



ジャーナル

1

Journal of the ITU Association of Japan
January 2019 Vol.49 No.1

特集

量子技術の動向と量子ニューラルネットワークについて その2

量子技術を用いた新しい計算機への取組み

組合せ最適化計算エンジンの開発

CMOSアニーリングマシンの概要

スポットライト

日本で唯一の国際電波監視局「三浦電波監視センター」

3GPPサミット:5Gの実現・利活用に向けたコラボレーション

会合報告

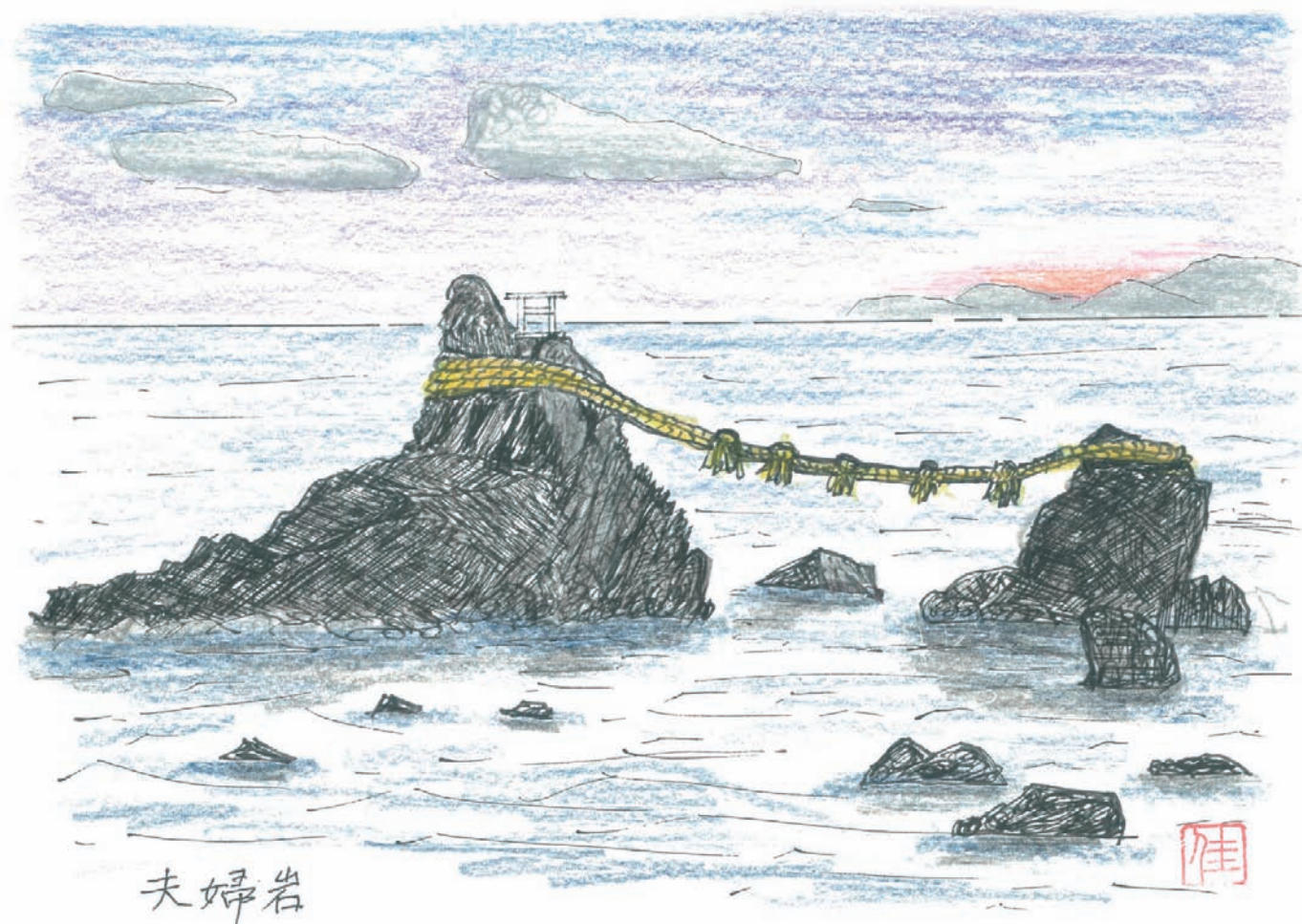
ITU-R:SG7 (科学業務)

ITU-T:SG15 (伝送網、アクセス網及びホーム網に関するネットワーク、技術及び基盤設備)

APT :管理委員会、AWG (無線通信グループ)

海外だより

英国EU離脱の行方



年頭挨拶

平成31年 総務大臣年頭所感 石田 真敏	3
2019年も協力を：ITU事務総局長の新年のご挨拶 Houlin Zhao	4
新年を迎えて 福岡 徹	6
2019年を迎えて 亀山 渉	7

特集

量子技術の動向と量子ニューラルネットワークについて その2

量子技術を用いた新しい計算機への取組み 齊藤 志郎／武居 弘樹／後藤 秀樹	8
組合せ最適化計算エンジンの開発 柴崎 崇之	12
CMOSアニーリングマシンの概要 山岡 雅直	16

スポット
ライト

日本で唯一の国際電波監視局「三浦電波監視センター」 横田 幸男	20
3GPPサミット：5Gの実現・利活用に向けたコラボレーション —5G標準化の最前線— CEATEC JAPAN 2018コンファレンスイベント開催 住田 正臣／中村 一夫	22

会合報告

ITU-R SG7 関係会合の結果について 馬田 祐佳子	27
ITU-T SG15 第3回Geneva本会合結果報告 村上 誠／近藤 芳展／坂本 泰志／中村 浩崇	29
第42回APT管理委員会の結果 三浦 崇英	36
APT無線通信グループ第24回会合（2018年9月17日～21日）報告 総務省 総合通信基盤局 電波部 電波政策課 国際周波数政策室	41



【表紙の絵】

大谷大学 真宗総合研究所 池田佳和

●夫婦岩（三重県伊勢市）
二見興玉神社の磯合にある2つの岩。伊勢神宮参詣に合わせ、江戸時代から二見浦にある夫婦岩（めおといわ）が観光の名所になっている。初日の出は残念ながらこの岩の間からは昇らない。左の大きいのが男岩、右が女岩と呼ばれているが現代の男女平等思想からは問題かもしれない。

海外
だより

英国EU離脱の行方 平松 寛代	43
--------------------	----

この人・
あの時

シリーズ！ 活躍する2018年度 日本ITU協会賞奨励賞受賞者 その3 内野 徹／岡部 伸雄	45
--	----

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



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

平成31年 総務大臣年頭所感



総務大臣

いしだ まさとし
石田 真敏

新年明けましておめでとうございます。お健やかに新年をお迎えのこととお慶び申し上げます。

昨年の10月、総務大臣・内閣府特命担当大臣（マイナンバー担当）の大役を仰せつかりました。所掌範囲も広く、国民生活に密着した多くの課題がありますが、国民の皆様のご期待に沿えるよう懸命に頑張っております。

〈ICT基盤の充実〉

第5世代移動通信システム、いわゆる5Gや光ファイバなどは、Society5.0に不可欠なインフラであり、都市と地方との情報格差を解消する鍵となります。5Gに必要な電波を割り当て、2年以内に全都道府県に展開するよう求めるとともに、光ファイバ等の地域展開の予算を盛り込み、全国で早期に利用可能となるよう取り組みます。あわせて、電波がより有効に利用されるよう、周波数の割当制度や電波利用料制度の見直しなどの電波制度改革を推進します。

多言語音声翻訳システムは、すでに英中韓国語でTOEIC 800点レベルとなり、日常会話などで簡単にお使い頂けるようになっています。外国人材受け入れや2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向け、より多くの言語、より多くの場面でお使い頂けるよう開発と普及に取り組みます。

あらゆる産業分野におけるIoT、AIの活用を強力に進め、産業競争力を向上させるため、最先端の情報通信技術の研究開発・標準化を進めます。その他、社会を大きく変える力となるブロックチェーン技術、情報信託機能、キャッシュレスなどの導入を積極的に進めます。

我々の生活により広く、深くICTが浸透するにつれて、サイバー攻撃などは社会への脅威となります。脆弱なIoT機器対策など、官民連携したセキュリティ対策に取り組みます。あわせて消費者保護や社会的な課題への対応を進め、安心・安全なICT社会を目指します。

Society5.0を支える人材育成も必要です。児童生徒をはじめ、様々な人々がプログラミングなどを学ぶ「地域ICTクラブ」の整備やオープンデータを推進するための地方の人材育成など、多面的に取り組みます。

ICTを最大限活用して、国民一人一人が、都市や地方など住む場所にとらわれず、それぞれに合った働き方、暮らし方ができる社会の実現に取り組みます。まず、働きたいと望む人にとって柔軟な働き方ができ、東京一極集中是正にもつながるよう、全国規模でテレワークを普及させる「テレワーク・デイズ」に取り組むほか、サテライト・オフィスやモバイル勤務など、自らが住みたい地域に住みながら、自らが選ぶ時間や空間で働ける環境を整備します。

昨年12月から鮮やかで臨場感あふれる映像が楽しめる「新4K8K衛星放送」が始まりました。この4K8K技術を5Gなどの通信技術と組み合わせ、遠隔操作や遠隔医療などに活用し、日本のどこでも高度なICTを使って、働いたり、生活に必要なサービスを受けることができる環境整備を推進します。

Society5.0の恩恵は、障害の有無や年齢、そして地域にかかわらずあらゆる人々にもたらされるべきものです。このため、字幕・解説・手話放送の充実を含め、ICT利活用の支援に取り組み、誰もが豊かな人生を享受できる社会を実現します。

〈ICTの海外展開〉

これからの日本の成長には、海外との一層の連携が不可欠です。6月のG20茨城つくば貿易・デジタル経済大臣会合では、私も共同議長を務めます。AIの開発と利活用、情報の自由な流通の促進など、世界の今後の重要課題について、国際的な政策連携を進めます。これに向け、ICTの研究開発と社会実装、それに加え海外展開を一体として進めるためのICTグローバル戦略を策定し、日本を発展させつつ国際的な貢献ができるよう取り組みます。

その他、引き続き海外の成長市場獲得のため、通信・放送・郵便インフラや電波システムに加え、統計や消防、行政相談制度も含め、日本の強みを活かしたインフラ・システムの海外展開に、積極的に取り組みます。また、放送コンテンツの海外展開により、被災地を含めた地方への外国人観光客の増加や地域産品の販路拡大を通じ、地域活性化に貢献します。

皆様の今年のご健勝・ご多幸を祈念し、新年のご挨拶とさせていただきます。

平成31年1月

2019年も協力を：ITU事務総局長の新年のご挨拶



ITU 事務総局長

Houlin Zhao

日本ITU協会を通じITUの日本の関係者の皆様に新年のご挨拶をさせていただく機会を頂き光栄に存じます。

ITUへの最大の拠出国で、技術分野では最大の貢献国でもあり、また世界の発展に寄与するため、人々やモノを情報通信でつなげる積極的な取組みについて世界のリーダーでもあります日本は、ITUの最も大切なパートナーです。日本のセクターメンバーや産業界は長年にわたりいつもその先導役でした。

近年では民間セクターと独立行政法人 国際協力機構（JICA）とが提携して発展途上国の情報通信技術（ICT）を推進する革新的な協力計画を成就しました。例えば、富士通はベトナムでICTの技術を農業に導入して、安全かつ安定した農業生産をもたらすことができました。

多くの国々がICTの力で国連が提唱する持続可能な開発目標（SDGs）の推進に弾みをつけようと試みていますが、私はインフラ、投資、技術革新、包括性の促進に力を尽くし成功を収めている日本の取り組み方を参考にしようと考えています。

パートナーシップはITUのDNAの一部とも言えます。ICT分野の国連専門機関であるITUは無線スペクトラム、衛星軌道、通信技術やサービスの国際標準の作成、そして発展途上国が国連のSDGsに沿ってICTのインフラや開発政策の計画を実施するための援助など様々な活動を193の国メンバーや800を超える産業界、アカデミー等のメンバーの協力で進めています。このようにITUの幅広いパートナーシップがこれらの業務を国際的な規模で成し遂げる鍵となっています。

2018年に達成した業績をいくつか述べたいと思います。

革新的な技術を率いる上でITUはその利害関係者と共に、今まで着実な進展を成し遂げ、新しい技術が環境に

優しく効率的で安全、かつ低コストとなるよう尽力しています。また誰もがどこでもインターネットの恩恵を受け莫大なリソースにアクセスできるよう、ITUはデジタルディバイドの解消に向け大きく前進をしました。これについてITUはITUのパートナーと共にチームを組み、成功裡に成就させるよう2019年以降も協力を呼びかけていきたいと考えています。

新技術の推進に向けて

技術の世界は急速に変化し、それに伴いITUも変化しています。

ITUはいかにして人々により良いICTサービスを提供し、第4次産業革命の期待に沿うことができるのか、これまでよりもさらに、ITUは取り組んでいかなければならないと思います。

ここ数年間、ITUは技術革新の最前線にいました。ITUは人口知能（AI）、Smart cities、デジタル通貨等からモノのインターネット（IoT）、新時代のテレビ、第5世代移動通信（5G）システムに至るまで広い分野の標準化に携わってきました。またITUはICTのインフラの開発を容易にするための活動もしてきました。

新しい年にはITU世界無線通信会議（WRC-19）が開催予定で、5Gシステムの新しい周波数割当て、周波数識別、成層圏プラットフォームや非静止衛星などについて審議が行われる予定です。今、これらの審議が順調に執り行われるようコンセンサスの準備が行われているところです。

ICT発展のための提携

ICTは順調に進展しているのですが、未だに世界の人口の約半分の人々は通信につながっておらず、これらの人々



はデジタル革命の恩恵を受けていません。そこでITUはそのキーパートナーの役を担い、その発展に取り組んでいます。SDGsの達成に向け、広帯域インターネットへのアクセスが手頃な料金で誰もが利用可能となるようITUは加盟国やその他のメンバーをサポートしています。ITUはスケールメリットや相互接続性を向上させるため、法制面と標準とが国際的に調和がとれるよう幅広く通信業界の人々を集めてきました。2018年末には世界で約44億のブロードバンドの加入者が見込まれています。加えて、ITUは兄弟である国連専門機関との協力関係を強め、共通の重要なプロジェクト、ICT普及の事業のテコ入れを行いSDGsの進展に貢献しました。

このプロジェクトでITUはデジタル普及のためのデジタルリテラシーから健康、財政まで多岐にわたる事項にも取り組みました。大変光栄なことに、インフラ整備の発展のため外部の機関であるブロードバンド委員会 (Broadband Commission) や国際労働機関 (ILO) と共に、将来の労働力の訓練プログラムを実施したり、国連WomenともEQUALSイニシアティブに加わりデジタル・ジェンダー・デバイドの解消に向け協力をしています。

進歩と繁栄のためのスキルの形成と雇用機会の促進

ITUは若者たちがもっとデジタル分野での雇用機会を得られるようICTスキルの形成の援助を先導しています。昨年、ITUは国連Women、アフリカ連合と一緒にアフリカの女性たちにデジタルリテラシーのスキルを身につけてもらう

ためのイニシアティブを立ち上げました。

またITUは各国の政策立案者、民間や非政府組織やアカデミーのパートナーの人々に向け「ITU's Digital Skills Toolkit」を発行し、何百万の若者が就職に結びつくデジタルスキルを身につけるよう役立ててもらいたいと願っています。

昨年南アフリカのダーバンで開催されたITU世界テレコム2018では94か国3,100人の参加者が集まりました。その際に若者のイノベーターと企業とが一堂に会して企業の専門家が若者にアドバイスを与える機会を作りました。さらにITU Telecom賞を若いイノベーターに授与して彼らのイノベーションの功績をたたえました。

さらなる成功に向け緊密な協力関係を

私はこれまでITUが成し遂げてきた事業によって大変勇気づけられているように感じます。これは共に密接に手を取り合って事業に挑んできたため、事業は大きく前進し、結果的に持続性のある包括的な発展に結びつくことができたと思っています。幅広く異なるグループや人々が一連の共通の目標に向かって協力すれば大きな成果をもたすことを確信しています。

日本ITU協会やITUのメンバーの方々、これからも国連の開発計画の2030年の達成に照準を合わせ、力を合わせて推進していきましょう。

2019年が皆様にとって平和で健康で幸福な年でありますよう心よりお祈り申し上げます。

新年を迎えて



一般財団法人日本ITU協会
理事長

ふくおか とおる
福岡 徹

謹んで新春のお慶びを申し上げます。

いよいよあらゆるものがネットワークにつながるIoT時代に突入です。それも単につながるだけでなく、AI技術を背景にし、高度で緻密なサービスが実現されます。

一般家庭にはAI技術を活用したスマートスピーカーによる情報収集や家電制御などが普及し始めました。車やドローン、船舶等の自動運転、ロボット制御なども一層の高度化が進んでいます。また、昨年(2018年)末から新4K/8K衛星放送が始まり、みちびき4機体制による我が国独自の測位システムサービスも始まりました。

このような革新的なICTのうねりの中、当協会もその動向に沿うべく業務に取り組んでおります。

昨年を振り返って見ますと、ITUの最高意思決定機関である全権委員会がドバイ(アラブ首長国連邦)で開催されました。我が国は理事国としての再選を果たし、橋本明氏が無線通信規則委員会(RRB)委員として選任されました。国内では、第5世代移動通信システムの国際協調に向けた国際会議(ITU-R SG5 WP5D)が開催され、当協会は、両会議の事務局運営に携わる事ができました。

南アフリカでは、ITU世界テレコム2018が開催され、現地速報を発信させていただきました。

また、昨年5月17日には「第50回世界情報社会・電気通信日のつどい」を開催しました。ここでは、ITU-T等における国際標準化活動で活躍された井上友二氏が総務大臣賞を、また、ネパールにおける無線通信ネットワークの構築等に多大な貢献されたマハビール・ブン氏が日本ITU協会賞特別賞を受賞されました。誠に嬉しい限りです。

さらに、アジア地域の開発途上国の通信関係者に対する研修(APT研修)や、国際交渉能力向上のための体験カリキュラムを導入した協会独自のパフォーマンスセミナーも大変好評裏に終了することができました。

そして今年(2019年)、国際的な電波秩序を規律する無線通信規則改正に関わる世界無線通信会議(WRC-19)がエジプトで開催されます。また、ITU世界テレコム2019は、ハンガリーで開催されることになりました。

日本国内では、この世界無線通信会議に向けた準備会合(APG)やAPT域内の電気通信分野の標準化活動に関する会合(ASTAP)が開催される予定です。

本年も、日本政府、賛助会員の皆様とともに、これらの活動を支えてまいる所存です。

最後に、皆様の御健勝と御活躍を心より御祈念申し上げます。まして、新年の御挨拶とさせていただきます。



2019年を迎えて



早稲田大学
基幹理工学部情報通信学科 教授
一般財団法人日本 ITU 協会
出版・編集委員会 委員長

かめやま わたる
亀山 渉

新年、明けましておめでとうございます。

出版・編集委員会を代表し、会員の皆様に謹んで新年のお喜びを申し上げます。本年も、「ITUジャーナル」と「New Breeze」を通し、会員の皆様にホットで有益な情報をお届けしてまいりたいと思います。

さて、2018年はIoTやAIに関する話題に事欠かない一年でした。我が家の空気清浄機もネットワークにつながり、遠隔で操作し、加えて、部屋の温度、湿度、におい、PM2.5等の状況を遠隔で知ることができるようになりました。また、我が家にはありませんが、皆様の中にはスマートスピーカーを活用していらっしゃる方も少なくないのではと推察いたします。2019年は、IoTやAIが、一般家庭に益々浸透していく年になるのではないかと思います。

IoTで思い出すのは、カーネギーメロン大学のコーラ販売機です。それまで、インターネットにはいわゆるコンピュータしかつながっていませんでしたが、世界で初めて、コンピュータ以外の機器をネットワークにつないだ事例、即ち、IoTの原点とされています。詳しい情報は文献^[1]にありますので、ご存じない方はご一読されることをお勧めいたしますが、概要は以下のようです。

カーネギーメロン大学コンピュータサイエンス学科のビルには、1970年頃、あるいはそれ以前から、コーラ販売機が設置されており、ボランティアの大学院生により運営され、不定期にストックが補充されていたとのことです。1970年代中頃、学科の拡張に伴い、多くの研究室等がコーラ販売機のあるメインのビルから少し離れたところに移動しました。そのため、せっかくコーラ販売機に出向いても、売り切れだったり、まだ冷えていなかったりという状況に出会うことになったそうです。そこで、幾人かの学生が、コーラ販売機に簡単なハードウェアを追加し、ストックがどれくらいあるのか、

コーラが冷えているのかをモニタし、ミニコンのPDP-10にその情報をアップロードするプログラムを作成しました。加えて、この情報をUNIXのFingerプログラムで、ネットワークを通して簡単に遠隔から取り出せるようにしました。1982年のことです。これにより、学科の学生は（教員も?）コーラ販売機の状態をチェックしてからコーラを買いに行くようになり、「せっかく出向いたのに残念」という状況には出会わなくなったとのことです。その後、このハードウェアやプログラムは様々な学生によって改良が加えられ、運用が続いたそうです。

1980年代半ば、インターネットコミュニティでこの話は大変有名になり、当時学生だった私もUsenetでこの内容を知りました。また、先輩がその学科に留学していたこともあり、1988年頃だったと思いますが、カーネギーメロン大学を訪問し、コーラ販売機の実物を見学し、そのプログラムを実行しているところも見せてもらいました。もちろん、当時はIoTという言葉はありませんでしたが、インターネットの可能性について深く考えさせられるとともに、コーラ販売機をネットワークにつなぐという発想に大変感心いたしました。冷たいコーラを無駄足することなく買いたいという「必要は発明の母」的なものから生まれたものであるからこそ、今から37年前の出来事です。実用的な素晴らしい発想として、IoTの原点と言われているのかも知れません。また、学生達が自由に発想したことを実装できる環境や気風がカーネギーメロン大学にあったことも、見逃せない点だと思われます。文献^[1]を読むと、当時の学生達が遊び心一杯に、しかし真剣にこのシステムを作っていた様子が伺え、大変貴重でメモリアルなウェブページになっています。

翻って、現代の私たちは、37年前の学生達とは比較できないほど高度なハードウェアとソフトウェア技術を手にしています。37年前の学生達に引けを取らないような素晴らしい発想で、IoTを利用した社会に役立つ新しいサービスを生み出していくにはどうすれば良いのか、新しい年を迎えたことを契機に、今一度、原点に立ち戻って考えてみるのも良いのかも知れません。

結びといたしまして、会員の皆様のご多幸とご健勝、そして本年が皆様にとって更なる飛躍の年となりますことを祈念いたします。本年も「ITUジャーナル」をどうぞ宜しくお願いいたします。

参考文献

- [1] <https://www.cs.cmu.edu/~coke/>
(2018年12月25日最終確認)



量子技術を用いた新しい計算機への取り組み



日本電信電話株式会社
NTT物性科学基礎研究
量子電子物性研究部
超伝導量子回路研究
グループ
グループリーダー

さいとう しろ
齊藤 志郎



日本電信電話株式会社
NTT物性科学基礎研究
量子光物性研究部
量子光制御研究グループ
グループリーダー

たけすえ ひろ
武居 弘樹



日本電信電話株式会社
NTT物性科学基礎研究
企画担当
企画担当部長

こう ひと
後藤 秀樹

1. はじめに

デジタル計算機の進展に飽和が見られる現在、物理システムを用いて既存の計算機が不得手としてきた問題を効率よく解くことを目的とした計算機の研究開発が盛んに行われている。中でも、量子計算機は、量子重ね合わせ状態を用いることで従来の計算機に対して計算時間、エネルギー消費等において飛躍的な効率化を可能とする技術として注目を集め、最近ではIBM、Google、マイクロソフトといった巨大企業が開発に本腰を入れつつある。本稿では、NTTにおける物理システムを用いた新しい計算機実現への取り組みについて紹介する。第1章では、NTTがこれまで開発してきた量子エレクトロニクス技術を用いた新しい計算機「コヒーレントイジングマシン (CIM)」について述べる。第2章では、量子計算機の基本素子となる量子ビットを用いた量子力学の原理実証実験を紹介する。

2. 光を使った新原理計算機「コヒーレントイジングマシン」

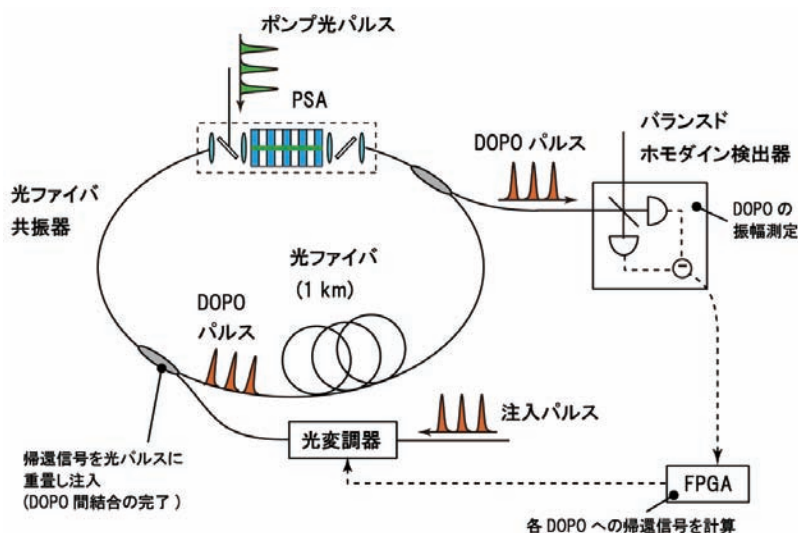
NTTでは、量子エレクトロニクス技術を用いて、組合せ最適化問題と呼ばれる問題を効率よく解く新原理計算機CIMの研究開発を行っている。CIMは、縮退光パラメトリック発振器 (DOPO) と呼ばれる光発振器を用いて、相互作用するスピン群の理論モデルである「イジングモデル」のエネルギー最小問題を高速に解くことができるものである。

DOPOは、発振閾値より上においてその発振位相が後述のポンプ光の位相に対して0または π の2値の何れかしかりえない、特殊な光発振器である。よって、位相0を上向きスピン、位相 π を下向きスピンと割り当てることにより、イジングスピン状態をDOPOの位相で安定に表現することができる。DOPOは、位相感応増幅器 (PSA)^[1] と呼ばれる特殊な光増幅器を光共振器内に配置することで生成する。PSAは、光パラメトリック増幅器の一種で、非線形光学媒質にポンプ光と信号光を入力することで、信号光を増幅し、信号光とポンプ光の差周

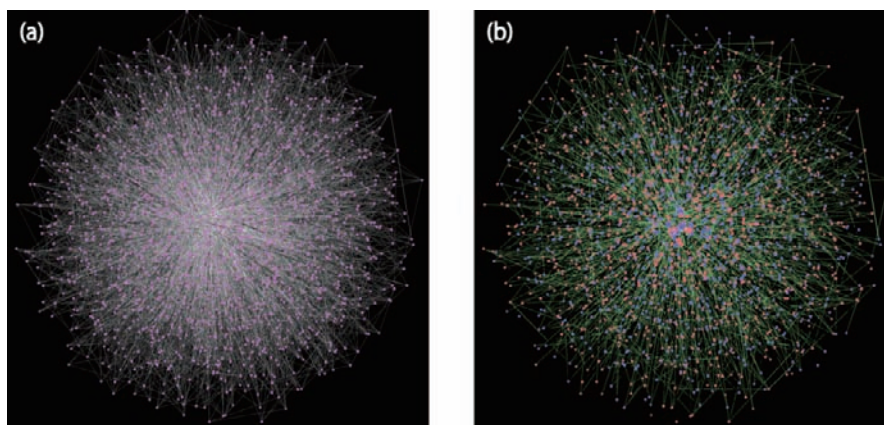
波に相当する周波数の光 (アイトラ光) を発生するものである。ここで、信号光とアイトラ光が同じ周波数となると、この増幅器はポンプ光に対する位相差が0または π の光をもっとも効率よく増幅する。これを光共振器内に配置することで、ポンプ光に対する位相差0または π のみで発振する光発振器を得ることができる。

この光発振器において、パルス状態のポンプ光を用い、光共振器の1周時間をポンプ光パルスの時間間隔のN倍に設定することで、1つの光システムを用いてN個の独立なDOPOパルスを発生することができる^[2]。NTTでは、長さが1km~20kmの光共振器と、繰り返し周波数1GHz~10GHzのポンプ光パルスを用いることで、5000~100万の時間多重されたDOPOパルス群の一括発生に成功している^[3-6]。

DOPOパルス間の相互作用は、遅延干渉計による直接結合法^[2, 3]と測定・フィードバック法 (MFB)^[5, 6]がこれまでに報告されている。ここではMFBについて述べる。MFBを用いたCIMの概略図を図1に示す。1kmの光ファイバ共振器内に配置されたPSAを1GHzの繰り返し周波数のポンプ光パルスで駆動することにより、約5000のDOPOパルス群を発生可能である。PSAにポンプ光を入力すると、真空スクイズド光と呼ばれる雑音光パルスが発生し、それらが共振器を周回し、PSAにより繰り返し増幅を受けることで、光パルス振幅が次第に増幅し、約1000周後にDOPOの特徴である位相の離散化が起こる。このとき、DOPO共振器1周ごとに2048個のDOPOパルス群のエネルギーの一部をビームスプリッターで共振器外に取り出し、平衡ホモダイン検出器を用いてその振幅測定を行う。得られた2048の振幅測定結果 (2048要素のベクトル) は、Field programmable gate array (FPGA) に入力される。FPGAには、解きたいイジングモデル問題に相当するスピン間相互作用 (2048 x 2048の行列) をあらかじめ入力しておく。FPGAは、これらの積を計算することで、所望の結合を実現するための各DOPOパルスへの帰還信号



■ 図1. CIMの構成 (NTT技術ジャーナル Vol.2017.5、pp.11-14 (2017) より転載)



■ 図2. CIMによる最大カット問題の解探索。(a) 頂点数2000、枝数19900のグラフ問題の可視化。頂点がピンクの点、枝が白線で示されている。(b) CIMによる解探索結果。頂点が赤と青の2グループに分割された結果、緑で示す枝を切ることができた。(NTT技術ジャーナル Vol.2017.5、pp.11-14 (2017) より転載)

を得る。これを光変調器により、共振器内を周回するDOPOパルスと同じ光周波数をもつ光パルスに重畳し、DOPOパルスに注入することで、DOPO間結合を実現する。本手法により、2000スピン間の全ての組合せの2体相互作用（有方向結合も含めると、約400万通り）を実現することができる。動作開始時にはランダムな位相を有していた真空スクイズド光パルス群は、MFBにより相互作用を繰り返し、やがて全系が最も安定となる位相の組合せで発振する。発振後の各DOPOの位相を読み取ることで、入力したイジング問題の解を得る。

NTTは、NII、大阪大学、東京大学らと共同で、MFBに基づくCIMを構築し、大規模組合せ最適化問題の解探索を実現した（図2）^[5]。2016年に実施した実験では、2000要素の全結合グラフの最大カット問題の解探索において、CPU

上で実装した焼きなまし法と同程度の解を、約50倍の速さで得た。現在NTTでは、コンパクト化と長期安定動作を達成したCIM装置を開発、LASOLVという技術ブランド名を冠して実社会への適用を目指し研究開発を進めている。

3. 量子ビットを用いた量子力学の原理実証実験

量子計算機実現に向けて注目を集めているのが、イオントラップ量子計算機と超伝導量子ビットである。前者は、天然の原子というミクロな物理系を量子ビットとして利用するため、周りのノイズ環境から隔離され、量子計算に必要なコヒーレンス時間が長いという特徴を有する。一方、後者は、キャパシタ、インダクタ、ジョセフソン接合といった回路要素の組合せで構成されるため、素子を自由に設計することができ、拡



張性・制御性に優れている。しかしながら、半導体微細加工技術で作製する超伝導量子ビットは、原子と比較してマクロな物理系（数 μm 程度）であるためノイズの影響を受けやすく、コヒーレンス時間が短いという欠点があった。近年、回路設計の工夫により飛躍的にコヒーレンス特性が改善し、イオントラップと遜色のないゲート忠実度が得られているが、ここ20年、超伝導量子ビットの研究では、コヒーレンス特性改善に多大な努力が払われてきた。その過程において、NTTでは超伝導量子ビットがマクロな系であるという特徴を活かし、「量子力学はどのスケールまで適用できるのか？」という量子力学誕生以来の基本問題を検証した。

実在性と非実在性

カップの中にサイコロを入れて振る実験を行う。カップを開けて観測したときに「1」の目が出たならば、開ける前からサイコロの目が「1」であったと考えられる。このようにある物体を観測しその状態を知ったとき、観測以前から既にその状態が決まっていた、すなわち観測により状態は変化しないという考えは「実在性」と呼ばれ、日常の世界で当たり前に成り立っている（図3 (a)）。

一方、量子力学に従う物体は、「重ね合わせ状態」という、日常の世界での常識に反する奇妙な状態を示す。例えば図3 (b) のように、量子力学に従う量子サイコロを仮定する。カップの中では「1」から「6」までの目が同じ確率で存在する重ね合わせ状態が実現されており、カップを開けて観測した瞬間にどれか1つの状態が確定する。このように観測以前には状態が確定しておらず観測によって初めて状態が確定する性質は「非実在性」と呼ばれ量子力学に従うミクロな系（電

子や原子など）で現れることが知られている。もちろん、サイコロのようにマクロな物体で「非実在性」を検証することはできないが、どの程度マクロな系で量子力学が成立するかは、興味深い問題である。

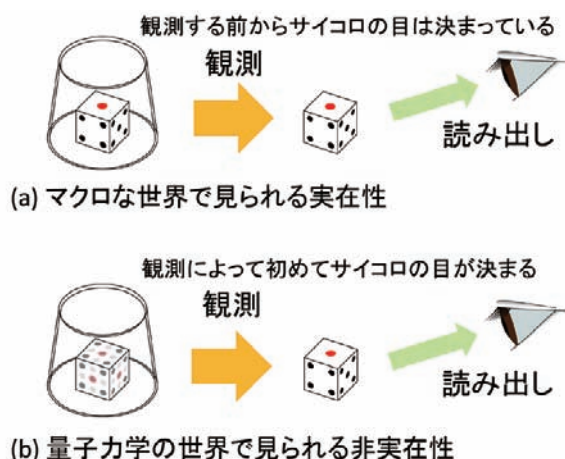
マクロな系の準備

1985年イリノイ大学のレゲット教授は、ジョセフソン接合を有する超伝導リングを準備すると、右回りに流れる電流と左回りに流れる電流の重ね合わせ状態が実現し、マクロな系での「非実在性」を検証できるという論文を発表した^[7]。その後、量子計算機の注目が高まる中、超伝導回路が発展し、3つの接合を有する超伝導リングが超伝導磁束量子ビットとして確立された（図4 (a)）。リングを貫く磁場が磁束量子 Φ_0 の半整数倍（ $\dots -0.5, 0.5, 1.5, \dots$ ）の近傍となると、磁束量子ビットを右回り（または左回り）に流れる電流状態が安定化する。特筆すべきは、磁束量子ビットのサイズ（数 μm ）が電子や原子と比較してマクロである点と、この電流（数100nA）は毎秒1兆個もの電子の流れであるという点である。NTTでは、このマクロな物理量である電流の量子重ね合わせ状態を確認し、非実在性を検証することを目指した。

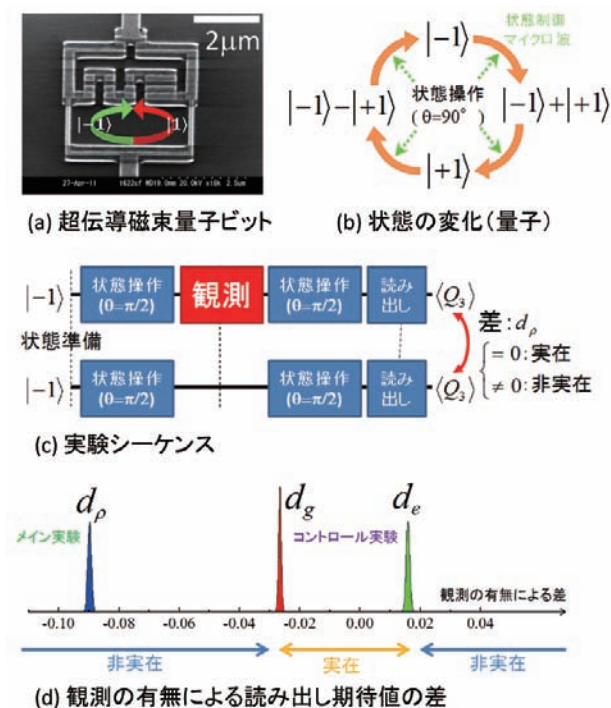
「非実在性」の検証

レゲット教授は、超伝導リングの電流状態を複数の時刻で観測する思考実験を提案した。状態を乱さない観測が可能であり、かつ実在性が成立する場合、その観測値の相関で表されるレゲット・ガーグ不等式が満たされることを示した。つまり、状態を乱さない観測を行い、この不等式の破れを示すことができれば非実在性の現れ、すなわち量子力学の成立を示すことができる。NTTでは、この不等式と数学的に等価な条件を導き出し、以下に示す方法で実験的に非実在性を検証した^[8]。

磁束量子ビットが量子力学に従うならば、2つの電流状態 $|-1\rangle$ 、 $|+1\rangle$ のエネルギー差に相当するマイクロ波を適切な時間照射すると、量子重ね合わせ状態 $|-1\rangle + |+1\rangle$ が実現される。この操作を4回繰り返すと図4 (b) に示すように元の状態に戻るため、このマイクロ波照射を状態操作（ $\theta=\pi/2$ ）と呼ぶことにする。この状態操作を用いて図4 (c) に示す2つの実験を行う。まず磁束量子ビットを $|-1\rangle$ の状態に準備し、2回状態操作を繰り返し、最終状態に対する読み出し結果を比較する。違いは状態操作間の観測の有無である。仮に実在性が成立するならば観測の前後で状態は変化しないため、2つの実験に違いは現れず、読み出しの期待値 $\langle Q_3 \rangle$ の差



■図3. 実在性と非実在性



■図4. 実験方法と結果

d_ρ は0となる。

次に、非実在性が現れる、すなわち量子力学が成立する場合を考える。図4(c)の2番目の実験では、初期状態 $|-1\rangle$ は2回の状態操作後、最終状態 $|1\rangle$ となり、読み出しの期待値は1となる。一方、1番目の実験では、1回目の状態操作後、重ね合わせ状態 $|-1\rangle + |1\rangle$ に対して観測を行う。この観測では確率的に $|-1\rangle$ か $|1\rangle$ に量子的な射影が起こるので、次の状態操作で $|-1\rangle + |1\rangle$ か $|-1\rangle - |1\rangle$ の重ね合わせ状態が生成され、状態の読み出しの期待値はどちらの場合も0となる。つまり、2つの実験の読み出しの期待値の差 $|d_\rho|$ は1である。実際の実験では、読み出しの明瞭度に制限があるため $|d_\rho|$ は1以下の有限な値となる。以上の考察から、実在性が成立する場合は、 $d_\rho=0$ 、非実在性が成立する場合は $|d_\rho|>0$ となることが期待される。この実験をメイン実験と呼ぶ。

なお、「状態を乱さない観測」でメイン実験を行うのが理想的だが、ノイズの存在や観測の不完全性のため、現実には「観測による状態の乱れ」がわずかに存在する。これを定量的に評価するためのコントロール実験を行う。最初の状態操作で重ね合わせではなく純粋な $|-1\rangle$ または $|+1\rangle$ を用意し、観測の有無による読み出し結果の違いを評価する。こ

こでは、 $|-1\rangle$ または $|+1\rangle$ を準備した際の、読み出しの期待値の差をそれぞれ d_g 、 d_e と定義する。理想的には $d_g=d_e=0$ だが、実際には観測による状態の乱れにより0からのわずかなずれが生じる。ここまでの実験結果を図4(d)に示す。 d_ρ は d_g と d_e の間を大きく超えた値をとり、磁束量子ビットの振る舞いは実在性では説明できず、非実在性が成立すること意味している。この実験結果は、実験誤差の標準偏差の約84倍の精度で、磁束量子ビットにおける量子重ね合わせ状態の実現を示しており、マクロな系に量子力学が適応できることが実証された。

4. おわりに

前半では、新しい非ノイマン型コンピュータであるCIMが、特定の最適化問題に関して従来型のコンピュータを上回る特性を示すことを紹介した。今後は、システムの大規模化により実社会の問題への応用が期待される。後半では、一個の電子などの微視的なスケールでしか現れていなかった量子重ね合わせ状態という量子力学の本質的な現象が、光学顕微鏡で見える程度のスケールのデバイス上のマクロな電流においても現れることを実証した。今後は、さらにマクロなスケールでの非実在性の検証が期待される。

参考文献

- [1] T. Umeki, M. Asobe, and H. Takenouchi, Opt. Express 21, 12077 (2013).
- [2] A. Marandi, Z. Wang, K. Takata, R. L. Byer, and Y. Yamamoto, Nat. Photon. 8, 937 (2014).
- [3] T. Inagaki, I. Inaba, R. Hamerly, K. Inoue, Y. Yamamoto, and H. Takesue, Nat. Photon. 10, 415 (2016).
- [4] H. Takesue and T. Inagaki, Opt. Lett. 41, 4273 (2016).
- [5] T. Inagaki, Y. Haribara, K. Igarashi, T. Sonobe, S. Tamate, T. Honjo, A. Marandi, P. L. McMahon, T. Umeki, K. Enbutsu, O. Tadanaga, H. Takenouchi, K. Aihara, K. Kawarabayashi, K. Inoue, S. Utsunomiya, and H. Takesue, Science 354, 603 (2016).
- [6] P. L. McMahon, A. Marandi, Y. Haribara, R. Hamerly, C. Langrock, S. Tamate, T. Inagaki, H. Takesue, S. Utsunomiya, K. Aihara, R. L. Byer, M. M. Fejer, H. Mabuchi, and Y. Yamamoto, Science 354, 614 (2016).
- [7] A. J. Leggett and A. Garg, Phys. Rev. Lett. 54, 857 (1985).
- [8] G. C. Knee, K. Kakuyanagi, M.-C. Yeh, Y. Matsuzaki, H. Toida, H. Yamaguchi, S. Saito, A. J. Leggett, and W. J. Munro, Nat. Comm. 7, 13253 (2016).



組合せ最適化計算エンジンの開発

株式会社富士通研究所 デジタルアニーラプロジェクト 技術開発グループ マネージャー

しばさき たかゆき
柴崎 崇之



1. はじめに

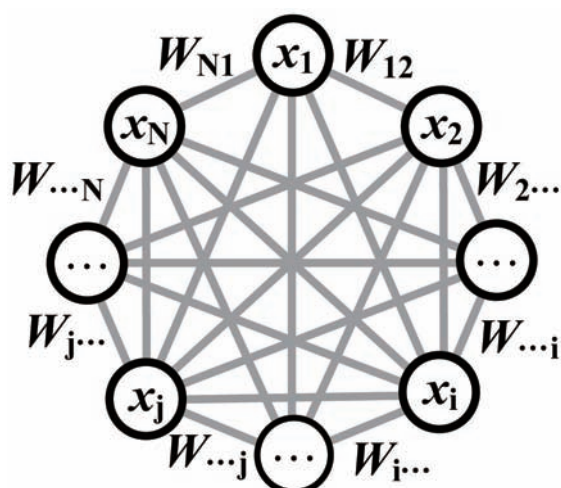
半導体集積回路のスケーリングによる性能向上は鈍化しており、あと数年で実質的に停止すると言われている^[1]。スケーリングによらない性能向上として、特定ドメインに特化したハードウェアの専用化によって性能を向上させることが可能である。しかしながら、専用化の度合いを高くし過ぎると適用領域が狭くなり、開発費の回収が困難になるという課題がある。したがって、可能な限り広い領域に適用可能なドメインにフォーカスすることが大切である。

様々な組合せの中から最適な組合せを選びたいという要求は様々な分野で存在する。一般に組合せ最適化問題では問題の規模の増加に伴い計算時間が急速に大きくなるため、従来のコンピュータでは扱える規模に限界があった。そこで、我々は組合せ最適化問題を解く最適化計算エンジンであるデジタルアニーラの開発を行っている。本稿では、デジタルアニーラのアーキテクチャー及び高速化技術や大規模化技術に関して紹介する。

2. デジタルアニーラのアーキテクチャー

2.1 イジング型エネルギー関数による探索手法

デジタルアニーラはマルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte-Carlo method, MCMC) に基づく統計的探索を並列に行うことで、以下の式 (1) によって示されるイジ



■ 図1. 全結合構造の模式図

ング型エネルギー関数を高速に最小化する。

$$E(X) = -(1/2) \sum_{i,j} W_{ij} x_i x_j - \sum_i b_i x_i \quad (1)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad (i=1, 2, \dots, N), \quad W_{ii}=0, \quad W_{ij}=W_{ji}$$

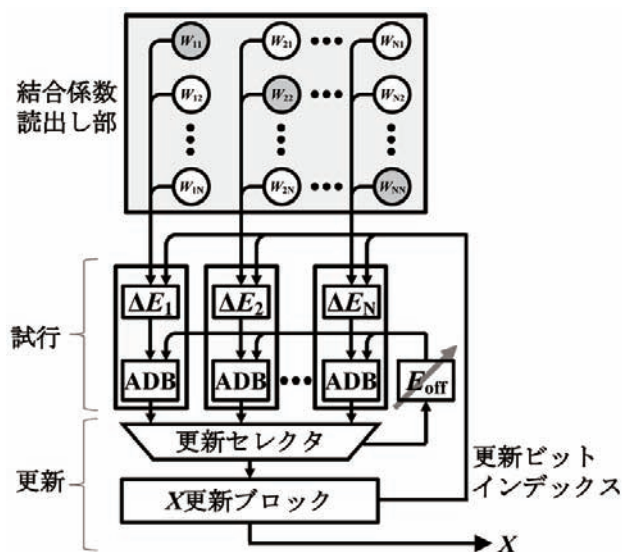
ここで、 X はビットの組であり、 $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ である。 N 個のビット値 x_i ($i=1, 2, \dots, N$) によって、組合せを表現している。 W_{ij} はビット i とビット j 間の結合係数、 b_i は各ビットに対するバイアス項である。デジタルアニーラは全てのビット間の相互作用を表現可能な全結合アーキテクチャーであるという特徴を有している (図1)。

2.2 並列試行による高速化

デジタルアニーラの動作サイクルとしては、受け入れ基準を満たすようなビット反転を選ぶ試行フェーズと、選出されたビットを反転する更新フェーズの2つに分けられる (図2)。

試行フェーズでは、現行のビットの組 $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ から1つのビット値 x_i を $1-x_i$ に反転させることによって得られる N 個の隣接状態 $X^{(i)}$ に着目する。現在の状態 X から隣接状態 $X^{(i)}$ に移行することで得られるエネルギー $E(X)$ の増加を ΔE_i とし、式 (2) で与えられるMetropolis-Hastingsの基準を用いてビット反転の受け入れ可否を決定する。

$$A(\Delta E_i) = \min [1, \exp(-\beta \Delta E_i)] \quad (2)$$



■ 図2. デジタルアニーラの構成



ここで $A(\Delta E_i)$ はビット x_i が $1-x_i$ に反転された場合のエネルギー変化が ΔE_i である場合の反転受け入れ確率であり、 $\beta (=1/T)$ はシミュレーテッドアニーリング法で使われる温度 T の逆数である。各ビットごとに設けた受け入れ決定ブロック (ADB: Acceptance Decision Block) により、各状態変化に対する ΔE_i の値と適切な値を取る乱数 (ノイズ) との比較を行うことにより、式 (2) の受け入れ確率で値 1 を取る 2 値フラグを出力する。この 2 値フラグの値が 1 であることは、対応するビットの反転を行ってよいことを表す。最終的には、2 値フラグの値が 1 のものから反転するビット 1 個を更新セレクトを使って選ぶ。もし更新可能なビットの候補がない場合にはセレクトがフラグ値 0 を出力する。

ここで、並列試行が従来の MCMC に比較して高速であることを示す。系が状態 X にあり、通常の MCMC の単一試行の場合に、何らかの新しい状態に移行できる確率を P_{single} とする。このとき隣接状態 $X^{(i)}$ に移行したときのエネルギー増加を ΔE_i とすると P_{single} は式 (2) の遷移受け入れ確率を用いて

$$P_{single} = (1/N) \sum_{i=1}^N A(\Delta E_i) \quad (3)$$

で与えられる。特定のビット i が選ばれる確率は一様に $1/N$ 、そのビットが選ばれたときに反転できる確率が $A(\Delta E_i)$ であり、どのビットでもよいから反転できる確率が式 (3) となる。

デジタルアニーラの並列試行で新しい状態に移行する確率 $P_{parallel}$ を求める。ここでは式 (3) の確率で N ビットの中から 1 つだけ選ぶ選択規則を使うとする。最適解に近づいてきて遷移先の状態を発見する確率が小さくなり $A(\Delta E_i) \ll 1$ ($i=1, 2, \dots, N$) となった場合を考えると

$$P_{parallel} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - A(\Delta E_i)) \approx \sum_{i=1}^N A(\Delta E_i) = N \cdot P_{single} \quad (4)$$

となる。式 (4) は並列試行の方が単一探索に比較して新しい状態に遷移する確率が N 倍となることを示す。また、この手法は、複数のビットを並行して更新する並列試行とは異なり、収束性に問題が発生しない利点がある。

2.3 オフセット付加による高速化

イジング型エネルギー関数の極小値 (Local Minimum) に系の状態が陥った場合、そこから抜け出て別の状態に移行する確率は、並列試行を用いてもかなり低くなる可能性がある。その場合には、系は何サイクルもの間、同じ極小値にとどまり、収束に時間がかかるようになる。

極小値に滞在する時間を減らすために、エネルギーの増加分から正のオフセット E_{off} を減算する手段を入れた。これ

は、共通の因子 $\exp(\beta \cdot E_{off}) > 1$ を状態反転の受け入れ確率に乗じたこととほぼ等価である。これを実行するために、新しい反転ビット候補が見つからない場合に オフセット発生器を用いて一定の増分値をオフセットに加えていく。オフセットの増加は、次の状態が見つかるまで続く。この方法により、オフセットの値は次の状態反転先が見つかる確率が 1 になるようにダイナミックに制御され、極小値にとどまる時間が短縮される。

2.4 交換モンテカルロ法

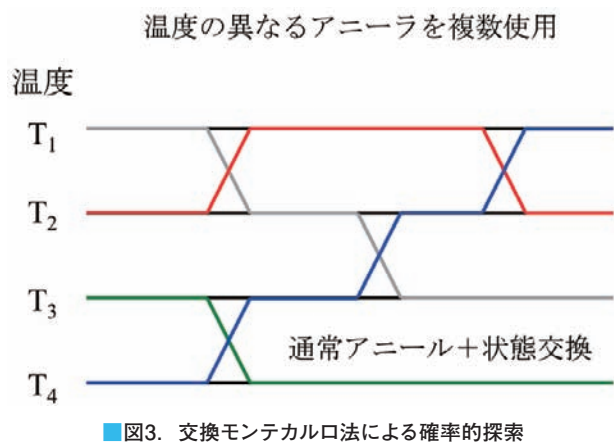
確率的な探索では複数レプリカを使った様々な高速化手法がある。これらの方法のうち、最も単純なものが単純並列動作である。単純並列動作は複数のレプリカに同じ問題を与えて統計的に独立に探索するものである。 M 個のレプリカを動作させ、得られた状態ベクトルで最も低い目的関数 (エネルギー) を与えるものを解とすると、レプリカごとにあるサイクル数アニールした場合の個々のレプリカの正解率を P_0 とすると M 個全体での正解率 $P_{total}(M)$ は

$$P_{total}(M) = 1 - (1 - P_0)^M \quad (5)$$

で与えられる。全体での正解率 $P_{total}(k)$ を 99% とするために必要な個々のレプリカの正解率 P_0 は、 $M=1$ では $P_0=0.99$ 、 $M=10$ では $P_0=0.37$ 、 $M=100$ では $P_0=0.045$ となる。個々のアニールブロックの目標正解率が小さくてよい分、正解を得るために必要な時間 (サイクル数) が短くなる。

シミュレーテッドアニーリング法では温度を下げていくと状態ベクトルが局所的な最小値付近に停滞し、真の解への到達が遅くなるという深刻な問題がある。これはシミュレーテッドアニーリング法の遅い緩和の問題として知られている^[2]。デジタルアニーラは平均試行時間を短縮することで高速化を行っているが、遅い緩和を本質的に解決しているわけではない。また単純並列動作でも遅い緩和の問題そのものは解決できない。

統計物理の分野では、1990 年代中頃より遅い緩和の問題を解決するための様々な手法が考案された。それらの方法は、パラメータ (例えば温度等) が異なる複数の統計的集団 (レプリカ) を用いて確率的探索を行う。複数のレプリカを使う方法の 1 つに交換モンテカルロ法^[3]がある。交換モンテカルロ法では、温度の異なる ($T_1 > T_2 > \dots > T_{N_e}$) レプリカを M 個用意し、それぞれで確率的探索を行う。隣接した温度のレプリカ間ではある条件 (Metropolis 流の規則を用いる) で状態ベクトルの交換を行う。状態の交換をすることで、温度の低い (遅い緩和に陥りやすい) レプリカと温



度の高い（遅い緩和の問題のない易しい）レプリカとの間に道をつけることができ、全体として遅い緩和の問題が解決できる（図3）。デジタルアニーラでは、単純並列動作及び交換モンテカルロ法の両方の機能をサポートしている。

3. 大規模化

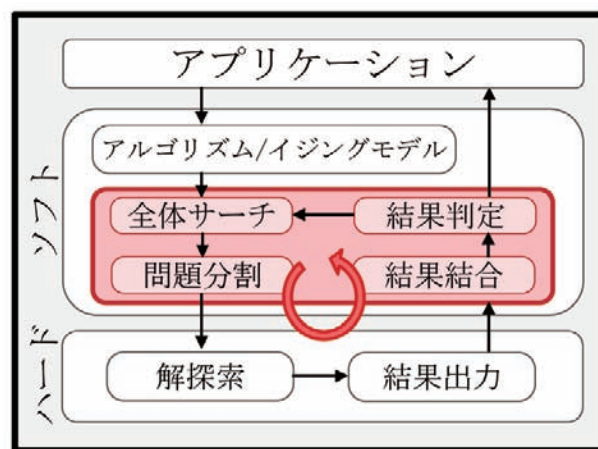
3.1 大規模化に向けた取組み

デジタルアニーラの適用領域拡大のためには、より大規模な問題への対応が求められている。そこで、我々はハードウェアとソフトウェアの両面から大規模化のための技術開発を継続して行っている。現在の第1世代のデジタルアニーラのハードウェアで取り扱えるビット数Nは1,024ビットである。まず、第2世代のデジタルアニーラではハードウェアが8,192ビットまで拡張される。さらに、ソフトウェアによる問題を分割して解く技術を組み合わせることで、ハードウェアの規模よりも大きな問題を扱うことが可能となり、適用範囲を拡大することが可能である。

3.2 問題分割技術

大規模な問題をハードウェアに入力可能な規模に単純に分割し、分割した問題をそれぞれ最適化したとしても全体の最適化にはならない。なぜなら、分割した部分問題間に相互関係があるため、一方を最適化した時に他方にも影響があるためである。ここで、問題の一部分を抽出し、抽出していない箇所の状態は固定し、抽出した箇所のみを最適化することで部分的な最適化は可能だが、適切な箇所を抽出しなければ十分な効果を得ることはできない。

今回、ハードウェアで処理可能な規模よりも大きな問題を取り扱う技術を開発した。第2世代のデジタルアニーラに本技術を適用することで、10万ビット規模の問題への適用



が可能となる。

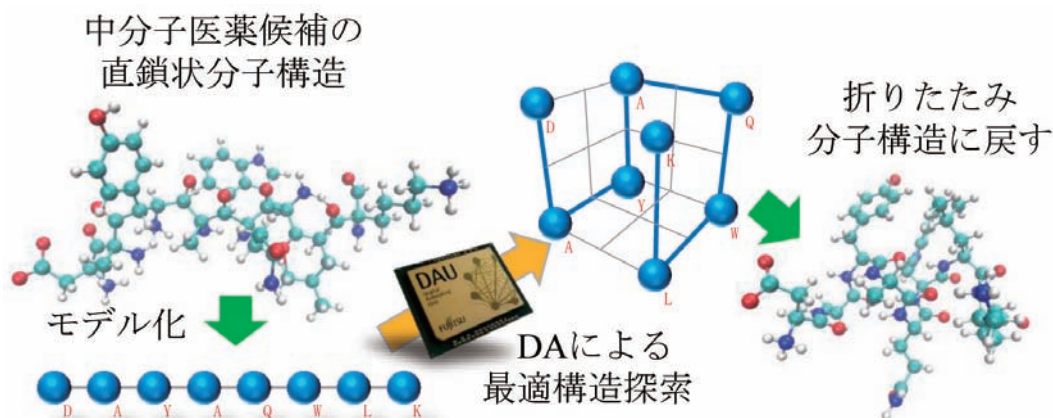
まず、問題全体に対して短時間の全体サーチを行い、初期解を求める。その後、ハードウェアに入力可能な規模に問題の一部を抽出し、抽出部分についてデジタルアニーラにより解の探索を行う。その結果を全体に戻すというフローを、抽出箇所を変えながら複数回行うことで、大規模問題に対して解を導き出す（図4）。

問題全体の最適化効率を上げるためには、問題の特性に応じてどの部分を抽出するかが重要である。そこで問題の関係性に着目し、問題全体の中で変化のしやすい要素を中心に抽出する方法や要素間の結合が小さい箇所を分割する方法など、複数の分割方式を開発した。問題に応じて適した分割方式を選択することにより、大規模な問題に対して効率のよい解探索が可能となる。

3.3 安定構造探索問題への適用

今回、中分子医薬候補の安定構造を求めるシミュレーションにおいて、問題分割技術を用いたデジタルアニーラによって、大規模な問題へと適用可能であることを確認したので、これを紹介する（図5）。

中分子創薬では、数個～50個程のアミノ酸が鎖状につながった中分子医薬候補が、標的となるタンパク質と強固に結合することで、薬としての効果が発揮される。まず、各アミノ酸をモデル化し格子点上に配置した場合にどの構造が最も安定的かを、アミノ酸同士の結合関係などからデジタルアニーラを用いて探索する。そして、探索されたアミノ酸の構造と標的タンパク質との結合の強さをドッキング計算で調べる。このフローを、1,000回程繰り返すことで、薬効の高い中分子医薬候補を探索する。



■図5. 安定構造探索問題への適用方法

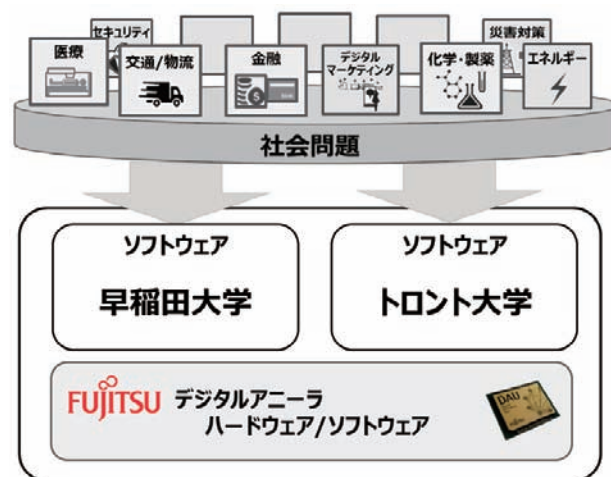
今回、問題分割技術を第2世代のデジタルアニーラに適用することで、中分子医薬候補としてアミノ酸48個規模(30Kビット規模)の中分子医薬候補に対し、アミノ酸をモデル化する同じ手法を用いて計算した従来のコンピュータでは数時間かかっていたシミュレーション時間を数分に短縮することができた。デジタルアニーラに開発技術を適用することで、次世代の薬として注目を集める中分子医薬の開発を加速することが期待される。

4. 応用分野の拡大

実社会の様々な分野における組合せ最適化問題にデジタルアニーラを適用していくためには、それぞれの分野の専門家と共に実問題に適用するためのソフトウェア開発が必要である。そこで、2017年に富士通と量子コンピューティング用アプリケーション開発に優れている1QB Information Technologies Inc. (本社：カナダ バンクーバー市)は協業を開始し、アプリケーション開発の基盤を構築した。そして同年、富士通研究所とトロント大学は戦略的パートナーシップを締結し研究拠点をトロントに設立した。さらに、2018年には早稲田大学とデジタルアニーラに関する包括的連携活動協定を締結し、共同研究拠点を設立した(図6)。今後、共同研究で得られた成果は富士通のデジタルアニーラ事業に取り込み、実社会の問題解決を促進し、社会や経済に貢献していく。

5. おわりに

本稿では、組合せ最適化問題を解く最適化計算エンジンであるデジタルアニーラのアーキテクチャー、高速化技術及び大規模化技術に関して述べた。今後もさらに高速化



■図6. デジタルアニーラコミュニティ

技術や大規模化技術を随時デジタルアニーラに取り入れていき、性能面を向上させていくとともに、複数の研究機関との共同研究を通して応用分野を拡大し、様々な分野のビジネスに貢献していく。

参考文献

- [1] R. Colwell, "The Chip Design Game at the End of Moore's Law," Hot Chips 27, 2015.
- [2] 福島孝治, "モンテカルロ法の前線—サイコロ振って積分する方法—," 科研費特定領域研究「確率的情報処理への統計力学的アプローチ」主催、若手研究者・学生向けに最新技術をわかりやすく紹介する講演会「確率的アルゴリズムによる情報処理」2003.
- [3] K. Hukushima and K. Nemoto, "Exchange Monte Carlo Method and Application to Spin Glass Simulations," J. Phys. Soc. Jpn., 65, pp. 1604-1611 (1996).



CMOSアニーリングマシンの概要

株式会社 日立製作所 研究開発グループ 主任研究員

やまおか まさなお
山岡 雅直



1. はじめに

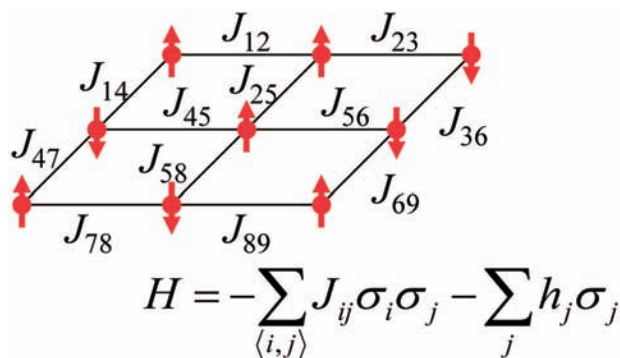
IoT (Internet of Things) が一般的となり、そこで必要とされる計算能力は増大している。ノイマン型コンピュータでは、半導体の微細化とともに計算能力は指数関数的に増大し、コンピュータへの性能要求は満たされてきた。しかし、半導体の微細化は終焉が近いと言われており、従来のノイマン型コンピュータの性能向上は困難となっている。また、今後のIoT時代を考えると、社会で用いられる様々なシステムにおいては、様々な制御が重要となる。この制御には、システムを制御するパラメータの最適な組合せを求めることが必要となり、そのためには、組合せ最適化問題と呼ばれる問題を高速に処理することが必要となる。

組合せ最適化問題を効率よく解く手法として、イジングモデルを用いたアニーリングマシンが提案されている^{[1] [2] [3]}。これらのアニーリングマシンは様々な実装があるが、半導体回路を用いてイジングモデルを模擬したCMOSアニーリングマシンを提案した^{[4] [5] [6]}。このCMOSアニーリングマシンのプロトタイプを試作し、組合せ最適化問題の1つである最大カット問題を効率的に処理できることを確認した。また、FPGAを用いた第二世代のCMOSアニーリングマシンのプロトタイプを試作し、より複雑な組合せ最適化問題が解けることを確認するとともに、この第二世代のCMOSアニーリングマシンを複数接続することで、さらに大規模化できることを確認した。

2. 組合せ最適化問題とアニーリングマシン

組合せ最適化問題とは、与えられた条件の中で評価指標を最大（または最小）とするパラメータの組合せの解を探索する問題である。組合せ最適化問題は、その問題で決定するパラメータの数が多くなると、その問題の解の候補が爆発的に多くなるという特徴がある。今後、社会システムはシステム自体が大規模化するとともにシステムのつながりも複雑化し、最適化するパラメータの数は増大する傾向にあると言える。

この組合せ最適化問題を効率的に処理する技術として、磁性体のスピンの振る舞いを表す統計力学上のモデルであるイジングモデルを用いたアニーリングマシンが提案されて



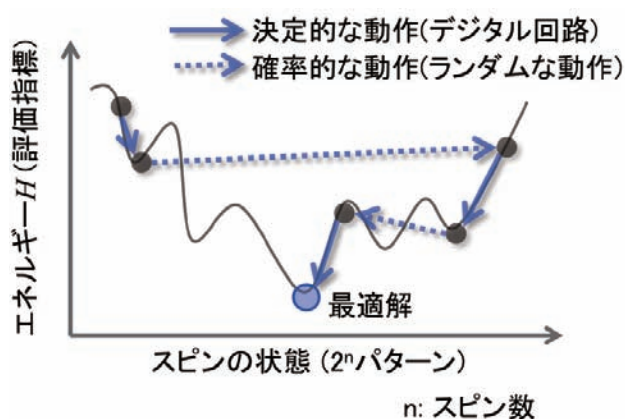
■図1. イジングモデル

いる。イジングモデルを図1に示す。イジングモデルは、磁性体の性質を表す上下の向きを持つスピンの状態 σ_i と2つのスピン間で及ぼしあう相互作用の力を表す相互作用係数 J_{ij} 、及び外部から与えられた磁場の力を表す外部磁場係数 h_j で表される。そのイジングモデルが持つエネルギー H は図1中の式で表される。イジングモデルはそのエネルギー H が最小となるようにスピンの状態が更新され、最終的に H が最小となるという性質がある。このイジングモデルを用いて組合せ最適化問題を解く場合には、まず組合せ最適化問題の評価指標がこのイジングモデルのエネルギーに対応するように問題を写像する。その際には、最適化問題のパラメータがイジングモデルのスピンの値に対応する。次に、イジングモデルの収束動作によりエネルギーを最小とするスピンの状態の組合せが求まる。このスピンの値を観測し、その状態をマッピングした元の最適化問題に戻すと、評価指標を最小化するパラメータの組合せ、つまり組合せ最適化問題の解が求まる。

3. CMOSアニーリングマシン

アニーリングマシンを半導体のCMOS回路を用いて疑似的に再現し、組合せ最適化問題を処理する手法を提案した。CMOS回路を用いることで、製造が容易で拡張性が高く使いやすという特徴がある。

アニーリングとは、焼きなましとも呼ばれ、エネルギーの低い状態を探索する動作であり、イジングモデルの基底状態を探索する場合などに用いられる。この動作をCMOS半

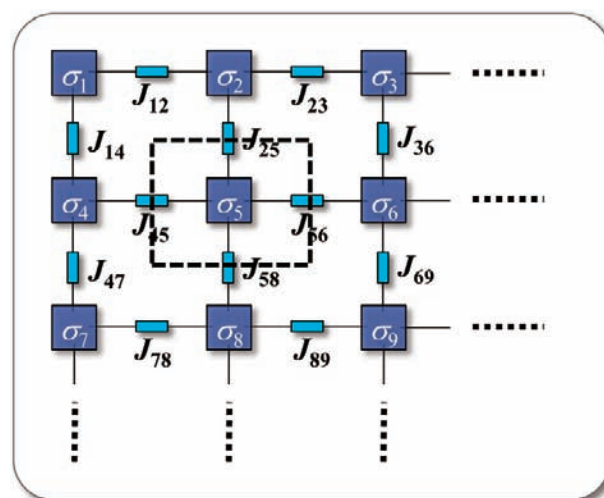


■図2. CMOSアニーリング

導体を用いて実現するには、図2に示すように2つの動作によって実現する必要がある。1つは、図2の実線の矢印で示されるように、決定的な動作でエネルギーランドスケープにしたがってエネルギーの低い状態に状態を遷移させる動作である。決定的な挙動のみでは、局所解と呼ばれるローカルに存在するエネルギーの谷にトラップされ、それ以上エネルギーが低い状態を探索することが困難となる。よって、この局所解から脱出するために、確率的な動作によってエネルギーの状態をランダムに遷移させ、なるべく低いエネルギーの状態を探索する。これら2つの動作を組み合わせることでエネルギーの低い状態を探索する動作をCMOSアニーリングと呼ぶ。CMOSアニーリングでは、決定的な動作をデジタル回路によるスピン間の相互作用で実現するとともに、確率的な動作を乱数を用いて実現する。

CMOSアニーリングでは、乱数を用いているため、必ずしも最適な解が求まるとは限らない。しかし、このコンピューティング技術を現実の社会システムの最適化に使う場合には、必ずしも最適値でなくても許容できると考えられる。例えば、物流の経路を求める際に、経路全体の値が多少長くなってもシステム最適化の観点からみれば許容可能であると考えられる。よって、このCMOSアニーリング技術は、学術的な厳密な精度を追求せず、実用性を重視した技術であると言える。

イジングモデルは、スピンの状態を2値で保持する必要があるため、半導体を用いたSRAMによりスピンの状態を保持する。さらに、スピン間の相互作用の強さを表す相互作用係数と外部磁場の強さを表す外部磁場係数をスピンの値と同様にSRAMによって保持する。また、スピンの値を更新するための相互作用の効果は、デジタル回路の動作



■図3. CMOSアニーリングマシンの構成

によって再現する。

CMOSアニーリングを実現するための構成を図3に示す。図3中の σ_n はスピンを表しており、ここにスピンの+1/-1の情報が保存される。さらに J_{ij} はスピン間の相互作用を表している。この図中の点線で囲まれた部分が1つのスピンの動作を実行する回路を表しており、スピン自体の情報を保存するとともに、そのスピンにつながるスピンからの影響を用いてスピンの状態を更新するための回路を含んでいる。このスピンの回路においてスピンの状態を更新することでCMOSアニーリング動作を実現する。このスピンの状態の更新は、接続されていないスピンで同時に並列に行うことが可能となる。例えば、図3の例では、スピン $\sigma_{1,3,5,7,9}$ はお互いに接続されていないため同時に更新することが可能となる。同様に、スピン $\sigma_{2,4,6,8}$ はお互いに接続されていないため同時に更新することが可能となる。このように、図3のトポロジ（スピン間のつながり）を持つ構成では、全スピンの半分が同時に状態を更新することが可能となる。つまり、この構成では、スピンの数が増えた場合にも2サイクルで全スピンの状態を更新することが可能となり、規模が大きくなっても計算に必要な時間の増加は抑えられる。

図2のCMOSアニーリング動作の確率的な動作は、スピン回路に乱数列を注入し、その乱数列を評価して、確率的にスピンの値を反転させ、図2の点線のように関係ない状態にランダムに遷移させる^{[7][8]}。スピン間の相互作用動作とこの確率的に状態を遷移させる動作を合わせてCMOSアニーリングを実現し、イジングモデルのできるだけエネルギーが低い状態を見つけることができる。



4. CMOSアニーリングマシンのプロトタイプ

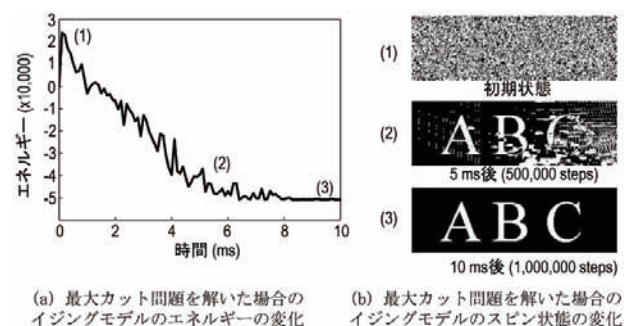
提案したCMOSアニーリングマシンの動作を実証するため、65nmのCMOSプロセスを用いて、CMOSアニーリング動作を再現するイジングチップを試作した。チップ写真を図4 (a) に示す。3mm x 4mmのチップ内に20k (=2万) スピンを搭載した。1スピンのサイズは、 $11.27 \times 23.94 = 270 \mu\text{m}^2$ である。外部からスピン及び相互作用係数を書き込み読み出しするためのインタフェース回路は100MHzで動作する。また、スピン値を更新する相互作用動作も100MHzで動作する。

このイジングチップでは、2次元の格子状のイジングモデルが2層接続された3次元のイジングモデルが搭載されている。3次元のイジングモデルは、2次元のメモリ構造に埋め込まれる。半導体のチップでは、2次元構造を持つことによって高い集積性を実現しており、本イジングチップも同様に高い集積性、つまり、多くのスピンを搭載できるという特徴がある。図4 (b) に、2つのイジングチップを搭載したイジングコンピューティングノードの試作機を示す。試作機にはLAN経由でPCやサーバからアクセス可能で、最適化問題を入力して解くことが可能となる。

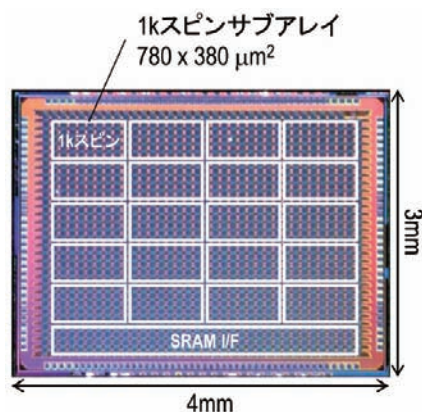
図5に、NP完全の組合せ最適化問題である最大カット問題をイジングチップで解いた場合の結果について示す。図5 (a) は最大カット問題を解いた場合のイジングモデルのエネルギーの変化を示す。CMOSアニーリング動作を実行すると、時間とともにエネルギーが低下し、最終的に10m秒でエネルギーが最小になっていることが分かる。問題を解かせた際のスピンの状態変化を図5 (b) の白黒の絵により示す。ここで、白点が上向きのスピンを、黒点が下向きのスピンを表している。今回の問題は、最適解が見つかった

際にスピンの状態を表す絵の中にABCという文字がクリアに表れるよう設定した。絵のスピン状態の変化をみると、初期状態ではスピンの状態がランダムになっており、白点と黒点が規則性なく配置されている。5ms後には、イジングモデルのエネルギーが下がり、ノイズを含んだABCの文字が現れている。しかしこの状態はノイズが含まれていることから分かれるとおり局所解の状態となっている。さらにCMOSアニーリング動作を実行することで、エネルギーが下がり10msの時点でABCの文字がノイズなく現れている。この状態がエネルギー最小の状態、つまり、最大カット問題の最適解が求まっている状態を示している。今回の例では、最適解が求められている例を示したが、前述のとおりCMOSアニーリングでは確率的な動作を導入しているため、必ずしも毎回最適解が求まるとは限らない。ただし、この動作によってエネルギーが下がり、組合せ最適化問題のなるべく良い解が得られることが確認できた。

さらに第2世代のプロトタイプとして、FPGAを用いたCMOSアニーリングマシンを試作した。このプロトタイプの



■ 図5. 第1世代プロトタイプの測定結果

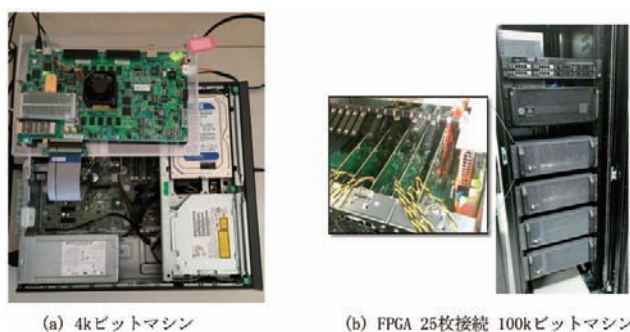


(a) 試作チップ



(b) 試作したイジングコンピューティングノード

■ 図4. 第1世代プロトタイプ



■ 図6. 第二世代FPGAプロトタイプ

写真を図6 (a)に示す。このプロトタイプでは、FPGAを用いているためイジングモデルの様々なトポロジや相互作用係数の係数幅を試行することが可能となる。この柔軟性を活かして、イジングモデルをハードウェアのトポロジに埋め込むための埋め込みアルゴリズムの開発を行った^[9]。このアルゴリズムを使うことで実社会にある組合せ最適化問題をCMOSアニーリングマシン上で実行することが可能となる。

また、CMOSアニーリングマシンの最大の特長として、複数チップを接続することで容易に大規模化できるという点がある。これはデジタル回路によって計算を実行しているため、チップ間でデジタル信号をやり取りしても、チップ内と同様の動作が可能であることによる。さらに、CMOSアニーリングマシンでは、スピン間のつながりをスパースなつながりとしているため、あるチップ内のスピンの情報を接続されている別チップに容易に送ることができるという特長がある。このスケーラビリティを確認するために、第2世代のプロトタイプを複数接続して100kビットの大規模マシンを構築した。これを用いると第2世代と比較して25倍巨大な問題を解くことが可能となり、より今後大規模化する社会問題に対応することが可能となった (図6 (b))。

5. おわりに

CMOS半導体回路を用いたアニーリングマシンであるCMOSアニーリングマシンを構築した。第1世代のプロトタイプでは約2万スピンの搭載されており、今後、さらに微細な半導体プロセスを用いることで大規模なイジングモデルを再現することが可能となる。さらに、今回、スピン間の相互作用はデジタル値を用いて計算されている。よって、複数のチップを接続することが容易であり、複数チップを使ってさらに規模を拡大することが可能である。この複数

チップ動作を第二世代のプロトタイプを用いて正常動作することを確認した。この半導体を用いたアプローチは使いやすさやスケーラビリティの観点から工学的に意味があると言える。今回試作したCMOSアニーリングマシンでは、実際に組合せ最適化問題である最大カット問題が解けることを確認した。これは、数学的に他の組合せ最適化問題に変換できることが知られており、実際のシステムの最適化に適用できると考えられる。

参考文献

- [1] W. Johnson et al., Quantum annealing with manufactured spins, *Nature* 473, pp. 194-198, 12nd May 2011.
- [2] T. Inagaki et al., A coherent Ising machine for 2000-node optimization problems, *Science* 20, Oct 2016, DOI: 10.1126/science.aah4242.
- [3] P. L. McMahon et al., A fully-programmable 100-spin coherent Ising machine with all-to-all connections, *Science* 20, Oct 2016, DOI 10.1126/science.aah5178.
- [4] C. Yoshimura et al., Spatial computing architecture using randomness of memory cell stability under voltage control, 21st European Conference on Circuit Theory and Design, September 2013.
- [5] M. Yamaoka et al., 20k-spin Ising Chip for Combinatorial Optimization Problem with CMOS Annealing, *ISSCC 2015 digest of technical papers*, pp. 432-433, Feb., 2015.
- [6] M. Yamaoka et al., A 20k-Spin Ising Chip to Solve Combinatorial Optimization Problems With CMOS Annealing, *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 51, no. 1, pp. 303-309, Jan. 2016.
- [7] M. Hayashi et al., An Accelerator Chip for Ground-State Searches of the Ising Model with Asynchronous Random Pulse Distribution, 2015 Third International Symposium on Computing and Networking (CANDAR), pp. 542-546, Feb. 2015.
- [8] M. Hayashi et al., Accelerator Chip for Ground-state Searches of Ising Model with Asynchronous Random Pulse Distribution, *International Journal of Networking and Computing*, vol. 6, no. 2, pp.195-211, July 2016.
- [9] T. Okuyama et al., Computing architecture to perform approximated simulated annealing for Ising models, *International Conference on Rebooting Computing*, Oct. 2016.



日本で唯一の国際電波監視局 「三浦電波監視センター」



総務省 関東総合通信局 三浦電波監視センター センター長 **よこ た 横田 幸男**

1. はじめに

先だってテレビ東京の番組「出沒!アド街ック天国」で三浦電波監視センターが紹介され、関係する分野の方々から問い合わせや激励の連絡を頂き、センターの業務をもっと広くアピールすべきというお話も頂いたので、センターの沿革や業務を紹介する*。

2. 三浦電波監視センターの沿革

三浦電波監視センターは国際電気通信連合 (ITU) の国際監視局リストに登録された日本で唯一の国際電波監視局である。終戦の翌年の1946年4月に、当時の神奈川県三浦郡初声 (はっせ) 村の旧海軍・横須賀海軍工廠・通信実験部の受信実験所の跡地に、岩槻市にあった中央電波観測所の初声分室として開設され、1948年7月、中央電波観測所が三浦市初声町に移転となった。

1950年6月にITUの国際監視局リストに登録され、国際電波監視業務を開始。以来、短波帯の監視で先進国の国

際監視局としての役割を果たしている。

1983年4月、千葉県東金市にドップラー方式電波方位測定所を整備し、遠隔操作を開始。1995年4月に短波帯方位測定システムの東金センサとして設備を更新し、併せて開設した沖縄県の石垣センサと遠隔操作することにより、両方のセンサからの方位線の交点から発射位置の推定が可能となった。以降、2000年4月までに阿蘇 (熊本)、千歳 (北海道)、珠洲 (石川) センサが順次整備されている。

宇宙電波監視施設は最初に1998年11月、L/Ku/Ka帯5m級パラボラ空中線が整備され、静止衛星の宇宙電波監視を開始。2000年3月にはS/C帯11m級パラボラ空中線が整備され、宇宙電波監視が拡充された。

2002年3月にはVHF及びUHF追尾空中線が整備され、非静止衛星の宇宙電波監視も開始された。

現在の静止衛星監視用L/S/C/Ku/Ka帯13m級パラボラ空中線は2010年4月、非静止衛星監視用VHF/UHF/X帯空中線は2016年3月に整備された。



■写真1. 三浦電波監視センター近景

* 事務局注：日本ITU協会「ビジュアルレポート」でも紹介 <https://www.ituaj.jp/?vreport=027>



3. 国内外の電波利用秩序を維持するために

国際電波監視及び宇宙電波監視は現在、国内では唯一、三浦電波監視センターで実施しており、人命・財産の保護、治安維持等を目的とする重要な無線通信に対する混信等に対して発射源を特定し、排除する活動を行っている。

近年、短波の利用は減少する傾向であるが、電離層反射により中継しなくても長距離まで届くため、現在も航空機・船舶の通信や国際放送に利用されており、航空機・船舶の安全な航行に欠かせない。また、在外邦人向けの国際放送も重要な情報提供ツールとしてだけでなく、在外邦人のライフラインとして今後も欠かすことはできない。

そのため、短波帯の電波が国際法・国内法に定められた電波の発射かどうかを監視しているが、外国からの電波によるこれら短波帯の通信や放送への混信等は後を絶たない。これらの電波発射に対しては直接、相手国の主管庁に、国交の無い国に対してはITUを通じて混信排除のための手続きを行っている。

また、衛星による通信は電気通信事業、放送、その他

に幅広く利用され、その安定的な利用は経済活動や国民の生活に欠かせない。さらに、通信以外でも観測衛星により気象情報をはじめ、火山活動、土地利用状況、流水の状況、地形、その他様々なことが衛星から送られるデータにより把握することが可能であり、非常に重要な観測ツールとなっている。

そのため、宇宙空間で過密化する衛星軌道や周波数の利用において、我が国の衛星が安定的な運用が図れるよう、衛星が発射する電波を受信し、周波数、軌道位置などを測定・解析して衛星が正しく運用されているか監視している。

現在、2020年に開催されるオリンピック・パラリンピック東京大会やその前年のラグビーワールドカップ日本大会に向け、それら大会の円滑な開催を側面から支えるべく、大会期間中に使用される電波の利用環境を保護するため、監視体制の検討、競技会場周辺の電波環境調査、その他の諸準備を進めている。今後も国内外の電波利用秩序の維持のため日夜、短波帯電波監視・宇宙電波監視の業務に努めていくものである。



■写真2. テレビ東京番組取材風景



3GPPサミット:5Gの実現・利活用に向けたコラボレーション —5G標準化の最前線— CEATEC JAPAN 2018コンファレンスイベント開催

一般社団法人情報通信技術委員会 標準化担当部長 **すみ た 住田 正臣**
 一般社団法人電波産業会 研究開発本部 移动通信グループ 主任研究員 **なかむら かす お 中村 一夫**

1. はじめに

1999年、第三世代移动通信システム(3G/W-CDMA)として、初めてモバイル通信システムの世界標準を制定した3GPPは、現在の、世界中でのスマホ普及の起爆剤となったLTE、第四世代(4G)システムを標準化、そして2018年6月、さらなる高速大容量化と全てのモノをつなげる第五世代システム「5G」の最初の標準仕様を完了した。

「3GPP Summit」と称される、このコンファレンスは、3GPPがその活動、技術の重点地域に対するアピールと、逆にその地域、企業の取組みや最新動向の共有と相互の新たな連携を図っていく目的で開催されるイベントである。2018年は、「5G」の導入・普及に向けた国際・業際連携をテーマに、その成功のカギを握る国の一つである日本に焦点を当て、CEATECイベントの恒例で実施されてきた、総務省主催、5GMF共催のイベント「5G国際ワークショップ」とタイアップしたイベントとして開催された。

5G普及に向けた3GPPの標準化活動の最前線とそのカギとなるセキュリティの取組み、自動車業界との連携を取り上げ、各担当領域のリーダーを講師に迎えて、その活動の進捗と技術のエッセンスをご紹介いただいた。

2. 3GPPの沿革と3GPPサミットの狙い

2.1 開会挨拶 ～稲田修一氏(TTC事務局長)

「3GPPサミット」は、3GPPの技術仕様策定の戦略・運営・

ガバナンスを司るPCG(Project Coordination Group)の2018年副議長を務める稲田修一TTC事務局長の開会挨拶で幕を開けた。稲田氏は、「5G」の要求条件を創出するユースケース実現の大きな3つの柱である、モバイル・ブロードバンドの拡張(mMBB)、モノのインターネット(IoT)への適用が期待される超多数接続(mIoTまたはmMTC)、超高信頼性・超低遅延(URLLC)を念頭に、実現目標のキーワードとして、

- ・新たなユースケースとProof of Concept(PoC)
- ・最大10Gbpsまでのデータレート
- ・1msecの遅延
- ・ネットワーク仮想化、スライスとオーケストレーションなどを挙げた。

2.2 基調講演 ～Adrian Scrase氏(ETSI CTO)

続いて、3GPPの運営実務を切り盛りする、ETSI(European Telecommunications Standards Institute)CTOであるAdrian Scrase氏が基調講演として、3GPPのコンセプト、グローバルな連携、3Gから4Gを経て5Gにつながる活動と技術のスコープ・概要の全般を紹介した。

3GPPはこれまで、通信の進展を推進し、3G/UMTS、LTE、LTE Advanced/LTE Advanced Pro、そして現在は今後の接続拡大ニーズに対応して5G標準仕様を策定している。



■図1. 3GPP標準化技術の進化



■写真. 開会挨拶と会場の様子

3GPPはOrganizational Partners(OPs)として、ARIB(日本)、ATIS(米国)、CCSA(中国)、ETSI(欧州)、TTA(韓国)、TTC(日本)、TSDSI(インド)の7つのStandards Development Organization(SDO)が参加して運営しており、これらを介して世界41地域から599組織が会員として



■図2. 3GPPのOrganizational Partners (OPs)

参加している。

3GPPの技術仕様は、技術仕様策定グループ (TSG) 会合で策定が進められており、5G標準化策定の状況は以下のとおり。

2015年9月米国フェニックス会合 (業界、政府、規制当局、研究者、学界の専門家550名が参加) にて5G標準仕様策定を2段階に分けることを決定：

[フェーズ1] 市場ニーズに対応するため2018年半ばまでにサブセット策定 (Release 15)

[フェーズ2] 全てのユースケースに対応する仕様 (Release 16)

5Gはユースケースファミリー；eMBB、mMTC、URLLCに対応する仕様であり、新たな業界 (自動車、健康、エネルギー、製造など) の5Gの活用を可能とする。

3. 各TSGの技術と活動動向

3GPPのTSGは3つの大きな柱から構成されており、無線方式とアクセス網 (Radio Access Network ; RAN)、サービスとシステム全般 (Service and System Aspects ; SA)、

コアネットワークと端末 (Core Network and Terminals ; CT) の各グループで検討が進められている。本ワークショップではこれら各グループ議長と、日本から選出されている副議長とが連携して、各グループの、特に5Gの新しいユースケースとそれを実現するために焦点となる主要な技術への取組みが解説された。

3.1 TSG-RAN

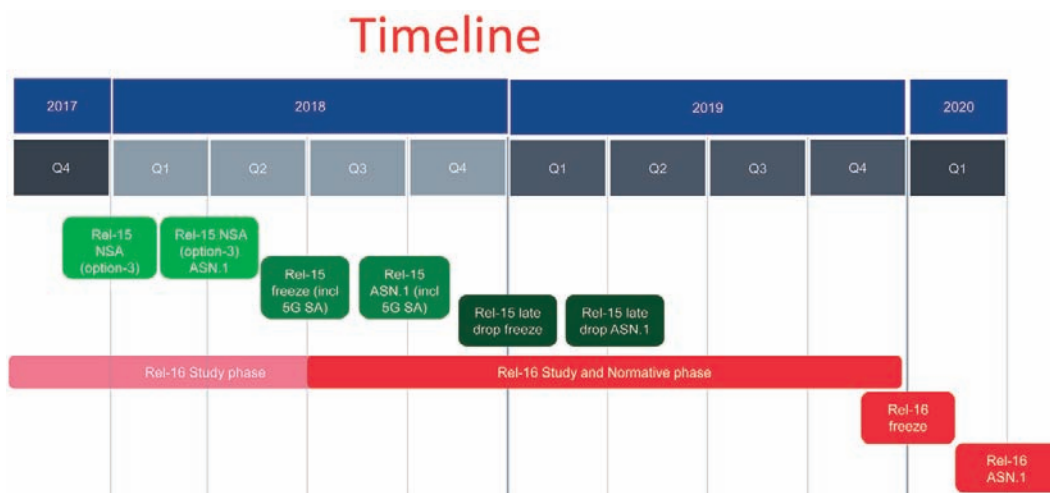
TSG-RAN議長Balazs Bertenyi氏 (Nokia) と副議長永田聡氏 (NTTドコモ) が5Gのコンセプトとそれを実現するための“5G-NR (New Radio)”無線方式と、4G (LTE) から5Gへのマイグレーションを考慮した“Non-Standalone (NSA)”と5Gの要素からなる“Standalone (SA)”システム構成と、今後の5G機能拡張のためのアクセス網に関する課題とその検討スケジュールを示した。

Release15で仕様策定された5G無線インタフェースNRの、①NSA構成と、②SA構成は図4、図5のとおり。

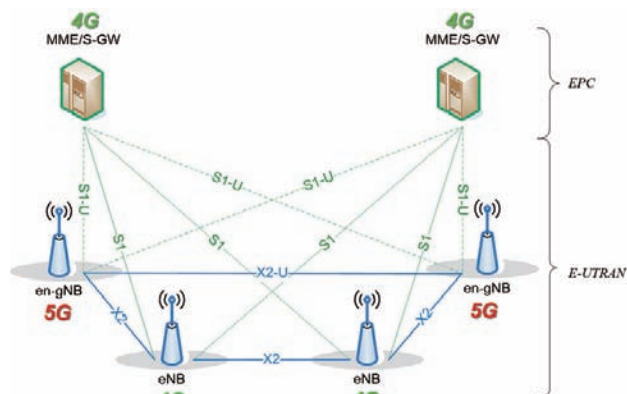
①NSA (Non-standalone) 構成：4G (LTE) のコアネットワークである既存EPCと5Gの基地局 (en-gNB) の組合せ

②SA (StandAlone) 構成：5GC (5Gコアネットワーク) とNR-RAN (5Gコアネットワークに接続される無線アクセスネットワーク) の組合せにより、全て5Gシステムで構成

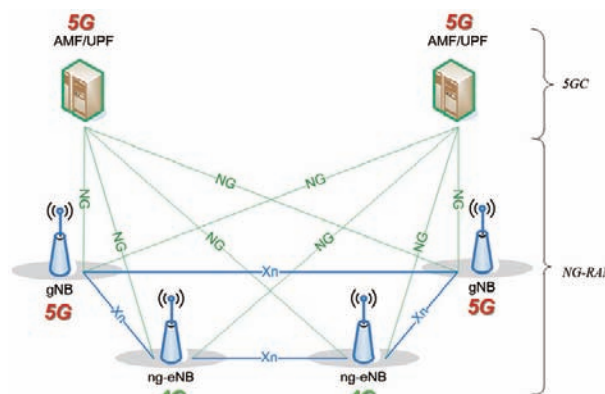
Release16では、5Gの拡張 (V2X、Industrial IoT、URLLCの機能拡張、アンライセンズ周波数帯での活用等) 及び5Gの効率性 (電波干渉軽減、SONやビッグデータ、拡張MIMO、ロケーションやポジショニング、電力消費改善、デュアルコネクティビティ改良、デバイス能力の改良、モビリティの拡張等) をバランス良く策定すべく検討を進めている。



■図3. Release15 (2018/6) とRelease16 (2019/12予定) 策定スケジュール



■図4. ①Non-Standalone 5Gの構成



■図5. ②Standalone 5Gの構成

3.2 TSG-SA

TSG-SA議長 Erik Guttman氏 (Samsung R&D UK) と副議長 中野裕介氏 (KDDI) が5Gシステム全体の3つの主要な技術要件実現のためのユースケースの例とイネーブラーを解説した。

eMBBのユースケース：

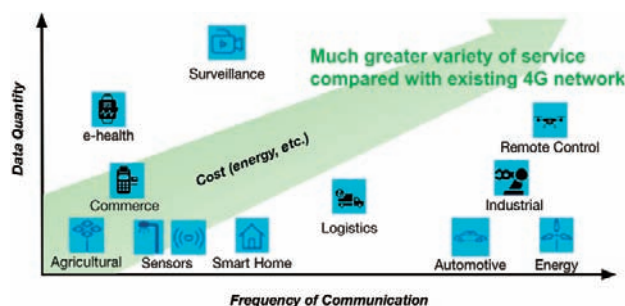
- ・より高いデータ速度→ VR/AR、感覚の伝送
 - ・より高いユーザモビリティ→ 超高速鉄道での安定した通信
 - ・より広範なデータ速度→ IoTセンサーから大容量メディア
 - ・様々な適用環境とカバレッジ→ 屋内、都市部～広野
- 鍵となるイネーブラーとしては、

- ・小容量超低周期送信間隔伝送と電力消費効率化、多様なアクセスを受容するための機能の公開 (Function Exposure)、共通APIフレームワークなどのUser Planeの拡張
- ・スモールセルの導入とその制御・運用
- ・有線・無線の融合、衛星通信等、3GPPとしての新たなアクセス

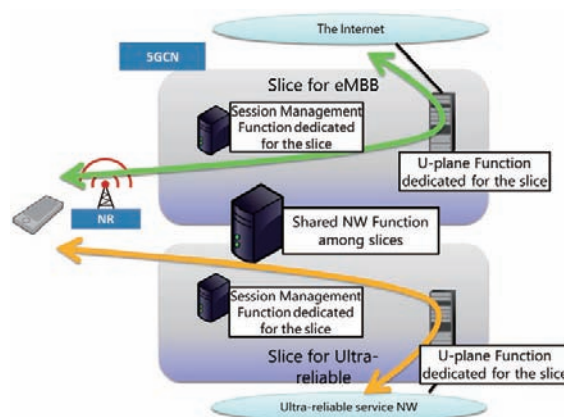
URLLCのイネーブラー：主要な技術として、NWスライシング (図6) とモバイルエッジコンピューティング (MEC) について説明された。

ソフトウェア化・仮想化技術との組合せにより、ハードウェアリソースの配置とは独立に、機能的に全く別のネットワークスライスに論理的に分割して、運用することができる。それによって、多様なサービスに迅速に対応を可能とする柔軟な網構成を実現する。

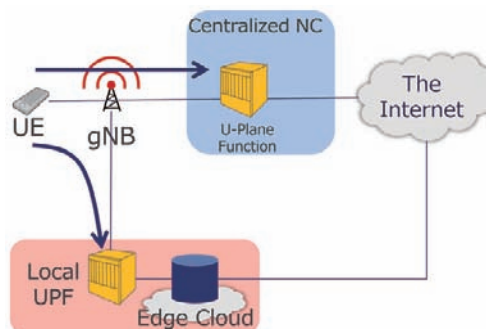
端末により近い網のエッジ側 (基地局側) にクラウドと同等の高機能ノードを配置することで、高機能サービスを低遅延で実現することに大きく貢献する。



■図6. mIoTのユースケース：4Gより格段に多様化するサービス



■図7. ネットワークスライシング

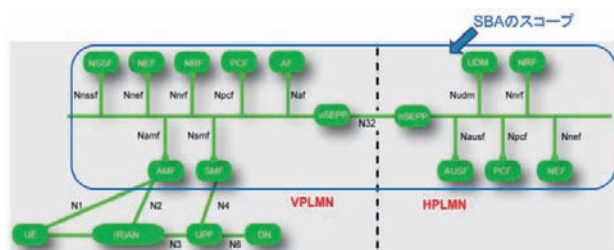


■図8. モバイルエッジコンピューティング (MEC)



3.3 TSG-CT

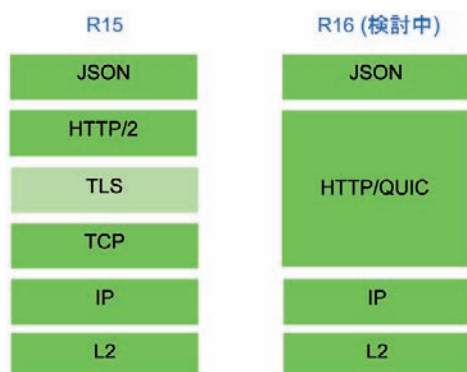
TSG-CT議長 Georg Mayer氏 (Huawei)、副議長 已之口淳氏 (NTTドコモ) は、5Gのネットワークはソフトウェアとサービスを中心とした技術への転換であるとし、Service Based Architecture (SBA) と、それらに由来する機能などの解説があった。



■図9. SBAの概念図

SBAは、コアネットワークの開発のために、ウェブやクラウドの技術を容易かつ迅速に取り入れることを可能とすることを目指している。SBAで定義される種々のネットワーク機能 (NF) は、単機能のNFサービスの組合せからなり、それぞれは統一されたプロトコルを使用する。アクセス制御・モビリティ管理には、ステートレスのNFが規定される。

プロトコルスタックも、Webとの親和性を高め、4G (EPC) でのGTP-C/Diameterに代えてHTTPを採用している。また、User/Control Planeのインタフェース共通化も図られている。



■図10. 5Gコアネットワークのプロトコルスタック

4. 「5Gシステム」におけるセキュリティ

3GPPのセキュリティ全般の検討、仕様策定を行う、TSG-SA Security WG議長のAnand R. Prasad氏 (日本電気) が、5Gの新たな要求条件とアーキテクチャに対応するセキュリティの実現、今後の方向性を示した。



■図11. 5Gシステムのセキュリティの様々な側面

5Gシステムにおけるセキュリティの様々な側面を図11に示した。三角形の上部は3GPPシステムに閉じて、強固なセキュリティを規定しているもの、下部は、多岐にわたるシステム・網についてのセキュリティを担保する必要があるものとなる。

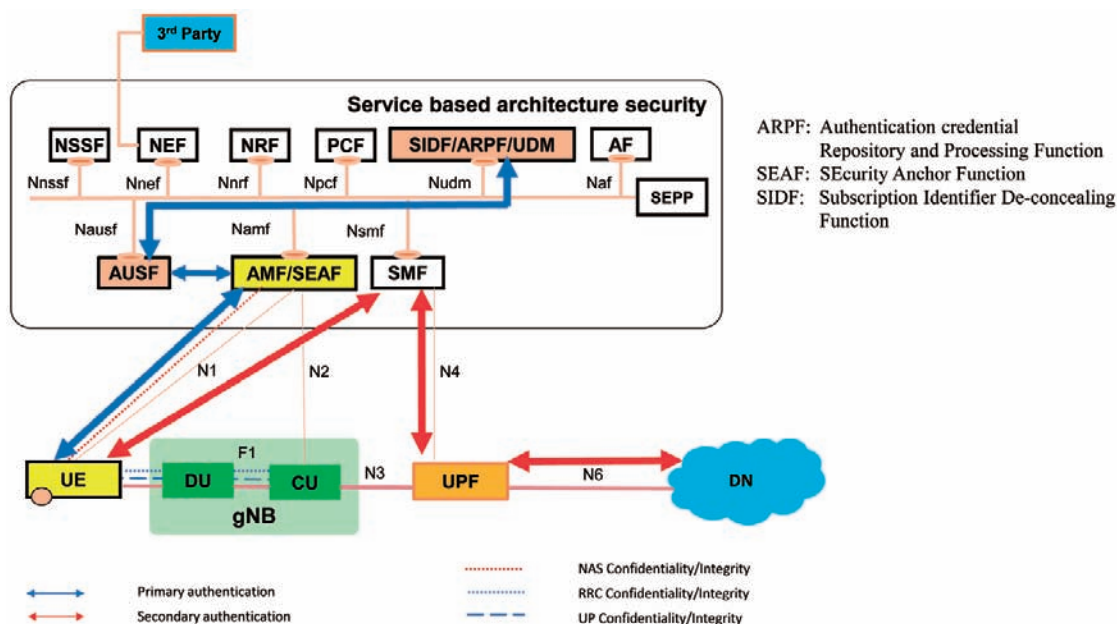
5Gシステムで新たに検討を加えたものは、スライスの構成と、User/Control Planeインタフェース (N4) と、3GPPで規定しない網とのインターワーク (N1) におけるセキュリティである。(図12)

5. 5GAA : 自動車業界との連携 ～ Maxime Flament氏 (5G Automotive Association (5GAA) CTO)

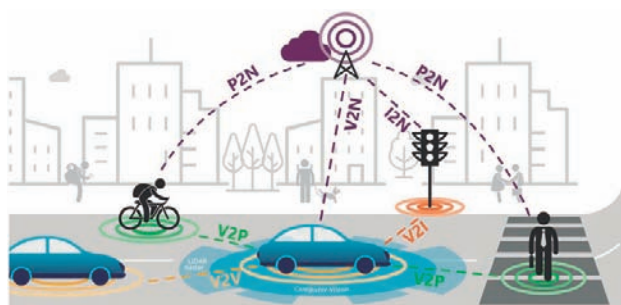
講演の最後に、5Gモバイル通信技術を大きな変革のベースとする業際連携の取組み推進のための枠組みの実例として、自動車業界と通信業界を連携する5G Automotive Association (5GAA) のCTO Maxime Flament氏が、3GPPのV2X (“Vehicular to everything” 乗り物と全てのものを通信で結ぶコンセプト) 仕様を交通システムに適用する実例と今後の連携の方向性について紹介した。

C-V2X (Cellular V2X) は3GPP Release-14及びRelease-15の一部であるLTE-V2Xであり、Release-16で5G対応のNR-V2Xの策定検討を進め2019年12月に完成の予定である。

5GAAではNR-V2Xを、自動運転をサポートする改善技術として位置付け、LTE-V2Xを補完、共存するものとしている。(図13、図14)

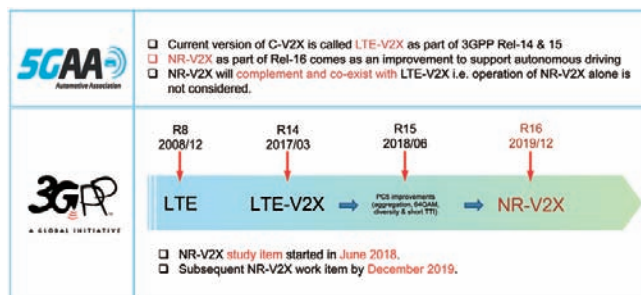


■ 図12. Service Based Architectureの参照点で示したセキュリティの側面



■ 図13. C-V2Xの概念図

3GPP time plan



■ 図14. C-V2Xの3GPPにおける開発スケジュール

6. 閉会挨拶

～田原康生氏（総務省総合通信基盤局電波部長）

閉会にあたり、田原康生 総務省総合通信基盤局電波部長は、これまでの産学官連携による5G実証実験の成果とその標準化へのフィードバックによる貢献、今後の周波数割当から、2020年東京オリンピック・パラリンピックに向けたサービスの実現に言及し、5Gの発展への期待を込めて、本セッションを締めくくった。

7. おわりに

「3GPPサミット～5G標準化の最前線～」と題して開催された本セッションは、CEATEC 2018コンファレンス最大級の収容人員500名を大きく上回る参加者を集め、大変な盛況のうちに終了した。3GPP PCG会合とも連動したイベントとして、PCGリーダー、TSGリーダー（議長全員と、日本から選出の副議長）、業界パートナーなどが一堂に会してそれぞれの活動を直接紹介する、非常に貴重な機会となった。3GPPは、2018年12月に設立20周年を迎え、引続き、鋭意技術仕様Release 16の開発を続け、5Gシステム機能拡充に余念がない。

なお、今回のコンファレンスセッションに使用した資料はTTCウェブサイト*より入手可能である。

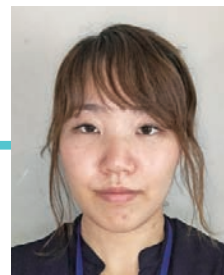
* パスワード保護されていますので、資料ご希望の方は、TTC事務局 (3gpp-info@tts.ttc.or.jp) までご連絡下さい



ITU-R SG7 関係会合の結果について

総務省 総合通信基盤局 電波部 基幹・衛星移動通信課 衛星推進係

まだ ゆかこ
馬田 祐佳子



1. はじめに

2018年9月18日(火)～26日(水)の9日間にわたり、スイス(ジュネーブ)のITU本部において、科学業務に関する審議を所掌とするITU-R(無線通信部門)SG7(StudyGroup7; 第7研究委員会)及びSG7下のWP(Working Party)会合が開催されたので、その概要を報告する。

今回会合には約26か国・約12の機関から延べ約400名(SG7:約80名、WP7A:約50名、WP7B:約120名、WP7C:約90名、WP7D:約60名)が出席した。日本からは、総務省、国立天文台、(国研)情報通信機構、(国研)宇宙航空研究開発機構、(株)日立製作所、宇宙技術開発(株)、(一財)テレコムエンジニアリングセンターから計11名が参加した。

2. WP7A会合

WP7Aは、標準時及び標準周波数の通報に関する事項を扱っている。

○ワイヤレス電力伝送(WPT)関連

ITU-R勧告SM.2110の改定案について、新しい周波数帯として、19–25kHz、55–5XkHz、6Y–65kHz、79–90kHz、及び100–148.5kHzが追加されており、WP1AよりWP7Aに、標準時・標準周波数供給サービス(SFTS)の保護の観点から60kHz帯の保護に関するコメントを求めるリエゾン文書が提出された。ロシアが20kHz帯は一次分配の業務であり保護されるべきとコメントしたが、日本から本リエゾン文書はあくまでもガイドラインとして推奨する周波数帯を示したものであり、実際の利用許可は各国の主権のもと実施できるので、保護すべき周波数帯には各国の判断で規制することが可能である旨を説明した。ドイツから60kHz帯の保護を実施するならば同様に77.5kHzに関連して79kHz–90kHzの下限領域についても保護を検討してほしいとの提案がありWP7Aとして、WP1Aにリエゾン文書を送付することとなった。

3. WP7B会合

WP7Bは、宇宙研究、宇宙運用、気象衛星等の宇宙無線アプリケーションに関する事項を扱っている。

○WRC-19 議題1.2関連

本議題は、DCS(データ収集システム)を保護するために、401–403MHz帯、399.9–400.05MHz帯における移動衛星業務(MSS)、気象衛星業務(MetSat)、地球探査衛星業務(EESS)用地球局の電力制限値の導入を検討する議題である。

日本からは、本帯域で既に運用中、もしくは近い将来打上げ予定の小型EESS衛星のTT&C(テレメトリ、トラッキング及びコマンド)業務を保護するため、DCS衛星に対する干渉検討及び干渉低減策を追記する新報告草案の改定を前回会合で提案した。前回会合はCPMテキスト案を検討する最後の会合であったことから、CPMテキスト案の作成を優先させたため、新報告草案の更新を審議する時間を取ることができなかった。今回会合においては、前回会合で提出された各国からの修正提案及び今回会合で新たに入力された寄書について審議した。

フランスは、2019年11月22日までに通告し使用を開始した衛星通信網であれば、地球局の帯域内電力に課せられる制限値の適用が免除される期間について、前回会合にてWP7Bから出力されたCPMテキスト案には2029年1月1日までと提案されているが、2024年11月22日までと記載することを提案した。しかしながら、本新報告草案は技術的な研究結果を報告するためのものであるとのWMO(世界気象機関)及びカナダからの主張により、本新報告草案から制限の適用を免除する経過措置に関する項目自体が削除されることとなった。

401–403 MHzにおけるEESSとMetSatの技術的研究について、米国より、動的解析による静止衛星のDCSとEESSの非静止衛星との共用検討結果が提案され、代表的な共用検討の結果を示すものとして新報告草案にて報告されることとなった。一方で、



日本が提案していた静止衛星のDCSとEESSの非静止衛星との共用検討については、一般的な条件によるものではなく限定的な周波数帯における日本の衛星システムに限定していることに加え、特定の衛星システムの諸元による固有の干渉軽減策を考慮した共用検討であることから、限定的な条件による干渉軽減策を講じた共用検討結果の一つとしてAnnexに添付されることとなった。

4. WP7C会合

WP7Cは、リモートセンシングに関する事項を扱っている。

○テレビ受信機の中間周波数回路からの電磁干渉

1400–1427MHz帯におけるテレビ受信機の中間周波数回路からEESS(受動)への電磁干渉について、統括的な解決策やITU-Rにおいてどのような対応が必要となるかにつき、SG1管轄の研究課題として作成できないかをWP7Cより提案しており、この研究課題を作成するか否かの決定結果の連絡をWP1Aに求めるリエゾン文書が、前回会合で送付されている。これに対しWP1Aからのリエゾン文書にて、懸念が大きくなりつつあることと、それに対する対応をITU-Rにて実施することの意義は理解するものの、委員会としての機能と構成は変更するべきではないという回答を得ている。WP7Cでは、研究課題としての要素を検討するための時間が必要であり、次回会合にて、提案する方向とする旨のリエゾン文書を送付した。

○異物(FOD)検知システムに関わる新報告草案

92–100GHz帯を利用するFOD検知システムとして我が国で開発中のリニアセルレーダシステムに関わる新報告草案ITU-R M. [FOD 92–100GHz]と、雲レーダとして使用しているEESS(能動)との帯域内干渉の予備解析結果の内容を反映した新報告草案ITU-R M. [FOD_SHARE]については、2018年11月のWP5Bの会合で審議を予定しているため、WP5BからWP7Cに対して内容の確認等が要請されている。また、EESS(受動)が使用する周波数帯は92–100GHz帯内ではなく、近接する上下周波数帯であることから、EESS(受動)との干渉の可能性がある

86–92 GHz帯における予備解析結果が、米国から提示された。WP7Cにてレビューを行い、その結果をWP5Bへのリエゾン文書返答案としてまとめ、リエゾン文書(能動)と今回の予備解析(受動)の結果を合わせて、WP5Bに新報告草案への取込みを依頼することとなった。

5. WP7D会合

WP7Dは、電波天文に関する事項を扱っている。

○AMRD(自律型海上無線装置)と電波天文の干渉

議題1.9.1(156–162.05MHzにおいて運用するAMRD)は、AMRDの156–162.05MHz帯における新規周波数分配と規制措置に関する議題で、WP5Bは161–162MHzを候補周波数帯とする提案を準備している。提案周波数の2倍高調波(322–328.6MHz帯)が、電波天文業務の一次分配帯域に重なるため、AMRDによる電波天文業務への干渉評価を行った結果、干渉閾値より超過することが判明した。このため、日本からWP5Bが策定中の新勧告草案ITU-R M. [AMRD]に向けた作業文書に、他業務に有害干渉を起こさないこと等を追記することを提案するリエゾン文書を作成し、提案した。日本の提案趣旨は、WP7Dにおいて広く支持され、リエゾン案は承認されてWP5Bに送付されることとなった。

6. おわりに

今SG7関連会合では、我が国の提案文書については各国との協議を踏まえて適切に各文書に反映させることができた。引き続きSG7における我が国のプレゼンスを維持できるよう、今後も継続的な対応を行うことが重要である。特に我が国の小型衛星が使用する周波数に関する議論については、今回の成果がWRC-19に向け維持されるよう当該帯域の利用者を中心に関係会合も含めしっかりとフォローしていくことが必要である。

次回会合は、WP7A、7B、7C、7D及びSG7会合が2019年5月28日(火)から同年6月5日(水)の9日間にわたり、ジュネーブ(スイス)で開催される予定である。

最後になったが、今回会合において多大な尽力をいただいた日本代表団全員にこの場を借りて深く感謝申し上げる。



ITU-T SG15 第3回Geneva本会合結果報告

日本電信電話株式会社
ネットワークサービスシステム研究所

むらかみ まこと
村上 誠

NTT アドバンステクノロジー株式会社
ビジネスインテリジェンスAIセンタ

こんどう よしひろ
近藤 芳展

日本電信電話株式会社
NTT アクセスサービスシステム研究所

さかもと たいじ
坂本 泰志

日本電信電話株式会社
NTT アクセスサービスシステム研究所

なかむら ひろたか
中村 浩崇

1. はじめに

2017-20年会期のITU-T SG15第3回会合は、2018年10月8日から19日の日程で、ジュネーブITU本部で開催された。SG15はホーム、アクセスからコアまでのネットワーク領域、さらにスマートグリッドまでの範囲を包含し、管路敷設から光ファイバ及びメタリック系の伝送媒体、光伝送及びデバイス、OTN (Optical Transport Network)、パケット伝送とその運用・管理まで広範にわたる技術課題を扱っている。組織

構成は光及びメタルアクセス網及びホーム網技術 (WP1)、光伝送網技術 (WP2)、光伝送網アーキテクチャ (WP3) という3つのワーキングパーティ (WP) 体制で標準化検討を行っている。表1にSG15を構成する課題名とラポータを示す。

2. 会合の概要

参加者数は289名でほぼ前回同様であるが、参加国数は37か国で前回に比べ3割ほど増加し、依然としてITU-T最

■表1. 各課題名とラポータ (敬称略)

課題	課題名	ラポータ
WP1: アクセス、ホーム、スマートグリッド伝送網 (議長: Tom STARR、米国、AT&T) (副議長: Ian HORSLEY、英国、BT)		
Q.1	アクセス及びホームネットワーク伝送標準の調整	正) J-M FROMENTEAU、米国、Corning 副) Dekun LIU、中国、Huawei
Q.2	アクセス網における光システム	正) Frank EFFENBERGER、米国、Futurewei 副) 可児淳一、日本、NTT
Q.4	メタリック線によるブロードバンドアクセス	正) Frank VAN DER PUTTEN、ベルギー、Nokia 副) Les BROWN、中国、Huawei 副) Miguel PEETERS、米国、Broadcom
Q.15	スマートグリッド向け通信	正) Stefano GALLI、米国、Futurewei 副) Paolo TREFFILETTI、イタリア、STMicroelectronics
Q.18	ブロードバンド宅内ネットワーク	正) Les BROWN、中国、Huawei 副) Marcos Martinez、米国、Maxlinear
WP2: 光技術及び物理的設備 (議長: 荒木則幸、日本、NTT) (副議長: Pete ANSLOW、カナダ、Ciena)		
Q.5	光ファイバとケーブルの特性と試験法	正) 中島和秀、日本、NTT
Q.6	陸上伝送網における光システムの特性	正) Peter STASSAR、中国、Huawei 副) Pete ANSLOW、カナダ、Ciena
Q.7	光部品、サブシステムの特性	正) Bernd TEICHMANN、ドイツ、Nokia
Q.8	光ファイバ海底ケーブルシステムの特性	正) Omar Ait SAB、フランス、Alcatel-Lucent
Q.16	光基盤設備及びケーブル	正) Edoardo COTTINO、イタリア、SIRTI SpA
Q.17	光ファイバケーブル網の保守・運用	正) 戸毛邦弘、日本、NTT 副) Xiong ZHUANG、中国、MIIT
WP3: 伝送網特性 (議長: Malcolm BETTS、中国、ZTE) (副議長: Glenn PARSONS、カナダ、Ericsson)		
Q.9	伝送網装置と網のプロテクション/レステレーション	正) Tom HUBER、ドイツ、Coriant
Q.10	伝送網OAM	正) Jessy ROUYER、米国、Nokia
Q.11	伝送網の信号構造、インタフェース及びインタワーキング	正) Steve GORSHE、米国、Microsemi
Q.12	伝送網アーキテクチャ	正) Stephen SHEW、カナダ、Ciena
Q.13	網同期及び時刻分配特性	正) Stefano RUFFINI、スウェーデン、Ericsson 副) Silvana RODRIGUES、カナダ、IDT
Q.14	伝送システムと装置の管理と制御	正) Hing-Kam LAM、中国、Fiberhome 副) Scott MANSFIELD、カナダ、Ericsson



■表2. 今会合で凍結されたTAP勧告一覧 (Recommendations Determined)

勧告番号	種別	標題	課題
WP1 (1件)			
G.9700	改訂	Fast access to subscriber terminals (G.fast) - Power spectral density specification	Q.4

■表3. 今会合で合意された勧告一覧 (Texts Consented)

勧告番号	種別	標題	課題
WP1 (23件)			
G.988 Amd1	改正	ONU management and control interface (OMCI) specification : Amendment 1	Q.2
G.989.2	改訂	40-Gigabit-capable passive optical networks 2 (NG PON2) : Physical media dependent (PMD) layer specification	Q.2
G.989.3 Amd2	改正	40-Gigabit-capable passive optical networks (NG PON2) : Transmission Convergence (TC) layer specification : Amendment 2	Q.2
G.9807.2 Amd1	改正	10 Gigabit-capable symmetrical passive optical networks (XG (S) -PON) : Reach extension : Amendment 1	Q.2
G.9803 (ex G.RoF)	新規	Radio over fiber systems	Q.2
G.993.2	改訂	Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2) (for consent)	Q.4
G.993.5	改訂	Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers (for consent)	Q.4
G.994.1	改訂	Handshake procedures for digital subscriber line transceivers (for consent)	Q.4
G.996.2	改訂	Single-ended line testing for digital subscriber lines (DSL) (for consent)	Q.4
G.997.1	改訂	Physical layer management for digital subscriber line transceivers (for consent)	Q.4
G.997.2	改訂	Physical layer management for G.fast transceivers (for consent)	Q.4
G.998.2	改訂	Ethernet-based multi-pair bonding (for consent)	Q.4
G.998.4	改訂	Improved impulse noise protection for digital subscriber line (DSL) transceivers (for consent)	Q.4
G.999.1	改訂	Interface between the link layer and the physical layer for digital subscriber line (DSL) transceivers (for consent) A.5 justification for references to IEEE 802.3	Q.4
G.9701	改訂	Fast access to subscriber terminals (G.fast) - Physical layer specification (for consent)	Q.4
G.9960	改訂	Unified high-speed wire-line based home networking transceivers-System architecture and physical layer specification	Q.18
G.9961	改訂	Unified high-speed wireline-based home networking transceivers-Data link layer specification	Q.18
G.9962	改訂	Unified high-speed wireline-based home networking transceivers-Data link layer specification	Q.18
G.9963	改訂	Unified high-speed wireline-based home networking transceivers-Multiple input/multiple output specification	Q.18
G.9979	改訂	Implementation of the generic mechanism in the IEEE 1905.1a-2014 Standard to include applicable ITU-T Recommendations	Q.18
G.9991 (ex G.vlc-hs)	新規	High speed indoor visible light communication transceiver-System architecture, physical layer and data link layer specification	Q.18
G.9992 (ex G.occ)	新規	Indoor optical camera communication transceivers-System architecture, physical layer and data link layer specification	Q.18
G.9978	改訂	Secure admission in G.hn network	Q.18
WP2 (7件)			
G.651.1	改訂	Characteristics of a 50/125 μ m multimode graded index optical fibre cable for the optical access network	Q.5
G.698.2	改訂	Amplified multichannel dense wavelength division multiplexing applications with single channel optical interfaces	Q.6
G.698.4 Cor.1	訂正	Multichannel bi-directional DWDM applications with port agnostic single-channel optical interfaces	Q.6
G.672	改訂	Characteristics of multi-degree reconfigurable optical add/drop multiplexers	Q.7
L.163 (ex L.cci)	新規	Criteria for optical fibre cable installation with minimal existing infrastructure	Q.16
L.109 (ex L.60)	改訂	Construction of optical/metallic hybrid cables	Q.16
L.314 (ex L.85)	改訂	Optical fibre identification for the maintenance of optical access networks	Q.17
WP3 (25件)			
G.8131 Amd.3	改正	Linear protection switching for MPLS transport profile	Q.9



G.8011/Y.1307	改訂	Ethernet service characteristics	Q.10
G.8013/Y.1731 Amd.1	改正	Operation, administration and maintenance (OAM) functions and mechanisms for Ethernet-based networks	Q.10
G.8121/Y.1381	改訂	Characteristics of MPLS-TP equipment functional blocks	Q.10
G.8121.1/Y.1381.1	改訂	Characteristics of MPLS-TP equipment functional blocks supporting ITU-T G.8113.1/Y.1372.1 OAM mechanisms	Q.10
G.8121.2/Y.1381.2	改訂	Characteristics of MPLS-TP equipment functional blocks supporting ITU-T G.8113.2/Y.1372.2 OAM mechanisms	Q.10
G.709/Y.1331 (2016) Amd.3	改正	Interfaces for the optical transport network (OTN) : Amendment 3	Q.11
G.709.1/Y.1331.1 (2018) Amd.1	改正	Flexible OTN short-reach interface - Amendment 1	Q.11
G.709.3/Y.1331.3 Amd.1	改正	Flexible OTN long-reach interfaces - Amendment 1	Q.11
G.8023 (2018) Cor.1	訂正	Characteristics of equipment functional blocks supporting Ethernet physical layer and FlexE interfaces - Corrigendum 1	Q.11
G.8251	改訂	The control of jitter and wander within the optical transport network (OTN)	Q.13
G.8260 (2015) Amd.2	改正	Definitions and terminology for synchronization in packet networks : Amendment 2	Q.13
G.8262	改訂	Timing characteristics of synchronous equipment slave clock	Q.13
G.8262.1/Y.1362.1	新規	Timing characteristics of enhanced synchronous equipment slave clock	Q.13
G.8271 Amd. 2	改正	Time and phase synchronization aspects of telecommunication networks - Amendment 2	Q.13
G.8271.2 Amd.2	改正	Network limits for time synchronization in packet networks with partial timing support from the network - Amendment 2	Q.13
G.8272	改訂	Timing characteristics of primary reference time clocks	Q.13
G.8273.2/Y.1368.2 Amd.2	改正	Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks - Amendment 2	Q.13
G.8273.3/Y.1368.3 Amd.1	改正	Timing characteristics of telecom transparent clocks - Amendment 1	Q.13
G.8275/Y.1369 Amd.1	改正	Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution Amendment 1	Q.13
G.875 (ex G.874.1)	改訂	Optical transport network : Protocol-neutral management information model for the network element view	Q.14
G.8052/Y.1346	改訂	Protocol-neutral management information model for the Ethernet Transport capable network element	Q.14
G.8151/Y.1374	改訂	Management aspects of the MPLS-TP network element	Q.14
G.8152/Y.1375	改訂	Protocol-neutral management information model for the MPLS-TP network element	Q.14
G.7721 (ex G.sync-mgmt)	新規	Management Requirement and Information Model for Synchronization	Q.14

大規模のSGとなっている。日本からの参加者数は前回同様28名で、国別では中国、米国に次いで3番目の参加者数を擁している。総寄書数は403件、関連するTD (Temporary Document) は439件で前回より多少増加、日本からの提出寄書数は19件で前回より多少減少した。

組織構成では、WP3課題9 (伝送網のプロテクション/レステレーション) を解散し、パケット網プロテクション、回線網プロテクション及びSDN (Software Defined Networking) / ASON (Automatically Switched Optical Network) 制御型のレステレーションに関する議題をそれぞれ課題10、11及び12に担当させることにした。

今会合では、表2に示すように改訂1件の勧告案をTAP (Traditional Approval Process) 凍結 (determined) した。

また、表3のとおり、新規6件、改訂33件、改正14件、訂正2件を含んだ計55件の勧告案を合意 (consented) した。さらに表4のとおり、5件の補足文書、3件の技術文書 (technical report)、2件のImplementer's guides及び1件の質問表に同意 (agreed) した。

特に、次期第5世代モバイルサービスの実現が近づいていることからIMT2020/5Gのための伝送網に関する議論が活発化しており、GSTR-TN5G (Transport network support of IMT-2020/5G) 改版や関連する技術文書の作成を継続している。また、増加する一方のトラフィック大容量化に対応するためにデジタルコヒーレント光伝送技術に基づく100G級光インタフェースや200Gから400GまでのOTNインタフェース標準を勧告化した。さらに、Internet of Things等の普及



■表4. 今会合で同意された文書一覧 (Texts agreed)

文書番号	種別	標題	課題
WP1 (2件)			
Supplement G.sup.5GP	補足文書	5G Wireless Fronthaul Requirements in a PON Context	Q.2
	技術文書	Technical Paper on NT software upgrade for one image	Q.4
WP2 (4件)			
G.suppl.40	補足文書	Optical fibre and cable Recommendations and standards guideline	Q.5
G.suppl.42	補足文書	Guide on the use of the ITU-T Recommendations related to optical fibres and systems technology	Q.5
TR-GLSR	技術文書	Guide on the use of ITU-T L-series Recommendations related to optical technologies for outside plant	Q.5
	質問表	Questionnaire on cable ship and submersible equipment	Q.8
WP3 (5件)			
G.8001 Implementers' Guide	インプリメンターズガイド	Implementers' Guide for G.8001/Y.1354	Q.9
G.8101 Implementers' Guide	インプリメンターズガイド	Implementers' Guide for G.8101/Y.1355	Q.9
G.Supl.58	補足文書	Optical transport network module framer interfaces	Q.11
GSTR-TN5G	技術文書	Transport network support of IMT-2020/5G	Q.12
G.Suppl.sim	補足文書	Simulations of transport of time over packet networks	Q.13

に対応して、屋内での可視及び赤外光通信に関する標準を新規勧告化した。一方で、通信基盤整備の遅れている途上国等で光ファイバ網を安価かつ簡易に実現できる直置き型光ケーブル敷設方法に関する標準を新規勧告化した。

3. 第1作業部会 (WP1) アクセス網、ホーム網、スマートグリッドにおける伝送

アクセス網全般、ホーム網に加えてスマートグリッド向け通信を検討する作業部会である。今会合では、TAP凍結された勧告が1件、合意された勧告が23件（新規3件、改正3件、改訂17件）となっている。各課題における審議詳細を以下に示す。

3.1 課題1 (Q.1) アクセス及びホームネットワーク伝送標準の調整

Access Network Transport Standards OverviewとWork plan、Home Network Transport Standards Overview and Work planの更新が行われた。

3.2 課題2 (Q.2) ファイバアクセス網における光システム

PONシステムについては、40G級PON (NG-PON2) 拡充に向けて、物理層仕様を規定するG.989.2及び制御層仕様を規定するG.989.3を改正した。特に、G.989.3改正ではPONの低遅延化を実現する制御アルゴリズム (CO DBA: Cooperative Dynamic Bandwidth Assignment) の仕様

が追記された。また、10G級PON長延化を実現する物理層仕様を規定するG.9807.2とONUの管理制御インタフェースを規定するG.988を改正した。光ファイバ無線システムを規定するG.9803 (G.RoF: Radio over fiber) を新規勧告化した。5Gフロントホールに向けたPONをターゲットとした光アクセスシステムに関する要件をまとめた新規補足文書G.sup.5GPに同意した。1波当たり10Gbit/s超の光アクセスシステムとして、10Gbit/sの1芯双方向Point-to-pointシステムを規定するG.9806、50Gbit/sを上限とするG.hspシリーズの仕様策定に向けた議論が行われた。

3.3 課題4 (Q.4) メタリック線によるブロードバンドアクセス

DSLやG.fastといったメタリック線を使ったアクセス網技術に関する審議が行われている。G.fast関連では、下り方向の送信電力密度 (PSD) レベルを増加させる規定を盛り込んだG.9700 (G.fast-psd) 改訂がTAP凍結されたほか、運用中の再設定機能、新しいベクタリング機能 (TGV) 等の新規機能を盛り込んだG.9701 (G.fast物理層規定)、G.997.2 (G.fast物理管理規定)、G.994.1 (初期化規定) をそれぞれ改訂した。また、新規作業項目としてG.fastback (ボンディングしたG.fast回線をDPUのバックホールに適用する構成におけるNEXT/FEXT干渉緩和に向けた検討) を開始することになった。一方、数Gbit/secをターゲットとするG.mgfastに関しては、符号化方式や物理層でのQoSサポートに関する議論が継続して行われており、次回本会合での新規勧告



化を目指すこととなっている。DSL関連としては、VDSL関連のG.993.2、G.993.5を改訂した。

3.4 課題15 (Q.15) スマートグリッド向け通信

審議すべき入力寄書はなかったものの、欧州における電力事業者の取組みを踏まえた狭帯域電力線通信技術及び広帯域電力線通信技術に関する状況について、同じくスマートグリッド向けの検討を進めているQ18メンバとの意見交換が行われた。

3.5 課題18 (Q.18) ブロードバンド宅内ネットワーク

屋内網／ホーム網を中心として適用される伝送技術に関する検討が進められている。高速な可視光通信向けトランシーバを規定するG.9991 (G.vlc-hs) とスマートフォンでの受信を想定した屋外向け光学カメラ通信トランシーバ規定であるG.9992 (G.occ) を新規勧告化した。G.hn (G.996xシリーズ) に関しては、一連の関連勧告が改訂されたほか、スマートグリッド通信向けにG.hnの適用を想定したユースケース及びその要件をまとめた技術文書作成に向けた審議が継続して進められている。

4. 第2作業部会 (WP2) 光技術及び物理インフラ

WP2では、光伝達網における物理層のインタフェースと伝送特性から、屋外設備の設計、保守、運用に関する技術を所掌する。今会合では計6課題による審議が行われ、合意された勧告が7件 (新規1件、改訂5件、訂正1件)、同意された文書が4件 (補足文書2件、技術レポート1件、質問状1件) である。各課題における審議詳細を以下に示す。

4.1 課題5 (Q.5) 光ファイバ及びケーブルの特性と試験方法

勧告G.651.1 (マルチモードファイバ) は他標準化団体で規定される最新のマルチモードファイバ標準との関係が明らかになるよう改訂した。また、補足文書G.Sup.40 (光ファイバガイドライン) はIEC及びISO/IECのファイバ標準とのクロスリファレンステーブルをアップデートして同意された。勧告G.654 (カットオフシフトファイバ) については、Eカテゴリの損失規格について議論、課題6から3波長帯の規格方式が提案され、Q5及びQ6合同のコレスポネンスをを行い、次回会合での合意を目指して議論を進めることとなった。

4.2 課題6 (Q.6) 陸上伝達網における光システムの特性

G.698.2 (単一チャネルインタフェースを有する光増幅

DWDMアプリケーション) について100Gb/sアプリケーションコードを含んで改訂された。なお、200Gb/s、400Gb/sアプリケーションコードの作成に向けては、変調方式や伝送距離などについて議論を継続することになった。G.698.4 (ポート依存のない単一チャネル光インタフェースをもったマルチチャネル双方向DWDMアプリケーション) は誤記訂正を含んで改訂された。

4.3 課題7 (Q.7) 光部品、サブシステムの特性

勧告G.672 (多方向ROADM) について、これまでの議論を反映したドラフトに基づき議論を行い、改訂した。また、G.671 (光部品及びサブシステムの伝送特性) 並びにG.672にlatencyやdifferential delayのパラメータを追記する提案があり、次会合での改訂を目指してコレスポネンスにおいて議論することとした。

4.4 課題8 (Q.8) 光ファイバ海底ケーブルシステムの特性

勧告G.977.1 (端局間DWDM光増幅中継光海底システム) 及び勧告G.971 (光海底システムの一般事項) において、オープンケーブル領域の定義・システムパラメータ・コミッショニング方法について審議を行った。コミッショニング方法については明確な合意が得られなかったが、それぞれ2019年会合での新規勧告化及び改訂予定を維持し、コレスポネンス活動にて議論を進めることとなった。また、G.971のAppendixに記載の敷設船情報をアップデートするための質問状の発出が同意された。

4.5 課題16 (Q.16) 光基盤設備及びケーブル

勧告L.109/60 (光/メタル複合ケーブルの敷設) 及びL.163 (不十分なインフラ環境下でのケーブル敷設) について、これまでの議論を反映した内容によりそれぞれ改訂及び新規勧告化した。勧告L.oha (宅内光ケーブル) については、中国の事例として耐火性能及び壁への敷設状態の安定性に関する記述をAppendixとして追記することになったが、既存のインドアケーブル勧告とのスコープの関係が明確でないことから合意時期を2020年に延期することになった。

4.6 課題17 (Q.17) 光ファイバケーブル網の保守・運用

勧告L.314 (アクセス保守における心線対照) は通信光に低周波変調を加える心線対照方式を付録に追加し、改訂された。日本の参加者より提案した屋外通信インフラ設備における設備管理に関する総則勧告案は、新規作業項目を



2020年の新規勧告化を目指して議論を進めることとなった。

5. 第3作業部会 (WP3) OTNアーキテクチャ

WP3は主として伝送網の論理層を検討している。課題9は今回で解消することになり、今後5つの課題構成になる予定である。今会合でも各国から総数200件を超える寄書提案が提出され、合意された勧告が25件(新規2件、改訂11件、改正11件、訂正1件)、同意された補足文書が2件、インプリメンターズガイドが2件、技術文書が1件である。EthernetやMPLS-TP等のパケット網技術、100Gb/s超OTNインタフェース、Transport SDN等のアーキテクチャと関連する制御・管理、パケット網における時刻・周波数同期、IMT2020/5Gのための伝送網技術等、多岐にわたる議論が行われた。各課題における審議詳細は以下に示す。

5.1 課題9 (Q.9) 伝送網のプロテクション/レストレーション

伝送網障害時のプロテクション/レストレーションに関する一般的特性とEthernet、MPLS-TP、OTN等の個別技術を対象とする議論を行っている。G.8131 (MPLS-TP線形プロテクション) はIETF RFC更新等に対応するよう改正した。また、G.808.2 (一般プロテクション-リングプロテクション) をMPLS-TPリングプロテクション勧告に合わせてアーキテクチャやプロテクションの種別に関わる記述を見直し、次回本会合で改訂する予定である。G.mtdh (MPLS-TP dual-homing protection) は次回本会合での新規勧告化を目指し、切替アーキテクチャ等について更新するとともにIETFヘリエゾンを送付した。

5.2 課題10 (Q.10) パケット伝送網インタフェース、インタワーキング、OAM及び装置仕様

Ethernet及びMPLS-TP等のパケット伝送技術を対象にサービス、インタフェース、OAMメカニズム、装置規定に関する議論を行っている。G.8011 (Ethernetサービスフレームワーク) は、MEF (Metro Ethernet Forum) の関連文書更新に対応するよう用語記述等を修正、改正した。G.8013 (Ethernet OAM機能と機構) はフレーム遅延測定区間の定義明確化や用語記述見直し等をして改正した。MPLS-TP装置機能ブロック特性に関する勧告群G.8121 (一般)、G.8121.1 (G.8113.1方式OAMに関わる部分)、G.8121.2 (G.8113.2方式OAMに関わる部分) はリング切替アーキテクチャ機能モデル、クライアント信号警報転送機能に関わる装置規定や用語記述を見直し改訂した。また、G.8021 (Ethernet装置機能ブロック

特性) はIEEE文書の参照方法に関する議論を継続しており、次々回本会合で改訂予定である。

5.3 課題11 (Q.11) 伝送網の信号構造、インタフェース、インタワーキング及び装置仕様

OTN多重分離収容インタフェースと装置規定を中心とした議論を行っている。G.709 (OTNインタフェース) 及びG.709.1 (Flexible OTN短距離インタフェース) は、G.8023 (Ethernet物理層とFlexible Ethernetインタフェースのための装置機能ブロック特性) 訂正とStaircase FEC (Forward Error Correction) OTL (Optical Transport Lane) 4.4を定義した多重レーン電気インタフェースに関するG.sup58 (OTNモジュールフレームインタフェース) 改訂に合わせた修正を行い、改正した。100G超OTN伝送のためのG.709.3 (Flexible OTN長距離インタフェース) は、高符号利得を有する硬判定型誤り訂正方式に関する議論を行い、80km伝送インタフェースにCFEC (Concatenated FEC) を採用することとして改正した。一方、長距離の450km伝送インタフェースにはCFECは不十分であり、openROADMプロジェクトで採用されているoFEC、CFECの改良版であるCFEC+、TPC (Turbo Product Code) 等を候補として、特性面のみならず知的財産権問題も含めて今後議論することにした。今会合でもIMT2020/5Gに対応する伝送網インタフェースの議論に多くの時間を費やし、技術文書G.Sup.5gotn (Application of OTN to 5G Transport) に加え、G.mtn (Interfaces for a metro transport network)、G.709.25-50 (25G and 50G OTN interfaces) 等の勧告文書案を作成し、議論を継続する予定である。

5.4 課題12 (Q.12) 伝送網アーキテクチャ

一般的及びOTN等の個別伝送網アーキテクチャや制御、Network Function Virtualization (NFV) やSoftware Defined Network (SDN) の伝送網への適用について議論している。5Gネットワークスライスを含む3GPP管理システムを支える伝送網インタフェースとそのためのG.8080 (Architecture for the automatically switched optical network)、G.7701 (ASONとSDNのコントローラ共通化) 及びG.7702 (伝送網のSDN (Software Defined Networking) 制御アーキテクチャ) の議論を継続している。光物理層アーキテクチャに関する勧告案G.media/G.807 (Architecture of optical media) は、光変復調信号や光性能監視、光媒体等のモデル化に関する寄書提案があり、今後G.872 (OTNアーキテクチャ) 改訂と



併せて勧告化に向けた議論を継続する。

中国ベンダ及びキャリアが積極的に推進するSlicing Packet Network (SPN) 関連では、課題11で新規work itemと決定したことから、今後、アーキテクチャ、管理・制御の議論を行うこととした。

5.5 課題13 (Q.13) 網同期と時刻配信品質

伝送網の周波数同期及びパケット網上での時刻・位相同期等について議論している。G.8262.1 (高品質同期イーサネット装置のスレーブクロックにおけるタイミング特性) は、位相過渡応答特性について10nsと規定し、その測定方法等について議論、新規勧告化した。G.8271 (パケット網における時刻及び位相同期) はIMT-2020/5Gを支える同期網のための議論を行い、改正した。今後、5Gフロントホール網のための時刻同期に関して、G.8271.1 (パケット網における時刻同期のためのネットワーク限界) 等の改版を予定している。G.8273.2 (テレコムバウンダリクロックと時刻スレーブクロックのタイミング特性) は、光モジュール遅延やタイムスタンプ保証精度等を考慮し、高精度Class C及びD時刻誤差を決定、改正した。さらに高精度化を目指して相互同期に基づくcoherent network PRTC (Primary Reference Time Clock) の議論を進める予定である。G.8272 (PRTCのタイミング特性) は、より高精度のPRTC-Bを追加する等して改訂した。また、近年の時刻同期に関するシミュレーション技術についてまとめた技術文書G.Supp.Sim (パケット網における時刻伝送シミュレーション) を作成した。

5.6 課題14 (Q.14) 伝送システム及び装置の管理と制御

共通装置管理要件、技術・プロトコル非依存な情報モデル、各技術 (OTN、Ether、MPLS-TP) の装置管理及び管理情報モデルについて議論している。近年活発な議論が続いている同期網の装置管理に関するG.sync-mgmt (同期装置の管理要求条件と情報モデル) はG.7721として新規勧告化した。また、OTN、Ethernet、MPLS-TPそれぞれの管理に関わるG.875 (プロトコル非依存OTN装置管理情報モデル)、G.8052 (プロトコル非依存Ethernet装置管理情報モデル)、G.8151 (MPLS-TP管理)、G.8152 (プロトコル非依存MPLS-TP装置管理情報モデル) を改訂した。今後、MPLS-TPに関わるG.8152.1 (MPLS-TP装置OAM情報及びデータモデル)、G.8152.2 (MPLS-TP装置障害復旧情報及びデータモデル)、及びMCC (Management Communication Channel) の管理に関わるG.7718 (MCC管理構成)、G.7719 (MCC管理情報モデル) の新規勧告化に向けた議論を継続する。

5. おわりに

SG15はITU-T最大のSGとして、多数の提出寄書と関連文書に関する議論と勧告文書の作成、審議を2週間の会期中に行ったが、引き続き十分な議論を行うために、次回本会合までの間に多数の中間会合が予定されている。次回のSG15会合は、2019年7月1日から12日もしくは13日までジュネーブで開催される予定である。

■表5. 次回SG本会合及びそれまでに予定されている中間会合

課題	期日	開催場所	議論内容
SG15本会合	2019/7/1-12 (13)	Geneva, Switzerland/ITU-T	第4回全体会合 (会議場の都合で13日までになる可能性あり)
Q.2	2019/1/9-10	Plano, USA/Futurewei	Q.2全般
Q.2	2019/4 (未定)	西安、中国/Cambridge	Q.2全般
Q.4	2019/1/21-25	Irvine, CA/Broadcom	Q.4全般 (G.dpmを除く)
Q.4	2019/4/1-5	Atlanta, GA/AT&T	Q.4全般 (G.dpmを除く)
Q.18	2019/2/18-22	Tel Aviv, Israel/ISSI	Q.18全般
Q.18	2019/5/20-24	TBD, Germany/TBD	Q.18全般
Q.6	2019/1/28-31	London, UK/Ciena	200G & 400G application codes in G.698.2, 25G and 50G operation supporting the future 5G transport applications
Q.11	2019/2/25-3/1	Geneva, Switzerland/ITU-T	下記を除くQ.11全般
Q.11	2019/4/8-12	西安、中国/China Mobile, Huawei	G.mtn, G.Sup.5gotn, G.ctn5g
Q.12,Q14	2019/1/25-25	武漢、中国/Fiberhome	Q.12およびQ.14全般
Q.13	2019/3/18-22	San Jose, USA/Microsemi	SyncE、新時刻同期アーキテクチャ (cnPRTC) 及び関連勧告 (G.8261, G.8262.1, G.8271, G.8275, G.8273.2)、Sync OAM and Management, Partial timing support (G.8273.4)
Q.14	2019/4/8-12	西安、中国/China Mobile, Huawei	Q.14全般



第42回APT管理委員会の結果

総務省 国際戦略局国際協力課 みうら たかひで
三浦 崇英



1. はじめに

アジア・太平洋電気通信共同体 (Asia Pacific Telecommunity: APT) は、アジア・太平洋地域における電気通信及び情報基盤の均衡した発展を目的として1979年に発足した国際機関 (事務局: バンコク) であり、研修やセミナーを通じた人材育成、標準化や無線通信等の地域的政策調整等を行っている。現在の加盟国数は加盟国38、準加盟国・地域は4であり、賛助加盟員 (民間企業等) は135となっている。

事務局は、事務局長のMs. Areewan Haorangi (タイ)、事務局次長の近藤勝則氏 (日本)、その他職員22名で構成される。

APTでは、年に1回、次年度業務計画案や予算案等について審議するための管理委員会が開催されている。

このたび、第42回APT管理委員会が開催されたので、その結果概要について報告する。

2. 第42回APT管理委員会 (MC-42) の概要

2.1 開催期間及び場所

2018年10月9日 (火) から12日 (金) (8日 (月) にAPT活動を総括するセミナーを開催)、モンゴル (ウランバートル)。

2.2 参加国等

APT加盟国 (日本、中国、韓国、タイ、シンガポール、オーストラリア、モルディブ等20か国)、準加盟国 (香港)、賛助加盟員 (TTC (ASTAP議長: 前田氏)、ARIB (AWG議長: 佐藤氏)、KDDI財団、モビコム (モンゴルの携帯事業者)、GSMA (GSM Association)、ICNC (Information Communications Network Company)) 等から、約130名が出席した (日本からは大森国際協力課長、西野国際協力課企画官等が出席)。

3. 主な審議概要・結果

Ms. Areewan Haorangi事務局長及びMr. Ilyas Ahmed (モルディブ) 議長からの開会の挨拶とともにホスト国の代表Mr. Chinbat Baatarjav (モンゴル) より歓迎の挨拶があった。プレナリーでは日本を含む13か国からステートメントが発表された。日本からは大森国際協力課長より、最大分担保金拠出国として、引き続きAPT活動に貢献するとともに、2019年にAPG19-5の日本開催に加えて、WTSA準備会合及びASTAP総会を日本に招致することを表明した。なお、副議長はMr. Chungwon Lee及びMr. Charles Chewの2名。

委員会では、4日間にわたり2018年に実施されたAPT域



写真1. オープニングプレナリーの模様



内における無線通信、標準化、ICT開発に係る活動及び会計報告並びに2019年次の業務計画及び予算案等の審議・承認が行われた。また、2019年はAPT設立40周年を迎える年であるとともにシンガポールでAPT大臣級会合の開催を予定しており、当該会合に係る準備会合の新設やAPT年報の発行への検討も行われた。

なお、管理委員会の前日(8日)に開催されたAPT活動を総括するセミナーでは、2018年のAPT活動の結果及び進捗状況等が紹介された。

3.1 2019年業務計画

2019年に開催を予定している会議、研修、プロジェクト等を盛り込んだ2019年業務計画(事務局案)について、審議・承認することが求められた。審議の結果は、下記のとおり。

(a) APTシンポジウム

2019年はAPTシンポジウムのテーマとして周波数管理及び防災の2テーマが提案されていたところ、韓国より加盟国によるインプット及び透明性の向上がテーマの選定において重要であるとの発言があった。これを受け、各国による議論が行われ、2019年に開催されるシンポジウムのテーマとして加盟国が直面する課題や同年開催予定の会合の内容に鑑み、テーマの1つである周波数管理をサイバーセキュリティに変更するべきとの提案があった。結果として、2019年のAPTシンポジウムのテーマをサイバーセキュリティとし、開催国をマレーシアにすることが承認された。なお、防災については特段の意見はなくフィリピンで開催されることで承認された。

(b) ホスト国の選定

プレナリーにおいて、2019年実施予定のAPT会合のホスト国候補が新たに承認された。

・PRFP-12(第12回APT太平洋地域政策・規制フォーラム): パラオ

・PRF-19(第19回APT政策・規制フォーラム): ブータン

(c) APT大臣級会合報告

2019年は5年に1度の大臣級会合の開催が予定されており、事務局長より、当該大臣級会合の詳細(諮問事項(Terms of Reference)、日程、準備会合の議長選出等)について発表があった。

コンセンサスにより、当該大臣級会合について、6月25日(火)から26日(水)にシンガポールで開催されること、準備会合の議長にMr. Charles Chew(シンガポール)が選出されることが承認された。

(d) その他(研修、人材交流プログラム等)

審議の結果、EBC-J(日本からの拠出金)を活用した施策に係る提案を含め、2019年の業務計画は承認された。なお、事務局からEBC-Jの取組みであるルーラルエリアのパイロットプロジェクトや研修が紹介された。また、2018年10月8日に開催されたセミナーにおいて、EBC-J及びEBC-K(韓国からの拠出金)による2019年実施予定のプロジェクトの募集及び採択に係る手続きの進捗状況について報告があった。

3.2 2019年予算案

事務局より提案された2019年APT予算案について、審議・承認することが求められた。審議の結果、下記の変更点を含め、本件は承認された。

(a) 人材管理計画(Human Resource Management Plan)策定に係る外部専門家の任用費

初日のプレナリーにおいて、オーストラリアから、同国提案の人材管理計画草案の事務局策定にあたり、必要があれば専門家の任用も勘案し、当該草案をWGMC-6へ提出することが提案された。

本件について事務局次長より、専門家任用に係る費用は2019年予算案に組み込まれていないとの説明があった。これを受け、各国による議論の結果、2019年予算案「項目: その他の支出」に20,000米ドルを組み込む事が承認された。なお、当該変更により2019年予算が2,682,756米ドルに増額となったが、これは第14回総会において承認された2019年の限度額2,695,172米ドルを下回っているため、特段の問題はないとの報告が事務局よりあった。

(b) 2018年-2022年における固定資産(Fixed Asset)計画

事務局次長より2018年-2022年における固定資産計画が提案された。パラオより、インフォメーションシステム予算への割当てが大幅に減額されている点について質問があった。これについて、①APT Webサイトの更新が必要なくなった点、②プロバイダーとの交渉により、インターネット接続に係る運用費が約40%減額した点が背景にあるとの回答が事務局次長よりあった。

(c) APT年報

事務局次長より、第41回APT管理委員会において承認されたAPT年報基金に係る文書が紹介された。当初、2018年の出版プロジェクトとして、当該基金から45,000米ドルが支出可能であったところ、より生産的な活動費に当該資金の一部を充てるべきであるとの意見がマレーシアよ



りあった。審議の結果、APT年報基金全体のうち、出版に係る費用を最小限の20,000米ドルに抑え、残りの基金残高157,858米ドルを「その他の収入」に移転することが、承認された。

3.3 任意拠出金

事務局次長より、任意拠出金に係る文書について、2018年の任意拠出金 (EBCs) の収支状況及び各種APT活動の主催国による支援並びに2017年会計年度における外部監査結果について報告があった。本件、特段の意見はなく文書は承認された。報告後、我が国、オーストラリア、中国、韓国より拠出継続表明があった。

3.4 議長及び副議長選挙

管理委員会議長より、次期管理委員会の議長及び副議長候補として、Mr. Sang-hun LEE (議長 韓国)、Mr. Charles Chew (副議長 シンガポール)、Ms. Lindle Rowe (副議長 オーストラリア) が紹介された。コンセンサスの結果、次期2年間に係る管理委員会の議長にMr. Sang-hun LEE、副議長にMr. Charles Chew及びMs. Lindle Rowe が選出された。

3.5 各種会合報告

(a) PRF報告

2019年に開催が予定されている、PRF-19、CGMM (アジア・太平洋ICT大臣級会合に係る2回の準備会合) 及び (SOM for APT-MM) 各国高官による準備会合について、審議・承認することが求められた。

PRF-19及び準備会合は、それぞれアドホックグループで審議され、当該結果がプレナリーに付されることになった。

・PRF-19の開催

アドホックグループ及びプレナリーにおける審議の結果、プータンで開催されることで、特段の意見なく承認された。

・CGMM及びSOM for APT-MMの開催

アドホックグループ及びプレナリーにおける審議の結果、タイで2回のCGMM、シンガポールで大臣級会合前日にSOM for APT-MMが開催されることで、特段の意見なく承認された。

(b) PRFP報告

事務局より、PRFP-11の開催にあたり、APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) 及びISOC (Internet



写真2. アドホックグループの様相

Society) と共同してインターネット接続・ワークショップ、PITA (Pacific Islands Telecommunications Association) 及びITUと共同してe-アプリケーション・ワークショップを開催することを発表。PRFP-11はスケジュールの関係から本管理委員会の後に開催されるため、会合報告は次回管理委員会において報告されることになった。

(c) SATRC報告

事務局より、SATRC-19の開催期間中に、ワーキング・グループ会合及びワークショップをそれぞれ2回開催すると報告があった。STARC-19もPRFP-11と同様に本管理委員会後に開催されるものである。

我が国は従前よりEBC-Jを通じた財政支援をSATRCに行っていることから、本報告後、引き続き当該支援を継続していく旨、表明した。

(d) ADF報告

2019年のADF-16の開催について、審議・承認することが求められた。韓国より、ITU-DとADFの協力関係の促進を目的にアジア・太平洋地域のITU-Dスタディー・グループより2名の副議長を招致することが提案された。アドホックグループ及び最終プレナリーにおいて、上記提案を検討する形で、ADF-16の開催は承認された。

(e) AWG報告

AWG議長より、2件のAPT勧告案 (「694-894MHzにおけるブロードバンドPPDRの周波数調和」及び「モバイル用ワイヤレス電力伝送の周波数範囲」)、2019年のAWG-25の開催について提案された。

本件に関連して、アドホックグループでは、ASTAP議長よりAPT文書の枠組みの修正案について提案があった。具体的にはAPT勧告化手続きに係る条件 (回議にあたり、少なくとも加盟国25%の合意) の削除を求め、本件はAPT事務局から各国主管庁の窓口への投票要請や紹介手続き



の強化を図るものであると説明。審議の結果、当該修正案は次回AWG及びASTAPにおいてレビューし、WGMCの承認を経て、再度管理委員会に提出されることとなった。なお、2件のAPT勧告案については、特段の意見なく承認された。

(f) ASTAP報告

ASTAP議長より、2019年に我が国をホスト国としたASTAP-31(4日間の本会合及びインダストリー・ワークショップ及びAPT-WTSA20-1(2020年開催のWTSAのための第1回APT準備会合))の開催、ASTAP作業方法の改定案、APT勧告案「災害時における車両を使用した情報通信システム」について提案された。

審議の結果、特段の意見なく全て承認された。なお、我が国よりASTAP-31及びAPT-WTSA20-1を日本に招致することが表明され、2019年6月11日(火)から15日(土)までの5日間、東京で開催されることが承認された。

(g) APG報告

APGの2018年報告書、2019年に開催予定のAPG19-4(韓国)及びAPG19-5(日本)について審議・承認することが求められた。

オーストラリアより、アジア・太平洋地域以外で開催される準備会合にAPTの代表者が出席するための手続きが作業方法の中で体系化されていないとの指摘があった。審議の結果、APGは作業方法の改訂をAPTガイドライン(下記h-1①)に矛盾しない形で実施することが求められた。なお、2019年開催予定のAPG19-4及びAPG19-5は特段の意見なく承認された。

(h) WGMC報告

管理委員会においてWGMCにより提案されたガイドライン等の法的文書改訂案について審議・承認が求められた。

(h-1) 審議の結果は下記のとおり。

①アジア・太平洋地域以外で開催されるITU世界会議のための準備会合にAPTの代表者が出席するための手続き/ガイドライン(新設)

・APT準備会合のプロセスにおいて、当該ガイドラインが各種会合の作業方法に適合されることが要求され、本件は承認された。

②管理委員会に合わせて開催されるAPTのイベントに参加するためのフェローシップの支給対象を変更/ガイドライン(改定)

・当該ガイドライン改定案について、マレーシアより分担金等の拠出遅延加盟国とフェローシップの関係に留意する

べきとの発言があった。審議の結果、本件は承認された。

③APT事務局職員の退職年齢を60歳から65歳に引き上げ/職員規則(改定)

・当該職員規則の改訂案について、パラオより、オーストラリア提案の人材管理計画との関係が論点として挙げられた。人材管理計画は上記3.2(a)記載のとおり、WGMCへの回議が予定されているところ、当該職員規則の改訂案の承認についても同計画に関係する内容であることから、承認プロセスを延長するべきか否か事務局より、質問があった。審議の結果、当該職員規則についても人材管理計画と同様に、WGMCによる承認後、再度管理委員会に提出されることで、承認された。

④事務局長及び事務局次長の立候補時の年齢制限の撤廃/決議(改定)

及び

⑤分担金を滞納している賛助加盟員に対して、制限なく、必要な手段を講じる旨の規定を追加/決議(改定)

・管理委員会議長より、当該決議改定案は総会への審議・承認が求められる文書であり、管理委員会では意見照会のみとする旨、発言があった。審議の結果、本件は次回総会へ提出されることで承認された。

⑥分担金を滞納している賛助加盟員に対してAPT事務局が資格の停止等を通知する旨の規定等の削除/財政規則(改定)

・本件について、特段の意見なく承認された。

⑦賛助加盟員が分担金を滞納した場合にAPTが必要な手段を講じる旨の規定を追加/ガイドライン(改定)

・シンガポールより段落29及び30を削除するべきとの発言があった。これを受けWGMC議長より、削除には手続き的な側面から総会決議(13/GA)の改訂が必要になると回答。総会決議(13/GA)の改訂には総会による承認が必要となることから、当該ガイドライン承認の手続きは①WGMC-6による審議、②第43回APT管理委員会での承認、③第15回総会での総会決議(13/GA)改訂の承認、④第44回APT管理委員会への提出を経ることで承認された。

(h-2) その他WGMC審議事項

・APT年報基金

・APT文書へのアクセスについて(オーストラリア提案)

・APT年報基金の活用について(マレーシア提案)

(i) APT PP-18報告及びAPTシンポジウム(サイバーセキュリティ)報告



APT PP-18報告及びAPT シンポジウム(サイバーセキュリティ) 報告について留意・承認することが求められた。

審議の結果、本件について特段の意見なく承認された。

4. おわりに

今回の管理委員会はホスト国モンゴルによる手厚い歓迎があり、非常に感慨深いものとなった。モンゴル政府主催の夕食会では、伝統的な民族歌謡や演奏の紹介があり、同国の文化を知るまたとない機会となった。

当初、モンゴルといえば「大草原」のイメージが強くあった筆者だが、実際に現地に入ると交通網をはじめ社会インフラが広く整備されている姿がそこにはあり、非常に感服させられた。滞在期間中、在モンゴル日本国大使館を訪問する機会をいただいたが、その際に我が国は同国にとって、初めてのEPA/FTA協定国であることから、第三の隣国として非常に重視されているとお話があった。確かに市内を見渡すと至る所で日本車が使用されており、モンゴルと我が国の間に外交上の深いつながりを垣間見ることができた。

同国とはEBC-Jを活用した本邦研修やプロジェクトを通じ、情報通信分野における協力関係を構築している。

我が国は1985年電気通信事業法が施行され、通信自由

化から約30年以上経過するが、それに伴い電気通信市場規模は大きく拡大し、今や国家の経済基盤を担うまでに成長した。こうした背景からも情報通信が経済に与える影響は測り知れず、引き続き世界的に注目されることが予想される。

総務省はAPTをはじめ、関係機関との連携を軸に今後も域内の情報通信分野に係る持続的な発展を支援していく所存である。関係各位には引き続き積極的な事業へのご参加及びご協力を賜ればと存ずる。



写真3. モンゴル政府主催夕食会における同国伝統歌謡の披露



写真4. 第42回APT管理委員会出席者



APT無線通信グループ 第24回会合 (2018年9月17日-21日) 報告

総務省 総合通信基盤局 電波部 電波政策課 国際周波数政策室

1. APT無線通信グループについて

APT (アジア・太平洋電気通信共同体) 無線通信グループ (AWG: APT Wireless Group) は、前身であるAPT無線通信フォーラム (AWF) を発展的に再編成し設立されたアジア・太平洋地域における国際会議であり、同地域の無線通信システムの高度化及び普及促進を目的として、年2回程度開催されている。

AWGは、図のとおり、WG SPEC (周波数に係るワーキンググループ)、WG TECH (技術に係るワーキンググループ) 及びWG S&A (サービスとアプリケーションに係るワーキンググループ) で構成され、それぞれのワーキンググループには個別議題の検討を行うSub WG (サブワーキンググループ) やTG (タスクグループ) が設置されている。

(AWG-24) がタイのバンコクにて開催された。APT域内の20か国・地域の政府、無線通信関係機関、民間企業等から約190名 (うち我が国からは約40名) が参加し、117件の入力文書の審議が行われ、27件の出力文書が作成された。

AWG議長は、2014年より (一社) 電波産業会 (ARIB) の佐藤孝平氏が務めている (任期は2019年まで)。また、WG TECHの下に設置されているSub WG及びTGの議長には、前会合から引き続いて我が国から4名が就任している。Sub WG IMTの議長については、今会合において (株) NTTドコモの新博行氏からARIBの加藤康博氏への交代が承認された。

さらに、本会合では、前会合と同様に2つのAdhoc Groupが設けられ、APT勧告の採択手続きの改善策について議論するAdhoc Group Recommendations及びHAPSに関連する議論を一括して議論するAdhoc Group HAPSが開催された。

2. AWG第24回会合について

2018年9月17日 (月)～21日 (金) の間、AWG第24回会合

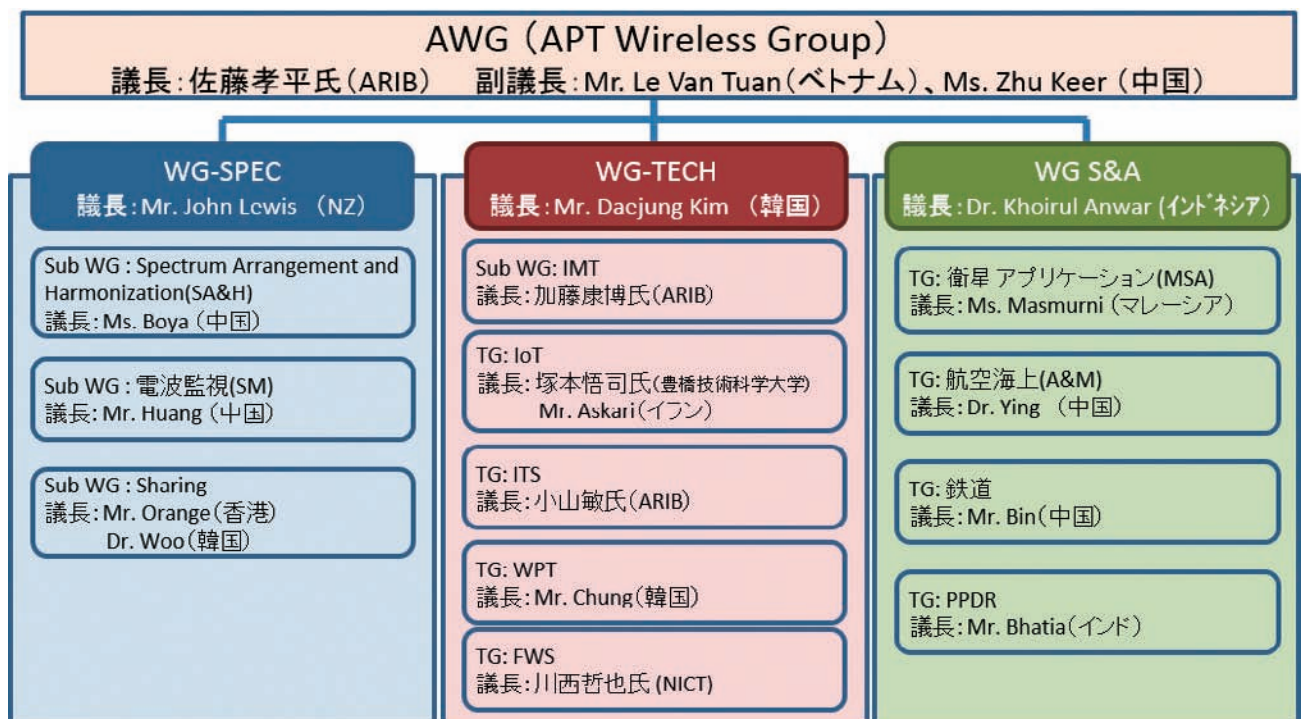


図. AWG-24会合における検討体制



3. 主な結果概要

今会合の主な議題の結果は以下のとおりである。

①IMT関係

「WRC-19議題1.13検討対象帯域に関する域内の利用状況・将来計画に関するレポート案」について、今回会合で完成予定とされていたが、APG19-5に向けて作業を継続するため、完成時期を次回会合に変更することを合意。

②高度道路交通システム (ITS)

前回会合でレポート作成が提案された「セルラーによるV2X」及び「ミリ波ITSアプリケーション」に関する新APT報告の作業計画と骨子が日本からの入力も反映された形で承認され、両報告草案の作成を開始する旨のリエゾン文書をWP5Aに送ることを合意。

③高高度プラットフォーム (HAPS)

日本がAPG19-3で提案したIMT基地局としてのHAPSの周波数特定に関するWRC-23新議題に関し、「HAPS IMT基地局の技術・運用に関する新APT報告草案」の作成が開始され、次回会合での完成を目指すこととなった。また、本草案の作成に関するリエゾン文書をAPG19-4に送付すること、次回から本件に関する新TGを設置することを合意。

④鉄道無線

「RSTT展開に関する新APT報告案に向けた作業文書」の改訂については、日本の入力内容は全て承認されたものの、本報告案に入力しているのは中国と日本のみである旨を記載すべきとのインドネシアの主張によりキャリア

フォワードされ、次回会合での完成を目指すこととなった。

⑤電波監視

マルチパス環境における電波監視技術・手法に関する新レポート草案に向けた作業文書が、日本からの入力も反映された形で更新された。本レポートはAWG-26での完成を目指すこととなった。

⑥固定無線システム

日本が主導して検討を進めてきた「リモート接続を提供するためのFWS技術に関するレポート」が完成。「風によるFWSリンク特性の劣化のモデル化に対する勧告/レポート草案に向けた作業文書」が更新され、日本とベトナムからの入力も反映された形で次回会合にキャリアフォワードされた。

⑦旅客機とのワイヤレスブロードバンド地対空通信

AWG-22から議論が行われている新報告草案に向けた作業文書について、日本の開発例を入力する寄与文書を提出し、反映。報告内容について、WRC-19課題9.1.1に関する周波数帯に係る記述に関する議論等から次回会合へとキャリアフォワードされた。

4. 次回会合について

次回会合 (AWG-25会合) は、2019年5月または6月に開催される予定である。今後のAWG会合においても我が国が積極的に議論を主導するとともに、アジア・太平洋地域との連携をより一層強固なものとし、同地域の無線通信の発展に貢献して参りたい。



英国EU離脱の行方

在英国日本国大使館 一等書記官

ひらまつ 平松
ひろよ 寛代



2016年6月23日に国民投票が実施されてから約3年弱の2019年3月29日、世界史に残る出来事になりそうな、英国のEU離脱が予定されている。

本稿を執筆している2018年11月現在、離脱交渉の実質的な交渉期限と言われていた10月のEU首脳会議では、交渉に十分な進展が見られないと結論付けられ、11月のEU臨時首脳会議の開催も見送られる結果となり、英国のEU離脱は、一層の混迷を来している。報道では、いわゆる離脱協定が締結されない「ノー・ディール」の可能性が高まったとして、英国政府は内々にノー・ディールの準備をしている、産業界は英国内から欧州大陸への移転を加速している、内政ではメイ首相おろしの風が吹いているなど、憶測と混じったような悲観的なニュースが相次いで流れている。

筆者はこの国民投票が実施される約1週間前にロンドンに赴任し、現在に至っていることから、赴任以来、ずっとこの騒動を目の当たりにしていることになる。当初は都市部の産業界や有識者の声が大きく海外でも報道されていたことから、おおかたは英国はEUに残留することを選択すると見られていた。しかし、結果は真逆となり、EU残留を唱えていたキャメロン前首相は即辞任、英ポンドも大幅に下落して金融市場にも影響が生じ、その週末（国民投票が実施されたのは木曜であり、結果は翌日の金曜正午くらいに判明。）は、多くのロンドンの駐在員が東京への報告作業に追われていたと聞いている。

驚いたのは、この混乱からの英国政府の立ち上がりが想像以上に早かったことである。7月上旬にはメイ首相をトップとする新政権が誕生し、国民投票の結果を受けてEUとの離脱交渉を効果的に行うための人事、組織変更等が行われた。EU離脱省や国際貿易省が設置されたのはこの経緯である。英国のEU離脱という課題に対しては、党内や党を超えて残留派、離脱派と対立が拮抗していたため、与党保守党内のバランス等も配慮しながら、曖昧模糊としている「EU離脱」の姿を徐々に明確にしてEUとの交渉を進めたメイ首相の手腕には、個人的には感嘆するところがある。

そもそも「EU離脱」は何を意味するのか。個人的には、現在も続く離脱交渉を巡る混乱の主な原因は、これについて誰もが同じ認識を持っていなかったためだと感じている。EU

は基本理念として「人・物・資本・サービスの移動の自由」を掲げている。これは、EU域内で人・物・資本・サービスが移動する時には域内を1つの国のように扱う「単一市場」とすることを意味しており、英国はこれを活用しながら経済を発展させてきた。英国国民のEUへの嫌悪感が増大した原因は種々言われているが、一つに、「人の移動の自由」を保障した結果、東欧諸国等から英国に流入してきた移民の増加に対する不満があると言われている。EUを離脱すれば、この「人の移動の自由」に制約を課し、英国内への移民の流入をコントロールすることが可能になるという発想である。しかし、「単一市場」は「人・物・資本・サービスの移動の自由」の全てを1つのセットとしているため、EUを離脱するということは、論理上、「物」「資本」「サービス」の移動の自由も放棄することを意味する。そうなれば、EU域内の関税撤廃やサービスの単一パスポート制度（加盟国のいずれかで許認可を取得すればEU全域で活動ができる制度。）等の便益を享受することができなくなり、英国の産業界が強烈なダメージを受けることは必至である。英国には1,000社以上の日系企業がEU全域に渡って事業活動を行っており、これらへの影響も、日本政府としては懸念だ。英国内の経済活動が低迷すれば、税収の減少、失業率の増加など、一国民の生活にも多少なり影響が出るのが予想されるが、国民投票の実施時期にこのような冷静な分析が、産業界だけではなく一般市民の中でも注目されていたかは疑問が残る。もっとも、EU離脱強硬派は、EU以外とのグローバルな経済活動を発展させることによって、このマイナスをオフセットすることは可能だと主張しており、その文脈で最近話題となっているのが、英国のTPP（環太平洋パートナーシップ協定）の参加の可能性である。

いずれにしても、この「移動の自由」の問題で、当初から有効な解決策があるのか疑問に思われていたものが、北アイルランドとアイルランドの国境問題であった。

北アイルランドは、ベルファスト合意（1998年4月10日に英国とアイルランドの間で結ばれた和平合意。グッドフライデー和平合意とも呼ばれることがある。）に至る歴史的経緯によって、特殊な取扱いが認められており、その代表が、隣接するアイルランドとの国境管理の撤廃である。1960年代から本合意に



至るまで、北アイルランドではアイルランドとの統一を目指すカトリック系と英国への存続を願うプロテスタント系の間で熾烈な抗争が続いていた。IRA（アイルランド共和軍）とプロテスタント系過激組織との間の武装闘争によって3,000人以上が犠牲となり、双方の憎悪感情は世代を超えて受け継がれ、この終止符を打つのは難しいように見られていたところ、緻密な交渉と内外の政治的リーダーシップによって実現したのが本合意である。北アイルランド及びアイルランドにとって、本合意は現在享受している平和の基盤であり、これを維持することが最重要課題であることは当然のことである。

しかし、英国のEU離脱という問題は、EUの加盟国と非加盟国の境界を設けることを意味している。すなわち、EU加盟国であるアイルランドと、EUの非加盟国となる英国の一部である北アイルランドの国境について、現在撤廃している税関管理等をどうするのかという問題（いわゆる「バックストップ」）を内在している。前述のとおり、ベルファスト合意の維持はアイルランド及び北アイルランドにとってレッド・ラインであり、メイ首相も南北アイルランドの間では従来どおり国境管理を伴う「ハードボーダー」は導入しないという方針を示している。一方で、英国はEU離脱の当然の帰結としてEUの関税同盟から抜けることも表明しており、関税同盟から抜けることとなれば、当然、英国とEU間に新たに税関管理を設けることが必要となるため、この両者の矛盾点をどうするのかというのが、南北アイルランドの国境問題の本質であり、未だに現実的な解決策が見えていない。2018年11月現在、英国及びEUの双方によれば離脱協定の内容は90%以上が合意できているにもかかわらず、本問題は、これを最終的な合意に至らせることができない実質的な最大の障壁となっている。

この問題に対して、EU側は、他に解決策が見つからなかった場合の安全策として、北アイルランドだけ英国のEU離脱後もEUの関税同盟にとどまるとするという案を提案した。この案は、南北アイルランドには国境を設けず南北アイルランド間で自由な物と人の移動を保障するものである。しかし、これは実質的に北アイルランドを英国連邦から分断することに他ならないため、英国側は容認できないとして強硬に抵抗。反対

に、英国側は、2020年末までの移行期間中は「EU、英国本土、北アイルランド」を一つの関税同盟化することを提案し、移行期間以降は英国とEUの間で「自由貿易地域」を設置し、英・EU間是一个の関税領域と同様に税関管理をせず、これによって南北アイルランドの国境問題を回避するという案を提案した。しかし、今度は、これはEUの「単一市場」を阻害する恐れがあるとして、EUは本提案を明示的に否定しており、膠着状態が続いているのが現状である。

「移行期間」というのは、2018年3月に公表された離脱協定案に規定されているもので、英国のEU離脱の円滑な移行を企図して、英国がEUを離脱する2019年3月29日に急に従来のルールや制度が変更し、産業界や市民生活に支障（いわゆる「クリフ・エッジ」）が生じないように、この間は原則として英国は全てのEU法が適用されるという期間限定の措置である。英国では「implementation period」、EUでは「transitional period」と表現しており、EUでは英国のEU離脱を過渡的に捉えているように見えるのに対して、英国ではEU離脱を完結するという強い意思が表れているようにも感じ、興味深いところであるが、いずれにしても、「移行期間」の設置については、産業界等から強く要望されていたものであり、英国のEU離脱に関して一定の安心材料となっていた。

ところが、「ノー・ディール」となれば、この「移行期間」の設置も実現されないこととなる。さらに、EU離脱強硬派は、EU法に服したままになる「移行期間」に対して本質的にアレルギーがあるところ、決裂した10月のEU首脳会議から戻ったメイ首相が南北アイルランド国境問題を巡る交渉の行き詰まりを打開するため「移行期間」を数か月ほど延長することを検討していると述べたことから、保守党内でも強い反発の声が上がり、英国内の至るところで不透明感が漂っている。

「ノー・ディール」の回避は、「バックストップ」の問題がどのように折り合いがつけられるかにかかっている。本稿が公になる頃には、一定の道筋がつけられていることを真に願ってやまない。



シリーズ！ 活躍する2018年度日本ITU協会賞奨励賞受賞者 その3

うちの
内野 徹

株式会社NTTドコモ 無線アクセス開発部 無線方式担当
tooru.uchino.fv@nttdocomo.com
<https://www.nttdocomo.co.jp/>



LTE-Advanced、IoT及び5Gの標準化において、無線I/Fプロトコルの技術議論を主導して仕様策定を行うとともに、ラポータ等のとりまとめ役を務め、3GPP標準化活動に対し多大な貢献。今後上位のサービスも意識した技術提案、交渉にリーダーシップを期待される。

3GPPにおけるLTE-Advanced/5G上位レイヤ標準化活動

この度は、日本ITU協会賞奨励賞を頂き大変ありがとうございます。このような素晴らしい賞を頂くことができ、ご指導・ご鞭撻をいただいた関係者の皆様に対し、この場をお借りして改めて御礼申し上げます。

私は2009年にNTTドコモへ入社し、当時開発の立ち上げフェーズであったLTE基地局の商用検討を経て、2011年より3GPP RAN2へ参加し、複数のキャリアを束ねてデータレートを向上するCarrier Aggregation (CA) や1つの端末が複数の基地局と通信してデータレートを向上するDual Connectivity (DC)、IoT向けのレイヤ2/3機能といったLTE-Advanced機能の標準化に携わりました。現在は5Gの標準化に携わっております。

LTE-Advanced標準化では、2013年12月～2015年12月にDCやCA拡張のWork Itemのラポータ（議論のとりまとめを行う担当者）という貴重な経験をさせていただき、様々なことを学ぶことができました。3GPP標準化では、世界中から多数の通信事業者やベンダ、研究機関が参加し、1つの標準仕様を作成するための議論が行われております。それら参加者の考え方は様々であり、スムーズに合意事項を形成できないケースが多々あります。議論を前に進める上では、

技術的な内容に加え、どのようにすれば議論を進め、合意事項を形成できるのか?が重要なポイントとなります。そのためには、各社の主張そのものだけでなく、そのバックグラウンドまで理解することが必要になるのですが、各社からの寄書提案は数百件に上ったため、必要な情報を集めるのも簡単ではありませんでした。そこで、Work Itemラポータとしてスケジュールどおりに仕様化を完了するため、如何に効率よく進めるか?を意識して議論を進めました。具体的には、各社からの提案について、技術的な内容・必要性の観点から、仕様化すべき内容をハイレベルな段階から精査を開始し、提案元の各社を説得、周囲の方にサポートをいただきながら、スケジュールどおりに仕様化を完了することができました。

3GPPでは、2018年6月に5Gの初版の仕様策定が完了し、現在はその拡張に向けた検討が開始されています。5Gでは、新興企業の参加等によって、これまでよりプレーヤーはさらに多様となっております。そのような状況においても、これまでの経験を生かし、ユーザエクスペリエンスの向上や、より効率的な無線システムを実現するための5G標準仕様の検討を進めていきたいと考えています。



おか べ のぶ お 元 シャープ株式会社
岡部 伸雄 JH1LRO@ybb.ne.jp

ペルーにおける日本の地上波デジタル放送（地デジ・ISDB-T）の普及促進や、緊急警報放送システム（EWBS）の導入・普及を支援するとともに、国民への周知活動や現地技術者の育成に大きく貢献した。



ペルーに於ける地デジ・EWBS（緊急警報放送システム）

この度は、日本ITU協会賞奨励賞を頂き大変ありがとうございます。

JICA（国際協力機構）の専門家として地デジ・EWBSの普及のためペルーに派遣され2年間（2015～2017）活動してきました。ペルーの地デジは日本方式のISDB-Tを採用し、都市部では既に放送が開始されています。今後、地方への展開を推進する中、国民への周知徹底、アナログ放送の停波などの課題があります。その解決には、日本の地デジ導入の経験を活かしながらも独自の環境、事情に取り組んで普及活動する必要がありました。

ペルー（リマ）着任時に、量販店でテレビをリサーチし、日本と同様に最新のLCDテレビ陳列を確認できました。しかし地デジの表示がありません。既にリマでは地デジ放送は開始されていましたが展示品は地デジを映しておらず、市販のテレビが対応しているか不明でした。後で分かったのですが、当時でも販売の90%以上はISDB-T対応でした。しかし約80%の家庭がCATV（有料ケーブルテレビ）を視聴し、住宅にアンテナが不要であり地デジの存在を知らず、また視聴する必要もありませんでした。

ペルー政府が地デジの地方展開でマスタープランを推進する中で、私の所属するMTC（ペルー運輸・通信省）のトップ及びスタッフにこの状況を共有し普及策を練った結果、MTCとして地デジに関する各種セミナーの実施、パンフレット作成、

マスコットや標語のコンテスト、マスコットぬいぐるみ作成、簡易アンテナの配布、アナログ停波に向けては、シール貼り付けの法令化（販売店）などの普及活動に至りました。

EWBSに関しては地デジISDB-Tの特徴の一つであり、2016年1月に日本ODAによりペルー国营放送局の地方6か所、及び海岸沿いに潮位計8か所の設置が終了し現在稼働しています。私もほとんどの現場を視察し、システムの運用精度向上のために防災庁（INDECI）に定期的なEWBS試験放送などを提案し現在も継続的に実践しています。

このシステムは日本と同様に地震などの災害の多いペルーにおいて命を救う大きなツールになると確信しています。

一方でISDB-Tを採用する中南米諸国にもEWBS試験システムと対応テレビを持って幾つかの国を回りデモを行い、EWBSを理解していただきその存在と重要性を認識していただいております。

ペルー大学機関に日本開発のEWBSモジュールを紹介した結果、それを応用したEWBS受信機の試作機はできたので、今後の実用化に期待しています。

既に、専門家の任務は終了しておりますが、時折、南米国よりEWBSに関し問い合わせがあります。総務省など関係機関につなぎフォローいただいております。

今後もこのように微力ながら貢献できればと思います。

ITUAJより

お知らせ

毎年開催されているITU Telecom World。2019年は、9月9日から12日まで、ハンガリーのブダペストで開催されることが決まりました。

Telecom Worldは、ITUが主催するICT分野最大のイベントです。2018年は9月に南アフリカのダーバンで開催され、本誌2018年12月号でレポートされています。同イベントは、ITU加盟国の電気通信・郵便所管大臣や規制官庁、各国有力企業のトップが訪問、フォーラムでの講演や商談が行われ、展示会にはそういったVIPが多く訪れます。

2019年の主要テーマは、IoT、5G、インダストリー 4.0、AIなどが考えられ、ブースは国・政府やテーマ別のパビリオン、民間企業やSMEのブースが中心と想定されています。出展をご検討されてはいかがでしょうか。

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
〃	三浦 崇英	総務省 国際戦略局
〃	羽多野一磨	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
〃	熊丸 和宏	日本放送協会
〃	山口 淳郎	一般社団法人日本民間放送連盟
〃	側島 啓史	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	東芝インフラシステムズ株式会社
〃	辻 弘美	沖電気工業株式会社
〃	三宅 滋	株式会社日立製作所
〃	金子 麻衣	一般社団法人情報通信技術委員会
〃	杉林 聖	一般社団法人電波産業会
顧問	齊藤 忠夫	一般社団法人ICT-ISAC
〃	橋本 明	株式会社NTTドコモ
〃	田中 良明	早稲田大学

編集委員より

2018年の「CEATEC」、「InterBEE」を振り返って

一般社団法人電波産業会

すぎばやし きよし
杉林 聖



新年あけましておめでとうございます。

昨年は10月、11月に開催されたCEATEC、InterBEEに参加してきました。

10月に開催されたCEATEC JAPAN 2018では、第5世代移動通信システム（5G）で大変盛況だったようです。各社で行われている実証実験の成果をアピールする展示が多く、遠隔操縦やAR（Augmented Reality：拡張現実）/VR（Virtual Reality：仮想現実）といった実験成果が来場者も体験できるように展示されていました。なかでも遠隔操縦の実証実験に使われた大型重機の展示は迫力がありました。実証実験は今年度も行われており、その成果は来年度に展示されることが期待できそうです。

一方、11月に開催されたInterBEE 2018では、昨年12月1日に始まった新4K8K衛星放送を見据え、多くの出展社が関連する機器を展示していました。特にディスプレイのみならず、8K対応の撮影機材や編集機材の展示が多く、それらの機材もだいぶ小型化されました。これからの8Kコンテンツの充実に大きな期待が持てました。

この2つの展示会を通して、改めてICTの大幅な進化を実感しました。ここ数年だけをみても、時代が変わったと思うほど進化しています。

さて、今年は10月末から11月にかけて世界無線通信会議（WRC-19）が開催され、その準備会合（CPM19-2）も2月に開催される予定となっております。5GやITSに関連するものも含め、様々な議題が掲げられております。私も、日本から多数の貢献がなされ、それらの多くが採択されるよう、微力ながら支援していきたいと思っております。

今年一年、皆様にとって実り多き年でありませう、お祈り申し上げます。

ITUジャーナル

Vol.49 No.1 平成31年1月1日発行／毎月1回1日発行
発行人 福岡 徹
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