

最近における地球自転速度変動の傾向

—うるう秒について—

岡崎 清 市*

1. はじめに

思い出されたように、また目新しいことのように、昨年(1981年)の7月、うるう秒についての問い合わせがしばしばあり、テレビ放送は専門家との対談を取り入れてニュースとした。

うるう秒を挿入して常用時を1秒遅らせる操作は、ここ数年来、毎年日本標準時(正しくは中央標準時と呼ぶ)の1月1日午前9時の直前に実施されてきたが、1981年の1月1日には行われず、天文月報5月号(第74巻135頁)に掲載されたように、半年間延ばして7月1日に行われた。その理由は、地球の自転速度が国際原子時に対して、今までよりも約2割程度進んできたためである。これだけの説明では一般の方々に充分理解していただけないと思うので、常用時のもとになっている協定世界時のシステム、協定世界時と地球の自転にもとづいている世界時との関係、および最近の地球自転速度の変動傾向とその予測などについて述べる。

2. 協定世界時 UTC

現在、世界各国の常用時はほとんど協定世界時(UTC)にもとづいており、日本標準時はUTCよりもちょうど9時間進ませたもので、標準電波報時 JJY をはじめテレビ、ラジオ、電話による時報などによって広く一般に報らされている。

UTC は原子振動にもとづいた原子時の秒の刻みと地球の自転にもとづいた世界時の時刻との両者を同時に表わすことができるように考案された時系である。1971年末までの旧 UTC では、周波数を標準値より一定値だけずらす操作(オフセット)と0.1秒のステップ調整とによって、世界時 UT2 に ± 0.1 秒の範囲で近似させるシステムであった。これでは秒の定義にもとづいた原子時の時間尺度が直接に通報されず、常にオフセット値を補正しなければならない。しかも、そのオフセット値は地球の自転速度変動によって変わってくるなど、UTC を利用する上にいろいろな不便があった。

そこで、1972年1月1日から現在のような UTC システムに改められたのである。すなわち、周波数のオフ

セットを全廃して、秒の定義にもとづいた標準周波数と時間尺度をそのまま用い、UTC の時刻は世界時 UT1 から ± 0.9 秒(1975年1月1日改訂)を超えないように、ちょうど1秒のステップ調整を行うものである。ステップ調整の時期は12月と6月を第1優先、3月と9月を第2優先とし、必要な場合には任意の月が当てられ、それらの各末日の最終秒 UTC の後に行われる。このとき、UTC へ挿入される1秒を正のうるう秒と呼ぶ。逆に UTC から引き抜かれる1秒を負のうるう秒と呼ぶ。なお、(UT1-UTC) の時刻の差を0.1秒の精度で予報したものを DUT1 という。この DUT1 は標準電波報時にのせられ、毎分コード形式で放送されている。このように、1972年から UTC システムは大幅に変更されたが、DUT1 を使うと旧 UTC と同じく0.1秒の精度で世界時が得られる。さらに高精度の世界時が必要な場合には UTC を仲介にして、東京天文台の定期刊行物から、利用目的にしたがい0.1ミリ秒まで求めることができる。

なお、1972年の年初に、UTC に特別にステップ調整が行われ、国際原子時(TAI)との時刻の差がちょうど10秒になるように UTC を合致させた。TAI とは国際報時局(BIH)が世界各国の原子時計のデータを集計し比較総合して決めた最終的な原子時である。BIH の UTC と TAI とは同じ時間尺度によるので、秒以下の値は等しく、うるう秒の挿入ごとに1秒づつ両者の差が増してゆく。

3. UTC と UT1 との関係

1972年以降における UTC と UT1 の比較を図1に

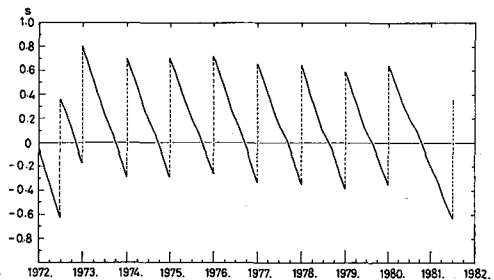


図1 うるう秒が挿入された (UT1-UTC)

下向きの傾斜は UT1 の遅れ、破線はうるう秒の挿入によって UTC の方を遅らせたもの。

* 東京天文台 Sêichi Okazaki: The Tendency of the Recent Variations in the Rate of the Earth's Rotation—On the Leap Second—

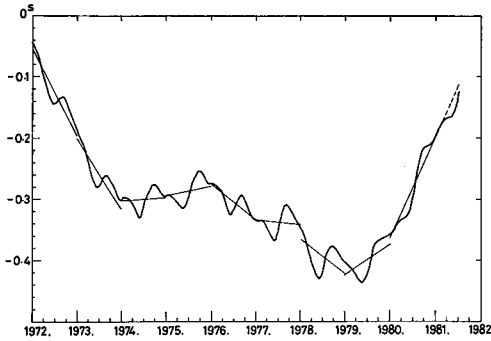


図2 うるう秒と年間1秒のレイトを除いた (UT1-UTC)

1年間ごとに区切られた直線は変成させた (UT1-UTC) の年平均レイトを示す。

載せる。下向きの傾斜は UT1 の遅れを表わし、上向きの1秒のステップ調整はうるう秒の挿入によって UTC の方を遅らせたものである。うるう秒の挿入は 1972 年に2回、6月と12月末日に、その後は1979年まで毎年1回、12月末日に行われた。1981年の6月末日のうるう秒の挿入を加えて、計10回行われたことになる。したがって、7月1日からの UTC は国際原子時 TAI に対してちょうど20秒の遅れとなる。

図1から、1980年ごろの UT1 の遅れ、すなわち下向きの傾斜は、1972年ごろのものよりもかなり緩やかになっていることが判る。しかし、この図では目盛が粗く、また傾斜があり過ぎるので、(UT1-UTC) データに次の操作を行う。まず、各うるう秒のステップ調整を取り除いて順次継ぎ、一連のデータ列にする。次に、1972年の年初をエポックとして、年間1秒のレイトによる1次式の計算値をその一連のデータ列から引き去ると、一定の傾斜が除かれて図2の変成させた (UT1-UTC) が得られる。したがって、図2の水平は年間1秒の遅れであり、下向きはさらにそれよりも遅れていることを示す。この図から、UT1 が1979年の秋ごろより急に、今までよりも進みの方向へ移ってきたことが判る。

図2の曲線の周期的なうねりは地球自転速度の季節変化によるもので、約30ミリ秒の振幅があり、おもに年周と半年周変化から成っている。その年周変化の原因はほとんど全地球的規模における帯状風(ゾーナルウインド)の強弱による影響で説明されており、半年周変化はその帯状風と地球潮汐の影響によるものとされている。

変成させた (UT1-UTC) について、これを1年ごとに区切り、年周・半年周項と1次式によって解いた。その1次式を図2に直線で載せる。すなわち、直線は、変成させた (UT1-UTC) について、1年ごとの平均レイトを表わす。この年平均レイトによる直線群の変動から、不規則な長期変動の傾向が判る。長期変動を解析す

るためにはもっと適切な方法があるが、ここでは便宜上、この年平均レイトを使って表わすことにする。

4. 自転速度の長期変動傾向とその予測

地球自転速度の変化率 $\Delta\omega/\omega$ は (UT1-UTC) データを使って、次のように表わされる。

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{d}{dt}(UT1-UTC) = -\frac{d(l \cdot o \cdot d)}{l \cdot o \cdot d} \quad (1)$$

ただし、 ω は地球自転の角速度、 $l \cdot o \cdot d$ は一日の長さである。一般に (1) 式の (UT1-UTC) には (UT1-TAI) のデータが使われる。(UT1-UTC) データを使うときはうるう秒の挿入時期を注意しなければならない。

図2の変成させた (UT1-UTC) の年平均レイトの直線を (1) 式の速度の変化率によって書くと、図3のような水平線になる。ただし、この場合は図に点線で示した1年間1秒 (-2.7379 ミリ秒/日) の水平線が零レベルになる。図の左側の目盛にミリ秒/日 (ms/day)、右側に秒/年 (s/yr) で表わす。マイナス目盛は自転速度の遅れである。なお、さらに長期における自転速度変動の概要を考察するため、図3には、原子周波数標準が実用化され、そのデータが年初から利用できる1956年まで、(UT1-TAI) データによってさかのぼった、1955.5年から1969.5年までの破線による約4年間ごとの折線表示は、マルコウィッチが指摘した自転速度の長期変動である。

図3の水平線を継いだものは、マルコウィッチの折線表示により近似しているが、その折線表示のない1970年以降の変動をマルコウィッチの方法で延ばしてゆくと、1~3年間の短い不規則な折線になる。つまり、最近10年間の自転速度の変動は、それ以前のものよりも、急激な変動が短期間に起っていることを示す。

また、図3から、1962年以前における自転速度の変化率は年間-0.5秒よりも小さかった。もし、この当時に現在のようなうるう秒を挿入するシステムが実行され

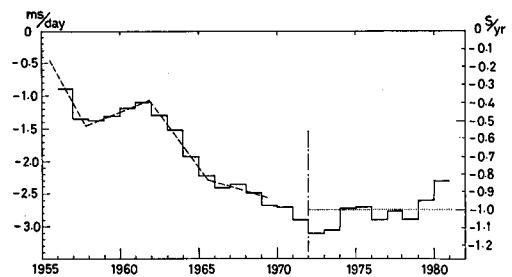


図3 年平均レイトで表わした地球自転速度の変動折線(破線)はマルコウィッチによる表示、点線は図2を描くために用いた年間1秒の平均レイトを示す。

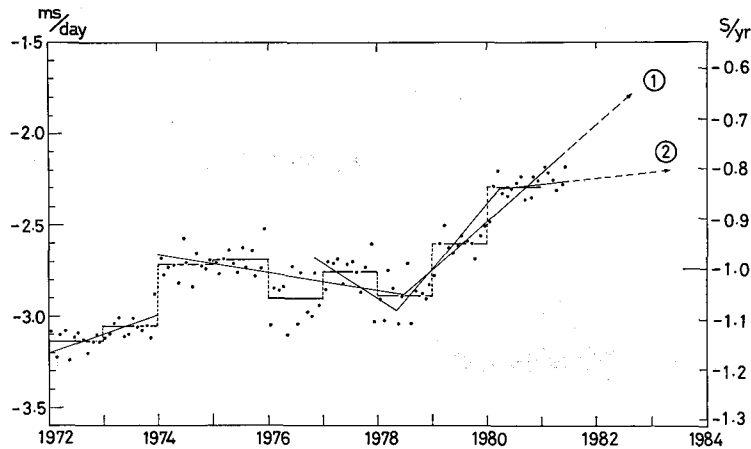


図4 地球自転速度の変動とその変動傾向の予測

折線は変動の近似表示, ①, ②はその予測傾向線, 水平線は年平均レイト, 黒丸は季節変化を除いた後の月平均レイトを示す。

ていたならば, うるう秒は2~3年間に1回の間隔で行われていたことになる。自転速度は1962年ごろより急に遅れが増してきて, 1972年ごろにその遅れの変化率がもっとも大きくなった。その後は次第に進みの方向に移ってきている。

以上のことを念頭において, 1972年以降の自転速度の変動図を拡大し, 図4に描く。図4には年平均レイトの水平線を継いだもののほかに, 月平均レイトを黒丸で載せる。この月平均レイトは(UT1-UTC)データから季節変化を取り除いて, (UT2-UTC)の平滑された値に直した後, これを微分し, さらに月平均したものである。

月平均レイトの黒丸群の変動から考察すると, 1973年末の異常な変動は, レイトの折線表示よりも, むしろステップ的な突然変化とみなした方が妥当かもしれない。また, 1976年から1978年にかけて, 月平均レイトが著しく振動しており, 年平均レイトの上昇と下降も目立つ。この期間の短期変動も異常である。なお, 1978年から, 年平均および月平均レイトはともに上昇し, 図4の直線①あるいは折線②による傾向線に沿っており, 月平均レイトの黒丸群の振動も小さくなってきてい

る。これらの変動傾向から推測すると, 1981年後半からの自転速度変動は①と②の傾向線の間収まると考えられる。1982年から1983年末まで, 自転速度が年間0.8~0.7秒の範囲内に着落けば, 次のうるう秒の挿入時期は1982年6月末日, そのつぎの挿入は1年半後の1983年12月末日と予想される。

5. おわりに

最近10年間における地球自転速度の変動は, 大まかにみれば年間約1秒の遅れを示してきたが, これを拡大してみると, 約1~3年間ごとに速度が急変し, レイトのステップ的な異常変化と思われるものもあった。しかし, その原因についてはまだ確かな説明が与えられていない。

ここ2~3年間の自転速度の変動傾向は次第に進みの方向に移っている。1年後の1982年6月末日の(UT1-UTC)の値を予測すると約-0.4秒になるので, うるう秒が挿入されることは間違いないと思う。しかし, これはもちろん自転速度に急激な変化が起らないという仮定によっている。

☆ ☆ ☆ ☆

☆ ☆ ☆