

八丈水路観測所におけるCA変換函数の時間変化

植田 義夫 : 航法測地課

Time change of CA Transfer Function at Hatizyō Hydrographic Observatory

Yoshio Ueda : Geodesy and Geophysics Division

1. はじめに

地磁気短周期変化ベクトル, ΔH , ΔD , ΔZ の間には観測点に固有の変数, A , B を媒介として

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D \quad (1)$$

という関係式が近似的に成り立つ(力武, 1972). (1)式の A , B はその地点の地下電気伝導度と関連した値であることから, 特にCA (Conductivity Anomaly) 変換函数と呼ばれている。

地震発生に関するダイラタンシーモデルによれば, 地震発生前には, 地殻に生じた間隙に水が飽和する現象が予想される。このような現象が事実とすると, 地下電気伝導度に変化し, それに伴ってCA変換函数に有意な変動が期待される。

CA変換函数が地震発生に伴って有意な変化をしたという報告は, 柳原(1972)による関東大地震前後の前兆的变化をはじめ, その例はかなりの数にのぼっている。最近の例では, 1978年の伊豆大島近海地震(M7)や1974年の宮城県沖地震(M7.4)の例もある。また, 柿岡(気象庁地磁気観測所)での解析結果では, M4~M5の地震であってもその前兆現象がとらえられたという指摘もある(佐野及び白木, 1980)

現在, 水路部では八丈水路観測所において地磁気3成分と全磁力の連続観測を実施している。このうち, 全磁力連続観測は第5次地震予知計画の一環として実施されており, 観測成果は気象庁へ送付され地殻応力に伴う地磁気変化の検出のために用いられている。ここでは, 地磁気3成分の連続観測成果を地震予知に役立てる観点から, 八丈水路観測所のCA変換函数の時間的変動を求めた。今のところ解析期間も十分なものでないが, 予察の結果としてここに報告する。

2. 解析方法

(1)式の関係は, ΔH , ΔD が入力, ΔZ が出力に対応する2入力1出力系と考えることができる。このような場合, A , B は一般に周波数 f の関数で, 入出力間には相互スペクトル, 自己スペクトルを用いて次式で表すことができる。

$$\begin{aligned} S_{HZ}(f) &= A(f) \cdot S_{HH}(f) + B(f) \cdot S_{HD}(f) \\ S_{DZ}(f) &= A(f) \cdot S_{DH}(f) + B(f) \cdot S_{DD}(f) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで, $S_{HZ}(f)$, $S_{HD}(f)$ は各成分間の相互スペクトル, $S_{HH}(f)$, $S_{DD}(f)$ は各成分の自己スペクトルである。(2)式から, CA変換函数 $A(f)$, $B(f)$ は次式で与えられる。

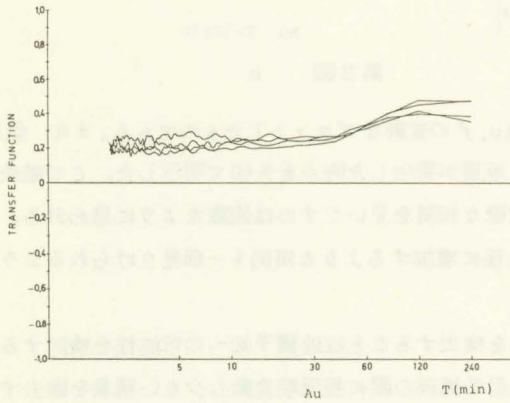
$$\begin{aligned}
 A(f) &= \left| \begin{array}{cc} S_{HZ} & S_{HD} \\ S_{DZ} & S_{DD} \end{array} \right| / \left| \begin{array}{cc} S_{HH} & S_{HD} \\ S_{DH} & S_{DD} \end{array} \right| = Au + iAv \\
 B(f) &= \left| \begin{array}{cc} S_{HH} & S_{HZ} \\ S_{DH} & S_{DZ} \end{array} \right| / \left| \begin{array}{cc} S_{HH} & S_{HD} \\ S_{DH} & S_{DD} \end{array} \right| = Bu + iBv
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

ここで Au, Bu は実数部, Av, Bv は虚数部である。

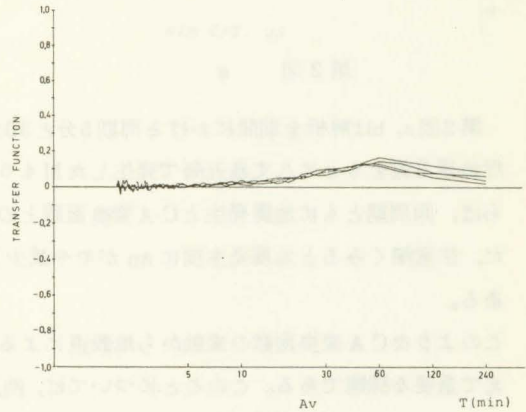
また, 入出力間の相関係数 $r^2(f)$ についても同様に計算することができる。 $r^2(f)$ は 0~1 の間の値を示し, 0 の場合は入出力間が無相関, 1 の場合は完全な相関が成り立つ場合である。 $r^2(f)$ は CA 変換函数の統計処理の際の有効な指標であり, 今回も通常の $A(f), B(f)$ とともに $r^2(f)$ についても算出した (植田, 1980)

3. 解析結果

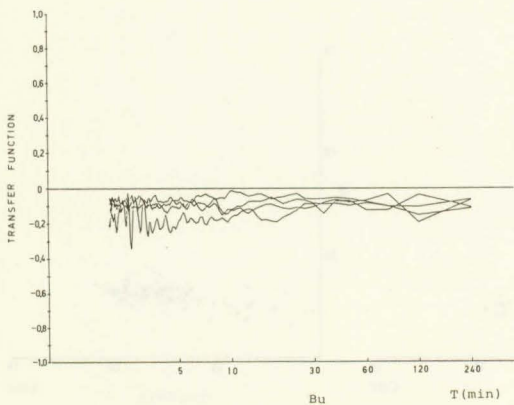
解析対象としたデータは, 1981年6月11日から9月29日までの地磁気3成分デジタル記録である。1981年は地磁気活動度の活発な年で, SSC を伴う磁気嵐現象も, 36 現象に及ぶ。ちなみに解析期間中の SSC は 9 現象であった。八丈水路観測所では, 現在, 従来の光学的記録方式の変化計とともに, 電気的記録方式変化



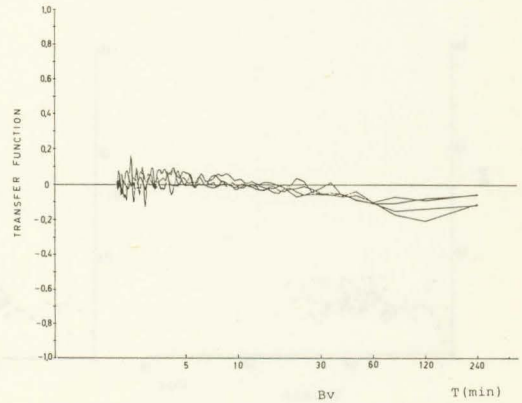
第1図 a



第1図 b



第1図 c

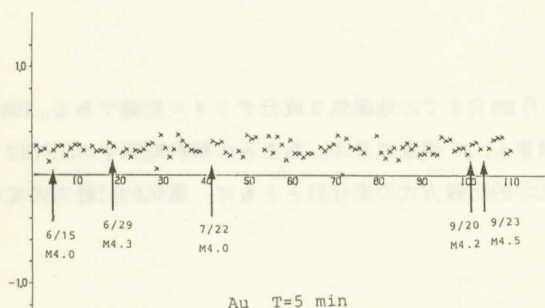


第1図 d

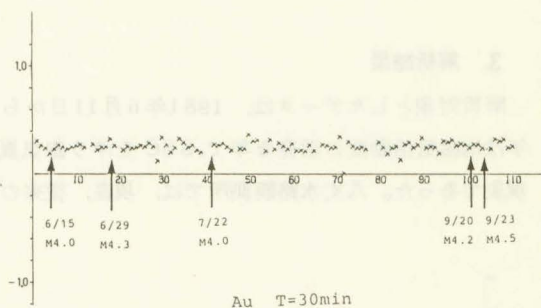
計を併用して地磁気観測を行っている。このうち、電氣的記録方式では、地磁気3成分の時間変化を1分ごとにMTに収録しており、デジタルデータの利用が可能である。

八丈水路観測所でのCA変換函数の標準的な周期特性を求めめるため、SSC現象のうちK指数6~7の変動を有する6/25, 7/25, 9/19の各1日分(UT00h00m~UT23h59m)の記録についてCA変換函数を求めた。結果は第1図a~dに示すとおりである。

八丈水路観測所(33°04.2'N, 139°49.7'E)に比較的近接した地点(33°04.0'N, 139°48.7'E)でのCA変換函数はHonkura et al.(1974)の計算結果もあり、今回のAuの周期特性はそれとよく一致している。



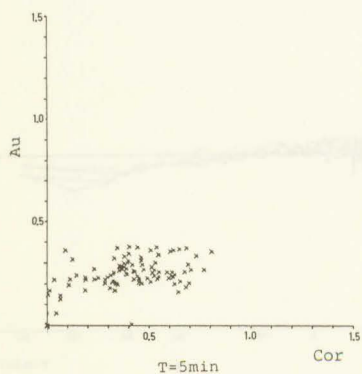
第2図 a



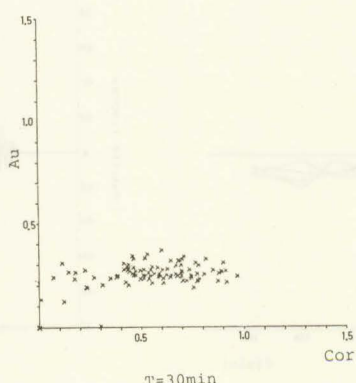
第2図 b

第2図a, bは解析全期間における周期5分と30分でのAu, r^2 の変動をプロットしたものである。また、気象庁地震月報をもとに八丈島近海で発生したM4.0以上の地震が発生した時点を矢印で明示した。この結果からは、両周期ともに地震発生とCA変換函数との間に明瞭な相関を見いだすのは困難なように思われる。ただ、注意深くみると地震発生前にAuがやや減少し、発生後に増加するような傾向も一部見うけられるようである。

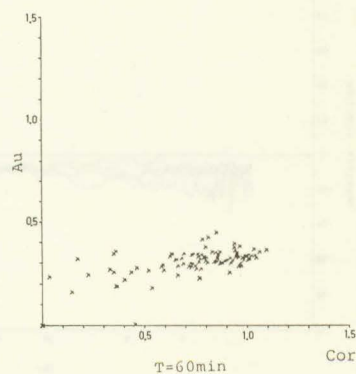
このようなCA変換函数の変動から地殻歪による変動分を検出することは地震予知への可能性を検討するうえで重要な課題である。このことについては、例えば、統計的処理の際に短周期変動の少ない現象を除去するとか、あるいはパワースペクトルの大きさで重み処理を行うとかが試みられている。ここではそのような試みの一例として、 r^2 とAuとの相関についても検討した。その結果が第3図a~cに示してある。



第3図 a



第3図 b



第3図 c

この図は、Au 値の周期 5 分、30 分、60 分の値とその時の各 r^2 値とを座標軸にとり、今回の計算例すべてについてプロットしたものである。

全体的に短周期の値はばらつき幅が大きく、 r^2 との相関も不明瞭である。しかし、長周期側 ($T=60$ 分) のものについては、Au の変動幅は最大で 0.3 程度であるが、 r^2 が 1 に近づくにつれ、ほとんどが 0.32 ± 0.05 の幅に収まる。このようなことから、周期 60 分程度の CA 変換函数の経年変動を定常的に追跡し、長期的な前兆現象をとらえることは不可能ではないだろう。関東地震前に周期 30 分の Au 値が地震発生前の約 10 年間で 0.16 の減少が生じたとされており、このクラスの地震が八丈島近海で発生するとすれば、その前兆は CA 変換函数の有意な変動としてとらえられよう。

今回の解析期間中の地震の規模は最大で 9 月 23 日の $M=4.5$ である。このような比較的規模の小さい地震では、地殻歪の発生する領域も小さく、また、その歪の変動も小さいため、その予知は非常に困難である。このような地震の前兆は、長周期 ($T \geq 30$ 分) よりも地殻表層部の電気伝導度により強く影響される短周期 (例えば周期 5 分程度) の CA 変換函数に、前兆とみられる変動分が含まれていると考えられる。しかし、短周期の CA 変換函数には、外部擾乱磁場変動による変化分や、解析誤差等による影響が大きく、それに伴うばらつきが大きい。短周期側にみられるこのような CA 変換函数の不規則な変動を有効に除去し、地震前兆現象を抽出する有効な方法を検討することも、今後の重要な課題である。今回はたかだか 3 ヶ月余りの解析期間であるが、今後は上記に述べた問題点等も踏まえ、地震予知への可能性について考察を加えて行きたい。

参考文献

本蔵義守 1980 : 電気伝導度異常と地震, 地震予知 1, 電磁気学のアプローチ, 学会出版センター, 117 - 150 ページ

佐野幸三, 白木正規 1980 : 柿岡における変換関数の時間的変化と地震, 月刊地球, 5, 381-386 ページ。

植田義夫 1980 : 下里の地磁気短周期変動の特性 - CA 変換函数のバラツキに関する一考察 -, 測地学会誌, 26, 126-127 ページ。

Honkura, Y., S. Oshima and T. Kondo 1974 : Geomagnetic variation anomaly on Hachijo-jima Island, J. Geomag. Geoelectr., 26, 23-37 ページ。

力武常次 1972 : 地球電磁気学, 岩波書店, 325-329 ページ。

Yanagihara, K. 1972 : Secular variation of the electrical conductivity anomaly in the central part of Japan, Mem. Kakioka Mag. Obs., 15, PP. 1-11