

ITU ジャーナル 4

Journal of The ITU Association of Japan

April 2018 Vol.48 No.4

特集

日本・デンマーク外交関係樹立150周年記念

日本ITU協会機関誌読者の皆様へ

デンマーク工科大学 (DTU) における光通信関連研究プログラムと日本との研究連携

新規マーケットを開拓する特殊光ファイバ技術

光ネットワークシステムの研究開発と展望

再構成可能なインフラのためのスケーラブル・フレキシブル光通信技術の研究開発

ダイナミック光パスネットワークの挑戦

ITUホットライン

無線通信総会、ITU-R研究委員会等の作業方法を定めた決議 ITU-R 1-7—和訳抜粋と解説 (その3) —

スポットライト

ワイヤレス電力伝送技術を生かす電波環境の標準化動向

5G周波数割当てをめぐる海外最新動向 (前編)

IoT/M2Mサービスと電気通信番号の標準化動向

新型スーパーコンピュータ SX-Aurora TSUBASA

列車～地上間無線通信システムが利用する無線周波数の国際協調に関する動向

2017年度 APT研修

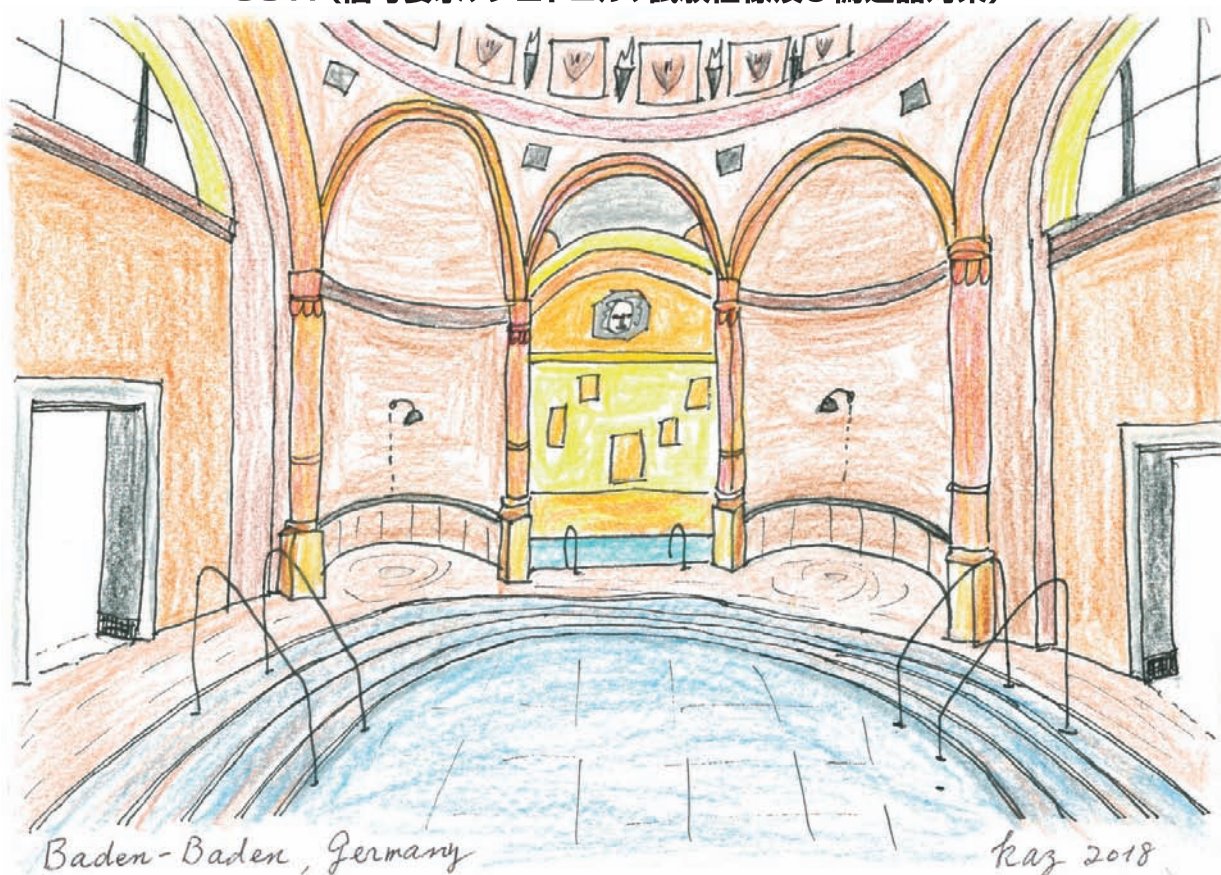
「音の日」と「音の匠」について

会合報告

ITU-R:SG5 (地上業務)

ITU-T:SG5 (環境、気候変動と循環経済)

SG11 (信号要求、プロトコル、試験仕様及び偽造品対策)



特集

**日本・デンマーク外交関係樹立150周年記念
「PHOTONICS CREATING THE FUTURE!」フォトニックセミナーより**

日本ITU協会機関誌読者の皆様へ フレディ・スヴェイネ	3
デンマーク工科大学(DTU)における光通信関連研究プログラムと日本との研究連携 Leif Katsuo Oxenløwe/盛岡 敏夫	4
新規マーケットを開拓する特殊光ファイバ技術 武笠 和則/中嶋 史紀	7
光ネットワークシステムの研究開発と展望 原井 洋明	10
再構成可能なインフラのためのスケーラブル・フレキシブル光通信技術の研究開発 —Horizon 2020 EU-Japan SAFARI プロジェクト— 宮本 裕	13
ダイナミック光パスネットワークの挑戦 —VICTORIES拠点活動の10年間— 並木 周	17

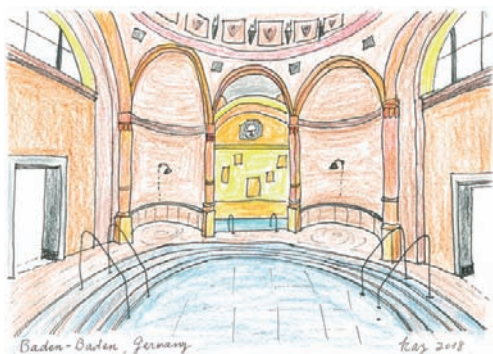
ITU
ホット
ライン

無線通信総会、ITU-R研究委員会等の作業方法を定めた決議 ITU-R 1-7 —和訳抜粋と解説(その3)— 橋本 明	21
---	----

スポット
ライト

ワイヤレス電力伝送技術を生かす電波環境の標準化動向 —電気自動車用WPT 充電器の課題— 久保田 文人	29
5G周波数割当てをめぐる海外最新動向(前編) 飯塚 留美	33
IoT/M2Mサービスと電気通信番号の標準化動向 一色 耕治	36
新型スーパーコンピュータ SX-Aurora TSUBASA 山田 洋平/今井 照之	39
列車〜地上間無線通信システムが利用する無線周波数の国際協調に関する動向 川崎 邦弘	43
2017年度 APT 研修 Development of Practical Problem-solving Skills:Network Construction for E-application in Regional Community to Bridge the Digital Divide 一般財団法人日本ITU協会 国際協力部	48
「音の日」と「音の匠」について 森 芳久	50
ITU-R SG5関係会合の結果について 小橋 泰之/川崎 祥子	51
ITU-T SG5(環境、気候変動とサーキュラー・エコノミー)第2回会合報告 中村 尚倫/端谷 隆文	54
第2回ITU-T SG11会合報告 釘吉 薫	58

会合報告



この人・
あの時

**シリーズ! 活躍する2017年度
国際活動奨励賞受賞者 その7**

袴田 佳孝/広瀬 克昌

62

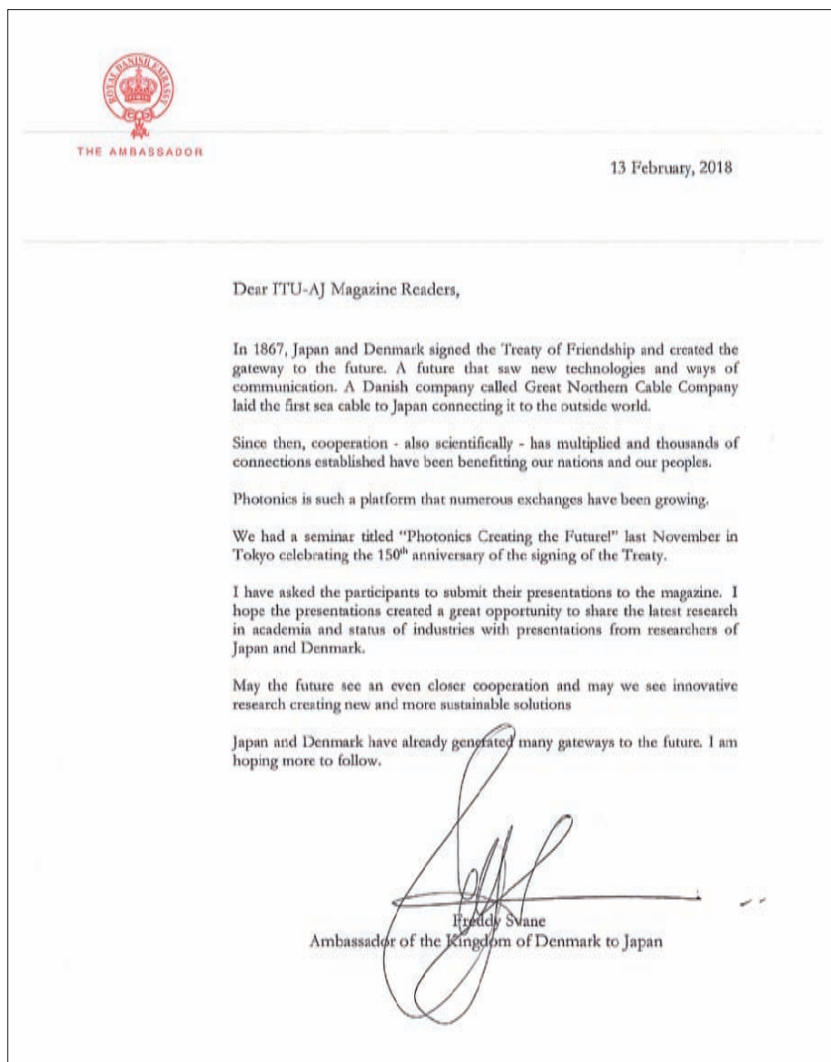
〔表紙の絵〕

大谷大学 真宗総合研究所 池田佳和

●フリードリヒ浴場(ドイツ、バーデン・バーデン)
バーデンという言葉は「入浴する」という意味のドイツ語なので、それが二つも重なる有名温泉地である。この中世建築の浴場では温浴を楽しむローマ文化と熱気浴のアイランド文化を融合させた形式である。後者の浴室は混浴で、タオル持込み禁止の素裸、まるでアダムとイブの世界で入浴して驚いた記憶がある。



日本ITU協会機関誌読者の皆様へ



駐日デンマーク王国大使

フレディ・スヴェイネ

日本ITU協会機関誌読者の皆様へ

1867年に日本とデンマークは修好条約を締結し、未来への扉を開きました。そして新しい技術と様々な通信手段がもたらされました。デンマークの大北電信会社は日本と海外を結ぶ海底ケーブルを初めて敷設しました。

それ以来、日本とデンマークは科学分野を含む様々な分野で協力を深め、関係を強化し、現在に至るまで、両国・両国民に様々な利益をもたらしました。

光通信技術は、そうした多くの交流を生み出してきた基盤なのです。

昨年11月、東京で日本とデンマークの外交関係150周年を記念し、「Photonics Creating the Future!」と題したセミナーを開催しました。

私は、セミナーにご参加いただいた皆様に、日本ITU協会の機関誌への寄稿をお願い申し上げました。両国の研究者によるこの資料が、日本とデンマークにおける最新の学術研究や産業動向に関する研究の成果を共有する機会となることを願っています。

今後、両国が一層協力を強化することで、新しい、持続可能な解決策を生み出す革新的な研究が進むことを期待しています。

日本とデンマークは、これまで未来に向けた多くの扉をともに開いてきました。今後もそれが続くことを願っています。

駐日デンマーク王国大使 フレディ・スヴェイネ



デンマーク工科大学 (DTU) における 光通信関連研究プログラムと日本との研究連携



デンマーク工科大学
フォトニクス工学科 教授

Leif Katsuo Oxenløwe



デンマーク工科大学
フォトニクス工学科 教授

もりおか としお
盛岡 敏夫

1. はじめに

本稿では、デンマーク工科大学 (DTU) における光通信技術関連のCoE (Center of Excellence) プログラムである、SPOC (Center for Silicon Photonics for Optical Communications) とNATEC (Nanophotonics for Terabit Communications) とその最近の研究成果について紹介する。併せて、これまでの日本の諸機関とDTUの光通信分野での連携についても紹介する。

2. DTU Fotonikにおける光通信関連CoEプログラム

DTU Fotonik (DTUフォトニクス工学科: <http://www.fotonik.dtu.dk/english>) は、フォトニクスに特化した専門の学科で、ナノフォトニクス、光源／産業用センサー、非線形光学／バイオフィotonics、通信技術の4つのセクションに分かれており、現在、14のグループで構成されている。職員である博士課程学生約90名を含めて、学科の全職員数は約220名で、その他、修士課程の学生数は、約40名である。筆者らは、High-Speed Optical Communications Group (グループリーダー: Leif Katsuo Oxenløwe) に属し、非線形光信号処理、シリコンフォトニクス、デジタル信号処理、光空間多重技術、超高速光伝送、テラヘルツフォトニクスなどの研究を行っている (<http://www.fotonik.dtu.dk/english/Research/Communication-technologies/HighSpeed>)。

SPOC (<http://www.spoc.dtu.dk/>) は、DNRF (Danish National Research Foundation) のCoEプログラム (期間: 2015年～2020年、委託額: 約10億4千万円) で、物理学、非線形光学、光通信技術、先端符号化技術や信号理論などを学際的に融合し、将来の光通信インフラに資する技術を創出すること目的にしている。フォトニックワイヤを用いた光信号処理による帯域／エネルギー効率の格段の向上、究極の光通信容量を実現するための光シリコンチップと光集積技術、光通信容量の格段の向上、周波数利用効率の

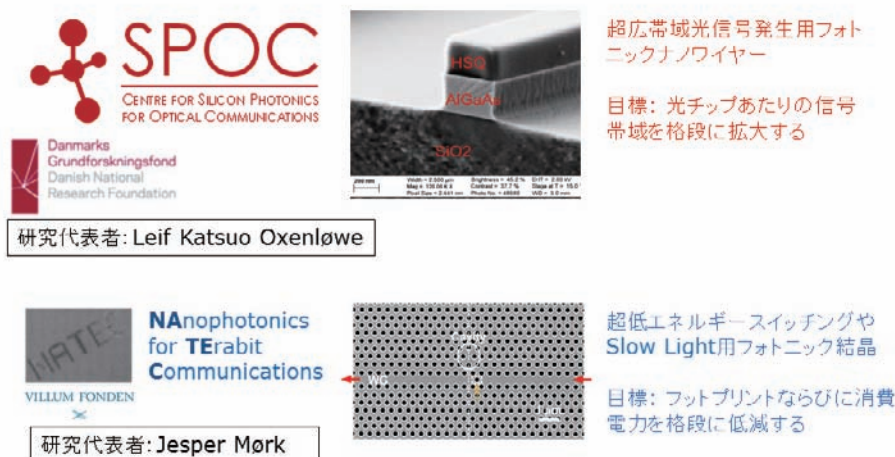
最適化のための信号符号理論、超精密光クロック、周波数基準のための光周波数コム、将来の高セキュリティ量子通信チャネルの研究を行っている。国内パートナー機関としては、コペンハーゲン大学ニールスボーア研究所があり、国外では、シドニー大学 (オーストラリア)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、ボストン大学 (米国)、ゲント大学 (ベルギー)、ブリストル大学 (英国)、ミュンヘン工科大学 (ドイツ) などの大学と研究連携している。

NATEC (<http://www.natec.dtu.dk/>) は、Villum Kann Rasmussen FoundationのCoEプログラム (第1期2008年～2014年、第2期2014年～2020年、委託額: 約9億7千万円) で、テラビット級通信に用いる量子ドットやフォトニック結晶デバイスの基礎理論、デバイス作製、評価からシステム実験を行うことを目的にしており、学内のDTU Mekanik (機械工学科)、DTU DANCHIP (National Center for Micro- and Nanofabrication)、DTU Elektro (電気工学科) と連携して研究を進めている。研究分野としては、消費エネルギー低減技術、超高速ナノ光スイッチ、Slow lightフォトニック結晶増幅器、フォトニック結晶レーザ、フォトニック結晶光検出器、ハイブリッドレーザ／光検出器、トポロジ最优化、シリコンマイクロリング共振器を用いた光信号処理、量子閉じ込め構造の作製と評価、単一量子ドット構造のダイナミクスなどがある。図1に、これらDTU Fotonikにおける光通信関連のCoEプログラムを模式的に表す。

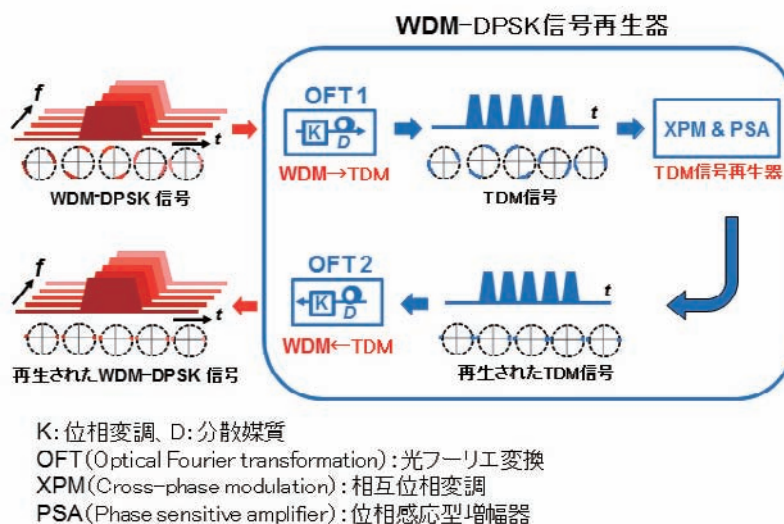
3. 最近の研究成果

3.1 WDM信号の一括信号再生

WDM信号の信号再生には、波長チャネルごとの処理が必要となるが、ここでは、時間レンズによる光フーリエ変換作用を用いて、WDM信号からTDM信号への変換後、TDM信号領域で一括信号再生し、再び、TDM信号からWDM信号への変換を行うことで、16チャネルのWDM信



■ 図1. DTU Fotonikにおける光通信関連のCoEプログラム



■ 図2. 時間レンズによる光フーリエ変換を用いたWDM信号一括再生器

号の一括信号再生を実現した^[1]。図2に、原理を模式的に表す。TDM信号の再生には、光ファイバによるXPM（相互位相変調）とPSA（位相感応型増幅器）を用いている。

3.2 単一光源による661Tbit/s伝送

SPOC、NATECプロジェクトとEU-Japan連携研究開発プログラムであるSAFARI (Scalable and Flexible optical Architecture for Reconfigurable Infrastructure : <http://www.ict-safari.eu/>) プロジェクトとの連携により、単一光源による661Tbit/s伝送を実現した^[2]。661Tbit/sは、単一のチップ光源を用いたデータ伝送量としては、これまでで最大である。まず、図3に示すように、NATEC、SPOCで開発したAlGaAsナノワイヤ非線形光導波路にピコ秒パルスを入射し、約40nmに光スペクトルを拡大してWDM信号を生成した。WDM信号としては、80チャンネル、40Gbaud、PDM-16QAMを用い、伝送路としては、SAFARIで開発した9.6kmの低

クロストークの30コアのマルチコアファイバを用いた。

なお、本成果はSAFARIプロジェクトの成果と併せてHorizon Prize : Breaking the optical transmission barriersに応募し、フジクラ、サウサンプトン大学と同賞を欧州委員会から受賞した。

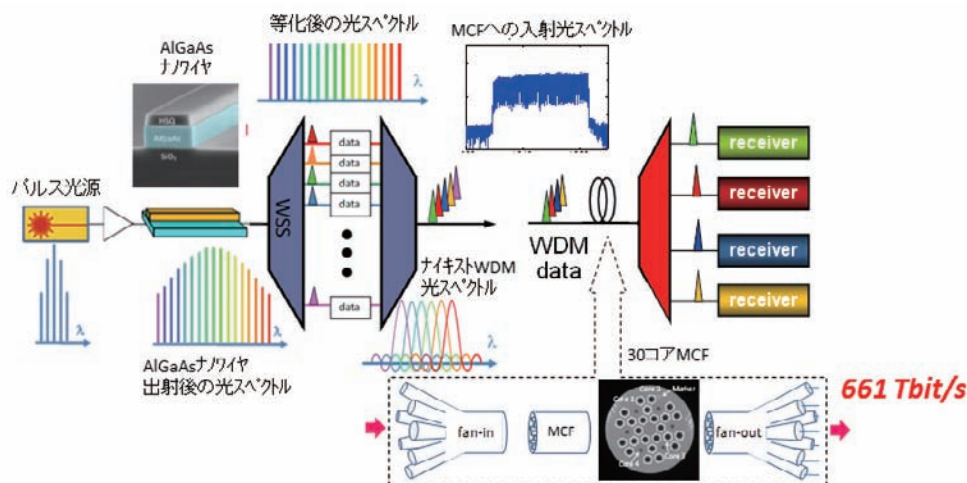
(<https://ec.europa.eu/research/horizonprize/index.cfm?prize=optical-transmission>)

3.3 多次元の量子鍵配送システム

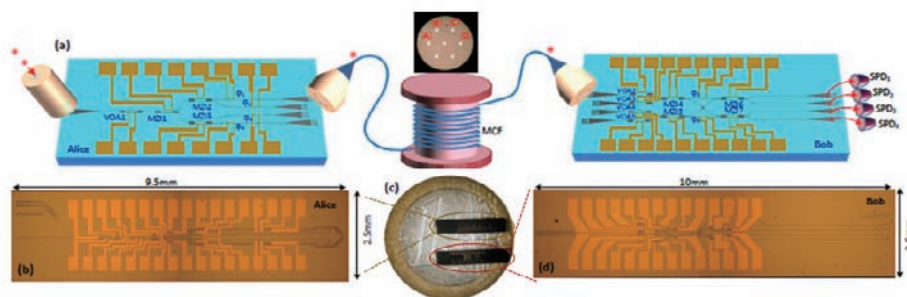
図4に示すように、シリコン導波路による多次元の量子鍵配送送受信器とマルチコアファイバを組み合わせ量子鍵配送法を実証した^[3]。4つの空間チャンネルによる拡張BB84プロトコルを用い、キー速度を2倍にすることに成功している。

4. 日本との研究連携

DTUは、光通信分野で1970年代後半から日本の研究



■図3. 単一光源による661 Tbit/s伝送 WSS：波長選択スイッチ、MCF：マルチコアファイバ



■図4. 多次元の量子鍵配送システム (a) 実験系、(b) 送信用シリコン導波路 (Alice)、(d) 受信用シリコン導波路 (Bob)、(c) 大きさの比較のための1ユーロコイン。VOA：可変光アッテネータ、MZI：マッハツェンダー干渉計、MCF：マルチコアファイバ、SPD：単一光子検出器

者、研究機関と約40年間の交流をさせていただいている。デンマークにおける光通信研究を立ち上げたProf. Palle Jeppesen (現DTU名誉教授) により、1976年の半導体レーザー国際会議 (日本・合歓の郷) において、東工大末松教授 (現同名誉教授) との交流が始まり、1983年には、Danish Academy of Technical Sciencesから、末松教授にValdemar Poulsen Gold Medalが授与されている。この間、1979年～1981年には、Prof. Kristian Stubkjær (現DTU Elektro所長) が、DTUの博士課程学生として、末松研究室に研究滞在している。その後、NTT、KDDI、富士通研究所、電線メーカ各社、通信機器メーカ各社、東工大、東北大、東大、早稲田大、九州大、東京理科大、物質研、産総研、NICTなどと研究連携、人的交流を進めてきた。2013年には、東北大中沢研究室から、Pyungu Guan氏が、High-Speed Optical Communications Groupに加わり、2014年～2017年には、EU-Japan連携研究開発プログラムであるSAFARIプロジェクトにおいて、NTT、フジクラ、サウサンプトン大 (英国)、コリアント (ドイツ) と連携し、30コア以上の高密度マルチコアファイバ、マルチコア光アンプ、高密度空間多重ネットワーク制御技術に関する研究を推進した。今後も光

通信技術の各分野で、関係諸機関との連携を進めていきたい。

5. おわりに

DTUにおける光通信技術関連のCoEプログラムである、SPOCとNATECについて紹介し、最近の研究成果について概説した。併せて、日本の諸機関との光通信分野での連携についても紹介した。

参考文献

- [1] P. Guan et al., "16 Channel WDM Regeneration in a Single Phase-Sensitive Amplifier through Optical Fourier Transformation," ECOC 2016, Post Deadline Paper Th.3.B.3 16 (2016).
- [2] H. Hu et al., "Single-Source AlGaAs Frequency Comb Transmitter for 661 Tbit/s Data Transmission in a 30-core Fiber", CLEO 2016, Post Deadline Paper JTh4C.1 (2016).
- [3] Y. Ding, D. Bacco et al., "High-Dimensional Quantum Key Distribution based on Multicore Fiber using Silicon Photonic Integrated Circuits," NPJ Quantum Information : 3:25 (2017).



新規マーケットを開拓する特殊光ファイバ技術



古河電気工業株式会社
情報通信・エネルギー研究所
主席研究員

む かさ 武笠 和則



古河電気工業株式会社
情報通信ソリューション統括部門
企画管理部
部長

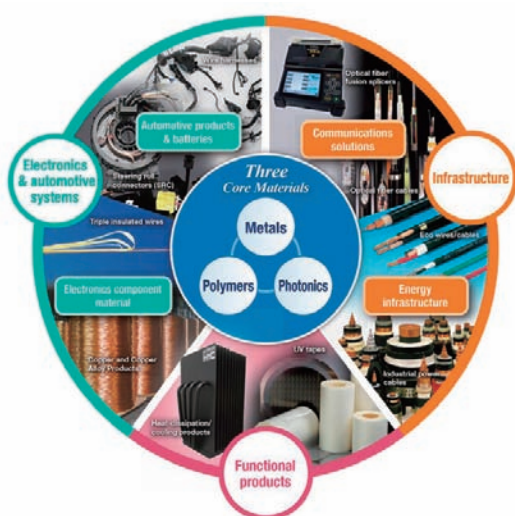
なかじま 中嶋 ぶみのり 史紀

1. はじめに

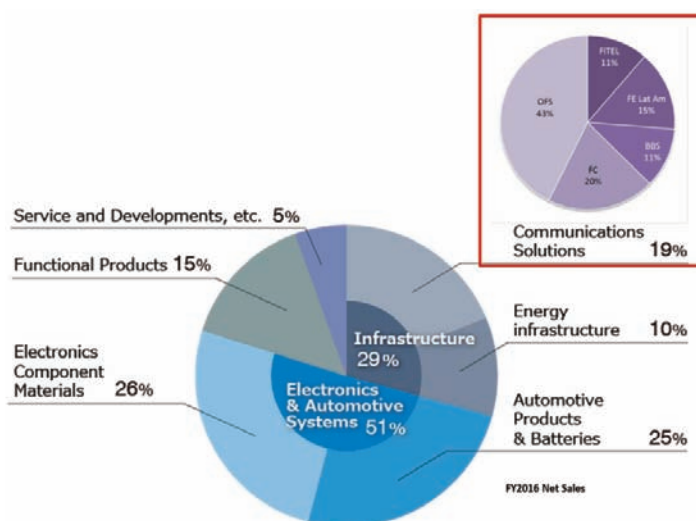
古河電工は1884年に創立され、現在では、52,254人の従業員と843,344百万円の売り上げを誇る企業に成長している。グローバル企業として、25の国にまたがる117の拠点を有している。図1に示すように、メタル、フォトニクス、ポリマーの3つのコア技術を軸に、通信、エネルギー、自動車、

エレクトロニクス、機能部品、新分野の6つのフィールドでビジネスを展開している。図2にFY2016の売り上げ構成を示すが、テレコム製品は古河の主力製品のひとつになっている事が分かる。

そのテレコム分野において、古河グループのOFSは、非常に重要な役割を果たしている。図3に示すように、OFS



■ 図1. 古河電工のコア技術と製品



■ 図2. 各製品の売上比率 (FY2016)



■ 図3. 古河電工の拠点とOFSデンマークの位置、およびOFSデンマークの歴史

NKT: 1979-1987

- 1980 - NKT starts an optical fiber production in Denmark
- 1984 - Moves activities to present site

LYCOM: 1987-1996

- 1987 - AT&T/NKT establish a joint venture named LYCOM
- 1988 - Work on specialty fiber begins
- 1988 - First sale of Erbium-Doped Fiber (EDF)
- 1994 - LYCOM wholly owned by AT&T

Lucent Technologies Denmark: 1996-2001

- 1996 - AT&T is split into 3 companies, a.o. Lucent Technologies
- 1997 - Inauguration of a new draw tower building
- 2000 - Inauguration of a new MCVD facility

OFS Fitel Denmark: 2001-

- 2001 - OFS is purchased by the Furukawa Electric Company of Japan
- 2002 - Telecom market collapse.
- 2002 - 2003 Restructuring of company. Denmark focus on niche markets
- 2006 - Shipped DSCM #100,000
- 2009 - Launch of EZ-Bend® Ultra Bend Insensitive Fiber
- 2010 - PM fiber product. EU project MODE GAP
- 2011 - Acquired Oclaro DSCM business line
- 2012 - Shipped DSCM # 250,000
- 2013 - Launch of ULA fiber for submarine
- 2014 - EDF fiber production consolidated in Denmark
- 2015 - Launch of TeraWave® ULL fiber
- 2016 - Launch of SCUBA® 0.155 dB/km
- 2017 - Launch of L-band EDF for submarine applications

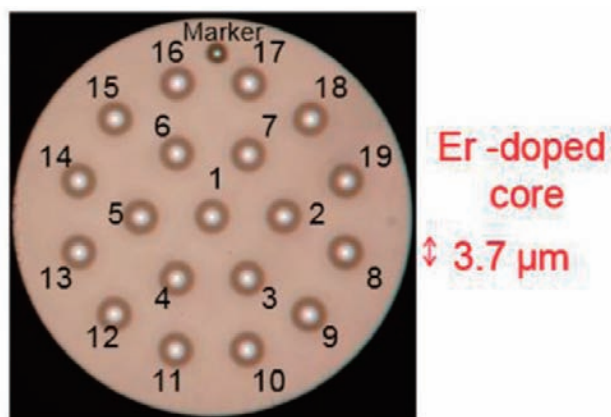


を含む古河グループは世界中に通信関連の拠点を有しているが、OFSデンマークはOFSの主力工場の一つであり、長い歴史に培われた確かな技術を有している。高度な線引技術とともに、特殊ファイバの製造に適した高度なMCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) 技術を有しており、通信・非通信の各分野で、世界的レベルの高機能ファイバを生産、提供している。

2. 特殊ファイバの開発

2.1 増幅用Er-dopedマルチコアファイバ

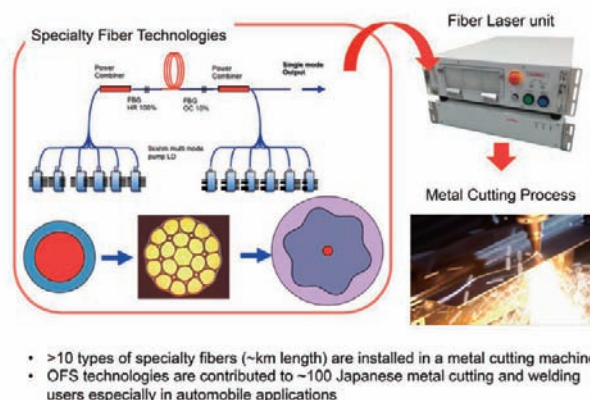
現在、伝送用途へのマルチコアファイバの適用が期待されているが、一方で、増幅器用途にマルチコアファイバを適用する試みもなされている。増幅器用ファイバは、希土類 (Er) をコアにドープする事で実現されるが、ゲインスペクトル、効率、NFなどの特性制御が重要になる。さらに、マルチコアファイバにおいては、コア間の干渉を十分に低く抑制するとともに、各コアでこれらの特性を均一に保つ事が要求される。我々は、図4に示すような19コアという多くのコア数を有するマルチコアEDFの開発に成功している。



■図4. 19コアEDFの断面構造

2.2 ファイバレーザ用ファイバ

さらに、希土類をドープしたファイバの増幅器以外の応用例としては、ファイバレーザへの適用が考えられる。ファイバレーザは、例えば自動車分野の切断や溶接などへの適用が盛んに行われており、重要な新規加工技術として注目が高まっている。ファイバレーザには多くの特殊技術が必要とされるが、多くの特殊ファイバもそのうちの一つである。図5にファイバレーザの模式図を示すが、非常に多くの特殊ファイバとそれを用いた光デバイスが、ファイ



■図5. 産業用ファイバレーザ模式図

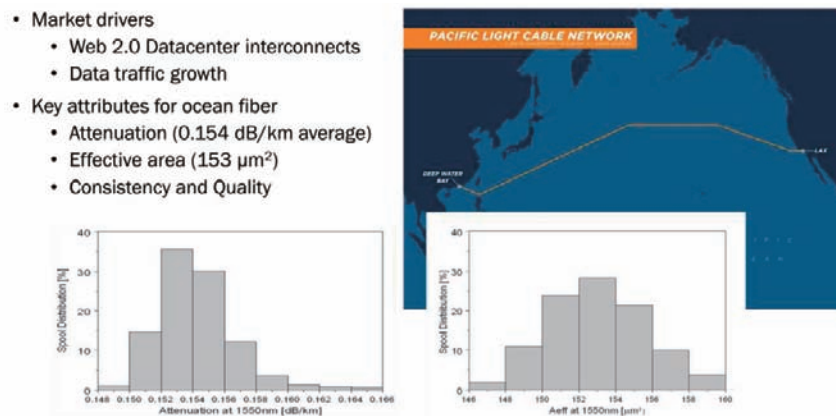
バレーザの実現に重要な役割を果たしている事が分かる。さらに、ファイバ接続などの周辺技術も重要になるが、我々はそれに関しても高い技術を有している。

2.3 海底伝送用ファイバ

海底伝送路の大容量化のニーズは、変わることなく続いている。しかし、海底のような長距離伝送用ファイバにおいては、SNR劣化の影響がより顕著になるため、光ファイバには、SNRを改善するための低損失や大Aeffなどの特性が求められる。我々は、これらのニーズにこたえるべく、伝送損失を0.154dB/kmに低減し、Aeffを153μm²に拡大した光ファイバの開発・製品化に成功している。これは、世界的に見ても、トップレベルの低SNR特性を有する光ファイバとなっており、長距離大容量伝送の実現に大きく寄与をしている。

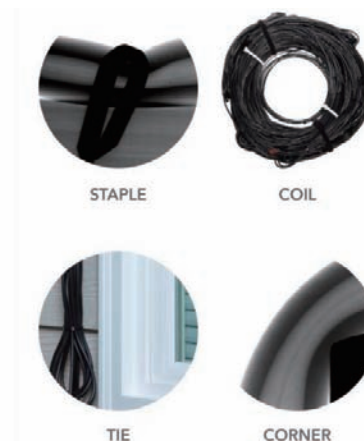
2.4 宅内配線用ファイバ

一方、海底伝送路とは対極にある宅内 (FTTH) のような短い距離の配線用ファイバには、その敷設容易性・特性安定性の確保が、最も重要な要素となる。光ファイバの特性でいうと、小さな径での巻き付けに耐えられる低曲げ損失特性の実現が重要な課題となる。一方で、他のファイバとの接続性などの観点から、従来ファイバと同等の特性を有している事も要求されるが、これらはトレードオフの関係にある場合が多く、その実現には高度な特殊ファイバ開発技術が必要となる。我々は、このような厳しい要求に対応するファイバに関しても、開発・製品化に成功しており、海底から宅内に至るあらゆるエリアの特殊ファイバの提供を行っている。



■図6. 海底伝送用ファイバ模式図

- Market drivers
 - More compact cables
 - Easy and fast installation
- Key attributes
 - Can tolerate extreme bending
 - Has same mode field as standard fiber
 - Compatible with standard fiber – for example regarding splicing
 - Offered pre-connectorized



■図7. 宅内配線用ファイバ模式図

3. おわりに

古河電工、OFSは長い歴史を有しており、世界中に拠点を有するグローバルカンパニーとして活動を行っている。例えば、OFSデンマークは、高度なMCVD技術を核に世界中に特殊ファイバの提供を行っている。現在までに我々は、新規の高機能増幅用ファイバ、長距離伝送用ファ

イバ、宅内配線用ファイバを特殊ファイバ技術で実現し、通信、非通信分野の多くの新規製品を提供する事に成功してきた。これからも、特殊光ファイバ技術をさらに高めて製品開発に展開する事で、新たな市場を切り開いていく使命を果たしていければと考えている。



光ネットワークシステムの研究開発と展望

国立研究開発法人情報通信研究機構 ネットワークシステム研究所
ネットワーク基盤研究室 室長

はらい ひろあき
原井 洋明

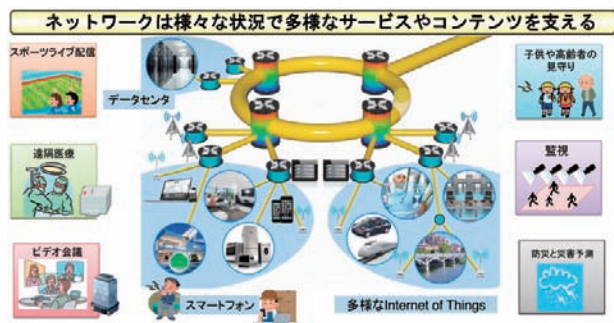


本稿では、2020年代に必要なネットワークシステムの要件を挙げ、筆者が所属する情報通信研究機構（NICT）におけるグローバルに先進的なネットワークシステムの構成要素である、革新的ネットワーク技術、フォトニックネットワークシステム基盤技術、光アクセス基盤技術の研究開発の取り組みを紹介する。

1. ICTネットワークの進展と変革

インターネットと移動通信網の高度化、スマートフォン等のスマートデバイスや様々なアプリケーションの普及により、人々がインターネット等のネットワークを利用する環境は大きく変化している。2015年から2020年に向けても、インターネットを流通するトラフィックは1か月あたり88.7エクサバイトから194.0エクサバイトと5年で2倍の伸びを示し、インターネットの利用者は30億人から41億人へ増え、ネットワークへ接続されるデバイス数は163億個から263億個へ増加するという予測がある^[1]。同じく2019年のビデオコンテンツはインターネットトラフィックの82%以上を占めると予測されている。このような環境では、スポーツライブ配信、遠隔医療、双方向のビデオ会議などの映像サービス、及び、子供や高齢者の見守り、街中の監視、防災と災害予測など、センサを用いたサービスが本格的に普及し、人々の生活が便利に豊かになると期待される（図1）。

NICTネットワークシステム研究所では、世界最先端のICTにより、新たな価値創造や社会システムの変革をもたらすべく、社会をつなぐ能力として、通信量の爆発的増加や通信品質・利用環境の多様化などに対応するため、以下の3つの領域の基礎的・基盤的技術の研究開発を行っている。



■図1. ネットワークが支えるサービスの広がり

・革新的ネットワーク技術

IoTサービスや多様化するクラウドにも柔軟に対応できる革新的ネットワークの実現に不可欠な基盤技術として、ネットワーク制御自動化の基礎技術、及び、ネットワークインフラ上を流通する情報に着目した新たなネットワークアーキテクチャの研究。

・フォトニックネットワーク基盤技術

2020年代に予想されるトラフィック量に対応するための超大容量マルチコア光ファイバネットワークシステムと、急激なトラフィック変動や通信サービスの多様化に柔軟に対応可能な光統合ネットワーク技術、災害発生時にネットワークの弾力的運用・復旧を可能とする災害に強い光ネットワークの技術の研究開発。

・光アクセス基盤技術

5G以降の大量通信トラフィックを収容可能な光アクセスから光コアまでをシームレスにつなぐ光アクセス・光コア融合ネットワーク技術と、エンドユーザへの大容量通信等を支えるアクセス系に係る光通基盤技術の研究開発。

2. 2020年から2030年までのネットワークインフラへの要求

総務省が、2020年から2030年頃までを想定して、ICTを最大限に活用する社会を支えるネットワークインフラを実現するための技術課題、推進方策等を2017年7月に「将来のネットワークインフラに関する研究会報告書」として公表している^[2]。それによると、2020年から2030年頃までのネットワークインフラには、「ミッションクリティカルな様々なサービスを支える社会基盤としての機能」「多様化・高度化するユーザーニーズへの対応」「ネットワークインフラの安全・信頼性の確保」「効率的なネットワークの実現」が必要とされ、「ネットワークリソースの相互共有」「ネットワークスライシング」「エッジコンピューティング」「自動オペレーション」などの技術、及び、トラフィックの伸びに対し、光伝送技術の高度化によるネットワーク資源拡大の重要性が述べられている。さらに、将来のネットワークインフラに求められる主な要求条件として、大容量、省電力化、超低遅延、柔軟性・高弾力性・高効率データ流通、安全・信頼性、という6つが挙げられている。



我々は、それらの要求に応えるべく先進的な研究開発を実施している。具体例を次章に述べる。

3. NICTにおけるネットワークシステムの研究開発

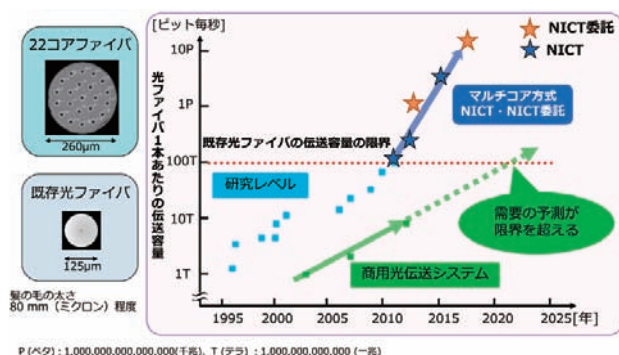
本章では冒頭に述べた、NICTが実施する3つのネットワークシステム領域の研究開発を紹介する。

3.1 革新的ネットワーク技術

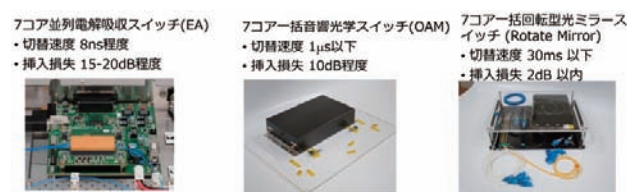
ネットワークを利用するアプリケーションやサービスからの要求を満たすネットワークを提供する技術の研究開発を行っている^[3]。具体的にはネットワーク制御の完全自動化を目指した「ネットワーク構築制御自動化技術」として、各サービスへの仮想ネットワーク資源（リンクの通信速度やサーバの計算能力）の適切な分配、サービス間の資源調停、論理ネットワークの構築等を自動化する技術、ネットワークインフラの構造や通信トラフィック等が変化してもサービスの品質を保証する技術を研究している。また、ネットワークを流通する大容量コンテンツや、ヒトとモノ及びモノとモノの情報伝達等をインターネットプロトコルより効率良くかつ高品質に行うため、データやコンテンツに応じてネットワークの最適な品質制御や経路制御などを行う「新たな識別子を用いた情報・コンテンツ指向型ネットワーク技術」に関する研究を実施している。

3.2 フォトニックネットワーク基盤技術

トラフィックの伸びに対応するため、光伝送技術の高度化によるネットワーク資源拡大の重要性を先に述べた。しかし、伝送技術の進展により、年ごとに増え続けた光ファイバの伝送速度は、2001年を境に増加率が鈍り、毎秒100テラビット近辺が限界と考えられていた^[4]。現在の光通信は、細い糸のような光ファイバ中の1本の光の通路（コア）に、様々



■図2. マルチコア光ファイバと伝送能力の伸び

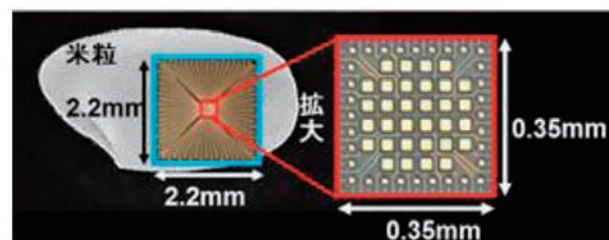


■図3. 3種類のコア一括光スイッチ

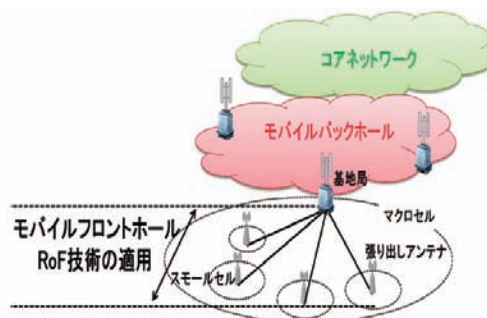
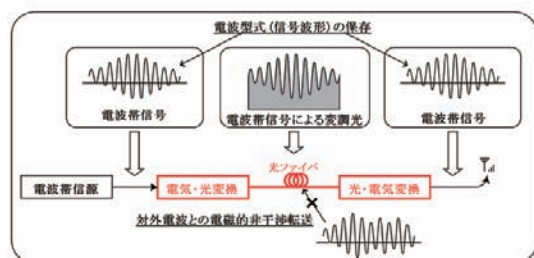
な光信号を送信しているため、コアのエネルギー密度は太陽の表面並みに非常に高く、注入できる信号パワーに限界があり、光信号が歪むことでエラーが生じたり、光ファイバが熱破壊を起こしたりする恐れがあるからである。

我々は、産学との連携により、従来の光ファイバの通信限界を超える、1本の光ファイバに複数コアをもつマルチコアファイバ通信の研究開発を推進し、これまで1本の光ファイバに7から36の光通信路（コア）を収めたマルチコア光ファイバを開発し、2011年に100Tbps超え、2015年に2Pbps超えの伝送実験に成功している（図2）。

さらに、現在、マルチコア光ファイバで構成された網状の通信路を伝わる情報の経路を自在に設定し、瞬時に変更する交換機能を実現するため、光スイッチシステムの研究開発を進めている。NICTでは、光ファイバで伝送されたパケット信号の経路を切り替える光交換技術において、従来の世界記録を4倍以上更新し、毎秒53.3Tbpsの光パケット信号のスイッチング実験に成功した^{[5][6]}。本実験では、マルチコア光ファイバに接続可能な高速並列光スイッチシステムを開発し、各コア（実験では7コアファイバ）の光信号の一括切替えに成功した。1回の経路切替えに要する時間は80ナノ秒と高速で、1秒間に390万回以上のスイッチングを達成した^[5]。コア一括スイッチにより一括してデータを転送することで、少ない部品点数での大量データ転送や、将来的な小型化・エネルギー効率化への寄与が期待できる。現在、3種類の、切替速度や挿入損失が異なるコア一括光スイッチを開発し（図3）^{[6][7]}、各スイッチの性能特性を活かした新しい光ネットワークシステムの確立を目指している。



■図4. 高速集積型受光素子



■図5. 光ファイバ無線とモバイルネットワークへの適用

3.3 光アクセス基盤技術

マルチコア光ファイバを流れる大容量の信号は、複数のサービスの情報が多重されたものである。そこに載せられている情報をユーザに届けるためには、いずれ電気信号に変換する必要がある。これまでは光ファイバのコアや波長ごとに別々の光受光素子で受信してきたが、コア数の増加につれ受信器の占有体積が大きくなるため、通信システムの省スペース化のための小型化が望まれている。NICTでは、マルチコア光ファイバ等による光空間多重通信を活かす技術であり、多数の光受信器を集約し、大容量光通信装置の大幅な小型化と低消費電力化が可能となる要素技術として、複数チャネルの光信号を一括受信できる高速集積型受光素子を開発した(図4)。本素子は、32個の受光部を集積した2次元集積型受光素子であり、高密度空間多重通信においてマルチコアファイバやマルチモードファイバとの直結が可能となる。チャネル別に高速に電気信号への変換が可能となり、NRZ (Non-Return to Zero) 変調で25Gbpsの信号をビット誤り率10⁻¹²未満で動作できることを確認した^{[8][9]}。

アクセスネットワークでは、無線通信部の大容量化・高周波化に加えて、いかに効率のかつ素早く無線信号を光ファイバ通信ネットワークに収容するかが課題となっており、光ファイバ無線 (RoF: Radio over Fiber) 技術はその有望な解決技術として期待されている。RoFは、電波帯信号波形そのままに光波に重畳して光ファイバ伝送し、再生する光伝送技術であり、これまで、電波不感地への電波再放射のための中継光伝送技術として実用化されている。移動通信トラフィックの急速な需要成長を背景に、NICTでは、5G以降のモバイルネットワークを支えるために、利用者から見てネットワークの入口であるモバイルフロントホールへの適用を目指して、RoF技術の研究開発を実施している(図5)。我々は、これまで、光信号と75-100GHz、300GHz、1THzという高周波無線信号の相互変換の動作実証に成功している^[3]。

4. おわりに

本稿では、2020年代に必要な課題解決に向かい、爆発的な通信トラフィックの増大、及び、ユーザが求めるサービスの体感品質や環境の多様化に対処するための、NICTにおけるネットワークシステムの研究開発を述べた。将来のネットワークは、様々かつ極端な要求を支えることが求められている。例えば、映像データを送信するサービスに着目しても、8K高精細映像を1000万人ユーザに配信する同報性や信頼性、遠隔医療やビジネス会議の場で用いるインタラクティブ性、監視データを集めるための安全性(秘匿性)など、異なる性質の性能を求められる。

我々は、将来のネットワークのための技術開発を推進し、人々の安全で創造的な生活を支えたい。そのため、現在我々が実施している研究開発技術(革新的ネットワーク技術、フォトニックネットワーク基盤技術、光アクセス基盤技術など)の確立とその普及が必須であると確信している。

参考文献

- [1] Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2015-2020.
- [2] 総務省「将来のネットワークインフラに関する研究会 報告書」2017年7月18日.
- [3] 平成28年度 情報通信研究機構年報 (online), 2017年9月.
- [4] NICT報道発表「光ファイバ1本の伝送容量109テラビットの世界記録を樹立」2011年3月10日.
- [5] NICT報道発表「光交換の世界記録、毎秒53.3テラビット光信号の高速スイッチング実験に成功」2017年10月2日.
- [6] J. M. Delgado Mendinueta et al., ECOC 2017 (Th.PDP.B.3), 2017年9月.
- [7] R. S. Luis et al., ECOC 2017 (Tu.2.F.5), 2017年9月.
- [8] NICT報道発表「世界初、多数の光信号を同時に電気信号に変換する高速集積型受光素子を開発」2017年9月14日.
- [9] T. Umezawa et al., ECOC 2017 (P1.SC2.29), 2017年9月.



再構成可能なインフラのためのスケーラブル・フレキシブル光通信技術の研究開発 —Horizon 2020 EU-Japan SAFARI プロジェクト—



日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所
インベティブフォトニックネットワークセンタ センタ長 上席特別研究員

みやもと ゆたか
宮本 裕

1. 概要

2014年に総務省とEC (European Commission) からの支援をうけた日欧共同研究プロジェクト：再構成可能なインフラのためのスケーラブル・フレキシブル光通信技術の研究開発（以下SAFARIプロジェクト）が提案・採択され、3か年にわたる研究プロジェクトが開始された。SAFARIプロジェクトでは、日本と欧州の5つの主要な研究機関が協力し、現在の光ネットワークの約100倍以上の伝送容量となる1Pbit/s以上、伝送距離1000km以上の柔軟な拡張性をもつ大容量光コアネットワークの実現に向け、各社がマルチコアファイバ (MCF) に対応可能な各要素技術とそのネットワーク資源を柔軟に活用するための制御技術を分担、確立する。それら複数の要素技術を連携させることでPbit/s級空間多重光ネットワークテストベッドを構築し、トラヒックエンジニアリング等のネットワーク制御実験を行うことによりその有用性をグローバルな枠組みで実証する。本稿では、SAFARIプロジェクトで得られた最新の成果を紹介する。

2. はじめに

2020年に向けた将来の通信サービスとして、自動運転に代表される広帯域、低遅延サービス等の実現に向けた5Gモバイルネットワーク技術の精力的な検討が進んでいる。また、IoT (Internet of Things) 技術の進展により、より多様性のある端末がネットワークに接続され、通信ネットワークは私たちの身近な社会基盤として空気のようになくてはならないインフラとして、より重要性が高まっていくと考えられる。これまでネットワークの大容量化・高度化を支えてきた光通信・ネットワークでは、これまで、もっぱら1本の光ファイバに光の通り道 (コア) が1つで、かつ導波モード1つになるよう設計されたシングルモードファイバ (SMF) が、基本の伝送媒体として用いられ、様々な伝送基盤技術の変遷を通して30年で約5桁近い (2年で2倍) 大容量化が実現されてきた。近年実用化された主要な光通信基盤技術であるデジタルコヒーレント技術は、大容量光通信にデジタル信号処理技術を積極的に導入することで、1波長当たりチャンネル容量100Gbit/s以上の長距離伝送を実現する。1本の光ファイバに100チャンネル以上のデジタルコヒーレント光信号を多

重し一括光増幅中継伝送する波長多重伝送システムにより、既存のSMFを用いた10Tbit/s級の大容量光ネットワークが実用化されている。また、最近では、偏波多重16値振幅位相変調 (QAM: Quadrature Amplitude Modulation) 技術を基本としたデジタルコヒーレント技術により、更に2倍以上の高効率伝送が実現可能となり、1チャンネル400Gbit/s、ファイバ当たり20Tbit/s級の大容量データセンタ間光ネットワークが実用化された。研究段階では、64値QAM信号を用いて1本のSMFで100Tbit/s以上の大容量伝送実験が実証されている^[1]。

しかしながら、これまでのSMFを用いた光通信システムでは、SMFの物理的な性能限界により、従来と同じ中継距離を保ちつつ100Tbit/s以上の大容量化を実現することが困難になってきている。SMF伝送容量の物理的な制限要因としては、光ファイバ通信に固有の光非線形効果により周波数利用効率の向上の制限が生じることや、保守者や通信システムに対する安全を確保するための許容光入力パワの制限に起因する。これらの制限要因を回避しさらなる大容量光通信を実現する将来基盤技術として、近年、空間多重 (SDM: Space Division Multiplexing) 光通信技術が注目されている^[2]。SDM光通信技術では、1本のファイバに複数のコアを有するマルチコアファイバ (MCF) 等を用いたコア多重や、複数の伝搬モードに異なる信号を多重して伝送するモード多重を用いて、SMFの物理限界容量を超える大容量光通信を実現する。従来MCF等を用いたコア多重に関する主要な研究機関は日本国内に限られており、本技術分野がグローバルな研究開発の潮流として認知されるための具体的な施策が求められていた。即ち、SDM光通信を用いた将来の大容量光ネットワークに必要な要素技術とその柔軟な制御技術の実現性を示し、国際的な連携成果として分かりやすいユースケースを通してその有用性をグローバルに実証・発信していく必要性があった。

3. 本研究の目的と各機関の役割

SAFARIプロジェクトでは、上記した背景を元に、既存SMFシステムとの親和性を考慮し、1) SDM光通信に適したSoftware Defined Network (SDN) 制御機能拡張の提

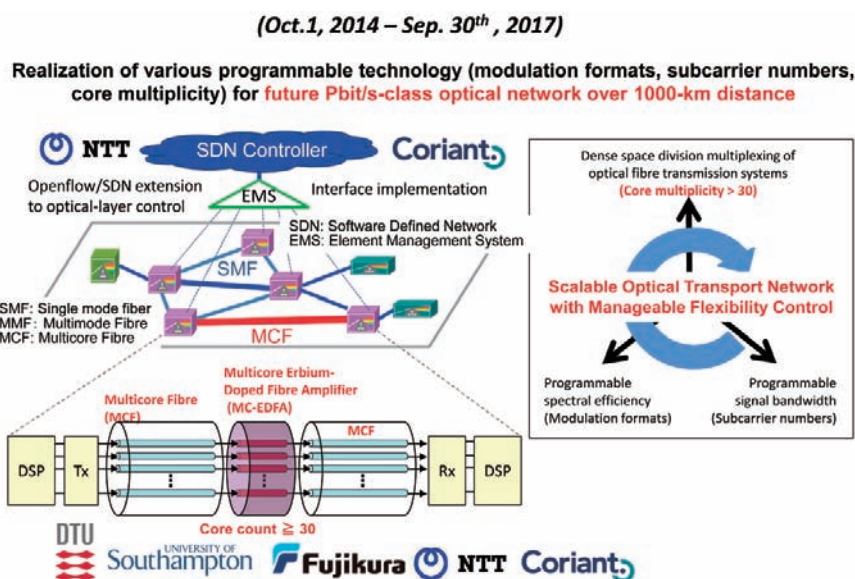


案ならびに実証、2) 400Gbit/s超級適応変調QAMデジタルコヒーレント技術を適用可能な1000km以上の長距離化
3) Pbit/s級（従来の約100倍）の大容量化といった有用性を端的に示すためのユースケースを確立し、国際的な枠組みでその有用性をテストベッド構築・実証することを目標とした^[3]。NTTとデンマーク工科大学がそれぞれ日本とヨーロッパの共同幹事社となり、図1に示す国際的な研究プロジェクトを提案し、日欧連携総務省委託研究（SAFARI：2014.10～2017.9）の下で本分野の異なる技術領域での強みを有した産学連携の国際連携パートナーシップ（EUパートナー：デンマーク工科大（EU幹事社）、サウサンプトン大、コリアント社（伝送システムベンダ）、日本パートナー：NTT、フジクラ（ファイバベンダ））を構築した。本枠組みを活用し、各機関の要素技術を結集・構成したテストベッド

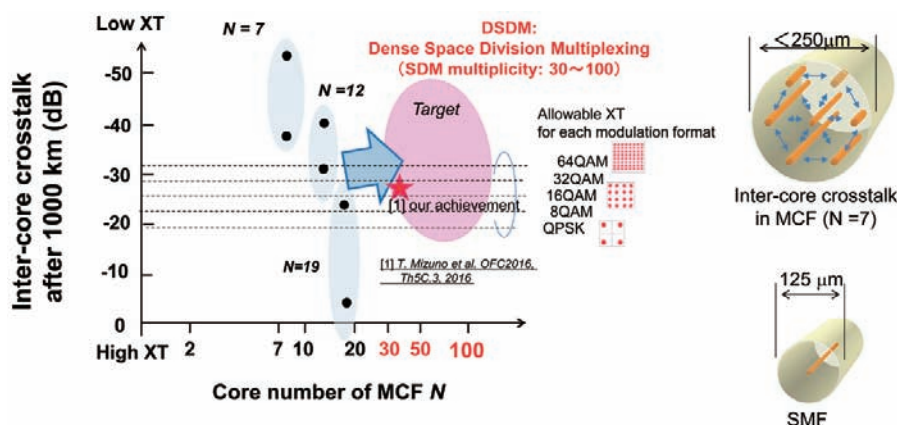
（SAFARIテストベッド）を構築し、既存のSMFを用いたシステムから将来のMCFを含む空間多重光通信システムへ柔軟な移行、並びに、将来のPbit/s級光ネットワークにおける高速光チャンネル適応変調制御等を実現する複数のユースケースの実現性を検証した（図1）。

4. 1Pbit/s級長距離伝送を実現する高密度空間多重マルチコアファイバ光増幅中継技術

通常のSMFでは、クラッド径125 μ mのクラッドに1つのコアを有し、コア径約10 μ mに全ての光信号が閉じ込められながら伝搬する。MCFでは、1つのクラッド内のコア数を増やすことで、コア当たりの光パワー密度を一定に保ちつつ、光ファイバへの入力信号パワーを向上する。このためSMFの物理限界を回避しつつ1本のファイバの伝送容量を



■図1. SAFARIプロジェクトの概要



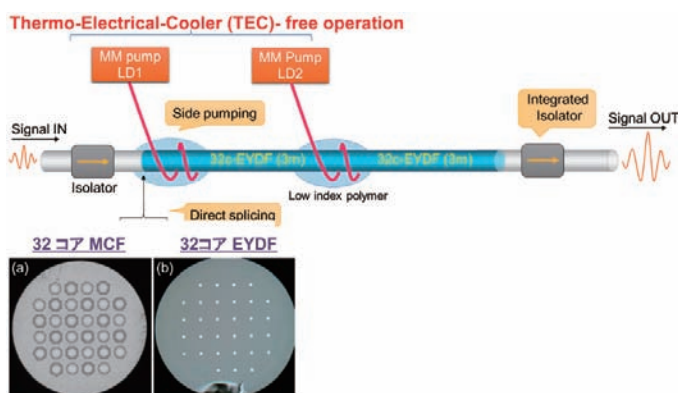
■図2. 30コア多重以上の高密度空間多重の課題とプロジェクト目標



コア数分だけ拡大することができる。しかしながら、光ファイバの機械的信頼性を確保するためには、MCFに許されるクラッド径は、最大でもSMFの約2倍の $250\mu\text{m}$ 以下にする必要がある。このため一定のクラッド径制限下で、MCFのコア数を20以上に増加した場合（空間多重度20）、コア間の光信号の漏れ込み（コア間クロストーク：以下コア間XT）が顕在化してしまうトレードオフがあった（図2）^[4]。特に、波長多重システムで周波数利用効率向上に向け、1波長当たりの光信号を変調する多値QAM信号の多値数を上げた場合は、XTによる多値QAM信号の伝送品質劣化が顕在化し、本研究プロジェクト開始時点では、空間多重度20以上のMCFやMC光増幅器の実現が困難であった。

SAFARIプロジェクトでは、日欧トップレベルの研究機関の要素技術を結集することで、MCF中継伝送路のコア間XTを大幅に低減し、コア多重度を30以上に拡大ことに成功した（図3）。まず、MCFのコア間XTの低減には、各コアの光信号閉じ込めを強化するためのトレンチ型の屈折率プロファイルや、屈折率がわずかに異なる複数種類のコ

アを隣接コアとして配置する異種コアMCF構造を採用し、コア間XT特性を大幅に向上した^[5]。この結果、空間多重数30以上のMCFを用いた長距離伝送の実現に道が拓かれ、異種コアMCFのコアの種類の2～4種類とすることで最大37コアまで世界最高の高密度空間多重MCFを実現できることを確認した。特に図3に示したように、コア配置を正方格子配置とした32コアMCFでは、2種類のコアで全ての最近接のコア同士の屈折率を互いに異なるコアとすることができ、クロストーク特性と製造性が共に向上する。このためテストベッド構築には32コアMCFの50km以上の長尺ファイバを試作し適用した。次に、マルチコア（MC）光増幅器の実現に向けては、MC構造の光増幅用ファイバとして、一般的なC帯における励起効率向上が可能なEr/Yb添加マルチコアファイバ（EYDF）を適用した。また、従来の各コアを個別に個々に励起する方式から1つの励起レーザで32コアをクラッド一括励起する方式を採用した。図4に記載したように、2段構成のクラッド一括励起とすることで低雑音・高出力特性を両立したMC光増幅器が実現でき、大幅な小型化を達成するとともに、60%以上の低電力化の見通しが得られた^[6]。本32コアMCFを用いた光中継伝送路では、1Pbit/s超の伝送容量を従来報告の半分以下の信号帯域（4THz@C帯）で4倍の200kmにわたる光中継伝送実験に初めて成功するとともに、1000km以上の長距離化の実現性を示した^{[7] [8]}

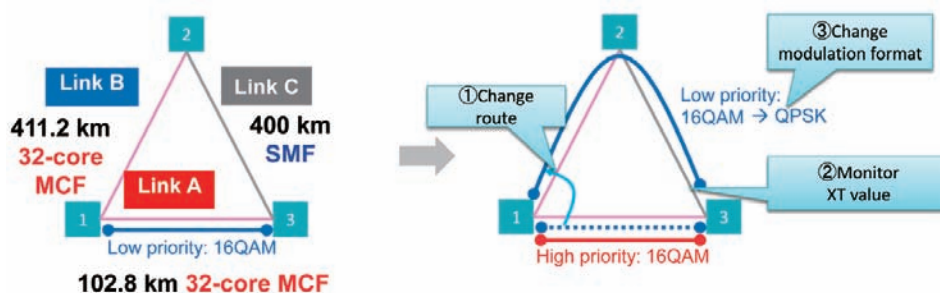


■ 図3. 高密度MCFとクラッド励起一括光増幅技術

5. 適応変調400Gbit/s級光チャネルを用いた32コア光ネットワークテストベッド実験

MCFをトランスポートネットワークで有効に使うためには、コア間で発生するクロストークを考慮した光パスの制御が

- MCFs are partially deployed in the process of upgrade from SMF to MCF
- When low priority channel is preempted by high priority channel:
 - Change route of low priority channel if necessary to make room for high priority channel
 - Change modulation format of low priority channel if XT is too high for the same format



■ 図4. クロストークマネジメントを考慮したトラフィック制御実証



必要となる。このため、MCFを含む光増幅中継リンクにおいて経路のコア間クロストークをモニタし、トラヒックの優先度に応じてSDN制御により経路や変調方式を切り替える適応制御方式を考案した。本方式を、日欧パートナー各社と連携してミュンヘン・コリアント社に構築したSAFARIテストベッドに実装し、その有用性を実証した(図4)^[9]。SAFARIテストベッドは、1つのSMF光増幅中継リンク、クロストーク量の異なる2つのMCF光増幅中継リンク、及び3方路商用ROADM (Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer) 光ノードから構成される3ノードシステムとした。ネットワークの要求によって、優先度の高い光パスを設定する際、伝送後の光信号のSNR、コア間クロストーク等をインサービスで監視し、利用可能なネットワークリソース(コア、信号波長、ルート)の再配置・設定を行った。モニタしたSNRとコア間XT値に基づいて、光信号に適用可能なQAM変調方式の多値数を適応的に設定し、光パスを確立した。これらの制御では、空間多重光通信に適した機能拡張を実施したSDN制御プラットフォームを適用し、プログラマブルなチャンネル容量可変400Gbit/s級光パス制御を実験実証した。

6. おわりに

本稿では、SMFの物理的な伝送限界を超えて、従来の100倍以上のPbit/s級伝送容量を柔軟に伝送するために、SAFARIプロジェクトで提案・検証した高密度空間多重光通信技術に関する最新の成果を紹介した。本技術のグローバルな普及に向けて、従来のSMFを用いた光ネットワークからMCFを用いたPbit/s級空間多重光ネットワークへ推移する際の両ファイバが混在したネットワークを考察し、幾つかの具体的なユースケースを提案した。また、空間多重数が30を超える、Pbit/s級空間多重光ネットワークを実現するためのMCF技術、MC一括光増幅技術等の要素技術の実現性を示した。従来のSMFと共に、開発した32コアファイバ・32コアMC光増幅中継器を適用し、商用ROADM光ノードと接続することで、3ノード・1000km級の空間多重光通信テストベッドを構築した。本テストベッドにおいて、設定経路における着信信号のコア間XT・光SNRをインサービスで監視し、伝送可能なデジタルコヒーレントQAM光信号の多値数を動的に制御可能なSDN制御プラットフォームを構成した。本構成を用いて、ネットワークへの要求(必要なリンク容量・伝送距離)に応じて、柔軟にリンクパラメータ可変し光パスを確立するトラヒックエンジニアリング制御実

験に成功した。今後、SAFARIプロジェクトで検証した種々の要素技術が、既存のSMFやデジタルコヒーレント伝送技術と親和性を取りつつ、今後のスケーラブルな大容量光ネットワーク基盤技術として発展していくことが期待される。

謝辞

本研究の一部は、総務省ならびに欧州委員会による戦略的情報通信研究開発推進事業(国際連携型研究開発) Horizon 2020 EU-Japan SAFARIプロジェクト「再構成可能なインフラのためのスケーラブル・フレキシブル光通信技術の研究開発」の成果を用いている。

また、SAFARIプロジェクトメンバ各位に感謝する。

参考文献

- [1] 宮本裕 他、“大容量光ネットワークの進化を支える空間多重光通信技術,” *NTT技術ジャーナル* vol.29, no.3, pp.8-12, 2017.
- [2] T. Morioka: “New Generation optical infrastructure technologies: EXAT initiative towards 2020 and beyond,” in *Proc. OECC2009*, FT4, (2009)
- [3] <http://www.ict-safari.eu/>
- [4] Y. Miyamoto “Crosstalk-managed multi-core fiber transmission with the capacities beyond 1 Pbit/s,” in *Proc. APC2013*, paper AF3D.2, 2013.
- [5] Y. Sasaki et al., “Crosstalk-managed heterogeneous single-mode 32-core fibre,” in *Proc. ECOC2016*, paper W.2.B.2, 2016.
- [6] S. Jain et al., “Improved cladding-pumped 32-core multicore fiber amplifiers,” in *Proc. ECOC2017*, paper Th.2.D.2, 2017.
- [7] T. Mizuno et al, “Long-haul Dense Space Division Multiplexed Transmission over Low-crosstalk Heterogeneous 32-core Transmission Line Using Partial Recirculating Loop System,” *IEEE J. of Lightwave Technology*, vol. 35, no. 3, pp.488-498, Feb. 1, 2017.
- [8] T. Kobayashi, et al, “1-Pb/s (32 SDM/46 WDM/768 Gb/s) C-band Dense SDM Transmission over 205.6-km of Single-mode Heterogeneous Multi-core Fiber using 96-Gbaud PDM-16QAM Channels,” in *Proc. OFC2017*, Postdeadline paper, Th5B.1, 2017.
- [9] T. Tanaka et al., “Demonstration of Single-Mode Multicore Fiber Transport Network With Crosstalk-Aware In-Service Optical Path Control,” *IEEE Journal of Lightwave Technol.*, vol. 36, no.7, pp.1451-1457, 2018.



ダイナミック光パスネットワークの挑戦 —VICTORIES拠点活動の10年間—

国立研究開発法人産業技術総合研究所 電子光技術研究部門 副研究部門長

なみ き しゅう
並木 周



1. はじめに

2017年の11月に開催された日本・デンマーク外交関係樹立150周年記念シンポジウムにご招待いただき、これまで10年間にわたって産業技術総合研究所（以下、産総研）が運営してきた「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点（VICTORIES）」という垂直融合型研究開発拠点の活動を紹介する機会をいただいた。VICTORIESは、文部科学省「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム」の2008年度採択課題であり、2017年度が最終年度にあたる^[1]。VICTORIESでは、国際交流も積極的に展開しており、その中で、世界の主要フォトニクス研究拠点の一つであるデンマーク工科大学とも交流を行ってきた。本稿では、VICTORIES10年間の活動を概説する^[2]。

2. VICTORIESプロジェクトの概要

産総研は、2008年に、世界に先駆けて、情報通信ネットワークがやがて消費電力の増大によって破たんしてしまうという警鐘を鳴らした^[3]。これを抜本的に解決する手段として、「ダイナミック光パスネットワーク」を提案し、情報通信関連企業10社（日本電信電話（株）、（株）富士通研究所、古河電気工業（株）、（株）トリマティス、日本電気（株）、富士通（株）、（株）フジクラ、（株）アルネアラボラトリ、住友電気工業（株）、北日本電線（株））と共に、同技術の創出に必要な、アプリケーションからデバイスまでの要素技術を垂直融合する「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点（通称VICTORIES）」を形成し、要素技術開発からイノベーション創出までの取組みを行った。

ネットワークのエネルギー問題は、IPルータなどの電気スイッチの消費電力が、処理する情報量の増大に応じて増大するという原理的な問題に起因する。我々は、光スイッチの消費電力が、電気スイッチと異なり、信号帯域にはほとんど依存しないことに着目し、光スイッチを全国規模に展開し、かつ、ユーザが使い易い仕組みを提供する「ダイナミック光パスネットワーク」構想を掲げた^[4]。

光スイッチを用いて、不便なく全国数千万加入を収容し、8Kなどの超高精細映像サービスまで柔軟に提供するために無数の光スイッチを敷設すると、各光スイッチに必要なポー

ト数が膨大になってしまう。光スイッチ技術の歴史は古く、既にいくつかの技術が商用化されているものの、ポート数の飛躍的増大はいかに研究開発資源を投入しても見通しが立ちにくい。そこで、我々は、異なる光スイッチ技術を組み合わせ、限られたポート数であっても、拡張性と柔軟性を両立する、多粒度多階層光パスを採用することとし、これに適する各種光スイッチの開発に取り組むこととした^[5]。ここでいう、多粒度多階層光パスとは、①ファイバパス、②波長パス、③サブ波長（ODU）パス、の3つの粒度・階層から構成され、それぞれを切り替えるスイッチ技術が必要である。既存の光スイッチ技術の最大の課題は、サイズと信頼性であり、これを解決するために、シリコンフォトニクスという新しいデバイス基盤技術の開発に取り組んだ。

3. 要素技術開発

3.1 シリコンフォトニクスによる光スイッチ

シリコンフォトニクスの特徴は、従来の石英をベースとした平面光導波路に比べて、格段に小型化が可能のため大規模化が容易であることや、熱光学効果及び熱伝導特性が良好で、省電力かつ高速な光スイッチを実現できるとい

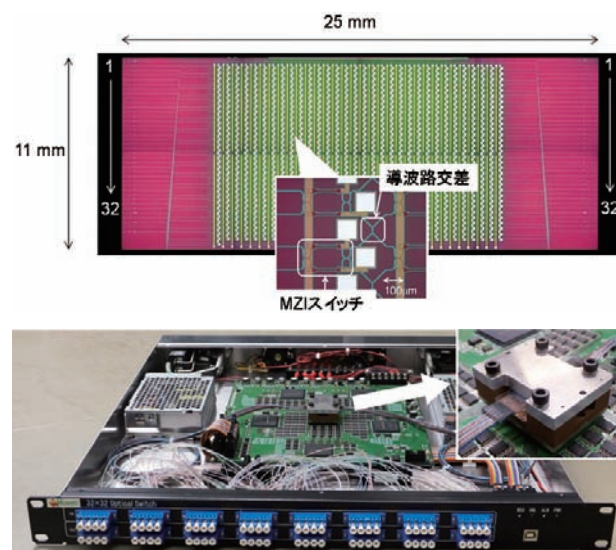


図1. シリコンフォトニクスによる32X32光スイッチチップ（上）とその実装（下）：MZIスイッチ、導波路交差、薄膜ヒータを、それぞれ1024個、961個、2048個搭載。世界最大規模のSi光スイッチ。サイズは石英系32×32スイッチの1/46



う性能面だけでなく、CMOSの製造プロセスをそのまま活用できるため量産性にも優れた点にある。

VICTORIESでは、ファイバパスを切り替える光スイッチとして、小型な32x32マトリックススイッチの実現を目指した。32x32の小型光スイッチが実現されれば、これを複数用いて512x512の完全無閉塞型光スイッチシステムを構成でき、多粒度多階層型のダイナミック光パスネットワークを全国規模に展開するのに十分なポート数となる。

図1に、産総研の300mmウエハ用CMOSプロセス技術によって開発されたシリコンフォトニクススイッチチップを示す。同スイッチチップは、2000以上もの電極を有するが、フリップチップボンディング、LGAソケットなどを介して、FPGAによる制御回路基板に実装され、全ての光パス接続パターンにおいて良好な特性を示すことが確認された^[6]。

3.2 パラメトリック過程を用いた光信号処理

ダイナミック光パスネットワークは、原則、接続元から接続先までを光パスでダイナミックに結ぶ技術であるため、光

パスの長さや雑音などの条件によって光信号の品質を常に維持する必要がある。また、異なる接続元からの光信号と、別の接続元からの光信号が同じ波長である場合、同一の光ファイバ中を伝送させることができないため、システム全体の利用効率が低下する問題がある。

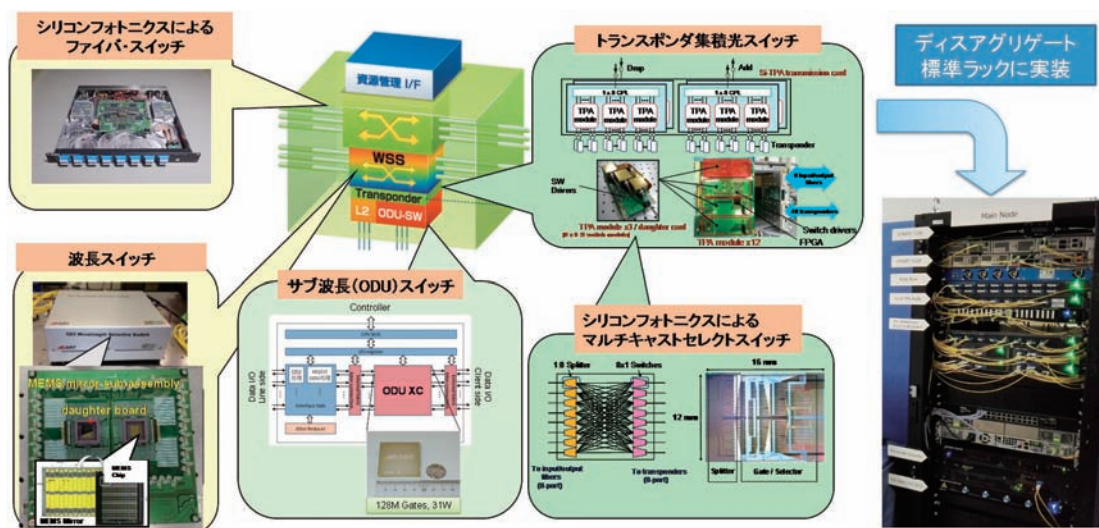
ファイバの非線形性の一つであるパラメトリック過程は、光信号の振幅位相情報を保持することが可能であるため、今般のコヒーレント光信号の信号処理に適している。VICTORIESでは、高非線形ファイバ中のパラメトリック過程を用いた様々な光信号処理技術に取り組んできた。その主な活動として、ファイバ非線形による光信号劣化を補償する技術と、限られた波長資源を有効活用する波長変換技術に取り組んだ^[7]。まず、非線形補償では、光ファイバの3次分散までを考慮し、非線形閾値10dBもの改善を達成した。次に、パラメトリック過程を2段カスケードすることによって、ガードバンドの無い、高品質な多波長一括波長変換器を開発した。図2に、その試作機の外観を示す。また、我々は、同装置を活用することで、WDMネットワークの利用効率が大幅に改善されることを示した^[8]。



■図2. 高効率パラメトリック過程による全光一括波長変換器の試作機概観。標準ラック準拠

3.3 多粒度多階層光ノード

図3に、VICTORIESで開発した各種スイッチ技術を示す。ファイバパスと、波長選択スイッチの自由度を向上するマルチキャストセレクトスイッチは、シリコンフォトニクス技術によって実現した。サブ波長スイッチは、ODUクロスコネクト技術であり、電気スイッチであるが、時間分割多重によるパススイッチであり、IPルータに比して大幅に省電



■図3. VICTORIESで開発した多粒度多階層型光ノード技術

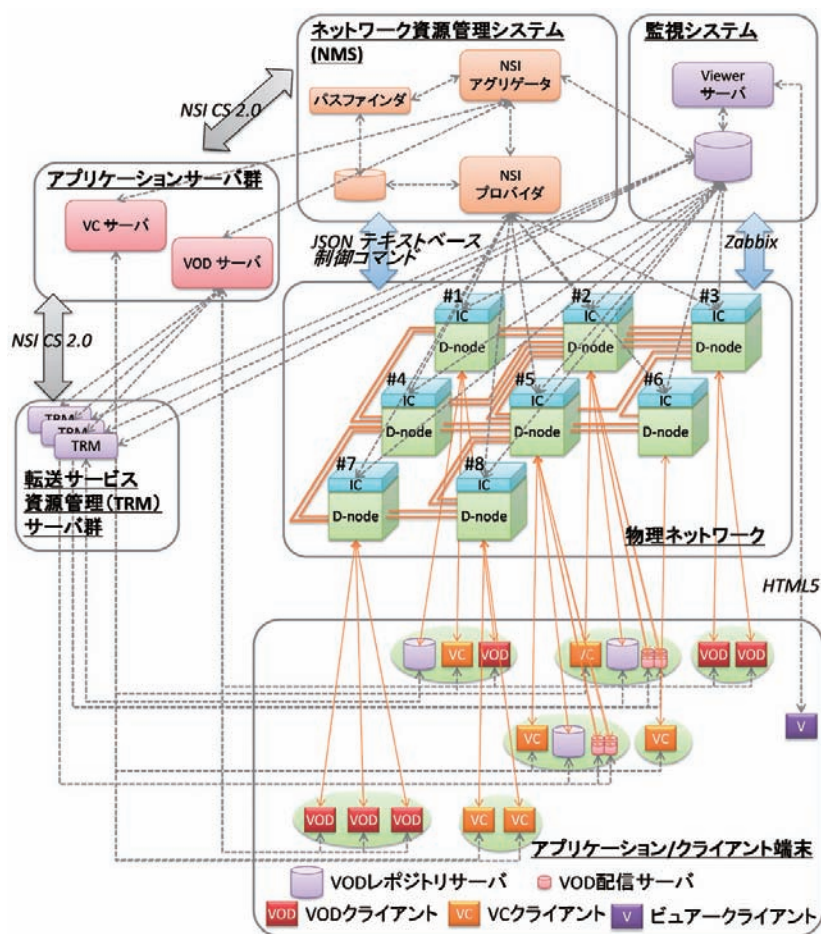


力が可能となっている。VICTORIESでは、これらの開発した要素技術をブレードと呼ばれる標準ラック用筐体にそれぞれ収納し、ディスクアグリゲート・光ノードを構成できるようにした(図3右)。

3.4 大規模ダイナミック光パスネットワークテストベッド構築

上記多粒度多階層型光スイッチノードを大小8基構築し、これらをユーザのリクエストに応じて最適制御する資源管

理を実装し、産総研つくばキャンパスに、大規模ダイナミック光パスネットワークテストベッドを構築した^[9]。資源管理は、産総研が主導して制定された世界標準NSI-CS2.0^[10]に準拠したものを開発した。図4に全体のブロック図を示す。同テストベッドには、4K超高精細映像コンテンツを配信するVODシステム、4Kテレビ会議システムを実装し、実運用を行っている。また、図5に示すように、2014年10月には、NHK放送技術研究所と共同で、世田谷とつくばをダイナミッ



■ 図4. 産総研つくばキャンパスに敷設した大規模ダイナミック光パスネットワークテストベッド



■ 図5. 173km離れた地点間の72Gbps 8K非圧縮リアルタイム映像による遠隔合奏公開実験の様子 (NHK放送技術研究所のご協力による)



ク光パスネットワーク回線で結び、72Gbps 8K非圧縮リアルタイム伝送による、遠隔合奏に成功した^[11]。この時、テストベッド全体の消費電力は実測値として、およそ6kWであった。このテストベッドは、最大96Tbpsのトラフィックまで収容可能であるが、情報量が最大となってもノード部分の電力はほとんど不変であり、その超低エネルギー性が実際に示されたことになる。

3.5 テレセッション

ダイナミック光パスネットワークの特徴は、超低エネルギーであるだけでなく、絶対安定な超広帯域性、超低遅延性、そして、データプレーンを物理的に隔離でき、量子暗号との互換性による、高いセキュリティ性にある。VICTORIESでは、ダイナミック光パスネットワークの実用普及を促進するために、ノード装置のディスアグリゲーション化(図3右参照)を推進し、東京都内の実フィールドに、ディスアグリゲート方式によるテストベッドを構築した。そのアプリケーションとして、4Kの非圧縮映像によるテレセッションシステムを実装し運用している。テレセッションとは、遠隔合奏できるほど高精細で低遅延な、複数地点間で切り替え可能な双方向映像伝送システムであり、ダイナミック光パスネットワークの特徴を生かした代表的なユースケースと言える^[12]。近年、4K映像機器は民生用にまで普及し始めており、比較的安価にシステムを構築できるため、今後普及が期待される。さらに、5Gモバイルの進展にも後押しされ、図5に示したような8Kによるテレセッションも普及が視野に入る。

テレセッションは、遠隔合奏に限らず、医療、教育、産業、防災、防犯、介護などの応用分野が考えられ、喫緊の課題である少子高齢化対策に有力なソリューションを提供していく。

4. おわりに

本稿では、2008年から10年間、産総研が情報通信関連企業10社と共同で取り組んだVICTORIESの活動概要を紹介した。また、本拠点における、光スイッチ、光伝送、光ノード、資源管理、アプリケーションと複数の技術レイヤーを串刺しした垂直融合型技術開発の様子を紹介した。ダイナミック光パスネットワークは、ポスト5G時代において、ま

すます重要となる、広帯域と低遅延の両立を実現する重要な技術として、実用普及が期待される。

参考文献

- [1] <http://www.aist-victories.org/>
- [2] 技術の詳細は、並木周他、「超低エネルギーダイナミック光パスネットワーク」、電子情報通信学会誌、第99巻、第6号、pp. 563-580、2016を参照のこと
- [3] T. Asami and S. Namiki, "Energy consumption for IT equipment," Proc. of ECOC 2008, Paper Tu.4.A.3.
- [4] S. Namiki et al., "Ultrahigh-Definition Video Transmission and Extremely Green Optical Networks for Future," IEEE JSTQE, VOL. 17, NO. 2, pp.446-457, MARCH/APRIL 2011.
- [5] K. Ishii, et al., "Energy consumption and traffic scaling of dynamic optical path networks," Proc. of SPIE vol. 8646, 86460A, 2013.
- [6] 池田和浩他、「多ポートシリコン光スイッチ」応用物理学会(フォトリクス分科会) 会誌フォトリクスニュース、第3巻、第2号、pp. 51-54、2017.
- [7] S. Namiki et al., "Multi-Channel Cascadable Parametric Signal Processing for Wavelength Conversion and Nonlinearity Compensation," J. Lightwave Technol., VOL. 35, NO. 4, pp. 815-823, FEBRUARY 15, 2017.
- [8] K. Ishii, et al., "Analysis and Demonstration of Network Utilization Improvement Through Format-Agnostic Multi-Channel Wavelength Converters," J. OPT. COMMUN. NETW., VOL. 10, NO. 2, pp. A165-A174, FEBRUARY 2018.
- [9] J. Kurumida, et al., "First demonstration of ultra-low-energy hierarchical multi-granular optical path network dynamically controlled through NSI-CS for video related applications," Proc ECOC 2014, PD.1.3.
- [10] G. Roberts, et al., "NSI Connection Service v2.0," GFD. 212, Jun. 2014.
- [11] T. Kurosu, et al., "What is the True Value of Dynamic Optical Path Switching?" Proc. OECC2015, Post-deadline paper. また、実際の遠隔合奏の様子は、https://www.youtube.com/watch?time_continue=682&v=Eh61X3HwMIgから視聴可能。
- [12] テレセッションの紹介ビデオは、<https://www.youtube.com/watch?v=MVlxqG80YtU>から視聴可能。



無線通信総会、ITU-R研究委員会等の作業方法を定めた決議ITU-R 1-7 —和訳抜粋と解説(その3)—



株式会社NTTドコモ ネットワーク部 標準化カウンセラー **橋本 明** (はしもと あきら)

まえがき

ITU-Rの研究委員会等における作業方法を規定した決議ITU-R1について、本誌前々号^[1]、本誌前号^[2]に引き続き付属書2 (Annex2)「ITU-Rの文書」の後半を構成するITU-Rの勧告、報告、ハンドブック等に関する各項の和訳(抜粋)と関連する解説を記載した。

**決議ITU-R1-7：無線通信総会、研究委員会、無線通信アドバイザリーグループ及び無線通信局内他グループの作業方法
付属書2 ITU-Rの文書 (後半)**

(以下A1.X.Y.Zは付属書=Annex2の項番を意味する。)

A2.6 ITU-R勧告

A2.6.1 定義

研究課題及びその一部、または付属書1のA1.3.1.2項に示されるトピックスに対する回答で、既存の知識や調査及び入手し得る情報の範囲で、通常、勧告された仕様、必要条件、データまたは特定タスクを遂行する上での推奨手法のガイダンス、あるいは特定応用に対する推奨手続きを提供するもの。そして、それらは無線通信領域での所要環境において国際協力の基礎として機能するに十分と認められるもの。

さらなる研究の結果、無線通信領域における発展と新知識とを考慮し、勧告は改訂され更新されることが期待される(A2.6.2節参照)。しかしながら、安定性の観点から、勧告は通常2年以内の頻度で改訂されないものとする、ただし、提案される改訂が、前版での合意の変更というよりも補完するものであり、緊急に含める必要がある場合、あるいは重要な誤りや見落としが認められる場合を除く。

各勧告は、勧告の目的を明確にするため簡潔な所掌範囲(scope)を含むものとする。この所掌範囲(scope)は勧告の承認後も勧告の文章中に維持するものとする。

(A2.6.1 解説記事)

会合で勧告案の審議に臨む参加者は、本項に規定される「勧告の定義」、特に勧告すべき対象に何が含まれるか

を良く知っておく必要がある。また「国際協力の基礎として機能するに十分」との条件には多分に主観も含まれるので、我が国から勧告案の作成を提案する際、その内容に理解を求め、支持してくれる国を増やすことが採択・承認への重要な条件となる。

また「勧告は通常2年以内の頻度で改訂されないものとする」との安定性に関する条件があるため、我が国から特に2年以内の改訂を提案する際には、「前版での合意の変更というよりも補完するもの……」を緊急に含める必要がある適用されない」との付帯事項を考慮して、対処する必要がある。

勧告には本稿で規定するように所掌範囲(scope)を付記すべきであるが、scopeは後述の改訂勧告案に付すsummary(改訂理由の要約)とは異なり勧告の一部として承認後も維持される(summaryは改訂案承認後削除される)。

(A2.6.1には5つの注(NOTE)が付されているが、本号では比較的重要と考えられる注1～注3について和訳・解説を記載した。)

A2.6.1 注1—ある特定の無線応用に対する種々の方式の情報を勧告が提供するとき、それらは当該応用に関連する基準に基づくべきものであり、可能であれば、その基準を用いて勧告された諸方式の評価を含むものとする。そのような場合、関連基準並びに他の付随情報は、研究委員会において適切に決定することとする。

A2.6.1 注2—勧告は、<http://www.itu.int/ITU-T/dbase/patent/patent-policy.html>で入手可能なITU-T/ITU-R/ISO/IECの知的財産権に関する共通特許施策を考慮して起草するものとする。

A2.6.1 注3—研究委員会は自ら責任を有する無線通信業務の保護基準を含む勧告を、他の研究委員会の同意を必要とせずに、研究委員会内で完全に策定することができる。しかし、無線通信業務の(周波数)共用基準を含む勧告を策定する研究委員会は、採択に先立ち、それらの業務



に責任を持つ研究委員会の合意を得なければならない。

(A2.6.1の注1～3 解説記事)

注1は、1つの勧告中に2つ以上の異なる方式等が結論として記載されている場合の措置について論じたものである。歴史的には「2つ以上の方式が勧告される場合、それらを比較検証し評価結果を勧告に記載してほしい」との発展途上国等からの要望を考慮したものである。評価基準の策定等は研究委員会（SG：Study Group）に任されているが、このような「評価」を実際に記載した勧告はあまり見られない。

注2は、知的財産に関するITU内（及び他の関連国際組織）の公開共通施策をURLにより紹介している。本共通施策は、以下の3点を骨子としている。

- ①特許等保有者は、ITU外での交渉により、他の組織に対して、合理的条件と期限により無償での使用権につき交渉を行う。
- ②特許等保有者は、ITU外での交渉により、他の組織に対して、（有償を含む）合理的条件と期限により使用権につき交渉を行う。
- ③上記①②のいずれかに従うことを望まない場合（特許内容に関する情報公開をしない場合等）、勧告等に当該特許の使用に依存する条項を含めてはならない。

注3は、無線通信方式の「保護基準」（許容干渉量全体の上限）と「共用基準」（他業務と周波数を共用する場合に当該無線業務間で生ずる許容干渉量の上限）に関する記述で、重要な内容を含んでいる。すなわち前者（保護基準）については、各業務・方式に固有の所要品質等を考慮して担当SGが自らの責任で決定し勧告化することができる。一方、異なる無線業務間（＝異なるSGの所掌に属する）の周波数共用問題の研究結果として「共用基準」を勧告化するには、関連する全てのSGの合意が必要である。ここでいう「共用基準」には隣接バンドで運用する無線業務への不要発射が影響する場合の基準も含まれる。さらに「共用基準」を扱う勧告が将来改訂される場合にも同様の手続きが継承される。

A2.6.2 採択と承認

A2.6.2.1 一般的考察

A2.6.2.1.1 既存のITU-R文書及び構成国、部門構成員、準構成員または学界からの寄書の検討に基づき、研究が成熟状態に到達し、作業部会、タスクグループ、または場

合に応じて、合同タスクグループで合意された新規または改訂勧告案に帰結することとなった時、引き続き承認過程には2つの段階がある。

- －関連研究委員会による採択：この採択は、研究委員会会合または研究委員会会合後の郵便投票によって行われる（A2.6.2.2項参照）。
- －採択に続いて、無線通信総会間（会期中）における協議によるか、または無線通信総会における構成国による承認（A2.6.2.3項参照）。

会合に出席した構成国から反対がなく、新規または改訂勧告案の採択が郵便投票によって求められる際には、その承認も同時に行われる（採択・承認同時手続き）。この手続きは無線通信規則に参照引用されているITU-R勧告に適用してはならない。

A2.6.2.1.2 無線通信総会前の適当な時期に研究委員会会合が計画されず、かつ作業部会またはタスクグループが緊急の措置を要する新規または改訂勧告案の提案を準備している例外的状況もあり得る。このような場合、研究委員会が、その事前会合において決定すれば、研究委員会議長は正当な根拠の下に無線通信総会に直接そのような提案を、その緊急措置への理由概要とともに、提出することができる。

A2.6.2.1.3 ITU条約の第129号及び第149号に従って研究委員会の責任事項として割り当てられた研究課題、または研究委員会の所掌範囲のトピックス（付属書1のA1.3.1.2項参照）による新規または改訂の勧告案のみ承認を求めることができる。また、研究委員会の所掌範囲で現在該当研究課題がない既存勧告の改訂についての承認を求めることもできる。

A2.6.2.1.4 例外的に勧告案（またはその改訂）が2つ以上の研究委員会の所掌範囲となる場合、承認を提案する研究委員会の議長は、後述の手続きに移る前に、他の全ての研究委員会の議長と協議しその見解を考慮することとする。勧告案（またはその改訂）が合同作業部会または合同タスクグループ（付属書1のA1.3.2.5項参照）により作成された場合、全ての関連研究委員会が勧告案に合意するか、A2.6.2.2項に規定する採択手続きに従って採択せねばならない。全ての関連研究委員会が採択に至った場合、A2.6.2.3項に規定される承認手続きが1度だけ適用されねば



ならない。それ以外の場合には、A2.6.2.4項に規定される採択・承認同時手続きが1度だけ適用されねばならない。

(A2.6.2.1.1 – A2.6.2.1.4 解説記事)

A2.6.2.1.1 勧告を最終的に承認するため、「採択」、「承認」の2段階プロセスが必要である点は、前号で述べた研究課題の手続きと同様であるが、勧告の方が後述のA2.6.2.2、A2.6.2.3に示すように採択への条件等がより複雑である。2段階手続きは一般に長期間を要するので、簡易化を図るため採択・承認同時手続き（A2.6.2.4のPSAA）も併用されるようになった。但し、無線通信規則（RR: Radio Regulations）に参照引用されている勧告の改訂にはPSAAが使えない。これは改訂により、当該勧告を引用しているRRの条項がどのような影響を受けるかを含めて慎重な判断を要するためである。

A2.6.2.1.2 毎会期の最終年次に無線通信総会（RA: Radiocommunication Assembly）に先立って開催される研究委員会（SG: Study Group）会合の後には、傘下作業部会（WP: Working Party）等の会合は開催されないのが通例であるが、本項で述べる「例外的状況」は、SG会合で勧告案に合意が得られず、さらに実務的議論を要するためRA前にWP会合を臨時で開催する場合などを想定している。この場合、臨時WP会合のoutput がSG議長の責任でRAに直送されるが、この緊急措置については事前のSG会合にて予め合意しておく必要がある。すなわち、後述のA2.6.2.2.1.2 (b) による「RA前にSG会合がない場合」でも直ちにRAへの勧告案送付とはならず、臨時WP/TGの開催が急に決まる場合もあるのでこの点にも留意が必要である。

A2.6.2.1.3 本項前段は勧告が作成される前提に応じて当然のことが記載されている。後段の「現在該当研究課題がない既存勧告」に関する規定は、勧告承認後に対応する研究課題が「研究完了」として削除された状況を想定し、そのような場合にも勧告の改訂は可能であることを述べている。

A2.6.2.1.4 「ある勧告が2つ以上のSGの所掌範囲に含まれる」状況は、周波数共用問題を中心に近年多く見られる。前項A2.6.1の注3で述べた「共用基準」に関する勧告の採択・承認法を一般的に規定した条項である。すなわち、採択・

承認手続き（後述のA2.6.2.2 – A2.6.2.4で詳細を規定）は、(i) 関連する全てのSG会合で必要な合意・採択を得ること、(ii) その後の回章による郵便投票手続きは（最も日程の遅いSG会合終了後）統一して行うことを述べている。

(A2.6.2.1.5 – A2.6.2.1.8 省略)

A2.6.2.1.9 ITU-R勧告の更新または削除

A2.6.2.1.9.1 翻訳と作成の費用を考慮して、過去10～15年間実質的な改訂が成されていないITU-R勧告についてはいかなる更新もできる限り避けるものとする。

A2.6.2.1.9.2 無線通信研究委員会（用語調整委員会を含む）は、維持している勧告、とりわけ古いテキストの見直しを継続すべきであり、そして、既に必要がないか陳腐化していると見なされる場合、更新または削除を提案すべきである。この過程では以下の要因を考慮するものとする。

- 勧告の内容がまだ有効性を持つ場合にも、それらが真にITU-Rに引き続き適用するほど有用なものか。
- 同一または極めて類似した課題を扱い古いテキストの要点をカバーし得る後発の別勧告はないか。
- 勧告の一部のみがまだ有用であると見なされる場合、関連部分を後発の別勧告に移行する可能性。

(A2.6.2.1.9.3 省略)

(A2.6.2.1.9 解説記事)

A2.6.2.1.9の諸条項は古い勧告の見直しに関する項目で、10～15年間無修正で維持されたものは原則更新しないことと改訂（または削除）する際の留意事項等を規定している。ここで言う「いかなる更新」には、A2.6.2.5（後述）の編集上の修正（Editorial updating）も含まれる。古い勧告の改訂を提案する際には、基本的には本規定を尊重して、既存勧告の有効部分は新勧告においても維持することを条件に新勧告の提案を考慮すべきである。

A2.6.2.2 採択

A2.6.2.2.1 新規または改訂勧告の採択に関する主たる要素

A2.6.2.2.1.1 勧告案（新規または改訂）は、会合に出席している構成国代表団または郵便投票に回答した構成国から全く反対がなければ、研究委員会により採択されたと考えねばならない。ある構成国代表団が採択に反対した



場合、研究委員会議長は、異議が解決されるべく、その代表团と協議しなければならない。研究委員会議長が異議を解決できなかった場合、その構成国は異議の理由を書面で提出せねばならない。

A2.6.2.2.1.2 テキストに対して解決できない異議があった場合、以下の何れかのうち、どちらか適合可能な手続きに従わねばならない。

- a) 無線通信総会前に研究委員会会合がある場合、研究委員会議長は、関連グループ会合で検討し解決すべく、適宜作業部会またはタスクグループに、異議に対する理由を付して、テキストを差し戻さねばならない。
- b) 無線通信総会前に研究委員会会合がない場合、研究委員会議長は、本決議の関連条項が適用されたことを確認した後、研究委員会が別の方法を合意する場合を除き、テキストを無線通信総会に送付せねばならない。議長は、無線通信総会が総意により問題解決へ最大限の努力を払うように要請し、提起された懸念とその理由を含めて状況を説明する報告を勧告案に添えねばならない。

全ての場合において、無線通信局は、できる限り早く、無線通信総会または適宜作業部会またはタスクグループに対して、局長との協議に基づいて研究委員会議長により示される決定の根拠と、新規または改訂勧告案に反対した主管庁からの異議の詳細を送付せねばならない。

(A2.6.2.2.1.1、A2.6.2.2.1.2 解説記事)

本項は、勧告案のSG会合及び引き続き（採択のための）郵便投票での基本的採択条件を述べているが、会合での採択には「出席している構成国代表团からの反対がないこと」、郵便投票では「これに回答した構成国からの反対がないこと」が条件である。

構成国から異議あった場合には、A2.6.2.2.1.2項により、a) 傘下グループへの差し戻し、またはb) RAへの送付となるので、異議のある構成国の反対理由の書面もそれに依りて、傘下グループ会合またはRAへ提出するものと解される。ただし、SG議長も、本項規定によれば、異議の理由を提出する義務を負うので議長が構成国の反対理由を取りまとめることもある。

また、b) に記載の「研究委員会が別の方法を合意する場合」とは、RA前の臨時WP会合開催による解決策等を意味する（A2.6.2.1.2参照）。

A2.6.2.2.2 研究委員会会合における採択手続き

A2.6.2.2.2.1 研究委員会議長の要請の下に、局長は、研究委員会会合の実施を周知する時、関連研究委員会会合において新規または改訂勧告の採択を求めている意向を明白に示さねばならない。周知には提案の要約（新規または改訂勧告の要約）を含まねばならない。周知文書には新規または改訂勧告案のテキストがある参照先が提示されねばならない。

この情報は周知に含まれなかった場合にも、全ての構成国と部門構成員に配布されねばならず、少なくとも会合の実質4週間前までに受領できるように局長から送付するものとする。

A2.6.2.2.2.2 研究委員会は、新規または改訂勧告案のテキストが研究委員会会合より十分早く準備され、少なくとも研究委員会会合の開始4週間前までに電子的形式で有効となった場合、これらを採択することができる。

A2.6.2.2.2.3 研究委員会は、新規勧告案と改訂勧告案の要約について合意するものとする、これらの要約はその後承認過程に関する主管庁回覧に含まれる。

(A2.6.2.2.2.1 – A2.6.2.2.2.3 解説記事)

前項A2.6.2.2.1と若干繰り返しになるが、SG会合における勧告案の採択条件を再度述べている。まず、SG会合開催を周知する回章（3か月前発行）に会合で審議される勧告案の要約と勧告テキストの参照先を載せること（A2.6.2.2.2.1）、または会合開始4週間前にテキストの電子ファイルを参照可能とすること（A2.6.2.2.2.2）、どちらかが満たされればSG会合での採択が可能となる。

なお、以上の項目で言う「勧告案の要約」とは、新規勧告案では「scope」、改訂勧告案では「summary for revision」を意味する。

A2.6.2.2.3 郵便投票による研究委員会の採択手続き

A2.6.2.2.3.1 新規または改訂勧告案が研究委員会の議事日程に特に含まれると予期されていなかった場合、研究委員会会合への参加者は、十分な検討の後、郵便投票に基づく新規または改訂勧告案の研究委員会による採択を求めることを決定することができる。（附属書1のA1.3.1.6項も参照）



A2.6.2.2.3.2 研究委員会は、新規勧告案の要約及び改訂勧告案の要約について合意するものとする。

A2.6.2.2.3.3 研究委員会会合後直ちに、局長は、郵便投票による研究委員会全体の検討に付するため、これらの新規または改訂勧告案を研究委員会の作業に参加している全ての構成国及び部門構成員に対して回覧するものとする。

A2.6.2.2.3.4 研究委員会による検討期間は、新規または改訂勧告案の回覧後、2か月とせねばならない。

A2.6.2.2.3.5 この研究委員会による検討期間内に構成国から異議が受領されなかった場合、新規または改訂勧告案は研究委員会により採択されたと見なさねばならない。

A2.6.2.2.3.6 採択に異議のある構成国は局長と研究委員会議長に対して異議の理由を伝えねばならない。異議を解決できない場合、局長は次回研究委員会と関連する作業部会の会合に、その理由を明らかにせねばならない。

(A2.6.2.2.3 解説記事)

「議事日程に特に含まれると予期されていなかった場合」とは、「SG会合招請に関する回章発行時（会合の約3か月前）において」との意味である。さらにA2.6.2.2.2.2に規定する「4週間前の勧告案Website掲載」を満たさない場合は、SG会合後に採択のための郵便投票が必要であり、A2.6.2.2.1.1による「会合に出席した構成国代表团による反対が全くない」との条件を満たせば、検討期間2か月の郵便投票に付される（後述のA2.6.2.4採択・承認同時手続き=PSAA参照）。

A2.6.2.3 承認

A2.6.2.3.1 A2.6.2.2項で規定される手続きにより、新規または改訂勧告案が研究委員会により採択された場合、そのテキストは構成国による承認のために提出されねばならない。

A2.6.2.3.2 新規または改訂勧告の承認は、以下により求められる。

- －テキストが関連研究委員会会合、または郵便投票で採択された後、直ちに構成国の協議により、
- －正当な根拠に基づき、無線通信総会において、

A2.6.2.3.3 研究委員会会合は、新規または改訂勧告案が採択された場合、または郵便投票による研究委員会採択を求めることを決定した場合、A2.6.2.4項に規定する採択と承認の同時手続き（PSAA）を用いると決定した場合を除き、承認のための新規または改訂勧告案の提出を、次回無線通信総会によるか、または構成国協議によるかを決定せねばならない。

(A2.6.2.3.4省略)

A2.6.2.3.5 新規または改訂勧告案を承認のため協議に付すと決定した場合、以下の条件と手続きを適用する。

A2.6.2.3.5.1 協議による承認手続きを適用する場合、研究委員会によるA2.6.2.2項に規定する方法の1つに従っての新規または改訂勧告案採択の1か月以内に、局長は構成国に対して提案を承認するか否かを2か月以内に知らせるように要請せねばならない。この要請は、新勧告案の完全な最終テキスト、または改訂勧告案の完全な最終テキストあるいは修正箇所を伴っていなければならない。

A2.6.2.3.5.2 局長はまた、ITU条約第19条の下、関連研究委員会の作業に参画している部門構成員に対して、構成国が新規または改訂勧告提案に関する協議に回答することを求められていることを通知せねばならない。この通知にも情報目的のため完全な最終テキストまたは改訂箇所のテキストを伴うものとする。

A2.6.2.3.5.3 構成国からの回答の70パーセント以上が承認を表明していれば、提案は承認されねばならない。提案が承認されなければ、それは研究委員会へ差し戻されねばならない。

協議の回答に伴って得られた全ての意見は、局長により収集され、研究委員会での検討のため提出されねばならない。

A2.6.2.3.5.4 新規または改訂研究課題案を承認しないと表明した構成国は、その理由を提出しなければならず、また研究委員会とその作業部会及びタスクグループによる今後の検討への参加が招請される。

A2.5.2.3.6 承認を求めたテキスト中に、軽微な純粋に編



集上の修正や、明白な見落とし、内容不一致等の訂正があれば、局長は関連研究委員会議長の合意のもとに、これらを訂正することができる。

(A2.6.2.3 解説記事)

ここに規定される承認条件は、研究課題について規定されたA2.5.2.3（本誌前号^[2]で解説）とほぼ同一であるので詳しい解説は省略する。本承認プロセスが適用されるのは、SG会合で採択が行われた場合（A2.6.2.2.2参照）、または対象がPSAAを適用できない勧告案である場合などに限られ、通常は次項A2.6.2.4のPSAAへ移行する。

A2.6.2.4 郵便投票による採択と承認同時手続き

A2.6.2.4.1 研究委員会が新規または改訂勧告をA2.6.2.2.1項及びA2.6.2.2.2項の条項に従う採択を行う状況にない場合、研究委員会は、会合に出席している構成国からの反対がなければ、郵便投票による採択と承認同時手続き（PSAA）を用いねばならない。

A2.6.2.4.2 研究委員会会合後直ちに、局長は、新規または改訂勧告案を全ての構成国と部門構成員に回覧するものとする。

A2.6.2.4.3 検討期間は、新規または改訂勧告案の回覧後2か月とせねばならない。

A2.6.2.4.4 この検討期間内に構成国からの反対が受領されなかった場合、その新規または改訂勧告案は研究委員会により採択されたと見なさねばならない。PSAA手続きに従っているため、この採択は承認を構成すると見なされ、A2.6.2.3項の承認手続きは不要である。

A2.6.2.4.5 この検討期間内に構成国1国より異議が受領され、解決できない場合、新規及び改訂勧告案は採択されなかったと見なされねばならない。そして、A2.6.2.2.1.2項記載の手続きが適用されねばならない。採択に異議のある構成国は局長と研究委員会議長に対して異議の理由を伝えねばならない。異議を解決できない場合、局長は次回研究委員会と関連する作業部会の会合に、その理由を明らかにせねばならない。

(A2.6.2.4 解説記事)

SG会合での採択条件を満たさない勧告案には、対象がRRで参照引用されている勧告であるなど特別の事情がない限り、原則PSAAが適用される。PSAAで留意すべき点は、2か月の検討期間中勧告案はまだ未採択であり、1か国でも反対があれば、SG会合での扱いと同様（A2.6.2.2.1.2参照）、a) 傘下グループへの差し戻し、またはb) RAへの送付となることである。

A2.6.2.5 編集上の修正

A2.6.2.5.1 無線通信研究委員会（用語調整委員会を含む）は、適当と考えられる際に、最新の変化を反映するため勧告の編集上の更新を行うことが奨励される、例えば以下に示すような場合：

- －ITUの組織変更；
- －無線通信規則条項の番号付けかえ、ただし条項のテキスト変更がない場合；
- －ITU-R勧告間の相互参照の更新；
- －既に有効ではない研究課題への参照の削除。

A2.6.2.5.2 編集上の修正は、A2.6.2.2項からA2.6.2.4項に規定するような勧告の改訂案と見なすべきではない。しかし、編集上の更新をした各勧告には、次の改訂まで「無線通信研究委員会X（X：研究委員会の名称）はXXXX年（修正が行われた年）に決議ITU-R1に従い編集上の修正を行った。」ことを示す脚注を付すものとする。

A2.6.2.5.3 各研究委員会は研究委員会会合に出席する全ての構成国の総意により、勧告に編集上の修正を行うことができる。1つまたはそれ以上の構成国が、その修正は編集上の更新以上のものであるとして、それに反対する場合には、A2.6.2.2項からA2.6.2.4項に規定された改訂案の採択と承認手続きを適用するものとする。

A2.6.2.5.4 さらに、編集上の修正は無線通信規則に参照引用されているITU-R勧告の更新に適用してはならない。そのようなITU-R勧告の更新は、本決議のA2.6.2.2項及びA2.6.2.3項に規定する採択と承認手続きの2段階を通して行わねばならない。

(A2.6.2.5 解説記事)

本項で扱う「編集上の修正」(通称Editorial updating)は、



フォーマルな改訂とは異なり、構成国協議（郵便投票）等による手続きは要せず、SG会合で直ちに最終承認ができること、勧告番号に付される改訂版数が変わらないことに留意する必要がある。本項はA2.6.2.5.1で例示される諸項目以外のケースにも適用されており、提案される修正案が「編集上の修正」であるか否かは、SG会合で直接判断される場合が多い。本項は、A2.6.2.5.4に規定されるようにRRに参照引用されている勧告には適用できない。またA2.6.2.1.9.1に従い、10年以上無修正であった勧告についても本修正は避けるべきである。

A2.6.3 削除

A2.6.3.1 各研究委員会は維持管理している勧告の見直しを奨励されており、また、既に必要なしと見なされた勧告があれば、それらの削除を提案すべきである。勧告を削除する決定は、国別や地域間で異なる電気通信技術の状況を考慮するものとする。いくつかの主管庁が古い勧告の削除に賛同しても、その勧告で扱う技術上または運用上の要件は他の主管庁にとってまだ重要であるかもしれない。

A2.6.3.2 既存の勧告の削除は2段階の過程に従う。

- －研究委員会による削除に対する合意、ただし会合に出席した構成国代表団が削除に反対しない場合。
- －この削除の合意に続いて、協議に基づく構成国の承認。

協議による勧告削除の承認は、A2.6.2.3項（承認）またはA2.6.2.4項（PSAA）に規定する手続きの何れかを用いるものとする。削除を提案された勧告は、2つの手続きの何れかで勧告案承認を扱っている同じ回章に載せることができる。

（A2.6.3 解説記事）

本項は勧告の削除条件と手続きについて規定しているが「既に必要なくなった」との判断にはA2.6.2.1.9 ITU-R勧告の更新または削除の条件（10～15年無修正で維持されたものは原則改訂しないこと）も合わせて考慮すべきである。既存勧告の削除を提案した回章に対して構成国から異議が出されて、結果的に維持された例も時折見られる。

A2.7 ITU-R報告

A2.7.1 定義

既存の研究課題に関連する所与の課題、または附属書1

のA1.3.1.2項で述べた研究課題のない研究の結果について研究委員会により作成された、技術上、運用上または手続き上のテキスト。

A2.7.2 承認

A2.7.2.1 各研究委員会は、通常、研究委員会会合に出席した全ての構成国の総意により、改訂または新規の報告を承認することができる。

総意への努力が全て尽くされた後には、研究委員会は報告案を承認できるが、研究委員会議長は、異議のある構成国に対して、その声明を当該報告内または研究委員会会合の要約記録（あるいは同国の随意により双方）に含めることを推奨するものとする。

報告案に含まれる構成国からの声明は、その構成国が公式に別の方法に同意しない限り、維持されねばならない。

A2.7.2.2 2つ以上の研究委員会の合同により策定された新規または改訂報告は、関連する全ての研究委員会により承認されねばならない。

A2.7.3 削除

各研究委員会は、研究委員会会合に出席する全ての構成国の総意により報告を削除することができる。

（A2.7 解説記事）

報告（Report）を研究の成果として発行しているのはITU-RのみでITU-Tでは採用されていない。報告は勧告の補完物とも位置付けられるが、特にWRC準備作業に伴うoutputに報告が多用されることもあり、近年その重要性は増している。それに伴い本決議でも2015年の改訂で承認条件（A2.7.2.1）がより詳細に定められた。すなわち、ごく少数国の反対で重要な報告が承認されずに終わることを避けるため、反対国の意向を「報告内に記載する」との条件を採り入れた。勧告にも従来から「〇〇国は本勧告に反対（または留保）」との記述を入れる慣習があり、これらは原則としてタイトルへの脚注に記載されていた。しかし本項の条件では、反対する構成国の「声明」を含めることから脚注以外への記載も考慮することとなるが、その実例はまだ見られていない。

2つ以上のSGが策定に関わった報告について（A2.7.2.2）、全ての関連SGでの承認が必要である点は勧告案の採択プロセスと同様である。



A2.8 ITU-Rハンドブック

A2.8.1 定義

無線通信のある側面における現状の知識、今日の研究状況、良好な運用・技術上の慣習について提供するテキストで、途上国の必要条件に特に留意し、無線業務または方式を計画・設計し、あるいは利用する無線技術者、方式計画者または運用当局者向けに供されたもの。それは自己完結的であり、他のITU無線テキストや手続き面への精通は必要としないが、範囲と内容は既に公布済のITU外出版物と重複しないものとする。

A2.8.2 承認

各研究委員会は、改訂または新規ハンドブックを研究委員会会合に出席した全ての構成国の総意により承認することができる。研究委員会は、関連傘下グループにハンドブックの承認を権限委譲することができる。

A2.8.3 削除

各研究委員会は、ハンドブックを研究委員会会合に出席する全ての構成国の総意により削除することができる。

(A2.8 解説記事)

ハンドブックはA2.8.2に規定するように、SG会合での承認が原則であるが傘下グループ（作業部会等）にその承認権限を委譲することができる（この点は各SG会合で予め合意を取る必要がある）。作業部会レベルで最終承認可能なITU-Rテキストはハンドブックのみである。

A2.9 ITU-R見解

A2.9.1 定義

他の組織（ITUの他部門、国際組織、等）に向けた提案または要請を含むテキストで、必ずしも技術的課題に関連するものではない。

A2.9.2 承認

各研究委員会は、改訂または新規の見解を研究委員会

会合に出席する全ての構成国の総意により承認することができる。

A2.9.3 削除

各研究委員会は、見解を研究委員会会合に出席する全ての構成国の総意により削除することができる。

(A2.9 解説記事)

見解（Opinion）は、その定義にあるように他組織に向けたITU-Rの意見表明である。近年は、他組織との意見交換の必要性、緊急性は以前に比べて著しく増している。単に意見表明するのみでは目的を達成できないので、見解に代えてリエゾン文書や外部機関あてレターが頻繁に発出されており（本誌前々号[□]A1.6.1.2～A1.6.1.4参照）、特に「見解」を新たに作成する状況にはない。

あとがき

本誌2月号から3回にわたり、ITU-Rの研究委員会会合等での作業方法を規定した決議ITU-R 1-7の主要項目について日本語訳とその解説を記載した。ITU-R会合の参加者は、各会合の役割、会合のoutputとなる「勧告」「報告」などの定義とそれらの承認手続きにつき一通りの知識を身につけておくことが望ましいので、本決議の内容を紹介した今回の寄稿が参考になれば幸いである。

最後に本稿の作成に当たり、本誌編集委員会経由で決議和訳文の素案をご提供頂いた総務省担当部門に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 橋本明「無線通信総会、ITU-R研究委員会等の作業方法を定めた決議ITU-R 1-7
－和訳抜粋と解説（その1）－」、ITUジャーナル Vol. 48 No. 2 (2018,2)
- [2] 橋本明「無線通信総会、ITU-R研究委員会等の作業方法を定めた決議ITU-R 1-7
－和訳抜粋と解説（その2）－」、ITUジャーナル Vol. 48 No. 3 (2018,3)



ワイヤレス電力伝送技術を生かす電波環境の標準化動向 —電気自動車用 WPT 充電器の課題—

一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター
CISPR/B/AHG 4 コンビナー 兼 ITU-R/SG 1 リエゾンライター

くぼた ふみと
久保田 文人



1. はじめに

ワイヤレス電力伝送技術 (WPT) の応用が広がっている。WPTは空間を介してエネルギーを届けることを目的とするため、これまで無線通信が常識としてきた「情報を受信側に伝えるのに必要最小限の電力で送信する」という電波利用の原則とは異なる要求がある。そのため、既存の無線通信と共存する電波環境の交通整理 (周波数管理) の方法論が必要になる。それはどのようなものか、本稿では電気自動車 (以下、EV) 用WPTの国際標準化の最新動向から電波環境の課題を考える。

2. EV用WPTの製品規格の標準化動向

EVの開発競争が激化している。欧州・中国等でEVへの積極的な移行政策が打ち出されている。しかしEV普及の成否は、その充電網をいかに整備できるかに依存する。公共インフラだけでは不十分で、一般家庭にも充電器が必要である。最も設置台数が多くなる一般家庭用装置は消費者が操作するため、安全かつ簡単に使える利便性に格別の配慮が必要である。WPTの導入が期待される所以である。車を駐車場に停めると充電が始まり、終われば自動で止まる。ケーブルを引っ張り出し接続、完了後は取外し・片付けと、一連の面倒な操作が不要になり利便性は高い。接点の摩耗もなく、全天候で漏電のリスクもない。これで効率が高く、軽量かつ安価であれば申し分ない。

充電所要時間は例えば次のように想定できる。現行EVの電池容量は20～40kWh、満充電で400km走行可能。満充電までの充電時間は、7.7kWクラス充電器 (MF-WPT 2) では5時間程度必要。しかし、日常的な利用では空っぽまで走行することはない。例えば、平日の男性の運転時間は

中央値1.3時間、平均値1.8時間との調査結果^{*1}があり、これに燃費走行モードJC08の平均車速24.4km/hをかけると、1日の平均走行距離は44kmと推定される。その分の追加充電には4.4kWh必要で所要時間は40分弱となる。自宅と出先で充電する場合はその半分ずつでよい。利用イメージは現実的である。

そこでWPT充電器の国際標準化を進めるため、IEC/TC69 (電気自動車) とISO/TC22 (自動車の互換性・安全) の合同でJPT61980プロジェクト (WPT充電器) が2010年にスタートした。一方、北米の自動車技術会SAE Internationalにおける業界標準J2954 (WPT充電器) の検討も開始された。自動車は陸続きの国境を越えて移動する。従ってEVの充電インフラは特定の国・地域やメーカーで独自方式では困る。理想を言えば様々なタイプの全ての製品に互換性があることが望ましい。しかし技術開発の途上にあり、各社の思惑や特許戦略が絡みコンセンサスに時間を要してきた。一方欧州では、欧州委員会マニフェストM/533が発せられ、国際標準に準拠する欧州の統一標準を2019年末までに制定すべしと期限が指示され、おしりを叩かれている。^{*2}

EV用WPTの製品規格案^{*3}から、技術的なポイントを紹介する。

(1) 送電方式

現在、磁界結合方式 (電磁誘導及び磁界共鳴技術を含む) について標準化を進めている。送電コイルを地面に設置し、受電コイルは車体底面に設置。車体により漏洩磁界をある程度抑え、また人体と隔離を取ることで電磁界ばく露のリスクを抑える。コイル方式の候補としてシンプルな

*1 室内暴露にかかわる生活・行動パターン情報調査-4.1自動車の運転時間、製品評価技術基盤機構 (H29.7改訂): http://www.nite.go.jp/chem/risk/expofactor_index.html

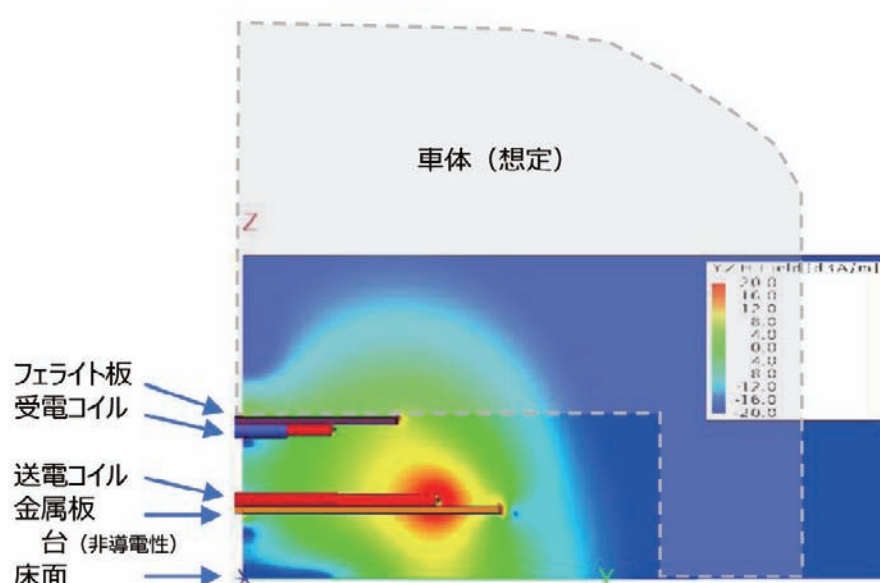
*2 欧州委員会マニフェスト: 特定分野の規格を、全ての利害関係者のコンセンサスに基づいて限られた期間内に欧州標準を開発するというEU加盟国と欧州標準化団体との合意。M/533 (12.3.2015) は下記から入手可: <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/mandates/index.cfm?fuseaction=search.detail&id=552#>

*3 EV用WPT製品規格: IEC 61980-1 (一般条件) は2015年にEdition 1発行済み。61980-2及び61980-3に合わせるための改訂作業中。また、TS61980-2 (制御プロトコル) とTS61980-3 (磁界の詳細要件) は現在、案が投票中。その後2019年末までに改訂しISとする予定



■表. EV用WPT充電器のパワークラス

パワークラス	電力 (送電装置の入力電力)	備 考
MF-WPT 1	3.7 kW以下	PHEV向け等
MF-WPT 2	3.7 kW から7.7 kW	単相200Vの最大電力
MF-WPT 3	7.7 kW から11.1 kW	家庭用3相230Vの最大電力
MF-WPT 4	11.1 kW から22 kW	急速充電向け?
MF-WPT 5	22 kW以上	大型車向け



■図 EV用WPT送受ループの近傍磁界

サーキュラー方式とDDコイル方式が並立して譲らないが、SAEは一足先に、漏洩磁界を小さくできるサーキュラー方式をレファレンスとした。ユーザにとっては、互換性が実現できることが重要である。

(2) 利用周波数

国際的に互換性が必要な一般乗用車用には85kHz帯 (79 ~ 90kHz) が唯一利用可能な周波数と考えられる。車載コイルの軽量化にはできるだけ高い周波数が望ましいが、国際的に保護すべきLORAN (90 ~ 110kHz) や音声放送 (148.5 ~ 1625kHz) などを避けると、この周波数以外には候補がない。コイルサイズが大きくてもよい大型車用は20 ~ 60kHzにて各国で開発例があるが、統一の機運はない。

(3) パワークラス

バッテリー容量、充電所要時間等様々な要求をもとに

5つのクラスが設定された (表参照)。一般車用はWPT 1 ~ WPT 3と想定され、3クラス間では送受の組み合わせが違っても互いに充電可能とすることを目指している。なおグラウンドクリアランス (コイル間の空隙) も重要でZギャップクラスも規定されているが説明は省略する。

(4) 効率

WPT 1 ~ WPT 3では、送受コイルの正対時は85%以上。コイル位置ずれ時は80% (前後±75mm、左右±100mmにて) と規定。

(5) 必須機能

送受間で制御情報の交換、アラインメントのチェック、車体下への混入異物の検出及び過熱・発火等の検知と送電停止、保護ゾーンへの生体の侵入検出等。



(6) EMC要件 (漏洩電磁界)

CISPR 11規格に準拠。ただし、9kHz ~ 150kHzの放射妨害波許容値はCISPR/Bにおいて検討中であるので、制定後に採用する予定。

(7) EMF要件 (人体防護指針)

車体の周囲に保護エリアを定義。コイルの周囲空間は立ち入るべきでない運用エリアとする。評価測定のポイントを規定。指針値・測定法はICNIRP指針及びIEC/TC106の制定する家電機器用ばく露測定法IEC 62233規格を引用。

以上紹介したように、EV用WPT充電器の諸元はかなり絞り込まれてきた。次に、本稿のテーマである電波環境がどのように考えられているか見ていこう。

3. EV用WPTからの漏洩磁界

EV用WPTの周囲磁界のシミュレーション例を図に示す。左端がコイル中心で、左右方向を横から見た断面である。コイル直近では比較的強い磁界が発生するが、離れると急速に減衰する。近傍磁界の強度は距離の3乗にほぼ反比例することがシミュレーションでも測定でも確認されている。

実用の設置環境は、受電コイルの上に点線で示すように車体があり、磁界の上方への広がりを抑えられる。また地表の導電率は小さく、地上波は金属床の電波暗室の場合より遠方へ届きにくい。近傍界では一般に距離の3乗に反比例して減衰する、85kHzは波長3.5km、近傍界と遠方界の境目といわれる $\lambda/2\pi=557\text{m}$ になる。漏洩磁界の影響は局所的である。

4. ITU-RにおけるEV用WPTの利用周波数・管理手法の検討

送電エネルギーが大きいWPTでは漏洩電磁界が周囲の無線システムに影響を与える可能性がある。そのため周波数スペクトルの国際的な分配・管理に責任を持つ国際機関であるITU-Rでは、以前からあったビーム型のWPTに関する研究計画Q.210に、電磁誘導等によるものをノンビーム型と呼んで追加する形で2012年よりSG1にて研究が始まった。各国・標準化機関の情報入力を得て、これま

でレポート (Report SM.2303) を作成し、ノンビーム型WPTの利用周波数についての勧告のベースはできた。しかし一般車EV用WPT (利用周波数85kHz帯) が無線通信に与える影響について、共用可能との評価結果を提出したのは日本だけであること、ITU-Rの他の無線業務委員会 (SG6: 放送業務、SG7: 科学業務) から干渉の可能性についてリエゾンが届き、対応が必要なため85kHz帯は勧告に至っていない。

SG6/WP6AはWPTの高調波がAM音声放送の帯域に落ち込んでも有害な干渉とならないことを求めている。WP6Aの懸念はEBUから提起され、勧告 BS.560及びBS.703に従い、農村 (ルーラル) 地域における放送の保護を要求している。共用できるとする我が国の報告は、勧告P.372の環境雑音レベルのうち、都市におけるレベルを出発点として許容値を決めたもので、EBUとは立脚点が異なり、コンセンサスへの糸口が見えていない。

一方SG7/WP7Aは、隣接する長波の標準周波数報時局の受信 (電波時計等) への影響を懸念している。SG7では受信系の研究を行ってこなかったため、電波時計の選択度も保護比も規定されていない。ITU無線通信規則 (RR) の§3.9及び3.12で受信局の選択度は、送信局がスペクトルを最も効率的に使用し得る最小の周波数帯幅としていることに留意して適切なものとしなければならないと定めている趣旨が反映されていなかったと考えられる。受信特性が明確でないものに対して定量的な基準で保護することは難しい。時計の同期のための1日数回の受信とWPTの送電とが時間的に重ならない運用か、重なる時間率が十分低い条件で共存することが現実的であろう。

周波数の特定も重要であるが、WPTの管理手法に関する研究が進んでいない。WPTをどの種別の機器と分類するかについて決定できていないことが問題解決を遅らせている。WPTをISMの一種^{*4}とする考え方が根強い一方、旧来のISMと同様な取り扱いには抵抗がある。さらに欧州ではSRD^{*5}として無線機器指令の枠組みで扱いたい意向もある。管理手法に関しまとまらないままでは、コンセンサスを待たずに実用化が進む気配である。

2015年に開催した世界無線会議 (WRC-15) において、EV用WPTについて緊急研究を行い、次のWRC-19に

*4 ISM応用: 産業用、科学用、医療用、家庭用その他の類似の用途のために、無線周波エネルギーを発生させ、限られた場所に利用するもの (ITU無線通信規則 (RR) §1.15及び15.13)

*5 SRD: 近距離無線システム。欧州ではライセンスなしに利用できるが、正規の無線局と違い、干渉から保護されない。



報告するようにとITU-Rに指示が出た。SG 1が他のSGからの意見に答え、EV用WPTの利用周波数を勧告化ができるかどうかWRC-19へ報告すべきポイントである。仮に勧告化できないとなれば、自動車産業界はITU-Rの合意を待たず実用化を進めることになり、追認せざるを得なくなる。ITU-Rの権威は大きく損なわれるであろう。

問題は勧告化するかどうかではない。エネルギーの無線伝送というスペクトルの利用方法をRR上どのように位置付けるべきかという課題である。RRを制定した1947年のアトランティックシティ国際無線通信会議は、電磁波を積極的に放射する意図はないが局所的な漏洩電磁界を発生してしまう無線通信以外の機器を「ISMアプリケーション」として各国が管理すべきことを決定した。いま、WPTという積極的にエネルギーを空間伝送したい需要を前にして、RR上の解釈と管理法を明らかにする必要があり、ITUの真価が問われている。

5. CISPRにおけるEV用WPTのEMC要件

CISPR (国際無線障害特別委員会) は無線通信の保護を目的として設置された機関であるが、現在はIECの傘下にあり、IECの全ての製品規格に共通なEMC要件を規定することもミッションになっており、無線機器を除く電気・電子製品群ごとにEMC要件を規定している。CISPRは磁界結合型のWPTをISM装置と分類すべきとの考え方で早期に合意し、ISM機器のEMC要件を規定するCISPR 11のEdition 6 (2015-06)以降、ISMの定義に「エネルギーの伝送」を、また装置例としてWPTを追記した。CISPR 11はISM装置から漏洩する妨害波を基本波、不要発射の区分をせず規定している。

TC69はEMCの専門家が少ないため、EV用WPTのEMC要件についてCISPR/Bに検討を依頼した。またITU-R/SG 1からも欠けている150kHz以下の周波数範囲の許容値を早期に規定するようリクエストを受けた。そこでCISPR/Bは2013年にタスクフォース(現AHG4)を設置し、製品規格案のパワークラスに対応する放射妨害波許容値及び測定法の検討を進めてきた。AHG 4はCISPR 11で

は規定がない150kHz以下の許容値と型式試験向けの測定法を検討し、これまでに150kHz以下の許容値はほぼコンセンサスが得られた。新許容値はSRDの許容値と我が国のEV用WPTのための許容値を参考に規定したものである。

しかし、低次高調波成分がAM音声放送にかかる周波数範囲については、EBUがITU-Rにおける主張をCISPRに持ち込んだ。一方、産業界から高調波の緩和を求める意見が出されている。さらに、将来WPTが普及し家庭内で多数の機器が使われる場合、重複効果があるのはいいか、許容値はその効果を考慮すべきではないかという問題も提起された。そこで、検討のため規格化を先送りしている。CISPR 11規格の150kHz～18GHzの放射許容値は、1990年代から四半世紀使われてきているが、これまで障害事例の報告もなかった。そのため現行許容値は変える必要がないが、新たなWPTのために異なる許容値を規定すべきかの判断が必要になる。コンビナーとしては多数決ではなくコンセンサスでの解決を模索している。このため、2019年春までに新規格を公刊する予定で進めていたが、少なくとも半年程度遅れる見込みである。

6. おわりに

磁界結合によるWPTが利用する数100kHz以下の長波帯・超長波帯は、かつて電信(固定通信、海上移動通信)、無線航行等に利用されたが、通信需要がより高い周波数へ移行しGPSなどが一般化した現代では、社会的重要性は相当低下したと言わざるを得ない。そこへ出現した新たなエネルギー伝送の需要(WPT)に対して、無線通信コミュニティの反応は歓迎しているように見えない。大電力を非接触で近距離伝送するにはこの周波数帯しかないし、周囲への影響も局所的であり、一方伝搬により距離を克服する無線通信との共存は可能である。未来社会のインフラ構築に必要な技術に対して、地球的観点で電磁環境を見直し、周波数資源の再分配を議論すべき時が来ていると考える。

(2017年10月26日 ITU-R研究会より)



5G周波数割当てをめぐる海外最新動向（前編）

一般財団法人マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹

いいづか るみ
飯塚 留美

1. はじめに

24GHz以上のミリ波帯を5Gに配分する方針案が、2015年に国際電気通信連合（International Telecommunication Union：ITU）によって示された後、世界に先駆けて5G向けミリ波帯の割当て計画を発表したのが米国である。また、欧州では域内の周波数のハーモナイゼーションを図るため、5G導入に向けて優先的に配分する帯域として3.4－3.8GHz帯、700MHz帯、26GHz帯の3つのバンドが特定されている。本稿では5G向け周波数の割当てをめぐる米国や欧州等の最新動向を紹介する。

2. 5Gの候補周波数

ITUにおいて2019年に開催予定の2019年世界無線通信会議（World Radiocommunication Conference 2019：WRC-19）では、24GHz以上で5G候補周波数となっている11バンドからIMT（International Mobile Telecommunications）バンドの追加配分が行われる見通しである（表参照）。欧州では、欧州郵便電気通信主管庁会議（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations：CEPT）が欧州域内の共通の立場として、6つのバンドを5G候補周波数とすることを提案し、米国では連邦通信委員会（Federal Communications Commission：FCC）が、5G周波数として8つのバンドを配分している。

■表. 24GHz以上における国際的な5G周波数の検討または配分の状況

WRC-19	欧州提案（CEPT）	米国配分（FCC）	3GPP仕様の対象帯域（2017年12月）
24.25－27.5GHz	24.5－27.5GHz ◎	24.25－24.45GHz 24.75－25.25GHz △	24.25－29.5GHz
—	—	27.5－28.35GHz	
31.8－33.4GHz	31.8－33.4GHz ○	△	—
37－40.5GHz	—	37－38.6GHz 38.6－40GHz	37－40GHz
40.5－42.5GHz	40－54.35GHz	△	
42.5－43.5GHz	○	—	—
45.5－47GHz	45.5－48.9GHz	—	—
47－47.2GHz		—	—
47.2－50.2GHz		47.2－48.2GHz △	—
50.4－52.6GHz	—	△	—
66－76GHz	66－71GHz 71－76GHz	64－71GHz（免許不要） △	—
81－86GHz	81－86GHz	△	—
—	—	△（95GHz以上）	—

注：◎は欧州域内での周波数の共通化に向けて最優先で配分される5G帯域で、○が次いで優先的に検討される5G帯域。△はFCCが2016年7月に5G等の次世代無線サービス向けに追加配分することを提案した帯域で、斜体は2017年11月に5Gへの追加配分が決定された帯域。下線は一次業務として移動業務へ追加配分することが検討されている帯域。

出所：各種資料をもとに作成。



GSA (Global mobile Suppliers Association) が2017年9月に発表した資料によると、世界42か国の81事業者が、5Gを可能とする技術 (5Gプレ標準技術) を用いた試験を実施したり、5Gフィールドトライアルを実施するための免許を取得している*1。また、5Gプレ標準技術を用いた56件のデモ及びトライアルのうちの22%が28GHz帯を利用したもので最も高く、次いで3.5GHz帯が15%と続いている。

3GPP (3rd Generation Partnership Project)*2は2017年12月に、新たな5G無線 (5G New Radio: 5G NR) 技術の仕様 (Release 15 Phase 1) を策定したことを発表した。上述した28GHzや3.5GHz帯が含まれており、既にデータの相互接続テストが複数の携帯事業者によって実施されている。今回の仕様はLTEとの連携を前提として運用されるもので、NSA (Non-Standalone) と称される。NSAで運用される5G NRの仕様に含まれる帯域は、ミリ波帯が24.25–29.5GHz、37–40GHz、6GHz以下の帯域が617–698MHz、1.7/2.1GHz、2.5GHz、3.3–4.2GHz、4.4–4.99GHzとなっている。

3. 米国の5G周波数動向

3.1 5G周波数の配分と割当てをめぐる動き

(1) スペクトラムフロンティア (24GHz以上)

FCCは2016年7月、5G周波数の割当て規則について規定した「周波数フロンティアに関する報告及び命令並びに追加の規則制定提案告示 (Spectrum Frontiers R&O (Report and Order) and FNPRM (Further Notice of Proposed Rulemaking))」*3を発表し、5G周波数として28GHz帯、37GHz帯、39GHz帯を免許帯域として、64–71GHz帯を免許不要帯域として、それぞれ配分した。加えて、8つのバンド (表の△を参照) を5G等の次世代無線サービス向けに追加配分することを提案し、2017年11月に24GHz帯 (24.25–24.45GHz、24.75–25.25GHz) と47.2–48.2GHz帯を追加

配分することを決定した*4。

FCC委員長によると、5Gネットワークの構築を促進するため、2018年11月に28GHz帯オークションを実施し、次いで24GHz帯のオークションを実施する方針であるが、そのためには周波数オークションを開催するための法案の承認を2018年5月13日までに連邦議会から得る必要がある (2018年3月)。

(2) ミッドバンド (3.7GHz–24GHz)

FCCは2017年8月、ミッドバンド周波数での無線ブロードバンドのサービス機会を拡大するための方法についてコメントを求める新たな情報請求告示 (Notice of Inquiry: NOI) を発表した*5。これまでFCCは無線サービスに利用可能な周波数の確保に向けて主として3.7GHz以下や24GHz以上の帯域にフォーカスしてきたが、今回のNOIでは拡大する周波数需要に対応するため、潜在的なあらゆるオプションを踏まえて3.7–24GHz帯の活用方法を評価する。具体的には3.7–4.2GHz、5.925–6.425GHz、6.425–7.125GHzの3つのバンドを特定してコメントを求めるとともに、その他の非連邦政府用のミッドバンドについても柔軟な利用に適した帯域の拡大についてコメントを募る。これに対して、Apple、Broadcom、Cisco Systems、Dell、Facebook、Google、HP、Intel、Microsoft、Qualcomm、Sony Electronicsを含む約30社が、6GHz帯 (5.925–7.125GHz) での免許不要利用の帯域を拡大するよう、FCCに要求している (2017年10月)。

一方でAT&Tは、6GHz帯には国の重要インフラを含む約10万のマイクロ回線があるため、共用の実現性について懐疑的な見方を示しており、FCCに対して6GHz帯を免許不要局に開放する案への反対を表明している (2018年3月)。

*1 5G Update – Global Market Trials

<https://gsacom.com/paper/5g-update-global-market-trials/>

*2 各国の標準化団体によって1998年に設立されたもので、3G、4G、5G等の移動通信システムの仕様を検討し、標準化することを目的とする。

*3 Spectrum Frontiers R&O and FNPRM

<https://www.fcc.gov/document/spectrum-frontiers-ro-and-fnprm>

*4 FCC Takes Next Steps on Facilitating Spectrum Frontiers Spectrum

<https://www.fcc.gov/document/fcc-takes-next-steps-facilitating-spectrum-frontiers-spectrum>

*5 FCC Opens Inquiry Into New Opportunities in Mid-Band Spectrum

<https://www.fcc.gov/document/fcc-opens-inquiry-new-opportunities-mid-band-spectrum>



(3) ミリ波帯の周波数取引

Verizonは2016年2月にXO Communicationsが保有する全米40都市をカバーする120万マイルに及ぶ光ファイバネットワークを、18億米ドルで買収することを発表し、同年11月にFCCより買収承認を得た。この買収内容には、XO Communicationsが保有する28GHz帯と39GHz帯のLMDS (Local Multipoint Distribution Service) 免許102件の周波数リースも含まれており、これらの周波数免許を2018年末までに購入できるオプションも付いている。一方、AT&Tは、2017年1月に24GHz帯と39GHz帯で合計650件の周波数免許を持つFiberTowerを買収し、39GHz帯の免許については全人口の99.8%をカバーしている。

その後、AT&Tは2017年4月にStraightPathの買収計画を発表したが、Verizonによる買収オファーに対抗できず競り負け、Verizonが30億米ドル以上でStraightPathを買収することで合意した (2017年5月)*6。StraightPathは、全米上位40市場を含む米国のほとんどをカバーする28GHz帯と39GHz帯の周波数免許を868件所有しており、39GHz帯では上位30市場で平均620MHz幅を保有している。同社は、2017年1月時点で、商用利用可能な39GHz帯免許のおよそ95%を所有する最大の免許人で、ニューヨークやサンフランシスコといった大手市場では28GHz帯免許の多くを所有していた。

また、T-Mobile USは、2012年のMetroPCSを買収した際に、28GHz帯と39GHz帯の免許を取得している。2018年2月にはFirst Communicationsからオハイオ州におけるLMDS (28-31GHz) 周波数の約1150MHzを購入することで合意している。

3.2 4大キャリアの5Gサービス動向

(1) Verizon

Verizonは2017年に11の市場で住宅向けの5Gアプリケー

ションのトライアルを実施した後、2018年には少なくとも3つの市場で、住宅向けの5G無線ブロードバンドの商用サービスを開始すると発表した (2017年11月)*7。最初の商用サービスは2018年下半期にカリフォルニア州サクラメントで開始される予定で、同社は住宅向け5Gブロードバンドの初期の市場機会は全米約3000万世帯にのぼると予測している。

(2) AT&T

AT&Tは、2018年後半に10都市以上 (アトランタ、ジョージア、ダラス及びウエーコー含む) で、コンシューマー向けのモバイル5Gサービスの提供を開始することを発表した (2018年1月)*8。同社の5Gサービスは、2017年12月に3GPPが仕様策定を完了したNSAでの運用が前提の5G NRの仕様に基づくもので、モバイル5Gサービスを提供する米国初の事業者となる見通しである。

(3) T-Mobile US

T-Mobile USはNokiaとIntelと共に、ワシントン州ベルビューのダウンタウン地区で、同社初の28GHz帯に対応した商用設備を用いたフィールド試験を実施した (2018年1月)*9。これはミリ波帯と既存のLTE網との統合や共存に関するもので、同社では600MHz帯からミリ波帯までを5Gに対応させる方針である。

(4) Sprint

Sprintは、3GPPの5G NR技術仕様に2.5GHz帯が正式に盛り込まれたことを受け、モバイル5Gの商用サービスを2019年後半に開始する方針を示した (2017年12月)*10。この仕様により、2.5GHz帯では1チャンネル当たり最大100MHzのチャンネル幅が確保できる。同社は全米上位100の市場において、2.5GHz帯の160MHz幅を保有している。

(2017年12月22日 情報通信研究会より)

*6 VerizonによるStraightPath買収は2018年2月に完了した。

*7 Verizon to launch 5G residential broadband services in up to 5 markets in 2018
<https://www.verizon.com/about/news/verizon-launch-5g-residential-broadband-services-5-markets-2018>

*8 AT&T to Launch Mobile 5G in 2018
http://about.att.com/story/att_to_launch_mobile_5g_in_2018.html

*9 https://www.nokia.com/en_int/news/releases/2018/01/03/nokia-t-mobile-us-and-intel-collaborate-to-bring-t-mobiles-first-commercial-hardware-based-5g-28-ghz-cell-on-air

*10 Sprint's 2.5 GHz Spectrum Included in Non-Standalone 3GPP 5G NR Specification
<http://newsroom.sprint.com/sprints-25-ghz-spectrum-included-in-non-standalone-3gpp-5g-nr-specification.htm>



IoT/M2Mサービスと電気通信番号の標準化動向

日本電信電話株式会社

いっしき こうじ
一色 耕治



1. はじめに

様々なIoT/M2M^{*1}サービスが出現する中で、ナンバリング・ネーミング・アドレッシング・識別子 (NNAI^{*2}) の標準化を行うITU-T SG2や各国の番号主管庁では、IoT/M2Mサービスに適用される電気通信番号 (E.164番号やIMSI (E.212番号)) などの番号リソース^{*3}が主要な検討課題となっており、これら電気通信番号の容量拡大やグローバル化への対策を中心に検討が進められている。

2. 電気通信番号リソースが用いられるIoT/M2Mサービスとは

E.164番号及びIMSI (E.212番号) は、既に様々なIoT/M2Mサービスで用いられている状況にある。中でも、コネクティッドカー^{*4}やスマートメータ、農業センサーなどは、電気通信番号の適用が有効なサービスであるとともに、識別すべきデバイスやセンサーの数 (サービスの需要母体) が、人口に匹敵するか上回る規模であるとの推定もあり、様々なIoT/M2Mサービスの中でも、特に電気通信番号リソースの使用数が大きく、今後さらに増加していく可能性

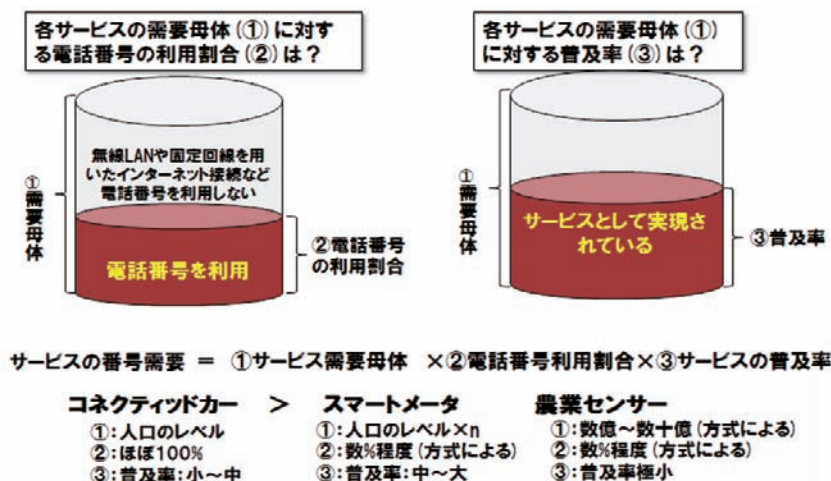
が高いサービスと言える。

例えばコネクティッドカーは、車両が海外を含めどのような場所に移動してもデータ送受が必要であり、移動通信サービスとしての使用が必須となるため、電気通信番号リソースの利用割合がほぼ100%と言える。また、サービスの普及率も増加しており、世界的にも多くの電気通信番号リソースが使用され、今後の増加も見込まれる。(図1)

3. 各国での電気通信番号の対応

IoT/M2Mサービスに適用される電気通信番号に関する各国の対応状況から述べる。下記に記すとおり、各国では既に電気通信番号の需要増加を見越し、国内番号の逼迫状況等に応じて、ITU-T E.164勧告で定められた最大15桁の範囲内での桁増を行うなどの対応がとられている。なお、ITU-T SG2でのIoT/M2M番号への対応については後述する。

・欧州では電気通信主管庁の技術検討組織であるECCが主導して、2010年前後から各国でM2Mサービスに



■図1. IoT/M2Mサービスに電気通信番号リソースが使用される要件

*1 IoT/M2M: 用語のIoTとM2Mについては、番号上の議論では特に明確な区別をしていないため本稿では同義語として扱う。

*2 NNAI: Numbering Naming Addressing Identification

*3 IoT/M2M番号リソース: IoT/M2Mサービスに使用される移動体番号やM2M専用番号及びIMSI (移動端末識別子) を指す。

*4 コネクティッドカーは車両の状態や道路状況などの様々なデータをネットワークを介して集積・分析し各種アプリケーションに展開する。



用いる番号の検討や新規導入が進んだ。その結果現在では、携帯番号の容量に余裕のある国（イギリス、ドイツ等）以外の多くの国では、携帯番号よりも長桁の番号を新たに専用番号として導入している。国により幅はあるが、概ね数億～100億程度の番号容量をIoT/M2Mサービス用に持たせている。例えばフランスでは、通常10桁の国内番号に対して14桁のM2M番号（容量約100億）を導入している。

- ・米国では、もともと10桁の番号構造が共通的に固定・携帯・M2M等の各種サービスに適用されており、桁増をするなどの特別な対応の予定はないが、番号容量の余裕度は大きい。
- ・日本では、2017年にM2M用番号（020+8桁）を導入したが、当面は桁増はせず8000万程度の番号容量となっている。

4. IMSIの対応

IMSI（移動端末識別子）は各移動端末に格納され、ネットワークなどへの接続時の識別や所在地の確認などに用いられる識別子である。全体の桁数は、IMSIについて定めたITU-T E.212勧告の規定で15桁で固定され、電気通信番号のように国ごとに長さが異なることはない。IMSIは図2の構成をとる。MCC（国コード）ごとには、計算上1兆個（12桁）のIMSI容量があり、3章の電気通信番号に較べると格段の容量がある。しかし、IMSIを使用する国内事業者の識別には、2桁のMNC（事業者コード）が用いられるため、MCC

IMSIの体系（全15桁）

国コード(MCC) (3桁)	-	事業者コード(MNC) (2桁または3桁)	-	加入者コード(MSIN) (9桁または10桁)
-------------------	---	--------------------------	---	----------------------------

MCC: Mobile Country Code (使用する国を識別。グローバルな世界共通の901もある。)
MNC: Mobile Network Code 通常2桁で運用されている
MSIN: Mobile Subscription Identification Number

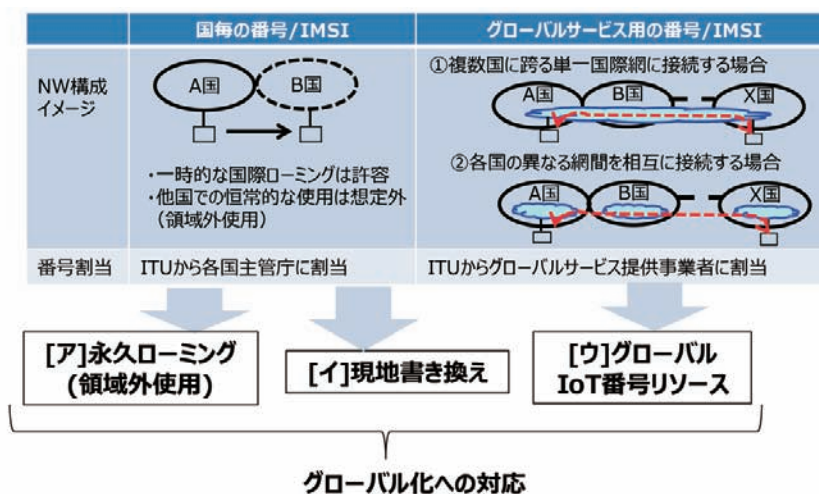
■図2. IMSIの構成

ごとには最大100事業者への割当てが上限となる。このため、ITU-T SG2内では今後のIoT/M2Mサービスの進展等によるMNCの容量不足を懸念する意見もあり、状況については後述する。

5. IoT/M2Mサービスのグローバル化の対応

欧州では、コネクティッドカーサービスが進展する中で、IoT/M2M番号リソースが国際ローミングにより国をまたいで使用されるケースが増えている。この動きは、eCall^{*5}やローミング費用の廃止が現実化する中でさらに増加の傾向にある。

こうした中で出てきている課題として、自動車の輸出などによる永久的な国際ローミングの状況（国内番号リソースの領域外使用）の発生がある。欧州ECCはこの課題に早くから取り組み、IoT/M2Mサービスに限って、当事国間の了解のもとであれば、領域外使用が認められてもよいとの方向付けを行っている（図3の「ア」の対応）。ただし、こうした他国での永久的な番号使用はM2Mサービスに限った例外的なものとされており、本来的には、例えば、現地番号リソースへの書き換え（図3の「イ」）のような対



■図3. 番号リソースのグローバル化への対応

*5 eCallは、EU内で国内外を問わず事故車からセンタへ事故情報を送付するシステム。2018年3月31日開始予定。



応が行われるべきであろう。

ITU-T SG2では、こうした欧州市場などでの動きに対しては、新たに、グローバルIoT番号リソース（図3 [ウ]）を策定することにより、国際ローミングや現地書き換えが不要な方式を目指している。（次章）

6. ITU-T SG2でのグローバルIoT番号リソース

欧州市場などでの国内番号リソースの領域外使用の動きに対し、ITU-T SG2としては当初の電気通信番号勧告（E.164等）の策定時には想定外であり、特に正式な見解は出していないが、新たに、グローバルIoT番号リソースの策定を目指している。IoT/M2Mサービスの電気通信番号リソースの検討課題を図4に示す。グローバル化と容量拡大への対応が基本要件となる。例えば、IMSIについてはフォーマット拡張や16進法によるコーディングなどの複数の容量拡大のオプションが提示され、検討が進められている。これらの検討を進める上では、具体的なサービス事例をもとに検討が進められている。

7. 接続事業者スイッチング

IoT/M2Mサービスの進展により、エンドユーザが番号の変更無しに他の通信事業者に加入変更する従来の番号ポータビリティに加えて、多くのエンドユーザ（IoT/M2Mデバイス）を束ねるIoT/M2Mサービスプロバイダーが、他の通信事業者に加入変更する形態（接続事業者スイッチング）も検討が必要となる。ITU-T SG2では、基本的なパターン及びグローバルな展開が行われた場合等の具体化を行っている段階だが（図5）、今後番号ポータビリティの検討の一環として、IMSIの書き換えとの連携も踏まえての検討が提案されている。

8. おわりに

本稿ではIoT/M2Mサービスの電気通信番号リソース検討状況を中心に報告したが、電気通信サービスやネットワークの変遷に伴い、電話番号が担う役割は変化してきており、ITU-T SG2での活動も短期課題への即応から、将来番号のような、中長期にわたる課題の研究まで幅広いものとなっている。こうした動向を見極めながら、電気通信番号リソースに関わる標準化への積極的な取組みがますます重要となっている。

（2017年12月21日 ITU-T研究会より）

グローバルIoT用番号の課題

- グローバルに使用可能で容量大の番号構成の決定
- 番号割当の要件の作成（割当対象、GWの設置等）

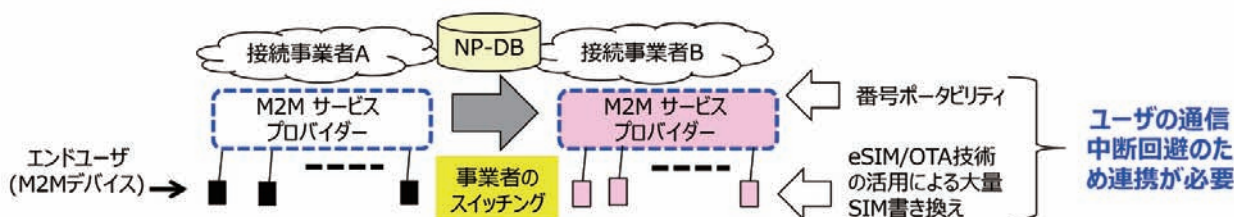


グローバルIoTを考慮したIMSIの課題

- 容量拡大のオプション検討⇒変更なし、フォーマットの拡張、後方互換性のないスキーム、16進法によるコーディング
- E.212グローバルIMSI規定(Annex-A)の改定
- GSMA、3GPP等の関連組織とも密接なリエゾンが必要



■図4. ITU-T SG2でのグローバルIoT番号リソース



■図5. 接続事業者スイッチングの概要



新型スーパーコンピュータ SX-Aurora TSUBASA



日本電気株式会社
ITプラットフォーム事業部
第三ソリューション基盤統括部
主任

やま だ よう へい
山田 洋平



日本電気株式会社
ITプラットフォーム事業部
第三ソリューション基盤統括部
主任

いま い てる ゆき
今井 照之

1. はじめに

近年、スマートフォンの普及やIoT (Internet of Things) の進展により、大量かつ多様なデバイスがインターネットに接続され、これらのデバイスを介した膨大なデータ収集、蓄積がされるようになった。これら蓄積データから新しい知見を得る、またはリアルタイムに制御や予測を行うといったビッグデータ解析や機械学習が高い注目を集めている。

NECは2017年10月に新型スーパーコンピュータSX-Aurora TSUBASAを発表した。SX-Aurora TSUBASAの特徴は大量データの高速処理である。このため、シミュレーション等を主とするスーパーコンピューティング用途のみでなく、ビッグデータ解析や機械学習の高速化用途が期待されている。本稿ではSX-Aurora TSUBASAの構成及び特徴について紹介する。

2. SX-Aurora TSUBASAのコンセプト

SX-Aurora TSUBASAは、NECが30年以上にわたり開発・販売を行ってきたベクトル型スーパーコンピュータSXシリーズの最新モデルである。

従来SXは非常に高いメモリアクセス性能及びコア性能により、気象予報や科学技術計算分野で高い実行性能を実現してきた。この性能特性は大量データの高速処理が必要となるビッグデータ処理に必要とされるものである。一方で、従来SXはユーザ向けのライブラリの種類に限られる点や、許容されるシステム構成が最小でもラック単位の規模である点など、ハイエンドHPC (High Performance Computing) 領域に特化した製品であり、ビッグデータ解析等の新領域適用に向けた課題があった。

本背景により、従来SXの高性能をより広範な分野に適用するために、SX-Aurora TSUBASAは以下の3つのコンセプトに基づき開発された。

① 高性能

従来SXの特徴である高メモリアクセス性能を継承するため、最先端メモリテクノロジーを採用しプロセッサ当たり、及び価格当たりで世界最大のメモリ帯域を実現。これにより、HPC、ビッグデータ解析、及び機械学習等の高メモリ帯域を要求するプログラムを高速化。

② 使いやすさ

新領域のユーザが違和感なく利用可能な環境を提供するために、広く一般に普及しているLinuxをベースとしたオペレーティングシステム (OS) を採用。Linuxと高い互換性のあるシステムコール・ライブラリの提供による高いプログラム移植性を実現。また、従来SXからベクトルアーキテクチャを継承し、ベクトル化コンパイラにより特殊なプログラミングモデルを使用することなく高実行性能を実現。

③ フレキシビリティ

システム構成の柔軟性を高めるために、ハードウェアの形態をPCI Expressカード型とし、x86/Linuxサーバに搭載。これにより、ワークステーションのような小規模モデルから、大規模スーパーコンピュータまでを幅広くカバー。

3. SX-Aurora TSUBASAのハードウェア

SX-Aurora TSUBASAのハードウェアは、PCI Express (PCIe) カードであるVector Engine (VE) 及びそれを搭載するx86サーバで構成される。本章では主にVEについてその構成及び特徴を紹介する。

3.1 Vector Engineカード

図1はVEカードの外観である。カード中央のCPUモジュールは、CPU LSI及びメモリを1モジュール実装としたものである。VEカード上には本CPUモジュールのほか、



電源回路や制御用IC等が置かれ、VEカード周辺部にPCIe Gen3 x16対応のエッジコネクタ及び外部給電端子を備える。VEカードの消費電力は300W以下で、カード形状とともにPCIe規格に準拠する。

VEカードは、搭載されるx86/Linuxサーバの環境に応じて以下の3種がある。カード上のファンによる空冷を行うアクティブクーリングタイプ、x86/Linuxサーバ内のファンにより空冷を行うパッシブクーリングタイプ、及びスーパーコンピュータ向けに高効率冷却を提供する水冷タイプである。

世界一のメモリアクセス性能を有するプロセッサをPCIeカード化し、冷却方式の高いフレキシビリティを実現したことにより、デスク上で利用可能なタワー型から大規模スーパーコンピュータまでの構成を可能としている。



■図1. Vector Engineカード (上: カード外観、下: 内部ボード)

3.2 Vector Engine CPUモジュール

VE CPUモジュールは、単一CPUとして世界一のメモリ帯域となる1.22TB/sを実現している。図2にVE CPUモジュールの外観を示す。メモリにHigh Bandwidth Memory 2 (HBM2) を採用し、CPU LSIと6個のHBM2を世界で初めて1パッケージ化することにより、世界一のメモリ帯域を実現している。

HBM2は広帯域が要求されるハイエンド領域をターゲットとして開発された新しいメモリ規格である。HBM2は4～8枚のメモリチップをThrough Silicon Via (TSV) と呼ばれるチップを貫通する電極で接続した3次元積層構造となっている。これに1024bit幅の外部インタフェースを備えることで、1個のHBM2あたり最大256GB/sの帯域を実現している。この値は現在一般的なx86サーバに使用されている

DDR4メモリ (PC4-21333、21.3GB/s) の10倍以上にあたる。

CPU/HBM2間は2.5次元 (2.5D) 実装を採用し、1個のCPUに6個のHBM2を超広帯域で接続している。2.5D実装とは、通常LSI間の接続に使われる有機材料ではなく、シリコン製のインタポーザによりLSI間を接続する実装形態である。2.5D実装により、LSI間の超高速接続及びLSI/インタポーザ間の熱膨張率等の物理特性が揃うことにより、接続部の機械的な信頼性が増す。さらには、CPUとメモリを近傍に配置することにより、高メモリ帯域を実現しながらメモリアインタフェースの消費電力を下げることができる。



■図2. Vector Engine CPUモジュール

3.3 Vector EngineのCPUアーキテクチャ

VE CPUモジュールに搭載されているCPU LSIは、従来のSXベクトルアーキテクチャを継承しつつ、SX-Aurora TSUBASA向けに新設計されたCPUである。アーキテクチャの大幅な見直しにより、VE CPUは、前機種であるSX-ACEのCPUに対して約10倍の演算性能向上及び約5倍のメモリ帯域拡大を実現した。

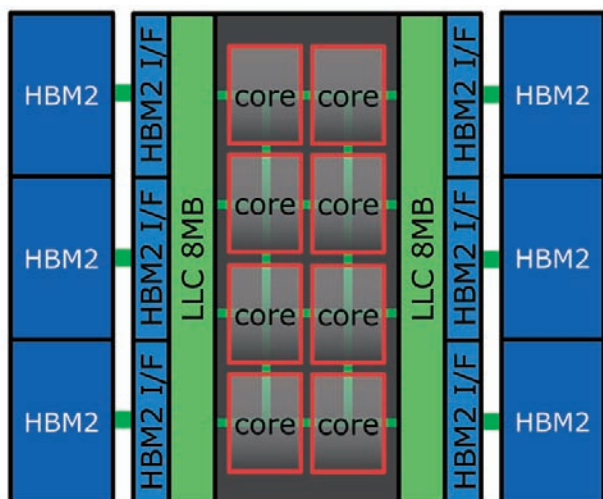
図3に示すように、CPU LSI内には8個のコアが含まれている。各コアはベクトル型アーキテクチャを採用し、単一命令により最大256個のデータを処理するベクトル命令をサポートしている。さらに、データを効率的に並列処理可能なハードウェア機構を備えることにより、コア当たりの演算性能307GFlops (倍精度浮動小数点時) 及びコア当たりの最大メモリ帯域400GB/sの世界トップクラスの超高実効性能コアを実現している。

なお、本性能は、プログラムを後述するベクトルコンパイラでコンパイルすることにより、ユーザがCPUアーキテクチャの違いを強く意識することなく利用することができる。

コアとHBM2メモリアインタフェースの間には合計16MBのキャッシュ (Last Level Cache、LLC) が備わり、コア/キャッシュ間は二次元メッシュ形状のメモリネットワーク



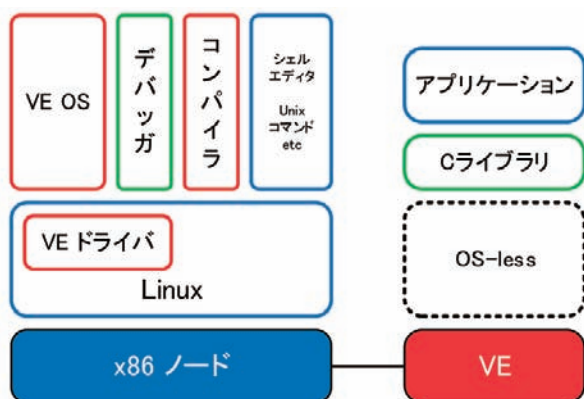
で接続される。HBM2による広いメモリ帯域を活かせるよう、これらも十分な帯域を確保した設計が行われている。



■図3. Vector Engine CPUの構成

4. SX-Aurora TSUBASAのソフトウェア

本章では、SX-Aurora TSUBASAのソフトウェアについて述べる（図4）。



■図4. SX-Aurora TSUBASA のソフトウェアスタック

SX-Aurora TSUBASAの最大の特徴は、アクセラレータ型のハードウェアでありながらアクセラレータ用の特殊なプログラミングなしに使用できる点である。本特徴は、x86ノード上のLinuxに実装されるソフトウェアスタックにより実現されている。

VE上にはOSが存在せず、アプリケーションのプロセスのみが動作する。x86ノード上ではVEにOS機能を提供するVE OS、VEが実行するプログラムをデバッグするデバッグ、VE用のコンパイラ、シェル、エディタ、その他の通常のLinuxノードで利用できるツール類が動作する。

4.1 コンパイラ

VE用コンパイラとして、C/C++及びFortranコンパイラが提供されている。VE用コンパイラの特徴を以下に列挙する。

- 自動ベクトル化：コンパイラがプログラム中でベクトル化可能な部分を自動的に検出し、ベクトル化したコードを生成する
- 自動並列化：コンパイラがプログラム中の並列性を自動的に検出し、並列化したコードを生成する
- 標準準拠：コンパイラはISO C11/C++14、Fortran 2003規格をサポートしている

前二者はいずれも並列性を利用した最適化であり、自動ベクトル化は単純ループなどの狭い範囲で特に有効であるのに対し、自動並列化はサブルーチンコールを含むような広い範囲の並列性に対しても有効であるという特性がある。

以下に自動ベクトル化の一例を示す。図5に示すCソースコードでは、forループ内で配列の各要素に同一の演算を行っている。コンパイラはこの演算がベクトル化可能であることを自動的に検知し、ベクトル命令（vld.nc、vfadd.a）を用いたコード（図6）を生成する。

これらにより、ユーザは、新規に特別な言語を使用することなく、SX-Aurora TSUBASAを使用するプログラムを開発することができる。また、既存のアプリケーションを

```
int function() {
    double a[1000], b[1000], c[1000];
    int i;
    ...
    for (i = 0; i < 1000; ++i) {
        a[i] = b[i] + c[i];
    }
    ...
}
```

■図5. Cソースコード

```
lvi      %s58
vld.nc   %v63,8,%s59
lea      %s57,-16000
and      %s56,%s57,(32)0
lea.s1   %s55,-1(,%s56)
adds.l   %s54,%s60,%s55
vld.nc   %v62,8,%s54
vfadd.d  %v61,%v63,%v62
lea      %s53,-8000
and      %s52,%s53,(32)0
```

■図6. 命令コード



修正することなく、VE用コンパイラでコンパイルするだけでSX-Aurora TSUBASAで動作させることができる。

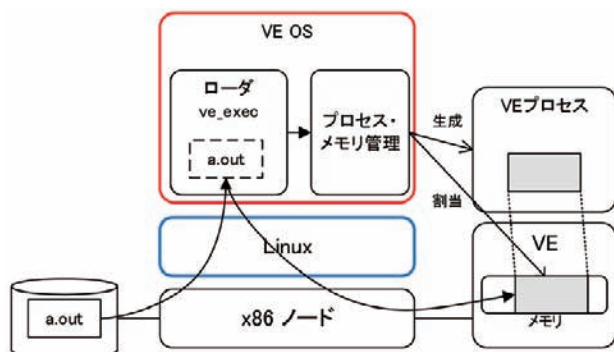
4.2 VE OS

SX-Aurora TSUBASAは、Linuxホスト上にVE OSを動作させることにより、入出力などのシステムコールを含む既存のプログラムをそのまま実行可能としている。本節では、VEプログラムの動作と、それを支えるVE OSの機能を説明する。

4.2.1 VEプログラムの開始

ユーザはVE上で実行するプログラムを指定して、シェルからローダ`ve_exec`を起動する。例えば`a.out`を起動するには、「`ve_exec ./a.out`」を実行する。

VEプログラムの動作を図7に示す。



■図7. VEプログラムの動作

ローダ`ve_exec`は実行ファイルを読み込み、プロセス・メモリ管理機能にVEプロセスの作成を指示する。プロセス・メモリ管理機能はVEプロセスを生成し、当該VEプロセス用にVEのメモリを割り当てる。プロセスの生成が完了すると、ローダはVEプロセスのメモリにプログラムを転送し、VEプロセスの実行開始をプロセス・メモリ管理機能に要求する。プロセス・メモリ管理機能はVEに実行開始指示を送ることで、VEにおいてプログラムの実行が開始される。

4.2.2 システムコール

本項では、VEにおけるシステムコールの実装について説明する。VE OSでシステムコールを処理するハンドラには、以下の2種類の実装がある。

- 単純オフロード: Linuxが提供する同一のシステムコールを呼び出し、その結果をVEプロセスに返す。入出力・

ファイルシステム・ソケットの操作などは単純オフロードハンドラで実装される。

- 各システムコール固有の実装: VE OSが自身の管理するデータを用いて処理する。メモリ管理（`mmap`、`munmap`、`brk`など）やプロセス・スレッド関連（`fork`、`clone`、など）はVE固有の資源を操作するため、固有の実装である。

VEプロセスがシステムコール命令を実行するとVEプロセスが停止され、VEからVE OSにシステムコール割込が通知される。VE OSは割込を受信すると、システムコール番号に基づき対応するハンドラを呼び出す。

大多数のシステムコールは単純オフロードで実装されるので、VE OSはLinuxとの高い互換性を低コストに実現できる。

4.2.3 VE用ライブラリ

VE上で通常のプログラムを実行可能とするため、通常のLinuxと同等のCライブラリ（`libc`）が提供される。VE用`libc`はISO C99、C11、及びPOSIXに準拠したLinux向けのオープンソースの`libc`を移植したものであり、通常のLinuxと同等の機能を提供する。これにより、標準CやPOSIXの関数を使っているアプリケーションのコードを修正することなくVE上で実行できる。

5. おわりに

新型スーパーコンピュータSX-Aurora TSUBASAは、従来のHPC領域だけではなく、ビッグデータ領域の高速化を目指し開発された。幅広い分野での利用を可能とするために、従来の大規模計算機センタのシステムだけではなく、デスクサイドのタワー型ワークステーションまで単一のアーキテクチャで提供することを目指した。

SX-Aurora TSUBASAは、NECが30年以上開発・提供してきた実績あるベクトルスーパーコンピュータの技術と、近年のサーバのデファクトスタンダードであるx86・Linuxを融合することにより、1) 高メモリバンド幅による高い処理性能、2) 自動ベクトル化・自動並列化を行うC/C++、Fortranコンパイラによる使い易さ、3) 多くのユーザが慣れ親しんでいるx86/Linuxによる標準的な環境を実現した。

今後NECはSX-Aurora TSUBASAを従来からのHPC領域のみならず、AI、ビッグデータ解析、資源探査、画像解析、セキュリティなどの新しい領域のプラットフォームとして提供することにより、安全・安心・高効率・公平で豊かな社会の実現に貢献していく。



列車～地上間無線通信システムが利用 する無線周波数の国際協調に関する動向

公益財団法人鉄道総合技術研究所 信号・情報技術研究部 部長

かわさき くにひろ
川崎 邦弘



1. はじめに

我が国の鉄道における通信の歴史は、1872年に新橋～横浜間において初めて鉄道が開業した際に、3本の裸線を用いたモルス電信を使用して閉そく運転を行ったことから始まった。以来、鉄道通信は、列車の安全・安定運行を支える重要なインフラとして発展してきた。現在の鉄道システムでは、全国を網羅する通信網や、列車無線システム、またメンテナンスなどの種々の作業用の無線など、多くの通信設備が活用されている。また、近年の情報通信技術（ICT）の目覚ましい発展に伴い、無線による列車制御や旅客へのブロードバンド通信サービスの提供など、より高度なICTの活用事例が登場してきている。

2015年11月に開催されたWRC-15において、鉄道の安全・安定輸送のために利用されている列車～地上間の無線通信システム（Radiocommunication System between Train and Trackside、略してRSTTと呼ばれている）が利用する無線周波数の国際協調に向けた検討を開始することが決議され、現在、ITU-Rにおいて審議が進められている。本稿では、まず国内の対列車通信システムの現状と今後の無線利用に関する展望について述べたのち、ITU-RでのRSTTに関する審議の経緯と今後の動向を報告する。

2. 国内の対列車通信システムの概要

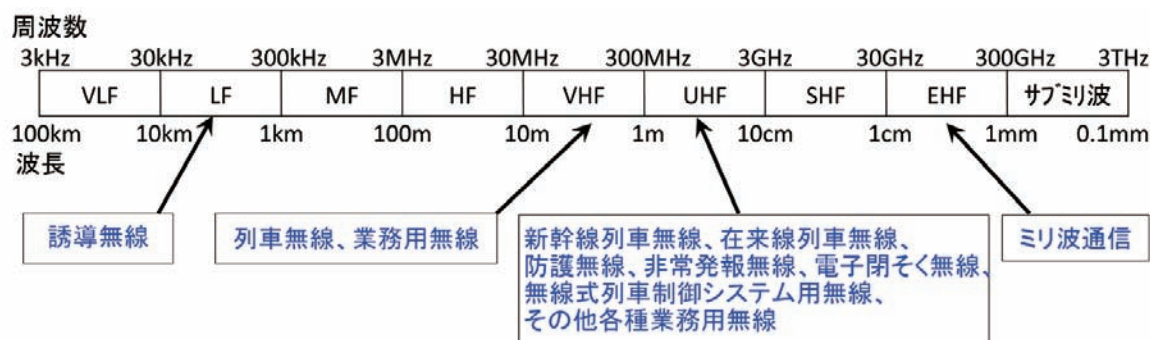
我が国の対列車通信システムは、1954年のLF帯を利用した誘導無線式の列車無線から始まった。1960年には国鉄がUHF帯のFM変調方式による列車無線システムをビジ

ネス特急に導入した。1962年に発生した三河島事故の教訓を受けて1966年から防護無線が導入され、1986年には全国の在来線に列車無線が整備された。1964年の東海道新幹線の開業時には、新幹線列車無線システムが全線に導入された。以来、図1に示すような様々な対列車通信システムが導入されてきた。なお、図1に示した各種の無線通信システムのうち、VHF帯以上の周波数領域を利用するシステムには、「陸上移動業務」に割り当てられている周波数帯のうち、用途が貨客輸送事業用とされている周波数が割り当てられている。

対列車通信システムの役割は、(1) 鉄道の運行業務に関する情報の伝送、(2) 列車の運転制御に関する情報の伝送、(3) 旅客サービスに関する情報の伝送、の3つに大きく分けられることができる。ここでは、ITU-Rでの審議の対象となっている (1) と (2) について概要を以下に述べる。

2.1 鉄道の運行業務に関する情報の伝送

鉄道の運行業務における情報の伝送は、指令～乗務員間、指令～沿線作業員、駅～乗務員間での列車の運行管理に係る指示・報告の伝達が主であり、現在は大部分が音声による伝達が基本となっている。一部の鉄道事業者では、文字情報による伝達のほか、データ通信や画像伝送によるモニタリング、状態監視なども導入している。特に「列車無線」と呼ばれるシステムは、国土交通省の「鉄道の技術上の基準を定める省令」の第60条において設備することが定められている。列車無線には、必要なときに迅速・確



■図1. 国内の主な対列車通信システム



実に情報を伝送できることが求められるため、高い伝送品質が要求される。例えば、新幹線列車無線システムの場合、東海道新幹線開業当時はアナログの空間波方式であったが、サービスエリアは全線の99.9%、回線品質は全線の90%以上で通話S/Nが35dB以上との要求仕様を満足できるように構築されていた。現在、国内の全ての新幹線では、図2に示すようなLCX (Leaky Coaxial Cable、漏洩同軸ケーブル) を使用したシステムとなっており、サービスエリアは全線の99.99%以上 (一部の新幹線では100%)、回線品質は全線の99%以上で通話S/N40dB以上・ビット誤り率 10^{-4} 以下が実現されている。

2.2 列車の運転制御に関する情報の伝送

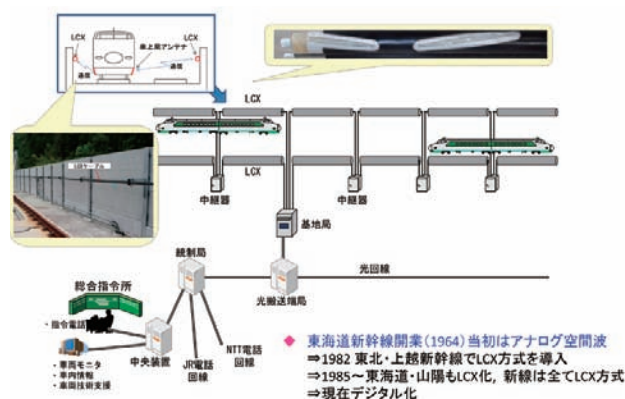
列車の運転制御では、列車の位置や速度の情報、進路制御 (転てつ機の制御) に関する情報など、列車の安全に直接関わる情報が伝送される。これらの保安制御情報の伝送においては、伝送の途絶や誤り、遅延などが列車の安全に影響するため、ゆっくりでも確実に伝送する方法がとられ、伝送速度は1ch当たり数bps～数kbpsのオーダーである。またフェールセーフの考え方にに基づき、伝送に異常が生じた場合は列車を停止させる仕組みが制御システム側に導入されている。具体的なシステムの例として、国内ではATACS (Advanced Train Administration and Communication System) がJR東日本の仙石線と埼京線で実用化されている。ATACSは、1980～1990年代に鉄道総研が開発した新幹線向けの列車制御システムCARAT (Computer And Radio Aided Train control system) の要素技術をベースに、JR東日本が在来線向けに新たに開発した日本初の空間波方式による無線式列車制御システムである。無線による列車制御システムは、世界的にも開発、導

入が進められており、欧州ではGSM-R (鉄道専用に割り当てられた周波数帯を使用するGSM) を用いたETCS (European Train Control System) と呼ばれる列車制御システムが一部で実用化されている。また、列車～地上間の双方向で大容量の情報伝送を行うことによって列車の運行制御を行うCBTC (Communication Based Train Control system) と呼ばれるシステムも開発されており、欧米やアジア圏の地下鉄、都市鉄道に導入されている。なお、保安情報を伝送する通信システムに対しては、IEC (国際電気標準会議) から国際規格IEC62280が発行されており、利用する通信システムのタイプや特性に応じて検証事項や想定すべき脅威と、その対応策の考え方が定められている。

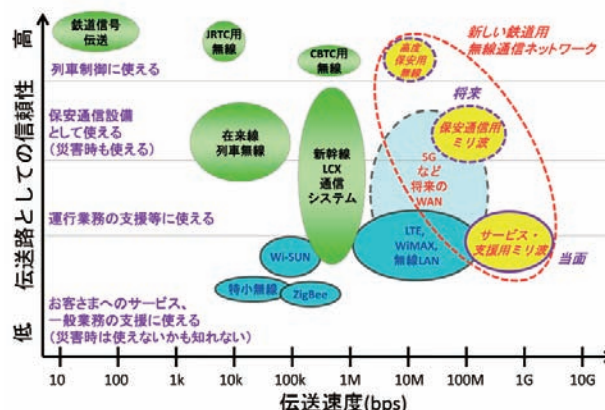
3. 鉄道における無線利用に関する今後の展望

近年のICTの発展は目覚ましく、より高度な無線通信技術を活用した新しい列車の運行・制御システムの構築が可能となってきている。実際に、さらに安全・安定した輸送の実現、業務の効率化、また旅客への情報サービスの拡充をめざして、最新のICTを活用した既存システムの刷新と、新しい鉄道システムの研究開発が鉄道事業者や関連メーカー、各研究機関等で進められている。

現在、鉄道ではUHF帯が最も多く利用されているが、UHF帯は周波数資源がひっ迫していることから、より広い帯域を利用でき、また多くのチャンネル数を確保することが期待できるミリ波帯の活用が検討されている。近年、低コストで高性能な半導体素子が開発されており、また無線周波数の電気信号をそのまま光ファイバーで伝送するRoF (Radio on Fiber) の技術が発展してきていることから、ミリ波による対列車通信システムを低コストで構築することが可能となっている。将来、ミリ波による列車無線が実



■ 図2. 列車無線の例：新幹線列車無線システムの概要

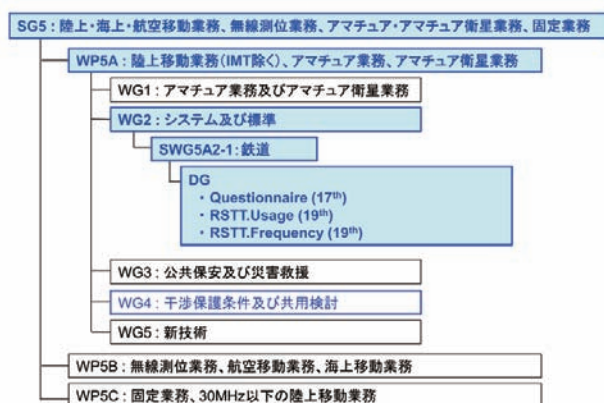


■ 図3. 鉄道における無線通信の今後の展望



用化されれば、これまで実現できなかった運転業務の効率化や旅客サービスの向上、あるいは新しい運転制御方式の導入が期待される。さらに、間もなくサービス開始となる5Gなど、新しい公衆網や汎用の無線通信技術も、より安全で安定した列車の運行を実現するためのツール・手段として積極的に活用していく必要もある。

ただし、高い信頼性・安全性が要求される情報を必要な時に確実に伝送するためには、耐妨害性や通信品質の安定性に関する課題を克服しなければならない。鉄道総研では、複数の無線通信媒体をシームレスにリンクすることにより、大容量かつ高信頼の鉄道用無線通信ネットワークを実現するための研究開発に取り組んでいる（図3）。



■図4. ITU-Rにおける鉄道関連の審議体制

4. ITU-RにおけるRSTTに関する審議状況

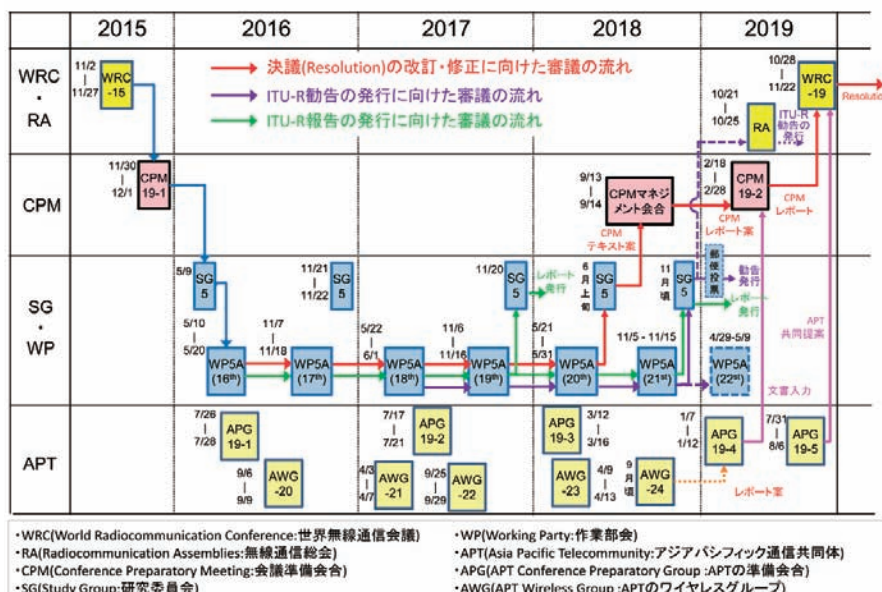
4.1 審議開始の経緯と審議の流れ

2015年11月に開催されたWRC-15において、鉄道の安全・安定運行を支える列車～線路沿線間の無線通信システムRSTTが利用する周波数について、国際的な協調を促進するための議題が中国から提案され、2019年に開催されるWRC-19の議題として採択された（ITU-R決議236（WRC-15））。

ITU-RにおけるRSTTに関する審議は、SG5の中で陸上移動業務を扱っているWP5Aで行われている（図4）。WRC-19までの各種の会合のスケジュールと主な審議内容を図5に示す。2016年11月のWP5A会合までは、周波数協調に関する直接的な議論は行われず、世界各国のRSTTの現状調査とアプリケーションや使用環境等の整理作業が行われた。

■表1. 現時点で予定されている鉄道関連のアウトプット

出力	内容案	完成目標
CPM テキスト	候補①: 決議236の維持	2018年5月
	候補②: 新しい決議	
	候補②': 決議236の改訂	
勧告	RSTT用周波数の国際協調に関する勧告 Recommendation ITU-R M.[RSTT_FRQ]	2018年11月
レポート	RSTTの周波数利用状況に関する報告 Report ITU-R M.[RSTT_USAGE]	2018年11月
	RSTTの構成・機能等に関する報告 Report ITU-R M.[RSTT_DESCRIPTION]	原案完成済



■図5. WRC-19までの審議の流れ

ITUジャーナル Vol. 48 No. 4 (2018. 4)



でのRSTTに関する標準化は、日本の鉄道にとってもメリットがあると考えられる。しかし、その一方で、ITU-Rでの標準化が日本の鉄道にとって大きな影響を与える可能性もある。

ITU-R報告については、強制力を持たないものの、報告に記載された周波数や技術仕様は、国際標準の案・候補として審議されたものと評価される。現時点での報告の草案には日本のシステムの概要や使用周波数が含まれており、現状のまま発行されれば、日本のRSTTを海外に展開する際の根拠資料としての活用が期待できる。ただし、今後の審議の過程で、「特定の一国に固有のものは報告に記載すべきでない」との理由で草案からの削除が提案される可能性が否定できない（実際に主張する国が存在する）。日本の周波数が報告から削除されたとしても、報告に記載される周波数への移行が要求されることはない。しかし、海外からは「ITU-Rの鉄道関係の発行物に載っていない特殊なシステム」とみなされ、海外展開に少なからず影響することが懸念される。今後も、日本のRSTTが報告に記載されるよう継続的に主張する必要がある。

日本として絶対に避けるべき事態は、①「各国のRSTTが共通して使用すべき周波数帯が特定される形で無線通信規則が改訂もしくは勧告が発行される」という状況と、②「改訂された無線通信規則もしくは発行された勧告に日本が使用中もしくは研究開発中の周波数が（一部でも）含まれない」という状況が同時に成立してしまうことである。「各国のRSTTが共通して使用すべき周波数帯が特定される」のではなく、「RSTTが国際的に使用できる共通の周波数帯が特定」されるのであれば、国内で既に運用されているRSTTの利用周波数を変更しなければならない事態を避けることができるだけでなく、日本の鉄道を海外展開する上でも有効と考えられる。しかし、国内のRSTTが現在利用中の周波数や今後利用を計画している周波数が含まれない形で「RSTTに配分すべき周波数」が特定されてしまうと、現用システムの利用周波数を変更しなければならないという事態に陥る可能性がある。現在の審議状況では、このような事態に陥る可能性は低いと思われるが、今後も、ITU-Rの発行物に日本が主張するVHF帯、UHF帯、ミリ波帯の周波数が記載されることを目指して提案活動を行うとともに、①の事態を避けるよう、文章表現等にも十分注意して審議に臨む必要がある。また、WRC-19における議論の結果によっては、次のWRC会合に向けて審議

が継続する可能性もあるので、WRC-19以降の対応も検討する必要がある。

5. おわりに

本稿では、国内の対列車通信システムの概要と今後の展望について述べたのち、ITU-Rで行われている列車～線路沿線間の無線通信システム（RSTT）の周波数利用に関する国際標準化の状況を報告した。

2015年11月の標準化作業の開始決議から2017年12月までの約2年間に、ITU-Rで既に4回の会合が開催され、世界各国のRSTTに関する2本のレポートと1本の勧告の発行に向けた作業が進められてきた。今後、どのような形で周波数協調が議論されるか不透明であるが、審議の進行が速い上、日本のRSTTには国外に提示できる標準が存在しないという不利な面があり、議論の方向によっては厳しい状況となることが予想される。日本の鉄道が不利益を被らないよう、慎重に状況を見極めながら、鉄道業界から積極的に意見を出していく必要がある。なお、本稿では触れられなかったが、ITU-Rでの審議と並行して、アジア地域としてのRSTT用周波数の協調に関する意見をまとめるべく、APT（APG、AWG）でも議論が進められている。

本稿で紹介した鉄道無線国際標準化検討会では、ITU-RとAPTにおける審議への対応を中心に作業を行っているが、今後は、国際標準化への対応だけでなく、国内の現状と国際的な動向を踏まえ、将来の日本の鉄道における無線利用の在り方、標準化への対応について戦略的な観点で議論していくことが望まれる。鉄道総研としても、技術的な研究開発の成果と国際標準化活動の経験を活かし、これらの議論や将来のRSTTの整備に寄与していきたいと考えている。

謝辞

ITU-R及びAPTにおけるRSTT関連の審議に対し、国際会議への参加をはじめ、国内での議論や文書作成等の作業に多大なるご協力、ご支援をいただいている全てのご関係の皆様へ深く敬意を表します。また、ITU-R及びAPTで永くご活躍されているご専門の皆様には、鉄道関連の審議に対して適切かつ暖かいご指導、アドバイスをいただいております。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

（2017年12月18日ITU-R研究会より）



2017年度 APT 研修

Development of Practical Problem-solving Skills : Network Construction for E-application in Regional Community to Bridge the Digital Divide

一般財団法人日本ITU協会 国際協力部

一般財団法人日本ITU協会では、2017年12月4日から15日までの約2週間にわたり、東京都内でAPT*研修“Development of Practical Problem-solving Skills : Network Construction for E-application in Regional Community to Bridge the Digital Divide”を実施した。この研修は、「APT特別拠出金による人材育成プログラム」の一環として募集が行われ、これに応募し採択されたものである。当協会にとって、APT研修は2010年の宇宙通信研修以来、7年ぶりの実施であった。本研修は、新宿駅南口の貸会議室を会場として実施し、研修員は会場に隣接する新宿サンルートプラザ新宿に宿泊した。

今回の研修には、アフガニスタン、ブータン、カンボジア、中国、モンゴル、スリランカ、トンガ、バヌアツ、ベトナムの9か国から1名ずつ9名の研修員が参加した(写真1)。

本研修では、研修員が、自国の都市部と過疎地のコミュニティとの情報格差に起因して生じる様々な問題を解決するために、現状分析から解決策の策定、そして、問題解決のための通信ネットワークの概要設計に至るまでの一連の能力を身につけることを目標とした。研修員が、自国の課題を把握し、その課題に対する解決策を提案できる能力に加えて提示された策を評価できる能力まで身につけることを可能とするために、本研修では、座講で講師の話を聞くだけでなく、全ての科目において、研修員が実技とプレゼンテーションを行いながら、実習を通して能力を身につけるという方式を採用した。このような実地演習型の研

修であることが、本研修の大きな特徴である。

研修員には、自国におけるデジタルディバイドの原因となっている課題を認識させるために、来日前に自国のICT環境の現状と課題を提出させ、講義に先立って、カントリーレポートとともに全員がプレゼンテーションを行った。発表及び発表後の他研修員や講師との議論を通じて、発表者が自国の課題に関する理解をさらに深めるとともに、参加者全員が他国の実情に関する共通理解を持つことを目指した。なお、研修員からのプレゼンテーションの前に、日本のカントリーレポートも兼ねて、当協会の田中専務理事より、日本のテレコム事情についての概説を行った。

本研修では、2週間という短い期間の中で、「PCM」(Project Cycle Management)と「ネットワーク構築」の2科目に焦点を当てて習得をめざした。

PCMは、問題解決のために、まず問題を分析する手法である。この講義を通じて、研修員の各国における情報格差に起因する問題を解決するために必要な課題の汎用的かつ実践的抽出手法の習得を目指すとともに、グループ討論による、研修員間での知識レベルの共有を図った(写真2)。さらに、PCMに関する演習を、研修の最後のアクションプラン(自国の課題解決策)作成の前に実施し、研修員同士の討論を通して自国のICTに関する課題解決方法の策定等について各自が整理できる機会を与えた。

ネットワーク構築では、伝送や電波伝搬等に関する基礎知識を前提として、6つのモデルエリアについて事例研究を



■写真1. 開会式における全体写真



■写真2. PCM演習のようす

* The Asia-Pacific Telecommunity : アジア太平洋電気通信共同体



■表. ネットワーク構築演習に用いた6つのモデルエリア

地域	特徴
A	山岳地域に村が点在している
B	川に沿って小さな町が並んでいる
C	町、町から離れた村、その村からさらに離れた小さな町を結ぶ
D	海岸線走る道路に沿って町が並んでいる
E	沿岸地域に島が点在している
F	砂漠地域に小さな村が点在している



■写真3. ネットワーク構築演習のようす



■写真4. 長野JRC訪問

行った(表、写真3)。研修員は、6つのモデルエリア全てについて通信網の設計・立案の演習を行った。その結果を発表し、講師を交えての検討・討議を行うことで、デジタルディバイド解消に向けた各国地域のためのネットワーク構築の基礎手法を身につけ、その後のアクションプランに利用できる応用力を習得するとともに、帰国後にもここで学んだ技術・知識が自国での様々な問題解決に適用できることを目指した。

こうして実習を通してPCMとネットワーク構築の基本手法を身につけた後、研修員が予め用意した自国で情報格差に係る課題をかかえる地域について、実際にPCMとネットワーク構築手法を適用して、当該地域の問題解決する具体策を

策定し、アクションプランとして発表できるようにまとめた。

研修の最終日には、各研修員によるアクションプランの発表を行った。アクションプランは、研修員各自の自国の問題を解決する通信ネットワークを、PCMとネットワーク構築の手法等を用いて設計・構築したもので、各国独自の問題を解決する提案について活発な議論が行われた。こうした討論と講師の指導を通じて、作成したアクションプランをブラッシュアップし、成果物として自国に持ち帰るとともに研修員間で共有した。これらにより、研修員は、汎用的な問題解決手法を学ぶとともに、解決策の作成プロセスを通じた実践的な課題解決力を身につけることができた。

教室内での講義・実習に加えて施設見学として、期間中の1日、日本無線株式会社の長野の工場を訪れ、災害対策用のポータブルLTEのデモンストレーション等を視察、体験した(写真4)。工場訪問に先立って、同じ日の午前中に長野の善光寺に立ち寄り、地元のボランティアの英語ガイドから善光寺について詳細な説明を受けた(写真5)。早朝出発のバスツアーとなったが、研修員には、自らの目で確認しながら日本の最先端技術に関する知見を得るとともに、日本文化への理解を深めることができる機会となった。

本研修を、今後、より満足の得られる研修としていくために、研修終了時に研修員より講義内容、テキスト及び施設見学に対する評価、意見ならびに要望等を聴取した。これらの評価結果を分析、検討し、コース実施上の改善点を明らかにすることで、次年度以降のプログラムの改善に役立てていきたいと考えている。

最後になりましたが、研修の実施にあたり御指導・御協力をいただきましたAPT及び総務省の皆様、講義資料の作成や研修員の指導に御尽力いただいた講師の皆様、長時間の御対応いただいた見学先の皆様に心より御礼申し上げます。



■写真5. 善光寺講堂参拝



「音の日」と「音の匠」について

一般社団法人日本オーディオ協会 諮問委員・「音の日」実行委員長

もり
森
よしひさ
芳久



一般社団法人日本オーディオ協会（Japan Audio Society 通称JAS）は「豊かなオーディオ文化を広め、楽しさと人間性あふれた社会を創造する」という基本理念を掲げ、オーディオとオーディオビジュアルに関連する法人会員及び個人会員が力を合わせオーディオ文化の発展と市場創造を65年にわたり努めてきました。1994年その活動の一環として、日本オーディオ協会は日本レコード協会や日本音楽スタジオ協会などと手を携え、音とオーディオ及び音楽文化の重要性を広く一般に認識してもらうこと、また産業のさらなる発展に寄与することを目的とし、12月6日を「音の日」記念日として制定いたしました。

(https://www.jas-audio.or.jp/events_cat/sound-day)

今から140年前の1977年12月6日、発明王トーマス・エジソンが世界初の円筒式錫箔蓄音機「フォノグラフ」を発明し、まさにこの日はオーディオ文化の誕生記念日でもあります。そこで1994年より毎年この日に日本オーディオ協会ならびに関係団体がこぞって「音の日」記念日のイベントを催してきました。今日では、特別セミナーや技術カンファレンスなどのほか、第3回「音の日」記念日からはじめました「音の匠」の顕彰と紹介が大きなイベントとなっています。

(https://www.jas-audio.or.jp/events_cat/takumi)

これは音の文化や音を通じて社会に貢献している人を掘り起こし「音の匠」として顕彰するもので、過去には「鉄道線路の不具合をハンマー音で聞きわけ日々鉄道運行の安全を支える」JRの保線係針谷昭（はりがやあきら）氏、「NTTの時報、NTTdocomo留守番電話サービス、銀行や郵便局のATMの音声案内など明瞭で親しみのある声の持ち主」ナレーター中村啓子（なかむらけいこ）氏、「優れた

聴覚と音響技術を用いて水道の水漏れを感知する耳職人」東京都水道局給水課の方々、「イルカの鳴き音によるコミュニケーション方法や生息域に依存する鳴き音の違いなどを明らかにした音とイルカ研究の第一人者」森阪匡通（もりさかたみち）氏、「クモの糸で高音質のバイオリン弦を製作した」奈良県立医科大学名誉教授大崎茂芳（おおさきしげよし）氏、など多くの方を顕彰しマスコミにも取り上げられました。そして昨年第22回「音の匠」には「長年スタジオ機器や建築音響設計に従事し、アビーロードスタジオやルーカスフィルムスタジオなど世界・国内の著名スタジオを手がけた」四日市大学名誉教授豊島政實（とよしまさみ）氏を顕彰いたしました。

こうして昨年までに30名の個人と3団体の「音の匠」が誕生しています。「音の日」や「音の匠」の認知度はまだ高いとは言えませんが、年々TV紹介やマスコミ取材も増え、おかげさまで徐々にではありますが着実に浸透してきています。今年四半世紀を迎える「音の日」の記念イベント、また新しい「音の匠」誕生に、皆さまからの大いなるご声援をお願いいたします。



■「音の日」のキャラクター Soundy君



■写真 「音の匠」ナレーター中村啓子氏。その明瞭で暖かみのある発声から多くの公共の場で彼女の声が使われている。また朗読CDも数多く発売されている。



ITU-R SG5関係会合の結果について

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

こばし やすゆき
小橋 泰之

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

かわさき しょうこ
川崎 祥子

1. はじめに

2018年1月中旬から2月上旬にかけて、国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) において地上業務を所掌するSG5 (第5研究委員会) 配下のTG 5/1第4回会合及びWP5D第29回会合が開催されたので、その概要を報告する。

2. TG 5/1第4回会合

2.1 TG 5/1の所管及び会合の概要

TG 5/1は、WRC-19議題1.13 (将来のIMT開発に向けた24.25-86GHz帯における移動業務の追加一次分配を含むIMT特定のための周波数に関する検討) の検討に必要なITU-Rの研究を実施する責任グループであり、IMTと他業務の共用検討等を行い、共用検討結果や議題を解決する手法等をCPMテキスト案として2018年9月中旬までに完成させることが求められている。

会合は全6回予定されており、2018年5月上旬予定の第5回までに共用検討を完成させ、その検討結果を元に8月下旬予定の最終回までにCPMテキスト案を完成させる計画としている。

第4回会合は2018年1月17日 (水) から1月26日 (金) にかけてスイス (ジュネーブ) にて開催され、38か国から216名が出席し、日本代表団として11名が参加した。

各主管庁、研究機関等から111件の入力寄書があり、共

用検討の作業文書の更新、CPMテキスト案に関するガイドラインに係る審議等を行った。

2.2 主な結果

周波数・業務ごとの共用検討結果を取りまとめる作業文書が更新された。作業文書が作成されている対象周波数・業務は表のとおり。

24.25-27.5GHz帯：議題1.13の対象周波数帯の中でも多くの共用検討結果が入力されている。固定衛星業務の人工衛星局との共用検討に関しては、日本からの入力寄書を含め多くの結果が共用可能性を示している一方、ロシアがIMTシステムから人工衛星局への干渉電力が許容干渉基準を超過するとの結果を示しており、議論が続いている。固定業務との共用検討に関しては、適切な周波数の棲み分けや一定の離隔距離等を設けることにより、十分な共用可能性が示されている。24.25GHzに隣接する地球探査衛星業務 (受動) との共用検討に関しては、IMT無線局の共用検討パラメータで用いている不要発射の強度-13dBm/MHzから約15～40dBの低減が必要との結果が示されている。

31.8-33.4GHz帯：無線航行業務との共用検討に関しては、20～43%の時間率で保護基準値を超える干渉が生じ、また、数十kmの離隔距離が必要との検討結果が示されて

■表. 検討状況一覧 ([] 内は検討結果の数。IMT周波数の分類は作業文書に準拠。)

IMT周波数 (GHz)	同一周波数帯業務	隣接周波数帯業務
24.25-27.5	固定 [7]、固定衛星 [11]、地球探査衛星/宇宙研究 [6]、衛星間通信 [4]	地球探査衛星 (受動) [10] / 電波天文 [3]
31.8-33.4	無線航行 [4]、宇宙研究 [2]	地球探査衛星 (受動) [3]、電波天文 [1]
37-43.5	固定 [1]、固定衛星 [7]、地球探査衛星/宇宙研究 [3]、電波天文 [1]	地球探査衛星 (受動) / 宇宙研究 [2]
42.5-43.5	固定衛星/移動衛星/放送衛星 [5]	
45.5-47	航空移動 [1]	
47.2-50.2	固定衛星 [5]	地球探査衛星 (受動) [3]
50.4-52.6	固定衛星 [3]	地球探査衛星 (受動) [3]
66-71	衛星間通信 [1]	
66-76	固定 [3]	無線標定 [2]
81-86	固定 [2]、電波天文 [1]	地球探査衛星 (受動) [3]、電波天文 [1]、無線標定 [1]



いる。隣接の地球探査衛星業務（受動）との共用検討に関しては、IMT無線局の共用検討パラメータで用いている不要発射の強度 -13dBm/MHz から約 $15 \sim 30\text{dB}$ の低減が必要との結果が示されている。

37.0-43.5GHz帯：24.25-27.5GHz帯に次いで多くの共用検討結果が入力されている。固定衛星業務の地球局との共用検討に関しては、多くの検討結果が共用可能性を示している。37.0GHzに隣接する地球探査衛星業務（受動）との共用検討に関しては、IMT無線局の共用検討パラメータで用いている不要発射の強度 -13dBm/MHz から $10 \sim 20\text{dB}$ の低減が必要との結果が示されている。

45.5-52.6GHz帯：50.2-50.4GHz帯に隣接する地球探査衛星業務（受動）との共用には、IMT無線局の不要発射の低減が必要との結果が示されている。

66-76、81-86GHz帯：76、81GHzに隣接する無線標定業務との共用検討に関して、ドイツより自動車レーダとの共用への懸念が示され、異なる見解を有するHuaweiの検討結果との差分要因を継続検討することとなった。

CPMテキスト案に関しては、WG議長より記載方針、記載項目等を整理したガイドライン文書が提案され、各国意見を踏まえ合意された。ガイドライン及び入力寄書に基づき、具体的な記載内容の審議にも着手したが、まだ共用検討が完了していない状況であり、次回会合で本格的な議論を行うこととした。

前回会合同様、プレナリ会合の配下にアドホックを設置し、共用検討で用いるシステムパラメータの解釈、その取り得る範囲、適用方法の明確化、共用検討の進め方、検討結果へのパラメータの影響について議論を行い、議論結果を元に議長報告を更新した。

共用検討の全体に関する意見として、イランより検討で使用されたパラメータに一貫性がなく比較が困難であるという指摘がなされた。また、ロシアからは、種々のパラメータについて統計的な時間率、場所率を考慮するべきとの提案がなされ、日本を含む米国等複数の国から現在のパラメータで十分であるとの意見が出され長時間の議論となった。結論は得られず、それぞれの見解を議長報告に記載した。

3. WP5D第29回会合

3.1 WP5Dの所掌及び会合の概要

WP5DはIMT (International Mobile Telecommunications : IMT-2000, IMT-Advanced, IMT-2020及びそれ

以降の無線インタフェース技術を含むIMT地上コンポーネントの無線システム関連全て)を所掌しており、IMTに関する各種ITU-R勧告、報告類の策定、改訂作業及びWRC議題関連の検討を行っている。

IMT-2020開発に関しては、2017年11月のSG5にて要求条件、評価方法に関するITU-R報告が承認されており、第32回会合まで無線インタフェース提案の受付段階にある。周波数関連に関しては、WRC-15の結果を受けた周波数アレンジメント勧告の改訂作業や、WRC-19の議題9.1に関する共用検討やCPMテキスト案の作成を行っている。

第29回会合は2018年1月31日（水）から2月7日（水）にかけて韓国（ソウル）にて開催され、35か国から191名が出席し、日本代表团として14名が参加した。

日本から8件の寄書（日中韓共同寄書含む）を入力しており、各主管庁、研究機関等から計117件の入力寄書等に基づき審議を行った。

3.2 主な結果

・一般的審議事項 (General Aspects関連)

①ITU-R報告M.2373「地上IMTシステムにより支援される音声・映像の能力及びアプリケーション」の改訂に関して、任意視点映像アプリをIMT上で展開する場合のシステム構成及び伝送速度に関するWP6Bからリエゾン文書に対し、日本寄与文書により明確化を行い、今回の作業状況を参考情報として知らせる回答リエゾン文書に関連するWP6A、6B、6Cに送付した。

②MTC (Machine Type Communication) に係る新報告草案M. [IMT.MTC] について、日本寄与文書により背景のセクションを具体化し、2020年までのMTC接続数の予測情報を追加した。また、ユースケース、伝送速度、展開範囲、バッテリー年数、狭帯域/広帯域MTCとの関係を示す情報を追加した。また、議題9.1課題9.1.8のCPMテキスト案に関して、WP1B及びWP5Aからのリエゾン文書及び今回の入力寄書を元に、作業文書を更新した。

③WP7BからのUTC (Coordinated Universal Time) の変更がIMTシステムに与える影響を問い合わせるリエゾン文書に対し、議論の結果、より正確な情報を伝えるための時間が必要との回答リエゾン文書を送付し、次回会合に向けて、メンバ各国は寄与文書の入力力が求められた。

・周波数関連事項 (Spectrum Aspects関連)

①1427-1518MHzの周波数アレンジメントにおいて、ESOA



(EMEA Satellite Operator's Association) より、1518MHz以上に分配されている移動衛星業務 (MSS) の保護を念頭に置き、1512-1518MHzの周波数レンジを利用しないFDD及びTDDのアレンジメントが提案された。日本、ブラジル、フィンランド等は、日本が提案したFDDのG2アレンジメントとの互換性がない等の理由から反対したが、ロシアとエジプトは、MSSとの共用検討が完了していない状況では、当該提案を考慮する必要があるとして支持し、G6及びG7として作業文書にアレンジメントが追加され、継続議論となった。

- ②1427-1518MHzのIMTとBSSシステムとの共存検討 (WRC-19議題9.1、課題9.1.2) に関し、フランス、日本及び韓国は、放送衛星業務 (BSS) からIMTへの干渉保護のためには、BSSの宇宙局に電力束密度 (Power Flux Density : PFD) の制限値を設定すべきと提案したが、中国は従来の調整手続きを維持することを提案し、これらの主張が共用検討に関する新報告草案の作業文書及びWRC-19議題9.1課題9.1.2のCPMテキスト案の作業文書に反映された。

- ③TG 5/1での共用検討で用いられているIMTシステムモデルに関する勧告ITU-R M.2101の隣接周波数でのアンテナパタンのモデルがアクティブアンテナシステム (AAS: Active Antenna System) の特性を十分に考慮していないとの主張がイギリス等からあり、本アンテナパターンについての新報告案を検討することが合意された。

・技術関連事項 (Technology Aspects関連)

- ①IMT-2020無線インタフェースの初期提案が3GPPメンバ、韓国及び中国から入力され、内容を確認の上、入力履歴を記載する新IMT-2020文書を作成して、入力情報の内容をITUメンバ以外も閲覧可能とした。
- ②IMT-2020無線インタフェースの評価に関して、外部評価団体であるTTAからシミュレータ、北京郵電大学等からチャンネルモデルに関する情報が入力され、外部評価団体に共有するため、今後ITU-RのIMT-2020評価ページへ

の掲載を検討することとした。

- ③第28回会合にWP1Cから入力された実環境での隣接チャネル漏洩電力比 (ACLR) 測定に関する新勧告策定計画のリエゾン文書 (5D/671) に関しては、アメリカ、韓国及びドイツからの入力を基に討議し、IMT関連の不要輻射に関する既存勧告との間で不整合が生じる可能性があるため、ハンドブックとすることを推奨する内容の回答リエゾン文書を発出した。
- ④ITU-T SG5から入力されたEMC関連のリエゾン文書3件 (5D/790、5D/791及び5D/792) に関しては、ITU-Tにおいて、ITU-Rの所掌であるEMI、帯域外不要放射、測定方法等を検討する内容となっているため、ITU-R内で検討を行うとの回答リエゾン文書を発出した。

3. 今後の予定

今回のSG5関連会合は以下のとおり予定されている。

【TG 5/1】

日程：2018年5月2日 (水) ～ 11日 (金)

場所：スイス (ジュネーブ)

【WP5A、WP5B、WP5C】

日程：2018年5月21日 (月) ～ 6月5日 (火)

場所：スイス (ジュネーブ)

【WP5D】

日程：2018年6月13日 (水) ～ 20日 (水)

場所：メキシコ (カンクン)

4. おわりに

今回の各会合において、日本から積極的に議論に貢献できたことは、長時間・長期間にわたる議論に参加された日本代表団各位、会合前の寄書作成や審議に貢献していただいた関係各位の御尽力の賜物であり、この場をお借りして深く御礼申し上げます。

今後の審議に向けての更なる御協力をお願い申し上げます。



ITU-T SG5(環境、気候変動とサーキュラー・エコノミー) 第2回会合報告



日本電信電話株式会社
ネットワーク基盤技術研究所
研究主任

なかむら なおみち
中村 尚倫



富士通株式会社
環境・CSR本部
シニアディレクター

はしたに たかふみ
端谷 隆文

1. はじめに

ITU-T SG5 (International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector Study Group 5) は、落雷や人体の電磁ばく露、電磁両立性 (EMC : Electromagnetic Compatibility) 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、2017年11月13日～22日にフランス・ソフィアアンティポリスのETSI (欧州標準化機関) 本部で開催された、2017-2020会期の第2回全体会合の審議内容を報告する。

今会合では、WP1 (Working Party 1) 所掌の課題1～5において、14件の勧告案 (改訂8件、新規6件) について勧告化手続きを開始することが合意 (Consent) された。また、4件の補足文書 (Supplement) の発行が同意 (Agreement) された。一方、WP2所掌の課題6、7、9において、5件の新規勧告案について勧告化手続きを開始することが合意 (Consent) された。また、1件の補足文書 (Supplement) の発行が同意 (Agreement) された。

2. 会合概要

- (1) 会合名 : ITU-T SG5 第2回会合 (2017-2020会期)
- (2) 開催場所 : フランス・ソフィアアンティポリス (ETSI 本部)
- (3) 開催期間 : 2017年11月13日～22日
- (4) 出席者 : 29か国 100名 (うち、日本から13名)
- (5) 寄書件数 : 106件 (うち、日本から11件)
- (6) 合意 (Consent) された勧告案 : 改訂8件、新規11件
- (7) 同意 (Agreement) された文書 : 5件

会合結果の詳細はITU-T HPの下記URL参照。

<https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/05/Pages/exec-sum.aspx>

3. 審議結果

3.1 WP1 (EMCと雷防護、電磁界の人体ばく露) における審議状況

課題1 (電磁サージからのICT設備の防護)

本課題では、雷撃や接地、電力システムからの電磁サージに対する通信システムの防護要件の検討を行っている。

今会合では、遠隔サイトの接地構成に関する勧告K.35について、電気機器のキャビネット (EEC : Electronic Equipment Cabinet) のネットワーク接地を緩和する改訂提案があった。審議の結果、環状接地だけではなく、IEC 62305-3で規定されているタイプAの接地方法も可能であることを4.2節に追加することで改訂が合意 (Consent) された。また、通信センタにおける雷サージパルス防護に関する勧告K.40について、SPD (Surge Protective Device) によるバイパスや絶縁トランスによる対策の記載がないため、これらを8章に追加することで改訂が合意 (Consent) された。

課題2 (装置の過電圧耐力和防護素子)

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。

今会合では、サージ防護素子である金属酸化バリスタ (MOV) の適用ガイドに関する新規勧告案K.appl2の最終草案が提案され、審議の結果、合意 (Consent) された。また、通信装置の保護に使用されるシリコンPN接合素子の特性に関する新規勧告案K.pnjの最終草案が提案され、審議の結果、合意 (Consent) された。さらに、ネットワークを介して給電される電圧と電流の安全上の許容値に関する勧告K.50について、技術的誤りを修正する改訂提案が合意 (Consent) された。また、前回会合で作成が承認された5Gシステムの運用に必要な過電圧要件分析に関する補足文書についても、最終草案が同意 (Agreement) された。



その他の議論として、通信装置の過電圧・過電流の基本要件に関する勧告K.44について、STP用Ethernetポートの定義の明確化と要求レベルの緩和の提案があった。本提案に対して日本からは、STP用EthernetポートにはUTPケーブルが接続される可能性があるため、要求レベルの緩和には検討が必要であるとコメントした。本件については、次回の会合で継続して審議される予定である。また、通信ビル内に設置される装置の過電圧要件を規定した勧告K.20及び宅内装置の過電圧要件を規定した勧告K.21に対して、米国から同一キャビネット内でのみ接続されることを前提とした内線ポート等は、試験の省略を可能にする提案があった。本提案に対して日本からは、装置の設置事業者（通信キャリア等）によって必ずしも上記の前提通りに設置されるとは限らないため、了承できないとコメントした。本件についても次回の会合で審議される予定である。さらに、接地端子が無いクラス2機器の過電圧防護方法のうち、一次回路（電源）と外部回路（通信線等）をSPDによって橋絡する方法がIEC 62368では許容されていないことに対し、宅内及びアクセスネットワークにおけるサージ防護素子の使用についての安全ガイダンスに関する新規勧告案K.spdsafeの草案第1版を日本から提案し、内容について了承された。

課題3（ICTからの電磁界に対する人体ばく露）

本課題では、ICT装置など通信施設から発生する電磁界の人体に対するばく露について、管理や測定、ガイドラインの検討を行っている。

今会合では、モバイル端末使用時の人体ばく露低減のための最適事例に関する新規勧告案K.BPracについて、GSMA、エリクソン、テレフォニカ、テレストラ、ボーダフォン等からの文書提案とオレンジからの追加情報が提出され、審議が行われた。審議の結果これらの文書をベースに検討を継続することとなった。

前回会合で日本が課題提起し、改訂作業開始が了承された、電磁界の人体ばく露の制限に対する適合に関する勧告K.52について、改訂草案が審議された。審議の結果、引用文献などの最新化を含めた最終草案が合意（Consent）された。

人体ばく露評価のための無線関連規格であるIEC 62232の第2版が2017年8月に発行されたことを受け、関連する勧告である、通信設備からの電磁界の測定・計算方法に関するガイダンスに関する勧告K.61、無線基地局近傍の電磁

界ばく露を制限値以下にするための対策方法に関する勧告K.70、電磁界の人体ばく露の評価やモニタリングに対するガイダンスに関する勧告K.91、運用中の基地局の人体ばく露制限への適合性確認のための電磁界測定法に関する勧告K.100をIEC 62232に整合させる改訂提案が審議され、合意（Consent）された。また、5Gシステムに対する人体ばく露について補足文書の草案が審議され、同意（Agreement）された。一方で、5Gシステムの電磁界の適合性に関する提案が複数あったことを受け、別途補足文書を新たに作成することが了承された。

課題4（電気通信環境における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、通信施設内の照明器具からのエミッション要件に関する新規勧告案K.lightについて、草案第3版が日本から提案された。審議では、300MHz-1GHzの定常妨害波についてはCISPR 32のクラスBではなくクラスA相当の許容値を採用すべき、とのコメントが中国から提案されたが、通信装置の高度化・高機能化に伴い装置の動作がよりセンシティブであることから、厳しい許容値（クラスB相当）を採用すべきと反論した結果、イタリア及びポーランドの支持が得られたことから、大幅な修正をせず最終草案が合意（Consent）された。

IEC 61000-4-5（サージイミュニティ試験法）について、最新版の第3版では第2版と比較して試験時の校正方法が大きく異なり、改版による論理的な根拠が乏しいことから、ITUのKシリーズ勧告で当該規格を引用している場合は第2版を適用すること、IEC SC77Bに対してこの問題点を共有するリエゾンを送付することを日本から提案した結果、了承された。

ボディーウォーン（ウェアラブル）機器の電磁環境に関する新規勧告案K.bwenvについて、最終草案が中国から提案され、審議の結果、微修正を経て合意（Consent）された。5Gのモバイルシステムの普及を見据え、EMCの側面から課題を分析し、要件を定義するための補足文書について、草案がラポータより提案された。審議の中で、5Gの技術仕様はまだ明らかになっていない部分が多いものの、基本的には既存のEMC規格が適用できること、今後5Gの仕様の明確化に伴って本補足文書を随時改訂することで、最終草案が同意（Agreement）された。

また、5Gのモバイル時代において、基地局共用や周波数



共用による受動的な相互変調歪 (passive intermodulation) による無線通信問題の発生を見据え、設計法や試験方法に関する新規勧告作成を中国が提案した。審議の結果、ワークアイテム名K.pimとして作成することが了承された。ただし、本勧告の内容はITU-R SG5Dの所掌である可能性があることから、SG5Dに対してリエゾンが送付された。有線ネットワーク装置のEMC要件に関する新規勧告案K.wire-line_emc、無線ネットワーク装置のEMC要件に関する新規勧告案K.radio_emcについても審議が行われたが、大幅な進展はなかった。ただし、今後これらの新規勧告案は通信装置のEMC要件に関する製品群勧告K.48から移行することが予定されているため、審議動向を注視する必要がある。

課題5 (電磁界と粒子放射線からのICTシステムのセキュリティと信頼性)

本課題では、粒子放射線による通信装置のソフトウェアや電磁波セキュリティに関する検討を行っている。

今会合では、ソフトウェア対策の設計法に関する新規勧告案K.soft_desについて、キーワードや用語の定義、ソフトウェアからの復旧手順などが追加された草案第4版が日本から提案された。審議の結果、微修正を施した最終草案が合意 (Consent) された。ソフトウェアの試験法に関する新規勧告案K.soft_testについて、各設備のニュートロンスpektrumの例や試験報告書のフォーマットを追記した草案第4版が日本から提案された。審議の結果、微修正を施した最終草案が合意 (Consent) された。ソフトウェア対策の設計法のうち、FPGAに対する対策方法を記述した補足文書Suppl. to K.soft_desの草案第2版が日本から提案された。第2版では図の説明や対策方法の明確化、簡略化を行い、本文全体を見直した。審議の結果、微修正を施した最終草案が同意 (Agreement) された。

前回会合で承認された、ソフトウェアに対する信頼性要件に関する新規勧告案K.soft_reqについて、草案第1版が提案された。審議の結果、全体の構成について了承された。信頼性要件の詳細は検討中のため、次回の草案に盛り込まれる予定である。

3.2 WP2 (環境、エネルギー効率とサーキュラー・エコノミー) における審議状況

課題6 (エネルギー効率とスマートエネルギーの実現)

L.NET_Infra_assessment (インフラとメンテナンスフェー

ズの影響を考慮したトータルネットワークのエネルギー効率メトリックスと測定手法) に関しては、C111R1 (Huawei) 及びC112 (Huawei) の内容を反映した最新ドラフトTD331R2に対するレビューが行われ、L.I332として合意 (Consent) された。

前会合で技術文書TRとして同意したLTR.5GEE (将来の5Gシステムに対するエネルギー効率を評価するための方法とメトリックスに関する検討) に対してサブリメント化 (Suppl.MM_5G) する提案C172 (Huawei, Telecom Italy) に基づき、L.Suppl.36 to ITU-T L.I310として同意 (Agreement) された。

ETSIとのジョイント会合では、LENST2 battery (エネルギー貯蔵技術-バッテリー技術)、LENST3supercap (エネルギー貯蔵技術-スーパーキャパシタ技術)、L.400migration (通信局舎/データセンタの400VDC給電・配電化に向けた段階的な移行)、L.GAL2 (NFV環境 “Green Abstraction Layer2” における電力管理用インタフェース)、L.mmNFV (NFVのエネルギー効率の測定方法) についてそれぞれ、レビューが行われ、その内容を反映させた最新ドラフトが作成された。

新規作業項目の提案として、L.proc_DC (Procurement Criteria for Data Centres (データセンタに関する調達基準)) が合意された。

課題7 (電子廃棄物と環境配慮型ICT設計に関する環境に優しく安全なマネジメント (偽造デバイスの取扱いを含む))

- ・ L.EPR (サステイナブルなE-Waste管理のための拡大生産者責任-ガイドライン): 廃棄時の記憶媒体の個人情報削除の責任が生産者にもあるという議論に対し、自動的に生産者の責任にするのは困難、使用者の依頼に基づいて (Based on users' request) を追記するよう要請し対処され、L.1021として合意 (Consent) された。
- ・ L.CE ICT (循環経済: 循環型ICT製品とネットワークへ向かうアプローチに関するキャリアとサプライヤのガイド): 今会合でNWIとして設定、サービスによる脱物化、長寿命、リサイクル性などの基本的な要件を記述したガイドラインとしてTD380R1にまとめ、L.1020としてスピード合意 (Consent) された。



課題9（持続可能な開発目標を推進するための、ICT持続可能性評価）

- ・ L.ICT&FA（気候変動の影響に対する漁業セクターの適応におけるICTの利用）：エジプト政府から提案された案件で、農業分野に続いて、漁業分野でも漁場を守りつつ効率的な漁業（スマート漁業）を目指すべく電子会議を通じてドラフトが進捗、本会議で改めて審議し、TD367-R2へ更新、L1505として合意（Consent）された。
- ・ L.CCRisk（電気通信と電力施設の気候変動リスク評価のフレームワーク）：用語の不整合（リスク要因と指標を明確化）を修正し、TD405-R1へ更新、L1506として合意（Consent）された。その他、以下2件について作業項目が進捗した。

L.MAE（ICTセクターの環境影響評価のための方法論）：持続可能な開発目標13にICTセクターがどのように貢献すべきかを検討するため、同セクター内で、どの程度環境影響を与えているかを評価する方法論に取り組むための勧告を目指している。2017年からTeliaSoneraとともに、GeSI（Global e-Sustainability Initiative）に参加しているメンバー企業と協力して、ICTセクターのエネルギー使用量と

二酸化炭素排出量を見積もる研究に取り組んでおり（エリクソン）、2018年に公表される予定の調査の結果を今後、取り込んでいく。

L.MAAP（他のセクターにおけるICTの積極的なセクターレベルの影響を評価するための方法論）：スケルトンのみ提示された状態で、これに関連し、日立、富士通、NECから、JEITAの2本の関連レポートを情報提供、結果、IoTやAIの将来像について勧告案に価値をもたらすことが認識され、一部を草案勧告の附属書として含めることで合意した。

4. 今後の予定

次回のSG5会合は、2018年9月11日～21日にジュネーブで開催される予定である。次回の会合までの間隔が長いため、WP1を2018年5月21日～25日、WP2を2018年3月5日～9日にジュネーブでそれぞれ開催を予定している。

謝辞

本稿作成に際し、SG5第2回会合日本代表団の皆様の報告資料を参考にさせていただいた。



第2回ITU-T SG11会合報告

国立研究開発法人情報通信研究機構
オープンイノベーション推進本部 イノベーション推進部門
(元 日本電気株式会社 テレコムキャリア企画本部)

けんよし かおる
鉾吉 薫



1. SG11概要

ITU-T SG11は、通信網の信号要求条件とプロトコルを研究テーマとして、Signalling System 7、ISDN、NGN、SDN等の信号方式の開発を行っている。WTSA-08（2008年10月）では、途上国からの強い要望に応じて端末やネットワーク機器の相互接続のためのコンフォーマンスとインタオペラビリティ試験（C&I）のリードSGとなり、WTSA-16（2016年10月）では、ICT機器の模造品対策と盗難品対策が新たに研究テーマとして追加された。今会期のSG11構成を図に示す。

日本からは、筆者がWP3議長、課題10/11“新たなIMT-2020技術の試験手法のラポータ”、課題11/11“プロトコルとネットワークテストの仕様、フレームワークと手法”の副ラポータを担当し、谷川氏（NEC）が課題12/11“IoT、そのアプリケーションと識別システムの試験”の副ラポータを担当している。

2. 会合の概要

2017年 11月 8日～17日にスイス（ジュネーブ）にて今会期の第2回となるITU-T SG11会合が開催された。各国主管庁、標準化機関、ネットワークオペレータ、ベンダ等から約100名が参加し、日本からはNEC、NTTから4名が

参加した。本会合には、寄書84件、臨時文書（TD）249件が提出され、14件の勧告案をコンセンスト、13件の新規ワークアイテムを承認、19件のリエゾン文書を作成した。

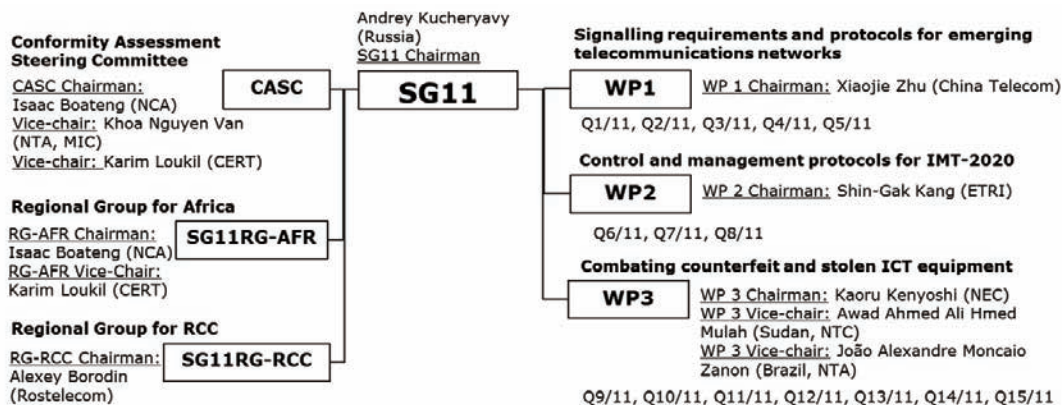
TSBより報告された会合の統計データでは、提出された寄書数、コンセンストドキュメント数、新規ワークアイテム数は、前会合と比較し各々20～60%程度増加している。これはSG11が取り扱う研究テーマが増えていること、SG11配下に設置されたアフリカ及びEECAT^{*1}の各地域会合の活動が活性化しているためと考えられる。

3. 課題別の主な議論

3.1 SDNとIMT-2020

SDN/NFVの信号要求条件、ブロードバンドネットワークゲートウェイの動的帯域制御に関する信号要求条件、SDNベースのアクセスネットワーク制御の信号要求条件等の議論が進展し、以下4件の勧告草案が完成した。

- ITU-T Q.3740 : Signalling Requirements for SDN and NFV based Central Office services ;
- ITU-T Q.3716 : Signalling Requirements for Mapping between Physical and Virtual Networks ;
- ITU-T Q.3715 : Signalling requirements for dynamic bandwidth adjustment on demand on broadband



■図. SG11構成

*1 EASTERN EUROPE, CENTRAL ASIA AND TRANSCAUCASIA



network gateway implemented by software defined networking technologies ;

- ITU-T Q.3714 : Signalling requirements of SDN-based access networks with media independent management capabilities ;

課題6/11ではQ.NS-LCMP “Protocol for network slice lifecycle management” の議論が進展し、ドラフト文書の改版を行い、課題6/11と7/11ではIMT-2020関連の新規勧告草案として以下3件を合意した。

- Q.CE-APIMP : Protocol for managing capability exposure APIs in IMT-2020 network ;
- Q.D2D-EECP : Energy efficient D2D communication protocol for IMT 2020 network ;
- Q.QMP-TCA : QoS management protocol for time constraint applications over SDN ;

筆者がラポータを担当する課題10/11では、LTE、3GPP ユーザ端末/モバイル基地局の上り/下りリンク測定のための試験仕様の検討提案がスーダン、サウジアラビア、ナイジェリアから共同寄書として提出されたほか、SDNコントローラの試験仕様の検討提案がロシアから提案され、新規勧告草案としてQ.SDN-CT “Framework of SDN controller testing” を合意した。

3.2 信号方式

ITU-T勧告Q.1912.5 “Interworking between Session Initiation Protocol (SIP) and Bearer Independent Call Control protocol or ISDN User Part” の改版が完成し、ITU-T勧告草案Q.3405 “IPv6 protocol procedures for broadband services” の議論が進展した。課題3/11では、自然災害対策として迅速な実装が可能なテレコムネットワークを研究するQ.ETN-DS “Signalling architecture of the fast deployment emergency telecommunication network to be used in a natural disaster” がロシアから提案され、新規ワークアイテムとして合意した。

3.3 SS7セキュリティ

課題2/11では、SS7 (Signalling System 7) セキュリティに関連する複数の寄書がChina telecomより提出され、SS7による番号通知付加サービス信号手順を記述するQ.731.3の改版を議論し、3章の発信者番号通知に関する記述を中心にセキュリティを強化するための記述が追加された。ネットワークエンティティと発信者番号の識別と検証

のための新勧告草案Q.SR-Trust “Signalling requirements and architecture for interconnection between trustable network entities” がロシアから提案され、新規ワークアイテムとして合意した。

3.4 VoLTE/ViLTE相互接続

SG11は、第7回ITU CTO会議 (2015年11月) にて決議されたコミュニケを受け、2015年12月にワークショップを開催し、VoLTE/ViLTE相互接続の信号方式と試験仕様の研究を進めている。約2年間の審議の結果、以下2件の勧告草案が完成した。

- ITU-T Q.3640 : Framework of interconnection of VoLTE/ViLTE-based networks ;
- ITU-T Q.3953 : VoLTE/ViLTE interconnection testing for interworking and roaming scenarios.

課題1/11では、分散ENUMネットワークにおけるIMS相互接続の信号要求条件を研究する新規勧告草案DEN_IMS “Signalling architecture of distributed ENUM networking for IMS” がChina telecomより提案され、新規ワークアイテムとして合意した。課題3/11では、Q.suppl. Multi_Device_ETS “Signalling requirements for VoLTE-based network and GSM/UMTS network supporting Multi-device emergency telecommunications service” の議論が進展しドラフト文書の改版を行い、新規勧告草案として以下2件のワークアイテムを合意した。

- Q.VoLTE-SAO-req : Requirements for signalling network analyses and optimization in VoLTE ;
- Q.Suppl.VoLTE_ETS_Interconnection : Signalling requirements for interconnection between VoLTE-based network and other networks supporting emergency telecommunications service (ETS) ;

3.5 IoTとCloud computing

課題12/11では、IoT試験仕様として初のITU-T勧告となるQ.3952 “The architecture and facilities of Model network for IoT testing” が完成しコンセントされた。課題13/11では、Cloud computingのモニタリングパラメータ、Cloud computingのインタオペラビリティ試験仕様等の議論が進展し、以下2件の勧告草案が完成しコンセントされた。

- Q.3914 : Set of parameters of cloud computing for monitoring ;



- Q.4041.1: Cloud computing infrastructure capabilities interoperability testing – part 1: Interoperability testing between CSC and CSP;

3.6 ICT機器の模造品対策と盗難品対策

課題15/11では、Q.FW_CCF “Framework for solution to combat counterfeit ICT Devices”、Q.FW_CSM “Framework for Combating the use of Stolen Mobile ICT Devices”、TR-CF_BP “Technical Report - Guidelines on Best Practice and Solutions for Combating Counterfeit ICT Devices” の議論が進展し、各々のドラフト文書を改版した。Q.FW_CCFは、次会合にてTAPによる勧告承認手続きを開始する予定である。本勧告草案の議論では、文書のスコープに改ざんされた（Tampered）ICT機器を含めるかどうかが未解決課題として残っており、次会合にて解決を図る予定である。

3.7 ITU-T CASC (Conformity Assessment Steering Committee)

2017年11月9日に第5回CASC会合が開催された。CASCは、SG11配下の組織として2015年4月に設置され、ITU-T勧告に準拠したコンFORMANCE試験を実施する能力のある試験機関を認証（Recognition）する手順の開発を行っている。今会合では、WTSA-16 Resolution 2とResolution 76に整合させるためにToR（Terms of Reference）の改版を行い、IEC^{*2}と連携した認証スキームの確立のためのIECEE^{*3} Task Forceとの協力関係について議論した。今後CASC議長（Mr. Isaac BOATENG、NCA Ghana）より、CASCで開発しているガイドラインに対してIECからの寄書入力を求めて、検討を進める予定である。

4. IMT-2020と将来網の制御プレーンワークショップ

2017年11月15日にIMT-2020と将来網の制御プレーンにおける現在の課題と今後の対応をテーマとするワークショップが開催され、28か国から82名が参加した。ワーク

ショップは、セッション1：ITUと他の標準化団体の活動、セッション2：将来網への世界的取組み、セッション3：IMT-2020の制御プレーンから構成され、ITU、ETSI等の標準化団体、China telecom、SK telecom、NTC Sudan、ZTE等のネットワークオペレータとベンダ、ETRI、KAIST、SPbSUT Russia、Telecom Sud Paris等の研究機関から12件のプレゼンが行われた。セッション3ではプレーンストリーミングによる議論を行い、オープンソースコミュニティとの協力関係の確立、3GPP、ETSI、MEF等の関連標準化団体との連携強化、ITUメンバから各国の研究と導入状況を入力する寄書活動、IoT IMS signalingやFog/Edge Computingの研究推進などがSG11に対して提言されている。

参考URL：<https://www.itu.int/en/ITU-T/Workshops-and-Seminars/201711/Pages/default.aspx>. (TIESアカウントが必要)

5. 次会合の予定

2018年に以下のSG11会合とラポータ会合を予定している。

2018年3月20～22日 課題9、10ラポータ会合（ETSI TC INTとジョイント）：チェコ共和国（プラハ）

2018年4月9～18日 WP1、WP2会合と関連ラポータ会合：スイス（ジュネーブ）

2018年7月18～26日 SG11会合（SG13とコロケート）：スイス（ジュネーブ）

6. おわりに

今回のSG11会合では、SDNとIMT-2020の信号方式と試験仕様、VoLTE/ViLTE相互接続、SS7セキュリティ、ICT機器の模造品対策、試験機関認証手順等の課題を議論し、先進国、途上国の主管庁、ネットワークオペレータ、ベンダから多くの関心が寄せられた。会合参加者からは、これらSG11が検討する課題と活動の重要性を認識する意見が出され、引き続き検討を進めていく予定である。

*2 International Electrotechnical Commission

*3 IEC System of Conformity Assessment Schemes for Electrotechnical Equipment and Components



■表1. 今会合でコンセントされた勧告のリスト

勧告番号	種別	勧告名	最終文書番号	課題名
Q.1912.5	改定	Interworking between Session Initiation Protocol (SIP) and Bearer Independent Call Control protocol or ISDN User Part	TD376-R1/GEN	2/11
Q.3640	新規	Framework of interconnection of VoLTE/ViLTE-based networks	TD377/GEN	2/11
Q.3740	新規	Signalling Requirements for SDN and NFV based Central Office services	TD395/GEN	4/11
Q.3716	新規	Signalling Requirements for Mapping between Physical and Virtual Networks	TD394/GEN	4/11
Q.3715	新規	Signalling requirements for dynamic bandwidth adjustment on demand on broadband network gateway implemented by software defined networking technologies	TD368-R1/GEN	5/11
Q.3714	新規	Signalling requirements of SDN-based access networks with media independent management capabilities	TD356/GEN	7/11
X.609.4	新規	Managed P2P communications : Multimedia streaming peer protocol	TD392/GEN	8/11
X.609.5	新規	Managed P2P communications : Multimedia streaming overlay management protocol	TD393/GEN	8/11
Q.4016	改定	Testing specification of call establishment procedures based on SIP/SDP and ITU-T H.248 for a real-time fax over IP service	TD386-R1/GEN	11/11
Q.3940	改定	NGN/IMS interconnection tests between network operators at the IMS 'Ic' interface and NGN NNI / SIP-I	TD385-R1/GEN	11/11
Q.3953	新規	VoLTE/ViLTE interconnection testing for interworking and roaming scenarios	TD408/GEN	11/11
Q.3952	新規	The architecture and facilities of Model network for IoT testing	TD324/GEN	12/11
Q.3914	新規	Set of parameters of cloud computing for monitoring	TD367-R1/GEN	13/11
Q.4041.1	新規	Cloud computing infrastructure capabilities interoperability testing – part 1 : Interoperability testing between CSC and CSP	TD361-R1/GEN	14/11

■表2. 今会合で承認されたワークアイテムのリスト

課題名	ワークアイテム名	タイトル	タイミング	関連文書
Q1/11	Q.DEN_IMS	Signalling architecture of distributed ENUM networking for IMS	2019-07	TD382/GEN
Q2/11	Q.SR-Trust	Signalling requirements and architecture for interconnection between trustable network entities	2019-11	TD374/GEN
Q2/11	Q.VoLTE-SAO-req	Requirements for signalling network analyses and optimization in VoLTE	2019-02	TD375/GEN
Q3/11	Q.ETN-DS	Signalling architecture of the fast deployment emergency telecommunication network to be used in a natural disaster	2019-02	TD355/GEN
Q3/11	Q.suppl.Multi_Device_ETS	Signalling requirements for VoLTE-based network and GSMUMTS network supporting Multi-device emergency telecommunications service	2019-10	TD354/GEN
Q6/11	Q.CE-APIMP	Protocol for managing capability exposure APIs in IMT-2020 network	2019-12	TD351/GEN
Q6/11	Q.D2D-EECP	Energy efficient D2D communication protocol for IMT 2020 network	2019-12	TD352/GEN
Q7/11	Q.QMP-TCA	QoS management protocol for time constraint applications over SDN	2019-02	TD360/GEN
Q9/11	Q.SP-RT-NP	Signalling procedures of the probes to be used for remote testing of network parameters	2018	TD384/GEN
Q10/11	Q.SDN-CT	Framework of SDN controller testing	20191Q	TD401/GEN
Q11/11	Q.TI-TEST	Framework of model network for Tactile Internet testing	2019	TD387/GEN
Q13/11	Q.SQM	Signalling requirements and architecture for the Internet service quality monitoring system	12-2019	TD366/GEN
Q13/11	Q.BNGP	Set of parameters of vBNG for monitoring	12-2019	TD365/GEN



シリーズ！ 活躍する2017年度国際活動奨励賞受賞者 その7

はかまだ よしたか
袴田 佳孝

日本放送協会 技術局 計画部
hakamada.y-hk@nhk.or.jp
<http://www.nhk.or.jp/>



ITU-T SG9において、4K・8Kケーブルテレビ伝送を実現するために既存の伝送路を用いて大容量伝送を可能とする複数搬送波伝送方式を提案し、提案内容に基づいた勧告の策定に大きく貢献した。

複数搬送波伝送方式の国際標準化

この度は、日本ITU協会国際活動奨励賞という栄誉ある賞を頂き、誠に光栄に存じます。日本ITU協会並びに関係者の皆様に御礼申し上げます。

国内では、4K・8K衛星放送の2018年12月本放送開始に向けて準備が着々と進められています。私は、ITU-Tにおいてケーブルテレビの研究課題を取り扱うStudy Group 9 (SG9) に2014年から参加し、4K・8K衛星放送のケーブルテレビ伝送を実現するために開発した複数搬送波伝送方式の標準化に携わりました。方式は3つの勧告 (ITU-T勧告J.183、J.288、J.94) により構成されます。本稿では、方式の国際標準化に至った経緯について主に述べたいと思います。

4K・8K放送のケーブルテレビ伝送方式の標準化に向けて、国内では日本CATV技術協会 (JCTEA: Japan Cable Television Engineering Association) の規格・標準化委員会にケーブル伝送方式高度化WGが設けられ、2013年12月から複数搬送波伝送方式の検討が開始されました。NHKでは、複数搬送波伝送方式の早期の国際標準化を目指して、JCTEAにおける方式検討と並行して国際標準化作業に着手することとし、2014年9月に開催されたITU-T SG9会合に参加しました。この会合では、国内標準化と齟齬なく国際標準化を完了するため、国内で進められていた検討

内容をもとに多重フレームを規定する既存の勧告J.183及びSI (Service Information) 関連を規定する勧告J.94の改訂を提案する寄与文書を入力しました。

また、2015年6月に開催されたITU-T SG9会合では、4K・8K衛星放送で採択された可変長パケット形式への対応方法について提案する寄与文書を入力し、新勧告J.288の策定に向けた作業を開始しました。

その後、2015年11月に複数搬送波伝送方式の標準規格がJCTEAから発行され、2016年1月のITU-T SG9会合では、その内容に整合するように既存勧告J.183及びJ.94の勧告改定草案及び新勧告J.288の勧告草案を作成しました。会合での審議の結果、3つの勧告草案すべてが承認され、2016年3月に3つの勧告の発行に至りました。

ITUでの標準化活動を開始した当初は右も左も分からないような状況でありましたが、社内外の諸先輩方にご指導をいただきながら初めて国際標準化の活動に携わりました。その中で、様々な考え方や立場の異なる会社・国に所属している専門家が課題解決のために会議に集まり、議論を行うなかで広がる人脈や仲間意識は標準化作業ならではのものだと感じています。今回の受賞を励みに、今後も放送技術の発展に向けた標準化活動に取り組んでいきたいと思っています。



ひろせ かつまさ
広瀬 克昌

日本放送協会 技術局 開発センター 建築施設部
hirose.k-hm@nhk.or.jp
<http://www.nhk.or.jp/>



ペルーにおける日本の地上デジタル放送方式（ISDB-T）の普及に向け、技術セミナーを通じた地デジの認知度向上、現地技術者の育成に大きく貢献するとともに、緊急警報放送（EWBS）を活用した防災設備の整備に取り組んだ。

ペルーでのISDB-T普及活動 ―ポコアポコの手で―

この度は、日本ITU協会国際活動奨励賞を頂き、大変光栄に存じます。日本ITU協会並びに関係の皆様へ厚く御礼申し上げます。

私は、2012年10月から2年間、独立行政法人国際協力機構（JICA）の技術協力専門家として、ペルーの地上デジタル放送（地デジ）の普及に向け、首都リマを拠点に活動しました。着任時点でリマでは7局が地デジを開始しており、当面の目標は地方都市での地デジ開始でした。日本の総務省に当たるペルー運輸通信省の担当者とともに地方都市に出向き、その都市の周波数プランや、地デジ開始のマイルストーン（マスタープラン）を説明するなどの地デジセミナーを開催して認知度向上に努めました。セミナーでは、ISDB-Tの特長の一つである緊急警報放送（EWBS：Emergency Warning Broadcast System）も紹介しました。ペルーは日本と同じ環太平洋造山帯に位置する地震国で、周期的に大きな地震や津波による被害、さらにはエル・ニーニョやラ・ニーニャなどの異常気象による洪水等が起きており、どのセミナーでもEWBSへの高い関心が寄せられました。2012年には、ペルーの地震・津波防災能力向上を目的として、EWBSを含む地デジ放送機材を供与する防災無償計画が両国間で公文交換されました。本計画は、地デジ送信設備を地方7都市に設置し、リマからのEWBSを地デジに多重させて、地方での放送波による緊急情報受信を可能とするもので、2016年6月からペルー国内での

運用を開始しました。2017年9月に発生したメキシコ沿岸の地震（M8.1）では、津波到来を知らせるEWBSが発出され、日本以外で初めての實用国となりました。今後もペルー版EWBSが、一人でも多くの生命・財産を守るシステムになり続けることを切に願っています。

2年間の活動を通して、ペルーの人々には南米特有の時間・期限に対するルーズさがあるものの、会って話をするとても親和的で建設的であると感じました。ポコアポコ（少しずつ）の精神で着実に前に進んでいる国であり、マチュピチュに魅了されるように、一度訪れれば誰もが好きになる国だと思っています。また、日系移民が構築したコミュニティは、1990年代に大統領だったアルベルト・フジモリ氏に象徴されるように、ひととき親日色が強いと感じます。距離はあれど“太平洋をはさんだ隣国”として、これからも地デジをはじめとする様々な分野での日本に対する期待は高く、ペルー地デジ普及のために2年間で全力で駆け抜け、微力ながら貢献できたことは今でも良き思い出であり、誇りに思っております。2016年11月には、日本政府の「国際社会における日本の貢献を紹介する」広報TVCM事業で、私のペルーでの活動の様子をまとめたCMが、リマで開催されたAPEC首脳会議にあわせて中南米全域に放映されました。今回の受賞を励みに、今後もペルーをはじめとするISDB-T国際展開や、4K/8K放送システムの普及に貢献していきたいと考えています。

ITUAJより

編集後記

1867年に日本とデンマークが外交関係を樹立してから、昨年は150周年を迎えました。デンマーク企業The Great Northern Telegraph Company（大北電信会社）が、1871年に日本初の国際電信線を敷設した経緯から、フォトリックをキーワードとして、デンマーク王国大使館主催の150周年記念セミナー「PHOTONICS CREATING THE FUTURE!」が開催されました。日本・デンマークを代表する研究者が集まり、フォトリックに関する基礎研究から実例をあげた応用研究まで興味深い発表がされた中から、「光通信技術に関する最新研究動向」の講師にご寄稿をいただきました。また、駐日デンマーク王国大使からはITUジャーナル読者へのメッセージをお寄せいただいています。ぜひご一読ください。

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	白江 久純	総務省 国際戦略局
〃	高木 世紀	総務省 国際戦略局
〃	三宅雄一郎	総務省 国際戦略局
〃	網野 尚子	総務省 総合通信基盤局
〃	成瀬 由紀	国立研究開発法人情報通信研究機構
〃	岩田 秀行	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
〃	津田 健吾	日本放送協会
〃	山口 淳郎	一般社団法人日本民間放送連盟
〃	田中 基晴	通信電線線材協会
〃	中兼 晴香	パナソニック株式会社
〃	牧野 真也	三菱電機株式会社
〃	東 充宏	富士通株式会社
〃	飯村 優子	ソニー株式会社
〃	江川 尚志	日本電気株式会社
〃	岩崎 哲久	株式会社東芝
〃	辻 弘美	沖電気工業株式会社
〃	三宅 滋	株式会社日立製作所
〃	斧原 晃一	一般社団法人情報通信技術委員会
〃	菅原 健	一般社団法人電波産業会
顧問	小菅 敏夫	電気通信大学
〃	齊藤 忠夫	一般社団法人ICT-ISAC
〃	橋本 明	株式会社NTTドコモ
〃	田中 良明	早稲田大学

編集顧問より

個人情報の保護と活用の調和を

デジタルハリウッド大学客員教授
電気通信大学名誉教授

こすげ としお
小菅 敏夫



21世紀のデジタル社会で、情報通信技術（ICT）により革命的に開拓されたものは、情報ではないでしょうか。情報の流通や情報の保護にかかわる秩序として、ICTの発展による新たな法的な問題に対応する情報法が必要です。その重要な一つが個人情報保護法ではないでしょうか。

経済開発協力機構（OECD）の「プライバシー保護、個人データの国際流通についてのガイドライン」の8原則（1980年）により個人情報の保護を日本も国内法の制定を求められました。国や地方行政機関などに対する個人情報保護法や条例などは、1980年代に制定されましたが、民間を含めた個人情報保護法の成立は2005年まで待たねばなりません。この法律は、個人情報の活用と保護の両方を基本としたもので、その調和をどうとるかが要の課題の多い法律でした。10年間のICT発展に合わせ、個人情報の保護と活用の拡大への動きに対応できるよう、2015年個人情報保護委員会が新設され、また、個人情報保護法が改正されました。2017年に改正個人情報保護法の全面施行、同時期にガイドラインでは、個人情報利用目的変更の制限緩和、個人データの第三者提供のオプトアウトの厳格化、トレーサビリティの確保、越境データの移転、保有個人データに係る開示請求権などの明確化、匿名加工情報に関する規定が追加されました。これらの改正により、個人情報の活用を「社会の公共財」として利活用できるものと考えられます。もちろんそれと同時に保護に対する施策の強化が改正内容に整備されました。個人情報保護委員会の新設により、いわゆる内閣府設置法による委員会（三条委員会）として独立性のある監視、監督、立ち入り検査権限などを有するもので、個人情報の保護に不安感を持つ国民には、良き護り手です。個人情報の保護と活用の調和になくはならない存在です。

ITUジャーナル

Vol.48 No.4 平成30年4月1日発行／毎月1回1日発行

発行人 小笠原倫明

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、大野かおり、石田直子

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