

協定世界時(UTC)と一次標準器

計測標準研究部門 福山 康弘

正確な時計

「あなたがお持ちの時計は正確ですか？」これはなかなかの難問である。確かに現在その瞬間の時刻が正確かについては容易に答えられるだろう。しかし、一度時刻合わせをすればいつまでも正確な時を刻み続ける、そんな正確さがあるかどうかを知るには、その時計について少なくとも次の二つの性質を知る必要がある。一つ目は時を刻む間隔は一定か？二つ目はもしそれが一定だとしたら、その間隔は約束事どおりか？ということである。

折しも、6月10日は時の記念日である。これを機会に、古代と現代における日本の「正確な時計作り」への取り組みを紹介しよう。

時の記念日と水時計

— 古代の「正確な時計作り」—

日本書紀に、天智10年(671年)4月25日(現行暦の6月10日)に日本ではじめて「漏刻(ろうこく)」という水時計が使われ、宮中で時を知らせたとの記述がある。時の記念日の由来である。

その時計は、一定間隔で時を刻む(=水を一定に流す)、その間隔を約束どおりに調整(=太陽の運動に連動した目盛りを刻む)するという作業を経て、宮中で時を知らせるために使われていたのである。つまり、正確な時計の二つの要素を実現する努力が我が国においても1300年以上昔から行われてきたのである。

協定世界時(UTC)の構築

— 現代の「正確な時計作り」—

さて、現代における時計作りには話を移そう。現在、国際的に時間の標準となっているのはUTCという時系である。理解しにくいことではあるが、この時系は現在時刻を表示する機能をもたないばかりか、電気信

号さえ出すこともない。我々が知ることができるのは、過去のある時点におけるUTCと手元の時計との差のみである。それでもUTCがその存在意義を問われないのは、それが世界で最も「正確な時系」であるからである。そんなUTCの構築のための複雑な手順も、正確な時計の二つの要素を実現することにすぎない(図1)。

一つ目は時を刻む間隔を一定にすることでである。これは世界中で運用されている原子時計の平均をとることで目的を達成している。具体的には、各国の標準研究所などにより人工衛星を介して得られた原子時計間の差を、国際度量衡局(BIPM)が集計しているのである。こうして得られる時系は、自由原子時(EAL)と呼ばれ、その安定度は極めて高い。

二つ目は約束事である。その昔、一日の長さを基準にしていた時間の進み方は現在ではセシウム原子の固有振動で規定されている。この約束事を実現するためには、「一次標準器」という特別な原子時計を用意する必要がある。これは標準研究所において秒の定義という約束事を忠実に実現するよう細心の注意を払って設計し開発される。この一次標準器による校正を受けることで、EALは国際原子時(TAI)へとその名を変え、秒の定義と整合性をもつに至るのである。

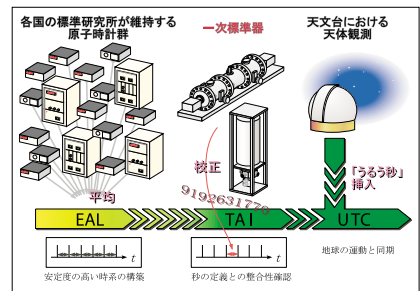
こうして得られたTAIに“うるう秒”という時刻合わせの調整を行い、UTCという時系が完成する。

原子泉方式セシウム周波数標準器

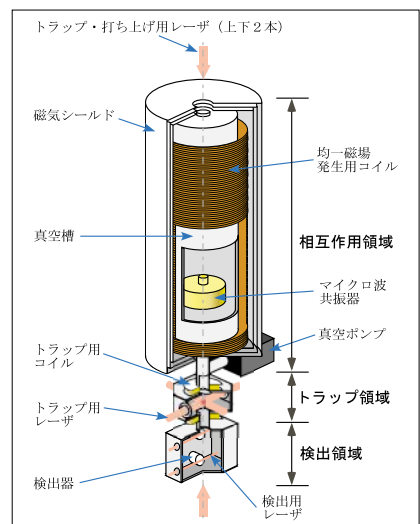
さて、当所は日本の標準研究所としてUTCの構築に対して次の二つの点で貢献している。EALを決めるためのデータとして、常に複数台の原子時計を維持・管理し、その値をBIPMに報告していることと、TAI

を構築するために、秒の定義を実現する一次標準器を開発・運用していることである。残念ながら、一次標準器を定常的に運用してTAIの構築に貢献している機関が世界でほとんどないため、現在UTCは正確な時系を維持する重要な要素の一つ欠いている状況となっている。

このような状況の中、当所では原子泉方式と呼ばれる次世代の標準器(図2)の開発を進めており、間もなくTAIの構築に寄与するためのデータの取得に入る。この方式のもつ正確さは従来方式と比べて1桁以上高いことが期待されており、その相対値は 10^{-15} のオーダーに達する。1331年前の6月10日から続いている我が国における正確な時計作りへの挑戦は、長い年月を経て今年また一つの節目を迎えるといえる。



● 図1: UTC構築のための手順



● 図2: 原子泉型一次標準器

第21回測温諮問委員会(CCT)報告

計測標準研究部門 新井 優・佐久間 史洋

測温諮問委員会 (Consultative Committee for Thermometry) は現在17ヶ国が参加している。約20年に一度国際温度目盛を改訂しており、現在は1990年国際温度目盛 (ITS-90) が用いられている。最近では国際比較が主要なテーマとなっている。

今回は2001年9月12日から14日までパリ郊外の国際度量衡局で30名の代表が参加して開催された。まず、定義定点と補間計器、ITS-90の2次の実現、不確かさ、熱力学温度、放射温度計、湿度、基幹比較、校正測定能力の8つの作業部会から活動報告がされた後、熱物性の基幹比較の必要性を確認することを目的とした熱物性作業部会が新たに設立されることとなった。

次に、表に示す5つのCCT基幹比較の状況報告がされた。このうちK2とK3は最終報告が承認されるとともに、湿度 (K6)、水の3重点 (K7) の基幹比較が新たに行われることとなった (K6ではNMIJとして当研究部門の高橋温度湿度科長が副パイロットを務める)。

さらに、地域計量組織 (Regional Metrology Organization) の基幹比較予定の報告、および2002年10月にシカゴで開催される第8回温度シンポジウムで、CCT技術会議が同時開催される旨の報告がされた。

なお、今回のCCTは2003年4月に開催の予定である。

	温度領域	仲介標準器
K 1	0.65K ~ 25K	ロジウム鉄抵抗温度計
K 2	14K ~ 273K	カプセル型白金抵抗温度計
K 3	84K ~ 933K	ロングステム型白金抵抗温度計
K 4	660°C ~ 962°C	アルミニウムの凝固点セル、銀の凝固点セル
K 5	962°C ~ 1700°C	タングステンリボン電球

●表：温度のCCT基幹比較

「古地震データ図」の刊行

活断層研究センター 寒川 旭

50万分の1活構造図「京都」の改訂版が、産総研地質調査総合センターから刊行された。旧地質調査所編集の初版から19年ぶりの全面改訂である。これには、活断層を記入した本体の活構造図の他に3枚の付図がある。このうち、過去の大地震に関するデータを盛り込んだ「古地震データ図」は、他に例のないユニークな成果だ。

この図では、それぞれの活断層が、活断層の履歴調査の成果にもとづいて、活動した年代毎に色分けされている。たとえば大阪平野北部では、有馬-高槻構造線活断層系など、1596年の伏見地震で活動した活断層が赤く塗られている。

断層活動に伴う激しい地震動に

よって、周辺の地盤に液状化現象や地割れ・地滑りが生じる。これらの痕跡が考古学の遺跡発掘調査で顔を覗かせているが、最近10数年間にわたって発見された地震跡の分布も年代毎に色分けされている。さらに、中世以降の顕著な大地震については、古文書などの被害記録から推定された震度6以上の地震動の範囲も書き入れられている。大阪平野北部では、伏見地震による液状化現象の痕跡が●、地割れや地滑りの痕跡が▲で表現され、震度6の範囲とともに赤で示されている。このようにして、最近1000年間の「活断層が活動して大地震をおこし、周辺に地変が生じて被害が生じた」様子が、地震毎に一覧できるわけである。

また、近年注目を集めている南海地震や東海地震についても、過去の震度分布や液状化跡が発見された遺跡が図示されており、21世紀中頃に予想される両地震の対策にも役立つ資料となっている。



●図：古地震データ図の一部 (京阪神地域)