

協定世界時UTCタイムスケールの将来

(R. L. Beard : US Naval Research Laboratory, 2009年春)

凡例 : ABC順

BIH(Bureau International de l'Heure) : 国際時刻局

BIPM(International Bureau of Weight and Measures) : 国際度量衡局(在パリ)

CCDS(Consultative Committee for the Definition of the Second) : 1秒の定義諮問委員会

CCIR(International Radio Consultative Committee) : 国際無線諮問委員会

CGPM(General Conference on Weight and Measures) : 度量衡総会

EAL(Echelle Atomique Libre) : 英語ではFAS(Free Atomic Scale)

ET(Ephemeris Time) : 衛星暦タイム

IAU(International Astronomical Union) : 国際天文学連合

IERS(International Earth Reference and Rotation Service) : 国際地球基準及び自転サービス

ITU-R(International Telecommunication Union-R) : 国際電気通信連合無線通信部会

LOD(Length of the Day) : 一日の長さ

SFTS(Standard Frequency and Time Signal) : 標準周波・時刻信号

SI(International System of Units) : 国際単位システム

SRG(Special Rapporteur Group) : 特別報告担当グループ

TAI(International Atomic Time)Service : 国際原子時刻サービス

TT(Terrestrial Time) : 地球時

URSI(International Union of Radio Science) : 国際無線科学連合

USNO(US Naval Observatory) : 米海軍天文台

UT1(Universal Time-1) : 地球自転時

UTC(Coordinated Universal Time) : 協定世界時

WP7A(Working Party 7A) : ITU-Rの研究グループ7『科学サービス』の作業部会

要 旨

協定世界時UTCは、世界中を通じて時報に用いられている国際標準時スケールである。国際電気通信連合ITU-Rが規定したUTCは、国際地球基準・自転サービスIERSの協力を得て国際度量衡局BIPMが維持管理している。UTCの決定には世界中の時刻管理機関(タイミングセンター)が測定した原子時の加重平均値が用いられている。IERSは地球の自転をモニターしており、UTCを地球自転時UT1の0.9秒以内に調整するためのデータを提供している。この調整は、UTCを天体の動きに合わせるためであり、UTCに『うるう秒』を挿入することによりUTCとUT1の整合を図ることを1972年に規定した。『うるう秒』の挿入は減速しつつある地球の自転に起因している。現在の電気通信システムはデータ流のタイミングに『うるう秒』を挿入する仕組みになっていない。そのため、ITU-Rでは『うるう秒』操作の必要のない連続的なタイムスケールの採用について協議が続けられている。以下に、現在協議中の連続的なタイムスケールに関する様々な意見とそれに関わる諸問題について検証する。

はじめに

ITU-RのWP7Aは、地上ベース及び衛星ベースの両方に関する標準周波・時刻信号SFTSサービスに責を負っている。その作業範囲は、衛星ベースの技術を含めて、世界的なSFTSサービスの普及、

受け入れ及び技術や政策の交流とこれらサービスの調整を含むものである。WP7Aが担当している主な提言はUTCの定義である⁽¹⁾。

WP7Aの目標は、Time & FrequencyシリーズにおけるITU-R提言、並びにSFTS発振、測定及びデータ処理の基本を網羅したSFTS諸活動に関する手引書(TF Series Handbooks)の作成と維持である。このITU-R提言は、最初に仕向けられる(directed)各国の電気通信行政機関と業界にとって非常に重要なものである。また、これらのITU-R提言は無線航法、発電、宇宙技術、科学及び度量衡学等、様々な活動分野においても重要な影響を有し、次のような課題に触れるものである。

- HF、VHF及びUHF発信を含む地上ベースSFTS伝送；
- テレビ放送；
- 同軸ケーブル及び光ファイバーケーブル；
- 通信衛星；
- 時刻及び周波標準とクロックを含む周波技術；
- 測定システム；
- タイムスケール及びタイムコード。
- マイクロ波リンク；
- 航法衛星を含む宇宙ベースSFTS伝送；
- 気象衛星；
- 性能特性記述；

UTCの起源

協定世界時UTCは、世界中の様々なタイミングセンターが維持しているタイムを比較し、それらのタイミングセンターが発信する時報を調整する必要からITU-Rを起源とするものである。1960年代末までは、タイムスケールを規定する基準は地球の自転であった。伝統的に一日の長さLOD (Length of the Day)が一秒の長さを決定していたが、当時からLODが不規則なものであることは広く知られていた。図1にLODの長期変動の例を示す⁽²⁾。当初、太陽を周回している地球の軌道上の動きに基づいて安定的な一秒の長さが規定できると考えられていた。このタイムスケールは衛星暦タイムET(Ephemeris Time)と呼ばれ、より安定した一秒の定義を規定すると考えられていたが、その後原子標準タイムにとって代わられた。様々なタイミングセンターが運用していた原子時計が、更に安定したタイムの発振と維持を容易に提供する手段であると考えられたからである⁽²⁾。

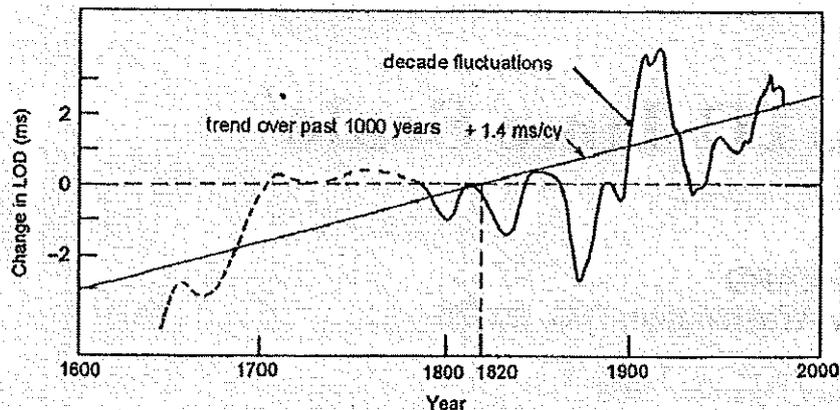


図1：西暦1600年以降におけるLODの推移(単位：ミリ秒)

原子時計は、全ての近代的なタイムスケールの基本として1955年以降様々な研究所において継続的に維持されるに至った。但し、国際的なタイムスケールとして正式に採用されたのは1971年になってからであった。1950年代におけるセシウム時計の実現と運用開始及びこれら標準類の国

際的な比較を可能にしたLORAN(Long Range Navigation)のような通信システムは、原子時刻AT(Atomic Time)の揺籃期を形成するに至った。国際天文学連盟IAUが提言した国際原子時刻サービスTAI Serviceの設立は1967年、国際無線科学連盟URSIの設立は1969年、ITUの国際無線諮問委員会CCIRの設立は1970年であった。

1971年に開催された第14回度量衡総会CGPMは、自転ジオイド(Geoid)⁽³⁾に基づいて得た国際単位システムSIの一秒を単位とする協定タイムスケールTAIを承認した。

無線伝送によって世界中の時計を直接比較することは、LORAN航法システムや地球周回衛星により1961年頃には可能になっていた。世界時UT(Universal Time)と呼ばれる国際社会共通のタイムを維持する責を負う国際時刻局BIHは、様々なタイミンセンター間の時刻を調整するために、LORAN航法システム及び他のシステムによって測定値の収集を始めた。TAIが地球の自転と無関係な連続的タイムスケールとして規定された時に、協定に基づく世界時UTCに関係付けられた。最初の調整は1962年にCCIR(現在のITU-R)において合意された。協定世界時UTCという名称は1967年に国際天文学連合IAUによって受け入れられた。UTCは、1961年から1972年の間UT2と約0.1秒以内の一致を図るために周波オフセットと一秒以下のステップの両方で調整された。宇宙航法ユーザーは1秒以下の不確定性を以って自転タイムに関係のあるタイムスケールへのアクセスを必要とするため、密接な調整が必要と考えられた⁽³⁾。

UTCの定義

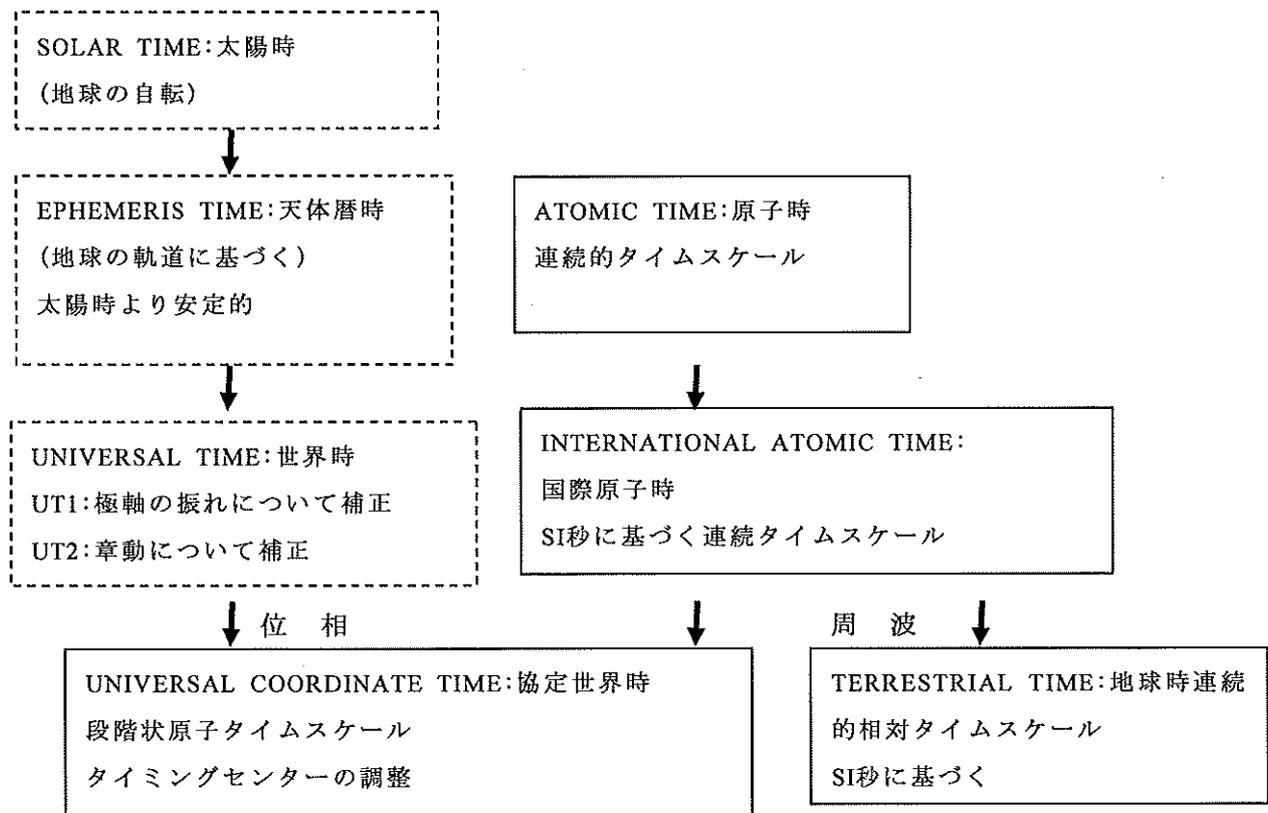


図2: UTCに対する他のタイムスケールの関係

現在のUTCシステムは1972年に規定され、一秒ステップ(うるう秒)とDUT1調整を伴ってCCIR

によって採用された。これらの一秒ステップ(うるう秒)とDUT1調整はUT1と0.9秒以内の一致を維持するためUT1とUTCの間における予測差異であった⁽¹⁾。この定義は天文航法士が無線伝送によってアクセスできるようにSI秒とUT1近似値の両方を提供するための妥協案であった⁽³⁾。

現在使っている定義された様々なタイムスケール間の関係を図2に示す⁽³⁾。この図において破線で囲んだ天文学上のタイムスケールの内、IERSが現に維持しているのはUT1のみである。

TAIは全ての原子時尺度由来の主たるタイムスケールである^(4,5)。このタイムスケールそのものは、参加タイミンセンター/研究所(巻末表参照)がBIPMに提出するクロック比較データとALGOSと呼ばれている特定のアルゴリズムに基づいて策定されている⁽⁵⁾。

図3に現在参加しているタイミンセンターの間のリンクを示す^(6,7)。図4はプロセス図である。地域で得たUTCが個々のクロックの精密で正確な時間の測定を可能にできるように、それぞれのタイミンセンターからのクロック比較データがBIPMに提供される。

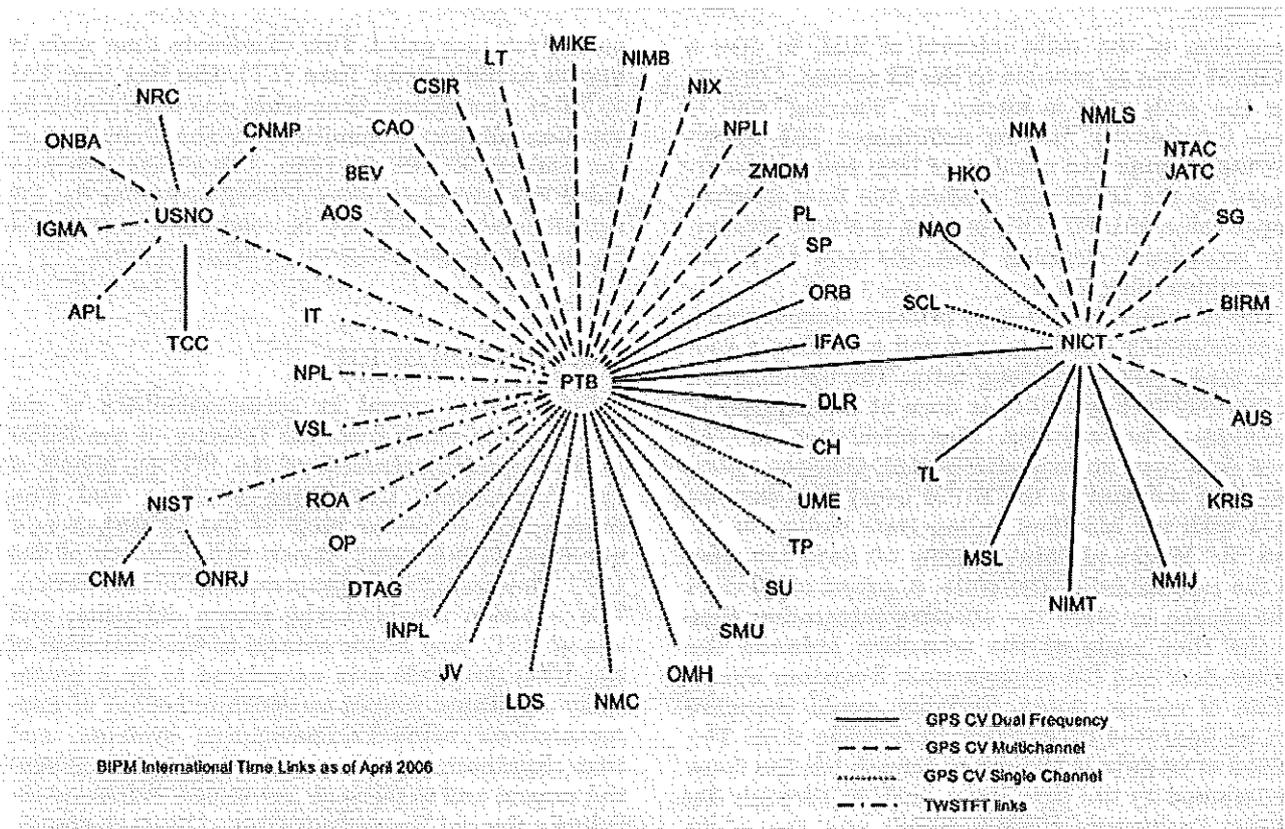


Fig. 3-Primary International Time Comparison Links between timing centers [see Appendix] with the type identified in the key.

図3：比較手段の種類別によるタイミンセンター(巻末表参照)間の主要国際時伝送リンク

(CV：GPS Common View, TWSTF：双方向衛星通信)

- 上図は2006年4月現在におけるBIPMの国際時リンク。但し、現在はハブ機能をなくし各国とも直接PTBにリンクしている。

UTCの決定は、これらのクロックと比較リンクのデータに基づいて行われる。このプロセスにおける最初のステップは、後処理反復手順を通じてEAL(Echelle Atomique Libre)、英語ではFAS(Free Atomic Scale)⁽⁵⁾と呼ばれる自走原子時スケールを得ることである。次に、EALは寄与

している『一次』周波標準と最適フィルターからのデータを用いてスケール単位の間隔で評価される。TAIは可能な限りSI秒に近い値が得られるよう、必要に応じてEALスケール間隔を補正してEALから決定する。

スケール単位の補正は調整操作(Steering)と呼ばれ、時折実施される。IERSが決定した適切な数の『うるう秒』を用いてTAIが決まったら、最終的な国際UTC値が得られる。このプロセスはTAIとUTCが実時刻の後になって決定されるという意味において後処理手順である。

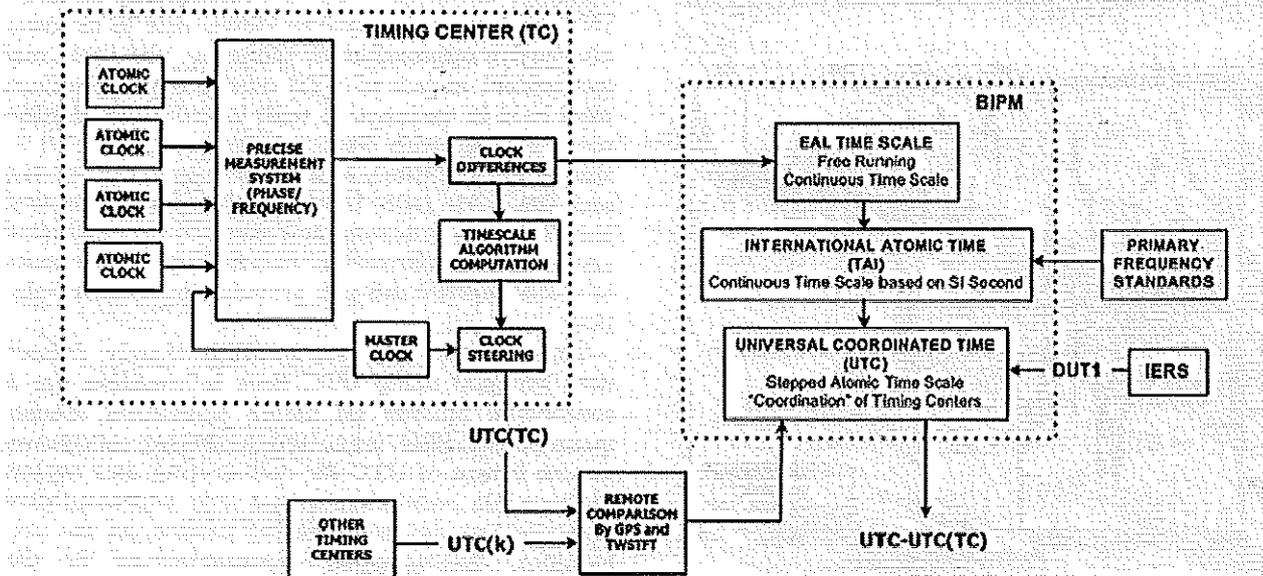


図4：BIPMに対する各タイミングセンターの関係(巻末別紙参照)

TAIの精度に関する主な考慮点は、SI秒の決定と長期的に信頼できるタイムスケールを提供できるか否かである。長期安定性の最適化は短期的なアクセス性(Accessibility)を犠牲にして図られる。TAIの計算は長期間にわたるデータを用いて行う。クロック比較データは末尾4と9の改訂ユリウス暦日(Modified Julian Date)を持つ日の5日毎にBIPMに伝送される。スケール計算には60日分のデータ群を用いる。この60日という期間はセシウム時計のちらつき基線(Flicker Floor)と酔歩周波変調(Random Walk Frequency Modulation)の間における移行の際に、タイムスケールの効果的な統合時間を確保するために選んだものである。従って、統合時間を60日以上にしても安定性が改善されることはない。この60日という期間は、例えば衛星測位システムGPS及びクロックの周波変調ホワイトノイズ(White Frequency Modulation Noise)を通じてもたらされるタイムリンクのノイズを平滑化するには充分である。よって、BIPMのCircular-T(タイム回状)は、30日分のデータに基づく暫定値と60日分のデータに基づく確定値を交互に通知することになっている。図5にUTC、GPSタイム及び米海軍天文台USNO維持しているUTCの間に見られる差異を示す。

更に、TAIは『自転しているジオイド上において具現したスケール単位としてSI秒を用い、地球を中心とする基準フレームにおける協定タイムスケールの具現値』と規定されるに至っている。この協定タイムスケールは地球時TT(Terrestrial Time)と呼ばれている。TAIまたはTTを協定タイムスケールとするという事実は、1980年に一秒の定義に関する諮問委員会CCDS(Consultative Committee for the Definition of the Second)が決定したものである。更に、CCDSは相対論的關係(Relativistic Terms)及び非地球上基準フレームでの使用におけるTAI/TT確定に必要な補

正情報を提供した。

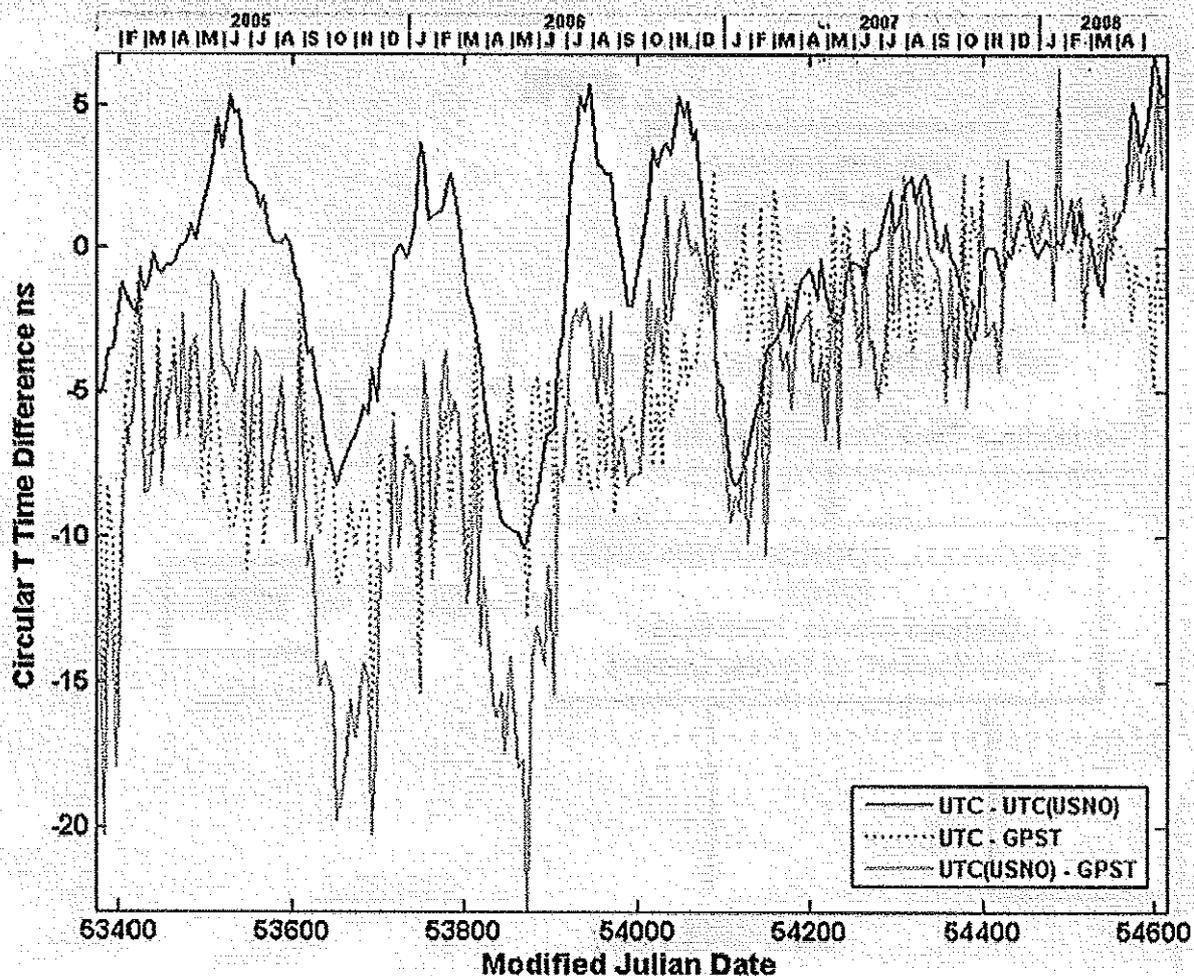


図5：Circular TにあるUTC、GPSタイム (GPST)及びUTC (USNO)の間に見られる差異

UTCにまつわる課題

ITU-RのWP7Aは、ITU-Rの一部委員及びITUの事務局長に宛てたBIPM局長の書簡(CCDSの後継組織体である時間と周波に関する諮問委員会の意向を代表したもの)が提起した諸問題を受けて、『UTCタイムスケールの将来』と題する新たな提言 (ITU-R第236/7号、2000年)を作成した。当該提言は将来におけるUTCの定義と利用に関するものである。UTCタイムスケールの定義に対する大幅な変更は潜在的に通信ネットワークの同期化、航法システム及び時報性能に大きな影響があると思われた。WP7Aはこの潜在的な影響と関連事項に的を絞り、『うるう秒』の将来と関連事項について集中的に取り組む特別委員会SRG (Special Rapporteur Group)を設けることにした。

SRG (Special Rapporteur Group)

SRGは、当該課題に取り組むに当たって関係委員及び科学機関との連絡窓口を設けることにした。UTC利用に関するデータ収集、利用状況の分析及びUTC調整に関わる運用上の影響低減または排除に向けた代替案を検討するため、調整及び技術情報交換会議を開催した。これらの会議は、航法学会ION (Institute of Navigation)及び民生GPS国際フォーラムCGSIC (Civil GPS Interface Committee)の場における特別報告は言うに及ばず、時間と周波に関する国際会議の機会をとらえて開催した。国際社会における多数の組織体と機関が調査と情報収集(事実確認)に協力した。しかし、これらの調査結果は明確な議決を行うには至らなかった。

これらの諸活動は、UTCタイム情報を用いているユーザー集団及び将来の利用に関する合意のいずれについても明確な結果をもたらすには至らなかった。そのため、SRGは考えられ得る提言について議論し、意見を取り纏めるため代表的な組織体と団体によるUTCの将来に関する特別討論会(Colloquium)を開催した。この討論会では国際時維持IT(International Time Keeping)、航法、地球自転、電気通信、及びインターネットタイミングの分野における著名な代表を招いて講演を行い、協議した。

この討論会の間に発表された地球自転の減速分析は、現在規定されているUT1とUTCの間における許容値を維持するためには将来一年間当り複数の『うるう秒』が必要になる可能性を示した⁽⁸⁾。図6は実際の一日の長さLODと予測されたLODをプロットしたものである(単位:秒)。

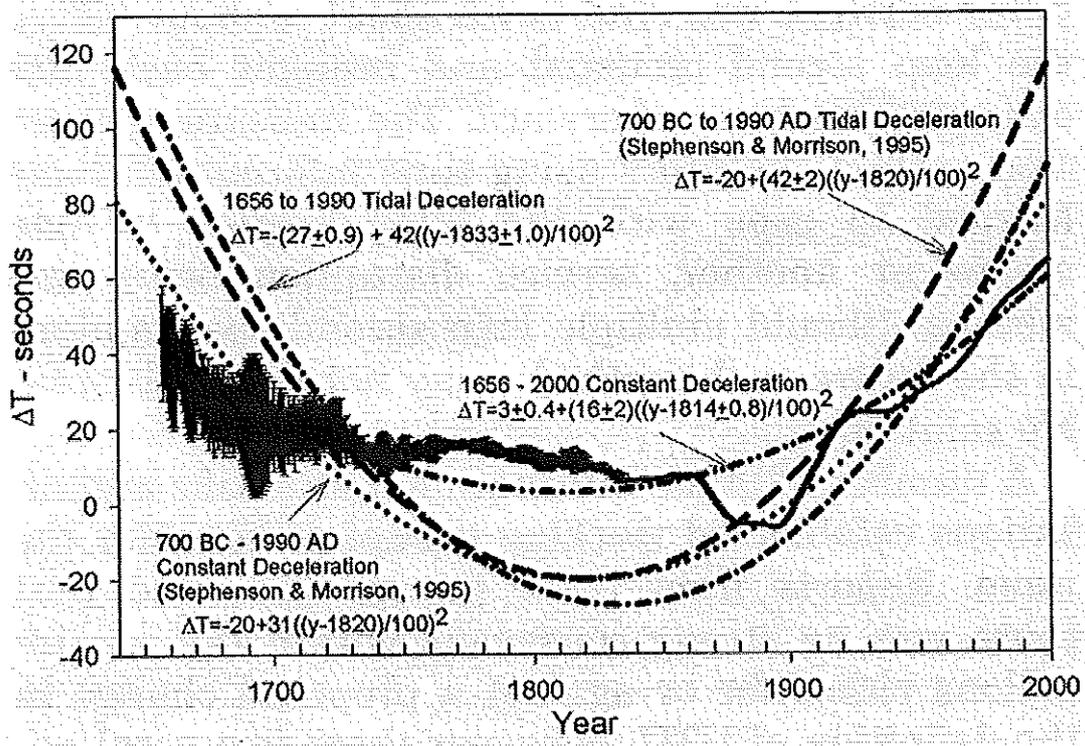


図6：LOD測定値と予測適合値

これらの予測適合値が仮に有効であるとすれば、UTCとUT1の間における0.9秒という現在の許容値を維持するために一年間に複数の『うるう秒』を導入しなければならない可能性を示していることになる。その可能性は広く同意されているものの、どの程度近い将来そうなるかは判明していない。『うるう秒』による調整が頻繁に必要な場合、現在の規定による調整操作の時期は12月または6月の末日となっているが、いずれかのUTC月末日に調整操作を行うこともできるとしている⁽¹⁾。

天文学会の一部会員は、既存のシステムに対する如何なる変更についても大きな懸念を表明するに至っている。これらの懸念は、様々な内蔵されたソフトウェアにおいてUT1との相対関係でUTCを用いていることに端を発するものである。計器の指示システムに組み込まれたソフトウェアや他の機器の制御ソフトウェアであって、老朽化が進んでしまったために改良または変更が容易でないものが懸念の種となっている。同様に、天体力学研究者達は人工衛星及び天体の軌道パ

ラメータ決定において、同様な目的と方法によって地球自転軸の傾斜角ERA (Earth's Rotation Angle)の近似値計算にUTCを利用していることから懸念を抱いている。この問題が現在運用されている諸システムにおいてどの程度の影響を及ぼすものかについては明らかでない。

提起されているもう一つの懸念は、連続的なタイムスケールと太陽時ST (Solar Time)の間に観測されている相違 (Divergence)が『民生』Timekeepingにおいて問題を引き起こし得る誤差を大きくしつつある点である。図7に示す通り、当該相違の程度は平均で3年間に数秒と見られ、西暦2600年には約一時間の誤差になる⁽⁶⁾。この一時間という誤差は、現在民生Timekeepingにおいて実施されている『夏時間』への切り替えに用いられている時間に相当するものであることから、大きな値であると見られる。汎用民生Timekeepingに対する当該相違の影響は評価が困難なものである。

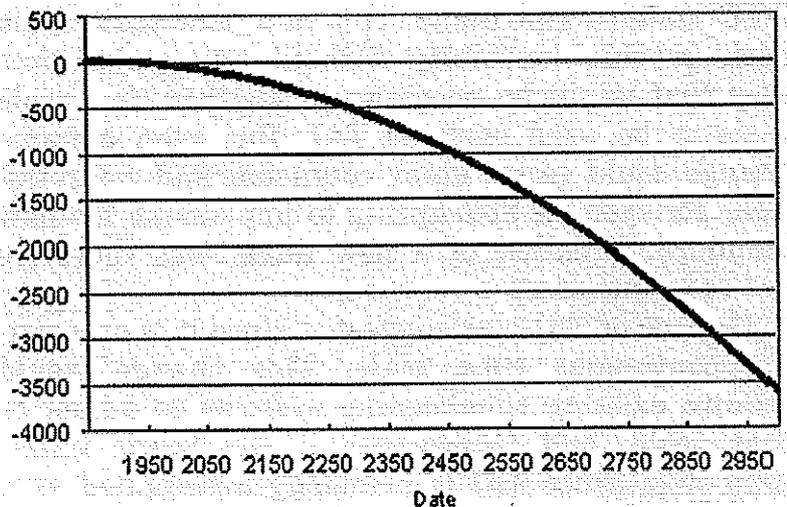


図7：予測されるUT1とUTCの将来における乖離(単位：秒)

電気通信、航法及び他の関連分野における技術革新は、様々なシステムを律して統一を図るために、国際的に受け入れられ得る単一のタイムスケール実現の方向に進んでいる。これらの精密サービスを提供しているシステムはその性質上世界的なものであるが、偏在的に存在しており (Omnipresent)、時刻と周波の精密な調整を必要とするに至っている。これらの複数システムのサービスは国際的な統合サービスとなりつつあり、世界的な同期化と周波帯域の拡大を要することから、より精密なシステムに対する必要性を増しつつある。この種システムの増加と相互依存性は、それぞれのシステムが固有の連続的基準タイムを要することから、独立に維持される世界的な基準タイムの数を増加させ続ける結果になると見られる。これにより事実上の世界的タイムスケールの数が増加することになる。例えば、GPSタイムのような独立に維持されている基準タイムはその利用率 (Availability)、継続性 (Continuity) 及び精度 (Precision) から、多くの意味において外部タイムスケールとなり得るものである。これら『擬似タイムスケール』の多様化は混乱を招き収集がつかない結果に至る可能性を秘めている。

提案されている変更

『うるう秒』については多数の代替案が検討されるに至っている。以下にその主な代替案に触れる。連続的なタイムスケールとして国際時TI (International Time) と呼ばれるタイムスケールが提案されている。TIは新たな名称によるUTCの後継タイムスケールであり得る。この新たなタイムスケールは、TAIのような他のタイムスケールを用いる場合に必要となるタイムステップな

しに連続性を提供できる。しかし単なる名称の変更であるとしても、新たな標準を受け入れなければならないシステムでは大きな混乱と国内法改訂等の複雑な問題が起こり得る。従って、名称の変更を行うことは勧められない。

一つには、既存の連続的なタイムスケールであるTAIの利用が提案されているが、この変更においては既存のTimekeepingシステムをTAIに合わせるには、大幅なタイムステップ挿入を要するであろうので現実的ではないと思われる。TAIは主として度量衡学上の(Metrologic)タイムスケールとして維持されているものであることから、伝送の手段を選んで標準化する必要がある。TAIへの変更は主なタイムステップと伝送手段の手当ては勿論のことというに、前述の名称変更に伴う全ての複雑な問題を伴うものである。規定されたタイムスケールの内、UTCのみが国際的なTimekeeping目的のために維持され、伝送されている。

DUT1の伝送を続ける必要性についても検討されたが大方の支持は得られなかった。明らかにDUT1を必要としている大部分のユーザーは、UT1の近似値としてUTCを直接利用していると見られる。DUT1の伝送中止が提言された。その理由は、特により精密なUT1値がIERSのホームページとBIPMのCircular-Timeにより、軌道決定ソフトウェアと天文学で用いる機器向けに利用可能であることによる。IERSは地球自転パラメータの決定とLOD及びUT1の正確且つ精密な値の伝達に責を負っている。

もう一つの提案は、追加的なタイムスケールの決定若しくはUTCの改訂を行うのではなく、単にGPSタイムを正式な国際タイムスケールとして採用しては如何かというものであった。GPSタイムは連続的なタイムであり容易に利用可能であることから、一部の関係者は連続的なタイムスケールを提供可能な優れた選択肢であると主張した。既に、GPSはタイム伝送とタイミングシステムの正確な相互比較の主な手段となるに至っていることから、これは合理的な提案であると思われる。しかし、GPSは極めて精密に同期化されたシステムであるものの、基本的にGPSタイムは内部システムタイムスケールである。その目的は、衛星信号の間における相対誤差を極小化するために、GPS衛星の発信装置を共通の基準タイムと精密に同期化しておくことにある。この共通の基準タイムは、GPSのシステム内において様々なクロックを同期化する役割を果たしており、GPS衛星信号の補正値を発信する基準を提供している。GPS衛星間の首尾一貫性と相対的同期化は精密航法にとって必要不可欠なものである。

内部システムとして利用する上で、内部決定、頻繁な調整、及び絶え間のない管理操作が適切であるかもしれないが、例えばSI秒のような基本的度量衡学上の標準を再現するために本質的に正確でも適切でもないタイムスケールをもたらす。その結果、GPS時は無線通信用の国際的標準としてUTCを代替するには適していないとの意見もある。

現在の状況

UT1とUTCの間における最大許容値を一時間に拡大するとの提案が2004年にITU-Rに提出された。2005年と2006年において検討された他の改善はUTCに対する『うるう秒』調整を全面的に止めること、許容値に対する何らかの異なった代替及び提案された実施日の先送りから現状維持に至るまで様々であった。

『うるう秒』の適用にまつわる諸問題について更に情報を収集するため、2006年1月1日以前に実施された最後の『うるう秒』による調整について関係組織体に対して特別な要請が行われた。次の『うるう秒』調整は2009年1月と発表された。2005年に起きたイベントは、通信、航法及び他の電子システムの分野において経験してきた『うるう秒』問題について、ITU-Rが更に情報を収集する機会を提供するものであった。

『うるう秒』に関する経験の記録資料を要請するITU-R委員長の書簡は、直接全てのITUメンバー機関と12の国際的組織体に発信され、多数に上る国際機関のホームページに掲載された。国際的組織体、タイミング研究所、衛星機関及びネットワークエンジニアから寄せられた少数の応答から、生じた異常は大部分がGPSに基づく機器とNTPタイムサーバーに対する極めて部分的なものであったと見られた。他方、2~3の応答は現在のUTCシステムに対する満足の意を表明するものであった。一部の応答はIERSによる『うるう秒』調整の早期発表によって起こり得る異常を回避または異常に対応できたと述べていた。或る事例においては、『うるう秒』調整の約一時間前にコンピュータネットワークを停止して調整後に再起動したという。タイム情報を利用しているシステム運用者は何らかの方法で変則的な状況に対応することを会得し、サービス提供の中断もその一つの方法であったことが判明した。将来、複数の『うるう秒』が必要になった場合、そのような方法は受け入れられ得る解決法でなくなるかもしれない。

他の多くの国際的科学的機関はUTC問題を検討する作業部会を設けた。これらの作業部会からの報告は、UTCの定義を変える提案について組織内で賛成または反対の決定的な合意を得ることができなかったことを示していた。他方、国際的なタイムスケールを天体の運行から切り離す結果について声高に異議を唱え、誇張に充ちた主張を展開した小集団もあった。

まとめ

UTCの定義は、世界中に伝送されるタイムと周波を調整する共通のタイム基準としてITU-Rが管理している。潜在的な将来のUTCタイムスケールに関する研究と情報収集は、過去7年間にわたってITU-R、IAU、IERS、アメリカ天文学協会その他の特別作業部会によって実施されてきた。一般的な利用に向けた連続的なタイムスケールの問題は、科学組織体全体によって省みられることなく、一般的に無視されてきた。その結果、特別作業グループが上部組織体の興味を惹くことは殆どなく、意義ある決定を行うことがないまま終わってしまうに至っている。

連続的なタイムスケールを採用することに関するITU-R内の作業も未だ検討中になったままである。主な問題は何時そのような変更を実施するのかという点である。最終的に合意が成立した場合、改訂提言の採択は、UTCの定義が無線規則RR (Radio Regulation) に言及されて実現を見たことから、将来開催される世界無線会議WRC (World Radio Conference) において行われるべきであろう。正式なITU-R手続きに基づく採用発効日はWRCの結論として決定されることになるだろう。

UT1との密接な関係を断つようUTCの実体を変更することによって、連続的なタイム基準が求められる多くの用途においてUTCが利用されることになるだろう。特定のシステム内におけるTimekeeping要素は、当該システム内においてUTCの実体を提供するように構成することができるであろう。可能な場合、当該システム内のTimekeepingはUTCの形成に直接寄与し得るかもしれない。

い。このような取組みは、国際的な標準を外部調整操作標準としてではなく、むしろ内部に取り込むことになろう。様々なシステムは内部的に同期化され、その結果基本的に互換性を有するものになり得よう。精密で正確な国際時はもはや外部的存在である必要がなくなるであろう。

参考文献

(1) ITU-R提言第TF.460-6号

『Standard-Frequency And Time-Signal Emission』(標準周波及びタイム信号エミッション)
ITU-Radio Communication Bureau (国際電気通信連盟無線通信部会), ジュネーブ, 2002年

2. Stephen, F. R., Morris, L. V. 及び Whitrow, G. J.

『Long Term Changes in the Rotation of the Earth: 700B. C. to A. D. 1980』(西暦前700年から西暦1980年に至る地球自転の長期変動)
Philosophical Transactions of the Royal Society London, 1980年。第313巻pp. 47~70。

3. Nelson, R. A., McCarthy, D. D., Malys, S., Levine, J., Guinot, B., Fliegel, H. F., Beard, R. L. 及び Bartholomew, T. R.

『The Leap Second: Its History and Possible Future』(『うるう秒』: その歴史と考えられ得る将来)
Metrologia誌。2001年。第38巻pp. 509~529。

4. Quinn, T. J.

『The BIPM and the Accurate Measurement of Time』(BIPMと正確なタイムの測定)。
IEEEへの提出論文。1991年7月。第79(7)巻。pp. 894~905。

5. Arias, E. F.

『The Metrology of Time』(時間の度量衡学)
Philosophical Transactions of the Royal Society London, 2005年。第A363巻pp. 2289~2305。

6. BIPM Time Section 年次報告書(2005年)

2006年。第18巻pp. 96。

7. Report of the 48th Civil GPS Service Interface Committee Meeting: Timing Subcommittee (第48回民生GPSサービス連絡協議会タイミング小委員会報告書)

Introduction by Wladzimirz Lewandowski (ウラジミール レワンドウスキー氏による前書き)。
BIPM。2008年9月15~16日。

8. Arias, E. F., Guinot, B. 及び Quinn, T.

『Rotation of the Earth and Time Scale』(地球の自転とタイムスケール)
Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)
Proceedings of ITU-R Special Rapporteur Group Colloquium on the UTC Time Scale (UTCタイムスケールに関するITU-Rの特別報告担当グループ討論会への提出論文)。
イタリア国トリノ市。2008年5月28~29日。

以上

UTC参画タイミングセンター一覧⁽⁶⁾

略号	名 称	国 別
AOS	Astronomiczne Obserwatorium Szerokosciowe Borowier	ポーランド
APL	Applied Physics Laboratory, Laurel, MA	アメリカ
AUS	Consortium of Laboratories in Australia	オーストラリア
BEV	Bundesamt fuer Eich - und Vermessungswesen, Wien	オーストリア
BIRM	Beijin Institute of Radio Metrology and Measurement, Beijing	中国
CAO	Cagliari Astronomical Observatory	イタリア
CH	Consortium of Laboratories in Switzerland	スイス
CNM	Centro National de Metrologia, Queretaro	メキシコ
CRL	Communications Research Laboratory, Tokyo	日本
CSAO	Shaanxi Astronomical Observatory, Lintong	中国
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria	南ア
DLR	Deutsche Forschungsanstalt fuer Luft-und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen	ドイツ
DTAG	Deutsche Telecom A.G., Darmstadt	ドイツ
F	Commission Nationale de l'Heure, Paris	フランス
GUM	Głowny Urząd Miar, General Office of Measures, Warszawa	ポーランド
IEN	Instituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Torino	イタリア
IFAG	Bundesamt fuer Kartographie und Geodaesie Fundamentalstation, Wettzell	ドイツ

IGMA	Instituto Geografico Militar, Buenos Aires	アルゼンチン
INPL	National Physical Laboratory, Jerusalem	イスラエル
IPQ	Institute Portugues da Qualidade (Portuguese Institute for Quality), Monte de Caparico	ポルトガル
JATC	Joint Atomic Time Commission, Lintong	中国
KRIS	Korean Research Institute of Standards and Science, Taejon	韓国
LDS	The University of Leeds, Leeds	イギリス
LT	Lithuanian National Metrology Institute, Vilnius	リトアニア
MSL	Measurement Standards Laboratory, Lower Hutt	ニュージーランド
NAO	National Astronomical Observatory, Misuzawa	日本
NIM	National Institute of Metrology, Beijing	中国
NIMT	National Institute of Metrology, Bangkok	タイ
NIST	National Institute of Standards and Technology, Boulder	アメリカ
NMC	National Center of Metrology, Sofiya	ブルガリア
NML	National Measurement Laboratory, Sydney	オーストラリア
NPL	National Physical Laboratory, Teddington	イギリス
NPLI	National Physical Laboratory, New-Delhi	インド
NRC	National Research Council of Canada, Ottawa	カナダ
NRLM	National Research Laboratory of Metrology, Tsukuba	日本
NRL	U.S. Naval Research Laboratory, Washington D.C.	アメリカ
OHM	Orszagos Meresugyi Hivatal, Budapest	ハンガリー
ONBA	Observatorio Naval, Buenos Aires	アルゼンチン
ONRJ	Observatorio Nacional, Rio de Janeiro	ブラジル
OP	Observatoire de Paris, Paris	フランス
ORB	Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles	ベルギー
PSB	National Measurement Center, Singapore Productivity and Standards Board	シンガポール
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig	ドイツ
ROA	Real Instituto y Observatorio de la Armada, San Fernando	スペイン
SCL	Standards and Calibration Laboratory	香港
SMU	Slovak Institute of Metrology, Bratislava	スロバキア

SP	Swedish National Testing and Research Institute, Boras	スウェーデン
SU	Institute of Metrology for Time and Space (IMVP), NPO "VNIIFTRI" Mendeleevo, Moskow Region	ロシア
TL	Telecommunication Laboratories, Chung-Li	台湾
TP	Institute of Radio Engineering and Electronics, Academy of Science of Czech Republic	チェコ
TUG	Technische Universitaet, Graz	オーストリア
UME	Ulsai Metroloji Enstitusu, Marmara Research Center, National Metrology Institute, Gehze-Kocaeli	トルコ
USNO	U.S. Naval Observatory, Washington D.C.	アメリカ
VSL	Van Swinden Laboratorium, Delft	オランダ

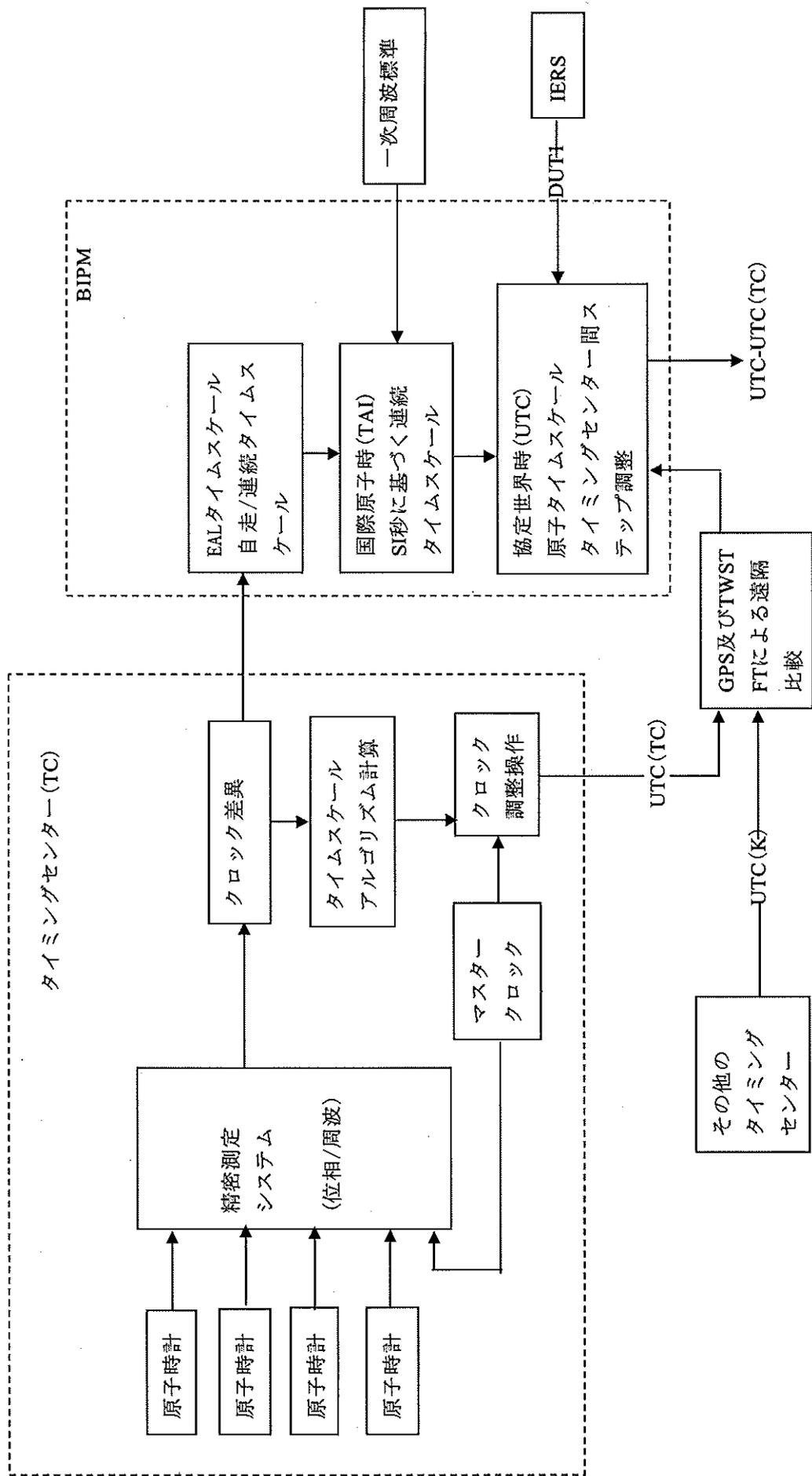


図4：BIPMに対するタイミングセンターの関係