

自由な光時計の時代

香 取 秀 俊

(東京大学)

東大の清水（富士夫）研究室でレーザー冷却の実験を始めた1990年頃、「光時計」は、レーザー冷却技術の応用先として論文のイントロに掲げる呪文のひとつだった。1994年、マックス・プランク研究所のワルター先生のもとにポスドクに行くとき、提案された研究テーマのひとつがイオントラップ光時計だった。私は大いに心惹かれ、清水先生に相談した。「そんな研究を始めたら、数年は論文を書けないから止しなさい」と言われ、素直に従った昔が懐かしい。実に的確なアドバイスだった。

当時の光時計研究は、各国の標準（技術）研究のプロだけが参加できる特殊な世界に映った。セシウム原子時計から通倍を重ね中赤外のメタン安定化レーザーに繋ぐ。これと繋げないことには、光時計を測定できない。ゲームのルールを知らない大学の研究者が勝手な光時計を構想しても、徒労に終わる気がした。この状況を一変させたのが、20世紀末のヘンシュ博士、ホール博士らによる光周波数コムが発明だ。自由に光時計を作っても、セシウム原子時計のSI秒と繋がる時代が到来した。

まだもうひとつ、「摂動のない自由空間で遷移周波数を測定しなさい」という、セシウム原子時計から引き継がれる、原子時計の半世紀の「鉄の掟」があった。この帰結としての光時計の実現が、80年代にデーメルト博士が提案した「ポールトラップ中の単一イオン」を使う「単一イオン光時計」であり、もうひとつが（セシウム原子時計と同様に）自由空間中を自由落下する中性原子を使う「中性原子光時計」だった。どちらも20年近くの歴史があり、新参者には付け入る隙もないように見えた。

摂動を加えて原子の運動を制御するものの、その摂動の寄与を遷移周波数の測定でうまく相殺する「光格子時計」の提案は“game changer”だった。原子時計の研究は10年でやっと精度を1桁向上させるような地道な研究だ。そんな虫のいい方法で半世紀の歴史が変わるとは誰も思わなかったろう。光格子時計は精度向上のスケールリングも変え、この10年で、3桁近い精度向上を果たした。こうなると、3～5年で研究を区切る大学院生やポスドクでも成果が出せる研究テーマになる。

こうして、さまざまな呪縛から解放された光時計には、さらに新たな“game changer”が現れるに違いない。いま、光格子時計をなんとか19桁の精度にしようともがいているのが、滑稽に見える10年後が来るかもしれない。

18桁の光時計は、いまや研究の対象から、計測のツールとなろうとしている。異種原子時計の比較による物理定数の恒常性の探索や、相対論的効果で重力ポテンシャル差を測る相対論的測地など、今度は科学と技術の“game changer”になることを期待したい。