

時間 秒 単位記号 S

時間の基本単位「秒」は、セシウム原子の遷移放射周波数を用いて定義されていますが、今回のSI基本単位改定でこれに変更はありません。秒は7つのSI基本単位の中で、最も小さな不確かさを実現可能ですが、さらに高精度な秒を実現するための研究が現在も進められています。これが実現すれば再び秒の再定義が行われることになるでしょう。

時間：秒(単位記号s)の国際度量衡総会(CGPM)での承認・改定決議の履歴

1960年
(昭和 35)
第11回 CGPM

太陽年による秒の定義を承認

「秒は、1900年1月0日(暦表示)における地球の公転の平均角速度に基づいて算出した1太陽年の31 556 925.974 7分の1とする。」

1967年
(昭和 42)
第13回 CGPM

セシウム原子の遷移周波数による秒の再定義を承認

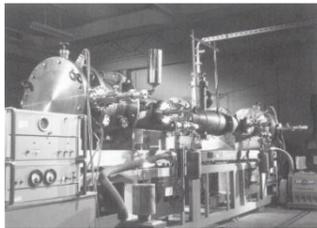
「秒はセシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細構造準位間の遷移に対応する放射の周期の9 192 631 770 倍の継続時間である。」

※ この定義は、温度 0 K のもとで静止した状態にあるセシウム原子に基準を置いている。(CIPM, 1987)

セシウム原子時計(1967～)

日本で初めて完成したセシウム周波数標準器。セシウム原子の約 9.2GHz の共鳴周波数を利用して、正確な時間を測定する。共鳴長 2.4 m、原子ビーム長 3.7 m であり、真空層の両端にそれぞれ原子ビーム発生炉と検出器を組み合わせて設置し、真空を破ることなく原子ビームの向きを反転して標準周波数の系統誤差を補正できるようになっている。

当時としては、国際的にも斬新な設計のものであった。改良型である NRLM-II での不確かさは、 2×10^{-13} 程度と評価されている。



原子泉方式一時周波数標準器(NMIJ-F2)

セシウム原子をレーザー光で捕縛・冷却して、これを噴水上に打ち上げ、上昇時と下降時にマイクロ波と2回相互作用させる原子泉方式周波数標準器。原子が重力の影響を受けて自由落下するため、原子とマイクロ波が相互作用する時間が1秒近くと長く、狭い共鳴幅が得られる。また、原子が低速であるため、不確かさも小さくなることが期待され、実現されている最も小さな不確かさは 10^{-15} 以下である。



2018年
(平成 30)
第26回 CGPM

SI基本単位定義改定決議、定義の表現変更

◆ 時間の新しい定義(2019年5月20日施行)

秒(記号は s)は時間のSI単位であり、セシウム周波数 $\Delta \nu_{Cs}$ 、即ち、セシウム 133 原子の摂動を受けない基底状態の超微細構造遷移周波数を単位 Hz (s^{-1} に等しい) で表したときに、その数値を 9 192 631 770 と定めることによって定義される。

この定義は、 $\Delta \nu_{Cs} = 9\,192\,631\,770$ Hz という厳密な関係を示している。この式から定義定数、 $\Delta \nu_{Cs}$ を用いて秒を以下のよう厳密に表現することができる。

$$1 \text{ Hz} = \frac{\Delta \nu_{Cs}}{9\,192\,631\,770} \quad \text{あるいは、} \quad 1 \text{ s} = \frac{9\,192\,631\,770}{\Delta \nu_{Cs}}$$

この定義は、秒とは、セシウム 133 原子の摂動を受けない基底状態の2つの超微細準位間の遷移に対応する放射の周期の 9 192 631 770 倍の継続時間と等しいことを意味している。

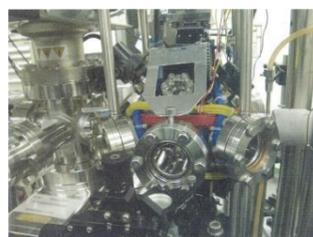
※ 計量法計量単位令の定義(令和元年5月20日施行:変更なし)

セシウム 133 の原子の基底状態の二つの超微細構造準位間の遷移に対応する放射の周期の 9 192 631 770 倍に等しい時間

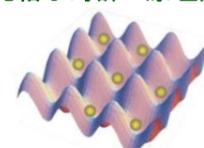
★ 今後の定義改正の取り組み

イッテルビウム光格子時計

イッテルビウム原子を用いた光格子時計は、現在の秒の定義であるセシウム原子時計の性能を上回る可能性を持つ原子時計として、2012年にメートル条約関連会議にて、再定義候補として採択された。セシウム原子の約 9.2 GHz の共鳴周波数に変えて、原子の光領域の共鳴周波数を利用することにより、相対的な不確かさを小さくすることができる。さらに、多数の原子をレーザー光によって空間に巧みに捕縛することで、信号強度を劇的に改善し、1秒の不確かさを現在の定義であるセシウム原子時計の15桁から18桁台にまで向上させることが可能とされる。



光格子時計の原理図



黄色の点は、捕捉された原子

補足された

イッテルビウム原子の蛍光

