



文 デイヴィッド・ルーニー

イラスト ウーラ・シュヴェイカウスカITE

# 1秒の重み

地球は現在、約24時間で1回転しているが、恐竜が地上を歩き回っていた頃、1日は23時間だった。地球の自転と私たちが計り数える時間が完全に一致したことはない。しかし、時計の精度の向上により、このずれが人々に大胆な発想をもたらしたのである。

2015年6月30日、火曜日。その日、ニューヨークは蒸し暑く、イーストリバー周辺やロウアー・マンハッタン of 繁華街は、くらからするような湿度に包まれていた。夕闇が迫る頃、金融街のオフィスビルから仕事を終えた人々が三々五々と出てくるが、時間外取引や、まもなく開くアジア市場に備えてデスクに残る人も少なくない。見慣れたウォール街の風景だ。

しかし、その晩はいつもと違う雰囲気。切迫感に駆られる金融トレーダーたちが、しきりに壁の掛時計や手首の高級腕時計に目を走らせる。協定世界時（世界各地の時計を調整する基準となる時刻UTC）が深夜12時を告げ、閏秒が挿入されるのを待っているのだ。ニューヨークでは午後8時がその時となる。世界各地で追加の1秒が刻まれる時、世界金融市場の複雑なITネットワークに何が起るか、誰も予測できなかった。

「今のコンピューターシステムでは61秒を1分として扱うことはできません」と、金融界に時刻同期サービスを提供するFSM

ラボのビクター・ヨダイケンは語っている。「Y2K（2000年問題）と似ていますが、閏秒は少し不気味です。Y2Kでは少なくともカレンダーに矛盾はなく、プログラムが対応していないだけでしたが、公式に1分を61秒にするというのは至って奇妙です」。

意外に思えるかもしれないが、協定世界時に閏秒が挿入されるのは、2015年のその日で実に26回目だった。時刻補正システムの一環として閏秒が初めて導入されたのは、その43年前の1972年のことだ。

この問題のルーツは1920年代、ウォール街から約3キロ離れたウェストビレッジにある、ベル電話研究所のエンジニアが世界初のクォーツ時計をつくったことに遡る。その後、クォーツ時計の技術は急速に進化して振り子時計に取って代わり、世界各国の国立計時センターで、より推奨される時間計測機器として用いられるようになった。

クォーツ時計は、時間計測を漸進的に改善させただけではない。1945年、イギリス王立天文台長のハロルド・スペンサー・ジョーンズは、上司に宛てた手紙のなかで

【次ページ】  
ブラハ旧市庁舎の塔にある  
15世紀初頭の天文時計。  
最外周に古チエコ時間を示す  
絵文字が、その内側には  
ローマ数字が記され、それぞれ  
24時間を示す。文字盤の中心を、  
地上の観測者の位置に見立てた  
設計。上に重ねられた環状の盤  
（十二宮環）には黄道十二宮が  
記され、太陽と星座の動きを  
表すしくみになっている。

次のように報告した。「王立天文台における報時は現在、すべてクォーツ時計によって行われています。振り子時計は十分な精度が得られないため廃棄されました」。そして、同年発表した論文のなかでも、「時間測定に新たな時代が到来した。人間がつくり出した時計は今や、計時における地球の不確かさを指摘することが可能になった」と述べている。

スベンサー・ジョーンズの言葉は、人類と時間の関係が転換点を迎えたことを示している。文明の黎明以来、人類は地球の自転をもとに時を計ってきた。最初は日時計、そして世界の主な天文台に置かれた望遠鏡などが用いられ、さらには月レーザー測距（月面に設置した反射鏡でレーザー光を反射する技術）などが導入された。中世の複雑な天文時計（41ページ）がブラハやストラスブルに残っているが、そこには、自転しながら公転する地球が示す時間の流れが鮮やかに描かれている。しかし、地球は安定した完璧な時計ではない。地球の自転速度は潮の干満や地震などさまざまな要因によって変動し、そ

れを完璧に予測することは不可能だ。

20世紀を通して私たちは、精密な時間計測に対する依存度を高めてきた。世界を動かすあらゆる現代のインフラやコンピュータシステムは、時計に合わせて動いている。そうしたシステムは規則的に秒を刻むことが求められる。地球の自転によって決まる1日の長さがごく僅かでも日によって違うと、厳密な周期性の上になり立つシステムは破綻してしまう。

この問題は、ハロルド・スベンサー・ジョーンズの論文から、わずか10年後に解決を見た。1955年、ロンドン西部のテディントンにあるイギリス国立物理研究所の学者たちが、高精度な原子時計の開発に成功したのだ。セシウム原子を利用したこの時計は、地球の自転よりもはるかに正確に時を刻む。

最も高性能な振り子時計は、年に1秒の誤差精度で時を刻む。1930年代最高峰のクォーツ時計は30年に1秒の誤差を実現した。これに対して、世界初のセシウム原子時計の精度はクォーツ時計を1桁上回り、300年動かし続けても1秒以上の遅

## 私たちは昼と夜の繰り返しに縛られているため、天文時と原子時のずれを調整する必要があるのだ。

れや進みを生じることはない。これこそ20世紀のシステム・ビルダーが求めていたものだ。しかし、それでも人は完全に一定ではない地球の自転によって時間の経過を感じ取る。私たちは昼と夜の繰り返しに縛られているため、天文時と原子時のずれを調整する必要があるのだ。

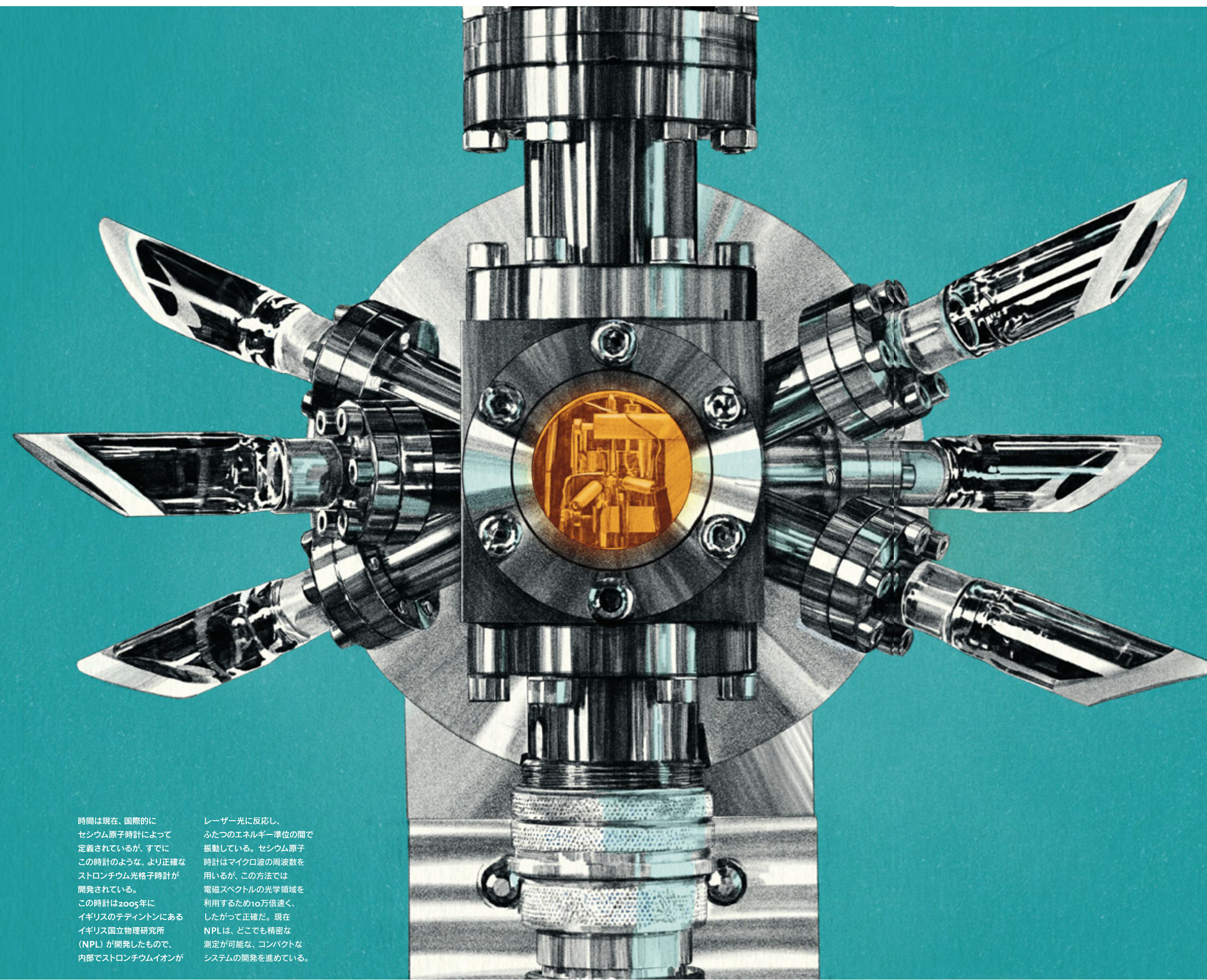
1972年、閏秒の制度が導入された。世界の時計は現在、原子秒を単位として時を刻むことで、それがもたらす一定不変性のメリットを享受している。最新の原子時計は、宇宙の推定年齢を上回る150億年に1秒の誤差という驚異的な精度を誇る。一方で、地球の自転時間の測定も続けられている。この天文時と原子時の間に1秒の誤差が生じることが予想される時、世界の計時コミュニティは閏秒の準備をする。

2015年当時、閏秒が近づくにつれてウォール街のトレーダーが神経をとがらせたのには十分な理由があった。前回の2012年にはカンタス航空のグローバル予約システムに障害が発生し、世界中で混乱が生じた。リンクトインやレディットなどの主要なネットワークもクラッシュし

た。障害はすべて速やかに解決されたが、1990年代後半から囁かれ始めた閏秒廃止を求める声は、次第に大きくなりつつあった。東京証券取引所のIT開発部トレーディングシステム部、川井洋毅部長（当時）は、その時が近づくにつれて「システムへの接続が集中し、どのような影響が出るのか、どの程度の規模になるのか、予測することも困難になっていきました」と述べている。

結局のところ、2015年と2016年に閏秒が挿入された際に大きな混乱は生じなかった。しかし、2022年11月の国際度量衡総会で、時間学者たちは閏秒を廃止する決議案を可決した。2023年後半にドバイで開催される、世界無線通信会議に出席する各国代表団も、この動きに同調する模様だ。

ひとつ確かなことは、地球は回り続け、不完全であろうとも、時を刻み続けるということだ。そして天文時は、たとえ置時計や腕時計が示す公式な時間とずれていても、宇宙における人類の存在を示す基本的な尺度なのだ。



レーザー光に反応し、ふたつのエネルギー準位の間で振動している。セシウム原子時計はマイクロ波の周波数を用いるが、この方法では電磁スペクトルの光学領域を利用するため10万倍速く、したがって正確だ。現在NPLは、どこでも精密な測定が可能な、コンパクトなシステムを開発を進めている。

時間は現在、国際的にセシウム原子時計によって定義されているが、すでにこの時計のような、より正確なストロンチウム光格子時計が開発されている。この時計は2005年にイギリスのデントンにあるイギリス国立物理研究所(NPL)が開発したもので、内部でストロンチウムイオンが