

ITU ジャーナル 3

Journal of the ITU Association of Japan
March 2023 Vol.53 No.3

ITUホットライン **ITU無線通信規則委員会(RRB) 会合の概要 Part1**

スポットライト **「AIエッジ」を実現する画像センシング技術の活用事例
2030年代の未来生活を支えるBeyond 5Gとは？
ミリ波モジュール技術とテラヘルツ波通信に向けた取り組み**

会合報告 **ITU-R:SG5 (地上業務)
ITU-T:TSAG (電気通信標準化アドバイザリグループ)、
SG5 (電磁界(EMF)、環境、気候活動、持続可能なデジタル化及び
循環経済)、FG-AI4A (デジタル農業のための人工知能及びIoT)
APT:ADF (電気通信/ICT開発フォーラム)**



ITU
ホット
ライン

ITU無線通信規則委員会(RRB)会合の概要 Part1

3

橋本 明

スポット
ライト

「AIエッジ」を実現する画像センシング技術の活用事例

7

山本 一真/ファン チョンフィ

2030年代の未来生活を支えるBeyond 5Gとは?

11

石津 健太郎

ミリ波モジュール技術とテラヘルツ波通信に向けた取組み

17

上田 英樹

会合報告

ITU-R SG5 WP5D(第42回)の結果について

23

重成 知弥

ITU-T TSAG会合報告

25

総務省 国際戦略局 通信規格課

ITU-T SG5(Environment, climate change and circular economy)第2回会合

27

小林 栄一/服部 光男/原 美永子/東山 潤司

ITU-T FG-AI4A 第4回会合報告

32

山田 徹

第19回APT電気通信/ICT開発フォーラム(ADF-19)の結果

34

総務省 国際戦略局 国際展開課



【表紙の絵】

NPO法人次世代エンジニアリング・イニシアチブ 理事 池田佳和

●城南宮(京都市伏見区)

794年平安遷都の時に都の守護を願って御所の南に創建された。方位の障りや家相の心配を除く「方除(ほうよけ)の大社」として知られている。早春に紅白のしだれ梅150本が社殿西にある「春の山」に咲き乱れる。神苑には梅、椿、桜、藤、躑躅、楓などがあり「曲水の宴」が行われる。

この人・
あの時

シリーズ! 活躍する2022年度
日本ITU協会賞奨励賞受賞者 その7

36

保谷 和宏/吉田 慎司

情報
プラザ

日本ITU協会 研究会開催一覧
(2022年10月~2022年12月)

38

免責事項

本誌に掲載された記事は著者等の見解であり、必ずしも当協会の見解を示すものではありません。

本誌掲載の記事・写真・図表等は著作権の対象となっており、日本の著作権法並びに国際条約により保護されています。これらの無断複製・転載を禁じます。



ITU (International Telecommunication Union 国際電気通信連合) は、1865年に創設された、最も古い政府機関です。1947年に国際連合の専門機関になりました。現在加盟国数は193か国で、本部はジュネーブにあります。ITUは、世界の電気通信計画や制度、通信機器、システム運用の標準化、電気通信サービスの運用や計画に必要な情報の収集調整周知そして電気通信インフラストラクチャの開発の推進と貢献を目的とした活動を行っています。日本ITU協会 (ITUAJ) はITU活動に関して、日本と世界を結ぶかけ橋として1971年9月1日に郵政大臣の認可を得て設立されました。さらに、世界通信開発機構 (WORC-J) と合併して、1992年4月1日に新日本ITU協会と改称しました。その後、2000年2月15日に日本ITU協会と名称が変更されました。また、2011年4月1日に一般財団法人へと移行しました。



ITU無線通信規則委員会 (RRB) 会合の概要 Part1

NTTドコモ株式会社 電波企画室 標準化カウンセラー

はしもと あきら
橋本 明



NTTドコモで長年無線通信技術に携わり、ITUで標準化、国際ルール作りに取り組んで来られた橋本明氏に、委員として務められた無線通信規則委員会の概要を2回にわたって解説いただきます。今号では1〜4章までの前半を掲載します。

1. はじめに

筆者は、2018年のITU全権委員会議 (PP-18) で無線通信規則委員会 (RRB:Radio Regulations Board) のメンバーに選出され、2019年〜2022年の間RRB委員として任務を遂行する機会を得た。この貴重な経験を得るに当たっては、約1年半の事前活動からPP-18での選挙に至るまで、日本政府 (総務省、外務省) をはじめ多くの方々からご指導・ご支援をいただいた。無事任期を終えた現在、大変遅ればせながらこれらの方々から心から謝意を表したい。

RRBの基本任務、委員選出のプロセスなどについては、筆者の前に8年間RRB委員を務められた伊藤泰彦氏が本誌への寄稿で明快に説明されているので^[1]、本稿では会合で実際に何が議論されるのかにウェイトを置いて説明した。



■ 2018年ITU全権委員会議で選出されたRRBメンバーと無線通信局幹部

2. RRB会合について

2.1 会合の目的

RRBは、ITU憲章及び条約に定める関連条項に基づき、以下の任務を行う組織として設置されている^[2]。

- ①無線通信規則 (RR:Radio Regulations) 並びに世界無線通信会議 (WRC:World Radiocommunication Conference) の決定に適合した手続き規則 (RoP:Rules of Procedure) を承認する。
- ②既存のRR及びRoPの適用によっては解決できずに無線通信局 (BR:Bureau de Radiocommunication) から委嘱を受けた問題を検討する。
- ③ITU加盟国 (以下、構成国) の請求に基づく有害な混信事案に関する無線通信局長からの報告を検討し必要な勧告を作成する。
- ④WRC決議80に基づき、無線周波数・衛星軌道の有効利用・平等アクセスの実現を目的として、「周波数割当て」*1の通告、調整、登録手続きに関連する報告を策定しWRCに提出する。
- ⑤周波数割当てに関連するBR決定への構成国からの不服訴えを検討する。

後述する「RRB会合の議題」は上記のいずれかに関連するものである。

RRB会合は、前述の任務遂行のためITU本部 (ジュネーブ) において通常年3回開催される (ただし、ITU条約第145号によれば最大4回まで開催できる)。

2.2 会合形式と文書の扱い

RRB会合では、他のITU会合と異なり、入力文書は構成国からまずBR局長宛てに提出され、その後、局長名で会

*1 「周波数割当て」 (Frequency assignment) のRR上の解釈は「ある周波数を無線局が使用する権限」を意味し、国内的には各国政府に許認可権があるが、国際認知を受けるにはRRで規定される調整・通告の要件に従いMIFR (Master International Frequency Register) に登録される必要がある。



合に提出される。原提出元の構成国は会合に出席できない。出席者は12名のRRBメンバーと10名前後のBR職員のみである。会合での文書紹介はBR職員が行う。文書の提出期限は、会合開始日の3週間前であるから、通常の会合より早くなっている。これは議題となる案件が提出元以外の国の利害に関わることも多いので、その国に反論（遅延文書提出）等の機会を与えるためでもある。期限後に受領される遅延文書は情報文書としての扱いとなり、通常の会合ではほとんど考慮されないが、RRB会合の情報文書は内容によっては会合結果に一定の影響を与えることもある。

2.3 会合結果の周知

RRB会合の結果を要約したSummary of conclusionは、会合期間中に全メンバーによって承認され、直ちにITU Webに公表される。また、文書の原提出国には無線通信局長から審議結果が個別に通知される。さらに、各メンバーの発言を記録した議事録（Minutes）も次回会合前にはITU Webで公表される。

3. RoPの承認と実際

RoPは、RRを実際に運用するに当たり必要となる手続き規則であり、主に構成国から申請された「周波数割当て」の登録などに関連してBRが使用するが、構成国、通信事業者側も各種手続きに直接・間接に関わる当事者として知っておく必要がある。

3.1 RoPが制定されるケース

RoPが制定されるのは、おおむね以下のような場合である。

- (a) RRの各条項間（WRC決議の規定を含む）で言語表現上不一致と解釈される可能性がある場合。
また、無線局の個々のケース（使用周波数、導入年次等）に応じて、どのRR条項のどの条件を優先的に適用すべきか不明確である場合。
- (b) 無線局の調整要求、通告等の申請に伴うBRと構成国のコミュニケーションにおいて、特に「受領期日」の解釈が重要となるので、受領条件、再提出条件、内容検証条件等の明確化を目的として定める場合。
- (c) 無線通信局の内部規定として扱っていた取り決めを公式にRoPとして構成国に周知し適用する場合。
- (d) RRでは周波数分配に関するArticle 5において、「関連国の合意」を条件に周波数分配を認めることがあるが、

「関連国」を特定する調整距離（coordination distance）がRRで規定されていない事例につきその計算法を含めて定める場合。

- (e) RRB会合の作業方法の詳細を規定する場合。

上記（a）のような事例は、次回WRCにおいて関連RR条項の見直しを行って当該RoPをRRへ移行する等の措置が取られることもある。また（d）のように「調整距離」に関するRoPは、RR付属書第5号（Appendix 5）、第7号（Appendix 7）などで規定されていない地上業務間に対して定められることが多い（3.3（2）参照）。

3.2 RoPの承認手続き

世界無線通信会議（WRC）でRRが改正されると、それに伴って既存のRoPに新たに追加、修正、削除などが必要になる。すなわち、WRCがRoP全般見直しの契機となるが、RRの改正とは別に定められるRoPもある。RoPは以下のプロセスを経て承認される（RR No.13.12A）。

- BRは、新たに追加・修正・削除が必要となるRoPのリストをRRB会合に提示し了承を得る。この段階ではRoPのテキスト案はRRB会合にも原則提示されていない。ただし、制定に当たって慎重かつ重要な判断を要するものについては、テキスト素案が予め会合で議論されることもある。
- リストに提示された新RoPのテキスト案をBRが作成し、構成国に回章により照会する（次回RRB会合の10週間前）。これに対して、構成国は必要に応じてコメントを提出する（次回RRB会合の4週間前までを期限）。
- RRB会合では、構成国のコメントを考慮した上でRoPを審議・承認し、その結果は各国へ周知される。
- 承認されたRoPに構成国が更に異議を有する場合、BR局長は次回WRCにその旨を報告しWRCの審議に委ねる。
WRCで承認された新RRは、一部の条項を除いて、原則WRC開催年の翌々年当初から効力を生ずるので、RR改正に伴って制定されるRoPも大部分はWRC翌年の第3～4四半期ごろに承認手続きを終えるが、WRC結果と無関係に定められるRoPは随時承認される。

3.3 最近承認されたRoPの実例

- (1) 静止衛星軌道上の複数衛星ネットワークの単一衛星による同時運用開始に関する新ルール
静止衛星軌道（GSO：Geostationary Satellite Orbit）上の衛星を用いる衛星ネットワークが、運用開始したか否



かの判定には、衛星宇宙局が通告した正規軌道位置に在ることが重要な要件になっている。しかし現実には、衛星宇宙局は、他の衛星との衝突回避や他国との調整結果により干渉削減等のため正規軌道位置からわずかに離れた位置で運用されることもある。この場合、実際の運用位置が正規軌道位置から ± 0.5 度以内にあり、その位置で他の無線局へ干渉量増加の影響を与えない場合には、RRの内部ルールにより正規軌道位置に在るのと同様と見なして運用開始・再開を認めてきた。この内部ルールを公式のRoPとして承認するに当たり、RRB会合では新ルールの適用範囲を「元の正規軌道位置が異なる複数の衛星ネットワークでも（双方の正規軌道位置から） ± 0.5 度以内にある単一の衛星宇宙局で同時に運用開始・再開できる。ただし、元の複数衛星ネットワークは互いに周波数帯域の重複がないこと。」と拡大して承認した。これにより、通告時期・軌道位置が異なる複数の衛星ネットワークを一個の衛星で同時に運用開始することも可能になった。

(2) 45.5–47GHz帯IMT局と無線航行業務との調整距離に関する新ルール

WRC-19では、45.5–47GHz帯においてRR No.5.553Aにより約40か国に対して、周辺関連国の他業務に影響を与えない条件でIMT (International Mobile Telecommunications) の利用に特定した*2。「影響を与えない条件」を判断するIMT局と他業務間の「調整距離」がRRで規定されていないため、これを新RoPにより「65km」と定めた。本ルールにより、近隣関連国の国境から65km以内に設置されるIMT局は当該近隣国の合意を得る必要がある。

このような技術的基準は、被干渉側（この帯域では無線航行業務）と干渉側（陸上移動業務のIMT局）双方の方式パラメータ、干渉保護基準などの必要諸元をITU-R勧告から引用して導出する。ただし、本件では調整距離の算出に当たりIMTの方式パラメータに関する勧告が未採択のため、暫定的にWRC-19に至る事前研究で用いられた数値を使用した。したがって、将来の勧告採択の際には内容が見直される可能性がある。

4. 衛星ネットワークの周波数割当ての規制期限延長要求

4.1 概要

衛星を所定の軌道位置へ打ち上げ、衛星ネットワーク周波数割当て（以下、衛星網）を運用開始するには、衛星の製造・打ち上げに関する技術仕様の準備、契約、他国との調整、RRへの各種申請手続きなど多くの稼働と時間を要する。RRではこれらの事情を考慮し、衛星網の運用開始・再開に関する規制期限を概略以下のように定めている。

- 運用開始の規制期限：当初申請の受領完了日から「7年」。ただし、Planned band*3は「8年」。
- 運用再開の規制期限：運用中断日から「3年」（RRへの中断報告が6か月を超えて遅れた場合は3年以下に短縮の罰則あり）。

構成国からは毎回RRB会合に多くの「規制期限延長の要求願ひ」が議題として提出され、会合の大半はその議論に費やされる。RRの規定を超えて期限延長を認めることは、例外的措置であるため、これを認めるには以下の2つのケースのどちらかに該当することが必要である。

- 「Force majeure（やむを得ない事情）」：衛星打ち上げの失敗、打ち上げ後軌道上での故障など。
- 「Co-passenger delay（相乗り者遅延）」：同じロケットに搭載の相乗り者の都合。

Force majeure（やむを得ない事情）に合致するか否かの判断はITU法務部門の見解に基づく下記4条件がベースとなる。

遅延を生じた要因が、

- 当事者のコントロール外であり自己誘発的でないこと。
- 予測不能の事象であるか予測可能であっても避けがたく抵抗不可能のものであること。
- 当事者にとって目標義務の遂行を「不可能」にするものであること。
- その要因事象と当事者の目標遂行が不可能であることの間に直接の因果関係があること。

会合に提出された個々の案件が上記4条件を満たすか否かについては、報告された遅延要因の発生した時期、その後当事者が採った解決への方策と結果、要求延伸の期間長に関する評価、などに依存して判断するので個々の

*2 IMT：第3世代以降の携帯電話方式の総称。

*3 全構成国の静止衛星軌道への平等使用を目的として、RR付属書（Appendix）第30号（放送衛星業務用途）、第30号A（放送衛星業務フィーダリンク用途）及び第30号B（固定衛星業務用途）に規定される特定の周波数帯域。



裁定結果はまちまちになるが、おおむね以下のように大別される。

- (a) Force majeure条件を満たすので要求どおり期限の延長を認める。
- (b) 基本的にForce majeure条件を満たしているが、要求期限延長期間を短縮して認める。
- (c) Force majeure条件を満たすと判断するには論理の構築、説明資料が不十分であるため、次会合に追加説明を求める。
- (d) Force majeure条件を満たしていないと判断され要求は認めず、当該衛星網は（登録済のものはMIFRから、未登録のものは受理した申請が）削除される。

(c) のケースで次会合までに規制期限が来てしまう場合には、次会合終了まで暫定的に期限の延伸を認めることにしており、さらに、(d) についても次のWRCが近々開催される時期で元提案国がWRCへ特別措置による延伸要求を提出する場合には、WRC終了まで暫定的に期限延伸を認めている。

一方、期限延長を許容する第2の要因である「Co-passenger delay（相乗り者遅延）」については、これを証明するため所要の提出資料をRoPで定めているので、それらの資料が完全であるか否かがポイントであり、結果が上記 (a)～(d) のいずれかになることはForce majeureと同様である。

4.2 具体的事例と結果

最近4年間の12回の会合で、衛星網周波数割当ての規制期限延期要求は延べ58件提出された。今会期の2020年以降はCovid-19の影響を「やむを得ない事情」として規制期限延期を要求する例も多く、具体的には下記の遅延理由を引用することが多かった。

- 地域のロックダウン、工場閉鎖に伴う装置製造の遅れ。
- 部品の調達・輸送の遅れ。
- 専門技術者の渡航・往来制限に起因する作業遅れ。
- 衛星打ち上げプラン見直しによる遅れ。

さらに、2022年2月24日からロシアのウクライナへの軍事侵攻が勃発し、この影響についても以下のような遅延要因が申告された。

- 衛星打ち上げに予定していたロシアのロケットとの契約が破棄となった。
- ロシア航空機での衛星輸送が不可能になり他国の船便に変えたため遅れを生じた。

これらの影響が前述のForce majeure4条件に合致するか否か、特に条件 (iii)、条件 (iv) で遅れの回復・最小化に最善の手段を採ったかに関して、case-by-caseで慎重に判断された。

これらの審議結果を前述の (a)～(d) に対応させて表に集計した。

■表. 衛星網の規制期限延期の提出件数と審議結果

	審議結果	件数*4
Force majeure該当 (51件)	(a) 要求どおり延伸許諾	15
	(b) 要求期間長を短縮して許諾	6
	(c) 次会合以降に再説明	19
	(d) 要求非許諾	11
Co-passenger delay該当 (7件)	(a) 要求どおり延伸許諾	4
	(b) 要求期間長を短縮して許諾	2
	(c) 次会合以降に再説明	1
	(d) 要求非許諾	0
提出数の多い国：インドネシア9件、インド7件、パキスタン6件、イスラエル6件、バブアニューギニア4件、キプロス4件、ロシア3件、マレーシア3件、その他16件。		

〈次号につづく〉

参考文献

- [1] 伊藤泰彦「無線通信規則委員会 (RRB) 委員の活動を振り返って」、ITUジャーナル Vol.49, No.4 (2019.4)。
- [2] <https://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/RRB/Pages/default.aspx>

*4 再提出、再々提出された案件はその都度カウント。

「AIエッジ」を実現する画像センシング技術の活用事例



沖電気工業株式会社
イノベーション推進センター
センシング技術研究開発部
チームマネージャー

やまもと かずま
山本 一真



沖電気工業株式会社
イノベーション推進センター
センシング技術研究開発部

ファン チョンフィ

1. はじめに

近年、2030年までに達成する持続可能な開発目標SDGsが世の中に浸透し、17のゴール・169のターゲットの実現に向けて様々な取り組みが行われている。OKIでは、2030年に「社会の大丈夫をつくっていく。」を実現することをキーマッセージとして掲げ、その実現に向けて、SDGsの17のゴールへ貢献する2つの重要課題（マテリアリティ）を定義している。1つ目は、社会価値をつくりだすためにSDGsの実現に向けて解決すべき7つの社会課題として、「老朽化問題」、「自然災害」、「交通問題」、「環境問題」、「労働力不足」、「労働生産性」、「感染症拡大」を定義している。2つ目は、サステナブルな企業活動の実現に向けた取り組みとして、ステークホルダーの期待に応える企業活動の実現とモノづくりを支える基盤の強化を挙げている。OKIの強みである顧客基盤・インストールベース・技術力を活かして、ユーザーに直接的または間接的にソリューションを提供していくことで、これらの重要課題へ対応している。

重要課題を解決するための強みとする注力技術を「AIエッジ」と定め、この「AIエッジ」を強化する先端的な技術領域として図1に示す5つの技術領域を定義している。その中の1つであるセンシング領域においては、現場を確実に見る技術で、製造や交通、建設などの間違ふことや止まることが許されないクリティカルな現場の課題を解決することを目指し、光・画像・音等を対象としたOKI独自のセンシ

ング技術の研究開発を進めている^[1]。

本稿では、OKIの画像センシング技術について、「AIエッジ」を実現するために必要な特長について述べ、その活用事例を紹介する。

2. 「AIエッジ」を実現する画像センシング技術

クリティカルな現場の課題解決に向けた画像センシングの対象は、製造現場における人やモノ、道路における様々な交通事象など多種多様である。これらの現場における画像センシングに求められることとして、24時間365日リアルタイムに動作すること、細部に至るまで詳細に把握すること、屋外での雨天・吹雪といった天候変化や時間経過による照明環境変化がある状況でも確実に動作することなどがある。

また、現場に近いエッジでの処理に対するニーズも強い。近年のネットワーク技術の進展により、様々なシーンで大容量の映像伝送が可能となっている。一方で、既存のネットワーク環境を継続利用することを余儀なくされる現場も多く、細部に至る認識をするための高解像度の映像を伝送し、高性能なサーバーを使った映像認識の実施が難しいことがある。また、即応性を求めるような現場では、通信による遅延が許容されないこともある。多くの現場のニーズに応える画像認識には、高性能なサーバーを前提とせずエッジで処理可能なことが求められる。

OKIでは、これらの現場の要望に応えるために、以下のような特長を持つ画像センシング技術を開発している。まず、画像認識におけるAI処理を軽量化することにより、比較的省電力で処理性能の低いエッジ端末においてリアルタイムに動作することを実現している。また、現場の映像を使った開発に注力するとともに、現場では稀にしか起こらない事象に対してリアルな模擬映像を取得・生成することにより、現場が必要とする詳細な認識を実現している。さらに、天候変化や照明変化に頑健な認識を実現している。



■ 図1. AIエッジを強化する注力技術領域

3. 画像センシング技術の活用事例

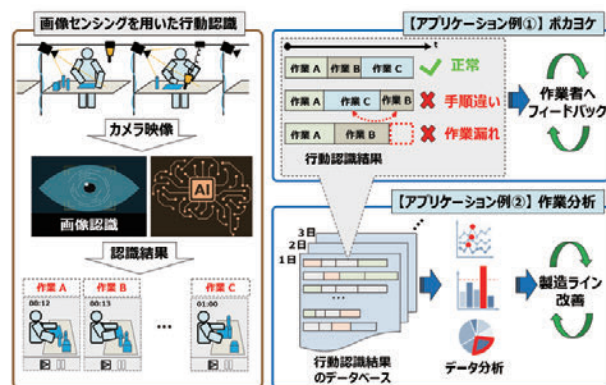
現場の課題を解決する特長を持つ画像センシング技術の活用事例を紹介する。主に、製造現場での作業者行動認識について詳細を述べ、その他の現場での活用事例についても紹介する。

3.1 製造現場での作業者行動認識技術

近年、製造現場では、ロボットによる自動化が進んでいる。しかし、自動化が難しいため、人手作業が残っている工程は多い。製造現場では、熟練作業員の減少によるモノづくり品質の低下が懸念され、作業者のノウハウ・技術のデジタル化による継承が急務とされている。このような課題の解決に向けた、エッジ端末での作業者の詳細な行動認識の事例を紹介する。

製造現場での想定アプリケーション

製造ラインにおいて、各工程の作業者の行動をモニタリングすることや作業内容を数値化することは、品質確保や生産性向上のために非常に重要である^[2]。このような適用先に向け、画像センシングによる詳細な行動認識技術を活用することで「現場を見える化」するアプリケーションの例を図2に示す。アプリケーション例①の「ポカヨケ」では、対象工程に必要な一連動作の順番やそれぞれの継続時間などを認識し、ミスがある場合に作業者に即時フィードバックすることにより、ヒューマンエラーを防止できる。ヒューマンエラーの例として、異なる部品を取り付けることや手順間違い、作業漏れなどがある。アプリケーション例②の「作業分析」では、詳細な行動認識技術を活用することで、製造ラインの改善に役立てることができる。改善の例として、蓄積された認識結果である個々の工程の動作に要した時間



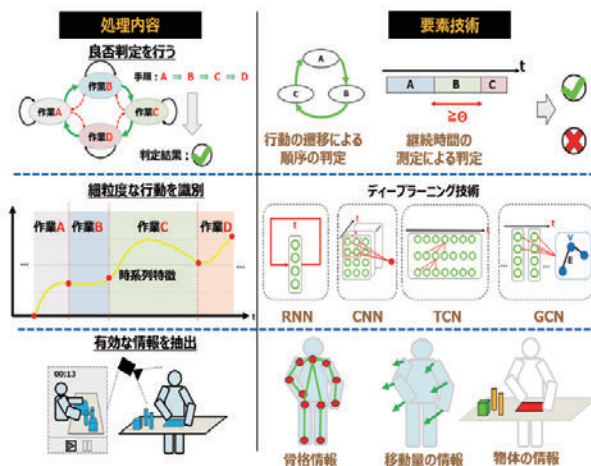
■図2. 画像センシングを用いた行動認識技術の概要と想定アプリケーションの例

や熟練度を数値化し統計分析することで、作業のばらつきやトラブル発生時の要因分析が可能になる。また、このような詳細な行動認識技術を利用したアプリケーションを現場で運用することにより、「副産物」として膨大な作業映像を収集することができる。行動認識の結果と作業映像を利用して、未経験作業者の育成などにも活用することができる。

詳細な行動認識技術

画像センシングを用いた人物の行動認識は「『粗い』行動認識」(Coarse-grained Action Recognition) と「『詳細な』行動認識」(Fine-grained Action Recognition) に分類できる。「『粗い』行動認識」では、人物の体全体が映像中に映り、走る・跳ぶ・座るといった一般的な行動を認識する。このような行動の識別は、人物や背景などの「見え」情報及び全体の「動き」情報を用いることで実現できる。一方、「『詳細な』行動認識」は、主に腕などの体の一部に注目し「モノを取る」や「モノを置く」などのある作業に関する一連の細かな動作を識別するという比較的難しいタスクである。そのため、識別対象の行動同士を見分ける特徴選択や時系列情報を参照できる識別モデルの利用が重要となる。

製造現場向けの作業者の詳細な行動認識を実現する要素技術を図3に示す。用途に応じて「骨格情報などの有効な特徴」を抽出し「時系列ディープラーニング技術」を用いて識別処理を行う。また、アプリケーションによって行動識別結果の時系列情報から、作業手順の正しさや作業の継続時間、同様の手順を行った回数などを用いて作業自体の良否を判定する。以降に詳細な行動認識を実現するための要素技術を紹介する。



■図3. 詳細な行動認識を支える要素技術



(1) 骨格情報などの有効な情報の抽出技術

製造ラインでの部品組立や加工など様々な工程で起こる動作（「パーツを取り付ける」や「ネジを締める」など）の認識を想定すると、背景・服装に依存しない作業者の姿勢や腕などの関節位置とその変化情報が重要である。したがって、行動識別に利用する情報として、主に映像の各フレームにおける作業者の骨格情報を用いる。骨格情報の抽出方法は、OpenPose^[3]に代表されるディープラーニングを利用した手法が多数提案されており、これらの手法を利用することができる。

また、骨格情報を基本として、対象とする用途に合わせて他の情報も抽出する。例えば、手順間違い判定などのアプリケーションでは、同じような動作に対して向きを見分ける必要がある際に、骨格情報に加えてオプティカルフローなどの向きを示す情報を利用することができる。さらに、異なる部品取付け判定などの用途では、部品を検出した上でその位置・領域情報を利用することができる。

(2) 時系列ディープラーニング技術

作業者が行っている動作を識別するために、抽出した骨格情報などの特徴の時系列的な変化をモデリングする必要がある。一般に、時系列の骨格情報を用いた行動識別のディープラーニング技術はRNN (Recurrent Neural Network)、CNN (Convolutional Neural Network)、TCN (Temporal Convolutional Network)、GCN (Graph Convolutional Network) がある^[4]。我々は、処理速度が比較的速く、骨格情報以外の他の特徴を容易に組合せることができるTCN^[5]を用いる。TCNは、画像認識分野で広く用いられる一般的な畳み込み処理 (Convolution) を時間軸方向に適用した時系列畳み込み処理 (Temporal Convolution) を用いることで、ある時刻の前後の時系列情報を基に行動を認識する。時系列畳み込み処理を複数回行うことで、長時間の時系列情報を効率よく扱い、精度の高い行動認識が実現できるようになる。また、ディープラーニング技術の発展とともに画像認識分野の畳み込み処理に対して行われてきた改良を応用することができ、より複雑な行動を認識することも可能となる。このようにTCNは、高い汎用性を持ち、様々な改良を行うことができるため、様々な工程の現場に共通的に適用可能だと考える。

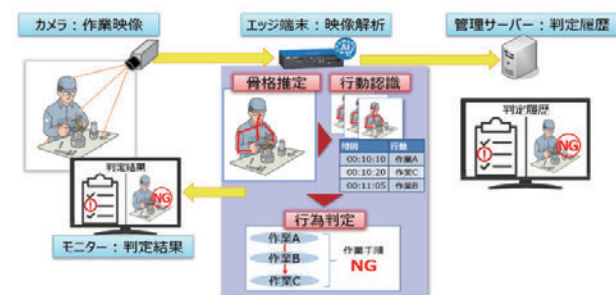
自社工場での活用事例

詳細な行動認識技術を適用して、OKI本庄工場のPHS

組立工程で異物を除去するエア吹き作業に対して、作業の良否を判定する行為判定システム^[6]を検討している。エア吹きでの作業漏れ・ミスがあった場合、後工程の検査で不良を検出することが困難であるため、作業自体の良否を判定することで、エア吹き作業を確実にを行ったことを確認することが求められている。

想定する行為判定システムを図4に示す。このシステムは、作業者が作業を行う場面をカメラで撮影し、エッジ端末などにより画像認識技術を用いて作業内容や作業手順が正しかったかどうかを判定する。その判定結果を作業者へリアルタイムに通知することで、作業者はその場で作業漏れや作業ミスに気づき、確実にエア吹き作業を行うことができる。また、判定結果を管理サーバーに保存することで作業行為の証跡データとして活用できる。

現在、図4に示した行為判定システムを構築し、実際のPHS組立工程で動作させることで検証を開始している。今後は、作業漏れ・作業ミスの防止状況の分析や、作業者への効果的な通知方法の検証などを進める予定である。



■図4. 行為判定システム

3.2 道路インフラでの車両・人物計測技術

道路インフラへの応用として、映像中から車両や人物を検出し追跡する活用事例を紹介する。道路インフラの実態を把握するために、5年ごとに全国規模の道路交通量調査が実施されている。交通量調査は従来、主に人の目視による計測に頼ってきた。しかし、人手不足等に対応するため、監視カメラ映像を利用した画像センシングを用いた計測へと切り替わってきている。また、将来的には、カメラ映像を利用することで人による監視ではできない常時監視を実現し、交通状況をリアルタイムに把握することで、災害や渋滞に対する早期の対応をすること等が検討されている。

このようなニーズに応えるため、OKIは、特定の場所を通過する車両台数の計測や速度超過や逆走による事故防止を、エッジ端末によるリアルタイム映像解析システムとし

て実現するAISION車両センシングを提供している。また、自動二輪車の計測や立往生車両の検知、渋滞の検知といった機能追加によるバージョンアップも行うことで、多様化するニーズに対応している^[7]。また、図5に示すような屋外での時間に応じた「見え」の変化に頑健な認識や、霧／雪／雨などを再現させた画像合成を行うことによる天候変化に頑健な認識を実現している。



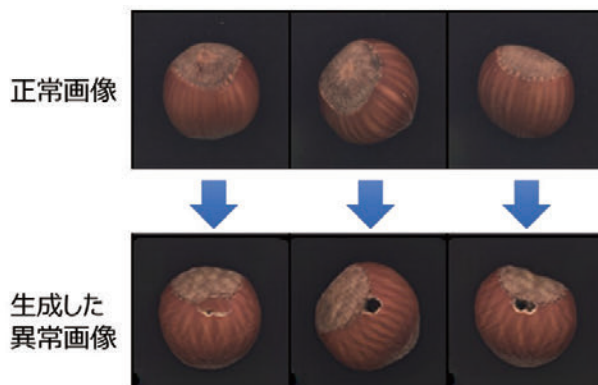
■図5. 同一地点での時間ごとの映像（左：夕方／右：夜）

さらに、今後は対象を車両から人物に拡大していくことを検討している。車両に加えて人物も同時に検知することにより、歩行者の乱横断検知や混雑による車道へのはみだし検知等の実現が可能となり、より安全な道路インフラの実現に貢献することができると考える。

3.3 異常検知分野での画像生成技術

異常検知分野への応用として、判別対象の異常画像を正常画像から生成する画像生成の活用事例を紹介する。例として、画像認識技術を用いて、製造分野における不良品検知を実現することを考える。通常の製造時にできる製品・部品において、良品に比べて不良品は非常に少ない。そのため、認識処理開発時に参照できる不良品の画像も非常に少なく、検知できる不良品の網羅性が下がってしまう可能性がある。また、十分な数の自然な不良品画像を人手により作成することは困難である。

このような課題へ対応するため、pix2pix^[8]に代表されるImage-to-Image Translationと呼ばれる画像変換技術を利用することにより、正常画像から様々な異常画像を生成することで、開発時に参照できる異常画像の網羅性を高める取組みを検討している。MVTec Anomaly Detection Dataset^[9]のHazelnut画像の正常画像を異常画像に変換した例を図6に示す。この例から、入力した正常画像に対して、ヒビや穴のある画像を生成できていることが分かる。今後、



■図6. Hazelnutの異常画像生成の例

社内での認識処理開発へ適用し、有効性の検証を進めていく予定である。

4. おわりに

本稿では、「AIエッジ」を実現する画像センシング技術に必要な特長をまとめ、製造現場・道路インフラ・異常検知へ向けた技術の活用事例を紹介した。今後も様々な現場課題を解決できる特長を持った画像センシング技術を開発していく。

参考文献

- [1] 増田 誠:「「AIエッジ」を強化するOKIのセンシング技術」、OKIテクニカルレビュー第239号、2022年5月。
- [2] “Improving Manual Assembly Lines at Scale”, Drishti Technologies Inc, 2021.
- [3] Cao et al.: “OpenPose: Realtime Multi-person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, TPAMI, 2019.
- [4] Sun et al.: “Human Action Recognition from Various Data Modalities: A Review”, ArXiv, 2021.
- [5] Lea et al.: “Temporal Convolutional Networks for Action Segmentation and Detection”, CVPR, 2017.
- [6] 川面 怜哉、浅野 将仁、蘭 浩二、山本 一真、小林 司:「作業内容や作業手順の正しさを判定する行為判定システム」、OKIテクニカルレビュー第238号、2021年11月。
- [7] 高橋 佑輔・渡辺 孝光:「AISION®車両センシング～安全・安心な車流管理の実現に向けて～」、OKIテクニカルレビュー第238号、2021年11月。
- [8] Isola et al.: “Image-to-image translation with conditional adversarial networks”, CVPR, 2017.
- [9] Bergmann et al.: “The MVTec Anomaly Detection Dataset: A Comprehensive Real-World Dataset for Unsupervised Anomaly Detection”, IJCV, 2021.



2030年代の未来生活を支える Beyond 5Gとは？

国立研究開発法人情報通信研究機構 Beyond5G研究開発推進ユニット

いしづ けんたろう
石津 健太郎



1. はじめに

現代の生活基盤は、スマートフォンなどに見られるように便利になったことは疑う余地もない。しかし、産業の営みはますますグローバル化し、情報通信技術の重要性がますます増す中で、あるべき社会に向けて進化しているだろうか。多様なサービスが求められるこれからの社会では、企業や個人が持つ多様な機能が適切に組み合わせられ、複雑な問題の解決に貢献していかなければならない。現在、その仕組みが無いために、せっかくの多様で先進的な機能に活躍の場が与えられず、それが社会の閉塞感につながっているのかもしれない。

2030年ごろからの実現が期待される次世代通信システム Beyond 5G^[1]は、単に移動通信を可能にするネットワークシステムの延長としてだけでなく、情報通信産業を超えてオープンイノベーションを生むためのサービスプラットフォームとして大きな役割が期待されている。本稿では、Beyond 5Gが単に情報通信の性能を向上させたシステムではなく、異なる事業者や産業が持つ多種多様なシステムを有機的につなぐ仕組みとしての役割を担う可能性を指摘し、具体的にアーキテクチャを示して説明していく。

2. モバイル通信の進化

2.1 インターネットの登場とモバイル通信の進化

インターネットを含む情報通信ネットワークは世界中の様々なサービスに活用され、今や生活には欠かせない重要な社会基盤である。移動しながらインターネット接続を可能にするモバイル利用は、2000年代に入ってから第2世代・第3世代移動通信システムなどにより徐々に一般向けのサービスとして提供され始めた。その後にスマートフォンという高機能な個人向け情報処理端末が普及し、さらに、2010年ごろから第4世代移動通信システムが通信速度を向上させたことにより、多くの人がいつでもどこでもインターネットにアクセス可能になった。これが社会生活におけるモバイル通信の必要性を決定的なものにした。その後、日本では第5世代移動通信システム（5G）によるサービスが2020年に開始され、単に通信速度の向上だけでなく、それに続く形で通信遅延や接続数の観点からも機能拡張に向かいつつあ

る。このため、5Gの時代である2020年代には、情報通信がモノの制御にまで浸透していくことが予想される。それでは、その後のBeyond 5G時代はどのような未来生活が待っているのだろうか。

2.2 Society 5.0を支えるCPSの概念

2030年代には、我々の生活は仮想世界（サイバー空間）と現実世界（フィジカル空間）が融合された情報通信システムにより支えられ、人間が身体的・物理的な限界を越えて活動することができると期待され、この概念はSociety 5.0^[2]として提唱されている。

サイバー空間とは、現実空間からセンシングされる情報に基づきコンピュータの上に再現された空間であり、データを蓄積し、人工知能や機械学習により事象を予測する。一方で、フィジカル空間とは、我々が実際に生きている空間であり、サイバー空間から最適にアクチュエーションを行うことにより、サービスを実現する上で最適な機能構成やパラメータ設定に反映していく。このようなシステムをサイバー・フィジカル・システム（Cyber Physical System：CPS）と呼び、社会に新たな価値を生み出していく基本概念である。サイバー空間とフィジカル空間の情報と制御は循環的に繰り返され、持続的に動作することが想定されている。

CPSにより現実世界の把握と仮想空間による分析が進めば、電波、電力、空間などの様々な資源の利用を全体として最適化することができる。

2.3 Beyond 5Gと6Gの違い

第5世代（5G）の次に実現される第6世代（6G）の移動通信システムは、2030年ごろにサービスが始まると予想されている。一方で、Beyond 5Gもそのころから活用されるシステムの名称として使われる。特に海外では6Gと呼ぶ場合が多く、Beyond 5Gは日本発の用語である。それでは、6GとBeyond 5Gの定義の違いは何だろうか。筆者が知る限り、それは2つの定義で語られることが多い。

1つ目は、第1世代から続いてきた延長線上に5Gや6Gがあり、Beyond 5Gは5Gよりも向こうにある複数の世代（つまり6G以降の6G、7G、8G、…）のシステムを総称したも



のという定義である。研究開発が進められている技術の実用化時期は、ビジネスに左右される側面も大きい。それが10年後になるか20年後になるかの予想は難しく、技術が使われる世代を特定せずに、2030年以降の世代という意味を込めてBeyond 5Gと呼ぶというわけである。

2つ目は、情報通信インフラの役割を単にこれまでの世代の延長線上で考えることはできず、Beyond 5Gは6Gを含みながらもさらに広い概念を持つシステムという定義である。5Gまでの移动通信システムは、あくまでも通信サービスを提供するためのものであったが、2030年以降は5Gが持つ性能を単に向上させるだけではなく、新しい価値をもたらす特徴が求められ、従来のモバイル通信の世代では語ることができないという主張である。つまり、移动通信システムが多様な産業のサービス基盤となる意味合いが強まり、異分野技術やアプリケーション技術も合わせて捉える必要があるということだ。

このようにBeyond 5Gには複数の意味が込められつつあるが、それだけ注目を集めているシステムであり、社会に本質的な影響を与える可能性が高いということの表れであろう。

3. 2030年代の未来生活

Beyond 5Gに必要な技術の範囲は相当広い。したがって、まずBeyond 5Gが使われる2030年代の未来生活を想像し、現時点で研究開発が必要となる課題やロードマップをそこから抽出して設定する必要がある。本章では、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が公開したBeyond 5G/6G ホワイトペーパー^{[3] [4]}に基づき、2030年代に想像されている未来生活の一端を紹介する。

ホワイトペーパーに登場するシナリオは、人型ロボットを遠隔操作して生活する、月面都市を建設する、物流や交通が上空を活用する、などのように現在の生活からは一見してかけ離れたように見える物語かもしれない。しかし、既に障がい者がロボットで接客するカフェ^[5]が実現し、NASAのアルテミス計画^[6]やSkyDrive社の空飛ぶ車^[7]の取組みが始まる中、一定の根拠を持つ2030年代の生活シナリオであると考えている。なお、このホワイトペーパーは、2020年夏ごろからNICT内で研究者を中心にした有志が集まり、未来生活や必要な要素技術に関する議論を重ねて執筆を行ったものであり、執筆時期は第1版が2021年3月、現在の最新版である第2版は2022年3月である。

まずは、3つのシナリオの一部を以下に示す。

シナリオ1：Cybernetic Avatar Society

このシナリオは、2035年における企業の技術開発課長が記した日記という形式で示している。遠隔から乗り移って活動できる人型ロボットを活用し、生活スタイルが大きく変わる可能性を示している。

9：30からの遠隔会議では、新製品のプロトタイプを社長にプレゼンする。現代のテレビ会議では伝えることが不可能な触り心地を感触グローブにより伝えることで、京都の自宅から東京にいる社長の承認を得ることができる。

11：30にはタイの製造工場で緊急トラブルが発生する。従来であれば海外出張して自分の目で見て原因解決していたところだが、現地のアバターロボットに乗り移って装置を確認できたので、大きく時間の節約ができた。

12：00からの昼食では、仕事で忙しくて帰れない実家の父親を遠隔で身体介助し、会話しながら食事を楽しんだ。

13：00には息子の授業参観があるが、社内会議と予定が重複してしまう。会議と授業参観に2台のアバターロボットを使い分けて参加し、状況に応じてモードを切り替えて対応する。

シナリオ2：月面都市

このシナリオは、月面都市を建設する際の作業従事者に着目し、その活動の様子を示している。月面都市の建設とはいえ、100人の宇宙飛行士を送り込むわけにはいかない。技術を駆使してどのように建設工事をしているのかを描いている。

建設作業は多くの月面に存在する多くのアバターロボットと、現地に滞在する少数の宇宙飛行士が協力して行う。アバターロボットは地球上の各地から遠隔操作できるため、月面の建設作業とはいえ、作業者は夕方になれば自宅で家族と過ごすことができる。物理的に超えられない地球と月の間の往復3秒の通信遅延はAI行動予測により補償され、スムーズで正確な操作が可能になる。作業に当たり必要な月面の位置把握は、地球上でしか使えないGPSに代わって高精度な測定装置が導入される。

シナリオ3：時空を超えて

このシナリオは、生活の活動範囲が地表面だけでなく、上空や海上を含めた3次元空間に拡張されていく新しい生活スタイルを示している。

テレビ会議は端末のディスプレイから空中へのホログラム表示が可能になり、簡易な会議であれば公園で娘と時



間を過ごしながら仕事をこなすことができる。上空では、宅配ドローン、個人用スカイカー、大型輸送機が空間を使い分けている。父親を訪問するためのスカイカーは、物流用ドローンが多く飛行する中でも、安全に自動航行が可能だ。様々なセンサで得られた位置情報や気象情報の活用が安全な飛行に役立っている。

以上のように、Beyond 5Gは未来生活をより便利に変えていくと期待している。一方で、技術の導入には常に光と影が存在することを忘れてはならない。新たな技術により生活様式が変わり、これまでの制度や倫理をそのまま当てはめて考えることができなくなる懸念もある。このような倫理的・法制度的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues, ELSI）は、技術の研究開発との両輪として議論が必要である。Beyond 5G時代に顕著化する課題を今のうちから考え、対応方法を準備しなければならない。そのような検討の端緒とするため、以下のシナリオがある。

シナリオ4：サイバー世界の光と影

このシナリオは、メタバースでの活動の増加に伴い発生した社会問題に着目し、サイバー世界での生活が広がる中で必要になったメタバース専門の診療カウンセラーから見た問題点を示している。

1人目の患者は保険販売員である。AIの推薦に基づき保険商品を販売するものの、AIの分析結果に納得できない顧客との間で折り合いの付け方が難しい。仕事のツールであるAIに不信を持ち始めるばかりか、サイバーとリアルの違いもつきにくくなっているようだ。

2人目の患者は、趣味の時間の多くをメタバース上の友人と過ごし、抜け出せなくなった。仕事上でもメタバースを通じた工場作業を行っており、仕事中は自分の能力が大きく感じられる一方で、仕事後には現実に戻り喪失感を持つなど、メタバース特有の依存症に悩んでいる。

なお、これらのシナリオはBeyond 5Gを共に考える異業種（通信分野以外）の方々や非専門家との議論にも役立つと考え、動画による説明もできるようにした。YouTubeにも掲載しているので、興味がある方はご覧いただきたい^[8]。

4. Beyond 5Gの技術と多様化

4.1 多様化する要素技術

前章のように未来生活のシナリオを描き、技術の利用場面を分析することにより、Beyond 5Gに求められる要素技術を整理した（表）。T1とT2のように通信そのものの性能を向上させるものや、T3のように通信システムの融合を行うもの、T4のように通信エリアを宇宙や海上、海中に拡大するもの、などがある。また、T5のようにCPSを有効に活用するために、時刻の同期や位置の同定を高精度に行うものや、T6のように通信のセキュリティや耐障害性に関わるものもある。さらには、T7のようにアバターロボット、言語翻訳、自動運転、ドローンの高度化のようなアプリケーションや革新的なデバイスの実現に関わるものもある。当然のことであるが、Beyond 5Gの要素技術はこれに限らず増え続けるし、限られた企業や研究機関によりすべてが実現できるものではない。

■表. Beyond 5Gの要素技術の例

T1. 超高速・大容量通信	T5. 時間同期
T1.1 テラヘルツ波	T5.1 無線時間同期
T1.2 オール光ネットワーク(大容量光ファイバ通信)	T5.2 原子時計チップ
T1.3 オール光ネットワーク(光・電波融合技術)	T5.3 基準時刻の生成共有技術
T2. 超低遅延・超多元接続	T6. 超安全・信頼性
T2.1 エッジコンピューティング技術	T6.1 エマージェンシー・セキュリティ技術
T2.2 適応型無線網構築技術	T6.2 攻撃データに基づくサイバーセキュリティ技術
T2.3 適応型無線網アプリケーション技術	T6.3 量子暗号
T2.4 電波放射空間の自律的な局所化・追尾・予約技術	T6.4 電磁環境技術
T2.5 超多段接続自律M2Mネットワーク構築技術	T6.5 レジリエントICT
T3. 有無線通信・ネットワーク制御技術	T6.6 センシング
T3.1 ネットワーク制御技術(ゼロタッチ自動化)	T7. 超臨場感・革新的アプリケーション
T3.2 周波数の割当・共用管理	T7.1 脳情報の読み取り・可視化・BMI技術
T3.3 有線無線システム管理(ローカルBeyond5G)	T7.2 直感性の計測・伝達・保証技術
T3.4 高度電波エミュレーション	T7.3 リアル3Dアバター・五感伝達・XR技術
T4. 無線システムの多層化・NTN	T7.4 言語・非言語情報に基づくAI分析・対話技術
T4.1 衛星・非地上系通信プラットフォーム	T7.5 エッジAI行動支援
T4.2 光衛星通信	T7.6 多言語の同時通訳・言い換え・要約技術
T4.3 海上通信	T7.7 自動運転
T4.4 海中・水中通信	T7.8 ドローン
T4.5 多層ネットワーク連携制御	

4.2 組合せが生み出すシステムの複雑性

Beyond 5Gシステムは多種多様なシステムの集合体として構成される。Beyond 5Gのうち、フィジカル空間を構成するシステムの例を図1に示す。各分野で通信を可能にするシステムは、前節に示した各要素技術を活用して、地上における基地局に加えて、人工衛星やHAPS（表のT4）を活用することで通信エリアは上空や海洋にまで至る。地上においても、ローカル5Gを拡張したシステム（同T3）などスポット的に展開される自営型の移動通信システムやテラヘルツ波通信システム（同T1）が、光ファイバネットワーク（同T1）に支えられて一定のニーズを満たすシステムとして積極的に使われる。また、情報処理を担うクラウド・エッジ基盤（同T2）やアプリケーションとしてのアバターロボット（同T7）も登場する。

このようなシステムは、全体として見ると大規模で多岐にわたるため、常にフルセットで利用者に提供されるのではなく、利用者が必要とする機能や性能に応じて必要なシステムを選択して組み合わせ、適切に設定して提供される。例えば、地上のテラヘルツ波を活用して高容量の通信を可能にするシステムは、衛星通信により広域エリアの通信を可能にするシステムとは独立して管理され、異なる事業者が運用しているが、必要に応じてこれらのシステムは事業者を超えて組み合わせられ、利用者は1つのサービスとして利用する。

Beyond 5Gシステムは、このように多様なシステムから構成され、従来の移動通信システムとは違いその数が爆発的に増加するため、あらゆる者が多様なシステムを持ち寄るようにして構成しながら、複雑性を持ちながらスケールしていくことになる。したがって、Beyond 5Gには利用者の

ニーズに応じて適切な組合せを決定する機能や、その実行を指示する機能が重要になる。

一方で、Beyond 5Gによりサービスを提供する者は常に情報通信分野の専門家ではない。利用者にサービスを提供する者が、様々に持ち込まれるシステムをすべて理解することは現実的ではない。通信機能や情報処理機能は単にブラックボックスとして使い、先進的なサービスの創成や実装に注力したい場合がほとんどである。例えば、要求する通信品質に応じた通信システムやエッジコンピュータの選択や切替えは、専門性が高くBeyond 5G時代のサービス提供者には扱えない。

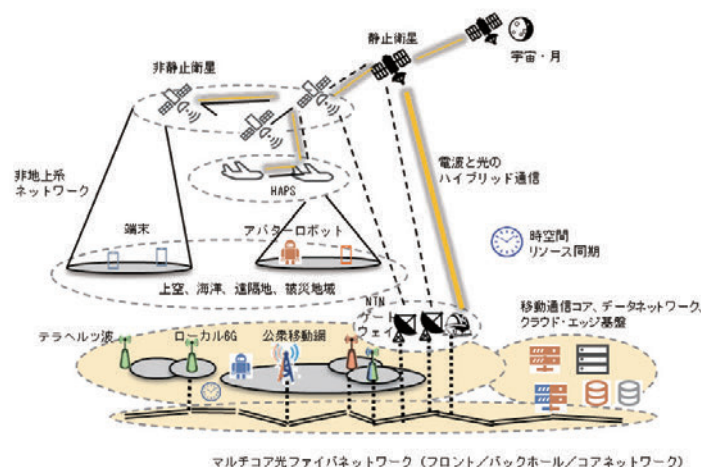
次章では、そのような課題を解決していくために、Beyond 5Gが持つべき仕組みについて述べることにする。

5. オープンサービスプラットフォームとしてのBeyond 5G

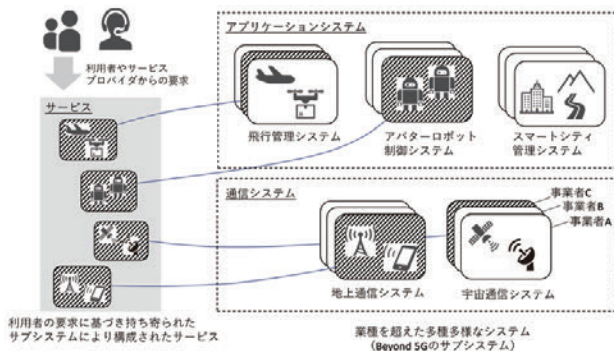
Beyond 5Gの理念は、前述してきたように5Gからさらに大きく変化する。利用者が要求するサービスを実現するために、持ち寄られた多種多様なシステムを組み合わせるという概念に着目する必要がある。Beyond 5Gは、利用者から見れば通信インフラを超えて、システムをオープンに組み合わせさせてサービスを構成していくためのプラットフォームとなる。その概念を実現する仕組みがアーキテクチャである。本章では、Beyond 5Gアーキテクチャの要件を整理し、それを具体化する。

5.1 Beyond 5Gサービス構成の概念

Beyond 5Gのアーキテクチャを検討するため、Beyond 5Gにより実現するサービスの概念を図2に示した。地上通信システムや宇宙通信システムなどの通信システムや、飛行



■図1. Beyond 5Gが想定するフィジカル空間の機能構成



■ 図2. サブシステムを持ち寄ることにより構成されるBeyond 5Gサービスの概念

管理システムやアバターロボット管理システムなどのアプリケーションシステムは、各事業者が構築して運用しているものであり、言わばBeyond 5Gサービスの部品である。そこで、これらをBeyond 5Gのサブシステムと呼ぶことにする。各事業者は機能や性能に特徴を持ったサブシステムを提供するというのである。例として、図2の宇宙通信システムには事業者A～Cによる3つのサブシステムがあるが、それぞれの特徴（通信速度、安定性、料金など）が勘案され、利用者の要求を満たすように選択されることになる。

このようにして、各サブシステムは、利用者またはサービスプロバイダ（利用者にサービスを提供する事業者）からの要求に基づき最適なものを選択され、持ち寄られて1つのサービスとして組み合わせられ、利用されることになる。

この概念に基づき、Beyond 5Gアーキテクチャに求められる要件を以下に整理する。

A. システム持ち寄りのためのオープン性

多様なサブシステムを持ち寄ることが可能になれば、今後開発される多様な機能を持つシステムの柔軟かつ迅速な利用が期待できる。そのためには、持ち寄りのためのインタフェースの定義が必要である。なお、持ち寄られたシステムを利用した場合は、公平にインセンティブが支払われるエコシステムを確立させることが必要である。

B. サイバー空間とフィジカル空間の融合

通信システムや現実世界で動作するロボットなどのシステムはフィジカル空間で動作する一方で、デジタルツインやそれを連携させて駆使するためのビッグデータ処理や未来予測のための人工知能（AI）などのシステムはサイバー空間で動作する。両者が融合的に動作することが、Beyond 5Gのサービスには必須である。そのため、サブシステムがそ

れぞれの空間から持ち寄られ、それらが一体としてサービスを構成できる必要がある。

C. システムの全体最適化

サブシステムは、各事業者が運用管理しているので、これまでもサブシステムに閉じたりソース利用の最適化には、性能向上やコスト低減の観点から最大限の努力が行われている。しかし、Beyond 5Gのように複数の事業者からサブシステムが持ち寄られてサービスを構成する場合、個別のサブシステムに閉じた局所的な最適化だけでなく、サブシステムを横串にした全体最適化が必要になる。

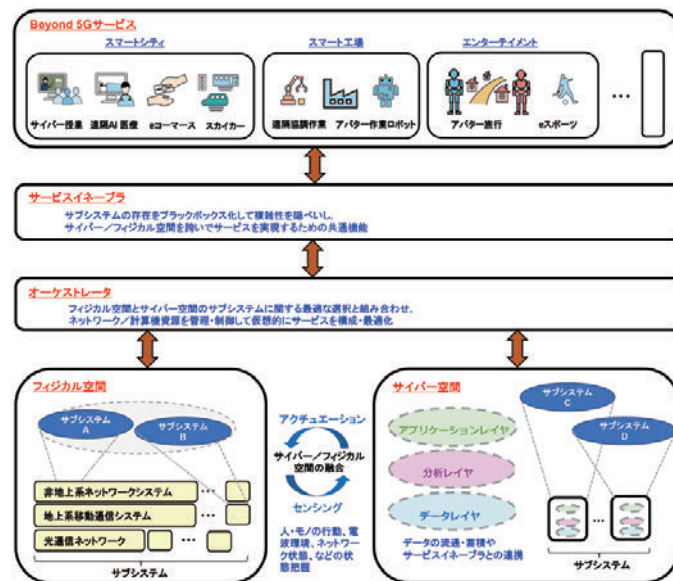
D. サブシステムのブラックボックス化

サービス利用者にとって、各サブシステムの複雑な機能を理解して扱うことは難しい。また、サービスプロバイダは、サブシステムを個別に扱うのではなく、多様な機能を駆使して利用者が求めるサービスの創成や開発に集中したい。そのため、サブシステムの複雑性が隠蔽され、ブラックボックスとして容易に扱えることを可能にする必要がある。

5.2 Beyond 5Gが目指すべきアーキテクチャ

アーキテクチャの要件に基づき、図3に示すBeyond 5Gが目指すべきアーキテクチャを設計した。Beyond 5Gサービスは、フィジカル空間とサイバー空間を構成するサブシステムの組合せにより実現される。サービスイネーブラはサービスが必要な共通機能を持ち、サービスからの要求をフィジカル空間やサイバー空間を構成するサブシステムのレベルに分解して、その選定や設定、組合せの実施をオーケストレータに要求する。オーケストレータは、サブシステムの機能や性能に関する要件を確認し、利用条件の確認や必要な手続きを行って、利用者のサービス環境を整える。

サービスイネーブラがサービス利用者の要求をいったん受け止めることにより、それ以降の複雑な構成を隠蔽して扱いやすくしている。そのため、サービスイネーブラからはAPIが提供されることが期待される。オーケストレータは、各サブシステムの利用条件に基づいて選択と設定を行うため、システム全体の観点での最適化が可能である。また、サブシステムとオーケストレータの間には共通のインタフェースが定義される。したがって、サブシステムは、このインタフェースに従って接続すればBeyond 5Gサービスを構成する要素として扱われるので、サービスに使われる組上にオープンに参入できる。

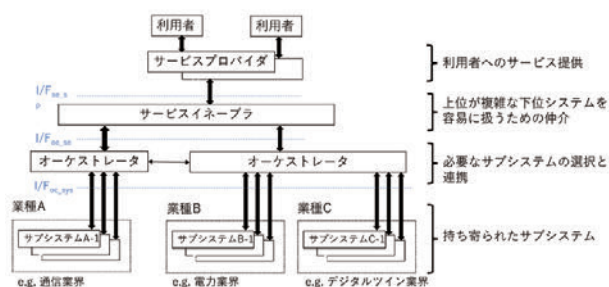


■ 図3. Beyond 5Gアーキテクチャ

なお、各事業者の内部で複雑なサブシステムを制御する機能があり、それをオーケストレータと呼ぶ場合もあるが、本稿でいうオーケストレータは事業者の外部にある機能であり、各事業者が持つ内側のオーケストレータと共通インタフェースで接続されることを想定している。

オーケストレータは、単一の機能として実現されるものではなく、分散型で実装されるべきものとする。図4では、業種Aが独自のオーケストレータを用意し、業種Bと業種Cは共用のオーケストレータを用意している環境を示している。それらのオーケストレータは相互に接続し、業種A～Cが一体として機能することになる。

このアーキテクチャで重要になるのは、オーケストレータとサービスイネーブラの機能と各インタフェースの定義であり、今後の議論が必要となる。また、このアーキテクチャに登場するサブシステムやオーケストレータまでもがエコシステムを構成することになり、業種をまたいだ責任分界点に関する議論も必要である。



■ 図4. オーケストレータの分散と連携

6. おわりに

Beyond 5Gに向けての研究開発は、日本だけでなく海外でも既に始まっている。従来のように通信業界に閉じた動きではなく、異業界を大きく巻き込み対話が活発化している。本稿で述べたシステムを持ち寄るという概念は、最近話題となっているWeb3のように社会プラットフォームの在り方を変える議論にも絡んで扱われることもある。Beyond 5Gに向けたこのような目まぐるしい動向を把握しながら、あるべき方向性を見定め、多くのステークホルダーが活躍できるBeyond 5Gの実現を目指したい。

参考文献

- [1] “Beyond 5G 推進戦略-6Gへのロードマップ-,” 総務省, 2020年6月30日.
- [2] 総務省, 平成30年版 情報通信白書.
- [3] Beyond 5G/6G White Paper 日本語2.0版, 情報通信研究機構, 2022年3月30日.
- [4] “Beyond 5G/6Gホワイトペーパー作成の裏話,” NICT NEWS, 2021 No.6 通巻490, 2021年11月.
- [5] 分身ロボットカフェ, オリイ研究所, <https://dawn2021.orylab.com/>
- [6] “THE ARTEMIS ACCORDS,” NASA, October 13, 2020.
- [7] 株式会社SkyDrive, <https://skydrive2020.com/>
- [8] YouTube NICTchannel, “Beyond 5G時代の未来生活とは? 3シナリオ統合版 (「Cybernetic Avatar Society」 「月面都市」 「時空を超えて」)”



ミリ波モジュール技術とテラヘルツ波通信に向けた取り組み

株式会社村田製作所 通信モジュール事業部 ミリ波事業推進部

う え だ ひ で き
上 田 英 樹



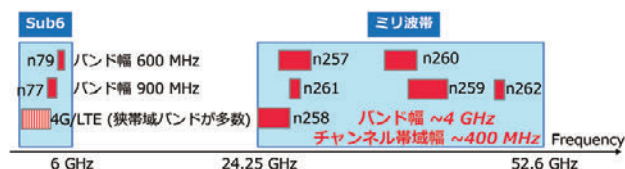
1. はじめに

本稿では、5G（第5世代移動通信システム）での採用で注目が高まっているミリ波帯におけるモジュール技術と、6Gでの活用が見込まれているテラヘルツ波通信へ向けた取り組みを紹介する。ミリ波帯においてAiM（アンテナアレー一体型モジュール）が用いられるようになった背景、AiMを実現するための要素技術、テラヘルツ波通信を実現するためのモジュールの変化とそれに必要となる技術に関して述べる。

1.1 5Gにおけるミリ波帯の採用

2019年にサービスが開始された5Gでは、移動体通信規格として初めてミリ波帯が採用された。ミリ波帯は既存の周波数帯と比較して広い帯域を利用できるため、5Gの機能要件の一つである高速・大容量が期待されている。また、高い指向性やビームフォーミング技術を用いて狭いエリアで多数のユーザーを収容する、速い通信速度により大容量コンテンツでも途切れにくく遅延が少ない通信を実現するなど、多数接続や超高信頼・低遅延も期待できる。

図1に、5Gで使用されるRF周波数帯（Sub6とミリ波帯）を示す。Sub6では、600MHz・900MHzと広い帯域幅が規格化されている。一方、ミリ波帯は、最大で4GHzなど、さらに広い帯域幅を持つ周波数帯が規格化されており、高速・大容量に加えて、今後予想される通信容量・帯域幅の逼迫に対応できる周波数帯として期待が高い。

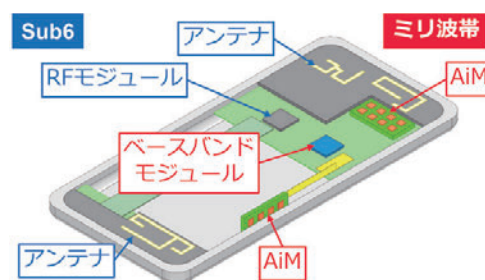


■図1. 5Gで使用されるRF周波数帯

1.2 AiM（アンテナアレー一体型モジュール）

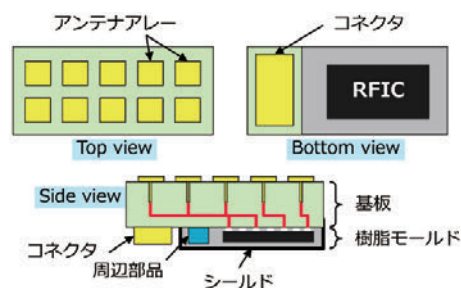
図2に、携帯端末内部におけるSub6・ミリ波帯のハードウェア構成例を示す。Sub6においてRFモジュールはマザーボード上に実装され、マザーボード内の配線・コネクタ・フレキシブルケーブルを介して筐体・樹脂パーツ上に形成されたアンテナに接続される。伝送損失はシステム要件として許容範囲内で設計されている。しかし、例えばミリ波帯で

用いられる28GHz帯は、Sub6で用いられる2GHz帯と比較して約5倍もの伝送損失になってしまい、ミリ波帯ではSub6と同様のハードウェア構成を用いることができない。

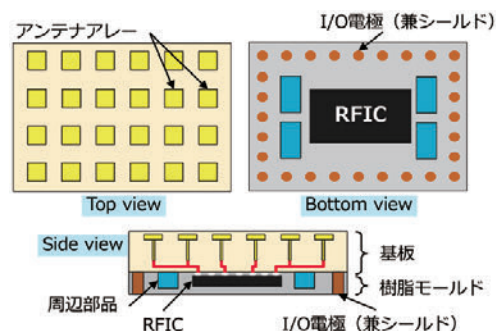


■図2. 携帯端末内におけるSub6・ミリ波帯のハードウェア構成例

そこで、ミリ波帯ではAiMを用いることが一般的である。図3・図4に、コネクタ接続型AiM、面実装型AiMを示す。どちらも基板の片面にアンテナアレーを構成し、もう一方の面にRFICやコネクタを搭載するコンセプトのモジュールである。RFICとアンテナ間の配線長を最短化し伝送損失を最小化できるため、ミリ波帯でもSub6と同等の伝送損失となる。図2に示すように、ベースバンドモジュールと複数



■図3. コネクタ接続型AiM



■図4. 面実装型AiM



のAiMをRF周波数帯よりも低い中間周波数で接続し、システム全体の伝送損失を抑えながら携帯端末内でAiMを分散配置することが近年の主流になっている。

2. ミリ波モジュール技術

特性が良く高付加価値なAiMを実現するための要素技術として、パッケージング技術・アンテナ技術・材料技術をそれぞれ紹介する。

2.1 パッケージング技術

ここでは、AiMの各種構成方法と、RFICとアンテナアレーを一体化するというコンセプトに対して、本パッケージング技術でどのような機能・付加価値を生み出しているかを紹介する。

AiMの構成

図5に、3種類のAiMの構成例を示す。用途や要求仕様によって適切にAiMの構成を選択する必要がある。コネクタ接続型 Flat-shape AiMは小型・低背であり、携帯端末に広く用いられている。コネクタ接続型 L-shape AiMは当社独自の構造であり、1つのモジュールで2方向への電波放射を可能とする広カバレッジが特徴である。体積が小さく、Flat-shape同様に携帯端末への搭載に適していると同時に、広いカバレッジを必要とするXR用途にも適している。

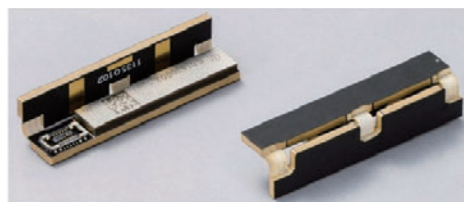
面実装型AiMは比較的面積が大きくアンテナ利得が高いため、基地局やバックホール通信といった屋外の遠距離通信に適している。タイル化によって複数のモジュールを高精度に並べ、通信距離を可変できるなどのカスタム性が特徴である。

	コネクタ接続型 Flat-shape AiM	コネクタ接続型 L-shape AiM	面実装型AiM
構造	アンテナアレー コネクタ 樹脂モールド (RFIC内蔵)		I/O RFIC タイル化
用途	携帯端末、XR(VR, AR, MR)など		基地局、バックホールなど
特徴	小型・低背	広カバレッジ	タイル化によるカスタム性

■図5. AiMの構成例

コネクタ接続型 L-shape AiM

図6に、具体的なL-shape AiMの製品例を示す^[1]。当社の樹脂多層基板であるメトロサーク™の形状自由度を活用し、L-shape AiMを実現している。基板をL字に曲げることで、1つのRFICで2方向への電波放射を可能とする。よ

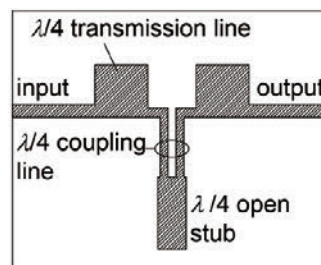


■図6. L-shape AiMの製品例

り少ないRFICの数でより広いカバレッジを実現でき、Flat-shape AiMと比較してシステムの低コスト化に貢献できる。

パターンフィルタ

AiMでは、不要放射抑圧のためRFICとアンテナ間の配線部にフィルタが必要になる場合がある。一般的にミリ波帯のAiMではRF配線が10本以上なので、実装部品でフィルタを構成した場合、部品コストが増加してしまう。また、ミリ波帯では、部品実装のための電極パターンが伝送線路として動作してしまい、部品本来の特性が得られない課題もある。しかし、ミリ波帯は周波数が高いため、基板内部のパターンで様々な配線を組み合わせることで、所望のフィルタ特性を同一プロセスで実現できる。図7は伝送線路・結合線路・スタブを組み合わせたローパスフィルタの構成例である。

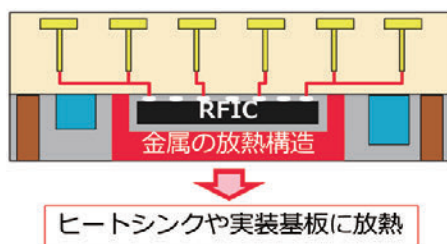


■図7. ローパスフィルタの構成例

放熱構造

放熱はAiMにおける重要な課題の一つである。AiMは、基板の片面にアンテナアレーが構成されているため、その面にヒートシンクを配置できない。ヒートシンクは一般的に金属材料で構成され、電波を遮断してしまうためである。つまり、AiMの放熱はアンテナと反対の部品搭載面から行う必要がある。しかし、AiMの部品搭載面は樹脂モールドされているため、熱源であるRFICからモジュール外部までの熱抵抗が高い。

解決策として、図8に示すようにRFIC下部の樹脂モールド部に金属の放熱構造を内蔵することが挙げられる。コネクタ型AiMの場合はヒートシンクに、面実装型AiMの場合は実装基板に放熱が可能となる。



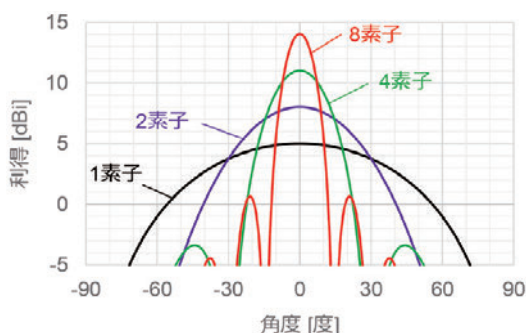
■図8. 放熱構造を内蔵したAiMの例

2.2 アンテナ技術

ここでは、ミリ波帯に特有のアンテナの課題とその解決策を紹介する。

高利得化

ミリ波帯は周波数が高いため自由空間伝搬損失が大きく、通信距離が短いという課題がある。そのため、長い通信距離を確保するためには高利得のアンテナが必要になる。なお、高利得化するにはアンテナ総面積を増やす必要がある。一般的に、AiMではパッチアンテナが用いられるが、パッチアンテナはその大きさで動作周波数が決まるので、単純に大きくすることはできない。そこで、例えばパッチアンテナを1/2波長間隔で並べたアレーアンテナ^[2]によって、等価的にアンテナ総面積を大きくする方法がある。図9に、アンテナ数（アレー数）増加による利得放射パターンの変化を示す。例えば、アレー数を2倍にすると、素子間の位相差が無い場合は0度の方向で利得を3dB増加、つまり2倍にできる。

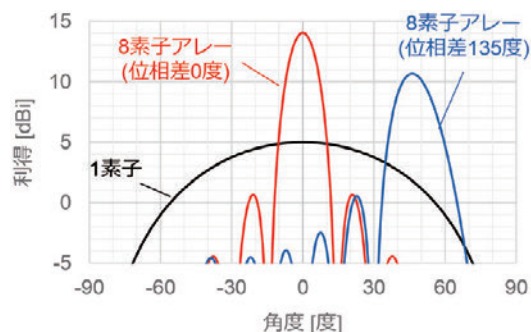


■図9. アレー数増加による利得放射パターンの変化

広カバレッジ化

アレー化によりアンテナが高利得化できるが、一方で指向性は鋭くなるため、特定の方向以外では利得が低下し狭カバレッジになる課題がある。高利得化と広カバレッジ化を同時に実現する技術の一つとして、フェーズドアレーアンテナによるビームステアリングが挙げられる^[2]。図10にフェーズ

ドアレーアンテナの利得放射パターンを示す。パッチアンテナを1/2波長間隔で一次元配列した8素子アレーにおいて、素子間の位相差を0度と135度とした利得を赤と青で示した。黒で示した1素子の利得に対して、それぞれ0度と45度の方向で約9dBの利得増加が見られ、高利得化と広カバレッジ化を同時に実現できる。



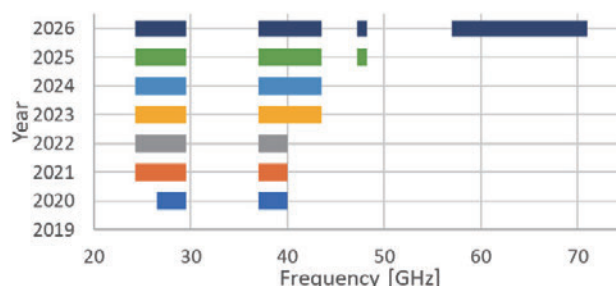
■図10. フェーズドアレーアンテナの利得放射パターン

フェーズドアレーアンテナの利得は1素子のアンテナ利得とアレー化による利得の積によって表される^[2]。そのため、パッチアンテナのように±90度などの広角で利得が低下するアンテナをアレー化しても、その方向での高利得化は望めない。

フェーズドアレー以外で広カバレッジ化を実現する方法としては、前述のL-shape AiMのように、メトロサーク™の形状自由度を活用して物理的にアンテナを多方向に向けることが挙げられる。

小型化・マルチバンド化

図2で携帯端末におけるAiMの配置例を示したが、近年では携帯端末面と垂直方向にアンテナに向ける図2下部の配置が主流である。携帯端末の薄型化に伴い狭小のAiMが求められ、そこに構成するアンテナを小型化する必要がある。一方で、図11に示すように、ミリ波帯では周波数拡張に伴い、マルチバンド化に対応する必要がある。つまり、

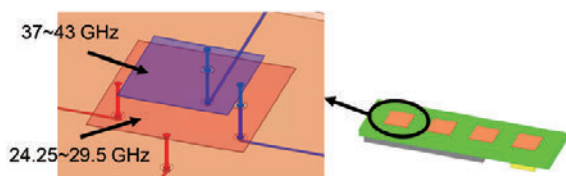


■図11. ミリ波帯の周波数拡張予測



AiMのアンテナには、小型化とマルチバンド化の両立が求められる。

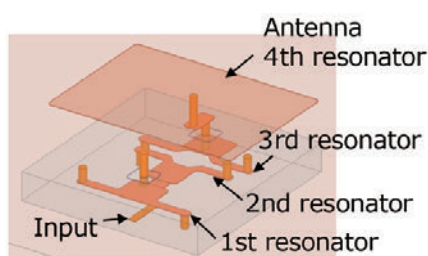
例えば、図12左部に示すように、異なる周波数帯で動作するパッチアンテナをスタックし、マルチバンド動作するアンテナを構成可能である。さらに、それぞれのパッチアンテナに対して、直交する2つの偏波を励振するように給電線路を接続できる。このように、同一の領域に動作周波数帯と偏波が異なる4つのアンテナを構成できる。図12右部に示すAiMは、一見4個のアンテナが構成されているように見えるが、実際は動作周波数帯などが異なる16個のアンテナを有しており、小型化とマルチバンド化を両立できる。



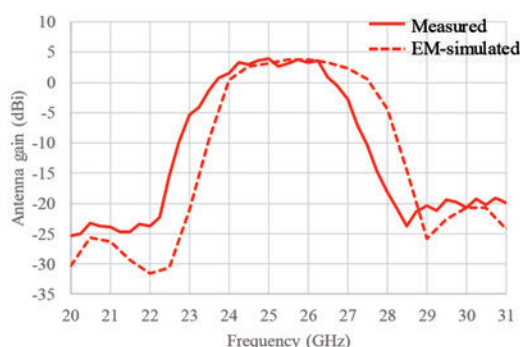
■図12. マルチバンド・偏波共用アンテナ

フィルター体化

2.1で述べたように、ミリ波帯ではパターンフィルタを構成可能である。しかし、アンテナと同数のパターンフィルタをRFICとアンテナ間に構成した場合、モジュール面積の増大を招くため、フィルタの小型化が不可欠である。そこで、フィルタとアンテナを一体化したフィルタリングアンテナが提案されている^[3]。図13にバンドパス機能を持つフィルタリ



■図13. フィルタリングアンテナの構成例



■図14. フィルタリングアンテナの利得の周波数特性

ングアンテナの構成例を示す。フィルタの実現方法として共振器を多段に接続する構成があるが、例えば、最終段の共振器をアンテナで置き換えることでフィルタリングアンテナを実現できる。図14にフィルタリングアンテナの利得の周波数特性を示す。実測とシミュレーションで周波数のずれはあるが、利得の絶対値、帯域幅、帯域外の減衰量などは良好に一致している。

2.3 材料技術

ミリ波帯では、AiMに用いる多層基板の材料選択も重要である。1.2で述べたように、ミリ波帯はSub6と比較して伝送損失が数倍以上になるため、AiMを用いて配線を最短化し、伝送損失を最小化する必要がある。一方で、単位長さ当たりの伝送損失を低下することも重要であり、低損失な多層基板技術が必要である。

AiMに用いられる基板材料

表1に、ミリ波帯で用いられる代表的な基板材料を示す。PTFE (Polytetrafluoroethylene) やメトロサーク™はPCB (Printed Circuit Board) ・LTCC (Low-Temperature Co-fired Ceramics) よりも誘電率・誘電正接が小さく、低伝送損失を実現できる材料である。また、高周波対応のため、銅箔を低粗化したPCBやLTCCも、伝送損失の観点からはミリ波帯での使用に適している。

一方で、AiM、つまりモジュールに適用する上では、ビア形成・積層などの多層化の観点も必要である。PCBでは一般的に、様々なビア形成法や、基板材料を1層ずつ積層するビルドアップ工法を用いた多層化技術が広く普及している。なお、当社はLTCCだけでなく一般的に積層が難しいLCP (Liquid Crystal Polymer) 材料であるメトロサーク™を一括積層する技術を有している。多層化の観点から

■表1. ミリ波帯で用いられる代表的な基板材料

	誘電率 @ 60 GHz	誘電正接 @ 60 GHz	伝送損失	多層化
PTFE	3.0 *	0.0013 **	◎	△
PCB	粗化銅	0.006	△	○
	低粗化銅		○	○
LTCC	6.7	0.005	○	◎
メトロサーク™	3.0	0.002	◎	◎

Loss: Strip line (Line width: 0.11 mm)

* RO3003™ laminate (ceramic-filled PTFE composites)

** @10 GHz

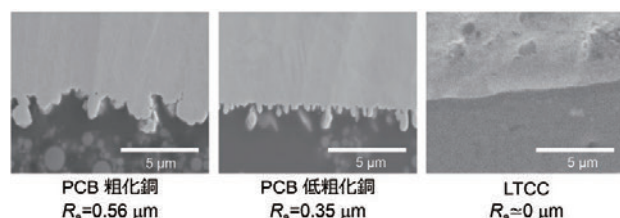


LTCC・メトロサーク™はPCBに対する優位性がある。

低伝送損失と多層化の両方の観点から、当社では低粗化銅を用いたPCB、LTCC、メトロサーク™を用いてAiMを実現している。

銅の表面粗さの影響・表皮効果

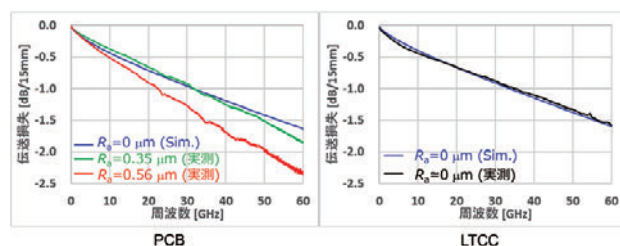
ミリ波帯などの高い周波数帯で低伝送損失を実現するためには、基板材料の物性値だけでなく、銅箔の表面粗さを小さくする必要がある。図15は粗化銅を用いたPCB、低粗化銅を用いたPCB、LTCCの写真である。表面粗さの一つの指標である R_a はそれぞれ0.56, 0.35, ほぼ $0\mu\text{m}$ であった。



■ 図15. 各種基板材料の表面粗さ

図16に、各種基板材料の配線の伝送損失の測定結果を示す。 $R_a=0\mu\text{m}$ の条件におけるシミュレーション値を青で示している。粗化銅を用いたPCBの測定結果を赤で示しており、シミュレーションに対して高伝送損失となった。低粗化銅を用いたPCBの測定結果を緑で示しており、シミュレーションと同等の低伝送損失となった。

粗化銅と低粗化銅の伝送損失の差は、表皮効果によるものである。表皮効果とは、高い周波数で電流が導体表面に集中する現象であり、角周波数 ω 、透磁率 μ 、導電率 σ を用いて $\sqrt{2/\omega\mu\sigma}$ で表される。例えば銅の場合、39GHzにおける表皮厚みは $0.33\mu\text{m}$ であり、低粗化銅の $R_a=0.35\mu\text{m}$ とおおよそ一致する。つまり、 R_a を表皮厚みと同程度に低くすることで、 $R_a=0\mu\text{m}$ を仮定したシミュレーションと同等の伝送損失を実現できる。



■ 図16. 配線の伝送損失の実測値と $R_a=0\mu\text{m}$ を仮定したシミュレーション値(線幅=110 μm 、線路長=15 μm)

LTCCの R_a はほぼ0であるため、 $R_a=0\mu\text{m}$ を仮定したシミュレーションと同等の低伝送損失を60GHzまで実現できている。さらに、より高い周波数帯でも低伝送損失を実現できると予想でき、テラヘルツ波帯などの使用が見込まれる6Gなどにおいても有用な基板材料だと考えられる。

3. テラヘルツ波通信に向けた取組み

ここでは、6Gで検討されているサブテラヘルツ・テラヘルツ波帯でモジュールがどのように変化していくのか、どのような新たな技術がそれに必要になるのか予測を行う。候補となる周波数帯として、大気減衰が小さい140GHz帯を例に、AiMの構成を検討する。140GHz帯では約40GHzと、ミリ波帯の約10倍の帯域幅が使用できる。また、周波数は28GHz帯に対して約5倍である。

アンプを含むアンテナ構成

(1) より、帯域幅が10倍になることで、信号対雑音比(SN比)が一定の条件で、通信路容量は10倍になる。しかし、10倍の帯域幅は約10倍の雑音を発生するため、SN比が劣化しないように10倍の信号レベル、つまり、無線通信では10倍の受信電力が必要である。

また、(2) より、周波数が5倍の条件で10倍の受信電力を得るには、送信電力・送信アンテナ利得・受信アンテナ利得の積 $P_t G_t G_r$ を250倍にする必要がある。

シャノン=ハートレーの定理

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \cong B \log_2 \left(1 + \frac{S}{NF \times kTB} \right) \quad (1)$$

C : 通信路容量 [bit/s]

NF : 雑音指数 [dB]

B : 帯域幅 [Hz]

k : ボルツマン定数 [J/K]

S : 信号レベル [W]

T : 温度 [K]

N : ノイズレベル [W]

フリスの公式

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda_0}{4\pi D} \right)^2 \quad (2)$$

P_r : 受信電力 [W]

G_r : 受信アンテナ利得 [dBi]

P_t : 送信電力 [W]

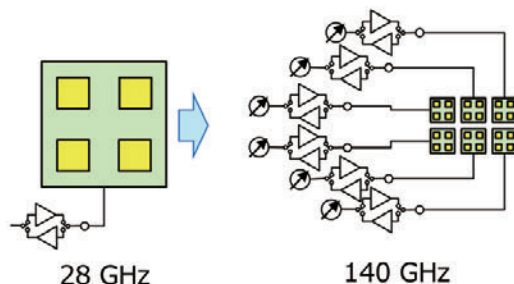
λ_0 : 波長 [m]

G_t : 送信アンテナ利得 [dBi]

D : 通信距離 [m]

$P_t G_t G_r$ を250倍にする方法の一つとして、アンプを含む28GHz帯のアンテナ構成を6.3倍にアレー化することが考え

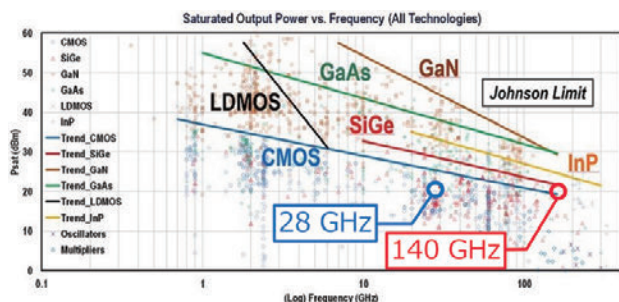
られる。例えば、図17に示すようにアンテナ構成を6セットにした場合、 $P_t G_t G_r$ は216倍となる。また、フェーズドアレーを構成できるため28GHzと同等の広カバレッジを実現できる。アンプの性能が28GHz帯と同等と仮定すると、消費電力は6倍に増加するが、アレー化せずに250倍の送信電力を得るためには250倍の消費電力が必要なため、それと比較すれば十分に現実的である。また、この時、周波数スケーリングにより各パッチアンテナの長さ・幅や素子間隔は1/5に、面積は1/25になり、かつアレー規模は6倍となるため、全体のアンテナ面積としては6/25、つまり約1/4になる。



■ 図17. $P_t G_t G_r$ を216倍にするアンテナ構成例

化合物半導体プロセスの必要性

テラヘルツ波帯では半導体プロセスも重要である。図18は各種半導体プロセスによるパワーアンプの動作周波数と飽和出力電力 (P_{sat}) のサーベイ結果である^[4]。28GHzではCMOSで20dBm以上の P_{sat} を実現できている。一方、140GHzで28GHz帯と同等の20dBmの P_{sat} を得るためにはCMOSプロセスは限界に達しており、InPなどの化合物半導体プロセスが必要になる。



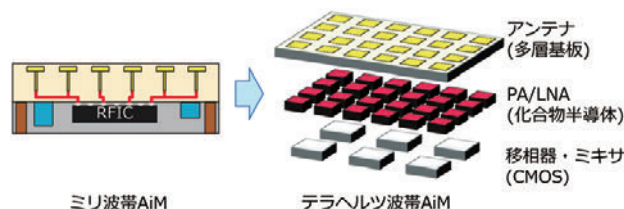
■ 図18. 各種半導体プロセスによるパワーアンプの動作周波数と飽和出力電力 (P_{sat}) のサーベイ結果

AiMパッケージングの変化予測と技術要求

以上の議論を踏まえ、テラヘルツ波帯AiMのパッケージングの変化予測を図19に示す。ミリ波帯のAiMはRFICサイズよりもアンテナアレーが大きい設計が多い。テラヘルツ波帯ではRFICサイズは大きく変化せず、前述のようにアン

テナアレーのサイズが約1/4になるため、アンテナアレーとRFICサイズが同程度になると予測できる。また、RFICにはアンプ以外に移相器やミキサの機能が必要だが、すべてを化合物半導体で実現すると、コスト増加を招く。アンプ部のみに化合物半導体を用い、他の部分はCMOSなどのシリコンプロセスで実現することが、低コスト化に向けて必要となる。

このようなテラヘルツ波帯AiMのパッケージングを実現するために、①RFIC機能を分割するという点でChiplet技術、②半導体とアンテナアレーが同等サイズになる点でチップサイズパッケージング (CSP) 技術、③モジュール化する観点から3次元実装技術が重要となる。



■ 図19. テラヘルツ波帯AiMのパッケージングの変化予測

4. おわりに

本稿では、5Gでの採用で注目が高まっているミリ波帯におけるモジュール技術と、6Gでの活用が見込まれているテラヘルツ波通信へ向けた取組みを紹介した。まず、ミリ波帯における伝送損失の課題を克服するためにAiMが必要となる背景を述べた。次に、AiMを実現するための要素技術として、機能・付加価値を内蔵するためのパッケージング技術、ミリ波帯特有の課題を解決するためのアンテナ設計技術、低伝送損失を実現する基板材料開発・配線形成技術を述べた。最後に、テラヘルツ波通信に向けてモジュールがどのように進化していくのか、周波数や帯域の変化を基に予測を行い、必要となる技術に関して述べた。

(2022年9月13日 ITU-R研究会より)

参考文献

- [1] <https://www.murata.com/ja-jp/news/connectivitymodule/mmwave-rf/2021/1013>
- [2] https://ieice-hbkb.org/files/04/04gun_02hen_07.pdf
- [3] 須藤ほか, 信学技報, vol. 121, no. 361, MW2021-108, pp. 22-27, Jan. 2022.
- [4] https://gems.ece.gatech.edu/PA_survey.html

ITU-R SG5 WP5D (第42回) の結果について

総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 新世代移动通信システム推進室
システム開発係長

しげなり ともや
重成 知弥



1. はじめに

国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) SG5 (地上業務研究委員会) 傘下のWP5D (IMTシステム担当) の第42回会合が、2022年10月10日 (月) から21日 (金) までスイス・ジュネーブ (Web会議システムでの参加も可) で開催されたので、その結果を報告する。

2. WP5Dの所掌及び今会合の概要

WP5DはIMT (International Mobile Telecommunications) の略。IMT-2000、IMT-Advanced、IMT-2020及び2030年以降のIMTを指す。) の無線システムに係る側面全般の検討を所掌しており、これらに関する各種ITU-R勧告・報告等の策定・改訂作業及び関連するWRC議題の検討を行っている。

今会合では、勧告や報告の策定に向けた審議のほか、2023年11月から12月にかけて開催される2023年世界無線通信会議 (WRC-23) の議論のベースとなるCPMレポートの策定に向けたCPMテキスト案の提出期限が、本WPの最終日の2022年10月21日であったことから、同テキスト案の完成にも特に注力された。

また、今会合には62か国及び各団体・機関から654名が参加し、日本からは日本代表団として22名が参加した。入力寄与文書数は、日本寄与文書17件 (中国・韓国との共同寄与文書3件及び韓国との共同寄与文書1件を含む) を含む計190件であり、会議での検討の結果、93件の文書が出力された。

■表. WP5Dの審議体制 (敬称略)

	担務内容	議長
WP5D		S. BLUST (AT&T)
WG GENERAL ASPECTS	全般的事項	K. J. WEE (韓国)
WG SPECTRUM ASPECTS AND WRC-23 PREPARATIONS	周波数関連	M. KRÄMER (ドイツ)
WG TECHNOLOGY ASPECTS	無線技術関連	H. WANG (Huawei)
AH WORKPLAN	WP5D全体の作業計画等調整	H. OHLSEN (Ericsson)

3. 主要議題及び主な結果

(1) 一般関連 (General Aspects)

- 将来の無線システムのビジョン等に関する新勧告案ITU-R M. [IMT.VISION 2030 and BEYOND] について、日本提案を含む25件の寄与文書に基づき審議が行われ作業文書が更新された。使用計画 (usage scenario) 及び概念図については更なる検討が必要であるとされ、次会合までの間にメール審議グループを設置し、作業を進めることとされた。能力 (Capability) に関しては、これまで未審議であった要素能力を定義するテキストをドラフトしたほか、各能力の目標値については、産業界との相談を踏まえて合意を目指すことが求められた。本文書は2023年6月の会合での完成を目指している。
- 産業・企業向けのIMTシステム利用に関する新報告案ITU-R M. [IMT.INDUSTRY] の策定作業について、報告の名称を“Applications of IMT for specific societal, industrial and enterprise usages”に変更される等、作業文書が更新された。本文書は次会合での完成を目指している。
- 2023年無線通信総会 (Radiocommunication Assemblies: RA-23) について、関連するITU-R決議の更新作業が行われた。決議ITU-R 56-2 (IMTの呼称) に関しては、“IMT for 2030 and beyond” の呼称を“IMT-2030”として追加する改訂案が本WPにて合意された。

(2) 周波数関連及びWRC-23準備 (Spectrum Aspects and WRC-23 Preparations)

- 周波数アレンジメントに関する勧告ITU-R M.1036の改訂作業について、今会合から検討を再開し、日本提案を含む複数の寄与文書に基づき審議が行われたが、各国の意見が分かれて合意には至らず次会合に持ち越されることとなった。
- 26GHz帯のIMTとFSS地球局の両立性に関する作業文書について、寄与文書に基づき審議の結果更新の上、新勧告草案に格上げされ、次会合に持ち越された。また、42/47GHz帯のIMTとFSS地球局の両立性に関する新勧告の策定に向けて、寄与文書に基づき作業文書が作成



され、次会合に持ち越された。

- WRC-23議題1.1 (4800–4990MHz帯におけるIMT局に対する電力束密度の制限値の見直し) について、複数の寄与文書に基づく審議が行われ、CPMテキスト案が完成された。また、CPMテキスト作成に関わる背景情報や詳細な検討結果をまとめたCondition1.1文書についても多くの課題に進捗があり、“Supporting material on A1.1 of WRC-23” という位置付けに変更され議長報告に添付する文書として最終化された。
- WRC-23議題1.2 (3300–3400MHz、3600–3800MHz、6425–7025MHz、7025–7125MHz及び10.0–10.5GHz帯における移動業務への一次分配を含むIMT特定の検討) について、日本提案を含む複数の寄与文書に基づく審議が行われ、CPMテキスト案が完成された。また、共用両立性検討に関する作業文書が更新された。
- WRC-23議題1.4 (2.7GHz以下のIMT特定された周波数帯におけるIMT基地局としての高高度プラットフォーム局(HIBS) 利用の検討) について、日本提案を含む複数の寄与文書に基づく審議が行われ、CPMテキスト案が完成された。また、共用両立性検討に関する作業文書が更新された。HIBS技術運用特性等に関する新報告草案への格上げに向けた作業文書の更新については時間の制約から行われず、関連する寄与文書とともに議長報告に添付された。
- 無線通信規則21.5条へのAAS (Advanced Antenna System) の適用検討に関する無線通信局長への報告文書については、日本提案を含む複数の寄与文書に基づく審議が行われたが、衛星業務保護を求める立場とIMT利用を推進する立場でそれぞれが従来の主張を継続する形となり、限定的な進捗にとどまった。本文書は次会合での完成を目指している。

(3) 技術関連 (Technology Aspects)

- IMT-2020無線インタフェース技術に関する勧告ITU-R M.2150に、中国のNufont社から新たな規格「5G-EUHT RIT」を追加する提案がなされていたところ、5GMFやWWRF等の外部評価団体から、同提案内容は技術要求条件を満たさないと最終評価レポートが提出された。これを踏まえた審議の結果、「5G-EUHT RIT」はIMT-2020の技術要求条件を満たさないと結論に達し、勧告ITU-R M.2150には含めないとの結論に至った。

- IMT-2020無線インタフェース技術の不要輻射特性に係る新勧告草案に関して、ETSI及び3GPPから不要輻射特性情報の入力があり、作業文書に反映された。本文書は2023年6月の会合での完成を目指している。また、IMT-Advanced無線インタフェース技術の不要輻射特性勧告ITU-R M.2070及びM.2071の改訂に関しては、日中韓の共同寄与文書及びカナダ等の寄与文書に基づき作業文書が更新された。次会合以降引き続き議論される予定である。
- ブロードバンドリモートカバレッジに関する新報告案ITU-R M. [IMT TERRESTRIAL REMOTE COVERAGE] が完成し、SG5に上程された。
- 100GHz超の無線技術の実現性に関する新報告案ITU-R M. [IMT.ABOVE 100GHz] に関して、日本寄書を含む10件の寄書について審議が行われ、寄書の内容は、おおむね作業文書に反映された。検討対象を92GHz以上の帯域に拡大するとの日韓共同寄与文書の提案は、当該報告案の本文中のスコープにおいてはそのような記載で合意されたが、タイトルは100GHz超のままとすることとなった。本文書は2023年6月の会合での完成を目指している。

4. 今後の予定

今研究会期中の関連会合の開催予定は以下のとおり（特にSG5会合については開催日程について再検討されており、若干変更の可能性がある）。

- WP5D会合（第44回）：6月12日（月）～22日（木）、スイス・ジュネーブ
- SG5会合（第20回）：9月25日（月）及び26日（火）、場所未定
- RA-23：11月13日（月）～17日（金）、ドバイ
- WRC-23：11月20日（月）～12月15日（金）、ドバイ

5. おわりに

WRC-23議題に関する検討やIMTの将来技術動向及び構想に関する検討等に対して、今回の会合でも、日本から積極的に議論に貢献できた。このことは、長時間・長期間にわたる議論に参加された日本代表团各位、会合前の寄与文書作成や審議に貢献していただいた関係各位のご尽力のたまものである。この場をお借りして深く御礼申し上げます。



ITU-T TSAG会合報告

総務省 国際戦略局 通信規格課

1. はじめに

2022年12月12日～16日まで、国際電気通信連合電気通信標準化部門 (ITU-T) の電気通信標準化諮問委員会 (Telecommunication Standardization Advisory Group: TSAG) がスイス・ジュネーブ (オンラインとのハイブリッド形式) で開催された。

今回のTSAG会合は、2022年3月に世界電気通信標準化総会 (WTSA-20) が開催されて以降初の会合である。47の加盟国、電気通信事業者等から計276名 (うち113名がオンライン参加) が参加し、我が国からは、主管庁である総務省とともに、日立製作所、KDDI、富士通、NEC、NTT、NTTドコモ、NICT、OKI、日本ITU協会から計22名が参加した。

2. 主な結果

2.1 今会期 (2022-2024年) のTSAG組織体制

今会期のTSAG組織体制に関するTSAG議長のAl Hassan氏 (サウジアラビア) 提案についてPL (Plenary Session) で議論が行われた。本提案では、RG (Rapporteur Group) を整理し、RGの上に新たにWP (Working Party) を設置することが盛り込まれており、これに対し、ロシアが前会期の体制維持を主張する一方でドイツ、カナダ、韓国が支持を表明した。オフラインで調整が行われた結果、本提案を微修正した後に図のとおり承認された。なお、日本からは永沼美保氏 (NEC) がRG-WPR (Work Programme and

Restructuring, SG work, SG Coordination) のRapporteurを務めるほか、三宅滋氏 (日立製作所) がISO/IEC JTC1とのリエゾンオフィサーを務める。

2.2 メタバースに関するFG (Focus Group) の設置

メタバースに関するFGの設置に向け、FGのToR、親グループ、役職についてPL及びアドホックグループで議論が行われた。会合には、コレスポンドスグループ (CG-MV) を設置し、メタバースに関する検討を行ってきたSG16よりリエゾン文書が入力されたほか、韓国、日本のセクターメンバー、カナダ、英国、ロシア、SG5、SG13、SG17からも文書が提出された。

議論の結果、FGのグループ名はFG-MV (Focus Group on metaverse) とすることで合意するとともに、FGのToRには、2024年1月までに検討を行い、成果物を直近のTSAG会合に提出すること、メタバースに関する検討を行っている他のグループと作業が重複しないこと等が盛り込まれた。また、メタバースが複数のSGに関連する幅広い領域を扱うことからFGの親グループをTSAGとして設置することが合意されるとともに、FG-MVの役職については、議長はShin-Gak kan氏 (韓国、ETRI)、副議長にはノキア、エリクソン、NICT (今中秀郎氏)、ブラジル、英国、中国からそれぞれ1名ずつ選出された。

その他、サウジアラビアからは、2023年の第一四半期にFG-MVの第一回会合のホストをしたい旨の申し出があった。

2.3 2つのJCA (Joint Coordination Activity) の設置

量子鍵配送ネットワークに関する検討を行うため、中国の北京郵電大学などからJCA-QKDN (Joint Coordination Activity on Quantum Key Distribution Network) を設置する提案がなされ、議論の結果、設置が合意された。議長には中国 (CAICT)、副議長には中国、英国からそれぞれ1名ずつ選出された。

また、SG13からTSAGに対して機械学習に関する検討を行うJCA-ML (Joint Coordination Activity on Machine-Learning) を設置する要請がなされ、議論の結果、SG13を親SGとして本JCAを設置することが合意された。

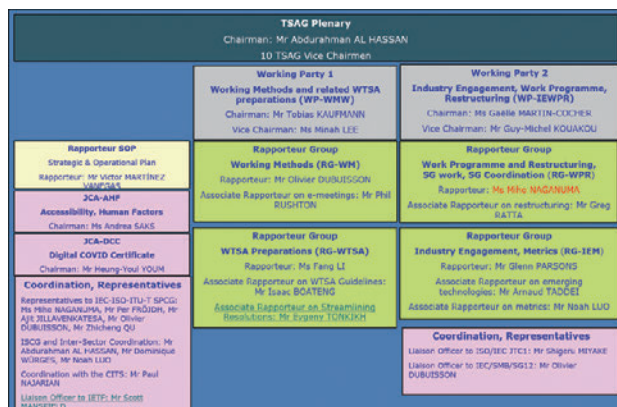


図. 今会期 (2022-2024年) のTSAG組織体制図



2.4 その他の各RGにおける主な結果

2.4.1 作業方法ラポータグループ (RG-WM ; Working Methods)

ITU-Tにおける様々な作業手順やルールを規定するAシリーズ勧告の管理のほか、電子会議におけるマネジメント方法などについて議論する役割を持ち、Olivier DUBUISSON氏（フランス）がラポータを務める。

今回合会では、Aシリーズ勧告のSupplement 4（リモート参加に関するガイドライン）について韓国から改訂案が提案され、リモート会議における用語の統一など各参加者のコメントを反映し、改訂に合意した。また、Aシリーズ勧告のSupplement 2（相互接続試験）についてイタリアテレコム等から改訂案が提出され、編集セッションで調整を行った結果、改訂することが合意された。

2.4.2 WTSA準備ラポータグループ (RG-WTSA ; WTSA Preparations)

WTSA-24に向けて、各地域から提案されるWTSA決議提案のレビューや、内容に重複がある決議の合理化、WTSAにおける決議の扱い方に関するガイドラインの作成などの役割を持ち、Fang Li氏（中国）がラポータを務める。

今回合会では、カナダから、WTSAの効率的な作業運営を行うためWTSA議長に「ワンページャー」の作成を求める提案がなされ議論が行われた。米国、ドイツなどが本提案に支持を表明する一方で、ITU-Tだけでなく他の部門とも作業方法を統一すべきなどの慎重な意見もあり、今後の合会で継続審議することとなった。

また、ロシアからはPP決議とWTSA決議の合理化に関する提案があり、本RGにおいて、1) 重複を避けるため、同じテーマに関する複数の決議をどのように合理化するかについての指針、2) 前文を簡潔にするなどの「決議の起草方法」についての指針、3) WTSA-24に備えた決議合理化の候補となるWTSA決議の特定、の3点について扱うべきである旨提案があった。一方で、このような課題はPPが取り組まなければ上手いかわからないのではないかと懸念を示す声もあり、今後の合会で継続審議されることとなった。

2.4.3 作業項目、再編、SG作業・調整ラポータグループ (RG-WPR ; Work Programme and Restructuring, SG work, SG Coordination)

すべてのSGの活動報告を検証し、SGが提案する課題構成の変更案をエンドースするとともに、次会期のSG構成の見直し案を検討する役割を持ち、永沼氏（NEC）がラポータを務める。

今回合会では、前会期で検討したSG再編のアクションプラン実施に向けた今後の進め方案（2023年6月までに各SGより評価データを収集、2024年6月のTSAG会合までにSG再編案を策定）について議論された。各国から、再編の意義やSG活動の評価指標等について多数意見が出されたものの、今後の進め方案については承認され、今後の合会で継続審議されることとなった。

2.4.4 産業界の関与の強化・評価指標ラポータグループ (RG-IEM ; Industry Engagement, Metrics)

産業界からのITUへの参加を得るための計画や、新興技術に関する作業の検討と調整を行う役割を持ち、Glenn Parsons氏（カナダ、エリクソン）がラポータを務める。

今回合会では、中国からの、メンバーの参加を促す既存の決議やその他の活動のリストを各部門に回章する中国提案に対して、各国から非ITU-Tメンバーへの働き掛けも別途必要であり、既にITU-Tメンバーである団体とメンバーでない団体へはそれぞれ別の戦略を策定しなくてはならない旨のコメントがあり、今後の合会で継続審議されることとなった。

また、産業界の関与の評価指標として、TSB事務局から、勧告のダウンロード数や各SGの活動状況などを集計した資料が紹介された。今後の報告書の取りまとめにあたっては、各課題別の出席者数を含めることを検討することが提案された。

3. 今後の予定

次回TSAG会合は、2023年5月30日～6月2日の4日間の日程で、ジュネーブにおいて開催される予定である。



ITU-T SG5 (Environment, climate change and circular economy) 第2回会合



日本電信電話
株式会社

こばやし えいいち
小林 栄一



日本電信電話
株式会社

はっとり みつお
服部 光男



日本電信電話
株式会社

はら みなこ
原 美永子



株式会社
NTTドコモ

ひがしやま じゅんじ
東山 潤司

1. はじめに

ITU-T SG5は、落雷や電磁界に対する人体ばく露、電磁両立性 (EMC: Electromagnetic Compatibility)、中性子の影響などの電磁的現象と、気候変動に対するICT (Information and Communication Technology) 効果の評価方法について検討している。本稿では、2022年10月17日～10月27日にローマ (イタリア) で開催された、2022-2024会期の第2回会合の審議内容を報告する。なお、日本からは高谷和宏SG5副議長他2名が現地参加し、他の出席者はリモート対応した。

今会合では、WP1 (Working Party 1) の所掌範囲である課題1～4において、改訂5件の勧告案について勧告化手続きを開始することが合意 (Consent) されるとともに、5件の補足文書 (Supplement) が同意 (Agreement) された。また、新たに作成された勧告によりスコープがカバーされた既存勧告3件の削除が承認された。WP2の所掌の課題6、7、13においては、新規1件の勧告案について勧告化手続きを開始することが合意された。さらに、3件の補足文書の発行が同意された。WP3においては、所掌範囲の課題9、11、12では、新規1件及び改訂1件の勧告案について勧告化手続きを開始することが合意された。また、2件の補足文書の発行が同意された。

2. 会合概要

- (1) 会合名: ITU-T SG5 第2回会合 (2022-2024会期)
- (2) 開催場所: ローマ (イタリア)、日本からは高谷和宏SG5副議長他2名が現地参加し、他の参加者はリモート対応
- (3) 開催期間: 2022年10月17日～10月27日
- (4) 出席者: 39か国126名 (うち、日本から10名)
- (5) 寄書件数: 84件 (うち、日本から5件)
- (6) 合意された勧告案: 新規2件、改訂6件
- (7) 同意された文書: 10件

3. 審議結果

3.1 WP1 (EMCと雷防護、電磁界に対する人体ばく露) における審議状況

課題1 (ICTシステムの電氣的な防護、信頼性、安全及びセキュリティ)

本課題では、雷撃や接地、電力システムの妨害波に対する通信システムの防護要件を検討している。また、粒子放射線による通信装置のソフトウェアに関する勧告及び補足文書の改定を検討している。更に、電気通信設備の電磁波的なセキュリティ課題として、高々度電磁パルス (HEMP) や高出力電磁パルス (HPEM) 攻撃に対する防護方法、電磁波を介した情報漏洩リスク評価及びリスク低減方法の検討と勧告化について検討している。

今会合では、新規勧告草案K.lp「ネットワーク防護のための落雷標定システムのデータの適用に対するガイドライン」では、NTT (日本) からは雷測位の原理とデータ活用方法案の寄書が、チャイナテレコム (中国) からは通信施設での落雷観測までを含むシステム仕様の寄書が、それぞれ草案第2版として提示され審議された結果、会合期間中に日本寄書を基に、スコープに通信ビルでの落雷観測を含めた上、中国提案のシステム仕様を情報としてAppendixに移動することで合意した。更にタイトルを「通信設備運営における落雷に関するデータ利用ガイダンス」に変更した草案第3版をNTTが取りまとめ継続検討となった。Huawei (中国) から提案されている新規勧告草案K.spdm「通信装置のAC電源ポート内で使用されるSPDM (サージ防護デバイスモジュール) の性能要求と試験法」は草案第2版が審議され、SPDMの定義の明確化が不十分であること等のコメントが出され、今後反映されることとなった。また、本文書は合意前にIEC SC37Aからのコメント機会を確保するため、文書のドラフティングが完了する予定の次回会合にSG5からSC37Aにコメント要請を发出し、合意は次々会合を予定することとなった。

課題2（雷及び他の電気的事象に対する装置及びデバイスの防護）

本課題では、過電圧や過電流に対する通信システムの防護要件と防護素子の検討を行っている。

NTTから提案した既存勧告K.143「通信端末装置でのサージ防護デバイスとサージ防護素子の利用での安全に関するガイダンス」の改訂草案第1版では、サージ防護デバイス・素子（SPD・SPC）の動作電圧の規定で想定している商用電源電圧変動幅を本勧告内容と密接に関わるIEC TC108での議論と整合させるとともに、“SPD・SPC”の記述をTC108での議論に合わせて“サージサプレッサ”に変更することを提示した。審議の結果、本提案は、会合参加者の理解を得るとともに新ワークアイテムK.143revが作成された上で、本改訂はIEC TC108で当該議論が反映された文書の成立後に合意されることとなった。NTTから提案した既存勧告K.20とK.45「宅内・屋外に設置される通信装置の過電圧・過電流に対する耐力」の修正提案は、ITU-T事務局（TSB）からの要請により勧告改訂として手続きし、合意された。IEEEから提案された既存勧告K.147「ネットワークに接続される情報技術装置の防護」の改訂が合意されるとともに、既存勧告K.118「Fiber To The distribution point 装置への雷防護要求」への新規補足文書2件K.Suppl.30「概説」、K.Suppl.31「地電位上昇（EPR）のモデリング」が同意された。IEEEから、新規勧告案K.gm「GDTとMOV技術を含むハイブリッドIC素子の試験法」での採用に向けて、避雷素子の動作電圧試験で用いる線形変化電圧を既存のサージ波形発生器を活用して発生させる方法が提案され継続検討となった。また、IEEEから、US National Electrical Codeで、ある時間間隔で給電と制御が繰り返される新たな電力クラスが標準化中で、5G基地局給電やスタジアムでの照明用などでの利用が想定されていることも紹介された。

課題3（デジタル技術に関する電磁界に対する人体ばく露）

本課題では、携帯電話、無線システムのアンテナ周辺における電磁界強度の推定手順、計算方法、測定方法について人体ばく露の観点で検討を行っている。

今会合では、既存補足文書K.Suppl.16「5G無線ネットワークのための電磁界適合性評価」について、5G基地局ばく露測定におけるガイドの追加及び前会合での決定に基づくケーススタディの削除に関する改訂草案が中国から提出された。日本からは文書全体を考慮した場合において追加提案された内容の一部は詳細過ぎるものでありアンバラ

ンスであることから削除すべき旨及び記述の整合性等に関する修正提案を提出した。審議の結果、これらをまとめた改訂草案が提案され、同意された。また、新規補足文書案K.Suppl.5Gcase studies「RF電磁界適合性評価のケーススタディ」について、前会合での決定に基づいてK.Suppl.16に含まれていたケーススタディ及びこれまでの会合において各国寄書として提出されたケーススタディを統合した草案が中国から提出された。日本からは記述の整合性等に関する修正提案を提出し、審議の結果、これらをまとめた改訂草案が提案され、同意された。そのほか、新規勧告案K.peak「長期的な検討におけるばく露のピークと実際」、K.reflection「EMFばく露レベルに対する金属影響の影響」、及びK.small「小型基地局－総合的なばく露レベルへの影響」について、関連寄書に基づき草案策定に向けた審議が実施された。

課題4（ICT環境におけるEMC問題）

本課題では、新たな通信装置、通信サービスや無線システムに対応したEMC規格の検討を行っている。

今会合では、既存勧告K.80「通信ネットワーク機器のEMC規定（9kHz–150kHz）」の改訂が提出された寄書を基に、また、既存勧告K.136「無線通信システムのEMC規定」の改訂については前会合でTDとして共有された草案を基に議論が行われ、合意された。また、前回合意されたK.123について、図面の重複に関する訂正が合意された。既存勧告K.43、K.48及びK.88については、新規に成立した勧告によって内容がカバーされているため重複を避けるため削除することが合意された。新規勧告草案K.plc_emc「PLC技術を適用した屋外装置・設備のEMC規定及び測定方法」については、前回の審議結果として提出されたTDを基に、日本から寄書として提出したコメントや、Huaweiから提出された30MHz以下のエミッション規定についてのディスカッション・ペーパーを基に審議が行われ、検討の方向性がTDとして取りまとめられ、次会合に継続審議することとなった。また、新規勧告草案K.DMEI「対流圏無線ダクトによる基地局間の干渉の評価及び対策」については草案が未完成であり継続審議となった。

3.2 WP2（環境効率、電子廃棄物、サーキュラーエコノミー、持続可能なICTネットワーク）における審議状況 課題6（デジタル技術の環境効率）

本課題では、デジタル技術や新規先端技術に対する環境効率と要求条件の明確化並びに技術的なソリューション、



指標、KPI、関連する測定法に関する勧告を策定している。

今会合では合意された勧告はなかったものの、L.Suppl.cdep (L.Suppl.52) とL.Suppl.gcai (L.Suppl.53) の2つのサプリメント文書が同意された。どちらもFG-AI4EEからの成果文書をベースにITU正式文書として発行するものである。L.Suppl.52 (エネルギー視点での計算処理及びデータ管理) はサイバー空間と物理空間に関連するIoTやAI、デジタルツインを使ったアプリケーションに対するエネルギー効率向上に向けた事例を紹介するものである。L.Suppl.53 (AIをはじめとした新規技術に向けた、環境にやさしい基準を適用する上でのガイドライン) は、AIを含む革新的な技術がもたらす環境負荷を評価するための基準について、製品に対するLCA評価の観点から考察を行ったものである。このほか新規ワークアイテムとしてL.FCC (クラウドコンピューティング向け電力消費管理及び最適化プラットフォームのフレームワーク)、L.MCI_Gen (通信網で使われる電力、冷却、ビル環境システム等のインフラ機器向け監視制御インタフェース-汎用インタフェース)、L.MCI_MIM (通信網で使われる電力、冷却、ビル環境システム等のインフラ機器向け監視制御インタフェース-ICT機器の電力/エネルギー/環境パラメータ監視に関する情報モデル) を含む合計3件の検討開始が合意された。

課題7 (電子廃棄物、サーキュラーエコノミー、持続可能なサプライチェーン管理)

本課題では、循環型経済 (サーキュラーエコノミー) の考え方、サプライチェーン管理の改善をベースとしたデジタル技術に対する環境要件並びに製品、ネットワーク、サービスに関するeco-ratingプログラムに係る勧告を策定している。

今会合では合意あるいは同意された勧告案はなかったものの、16件の提案寄書を中心に議論が進められ、各勧告案ドラフトの更新が進められた。主なものとして、製品の販売とサポート終了に伴う情報媒体の機密性に関する事例を検討するL.GPSIM、電子廃棄物に関する有害な影響を緩和するためのICT公共調達に関するL.ICT_PROCURE、電子廃棄物に対する収集、事前処理、分解、価格安定、最終廃棄に向けたガイドラインを検討するL.E-waste_collection、サーキュラスコアリングに向けた評価方法を検討する改訂L.1023、循環型経済を実現するためのグローバルでデジタル、かつ持続可能な製品パスポート向け要件を検討するL.GDSPP、モバイル通信端末の耐久性評価に向けた規定

を検討するL.DMTT、サプライチェーンベースのCO₂排出量情報に関するICT製造業向けガイドラインを検討するL.SCCA、リチウムイオン電池の耐久性評価に向けたガイドラインを検討するL.DLBなどが挙げられる。また、ETSIと合同で勧告化を進めるICTネットワークインフラ機器の原材料効率評価についても合同セッションの中で議論が行われ、勧告化作業の進展が図られた。このほか新規ワークアイテムとしてL.D4PI (持続性と循環性に関するデジタル製品情報向け情報モデル) の検討開始が合意された。これは、上述した勧告化作業中のL.GDSPP (循環型経済を実現するためのプロダクトパスポート向け要件) に対する実装面での補完となるものである。

課題13 (循環型の持続可能なシティ及びコミュニティの構築)

本課題では、シティ及びコミュニティにおけるデジタル技術 (AI、5G、他) の使用/運用及び循環型社会の考え方を応用するための要件、技術的な仕様、効果的なフレームワーク、シティにおける資産に対して循環型社会の考え方を応用する上でのガイダンス並びに循環型シティ/コミュニティに向けたベースラインシナリオを確立するために必要となる指標及びKPIに関する勧告を策定している。

今会合では、L.FrameworkBIMSssc (L.1630) が合意されたほか、L.Suppl.ConnectSDG (L.Suppl.56) が同意された。L.1630 (持続可能な都市向けビルインフラ管理システムに対するフレームワーク) は、電力管理システムと防災管理システムの統合化を見据えたビルインフラ管理システムの検討を通して、都市が持つ資産としての持続性向上に向けたフレームワークの確立をめざすものである。また、L.Suppl.56 (都市とコミュニティをSDGに結ぶガイドライン) は、国連が進めるイニシアティブの一つであるU4SSC (United for Smart Sustainable Cities) が発行した報告書をベースとするサプリメント文書であり、都市がSDGゴールを実現するためにどのようにICTを使うかを17件のケーススタディという構成で事例紹介を行うものである。このほか新規ワークアイテムとしてL.FIMS (持続可能な都市におけるビル向け防災インフラ管理システムに関する参照モデル) の検討開始が合意された。

なお、WP2全体として、2023年2月9日に予定されるWP2プレナリ会合を含めて2月6日～9日にかけてWP2会合 (Virtual) が予定されている。

3.3 WP3（気候変動の適応・緩和、ネットゼロエミッション）における審議状況

課題9（気候変動及びSDGsとパリ協定のフレームワークにおけるデジタル技術の評価）

今会合では、改訂L.1400が合意されたほか、L.Suppl. FinancialGains (L.Suppl.54 to L.1400 series) 及びL.Suppl. DC&SDG (L.Suppl.55) が同意された。改訂L.1400 (ICT技術がもたらす環境負荷の評価方法に関する概要と原則) は、初版発行以降のL.1400シリーズ勧告すべてを網羅する形でそれぞれの勧告の概要紹介と各勧告間の関連性を明確化したものであり、今後、関連する勧告化の進捗を踏まえて定期的に更新していくことが確認されている。また、L.Suppl.54 (ICTによるGHG排出量が及ぼす財政効果を評価するガイダンス) は、例えば、ネットワークの消費電力の削減が財政効果 (利益) をもたらすかどうかという観点でICTソリューションの一次効果、二次効果に対する検討を行ったものである。L.Suppl.55 (データセンタ及びクラウドコンピューティングがもたらすUN SDGsにおける環境効率と環境への影響) はFG-AI4EEからの成果文書をベースにしたサプリメント文書で、関連するSDGゴールを達成するために解決されなければならないエネルギー側面、環境側面でのデータセンタが持つライフサイクル全般にわたる環境持続性に関する検討を行ったものである。

L.1480 (ネットゼロに向けた排出量削減: ICTソリューションの使用が他セクタのGHG排出量にどのようなインパクトを与えるかに関する評価手法) は前回会合 (2022年6月開催) において合意されたものの、勧告化承認プロセスの中 (AAP Additional Review) で提出されたコメント解決に向けた議論が進められた。すべてのコメントへの対応を反映した更新ドラフトが作成され、2023年12月5日に予定されるSG5プレナリ会合において最終承認に向けた審議が行われる予定となっている。このほか、新規ワークアイテムとしてL.SimplifiedLCA (ICTに関する簡易的なLCA評価ガイダンス)、L.PCF_Smartphone (スマートフォンのCO₂排出量評価に向けたガイドライン)、L.PCF_Server (サーバのCO₂排出量評価に向けたガイドライン) を含む合計3件の検討開始が合意された。

課題11（気候変動緩和及びスマートエネルギーソリューション）

本課題では、ICTとデジタル技術を使ったより効果的／効率的なエネルギー管理に向けたリアルタイムなエネルギーサービス／制御ソリューション並びにエネルギー効率向上

及びCO₂排出量削減を目指したエネルギー管理改善を容易にする標準、フレームワーク、要求条件に関する勧告を策定している。

今会合では、L.Spec_Edge DC (L.1306) が合意された。L.1306 (エッジデータセンタ向けインフラ仕様) は、ネットワークのエッジ領域に配置されるデータセンタに対する給電システム、空冷システム、監視システム他から構成されるインフラ装置に関して規定するものである。このほか新規ワークアイテムとしてL.SE_MI (製造業向けスマートエネルギーソリューション)、L.FR-ESC (環境持続性のあるコンピューティング向けフレームワークと要件)、L.VMPS (通信基地局におけるCO₂排出量削減に基づく仮想マイクロ発電所方式) を含む合計3件の検討開始が合意された。

また、中国から提案されたメタバースに関するグリーンで低炭素となる開発に向けたガイダンスについての新規作業項目については、SG16で関連するFG設立の準備が進められていることを踏まえ、SG5での検討作業とはしないで、設立後の新FG内での作業項目とする方向で検討を進めることとされた。

課題12（持続可能でレジリエントなデジタル技術を通じた気候変動適応）

本課題では、電力・空調システムの効率改善、400VDCまでの給電システムを使ったエネルギー効率の良いICTアーキテクチャの開発支援並びに気候変動に起因する事象に対する早期警報システム、スマート農業への応用、マイクロスマートグリッド、ビル最適化に関する勧告を策定している。

今会合では合意あるいは同意された勧告案はなかったものの、4件の提案寄書を中心に議論が進められ、各勧告案ドラフトの更新が行われた。主なものとして、気候変動適応に向けた持続可能でレジリエントなデジタル技術を検討するL.SRDT_adaptation、気候変動適応に向けた5G網の共有と共同建設に関する規定を検討するL.5G_Sharing、地方における気候変動適応に向けた低廉で持続可能なICTソリューションを検討するL.CArural、ICT及びデジタル技術を使った、沿岸地方における気候変動適応に向けたフレームワークを検討するL.CAcoast などが挙げられる。

その他

前回会合 (2022年6月開催) で中国から提案された「ICTに対するグリーンで低炭素な実装と運用」を検討する新規



課題設立に関して、コレスポネンスグループで議論が続けられてきた新規課題の必要性、既存課題とのギャップ分析等を中心に報告が行われた。この報告を踏まえ、現時点での新規課題は設立しないものの、次会期（2025～2028）に向けたWTSA-24での課題構成見直しに向けた議論に検討結果を反映させることが合意された。

また、「持続可能なDX：ネットゼロの達成におけるICTとデジタル技術の役割」というテーマのもと、SG5で検討が

進められるEMF、循環型経済、ICTがもたらすネットゼロカーボン評価方法、生物多様性とデジタル技術の関わりという観点でのシンポジウムが併催された。

4. おわりに

今会合は、2022～2024会期での第2回会合として実施された。今後の会合は2023年6月での開催が予定されている。

国際航海を行う船舶局に必須の書類 好評発売中！



**船舶局局名録
2022年版
-New!-**



**海上移動業務及び
海上移動衛星業務で使用する便覧
2020年版**



**海岸局局名録
2021年版**

お問い合わせ: hanbaitosho@ituaj.jp





ITU-T FG-AI4A 第4回会合報告

日本電気株式会社 やま だ とおる
山田 徹



1. はじめに

様々な産業へデジタル技術を導入してビジネスの効率化を推進する「デジタルトランスフォーメーション」に注目が集まっている。多くの産業で検討が進められており、農業もそのような産業の一つである。人工知能（AI）やInternet of Things（IoT）を農業に適用して生産性を向上させる取組みが国内外で検討されている。農業分野へのデジタル技術導入をスムーズに進めるためにコンセプトやフレームワークの共通認識を持つことが必要であるとの考えから、国際標準化機関での議論も開始されている。ITU-Tは、農業分野でのAIやIoTの活用を集中的に審議するためのグループ「Focus Group on Artificial Intelligence (AI) and Internet of Things (IoT) for Digital Agriculture (FG-AI4A)」を設置することに合意し、2022年3月から議論が開始されている。当初、2023年3月までの1年間の活動を想定していたが、FG-AI4Aは活動期間の延長を親グループであるITU-T SG20にリクエストした。2022年7月に開催されたITU-T SG20会合での審議の結果、ITU-Tの今研究会期終了（2024年末）までFG-AI4Aの活動を継続することが承認されている。本稿では、2022年10月に開催されたFG-AI4A第4回会合の審議結果について報告する。

2. ITU-T FG-AI4A第4回会合での審議状況

ITU-T FG-AI4A第4回会合は、2022年10月17～19日にオンラインにて開催された。約80名の参加者があり、14件の入力文書が審議された。本会合での審議に基づき、ユースケースの収集、教育マテリアルの作成、標準化ロードマップの作成、Proof of Conceptの開催、AIの農業への適用における倫理・規制に関して進捗があった。以下に主な審議結果を示す。

(1) ユースケース収集

本会合では、以下に示す7件のユースケースが入力文書にて共有された。

- ・スマート灌漑 Irrigation 4.0（入力文書I-70）
センサーを活用し、点滴式灌漑を遠隔管理及び制御を

実現するシステムを紹介。乾燥地域での灌漑の効率化に貢献するものである。センシングした土壌情報と気象情報を基に、灌漑システムを管理・制御・スケジューリングする。サウジアラビアのアハサー地方での実証結果が報告された。

- ・カシューナッツ農場でのドローン活用（入力文書I-65）

カメラを搭載したドローンで農場を撮影し、作物監視やアラートを可能にするデータ処理システムを紹介。病害の影響を受けている作物を早期発見し、使用する農薬の種類や量を特定する。ドローンの利用は、農作物を食べてしまう動物や人間による盗難からの保護にも役立つとしている。インドでの実証結果が報告された。

- ・水田での病害検知のための監視システム（入力文書I-66R1）

水田作物の病害を撮影映像の解析により行うシステムを紹介。機械学習を利用して、複数の病気を特定できるとしている。インドでの実証結果が報告された。

- ・Cosmic Ray Neutron Sensingを活用した土壌水質管理（入力文書I-63）

Cosmic Ray Neutron Sensingなる技術により土壌に含まれる水分量を正確に計測し、スマートな灌漑システムを構築する。MQTTやNB-IoTといった既存の仕組みを利用し、遠隔での土壌データの収集を実現する。時間ごと、区画ごとの土壌水分量の計測、予測を可能にする。これにより、必要な肥料の特定、種まきや収穫のタイミング、流通作業の最適化に貢献する。ドイツでの実証結果が報告された。

- ・リモートセンシングによる地球規模デジタル農業（入力文書I-74）

衛星画像と機械学習を組み合わせ、広い範囲で農場と農作物を把握する取組みの紹介。インド全土を対象とした実証結果が紹介された。



- ・IoTと深層学習ベースの発火位置の検知と管理（入力文書I-73）

作物残渣の野焼き等、農業廃棄物の焼却が環境破壊の原因の一つとなっている。このような農場での焼却作業を自動検知するシステムを紹介。NASA（米航空宇宙局）による熱源検出スポットの公開サービス「NASA FIRMS」のデータと、IPカメラによる農場画像データを分析し、発火箇所を特定するもの。

- ・農業と食料のためのハイパースペクトル画像の利用（入力文書I-75）

ハイパースペクトル画像分析の農業への応用事例を紹介。果物・海藻・種等の収穫物の格付け、農場における農作物の生育度合いの監視の具体例が紹介された。実証結果を基に、現状の課題が議論された。

(2) 教育マテリアル整備

ドイツFraunhofer HHIからの入力文書I-67をベースに今後開発されるべき教育マテリアルを議論した。農業ランドスケープ、農産物処理のためのデジタル技術、デジタル農業に関連する既存標準などがカバーされるべきとの議論となり、本入力文書をベースとして教材を開発することが合意された。この入力文書では、既存の情報として、表に示す文書が参照されている。これらの公開文書は、デジタル農業の基礎を把握するにおいて有用な資料といえる。

(3) 標準化ギャップとロードマップ

FG-AI4Aの成果文書の一つとして想定されている「デジタル農業におけるAIとIoTのための標準化ギャップとロードマップ」に関する技術レポート作成作業。入力文書I-64では、ITU以外の標準化機関での関連作業を考慮する形で

標準化ギャップとロードマップが分析された。本入力を技術レポートのドラフトの更新版とすることが合意された。更新されたドラフトでは、ITU-Tのほか、ITU-R、ISO/IEC JTC1 SC29、SC42、IEEE、Khronos Group、W3CにおけるAIやIoTに関する標準化情報が収集されている。

(4) Proof of Concept (PoC)

PoCの開発を呼び掛ける入力文書I-68を議論。FG-AI4AによるPoCプロジェクトへの参加呼び掛けをFG-AI4Aのメーリングリストにて行うことが合意された。

(5) 倫理・法規制

入力文書I-72にて欧州でのAI規制についての情報が共有された。欧州のAI規制では、ハイレスクAIシステムの使用制限が想定されている。農業分野でのAI利用でハイレスクAIシステムに該当するものがないか注意が必要との見解が示された。

(6) 次回会合について

2023年1月に第5回会合を開催することが確認された。2023年1月20日にオンラインにて開催され、上記の各作業が継続して進められる予定である。

3. おわりに

本稿では、ITU-T FG-AI4A第4回会合での審議結果について報告した。2024年末までの活動を通じて、ユースケースの収集と整理、教育マテリアルの整備、標準化ロードマップ整備、倫理や法規制に関する把握が進められる。ユースケース収集の作業では、海外の先進的な取組みが紹介されており、日本のICT産業としても非常に有益な情報となるため引き続き注視したい。

■表. 入力文書I-67にて参照されたデジタル農業に関する既発行文書

文書名	発行元
Y.2238 : Overview of Smart Farming based on networks	ITU-T
Y.2245 : Service model of the agriculture information based convergence service	ITU-T
National e-agriculture strategy	FAO（国連食糧機関）
E-Agriculture Strategy Guide	FAO
E-agriculture in action	FAO
Digital Tools in USAID Agricultural Programming Toolkit	USAID（米国国際開発庁）

第19回APT電気通信/ICT開発フォーラム (ADF-19) の結果

総務省 国際戦略局 国際展開課

1. はじめに

ADFは、APT戦略計画（2021-2023）及び各年のワークプログラムに基づき、アジア・太平洋地域における電気通信/ ICT分野の開発課題等について最新の動向やケーススタディを共有するためのフォーラムである。フォーラムでは、日本からの拠出金によるICT分野の国際調査研究やパイロットプロジェクトの進捗状況・成果等の報告が行われる。

2022年のフォーラムは、11月22日（火）から24日（木）までオンラインで開催された。新型コロナウイルスの感染が収束しない中、オンラインによる開催は3年連続である。

ADF-19には、APT加盟の各国通信主管庁のダイレクター級及び実務者並びに賛助加盟員（ICT関連企業・団体）、国際機関（ITU及びRCC）等から、2021年と同水準の200有余名が参加登録を行った。

日本からは、総務省（石田泳志 国際戦略局国際展開課技術協力専門官他2名）、賛助加盟員（BHNテレコム支援協議会、海外通信・放送コンサルティング協力（JTEC）、KDDI財団及び情報通信委員会（TTC））が参加した。

2. ADF-19の結果概要（主なもの）

(1) 議長及び副議長の選出

初日のプレナリーにおいて、テプア・ハンター議長（クック諸島、首相府ICT担当課長）から、職務を続けることが困難であるとのビデオメッセージがあり、新議長を選出するまで、近藤事務総長が議長職を代行した。

議長の選出において、サモアから、ウストア氏（通信情報技術省CEO）の推薦があり、同氏は満場一致で議長に選出された。

また、副議長については、中島陸晴氏（前 総務省国際戦略局国際展開課技術協力専門官）の異動に伴い、我が国は、後任として、石田泳志（同技術協力専門官）を推薦し、同氏は満場一致で副議長に選出された。

(2) ADF作業方法の改正案

2021年の管理委員会で、APTに係る文書はジェンダーニュートラル（性別の中立性）に配慮した文言を使用することが決定された。

これを受けて、APT事務局から、ADF作業方針の改正案が示された。内容は、「Chairman」を「Chair」に変更し、また、主語を受けた「his/her」を「their」に変更するなどである。

改正案について特段の議論はなく、この改正案は、翌12月開催の管理委員会に提出され、承認を求めることとなった。

(3) 日本の拠出金による「国際共同研究」及び「ルーラル地域におけるICTパイロットプロジェクト」に関するプレゼンテーション

石田泳志副議長（総務省技術協力専門官）のモデレートにより、3件（表1）のプロジェクト等の進捗状況、成果等の発表が行われた。（プロジェクトの一部は新型コロナウイルスの影響により遅延・中断されているものがある。以下、同様）

続いて、APT山崎浩史計画官（プロジェクトマネジャー）のモデレートにより、3件（表2）のプロジェクト等の進捗状況、成果等の発表が行われた。

■表1. 日本の拠出金によるプロジェクト等（パート1）

国名	件名	関係者
マレーシア	Behavioural Analytics and Real-time Tracking of Patients Using IoT and RFID	マレーシア・サラワク大学、TTC
ベトナム	Developing Chatbot based E-services Platform for Providing Online Services to Support COVID-19 Symptom Checker and E-survey	ベトナム国立情報通信戦略機構、KDDI財団
ミャンマー	Integrated Health Solution for COVID-19	ミャンマーコンピュータ連盟、BHN



■表2. 日本の拠出金によるプロジェクト等 (パート2)

国名	件名	関係者
インドネシア	Collaborative Research of Agriculture Digital Ecosystem for Village Economic Development during COVID-19	インドネシアPTテレコム、JTEC
モンゴル	This research study utilizes FM broadcasting and EWBS in areas where the internet and mobile communication networks are not accessible for strengthening the communication of government public information such as Public Protection and Disaster Relief (PPDR) for disaster prevention information and COVID-19 infection disease prevention information	モンゴル通信規制委員会、JTEC
パラオ	Joint research project securing emergency communication system for first responder's in remote islands of Palau	パラオ国立非常事態管理室、JTEC

(4) 韓国の拠出金によるプロジェクトのプレゼンテーション

APTサンミン・リー計画官（プロジェクトマネジャー）のモデレートにより、4件（表3）のプロジェクト等の進捗状況、成果等の発表が行われた。

(5) 中国の拠出金によるプロジェクトのプレゼンテーション

APTヨンギュ・シン計画官（プロジェクトマネジャー）のモデレートにより、4件（表4）のプロジェクト等の進捗状況、成果等の発表が行われた。

(6) その他

上記 (3)～(5) のとおり、3か国の拠出金により、9か国で実施された12件（日本6件、韓国3件、中国3件）の成果が共有された。これに関し、事務局から、コロナの影響により事業が遅延している場合は実施期間の延長を検討すること、また、関係者による意見交換を促進するためオンラインプラットホームを提供するなど、様々な支援を行う用意があるとの説明があった。

また、プロジェクトの成果は、APT事務局が精査・編集

した上でウェブサイトに掲載することとされた。

ADFでは、こうした拠出金による成果報告に合わせて、5G、BB、スマートシティなどICTの最新動向に関するプレゼンテーションが行われた。

(7) 次回会合

事務局から、次回会合の開催時期・場所は未定であるとの説明があった。

3. おわりに

EBC-Jプロジェクトは、日本の賛助加盟員の皆様のご支援・ご協力があってこそ実施できるものです。新型コロナウイルス感染症の収束が見通せない状況では、当初の計画の変更や渡航制限に伴う意思疎通の難しさなどご苦労も多いと思います。そうした中、2022年のADFでは6件のEBC-Jプロジェクトについて進捗状況・成果をご報告いただきました。プレゼンテーションは念入りに準備されたもので、会合参加者の興味・関心に応えるものでした。この場をお借りして、関係の皆様に厚く御礼申し上げます。

■表3. 韓国の拠出金によるプロジェクト等

国名	件名	関係者
マレーシア	Prediction of Macronutrient Status in Oil Palm Trees using Remote Sensing and Machine Learning	マレーシア・ブトラ大学
バブアニューギニア	Pigs Traceability using Blockchain Technology for Smallholder Farmers	韓国ルーラル調査研究所、PNG国立情報通信技術庁
ネパール	UCDMR based Community Information System	ネパールMAXTECH調査・サービス社
スリランカ	マハウェリ州（同国東北部）におけるスマート農業を導入するためのアクションプラン及びデータマネジメントシステムに関するパイロットプロジェクト	Mahaweli Authority

■表4. 中国の拠出金によるプロジェクト等

国名	件名	関係者
ラオス	Modernization of ICT statistic for Achievement of Sustainable Development Goals	ラオス技術通通信省
マレーシア	Machine learning Model of Readmission among Recovered COVID-19 Patients	マレーシア大学
ネパール	Photovoltaic Power System for Sustainable Development in Bhanu Municipality	ネパールMAXTECH調査・サービス社



シリーズ! 活躍する2022年度日本ITU協会賞奨励賞受賞者 その7

ほや 保谷 かずひろ 和宏

株式会社フジテレビジョン
技術局デジタルソリューションセンター配信技術推進部 部長
kazuhiko.hoya@fujitv.co.jp
<https://www.fujitv.co.jp/>



超高精細映像の圧縮にHEVCコーデックを用いた番組制作や放送用映像符号化に関する勧告の審議を進め、番組交換用途を加える勧告改定に貢献。これにより放送事業者が4K/8Kコンテンツをファイルで交換する際の要求条件を国際的に示すことができ、超高精細映像の運用普及に尽力した。今後も国際標準化における活躍が期待される。

より重要となる番組・コンテンツ制作面での標準化活動

このたびは、栄誉ある賞を賜り大変光栄に思います。ご指導・ご鞭撻をくださったITU-R SG6関係の皆様をはじめ、本事績の寄与に際しご協力いただきました関係の皆様感謝いたします。

ITU-R SG6には2019年2月より参加しており、主にWP6B（放送サービスの構成及びアクセス）とWP6C（番組制作及び品質評価）の会合に出席してまいりました。

我が国では世界に先駆け2018年より4K/8K放送が開始され、同時に番組の制作も始まりました。これを受け、国内では超高精細度テレビジョン（UHDTV）放送向けの番組交換用ファイルフォーマットが検討され、ARIB STD-B77として標準化されました。この情報を、放送用映像符号化の要求要件に関する勧告BT.1203及び放送におけるHEVCの使用に関する勧告BT.2073に反映し、番組制作や交換における相互運用性の確保を目指したのが今回の事績となります。

ARIB STD-B77策定の過程では、UHDTVに耐え得る高画質を実現するため、高いビットレートの映像におけるわずかな劣化の有無を、主観評価を通じ判定し、所要ビットレートを決定しています。こうした評価の手法はこれまで事例が無く、ARIBで検討や作業を行った方々の意図を正

確に反映し、かつ手法の適切性を説明するためのロジックや記述に腐心しました。最終的に、映像音声の品質評価のセクター間ラポートグループ（IRG-AVQA）から、内容は妥当であるとの返答を得ることができ大変安堵いたしました。

改訂された勧告は放送事業者や番組制作者に参照されることを目的としていますが、これにとどまらずコンテンツの制作・流通において幅広く参照されることを期待しております。

また、SG6では本件以外にもハイダイナミックレンジ（HDR）番組制作の指針、放送におけるAIの利用、番組制作におけるクラウドの利用、イマーシブ映像のためのハイレベルアーキテクチャなど、新しい技術を積極的に取り込む検討が進められています。このようなカバー範囲の広さもSG6の特徴であり、標準化によって相互運用性を確保してきた放送産業の伝統を体現しているように感じます。放送事業者のサービス範囲が広がり、また様々な伝送路でコンテンツを届けられるようになる中、産業を支える標準化の重要性はより増していると言えます。今後も、微力ながら標準化を通じ産業の発展に寄与していきたいと考えております。



よしだ しんじ
吉田 慎司

元 公益財団法人KDDI財団国際協力部
training@kddi-foundation.or.jp
https://www.kddi-foundation.or.jp



APT加盟国・団体の職員を対象として実施するICT技術研修の計画・運営に従事し、2017年度より5年間統括責任者を務め、延べ24か国88名の研修生に対してビザ申請対応、空港送迎、宿泊先選定などの滞在環境を相手の立場に立って準備し、研修生の技術スキル習得に尽力した。また、コロナ禍でオンライン研修を立ち上げ、円滑な実施に幅広く貢献した。

コロナ禍により変貌を余儀なくされたAPT技術研修

この度は日本ITU協会賞奨励賞を頂き、誠にありがとうございます。日本ITU協会の皆様並びにこれまでの活動にご指導、ご協力をいただきました関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

私は2017年から2022年まで、KDDI財団の事業の柱の一つである国際協力事業のうち、主としてアジア太平洋電気通信共同体（Asia Pacific Telecommunity）が日本で開催するICT技術研修の実施受託業務に従事しました。そしてこの間、コロナ禍により研修の態様が集合研修からオンライン研修へと大きく様変わりしました。

2019年度まで実施した集合研修では、15名弱の研修生が来日し、座学の受講や関連機関への視察訪問により充実した2週間を過ごした後、その成果を各々の所属組織に持ち帰りました。研修のテーマを重層的、多面的に学べるよう、KDDIはじめ外部の講師による講義の選定や、視察訪問に要する時間等を考慮して効率的な研修日程を組むことに腐心したほか、研修生が滞在中にストレスを感じることなく研修に集中できる環境を整えました。

2020年度の研修は、研修生が来日できなくなったことにより、ハンズオンセミナーや視察訪問は実施不能となり、講義の録画をeラーニングシステム上で視聴してもらうオン

ライン形式に転換しました。研修実施後、研修生から講義ビデオを視聴するだけの研修は無味乾燥との意見があり、2021年度の研修では、研修生は疑問点をその場で質問することが、また講師は研修生の反応や理解度を見ることが可能となるよう、一部の講義をライブで実施するなどの工夫を行いました。その際、東端の参加国と西端の参加国との間には10時間近い時差があることから、両端の参加国からの研修生に少しく忍耐を強いることとなりました。

集合研修では毎日顔を合わせることから、研修生とは互いに気心が知れ、研修最終日のお別れはいつも寂しく感じました。オンライン研修の開講式や閉講式では、わずかながら研修生の顔を見、声を聞くことができ、もし彼らが来日していたらどんな雰囲気の研究になっていたのだろうかと思惟しました。

入国制限が緩和され、本年、KDDI財団は日本でハンズオンセミナーや視察訪問を行う集合研修と、在宅でのオンライン研修を組み合わせたハイブリッド研修の実施をAPTから受託しました。KDDI財団にとっては新たなチャレンジになりますが、実施経験に基づいて準備を進め、研修生やAPTから、集合研修とオンライン研修の良い点が融合した研修として高く評価されることを願っております。

日本ITU協会 研究会開催一覧 (2022年10月～2022年12月)

ITU-R研究会	テーマ	概要	講師
第398回 2022年11月9日	準天頂衛星システム センチメートル級測位 補強サービス (CLAS) の運用状況	日本の衛星測位システムである、準天頂衛星システム「みちびき」は、2018年11月に4機体制のサービスを開始しました。サービスの1つであるセンチメートル級測位補強サービス (CLAS: Centimeter Level Augmentation Service) は、準天頂衛星の2～4号機と初号機後継機から送信されるL6D信号 (中心周波数1278.75MHz) を使用し、センチメートル級の位置精度が得られる測位補強情報を日本全国及びその近海に送信するサービスです。 本講演では、CLASのサービス概要と、サービス開始以降の性能評価状況について紹介します。また、2025～2026年ごろに訪れる、太陽活動周期極大期へ向けた課題に対する対策状況も紹介します。	三菱電機株式会社 鎌倉製作所 宇宙総合システム部 準天頂衛星利用技術課 藤田 征吾氏 センチ開発・性能向上チーム 宮 雅一氏 早瀬 夏子氏
第399回 2022年12月20日	無線電力伝送と無線 通信双方に同時対応 のミリ波帯フェーズド アレイ無線技術	5G/6G時代の無線通信においては、従来の無線周波数より一桁高いミリ波帯も利用することとしています。これにより、周波数帯域の逼迫を避け、高速通信の実現が可能となる一方で、電波の直進性が強いいため、建物などの遮蔽物を回り込むことが難しく、通信エリアが限られてしまうという問題が生じます。 本講演では、そのような問題を解決するひとつのキー技術として、ミリ波帯通信と無線電力伝送を同時に実現可能なフェーズドアレイ無線機技術につき、以下の構成により紹介します。 ミリ波帯5G及び無線電力伝送の動向 無線回線システムの設計 無線通信かつ無線電力伝送可能な集積回路技術 上記集積回路を用いたミリ波帯フェーズドアレイ無線機技術	東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所 白根 篤史氏

ITU-T研究会	テーマ	概要	講師
第557回 2022年10月21日	信号要求条件、 プロトコル、 インターオペラビリティ 及び模造ICTデバイス 対策への今会期の 取組み —量子暗号通信網等 へのSG11新体制での 標準化活動—	ITU-T総会WTSA-20が、2022年3月1日から9日まで、ジュネーブにて開催されました。WTSA-20は、ITU-Tの最高意思決定会議として開催され、WTSA決議の採択、各SGの議長・副議長の任命、各SGの検討Scopeの承認などが行われました。 WTSA-20の結果を受けて、SG11の今会期第1回会合が2022年7月6日から15日までジュネーブにて開催され、WTSA-20で任命された議長・副議長による会議運営が行われました。 本講演では、新議長の下で開催されたSG11が所掌する信号要求、プロトコル、試験仕様及び偽造ICTデバイス対策について、新体制、研究課題、今後の取組み等について紹介します。また、我が国がITU-Tの関連SGで取り組んでいる量子暗号通信網の標準化について紹介し、SG11でのQKDNプロトコルの検討状況について解説します。	国立研究開発法人 情報通信研究機構 量子ICT協創センター 銀吉 薫氏
第558回 2022年11月30日	標準化活動から見る ケーブルテレビの将来 —ITU-T SG9の最新の 活動状況から—	ITU-T SG9は、同軸・光ケーブル上でのデジタルテレビ伝送技術やIP通信技術の国際標準化を主導し、テレビ・電話・インターネットのいわゆる“トリプルプレイ”提供事業者としてのケーブルテレビ産業の成長を支えてきました。 しかしながら、昨今のスマートホンの普及とともに様々なOTTサービスが映像コンテンツ視聴手段の主流になりつつある現在、ケーブルテレビの在り方は大きな転換点を迎えています。 本講演では、SG9の最新の活動状況を解説することを通じて、ケーブルテレビの今後のトレンドを考察します。	KDDI株式会社 マーケティング統括本部 宮地 悟史氏



第559回 2022年12月16日	5G時代に向けた セキュリティ標準化の 動向について	5Gの導入によりモバイルネットワークとインターネットの融合がさらに進むとともに、ネットワークの機能追加、ネットワークインフラの仮想化、ネットワークを利用した新サービスの展開等、新しい技術を前提とした変化が起こっています。このような大きな変化に対するセキュリティ対策の必要性が認識され、5Gセキュリティの議論も活性化しています。 本講演では、5Gセキュリティ及び5Gの活用により広がっていくことが想定されている各種サービスに対するセキュリティのトピックについて、その背景、関連する世の中の動向及び各種標準化団体における活動状況について、ITU-T SG17（セキュリティ）における活動も含めてご紹介します。	株式会社KDDI総合研究所 情報システム・セキュリティ部 サイバーセキュリティグループ 三宅 優氏
----------------------	----------------------------------	--	--

情報通信研究会	テーマ	概要	講師
第113回 2022年10月14日	世界の5G展開と スタンドアロンへの 取組み —欧米を中心に—	5Gのネットワーク及びサービスの普及拡大に伴って、コンシューマー利用だけでなく、産業用途での5G利用が進展しつつあります。それに伴って、これまでのノンスタンドアロン（NSA）型の5Gから、スタンドアロン（SA）型の5Gへの進化が期待され、世界的には既に18の国と地域の29事業者でSAが商用導入されています。SAでは、超高信頼低遅延（URLLC）やネットワークスライシングなどを活用した本格的な5G利用が期待されています。 本講演では、欧米の5G展開の最新動向を概観するとともに、産業用途であるプライベート5Gの実用化に向けた取組みや、NSAからSA導入に向けた取組みなどの最新動向について紹介します。	一般財団法人 マルチメディア振興センター ICTリサーチ& コンサルティング部 飯塚 留美氏
第114回 2022年12月26日	中国及び韓国における 5G&6G動向	2022年は中国及び韓国にとって、ともに5G商用サービス開始から3年目となる。講演では、2名の講師により、それぞれの国における5G動向を紹介します。 中国においては、2022年9月現在、開通された5G基地局数は222万を超え、全国すべての地方都市及び県地域をカバーし、港や製造、医療、炭鉱、交通といった分野での利活用の横展開が加速しています。また、5Gの特性を生かした個人向けのサービスも商用開始されています。背景には、政府による強力な後押しに加え、国有通信事業者間で確立されているインフラの共同構築・利用の仕組みが知られています。 韓国においては、5Gの早期導入による成果と同時に課題がはっきり見えてきました。5G普及率が高く、インフラや専用コンテンツ輸出が実績を上げ、MEC（Multi-access Edge Computing）導入事例が増えている一方で、B to CもB to Bもサービスの完成度はまだ低い初期段階という認識です。B to B分野5G普及拡大のテコ入れ策として2021年後半から新たに導入されたローカル5Gの現状も紹介します。また、既存通信キャリアの28GHz帯活用が課題となっており、つい最近、キャリア2社の28GHz帯割当取消しが決定されるなど、28GHz帯をめぐる動向が波乱含みとなっています。 これらの動向に加え、講演では、両国の6Gに向けての積極的な取組みも紹介します。	一般財団法人 マルチメディア振興センター 三澤 かおり氏 裘 春暉氏

（講師肩書などは研究会当時のもの）

ITUが注目しているホットピックス

ITUのホームページでは、その時々ホットピックスを“NEWS AND VIEWS”として掲載しています。まさに開催中の会合における合意事項、ITUが公開しているICT関連ツールキットの紹介等、旬なテーマを知ることができます。ぜひご覧ください。

<https://www.itu.int/en/Pages/default.aspx>

ITUAJより

編集後記

本号制作中の2023年2月17日、空飛ぶ車が人を乗せた飛行試験に成功したというニュースを見ました。国土交通省の許可が必要な屋外での有人飛行は、国内で初めてのことです。予めプログラムされたルートを自動で運行し、操縦者は乗っていないというのも驚きでした。まるで映画の世界が現実になってきているようです。

2030年、そう遠くない未来の生活は、どのようなものになっているのでしょうか。

本号スポットライトでは、近未来について2つの記事を掲載することができました。

1つには、画像認識技術とディープラーニング技術AIによって、精密に行動を認識することにより、人手不足や現場の課題解決を目指す取組みが解説されています。

もう1つには、次世代通信システムBeyond 5Gが実現した世界について、具体的に描かれています。

どうぞご覧ください。

ITUジャーナル読者アンケート

アンケートはこちら https://www.ituaj.jp/?page_id=793

編集委員

委員長	亀山 渉	早稲田大学
委員	菅田 洋一	総務省 国際戦略局
〃	山口 大輔	総務省 国際戦略局
〃	石川 幸恵	総務省 国際戦略局
〃	竹内 謹治	総務省 総合通信基盤局
〃	中川 拓哉	国立研究開発法人情報通信研究機構
〃	荒木 則幸	日本電信電話株式会社
〃	中山 智美	KDDI株式会社
〃	福本 史郎	ソフトバンク株式会社
〃	陶山 桃子	日本放送協会
〃	新井 勇太	一般社団法人日本民間放送連盟
〃	菰田 正樹	通信電線線材協会
〃	中兼 晴香	パナソニックオペレーションズ・エクセレンス株式会社
〃	牧野 真也	三菱電機株式会社
〃	長谷川一知	富士通株式会社
〃	飯村 優子	ソニーグループ株式会社
〃	神保 光子	日本電気株式会社
〃	中平 佳裕	沖電気工業株式会社
〃	小川 健一	株式会社日立製作所
〃	吉野 絵美	一般社団法人情報通信技術委員会
〃	市川 麻里	一般社団法人電波産業会
顧問	齊藤 忠夫	一般社団法人ICT-ISAC
〃	新 博行	株式会社NTTドコモ
〃	田中 良明	早稲田大学

編集委員より

ICT技術の進歩と働き方

日本電気株式会社
グローバルイノベーション戦略部門
CTO戦略統括部 標準化推進グループ



じんぼ みつこ
神保 光子

2021年7月より編集委員を務めさせていただいており、この度初めて筆を執らせていただくことになりました。相変わらずコロナ禍は予断を許さない状況で、3か月に一度の編集委員会もオンライン開催が続き、委員の皆様とは実際にお会いしたことがないまま1年半が過ぎました。

職場でもリモートワークが基本となり、メリットデメリットはありますが、私自身はメリットの方を大きく感じています。もともとお互いによく知っていることに加え、リモートワークになってから意識的にオンラインでの会議を頻繁に開催する工夫がされていることもあり、以前よりかえって率直な議論をする時間は長くなったようで孤立感も感じません。会議システムやチャットなど様々なオンラインツールが誰でも気軽に利用できるようになったことにICT技術の進歩を実感しています。

国際会議でもみなが同じ会議システムを使えることが当たり前になりました。コロナ禍以降に初めて国際ワーキンググループに委員として参加する機会をいただきました。対面でないことに当初は不安を感じましたが、実際に参加してみたところ、ヨーロッパ、北米、アジアなどの代表者がそれぞれの自宅や職場から会議に出席し、まるで隣の席で話しているような近さで議論できることは、理屈で理解していても感慨深いものでした。時にはお子さんの声が背景から聞こえたりすることもあり、会ったことのない方に国境を越えて妙な親近感を覚えました。

最近では制限も緩和の方向で、働き方を再度見直す動きもあるようですが、最適な働き方は状況に応じて人それぞれでしょう。間もなくまた新しいメンバーを迎える季節になります。今後もオンライン、オフライン、そしてこれからはITUでも議論が始まっているメタバースのようなバーチャルな世界にも期待して、新入生も、迎えるベテランも誰もが自由な働き方ができるよう願っています。

ITUジャーナル

Vol.53 No.3 2023年3月1日発行／毎月1回1日発行

発行人 山川 鉄郎

一般財団法人日本ITU協会

〒160-0022 東京都新宿区新宿1-17-11

BN御苑ビル5階

TEL.03-5357-7610(代) FAX.03-3356-8170

編集人 岸本淳一、石田直子、清水万里子

編集協力 株式会社クリエイティブ・クルーズ

©著作権所有 一般財団法人日本ITU協会



一般財団法人 日本ITU協会