

閏秒回避の提案

A proposal to avoid a leap second

*高橋 耕三¹*Kozo Takahashi¹

1.なし

1.None

はじめに：2015/07/00 に協定世界時（UTC）に閏秒が1秒挿入されました。閏秒がある理由として、地球の自転角速度の減少が挙げられることがあります。閏秒の挿入が面倒なことが一般的なため、閏秒の廃止が話題になったこともあります。

地球の自転角速度が減少することは事実ですが、その程度は甚少です。そこで、閏秒の挿入と同じ効果があり、大衆には操作の必要無い閏秒挿入回避の方法を提案します。

自転角速度の減少：地球が誕生した45.5億年前の自転角速度の最高値 ω_0 は、遠心力と重力が釣り合う時の値ですから、次式から求められます。

（以下 **： 冪乗）

$$r \times \omega_0^{**2} = g$$

ここに

地球の半径 $r = 6378100$ m

重力の加速度の標準値 $g = 9.80665$ m/s^{**2}

を代入すると

$$\omega_0 = 1.2400 \times 10^{**3} \text{ rad/sec} = 107 \text{ rad/day} : (\text{遠心力と重力が釣り合う値}) \text{ となります。}$$

現在の値

$$\omega_p = 7.292 \times 10^{**5} \text{ rad/sec}$$

までに、指数関数的に減少したとすると、

$$\log(\omega_p / \omega_0) = -k t \quad (1)$$

上式に

$$\omega_0 / \omega_p = 1.240 \times 10^{**3} / 7.292 \times 10^{**5}$$

$$= 16.98$$

$$\log(\omega_0 / \omega_p) = 2.833$$

と地球の年齢 $t = 45.5$ 億年 $= 1.436 \times 10^{**17}$ sec

を代入すると

$$k = 1.973 \times 10^{**17} / \text{sec} = 6.226 \times 10^{**10} / \text{year}$$

$$= 0.0623 / \text{億年}$$

上記の減衰係数 k は、初期値を可能な最大値とした場合の値ですから、実際はこの値以下とすることになります。

半減期 t_h は (1) から、次式で与えられます。

$$\log(\omega_p / \omega_0) = -k t_h$$

$$\omega_p / \omega_0 = 0.5 \quad \log 0.5 = 0.6931 = 0.0623 t_h$$

から

$$t_h = (0.6931 / 0.0623) \text{ 億年} = 11.125 \text{ 億年}$$

ところで、

$$45.5 \text{ 億年} / 11.125 \text{ 億年} = 4.0899, \quad 0.5^{**4.0899} = 0.05872 = 1 / 17.03$$

となって、上記の ω_0 / ω_p の値と計算誤差の範囲内で一致しています。

なお、実際の半減期は、上述の理由から、11.1億年以下とすることになります。

ところで、過去15年間に5回閏秒が挿入されていることから、3年に1秒の割合で地球の自転周期が長くなっていると言われていています。この割合で自転周期が長くなっていく場合の半減期は下記のようにして求め

ます。

現在の自転周期を T_0 、 t 年（3年）後のそれを T とすると、

$$T - T_0 = 1 \text{ sec}$$

$$T - T_0 = 2\pi(1/\omega - 1/\omega_0) = 2\pi(\omega_0 - \omega)/(\omega \omega_0) = 1$$

上式に

$$\omega = \omega_0 e^{-(k t)}$$

を代入すると

$$2\pi/\omega\{1 - e^{-(k t)}\} = 1 \text{ sec}$$

$$\text{i.e. } \omega/2\pi = 1 - e^{-(k t)} \doteq k t$$

上式に $\omega = \omega_p = 7.292 \times 10^{-5} \text{ rad/sec} = 2301 \text{ rad/year}$ と $t = 3 \text{ 年}$ を代入すると

$$k_p = 3.869 \times 10^{-6} / \text{年}$$

上述の半減期の式に上記の値を代入すると、現在の地球の自転角速度の半減期 T_p は、次式から

$$\log 0.5 = 0.6931 = 3.869 \times 10^{-6} \times T_p$$

$$T_p = 0.6931 / 3.869 \times 10^{-6} = 1.791 \times 10^5 \text{ 年} \doteq 18 \text{ 万年}$$

半減期は約18万年となり、地球の年齢と相容れない値となります。

このようになってしまったのは、1秒の定義が不適切であったためです。現在の定義は、Csの放射波 $f = 9.192631770 \text{ GHz}$ 波の1周期 T_0 の9192631770倍とされています。それ故、1秒の定義を T_0 現在の値よりも、3年に1秒長くなるようにすれば閏秒の必要は当面は無くなるわけです。

具体的には、3年は10の約8乗秒($= 0.9467 \times 10^8 \text{ sec}$)ですから、Csの放射波を $1 + 1 \text{ 秒} / 3 \text{ 年} = 1 + 1.0563 \times 10^{-8}$ 倍して9.192631673 GHzと定義すれば良いわけです。即ち、 $T = 1/f$ ですから、10桁あったCsの放射波の有効桁数の最後の3桁を変更すれば、

$$9192631770 / 9192631673 = 1 + 1.056 \times 10^{-8}$$

となりますから、1秒が 1.056×10^{-8} だけ長くなり、3年で約一秒長くなることとなります。

即ち、10桁あるCsの放射波の有効桁数の最後の3桁を変更すれば、閏秒の挿入は、現在は3年に一度ですが、前述したように、半減期は11.125億年以上ですから、向こう百年以上、閏秒の問題は考え無くてもよくなるはずで。

時間の定義の変更に伴う基本単位への影響：現在、光速は299792458 m/sec、長さの基本単位1 mは、真空中の光の $1 / 299792458 \text{ s}$ 間の伝搬距離となっています。光速 c は、基本中の基本であるため、その絶対値も定義も変えないことが望ましいわけですから、秒の定義の変更に伴う長さの定義を変える必要があります。光速と時間で定義されている長さを、時間の増加、 $1.056 \times 10^{-8} \text{ sec}$ 、に伴い、 $3.17 \times 10^{-8} \text{ m}$ だけ1 mを短くするならば、光速の絶対値・定義とも不変となります。

ただし、可能性は殆どありませんが、長さの定義と絶対値を現在のままにするのならば、光速を、1秒が長くなった分に対応する3.2 m/sec増やし、現在の定義値299792458 m/secから299792461 m/secに変更する必要があります。定義の時間の逆数は、1秒が長くなった分だけ短くなりますが、光速がその分だけ速くなっていますから、絶対値は不変となります。おわりに：閏秒の挿入に際しては、世界で何万人もが対応する必要がありますが、時間の定義の変更は、全世界で数人で対応することができます。しかも、その効果には殆ど差がありません。

キーワード：閏秒、閏秒回避

Keywords: leap second, avoid leap seconds