

7-2 国際電気通信連合 (ITU) における活動 —「UTC の将来問題」を中心に—

7-2 *Activities at the International Telecommunication Union (ITU)* — *Focus on the Future of the UTC Time-Scale* —

岩間 司 伊東宏之 井戸哲也 花土ゆう子 小山泰弘 細川瑞彦

Tsukasa IWAMA, Hiroyuki ITO, Tetsuya IDO, Yuko HANADO, Yasuhiro KOYAMA, and Mizuhiko HOSOKAWA

時空標準の分野ではこれまでまとめられることがなかった ITU における活動について、既に 20 年にわたり議論されている「UTC の将来問題」を中心に日本 (NICT) のこれまでの貢献と活動をまとめる。あわせて近年、日本が中心となって活動しているタイムビジネス、長波標準電波の干渉問題についても整理して報告する。

We would like to summarize the contributions and activities of Japan (NICT) to date on ITU works that have not been summarized so far, with a focus on the “The future of the UTC time-scale” which has been discussed over the past 20 years. In addition, I also report on the “Time Businesses” and the “SFTS protection criteria”, which Japan has been playing a central role in ITU in recent years.

1 まえがき

日本標準時システムの運用では、国内のみならず国際的なルール作りが重要となる。度量衡に関する技術的な取決めは国際度量衡総会 (General Conference on Weights and Measures : CGPM) などメートル条約に基づく会議で話し合われるが、制度的なルールについては国際電気通信連合 (International Telecommunication Union : ITU) で議論され、総務省を通じ日本国内に展開される。

ITU は、その前身のひとつである万国電信連合 (1865 年創設) から続く最も古い国際連合の専門機関である。2017 年 11 月現在で加盟国は 193 か国、800 以上のセクター会員、関連団体及び学会会員によって構成され、主な活動については、無線通信部門 (Radiocommunication Sector : ITU-R)、電気通信標準化部門 (Telecommunication Standardization Sector : ITU-T) 及び電気通信開発部門 (Telecommunication Development Sector : ITU-D) の 3 つの部門とその研究委員会 (Study Group : SG) において実施される。日本標準時システムに関する議題は、ITU-R において科学業務を扱う第 7 研究委員会 (SG 7) の作業部会の 1 つである標準時及び標準周波数の通報に関する作業部会 (Working Party 7 A : WP7A) で議論される。

WP7A では、各国の時間・周波数標準機関及びそ

の関係機関など類似した機関が集まるため、ITU 内では比較的穏やかな作業部会である。ところが 2000 年頃から「UTC の将来問題」が研究課題となり、世界中を巻き込んだ一大論争を繰り広げている。

ここでは、「UTC の将来問題」を中心に ITU における活動について述べる。

2 UTC とうるう秒

協定世界時 UTC (Coordinated Universal Time : UTC) の問題は宗教論争的な側面もあり、それぞれの事象が持つ意味を正しく認識しないと理解できない。そこで 2 では、「UTC の将来問題」を理解するうえで参考となる基礎的な事柄について記述する。

2.1 天文時と原子時

時の概念は人類が生活するためのリズムの中から発生した。旧来、人類の生活リズムは、昼と夜といった地球の自転に基づくものから、季節や暦などに見られる地球の公転によるものまで、地球の回転 (自転・公転) に基づくリズムが基本であった。この地球の回転に基づく時を天文時という。これら天文時ははるか昔から生活に密着した時刻として使われ続けている。国際的に 1 秒の定義が定められる 1956 年以前の時点では、実質的に 1 秒は地球の自転を基にして平均太陽日

の 86 400 分の 1 であった [1]。

一方、1900 年代に入り科学技術が発達してくると、地球の自転速度は潮汐摩擦などの影響によって一定ではないことが判明した。秒は度量衡の 7 つの基本単位の 1 つであり、その値は科学技術の発展に大きな影響を与える。1954 年の第 10 回 CGPM の決議に基づいて 1956 年の国際度量衡委員会 (International Committee for Weights and Measures : CIPM) で採用、1960 年の第 11 回 CGPM で批准された [2] のは、自転速度よりも変動が少ない地球の公転を基にした暦表時を基準とした秒の定義だったが、1967 年の第 13 回 CGPM でセシウム原子の遷移周波数から求める秒の再定義に変更となった [3]。ここでは秒の定義自身は天文時から原子時に変更となったが 1 秒の長さについては混乱を避けるため、1956 年 CIPM で採択された「秒は、暦表時の 1900 年 1 月 0 日 12 時に対する回帰年の 1/31 556 925.974 7 倍である」に準拠している。

2.2 時系 (time-scale)

ITU-R 勧告など UTC 関連の文書において、頻繁に用いられる時系 (time-scale) という用語であるが、時間を刻みとして実際に構築された座標系であると考えれば理解しやすい。実際に構築される前の抽象的に定義された段階のものは、日本語では同様に時系と訳されるが、Time-system と記されるので注意が必要で

ある。その座標系の基準と刻みの大きさ (1 秒) の違いにより様々な時系がある。

ITU-R 勧告 TF.460-6 の Annex には、以下の 3 つの時系について記述されている。勧告 TF.460-6 に記述されている要点をまとめると以下ようになる [4]。

世界時 (UT : Universal Time)

UT は地球の回転 (自転) に基づく天文時系であり、UT0 は天文台の観測から得られる本初子午線における平均太陽時、UT1 は UT0 から極運動による効果を補正して計算された天文時系である。

国際原子時 (TAI : International Atomic Time)

国際単位系 (SI : The International Standard of Unit) による 1 秒の長さはセシウム原子の特定の振動周期から定義される。TAI とは原点を 1958 年 1 月 1 日 0 時に UT1 と一致させ、以降、刻みを SI の 1 秒、1 日を 86 400 秒として積算した連続な原子時系であり、国際度量衡局 (International Bureau of Weights and Measures : BIPM) によって維持・管理される時系である。

協定世界時 (UTC)

UTC は、ITU-R によって定義され、国際地球回転・基準系事業 (International Earth Rotation and Reference Systems Service : IERS) の協力を得て BIPM が維持する時系で、標準周波数及び時刻信号の供給の基礎とな

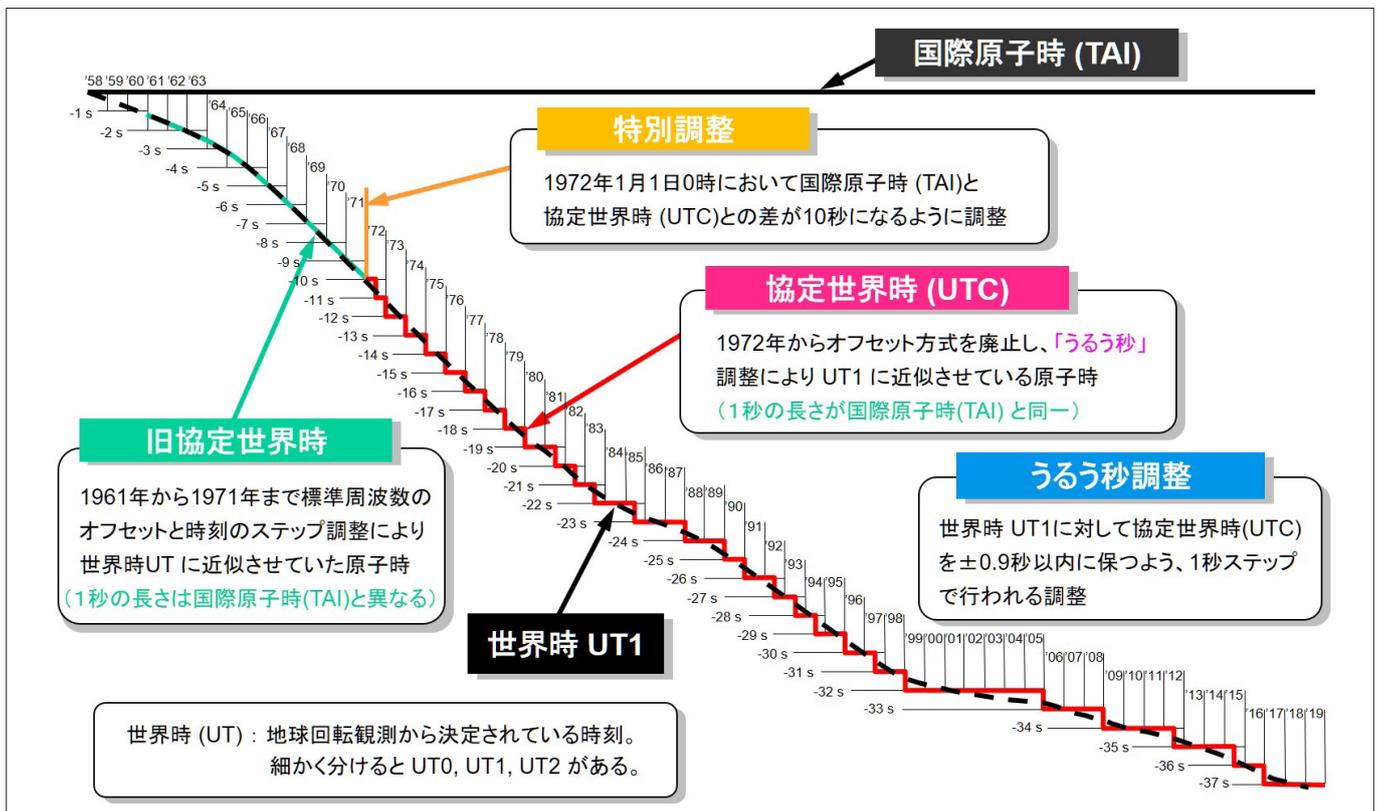


図 1 様々な時系

るものであり、刻みは TAI と正確に一致し、整数秒だけ時刻が異なる。UTC はうるう秒の削除あるいは挿入により UT1 と近似的に一致するように調整される原子時系である。

これら 3 つの時系の関係を図 1 に示す。TAI は 1958 年 1 月 1 日以降、1 日を 86 400 秒として連続して正確に時刻を刻んでおり、図 1 上部に黒い直線で示されている。一方、天文時は地球の自転を基準として時刻を定めているので、潮汐摩擦などの影響によって地球の自転速度が変化するため、長期的に観測すると 1 秒の長さが一定ではなく、図 1 に示す 1958 年以降は地球の自転速度が徐々に遅くなってきている。図 1 の中では黒い点線で示されている。

図 1 の中で TAI から整数秒遅れ、UT との差が 0.9 秒以内を維持している赤い実線で示される原子時系が UTC である。図 1 からわかるように UTC は TAI と並行、すなわち、1 秒の長さは等しいが、UT との時刻差が 0.9 秒以内になるよう不定期に 1 秒時系がシフトする不連続な時系である。

この不定期に挿入されている 1 秒のシフトがうるう秒である。うるう秒は ITU-R 勧告 TF.460-6 の Annex において以下のように定義される。

うるう秒

- うるう秒は協定世界時 UTC と世界時 UT1 との差が 0.9 秒以上開かないように UTC に対して 1 秒単位で挿入または削除する秒である。
- うるう秒調整は第 1 優先順位として 12 月または 6 月、第 2 優先順位として 3 月または 9 月の最後に調整を行う。
- うるう秒挿入は月の最後に 23 時 59 分 60 秒が挿入され次の 0 時 0 分 0 秒から次の月の最初の日が始まる。
- うるう秒削除は月の最後が 23 時 59 分 58 秒で次の 0 時 0 分 0 秒から次の月の最初の日が始まる。
- IERS は実施の少なくとも 8 週間前までにうるう秒調整実施の告知をアナウンスしなければならない。

最後に、ITU で頻繁に用いられる用語として標準時系 (standard time-scale) と参照時系 (reference time-scale) がある。ITU-R 勧告 TF.460-6 で規定される UTC は概念的な時系であり、物理的な時系として存在する UTC は各国の時刻標準機関 k が生成する UTC(k) である。日本では NICT が生成する協定世界時 UTC(NICT) などがこれに当たる。

ここで UTC 自身は概念的に定義された standard time-scale であるが物理的に存在する時系ではなく、

無線通信など実社会でリアルタイムに用いられている UTC は UTC(k) であり、UTC(k) は物理的に存在するため、不確かさ (uncertainty) を有する reference time-scale である。

3 UTC の将来問題

UTC の将来問題について、UTC の導入から UTC の将来問題に関する研究課題の提起まで、WP7A 及び SG7 における議論から 2012 年無線通信総会 (Radio-communication Assembly 2012 : RA-12) まで、RA-12 から 2015 年世界無線通信会議 (World Radiocommunication Conference 2015 : WRC-15) にかけての議論、WRC-15 以降の 4 つの期間に分け、NICT の貢献を含めてまとめる。

3.1 UTC の導入から研究課題の提起まで

UTC の議論の背景として、2 でも触れた 20 世紀後半の ITU と CGPM 等における秒の定義等の議論を含めた UTC 関連の動きを表 1 にまとめる。

UTC は 1970 年に ITU-R の前身である国際無線通信諮問委員会 CCIR (International Radio Consultative Committee) で承認された勧告 460 により 1972 年に導入された。その後、天文時に 1 秒以内で一致している UTC は各国で様々な利用されるようになり、1975 年の CGPM では以下のような決議が行われた [5]。

表 1 2000 年までの UTC 関連の出来事

西暦	出来事
1956	歴表時による秒の定義 (CIPM) 秒は、暦表時の 1900 年 1 月 0 日 12 時に対する太陽年の $1/31\,556\,925.9747$ 倍である
1960	歴表時による秒の定義の批准 (CGPM)
1967	原子時による秒の再定義 (CGPM) 秒は、セシウム 133 原子の基底状態の 2 つの超微細準位の間の遷移に対応する放射の周期の $9\,192\,631\,770$ 倍の継続時間である
1970	勧告 460 の成立 (CCIR) 世界中で報時する時系として UTC を定義
1972	UTC の導入
1975	GGPM による UTC 利用の推奨 第 15 回 CGPM 決議 5
1979	無線通信規則 (Radio Regulations : RR) へ記述 (WARC)
1999	UTC の将来問題に関する研究課題を米国が入力

第 15 回 CGPM 決議 5

「協定世界時」(UTC) と称される時系が、極めて広く使用されていること、その時系が多くの場合、報時発信局によって放送されていること、かつ、その放送が利用者に対して、同時に標準周波数、国際原子時及び近似的な 1 つの世界時 (又は平均太陽時としてもよい) を提供していること

を考慮し、この協定世界時が、多くの国で法定常用時の基礎となっていることを確認し、この使用が十分に推奨に値するものであると評価する。」

この第 15 回 CGPM の推奨により、UTC の利用は無線通信に限らず広く一般に普及することとなった。

1972 年 1 月 1 日の UTC 導入時に TAI から 10 秒遅れた時刻に調整して以降、うるう秒調整は 2019 年までに合計 27 回実施されている。特に 2000 年までの 28 年間は 22 回と 1 年から 1 年半に 1 度うるう秒調整が起こっていた [6]。

一方、この 20 世紀後半の時期は、コンピュータやネットワークなどのデジタル情報関連機器の飛躍的な発展の時期とも重なるため、国際的な標準時として UTC の需要は大きくなったが、同時に UTC にうるう秒調整を行うことで生じる時系の不連続に伴うデジタル機器の様々なトラブルが問題となり始めた。

コンピュータなどでうるう秒調整を行う際に生じるトラブルは大きく分けて 2 つある。

1 つは、うるう秒挿入時の時刻である。過去 27 回発生したうるう秒調整はすべて 1 秒挿入による調整であった。うるう秒挿入は月末最終日の最後、23 時 59 分 59 秒の後に 1 秒挿入され 23 時 59 分 60 秒という時刻を発生させる。しかし、通常のコンピュータなどの電子機器では 60 秒は存在しない時刻であるため 0 秒を 2 回行ったり、1000 秒前から 1000 分の 1 秒長い 1 秒を用いて少しずつ時刻をずらしながらうるう秒を吸収したりして対応を行っている。これらの対応をシステム内で統一していないと同期が損なわれる原因となる。

もう 1 つは、うるう秒調整の発生頻度である。うるう秒調整のタイミングは、地球の回転速度に依存し、うるう秒調整の実施は通常調整の半年前に実施される IERS の告知までわからない。うるう秒調整の発生頻度が不定期になることに加え、事前にその時期がわからないため、処理の自動化が難しい。また自然科学や天文学など長期的な観測データを用いる分野では UTC による測定データにおいては測定間隔を計算する際に常にうるう秒調整の有無を考慮する必要がある。

これらの問題に加え、ナビゲーションシステムにおける重要度の低下がある。従来の天文航法では、天文

時に従った正確な時刻と天体の精密な座標が必須であった。このため世界中のどこであっても天文時に準拠した時刻を受信できることが必要不可欠であり、無線通信規則 (Radio Regulations : RR) においてもこのような標準時の通報は、標準周波数報時業務 (standard frequency and time signal service : SFTS) として定義されており、WP7A のメインターゲットのひとつである。ところが、1978 年に運用が開始された GPS (Global Positioning System) が 2000 年頃には広く一般にまで利用されるようになり、衛星測位システムが一般的になり、ナビゲーションシステムの利用者にとって UTC の必要性が次第に薄れてきた。

このように UTC の需要は大きくなってきたものの、本来の無線通信をはじめとする科学技術アプリケーションの分野ではうるう秒の存在が問題となってきた。1999 年、米国は WP7A へ「DRAFT NEW QUESTION ITU-R [TF. qqq] UTC TIME SCALE」を入力し、UTC とうるう秒に関して検討するよう研究課題案を提案した。この入力文書は WP7A で議論され 2001 年に研究課題 ITU-R 236/7 となったが、この文書をきっかけに 2000 年から WP7A において「UTC の将来問題」について本格的な議論が開始された [7]。

3.2 WP7A 及び SG7 における議論

研究課題 ITU-R 236/7 における研究課題は 3 つである。

1. ナビゲーション／電気通信システムと一般の時刻利用の双方を満足できる時系への要求事項は何か？
2. UTC と UT1 の時刻差分は現在及び将来にわたってどこまで許容できるか？
3. 現在のうるう秒調整の手順は利用者の要求を満足しているか、あるいは代替りの手順が開発されるべきか？

WP7A では 2000 年の会合で米国の入力した新研究課題案が議論されると並行して上記の研究課題に対応するため「UTC の将来問題 (The future of the UTC time scale)」に特化して検討を行う Special Rapporteur Group (SRG) on the future of UTC を WP7A 内に設けた。

3.2.1 SRG における議論

SRG の議長は当初米国の R. Beard 氏で、Beard 氏が WP7A 議長に就任後は米国の T. Bartholomew 氏が就任し、2006 年まで精力的に活動を行った。SRG は 2001 年から WP7A 会合とは別に会合を行いその結果を WP7A にフィードバックしていた。

SRG には日本からも参加しており、2002 年の SRG 会合には日本からアンケート調査の結果を入力した。このアンケート調査は SRG から 2002 年の WP7A にも入力された [8]。アンケートの実施は 2001 年末、対象は電力・ガス、金融・保険、航空・船舶・鉄道、衛星管制・気象・地震観測、放送・通信、電気・電子・計測機器、時計業界等、日頃時刻を利用する幅広い分野に対して行い、80 件の回答を得た。アンケート調査結果を図 2 に示す。

当時のアンケート調査結果では、設問 1 にあるように UTC の決定方法(うるう秒調整)に対する不満は 2 割程度、また設問 2 にあるように UTC の決定方法の変更賛成する意見は約 24 % と反対の約 41 % の半数程度で、UTC の決定方法を変更することに消極的であったことがわかる。また設問 2 の賛成または反対理由を聞いたところ、UTC の決定方法を変更したい理由としてはうるう秒廃止が過半数を占め、変更したくない理由としては現状問題ないことが約半数であった。

これらの結果から、当時の日本では UTC について、うるう秒調整の影響を受ける関係者以外まだまだ関心

が低かったことがわかる。このアンケート結果は、これまで供給する側の専門家としての立場で SRG や WP7A 会合の議論が進められていたところに、一般利用者を含む利用者側の意見を入力したことで大いに評価され、今後、一般に向けたアンケート調査の必要性が認識された。

UTC の将来問題に一定の方向性を示したのが 2003 年に SRG の主催でトリノで開催された UTC コロキウムである。トリノ UTC コロキウムでは UTC の将来形態として、以下のような方向性で議論が行われた。

- 連続時系を新たに用意する
- 天文時と区別するため新たな名称を付ける
- International Time : TI はどうだろうか
- TI は UTC からの移行時点で UTC と時刻を合わせる
- 移行は UTC50 周年の 2022 年はどうだろうか
- UT1 は今後とも必要であるので IERS から入手できる必要がある
- IERS は UT1 の予測値を web やサーバなどを通じ通報すべきである

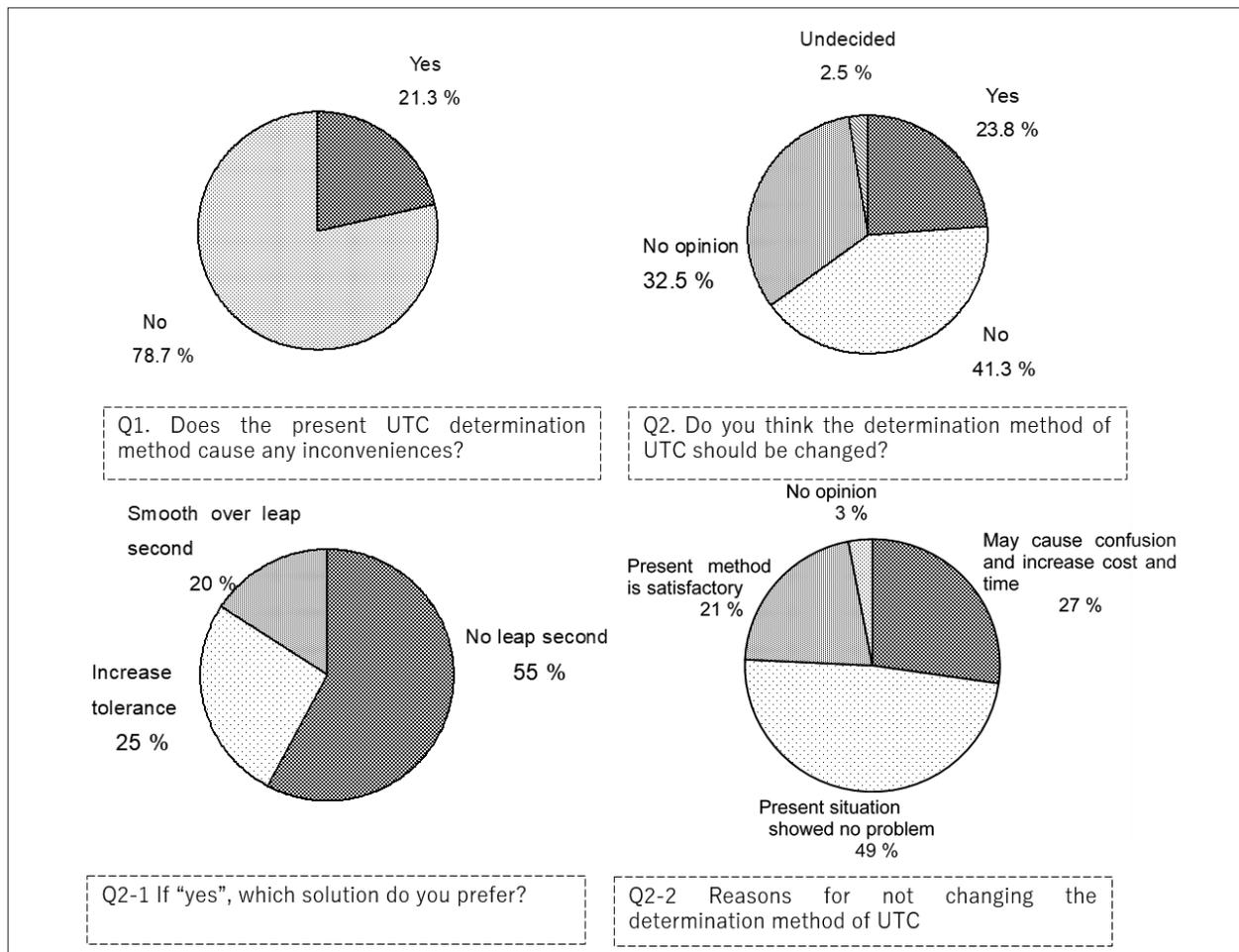


図 2 2002 年 WP7A 寄与文書 (7 A/31) のアンケート結果

これらの事項はほとんど現在のうるう秒廃止の意見と一致する方向性である。この後は ITU-R SG7 WG7 で opinion を作成し関係方面に照会を行う方針についても決定された。これにより SRG も UTC の決定方法の議論からこれまでの議論の経緯と方針についてまとめることに活動の重心が変わっていった。

3.2.2 WP7A における ITU-R 勧告 TF. 460 の改定案作成

SRG によるトリノ UTC コロキウムの方向性の決定を受け、WP7A においても 2004 年の会合以降、UTC の将来問題について議論が活発化した。2005 年の WP7A 会合では以下のような方針が決定された。

- SRG のこれまでの活動について整理し、活動報告書にまとめる
- 2004-2005 年のうるう秒変更に関する状況をまとめ、報道資料にして公表する
- 2005 年 12 月末のうるう秒挿入の経験などを基に、関係する国際機関や国家計量標準機関に意見照会を行い、2006 年の WP7A に提出して議論を行う

これを受け、2006 年の WP7A 会合で SRG の最終報告書が入力され [9]、また 2006 年のうるう秒挿入に関するアンケート結果などが提示された。しかしながら、うるう秒挿入に対するアンケートの回答件数が全部で 13 件と少なく、かつ、問題点についてのレポートは GPS 利用機器関連と（日本からの）ネットワークサービス関連で多少あったのみであったこと、また他の機関から強い賛成あるいは反対の意見が得られなかったことなどから 2006 年に方針の決定を行うことは難しく継続審議となった。

2006 年の WP7A 会合の大きな成果として、WP7A 会合の前の週に終了した国際天文連合 (International Astronomical Union : IAU) からのレポートが紹介された。ここで、IAU としては変更に対し反対をしないが、システムの変更等に伴う移行期間として少なくとも 5 年は必要である由、提示された。なお、このレポートは IAU の「UTC の定義に関する作業部会」にてまとめられたが、この作業部会には NICT から細川がメンバーとして参加しており、IAU の意見のとりまとめに尽力した。

2007 年の WP7A では、新たな time scale の定義については今後調整することとして、ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改定について集中的に議論を行った。WP7A では技術的な議論のみを行うことを前提に、標準局が通報する時系として何がふさわしいか、という観点から現在、天文航法などの衰退や通信等の発展による連続時系に対する必要性の高まりと UNIX time や GPS time など複数のシステム依存型の連続時系が乱立す

ることによる混乱回避のため、また現在 DUT1 よりも高精度に UT1-UTC の値が入手可能であることなどを踏まえ UTC からうるう秒調整を無くすことに的を絞って議論された。

この意見については以前からロシア、ドイツ、米国などが積極的にうるう秒廃止の意見を入力しており、今回イタリアと BIPM を通じて CIPM 管轄下の時間周波数諮問委員会 (Consultative Committee for Time and Frequency : CCTF) からもうるう秒廃止を推進する意見が入力された。

日本では 2006 年の WP7A 会合の議論を受け、総務省が複数の業種に対し、過去のうるう秒調整による影響と UTC の将来的な変更の是非についてのアンケート調査を実施した [10]。ただしこのアンケートは UTC の将来的な変更形態として 2005 年に米国から提案され、WP7A 内で議論されていたうるう秒をうるう時に変更する案で実施している。このため、GPS 製造業者から「システムの対応状況を含めて、実施段階で異常動作など社会的な混乱を引き起こす可能性がある」との意見が寄せられている。このアンケート結果から日本のタイムスタンプ事業がうるう秒の影響により停止しなければならないことが示され、具体的なうるう秒調整の弊害として今後の WP7A 等の議論に影響を与えることとなった。

これらの議論を受け、WP7A ではうるう秒廃止を軸とした ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改定草案を作成した。この勧告草案は 2008 年、2009 年と議論され英国及び中国の反対意見はあったものの技術的議論は尽くされたとして 2009 年の WP7A 会合にて SG7 へ ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改定案が送られた [11]。

3.2.3 SG7 における ITU-R 勧告 TF. 460 の改定議論

ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂案は 2009 年の SG7 で議論されたが、賛成する国と反対する国の間で話し合いがつかなかったため、より多くの国の意見を聞くため回章 CACE/516 で各国にアンケート調査を実施した [12]。

調査項目は以下の 4 項目ですべて Yes or No で回答する形式であった。

- ① あなたは (天文時へのリファレンスを提供するために) 現在の UT1 と UTC の関係性を維持することを支持しますか?
- ② あなたは昨今うるう秒を導入することに技術的な困難を抱えていますか? (もし Yes ならばその理由を説明してください)
- ③ あなたは ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂を支持しますか? (その理由を説明できますか?)
- ④ もし ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂が承認され

5年後にうるう秒を廃止することが合意された場合、あなたの政府に何らかの技術的困難を生じさせますか？もし Yes ならばその理由を説明してください

このアンケート結果は 2010 年の SG7 で議論された。回答は当初 8 か国と 2 つのセクター会員であったが、SG7 関連会合期間中に 3 か国から追加で回答が届いたため最終的に 11 か国から回答があった。

CACE/516 で ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂に関する質問は③であり賛成 8 か国、反対 3 か国という結果になった。また②に対しフランスは天文測定学、測地学、通信などに影響あり、日本はタイムビジネス、米国とポーランドは NTP サービスに問題ありと回答している。

2010 年の SG7 では、カナダから CACE/516 のアンケートでは回答数が少なすぎるため、再度アンケート調査を行うべきという強い要望もあり、2011 年にアンケートの設問を①と③に絞って回章 CACE/539 で再度アンケート調査を実施した [13]。

再度実施したアンケート結果では、2011 年 9 月の SG7 で報告され、ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂に賛成したのは 13 か国、反対は 3 か国であった。

- 賛成した国
アルゼンチン、フィンランド、フランス、ドイツ、インド、イスラエル、イタリア、日本、韓国、ノルウェー、ポーランド、トルコ、米国
- 反対した国
カナダ、中国、英国

しかし、英国、カナダ、中国の反対は根強く、SG7 では結局 ITU-R 勧告 TF. 460-6 の改訂について意見がまとまらなかったため RA-12 において議論することとなった。

3.2.4 RA-12 及び WRC-12 における議論

RA-12 は、2012 年 1 月 16 ～ 20 日の日程で開催され、ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂に関する審議は 19 日の全体会合で審議された。なお、この改訂に関し米国から改訂を支持する寄与文書、英国から改訂に反対する寄与文書が事前に入力された [14][15]。

全体会合では、まず SG7 議長から UTC におけるうるう秒の位置付けと現状、SG7 における議論などの背景説明が行われ、寄与文書入力順に、米国の賛成意見、英国の反対意見が述べられ、ディスカッションが開始された。

当初は改訂に賛成、反対の議論がそれぞれ続いたが、アフリカ連合を代表するナイジェリアから「今回の

表 2 RA-12 において発言した各国の反応

米国：	勧告改訂を支持。
英国：	勧告改訂を不支持。
カナダ：	勧告改訂を不支持。時期尚早。連続時系導入の必要性は認識。
中国：	勧告改訂を不支持。
フランス：	勧告改訂を支持。
メキシコ：	勧告改訂を支持。
ナイジェリア：	更なる情報提供希望。
日本：	勧告改訂を支持。
ロシア：	更なる情報提供希望。今回の勧告改訂は時期尚早。
イタリア：	勧告改訂を支持。
ドイツ：	勧告改訂を不支持。
UAE：	更なる情報提供希望。
アルメニア：	更なる情報提供希望。
トルコ：	勧告改訂を支持。

ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂に関する議論のための情報が少ないため賛成・反対の意見を示せる状態にない。このため RA-12 会合で ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂を審議するのは時期尚早である。もっとうるう秒調整の影響についてまとめて情報を提示してほしい。」という意見が出され、アラブ連盟を代表する UAE もこの議論を先延ばしにする意見を支持した。

この辺りから議論を先延ばしにする意見が多く出始め、これらの状況から RA 議長により、加盟各国がこの問題により深い理解を得るために、次回会合まで SG7 に差し戻して論点を整理して次回の会合で再び議論する方針を提示し、各国が了承した。

RA-12 の議論では、ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂の点からは結論が先延ばしとなったのだが、連続時系の導入の面ではこれまでと違った側面も見ることができた。RA-12 で発言した各国の反応をまとめると表 2 のようになる。

この中でこれまでの SG7 等では ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂を支持していたドイツが RA-12 においては不支持に回ったことが技術的議論と政策的議論の違いとして驚きをもって受け止められた。また会合の場ではロシアは明確な意思表示を行っていなかったが、実際に個別に話を聞いたところ、ロシアとしては不支持であるとの意向を伝えられた。

ただし、勧告改訂に反対している国も連続時系の標準時に反対しているわけではなく、カナダや英国なども連続時系の必要性については認識しており、連続時系の導入自体には反対していないことが個別の意見交換で分かった。

すなわちここで認識の違いが生じているのは UTC、及び標準時系に対する考え方である。ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂に反対している国は、UTC は市民生活のため現状のまま維持し、必要に応じて連続な参照時系 (reference time-scale) を構築すればよいとしている。一方、改訂を支持する国及び UTC を維持している BIPM などは、現状においても技術分野によって UNIX 時刻や GPS 時刻などの reference time-scale が複数用いられており、混乱を避けるためにも標準時系は standard time-scale として 1 つに統一すべきであるという考え方である。

以上のように RA-12 において ITU-R 勧告 TF.460-6 の改訂について更なる検討が必要として ITU-R SG7 に差し戻された。

しかしながら、ITU-R 勧告 TF.460-6 は RR の第 1.14 条で引用されていること、また RA-12 の議論で途上国がなぜうるう秒廃止の改訂案が出てきたかを理解していなかったことから、WRC-15 に向けた会議準備会合 (Conference Preparatory Meeting for WRC-15 : CPM-15) において CPM レポートを作成し、UTC の将来問題を WRC-15 の議題とする必要性が生じた。

これらを受け、米国を中心に WRC-15 に向けた新議題として「UTC の修正等による連続的な参照時系の実現の可能性の検討」を取りまとめ、ドイツ、ブラジル、米国、フランス、日本、メキシコ、ニュージーランドの共同提案で WRC-12 に提出され、後にアルゼンチン、イタリアが賛同した [16]。

共同提案は WRC-15 に向けたものとして、WRC-12 の議題 8.2「将来の世界無線通信会議の議題」の中で議論された。筆者は WRC-12 には参加していないため WRC-12 報告書の該当箇所を抜粋する。

「うるう秒の廃止を選択肢の 1 つとして決議内に明記する共同提案に対し、英国、カナダ、中国が、UTC は長年に渡り世界で広く利用されており、ほとんどの利用において大きな問題は発生していないことから、次回の WRC-15 においては連続的な参照時系を世界的に定めることができるかについて技術的な検討を行う、という抽象的記載にとどめる共同提案を提出した。

双方の提案に関する議論において、ロシアより、前者の共同提案が「うるう秒の削除」を明示しており、次回の WRC-15 における結論を暗に誘導 (Pre-judge) している旨を指摘したうえで、英国等の共同提案に対する支持の表明があった。これを受け、英国主導による会合外での調整や DG による審議が行われた結果、「UTC の修正やその他の手法などの案を含め、連続的な参照時系が実現できるかを検討する」という書きぶりに改めたうえで、本件を議題 1.14 とすることが承

認された。

3.3 WRC-15 に向けた議論

WRC-15 に向けた議題 1.14 は下記のとおりである。

議題 1.14 協定世界時 (うるう秒調整) の見直しに関する議題

1.14 協定世界時 (UTC) の修正又はその他の方法により、連続的基準時刻系を実現する可能性を検討し、適切な措置をとること。

3.3.1 2012 年うるう秒調整時のインシデント

WRC-12 は 2012 年の 1 月から 2 月にかけて開催されたが、同じ 2012 年 6 月 30 日 (UTC) の最後に 3 年半ぶりのうるう秒調整 (挿入) が実施された。

1997 年以降、うるう秒調整は年末 (日本時間では 1 月 1 日) に行われていたが、2012 年のうるう秒調整では近年のネットワーク技術の飛躍的な発展と 2012 年は 15 年ぶりの 6 月末日のうるう秒調整ということもあり、休日であったにもかかわらず世界中で多くのインシデントが発生した。

2012 年に発生したインシデントは Linux のカーネルのバグが原因で発生し、例えば Java で構築されたオープンソースデータベース Cassandra やオープンソースプラットフォーム Hadoop などで CPU 使用率が高騰するなどのトラブルが生じ、これらを用いたアプリケーションが様々な障害を発生させた。有名などころではオーストラリアでカンタス航空の搭乗予約システムが 2 時間以上ダウンし、400 以上のフライトに影響を与えた。

日本においても著名なソーシャルネットワークシステム (SNS) やグループウェア、インターネットサービスプロバイダ (ISP) などにおいてもこの障害によるシステム遅延が報告された。これら日本を含めた各国のインシデントは 2012 年 9 月の WP7A 会合でも報告された [17]。

3.3.2 WP7A の活動

2012 年から 2015 年にかけての WP7A の活動は議題 1.14 に対する CPM レポートの作成に多くの時間が費やされた。また WRC-12 以降、幾つかの国においてうるう秒に対する対応に変化が生じた。RA-12 においては先延ばしの意見を提案したロシアは完全にうるう秒を存続させる側となった。一方、長年にわたりうるう秒廃止に反対の立場をとっていた中国がうるう秒廃止容認の立場になった。これらの国では参加する代表団のメンバーもすべて入れ替えて WP7A 会合に臨んだ。

会合では、日本、米国、フランスなどを中心に 2012 年のインシデントなどを基にうるう秒調整のデ

メリットをまとめ、ロシア、英国などが現行の UTC のメリットをまとめお互いに議論を交わしながら CPM レポートとしてまとめていった。

日本からは

- タイムスタンプサービスがうるう秒調整の前後で数時間にわたり発行を停止せざるを得ないこと。
 - 日本を含むアジア・オセアニア地域では朝の就業時間中に発生するため社会的な影響が大きいこと。
- の2点が CPM レポート中に反映された。

議題 1.14 については関係する国際機関などから広く意見を求めるため、2013 年 9 月に ITU-R と BIPM の共催で WP7A 会合の後に ITU-BIPM Workshop “Future of International Time Scale” が開催された [18]。本 Workshop では ITU-R、BIPM 以外に国際地球回転・基準系事業 (International Earth Rotation and Reference Systems Service : IERS)、IAU、国際標準化機構 (International Organization for Standardization : ISO)、国際測地学及び地球物理学連合 (International Union of Geodesy and Geophysics : IUGG) などの国際機関、測位衛星関係各企業などから発表があり日本からも実際にうるう秒の影響を報告しているタイムスタンプ業界から発表を行った。これらの発表は今後への資料として WP7A でまとめられた。また、国際電波科学連合 (International Union of Radio Science : URSI) では、何度か総会ごとに議題には上っていたが、本格的には 2014 年に開催された総会及び科学シンポジウムの会合 (General Assembly and Scientific Symposium : GASS) の期間中に、小山泰弘 (当時 : 国際推進部門国際連携推進室長) が委員長を引き継いだ電磁波計測委員会のビジネス会合で UTC の将来問題についての議論が行われ、同委員会の勧告としてまとめられた。この勧告は、うるう秒調整を廃止し、UTC を連続時系とすることが望ましいとする意見が記載されており、GASS の期間終了後に ITU-R の WP7A に参照文書として入力された [19]。IAU においてもこの問題については 2009 年頃、再度 Working Group が設置され、NICT からは細川瑞彦 (当時 : 新世代ネットワーク研究センター 研究センター長) がメンバーに加わった。2006 年の結論がこの時も主要意見ではあったが、うるう秒継続を強く望む声も一部にはあり、両論併記でまとめられた報告書は運営委員会 (Executive Committee) に上げられたが、公式には ITU へは送られなかった。

CPM レポートに掲載する Method を決める段階では、当初は、現行の UTC からうるう秒調整を取り除く方法と、現行の UTC と新たな連続時系を導入する方法の大きく 2 通りであった。しかし、後者の現行の UTC と連続時系を併用する方法が英国が提案する現

表 3 WRC-15 で検討された Method

Method A1	: UTC へのうるう秒調整を廃止し、新たな連続時系を導入する。新たな連続時系は、「UTC」の名称を引き継ぐ。
Method A2	: UTC へのうるう秒調整を廃止し、新たな連続時系を導入する。新たな連続時系は、「UTC」とは名称を変える。
Method B	: 現行 UTC の定義を維持しつつ、新たに (うるう秒調整を廃止した) 連続時系を導入し、2つの時刻系を共存させる。
Method C1	: 現行 UTC の定義を変更しない。連続時系を使用する場合は、国際原子時 (TAI) とする。
Method C2	: 現行 UTC の定義を変更しない。連続時系の使用は任意とする。
● CPM15-2 で追加	
Method D	: 研究 (study) の結論が出ていないため、現行 UTC の定義を変更しない。

行 UTC と連続時系を同等に扱う方法と、ロシアが提案する現行 UTC をそのまま報時し連続時系は UTC との差分で表す方法の 2 つの方法に分かれた。合計 3 つの方法がそれぞれ Method A、B、C となり WRC-15 に向け細かく規定されていった。

Method A については、米国、フランスなどは UTC をそのまま利用することを強く押し、日本もそちらに同調したが、英国が連続時系で UTC の名称を使用することに強く反対し、ロシアも ITU-BIPM Workshop で ISO の発表者が「物理的状態が変化するならば名称も変更すべき」とい発言したことを根拠に UTC の名称使用に反対したため、Method A は UTC の名称を引き継ぐ Method A1 と名称を変更する Method A2 に分割された。

Method C においても連続時系としてロシアが主張する TAI を用いる Method C1 と任意の連続時系を設定すべきとする Method C2 に分かれた。

最終的には表 3 に示すように大きく 3 部類、5 つの Method が決められ CPM レポートに記載された [20]。

3.3.3 APG-15 の活動

UTC の将来問題が WRC-15 の議題になったことから、この問題は地域連合においても議論されることとなった。アジア・太平洋地域の地域連合はアジア・太平洋電気通信共同体 (Asia-Pacific Telecommunity : APT) の WRC-15 準備会合 (APG15 会合) が WRC-12 から WRC-15 の間に 5 回開催された。

APG15 における議題 1.14 関連の WG では日本、韓国、オーストラリアなどが最初からうるう秒廃止を積

極的に推進した。懸念された中国も WP7A 会合と同じメンバーが参加しており、当初は慎重な議論を求める立場を示したが、次第にうるう秒廃止に賛同するようになった。他の加盟国においても慎重な議論を望む国はあっても、現行の UTC 存続を推進する国はなかった。

また ITU-R で ITU-BIPM Workshop “Future of International Time Scale” が開催されたことを受け、APG15 においても 2015 年 2 月の第 4 回会合において「議題 1.14 に関する情報セッション」を設け ITU-R 事務局、SG7 議長をはじめ、オーストラリア、韓国、中国、日本がプレゼンテーションを行った。これらの活動の結果、APT としてはうるう秒を廃止する方向性がほぼ固まった。また名称についても当初オーストラリアのみ Method A2 を支持していたが、名称変更は強い意見ではないとして最終的に APT 全体で Method A1 を支持することに決定した。

APG15 の議論の中で長年 WP7A に関わってきたことで日本の意見がかなり尊重された。また、APT 共通の問題として、うるう秒調整が APT の加盟各国では朝の就業時間中になるため社会的な影響が大きいことが改めて確認され、「議題 1.14 に関する情報セッション」における日本やオーストラリアのインシデント報告も大きな影響を与えた。

3.3.4 CPM15-2 及び WRC-15

CPM15-2 会合は 2015 年 3 月 23 日から 4 月 4 日にかけてジュネーブ国際会議場において開催された。加盟国の主管庁とセクター会員から 1300 名以上が参加、日本からは約 50 名が参加した。

議題 1.14 関連では、アラブの 6 か国から「まだ議論が尽くされていないため当面現行の UTC の定義を変更しない」という意見が輸入され、議論の結果 Method D として CPM レポートに追加された。しかし、ロシアが求めた Method A の削除は却下された。

その他、各国から CPM レポートに対しエディトリアルな修正が加えられ、これらのほとんどは反映された [21]。

WPRC-15 会合は 2015 年 11 月 2 日から 11 月 27 日にかけてジュネーブ国際会議場において開催された。本会議には ITU 加盟国から 153 か国とセクター会員を合わせ 3800 名以上が参加、日本からは約 80 名が参加した。

議題 1.14 に対し WRC-15 に入力された各地域連合及び加盟各国からの意見は以下のとおりである。

APT : Method A1 を支持。(主に日本、韓国、中国、オーストラリア、ニュージーランド、マレーシア)

CEPT : オーストリア、スペイン、フィンランド、フランス、イタリア、リヒテンシュタイン・ルクセンブルグ、モナコ、ノルウェー、ポーランド、スロバキア、チェコ、ルーマニアは Method A1 を支持。

バチカン、アイルランド、アイスランド、英国、スロベニアは Method C1 を支持。

RCC : Method C (C2?) を支持。

CITEL : Method A1 を支持。

(署名は米国、アルゼンチン、バハマ、エクアドル、メキシコ、ウルグアイ)

ATU : ブルンジ、ケニア、ウガンダ、ルワンダ、タンザニアは Method A1 を支持。

アンゴラ、ボツワナ、レソト、マダガスカル、マラウイ、モーリシャス、モザンビーク、ナミビア、コンゴ、セーシェル、南アフリカ、スワジランド、タンザニア(ダブリー)、ザンビア、ジンバブエは Method A1 を支持。コートジボアールは Method C1 を支持。ベニン、ブルキナファソ、コートジボアール、ガンビア、ギニア、ニジェール、ナイジェリア、セネガル、トーゴは Method D を支持。

ASMG : Method D を支持。

(Method B を支持する地域連合はなし)

ここまでの各 Method の支持理由は以下のようになる。

Method A1.A2

- うるう秒調整が不定期で、かつ、半年前まで調整の有無がわからないことが問題。(自動化できない)
- 情報ネットワーク社会の進展により 2012 年のようなインシデントにより社会生活に大きな影響を与える

Method C1.C2

- 社会生活の基準となる時系が天文時とずれていくことは社会生活に与える影響が大きい
- 現在の UTC で動作している機器を新たな連続時系対応させるためには莫大な投資が必要となり簡単に実現できない (GLONASS 系時刻供給システムは UTC で動作)

Method D

- どちらの方法をとればいいのか判断がつかない

これらの背景を踏まえた会合では、本議題は突き詰めるうるう秒を廃止するか否かの単純かつ決定的な二元論でもあり、Method A1 を支持する米国、フランスなどと Method C を支持するロシア、英国らが当初から激し

く対立した。

会期中盤にこのままでは議論が対立した状態で結論に至らないため、新たな標準時系の決定を WRC-23 にする新たな決議案を米国が提出し、ロシア、英国がこの決議案で妥協する姿勢を見せたため、Method についての議論は棚上げし、新決議案のドラフトを行ってサブ WG でまとめあげた。

Method についての議論が棚上げされたことに納得できないオーストラリア、韓国、中国及び日本の呼びかけで急きょ APT の臨時関係会合を開き、APT としてはあくまでも Method A1 を支持していくことを確認した。同様に不満を持つフランスと共に WG の場で Method の議論を求めたが、ロシア、英国及び WG 議長から新決議案が唯一の全体の妥協案であるということで Method の議論は却下された。

新決議案はプレナリまで承認を受け議題 1.14 に対する新決議 (Resolution 655) として採択された。

新決議では、

- ITU-R は BIPM、CIPM、CGPM の関係を強化し、今後、うるう秒調整の廃止を含む次期標準時系について検討を実施し、2023 年に開催予定の WRC-23 までに提言を行う
- この検討には、加盟国、関係の国際機関、産業界、利用者団体も参加すること
- 現行の UTC は、勧告 ITU-R TF.460-6 に基づき WRC-23 まで維持すること

などが盛り込まれた。また、RR の「1.用語と定義」の 1.14 項の「UTC」についてはこれまで「勧告 ITU-R TF.460-6 に定義する」と記述されていた部分は削除され、代わりにこの新決議を参照することとした。

3.4 WRC-15 以降の状況

WRC-15 以降、WP7A では決議 655 (WRC-15) に基づき、現行の UTC と次期標準時系が影響を与える無線通信システムとその応用技術の洗い出し及びそれらの影響度合いについて評価する報告書を作成している。

決議 655 (WRC-15) を受け 2018 年の第 26 回 CGPM では、時刻の定義について決議 2 の中で勧告している [22]。1 つめの勧告は、現在の UT1 - UTC の上限値についての検討であり、もうひとつは UT1 - UTC の予測精度の向上とその公表の方法についてである。この決議から、CGPM として「UTC の将来問題」に取り組むことを決議したこととなり、今後 CGPM の決議を受けて CIPM 及び CCTF で議論され、その結果が CGPM を通じて 2023 年の WRC-23 にフィードバックされ、「UTC の将来問題」に寄与することとなるであろう。NICT としても CCTF と WP7A 双方に積極的に参加して WRC-23 に向けた議論を深めていきたい。

4 タイムビジネス

NICT の ITU-R における近年の活動のトピックとして、タイムビジネスに用いる時刻トレーサビリティについての勧告 (ITU-R TF. 1876) の制定がある。タイムビジネスについては 2010 年度発行の情報通信研究機構季報 (vol.56 nos.3/4) 及び本特集号の **3-4**「インターネット社会の標準時供給」で詳しく述べられているので、ここでは ITU-R における標準化についてまとめる。

日本のタイムスタンプ認定制度は 2005 年 2 月に開始され、その当時タイムスタンプの付与及び検証については暗号技術を用いているため、IETF (Internet Engineering Task Force) の RFC (Request For Comment) などのようなインターネット業界で標準化がされており、その一部は国際標準化機構 (International Organization for Standardization : ISO)、日本工業規格 (Japanese Industrial Standards : JIS) による標準が制定されていた。しかしながら、タイムスタンプのもうひとつ重要なファクタであるタイムスタンプ時刻の信頼性については明確な基準が制定されていなかった。

そこで、2000 年の WP7A 会合に、タイムスタンプ局が用いる時刻の信頼性をいかにして確保するかについて研究することを日本からの研究課題 (Question) として提案した。研究課題は修正のうえ採択され「研究課題 ITU-R 238/7 タイムスタンプ局の信頼できる時刻源 (Question ITU-R 238/7 Trusted Time Source for Time Stamp Authority)」として研究されることとなった [23]。その後、日本の実証実験等を基に技術報告を入力し、2009 年 9 月の WP7A 会合において日本の時刻配信局 (Time Authority : TA) が時刻の配信と監査に責任を持つ仕組みについて勧告案を提出した。提出された勧告案は時機を得た勧告案として各国から好意的に受け入れられ、TA をタイムアセスメント機関 (Time Assessment Authority : TAA) にするなどの表現の修正などはあったものの、ほぼ日本提案がそのまま SG7 に送られ、その後、SG7 の採択と ITU-R の承認手続きを経て、2010 年 4 月に勧告 ITU-R TF. 1876 として承認された [24]。

勧告 ITU-R TF. 1876 はその翌年の 2011 年 5 月に JIS X 5094 : 2011 として日本工業規格となり [25]、2015 年には上記のタイムスタンプの体系や暗号化技術等が制定されている ISO/IEC 18014 に part4 として追加され ISO/IEC 18014-4 : 2015 として国際標準化された [26]。更にこの ISO/IEC 18014-4 : 2015 は、JIS にフィードバックされ JIS X 5094 : 2019 として 2019 年 3 月に改正されている [27]。

このように勧告 ITU-R TF. 1876 は NICT の寄与率がほぼ 100 % で制定され、その後工業規格として標準化して現在の情報セキュリティ社会に大きな影響を与え、かつ、「UTC の将来問題」においても関連勧告として参照されている非常に有用な勧告となった。

5 長波標準電波の干渉問題

最後に WP7A において日本からの寄与が強く望まれている「長波標準電波の干渉問題」についてまとめる。

NICT では、2010 年の季報の「長波標準電波の電界強度計算法」で報告した 10 ホップ波線法による電界強度予測法について、ITU-R における計算法の標準化と長波標準電波の干渉問題への活用を進めている。長波標準電波の干渉問題は、2006 年に研究課題 ITU-R 244/7 として採択された研究課題で「20 から 90 kHz で運用される長波標準電波の干渉問題」について勧告を求める内容となっており、SFTS 間の標準電波の電界強度や信号対雑音比の予測が可能な方法を求めるものである。SFTS は基本的に数千 km 以上離れているため、そのような遠距離にける電界強度予測精度が重要である。

日本からは 2006 年に北太平洋における伝搬実験の計画、2007 年に北太平洋における伝搬実験の実施と南極までの伝搬実験の計画を入力し、その後、2008 年に北太平洋における伝搬実験結果と 10 ホップ波線法による電界強度予測法を用いた予測値の比較結果、2014 年に南極までの伝搬実験結果と 10 ホップ波線法による電界強度予測法を用いた予測値の比較結果を情報文書として入力した [28][29]。

これらの実験結果と 10 ホップ波線法による電界強度予測法を用いた予測値の比較結果は高く評価され、日本の電界強度計算法は SG3 において勧告 ITU-R P. 684「周波数 150 kHz 未満における電界強度の予測」を順次改訂し 2013 年に改訂された勧告 ITU-R P. 684-7 では 10 ホップ波線法による電界強度予測法が周波数 60 kHz 以上における電界強度予測法として定義されている。

現在、研究課題 ITU-R 244/7 に対し日本が積極的に情報文書を入力してきたため、WP7A 議長から日本による新勧告案の作成を強く望まれている。今後は早急に 10 ホップ波線法による電界強度予測法が定義された勧告 ITU-R P. 684-7[30] を用いた新たな勧告案の作成に取り掛かる必要がある。

6 あとがき

ここでは、「UTC の将来問題」を中心に ITU にお

ける NICT の活動をまとめてきた。特に「UTC の将来問題」は ITU における議論開始から既に 20 年が経過しており、2023 年の WRC-23 で結論が出る予定である。今回の研究報告執筆の機会にこの 20 年間の議論や NICT の貢献について順を追ってまとめた。

タイムビジネスも NICT が中心となり、日本のみならず国際的にも制度化を進めてきた技術であり、ITU を出発点として JIS や ISO などに展開して上手に技術的な国際標準化を進めることができた技術である。

長波標準電波の干渉問題については、これまでの日本の実績が評価されているが、今後は更に勧告化に向けた日本の寄与が強く望まれている研究課題である。

これら最近の ITU-R における活動が今後の参考となれば幸いである。

【参考文献】

- 計量法(昭和二十六年), 第3条の3, 1951年6月7日法律第207号 など
- Resolution 9 of the 10th CGPM (1960) <https://www.bipm.org/en/CGPM/db/11/9/>
- Resolution 1 of the 13th CGPM (1967) <https://www.bipm.org/en/CGPM/db/13/1/>
- ITU-R, Recommendation ITU-R TF.460-6, "Standard-frequency and time-signal emissions," 2002.
- Resolution 5 of the 15th CGPM (1975) <https://www.bipm.org/en/CGPM/db/15/5/>
- うるう秒実施日一覧 <http://jij.nict.go.jp/QandA/data/leapsec.html>
- ITU-R, Question ITU-R 236/7, "The future of the UTC time scale," 2001.
- Japan, Contribution 7A/31, "Contribution to SRG on the future of UTC - Summary of the Questionnaire about the future of UTC in Japan," 2002.
- Chairman, Special Rapporteur Group on the Future of the Coordinated Universal Time (UTC), Contribution 7A/43 Annex 1, "Report on the future of the UTC Timescale - Executive Summary," 2006.
- Japan, Contribution 7A/49, "Questionnaire on "Possible future change to Coordinated Universal Time (UTC)" in Japan," 2007.
- WP7A, Contribution 7/68, "Draft revision of Recommendation ITU-R TF.460-6 - Standard-frequency and time-signal emissions," 2009.
- Director, BR, TU-R CACE Circular 516, "Questionnaire on a draft revision of Recommendation ITU-R TF.460-6 - Standard-frequency and time-signal emissions," 2010.
- Director, BR, TU-R CACE Circular 539, "Questionnaire on a draft revision of Recommendation ITU-R TF.460-6 - Standard-frequency and time-signal emissions," 2011.
- United States of America, RA12 Contribution 41, "The future of the UTC Timescale," 2012.
- United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, RA12 Contribution 48, "Proposed revision of ITU-R Recommendation TF 460-6," 2012.
- Germany (Federal Republic of), Brazil (Federative Republic of), France, Japan, Mexico, New Zealand, United States of America, WRC12 Contribution 140, "Proposals for the work of the Conference," 2012.
- Japan, Contribution 7A/11, "Impairment by the leap second adjustment in Japan," 2012.
- <https://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=conferences&mlink=itu-bipm-workshop-13&lang=en>
- Scientific Committee on Frequency Allocations for Radio Astronomy and Space Science, Contribution 7A/63, "Information document on the Leap Second Issue - URSI Commission A Resolution," 2014.
- Director, Radiocommunication Bureau, CPM15.02 Contribution 1, "Draft CPM Report," 2014.
- ITU-R, CPM15.02 Report 1, "Final Report of the CPM to WRC-15," Chapter 2, pp.52-64, 2012.
- Resolution 2 of the 26th CGPM (2018) <https://www.bipm.org/en/CGPM/>

- db/26/2/
- 23 ITU-R, Question ITU-R 238/7, "Trusted time source for time stamp authority," 2001.
 - 24 ITU-R, Recommendation ITU-R TF.1876, "Trusted time source for Time Stamp Authority," 2010.
 - 25 JIS X 5094 : 2011, "UTC トレーサビリティ保証のためのタイムアセスメント機関 (TAA) の技術要件," 2011.
 - 26 ISO/IEC 18014-4, "Information technology – Security techniques – Time-stamping services – Part 4 : Traceability of time sources," 2015.
 - 27 JIS X 5094 : 2019, "UTC トレーサビリティ保証のためのタイムアセスメント機関 (TAA) の技術要件," 2019.
 - 28 Japan, Contribution 7A/04, "Contribution to the discussion on the interference between standard frequency and time signal services operating between 20 and 90 kHz," 2008.
 - 29 Japan, Contribution 7A/64, "Contribution to the discussion on Question ITU-R 244/7 - Interference between standard frequency and time signal services operating between 20 and 90 kHz," 2014.
 - 30 ITU-R, Recommendation ITU-R P.684-7, "Prediction of field strength at frequencies below about 150 kHz," 2016.



小山泰弘 (こやま やすひろ)
 ワイヤレスネットワーク総合研究センター
 統括
 博士 (学術)
 宇宙測地、電波科学



細川瑞彦 (ほそかわ みずひこ)
 情報通信研究機構
 理事
 理学博士
 時空計測、時刻・周波数標準



岩間 司 (いわま つかさ)
 電磁波研究所
 時空標準研究室
 研究マネージャー
 博士 (工学)
 時刻・周波数供給・同期、時刻応用技術

伊東宏之 (いとう ひろゆき)
 総務省
 国際戦略局
 技術政策課
 技術企画調整官
 博士 (理学)
 周波数標準、レーザー分光



井戸哲也 (いど てつや)
 電磁波研究所
 時空標準研究室
 室長
 博士 (工学)
 光周波数標準、光周波数計測

花土ゆう子 (はなど ゆうこ)
 電磁波研究所
 上席研究員
 博士 (工学)
 時刻・周波数標準、高精度計測