

49. 中伊豆における地磁気短周期変化観測 (1)

地震研究所 { 本 蔵 義 守
 { 小 山 茂

(昭和53年7月31日受理)

1. はじめに

地震の前兆現象としての比抵抗変化は、ソ連の Garm (BARSUKOV, 1972), アメリカ合衆国の San Andreas Fault (MAZZELLA and MORRISON, 1974), および中国 (乗富, 1978) において精力的に研究されている。とくに Garm では、M5 程度の地震に対し、10~20%に及ぶ見かけ比抵抗の変化がしばしば報告されている。この場合の比抵抗変化は、埋設した2本の電極を通して地中に電流を流し込み、数 km 離れた地点で地電位差を測定するという電気探査の手法を用いて得られたものである。このような比抵抗探査は、異常隆起および微小地震活動との関連において、中伊豆においても実施された (行武ほか, 1977)。この方法の利点として、入力を自由に制御できるために、観測精度が高いことがあげられる。しかし、地殻深部までの情報を得るためには、電位測定は電流電極から遠く離れた地点で行われる必要がある。大電流を地中に流し込むことによるのみ、そのような地点でシグナルを精度よく測定できる。しかし、人口密集地の場合、大電流を頻繁に流すことは安全の面からも容易なことではない。

これに対し、精度は多少劣るが連続測定が容易に行える方法として、筆者は、地磁気変化による電磁誘導現象を利用して、間接的に地殻比抵抗変化を検出する試みを計画した。電気伝導度異常 (Conductivity Anomaly, 略して CA) の研究から、地殻あるいはマントルに比抵抗異常があれば、地表で観測される地磁気短周期変化にその影響が現われることがわかっている。この CA 研究の応用として、YANAGIHARA (1972) は柿岡観測所におけるデータを解析し、1923年関東地震の前に $\Delta Z/\Delta H$ (地磁気短周期変化の鉛直成分と水平成分の比) に異常があったと報告している。さらに MIYAKOSHI (1975) は、1966年 Tashkent 地震の前に Tashkent 観測所で同様の変化があったとしている。最近の RIKI-TAKE (1978) の研究によると、1972年 Sitka 地震の前にも Sitka 観測所で $\Delta Z/\Delta H$ に異常が見られている。これらは主として鉛直成分の異常を対象としている。他方、RIKI-TAKE (1976) のモデル計算によると、観測点が比抵抗異常域の上であれば、地磁気短周期変化の水平成分にかなり大きな変化が期待される。筆者の観測目的は、主として水平成分に異常が観測されるかどうかを研究することにある。

2. 観測および解析方法

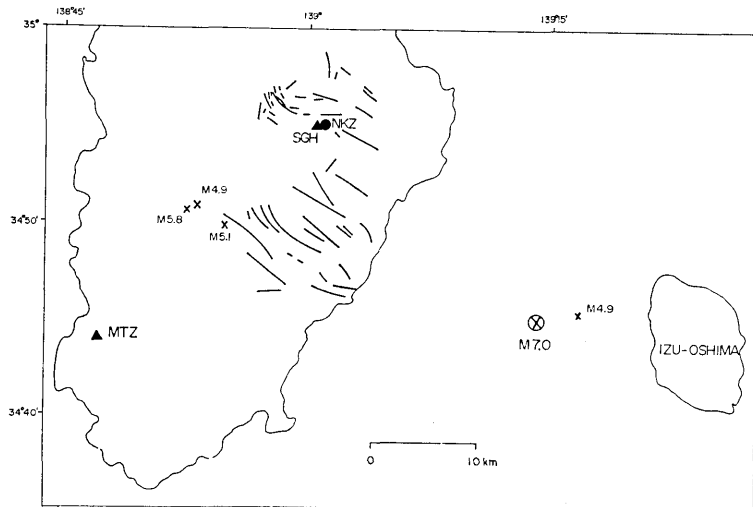


Fig. 1. Location of the Nakaizu station (NKZ). A circle with a cross denotes the epicenter of the main shock (M7.0). Small crosses indicate a foreshock (M4.9) and aftershocks (M5.8, 5.1, 4.9).

地殻の比抵抗変化を検出するためには、周期数秒～数分の変化を観測することが理想的である。しかし、予備観測の結果、伊豆急行線、東海道線からの迷走電流によるノイズは短周期で非常に大きく、高精度の観測は不可能であることが判明した。そこで、期待される変化量はより小さいが、周期30分程度の地磁気変化を利用することにした。この程度の周期を対象にする場合、Flux-gate 磁力計が使用できる。まず八ヶ岳観測所で磁力計の感度検定を行った後、1976年7月、第1図に示した中伊豆観測点 (NKZ) に磁力計を設置した。観測点では1時間ごとに 20nT (γ) に対する感度が記録されている。この 20nT の磁場は定電圧回路から供給される電流によって作られている。回路の精度は 10^{-5} であり、少なくとも 1% 以下で安定しているはずである。観測器点検の都度、電流値を測定しているが、 $\pm 1\%$ の範囲で一定である。したがって感度の変化による影響はないと考えてよい。

H (南北), D (東西) 成分についてはノイズは 1nT 以下で良好な記録が得られているが Z (鉛直) 成分には大きなノイズが見られる。ノイズは深夜の 23^h30^m 頃から早朝の 5^h30^m 頃までは 2~3nT, その他の時間帯では 5~6nT にも達する。深夜に比較的ノイズが小さいのは、伊豆急行線が運行されていないためである。東海道線の影響は昼夜の別なく見られるようである。このため、Z 成分は深夜から早朝にかけての 6 時間しか使用できず、この区間でもノイズがあるため良い結果は期待できないであろう。

そこで、H 成分と D 成分を解析に用いることにした。中伊豆観測点と八ヶ岳観測所との同時記録を比較してみると、変化の様子は H, D ともに両地点でほとんど同じであるこ

とがわかる。すなわち、電離層および磁気圏に原因のある外部磁場は両地点で同一であるとみなせる。したがって、 H_x , D_x それぞれに対し、両地点での同一変化の振幅比をモニターすることによって、地下の比抵抗変化をモニターできそうである。

一区間を半月とし、それぞれの区間で周期15~30分程度の変化を40~80個選び出す。これらの振幅を読み取って振幅比を求め、平均値と誤差を求めるという操作を行っている。基準点としての八ヶ岳観測所で異常はないと考えると、振幅比の変化は中伊豆観測点における水平成分の振幅の変化を表わすことになる。地磁気変化の振幅の変化は地下の比抵抗の変化を反映するはずであるので、こうして比抵抗変化をモニターできる。

3. 結 果

第2図に1978年4月までの結果を示す。黒丸は振幅比の平均値で、棒はその95%信頼区間を表わす。観測開始から1カ半月後に河津地震 ($M5.4$) が発生した。地震発生時点ではデータが少なかったがこの地震に関連する変化があったかどうかは明らかではなかったが、その後の結果を見ると、 H_x , D_x ともに地震前に中伊豆での振幅が増加していたようである。しかし変化量はわずか数%で、誤差の範囲ぎりぎりである。 H_x の振幅が地震後急激に減少していることは興味深い。その後、磁力計の故障が多くてしばしば欠測であったので、1977年9月後半に別の磁力計と取り替えた。どちらの磁力計も感度検定を行っているので、データはそのままつなぐと考えるとよい。

D_x に関して、10月の値が少し小さくなっていることに筆者は注目した。その後の推移を注目し続けていると、 D_x はさらに減少して12月前半には最低になった。12月後半と1月前半には少し元に戻りかけていたようである。そして、1月14日に伊豆大島近海地震が発生した。他方、 H_x は11月前半に急に増加し、その後徐々に元の値に回復したように見える。

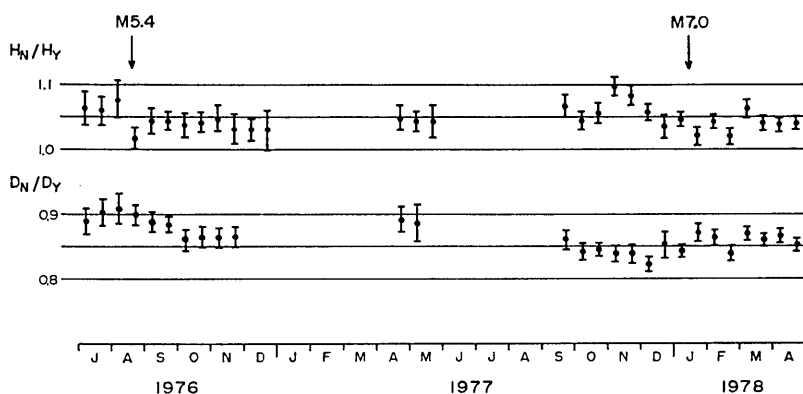


Fig. 2. Ratios of H_N at NKZ to H_Y at the reference station (Yatsugatake) and D_N to D_Y . Circles denote the means of amplitude ratios, while error bars indicate 95% confidence intervals of the respective means. Arrows show the occurrences of the Kawazu earthquake ($M5.4$) and the Izu-Oshima-Kinkai earthquake ($M7.0$), respectively.

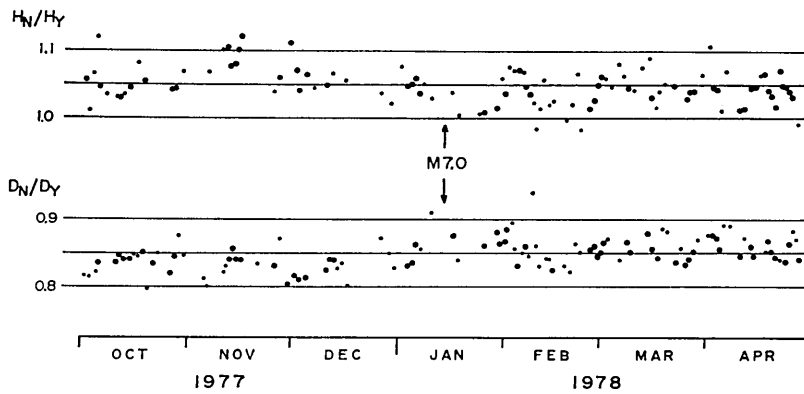


Fig. 3. Amplitude ratios for the H and D components, respectively, determined for a time interval of one day. Ratios shown by large circles were determined from many data sets and, therefore, they are more reliable. An arrow denotes the occurrence of the Izu-Oshima-Kinkai earthquake.

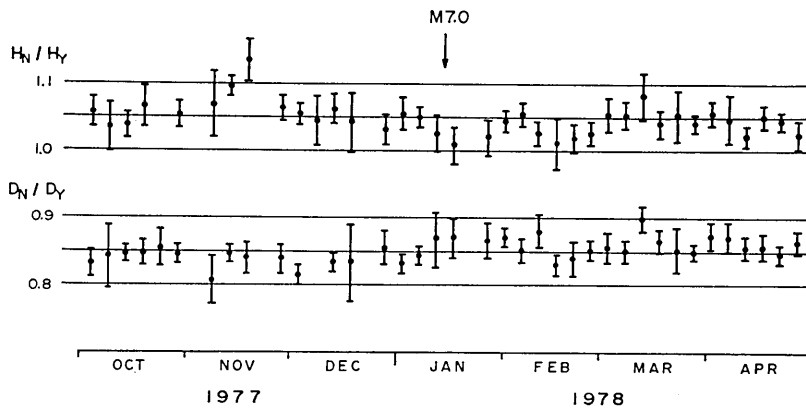


Fig. 4. Amplitude ratios for the H and D components, respectively, determined for a time interval of 5 days. Error bars indicate the 95% confidence intervals of the respective means. An arrow denotes the occurrence of the Izu-Oshima-Kinkai earthquake.

地震後の振舞についても興味深い。Hの振幅が急に減少し、その後振動しながら元の値に回復しているように見える。そのような様子はDについても見られる。

1977年10月から1978年4月までの様相をもっと詳細に示したものが第3図である。これは1日ごとの平均値を表わしている。大きい黒丸はデータの数が多くて信頼性の高いものである。値はかなりばらつくが、第2図に示されている傾向はよく現われている。とくに、地震後の振動的変動がよく見られる。1日ごとの平均では誤差が大きすぎるので、5日ごとの平均をとって調べたものが第4図である。それでも誤差はかなり大きい。地震前のHの増加およびDの減少、地震後のH、D両成分に対する振動的変動は、誤差を考慮

してもなお事実らしく思える。

4. む す び

第2図に示されているように、河津地震および伊豆大島近海地震に対して、前兆かもしれないと思われる変化が観測された。これらが真に前兆現象であるかどうかについては、もう少し観測を続けないとはっきりとは結論できない。とくに、地震のない期間に振幅比がどの程度安定しているかを調べることは重要であろう。この意味で、さらに観測を続ける予定である。

有意な変化を検出するためには、誤差をもっと小さくしなければならない。振幅の読み取りに関して、短周期ノイズの影響が避けられず、このことが誤差の一要因となっている。このため、フィルターを活用して短周期ノイズを落とし、さらにシグナルを増幅して、読み取り誤差を小さくすることを計画している。

謝 辞

この観測にあたり、現地の方々にお世話頂いた。とくに、観測器の保守に多大な御尽力を頂いた国民宿舎中伊豆荘の井本正雄副支配人には、厚く感謝します。また、観測点設定に際し御協力頂いた杉本義一前支配人、井上敏現支配人をはじめ、国民宿舎中伊豆荘職員御一同様に感謝の意を表します。

この観測に要した経費の一部は、昭和51、52年度文部省科学研究費「火山ならびに地震活動に伴う地殻電気抵抗変化の研究 (代表者: 行武毅)」および昭和52年度文部省科学研究費「1978年伊豆大島近海の地震による災害の総合的調査研究 (代表者: 大澤胖)」によってまかなわれた。関係当局に謝意を表します。

文 献

- BARSUKOV, O. M., 1972, Variation of electric resistivity of mountain rocks connected with tectonic causes, *Tectonophysics*, **14**, 273-277.
- MAZZELLA, A. and H. F. MORRISON, 1974, Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San Andreas Fault, *Science*, **185**, 855-857.
- MIYAKOSHI, J., 1975, Secular variation of Parkinson vectors in a seismically active region of Middle Asia, *J. Fac. General Education, Tottori Univ.*, **8**, 209-218.
- 乗富一雄, 1978, 中国における電磁気測定と地震に伴う電磁気現象, 1977年地震学会訪中代表団報告集, 地震学会, 57-87.
- RIKITAKE, T., 1976, Crustal dilatancy and geomagnetic variations of short period, *J. Geomag. Geoelectr.*, **28**, 145-156.
- RIKITAKE, T., 1978, Changes in the direction of magnetic vector of short-period geomagnetic variations before the 1972 Sitka, Alaska, earthquake, *J. Geomag. Geoelectr.*, **30** (in press).
- YANAGIHARA, K., 1972, Secular variation of the electrical conductivity anomaly in the central part of Japan, *Mem. Kakioka, Mag. Obs.*, **15**, 1-11.
- 行武 毅・吉野登志男・歌田久司・本蔵義守・小山 茂・河村 謙・大地 洸・森 俊雄・田中秀文

・若林哲也・吉田 稔, 1977, 伊豆半島地盤異常隆起地域の電気抵抗測定, 震研彙報, 52, 163-171.

49. *Observations of Short-Period Geomagnetic Variations at Nakaizu (1).*

By Yoshimori HONKURA and Shigeru KOYAMA,
Earthquake Research Institute.

A project for detecting changes in the electrical resistivity in association with earthquakes through changes in the amplitude of short-period geomagnetic variations has been in operation at Nakaizu since July, 1976. Such changes in the amplitude result from perturbation of induced electric currents by a resistivity anomaly. If the resistivity decreases to a considerable extent, induced electric currents concentrate in a less-resistive area, giving rise to amplitude enhancement of geomagnetic field variations over the area.

Slight enhancement in the amplitudes of the H and D components, respectively, was observed before the 1976 Kawazu earthquake of magnitude 5.4 which occurred about 20km south of the station. In the case of the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake of magnitude 7.0, which occurred about 30km to the southeast, about 5% increase in the amplitude of H was noticed about two months prior to the earthquake occurrence. As for D, the amplitude tended to decrease until December, 1977 and gradually recovered before the earthquake. Some portions of these changes are significant at the 95% confidence limit and might reflect a precursory change in the electrical resistivity.