NEWS April 2022, No.494 「時空標準技術：分散化、そして時空間同期へ」.
- 2 ITU-R Report M.2516 (11/2022) 「将来技術動向」.
- 3 ITU-R Recommendation M.2160 (11/2023) 「IMT-2030 フレームワーク (枠組み) 勧告」.
- 4 ITU-R Report 「100 GHz 以上の IMT 技術の実現可能性」.



**菅田 明則** (すがた あきのり)

イノベーション推進部門  
標準化推進室  
参事

**【受賞歴】**

2012年 日本 ITU 協会賞功績賞