



# うるう秒はITの大敵?!

うるう秒をご存知だろうか？時刻の調整のための1秒のことで、1999年始めに挿入され、来年始めにも挿入が予定される。時間の精度は原子時計のお陰でいぶん正確だけど、うるう秒で時刻を調整するのは、地球の気まぐれのせいである。このうるう秒がITシステムにとって大敵なのだ。この問題を回避するため米国が行った提案が大きな議論を巻き起こしている。この話はWall Street Journal誌でも最近取り上げられた。



## ◆時刻をどう決める

時間を正確に決める話には永い歴史がある。1958年からセシウム原子を用いた原子時計が使われ始め、現在では1秒の長さはすべてこの原子時計が基準になっている。

一方、世界の時刻の方はちょっと複雑だが、代表的なものは、協定世界時(UTC, Coordinated Universal Time)と国際原子時(TAI, International Atomic Time)である。協定世界時は地球の自転に準拠した時刻であり、グリニッジ標準時(GMT, Greenwich Mean Time)である。経度0度の子午線を平均太陽が通過する時刻を正午とし、正午から翌日の正午までを $60 \times 60 \times 24$ 等分して1秒を定めている。平均太陽とは、天の赤道を一定の速度で移動する仮想の太陽のことで、これを用いれば、地球公転軌道がわずかに楕円軌道であるために生じる1秒の長さの季節変化をなくすることができる。国際原子時は原子時計が刻む $60 \times 60 \times 24$ 秒を1日とした時刻である。

2つの時刻は、1958年の原子時計の導入時に同時刻に設定された。その後、両者の差が広がったので、1972年1月1日に協定世界時を国際原子時より10秒遅れた時刻として設定し直した。このとき協定世界時でも原子時計の1秒を使うことに変更した。その結果、平均太陽が南中する時刻と新しい協定世界時の正午との間に差異が生じるようになった。地球の自転が変化しているため

だ。そこで、この差異を1秒以内に保つためにうるう秒が導入された。これまでに22回もうるう秒が挿入されている。

ここで問題なのは、地球自転の不規則なゆらぎである。月の引力によって起きる海の潮汐だけでなく、季節による氷雪や植物の変化や地球の自転軸のぶれなどさまざまな要因が組み合わさって起きる。この自転の変化を推定できる数理モデルはなく、観測に頼るしかない。この観測を担当するのが、ERS (Earth Rotation Service) であり、この機関がうるう秒をいつ挿入するか決めている。

## ◆うるう秒のITへの影響

うるう秒が原因とされる情報システムの障害が報告されている。1996年には、AP通信社のラジオ局のコンピュータがクラッシュし、間違った録音テープを放送した。1997年には、Glonassというロシア版のGPSが20時間も使えなくなった。2003年には、Motorola社のGPS受信デバイスが誤動作し、このデバイスを組み込んだ機器が影響を受けた。たとえば、同社製の携帯電話で位置情報サービスが動かなくなった。

これらの障害の原因は組み込みソフトにあった。Motorola社の場合は、詳しく報告されている。それによると、うるう秒の挿入後の経過時間を週単位で表すパラメータのオーバーフローが原因だった。その経過時間は8ビットで表現されていた。当初は、頻繁に挿入があったため問題は起きなかったが、1999年からは7年もの間隔が開いたため、256週を越えた時点でオーバーフローを起こし、誤動作した。

20世紀後半では、地球自転が遅れる傾向が強く、21世紀始めになって、自転の遅れが少なくなった。このような大きなゆらぎが設計時に考慮されなかったために起きたシステム障害である。このように、未解明の自然現象を取り扱うときには、予想を越える変化に注意する必要がある。この問題は、どのくらい安全係数をかけるかという工学システムの設計に共通の問題であり、当然考慮しなければならないことは当然である。ただ、ソフト設計の時点で関係する変数すべてをきちんと安全係数を含めて考慮することは、現実にはなかなか難しい。

米国富士通研究所

松尾 和洋 [kmatsuo@fla.fujitsu.com](mailto:kmatsuo@fla.fujitsu.com)



コラム アメリカ IT まわりの話題

特に、アルゴリズムで決められる変数と決められない変数が多数混在する場合には難しい。やっぱり、オーバーフローの問題は簡単にはなくなりそうにない。

◆新しい1日の提案

遠い昔から20世紀まで人々は太陽の運行、季節の移ろいに合わせて生活を営んできた。現在ではGPSやインターネットにより世界がネットワークで張り巡らされ、高速なコンピュータやモバイルのデジタル機器が繋がっている時代になった。GPS、携帯電話基地局などさまざまなデジタル機器では国際原子時をもとに同期させている。時刻にかかわる組み込みソフトを持つ機器が膨大な数、世界中に設置されている。もしそれらの機器が協定世界時に対応した処理を行う必要がある場合、うるう秒にきちんと対応できているかが問題となる。一方、このような機器が社会のインフラとして広範囲に組み込まれ、普及してきているので、社会システムの安全性の確保のために、システム障害を起こす要因をできるだけ取り除くことが望まれる。

もし、いつ挿入するか予測できないうるう秒の呪縛から開放されるなら、時刻に関するITシステムの問題の1つを取り除ける。そこで、米国のMcCarthy博士らは「うるう秒をなくそう」という発想を逆転させた論文を1999年11月のGPS World誌に発表した。今年、米国は国際電気通信連合ITUの時刻を管理する委員会にこの考えに沿った新しい提案を行っている。

世界の時刻を国際原子時に統一し、うるう秒をなくす。この方式を2007年から使い始めるというのが米国の提案である。地球の自転のゆらぎによる時刻のずれの調整には「うるう時」の導入を提案している。うるう時だと、挿入の間隔は500年とか1000年とか想定されているので、影響が少ないというわけだ。もちろん、GMTの正午にグリニッジ天文台で太陽が南中する時刻が年々ずれ、数秒から半時間程度になるという不都合はあるが、ITシステムの安全性が簡単に確保できれば、メリットははるかに大きいというわけだ。もったもな提案である。

◆天文学者の反対

米国の提案は委員会に秘密裏に提案された。秘密にした理由は、提案の目的がGPSなど情報システムの安全性を確保するためであり、広く一般の人々の議論を巻き起こしてあらぬ混乱を招くことを避けようというのかもしれない。ところがこの情報が漏れ、大きな議論が巻き起こっている。

政治的には英国がまず反対した。大英帝国の遺産であ

るグリニッジ標準時の権威が損なわれるからだ。世界的な反欧州の感情を助長させる懸念も表明している。また、当然ながら、強い反対が天文学者の間から起こった。パリ天文台にあるERSで時間管理の責任者であるGambis博士は、5月に世界の関係者に電子メールで米国の提案に反対するよう呼びかけた。彼のキャンペーンに天文学者の多くが強く賛同して、反対運動が盛り上がっている。

太陽の運行と時刻が切り離されるのに、感覚的かつ哲学的な違和感を強く感じることはよく理解できる。六分儀や日時計も正確でなくなる。強い調子で米国の提案を非難している天文学者にとっては、学問の危機であり、現実の問題としても、かれらの観測装置の改造に多大なコストがかかってしまう。また、ERSでは世界の時間の管理というやりがいのある役割がなくなる。

◆評定の結果は？

時刻の『身体性』というか、生活感覚としては、太陽の運行に直結する現在の制度は心地よい。ただ、現在の社会においては、時刻については世界中に分散されているデジタル機器で処理するイベントに対するタイムスタンプを提供するという役割がどんどん肥大化している。その意味で、米国の提案は的を射たものである。情報化が進むにつれ、いろいろな数量が物理的実体から離れ、指標的な数量に変質していく。貨幣が金という物質の価値からはなれて、各国の経済指標、為替取引で決まる指標に、つまりロジカルな数量になったように、時刻も太陽の運行という実世界の制約を離れ、ロジカルな数量になるのは避けられないのかもしれない。Copernicus的転換ともいえるこの提案が今年の11月の評定で決定されるかどうか定かでないが、このような変化は時代の趨勢なのだろう。

参考文献

- 1) Wall Street Journal の記事 : <http://www.post-gazette.com/pg/pp/05210/545823.stm>
- 2) 時についての Web 博物館 : <http://whyfiles.org/078time/>
- 3) Motorola の 障 害 報 告 : <http://www.itworld.com/Tech/2987/031110motorolaglitch/pfindex.html>
- 4) GPS World の論文 : McCarthy, D. D. and Klepczynski, W. J. : GPS World, pp.50-57(Nov. 1999).

(平成 17 年 9 月 1 日受付)

