

光・時空標準グループ 次世代時刻周波数標準技術プロジェクト

私たちは世界で最高の性能を持つ“時計”の研究開発を行っています。

“時計”には様々な種類があります・・・

| | 精度(典型値) | 長さに換算 (・・・を1mmの精度で) | |
|------------------------------------|--------------------|------------------------|--------------|
| 日時計 | 3×10^{-4} | 3.3m | 性能 ↓ 高 |
| 振り子時計 | 1×10^{-4} | 8.3m | |
| 機械時計 | 6×10^{-5} | 17m | |
| 水晶時計 | 4×10^{-6} | 260m | |
| ショート時計 (William H. Shortt:1921) | 3×10^{-8} | 31km 国分寺ー東京 | |
| 地球の自転 | 10^{-8} | 100km 東京ー熱海 | |
| 原子時計 | 10^{-12} 以下 | 1000000km 太陽の直径 | |

私たちは

現在主流の原子時計(原子泉型周波数標準器)
未来の超高性能時計(光周波数標準器)

という 1秒を作る機械 の研究開発を行っています。

高性能の“時計”には2つのタイプがある…

精度重視
実用に不向き
連続運転不可能

車で言えば
F1カー、レーサー



精度は重視しない
使い勝手良い
長期連続運転可能

車で言えば
一般車、実用車



秒の定義を実現する機械を
一次周波数標準器といいます。

ここで精度とは…
定義で決められた1秒をどれ
だけ正確に作れるかのこと

私たちは非常に高精度な時計(一次周波数標準器)を
作っています。

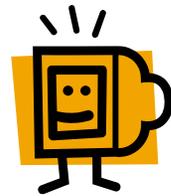
目標は 10^{-15} の精度(200万年に1秒の誤差)を超える
機械の開発です。

開発ルートは二つ…
現在主流の原子時計を改良するルート(堅実路線)
全く新しい手法を使うルート(チャレンジ路線)

究極の正確さ(精度)を持つ時計ができるとうなる？

今よりもこんなことで便利になる

- ・GPSの精度向上
- ・情報の高密度化
転送時間短縮
周波数資源の有効利用
デジタルメディアの高品質化
(画質・音質の向上)



こういことがわかる

- ・一般相対性理論の検証
- ・物理定数の再評価
- ・量子論、統一理論の検証



こういことで国際貢献ができる

- ・国際原子時(TAI)への貢献
- ・時計の技術の開発



このような利点があります。

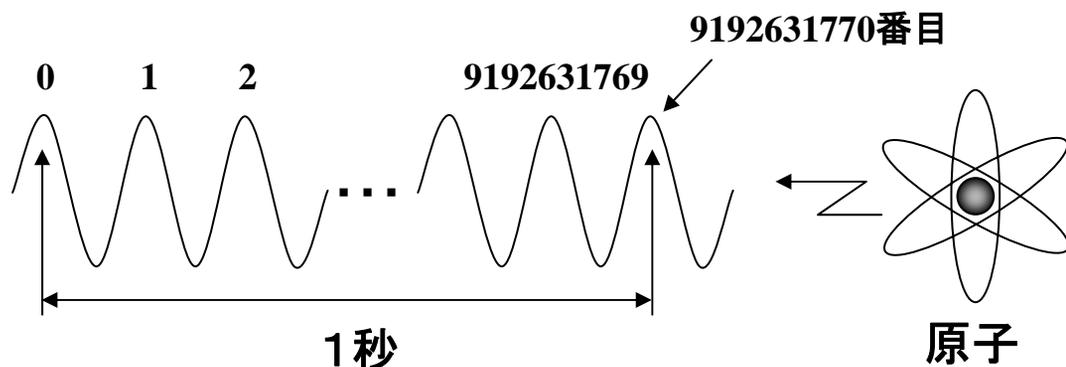
1秒はどうやって定義されているの？

現在の主流の原子時計・・・セシウム(Cs)原子を使う。

1秒の長さ(秒の定義)・・・

秒はCs133原子の基底状態の二つの超微細準位の間遷移に対応する放射の周期の9192631770倍の継続時間である。

(理想状態の)セシウム原子が出す電波の波を数える。



9192631770番目のまでの波の継続時間が1秒だ！

注意: 自然界が決められているのではなく、人間が勝手に定義したもの。

実際には、原子に電波(9.192GHz)を当て、原子が一番吸収する電波の周波数を求めます。求めた周波数から正確な1秒を作ります。

しかし測定には誤差がつきものです。正確な1秒を作る際に誤差を取り除き、理想状態の原子が出している電波の周波数を求めます。

定義通りの1秒を作り出す性能の比較

最終的に求めた結果にどのくらいの誤差を含んでいるかが、性能のバロメータとなります。精度を比較すると・・・

| 原子時計の種類 | 精度(誤差) 〈...を1mmの精度で〉 |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 商用Cs原子時計 (市販されている原子時計) | 30万年に1秒 [10 ⁻¹³] 〈水星－太陽間〉 |
| 光励起型Cs一次周波数標準器 NICT-O1(2006年6月運用終了) | 500万年に1秒 [10 ⁻¹⁴] 〈地球－太陽間〉 |
| 原子泉型Cs一次周波数標準器 NICT-F1(近日運用開始) | 2000万年に1秒 [10 ⁻¹⁵] 〈土星－太陽間〉 |
| 光周波数標準器 (現在開発中) | 数十億年に1秒 [10 ⁻¹⁶] (期待されている) 〈太陽系直径〉 |

年々精度が向上しています。