極運動位相急変の検出

東京大学理学部地球物理学教室 松井孝典・竹内 均

(昭和 49 年 1 月 7 日受理)

Detection of Sudden Phase Changes of the Earth's Polar Motion

Takahumi MATSUI and Hitoshi TAKEUCHI

Geophysical Institute, Faculty of Science, University of Tokyo

(Received January 7, 1974)

Instantaneous phase and amplitude of a time dependent given function $f(t)$ can be calculated by the method of Goodman (1960). It is interesting to see how the instantaneous phase and amplitude of ILS (International Latitude Service) and BIH (Bureau International de l'Heure) data change with time. These calculated instantaneous phase and amplitude are shown in Fig. 3, 4, 5, 6. In Fig. 3, 4 we find sudden phase changes in 1927 and 1942. Such a sudden phase change may be considered to be related with the excitation of the Earth's free damped nutations. It is, however, not clear what kind of natural phenomena are related with the excitation. Earthquake occurrences do not seem to be related with the excitation of the Chandler wobble.

§1. 序

時間 t の複雑な函数がある場合に、その瞬間的な位相と振幅が時間とともにどのように変化するかを見てみるのは興味深い。このように時間 t の函数 $f(t)$ が与えられたとき、その instantaneous phase と amplitude を計算する方法が GOODMAN (1960) によつて与えられている。この方法を ILS (国際緯観測所) と BIH (国際報時局) のデータに適用して、その位相と振幅を調べてみた。

地球上にいるわれわれからみると、地球の自転極（自転軸が地表をつらぬく点）は地表のある一点のまわりに、直径数 m の円をえがいている。このような運動は極運動 wobble と呼ばれ、周期 1 年の年変化と周期約 1.2 年の CHANDLER 変化とが存在する。地球上の点の緯度は星の天頂角をはかり、自転軸を基準として決められる。したがつて極運動には緯度変化をともしなう。そこで緯度変化のデータを解析してその位相や振幅に異常が見られれば、それは極運動の位相や振幅が変化したためと考えられる。極運動の年変化は、その主因が空気移動によるものとされているが [MUNK and MACDONALD (1960) あるいは、竹内・他 (1964)], CHANDLER 変化の原因については確立した考えが存在しない。極運動の位相変化が存在し、それと相関の

良い自然現象が存在するならば、それは CHANDLER 変化の原因として有力なものであろう。

§2. 解析方法

GOODMAN によれば、時間 t の函数 $f(t)$ が与えられたとき、その instantaneous amplitude $a(t)$ および phase $\phi(t)$ は

$$a(t)e^{i\phi(t)} = f(t) + iq(t) \quad (1)$$

によつて計算される。すなわち

$$a(t) = [f(t)^2 + q(t)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$\phi(t) = \tan^{-1}[q(t)/f(t)] \quad (3)$$

となる。ただし、 $q(t)$ は $f(t)$ の quadrature signal で、

$$q(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \text{sgn}(\omega) e^{i(\omega t - \pi/2)} \left[\int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt \right] d\omega \quad (4)$$

と定義される。すなわち、 $f(t)$ のスペクトルに $\pi/2$ の位相差を与え、これの逆変換をとつたものが $q(t)$ である。

たとえば、 $f(t)$ が $f(t) = \cos \omega_0 \cdot t$ によつて与えられる場合には、 $q(t) = \sin \omega_0 \cdot t$ となり、 $a(t) = 1$ 、 $\phi(t) = \omega_0 \cdot t$ となる。

§3. 用いたデータ

ここでは、ILS と BIH の 2 種類のデータを使用した。ILS によつて得られた極移動のデータ $x(t)$ および $y(t)$ は、0.1 年刻みの粗いもので、個数はそれぞれ 1900 年から 1963 年途中までの 633 個である。一方、BIH のデータは 10 日刻みであり、個数はそれぞれ 1955 年 12 月 8 日から 1969 年 6 月 27 日までの 496 個である。したがつて ILS のデータは長期的な変化を調べるのに適し、BIH のデータは大地震の発生のような短周期の現象との相関を調べるのに適している。対照するために使用した地震は理科年表に掲載されたものから、マグニチュード 7.5 以上のものを選んだ。

§4. 結果と考察

Fig. 1 に、使用した ILS の x 座標のデータとその quadrature signal を示す。下段がデータで、上段が quadrature signal である。なお、生のデータは年変化とチャンドラー変化の成分の他に極めて長周期の成分が含まれているが、ここでは長周期成分を取り除いて使用した。同様に、BIH の x 座標のデータを Fig. 2 に示しておく。

このような時系列のデータについて、その instantaneous phase と amplitude を計算し

Fig. 1. The time series of $x(t)$, the polar motion in the direction of Greenwich (ILS data, 1900-1960) and its quadrature signal. The time series are divided to three segments (1900-1920; 1920-1940; 1940-1960). In each segment, upper and lower figures are the quadrature signal and the $x(t)$ respectively.

Fig. 2. The time series of $x(t)$ (BIH data, 1956-1969) and its quadrature signal. The representation of the figure is same as in Fig. 1.

Fig. 3. The time series of the calculated instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ corresponding to the $x(t)$ of ILS data. The time series are divided to three segments (1900–1960). In each segment, upper and lower figures are the instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ respectively.

Fig. 4. The time series of the calculated instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ corresponding to the $y(t)$, the polar motion in the direction of 90° east of Greenwich (ILS data, 1900-1960). The representation of the figure is same as in Fig. 3.

Fig. 5. The time series of the calculated instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ corresponding to the $x(t)$ of BIH data. The time series are divided to three segments (1962-1962; 1962-1968; 1967-1969). In each segment, upper and lower figures are the instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ respectively.

Fig. 6. The time series of the calculated instantaneous phase $\phi(t)$ and amplitude $a(t)$ corresponding to the $y(t)$ of BIH data. The representation of the figure is same as in Fig. 5.

た結果が、Fig. 3, 4, 5, 6 に示してある。それぞれ上段が instantaneous phase, 下段が instantaneous amplitude である。Fig. 3, 4 は ILS の $x(t)$, $y(t)$ に対応した結果であり、Fig. 5, 6 は BIH の $x(t)$, $y(t)$ に対応した結果である。Instantaneous phase $\phi(t)$ の図が鋸歯状になつてゐるのは、 $\tan^{-1}$ に対する人為的な制限条件からきたもので、本質的なものではない。ふつうの場合には、 $\phi(t)$ は時とともに直線的な傾向を示す。しかし、Fig. 3 において 1927 年と 1942 年には、この一般的な傾向がくずれていることが分かる。Fig. 4 においても同様の傾向がみられる。極運動が 1927 年に大きい変動をしたことについては、従来もそういう推定があつた。しかし、ここで得られた結果はその推定を疑いの余地のないまでに立証

するものである。ただ、この 1927 年の変化の原因が何であるかは分らない。なお、ここで使用しているデータには年変化とチャンドラー変化の成分が含まれているため、チャンドラー運動の励起の問題との関連を論ずるには、年変化の成分を除いて解析することも必要であろう。

MANSINHA and SMYLIE (1967) および, SMYLIE and MANSINHA (1968), あるいは島崎・竹内 (1970) によつて指摘されている大地震の発生との相関を調べるため, Fig. 5, 6 に BIH のデータの $\phi(t)$, $a(t)$ と地震の起きた時を示す黒丸とが示されている。この図からみると、大地震の発生と瞬間的な位相の変化とは相関がないように見える。 $\phi(t)$ の変動が著しいのは, Fig. 5 では 1968 年, Fig. 6 では 1962 年と 1968 年である。しかし、この変化が極運動の変化と関連しているかどうかは明らかでない。BIH のデータにはいくつかの smoothing がなされているからである。

文 献

- GOODMAN, N. R. 1960, Measuring Amplitude and Phase, J. Franklin Inst., **260**, 437-450.
MANSINHA, L. and D. E. SMYLIE, 1967, Effect of Earthquakes on the Chandler Wobble and the Secular Polar Shift, J. Geophys. Res., **72**, 4731-4743.
MUNK, W. H. and G. J. F. MACDONALD, 1960, The Rotation of the Earth, Cambridge Univ. Press.
SMYLIE, D. E. and L. MANSINHA, 1968, Earthquakes and the Observed Motion of the Rotation Pole, J. Geophys. Res., **73**, 7661-7673.
島崎邦彦・竹内均, 1970, 地震の発生とチャンドラー運動 (II), 地震 **2**, **23**, 41-48.
竹内 均・斎藤正徳・金森博雄, 1964, 地球の自転, 科学, **34**, 290-294.