

## 50. 中伊豆における地磁気・地電流の異常と 1978年伊豆大島近海地震との関係について

地震研究所 本 蔵 義 守

(昭和53年7月31日受理)

### 1. はじめに

1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震 (M7.0) に関連して、地磁気短周期変化水平成分の振幅および自然電位に、前兆かもしれないと思える異常が、中伊豆観測点で観測された (本蔵・小山, 1978; 小山・本蔵, 1978). 現時点ではこれらが前兆現象であったと断定することはできないが、もし前兆であったとすれば、地殻中のどのような現象を反映しているのかを調べることは、今後の観測の指針になりうるという意味においても、重要であろう。

### 2. 地磁気・地電流に関する異常

第1図に地震前3ヵ月間の自然電位の変化が示されている。11月10日頃から地震発生までの長期的変動が異常と考えられている。また、地震研究所測地移動班の菅引観測点と柿岡地磁気観測所の松崎観測点 (第4図参照) との全磁力差も、第1図に示されている (柿岡地磁気観測所, 1978). 菅引観測点は中伊豆観測点に非常に近いので、これらは同一点と考えてよい。全磁力差にも約 5 nT の変化が見られるが、注目すべきことは、この変化が自然電位の変化と非常によく似ていることである。したがって、全磁力差の変化は菅引

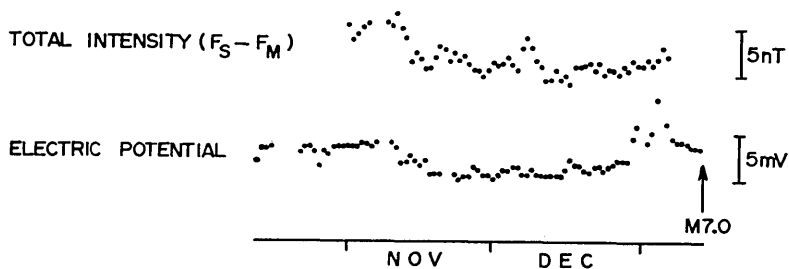


Fig. 1. Changes in self-potential at the Nakaizu station (NKZ) and in geomagnetic total intensity difference between the Sugehiki (SGH) and Matsuzaki (MTZ) stations. Locations of the stations are shown in Fig. 4. An arrow denotes the occurrence of the Izu-Oshima-Kinkai earthquake.

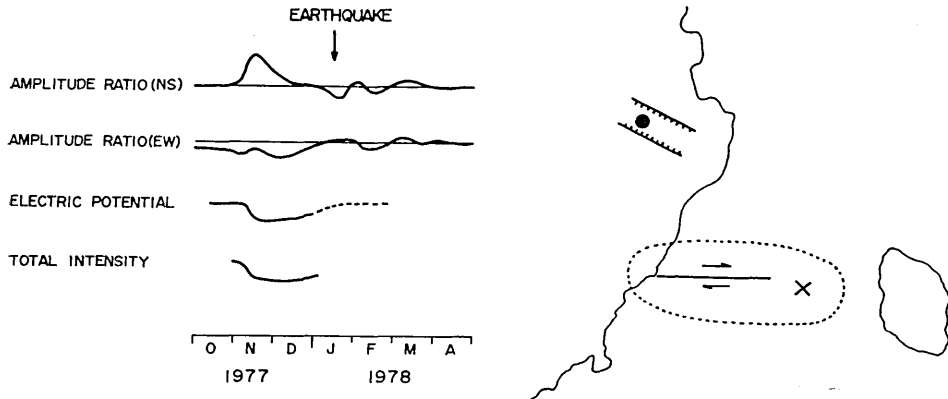


Fig. 2. Changes in amplitude ratios, self-potential and total intensity observed at the site shown by a solid circle. A cross denotes the epicenter of the Izu-Oshima-Kinkai earthquake and a horizontal line with arrows shows right-lateral fault slip source mechanism (After SHIMAZAKI and SOMERVILLE, 1978).

観測点での全磁力減少を示すものと思われ、しかも、この二種類の異常は同一の原因をもつ現象と考えられよう。自然電位は西側で高くなるような変化であり、電流としては東向きに流れていることになる。東向き電流から生じる磁場は地表では南向きとなり、このため全磁力は減少する。したがって、定性的には、東向きの電流が流れたために全磁力が減少したと考えられるかもしれない。

第2図に地磁気短周期変化水平成分の振幅、自然電位、全磁力の異常を概略的に示した。これらの異常はいずれも、黒丸で示した地点で観測されたものである。地磁気短周期変化EW(D)成分の振幅異常を除けば、いずれも11月初めという時期に起っていることは、これらと伊豆大島近海地震との何らかの関係を示唆するものと思われる。

### 3. 異常の一解釈

まず、5 nT の全磁力変化が、観測された自然電位変化で説明可能かどうかを調べてみる。異常地電位差は114m離れた電極間で約3mVであったので、電場としては約 $3 \times 10^{-5}$  V/mである。次に地殻の比抵抗であるが、中伊豆観測点付近の比抵抗探査(行武ほか, 1977)によると、地下数百メートルの所に約5 ohm·mの低比抵抗層があるが、この層が地殻深部まで続いているとは考えられない。伊豆半島におけるCA(Conductivity Anomaly)観測(河村ほか, 1977)からは、厚い低比抵抗層が地殻に存在することを示す証拠が得られていないからである。地殻の比抵抗は一般には100 ohm·mより高いと考えられているので、この値を中伊豆付近の地殻の平均的比抵抗とすると、電流密度は $3 \times 10^{-7}$  A/m<sup>2</sup>となる。この電流が厚さ5km、幅10kmにわたって流れたとしても、地表で観測される全磁力変化は0.5 nT以下にしかならない。したがって、約5 nTの全磁力変化を起すためにはもっと強い東向きの電流が必要とされる。

一方、地磁気短周期変化NS(H)成分の振幅の増加は、観測点付近で東西方向に誘導電

流が流れ易くなったことを意味する。EW 成分をよくみると、わずかではあるが同じ時期に振幅の増加がみられる。したがって、電流路としては西北西—東南東か西南西—東北東のいずれかであるが、地震との関連を考慮すれば、おそらく前者であろうと思われる。つまり、第2図に示した方向に誘導電流が流れやすくなったと考えられる。

比抵抗を減少させる要因としては地下水の流入が最も考えやすいのであるが、ここで、ダイラタンシー仮説 (NUR, 1972; SCHOLZ et al., 1973) が思い起される。つまり、地震の前に震源域でダイラタンシーが発生し、間隙圧が減少する。ここで、ダイラタンシー域として、第2図の点線で囲まれた地域を考えることにする。この異常域に周囲から地下水が流入するであろう。中伊豆観測点付近では、西北西から東南東の方向に地下水が流れたのではないかと考えられる。そうすると、全磁力変化の原因となる電流は、MIZUTANI et al. (1976) が主張するような、イオンを含む地下水の流れによる電流ではないだろうか。もしそうであるなら、自然電位の異常は、地下水の流れによる電荷移動の結果生じた電位分布を反映している可能性が強い。一様地殻モデルでは、東向きの流れに対して電位は東側で高くなるはずであり、観測結果と合わない。しかし、中伊豆付近の地殻の比抵抗構造は一様ではなく、また、地下水の流れも複雑であろうから、局所的影響を受けやすい電位

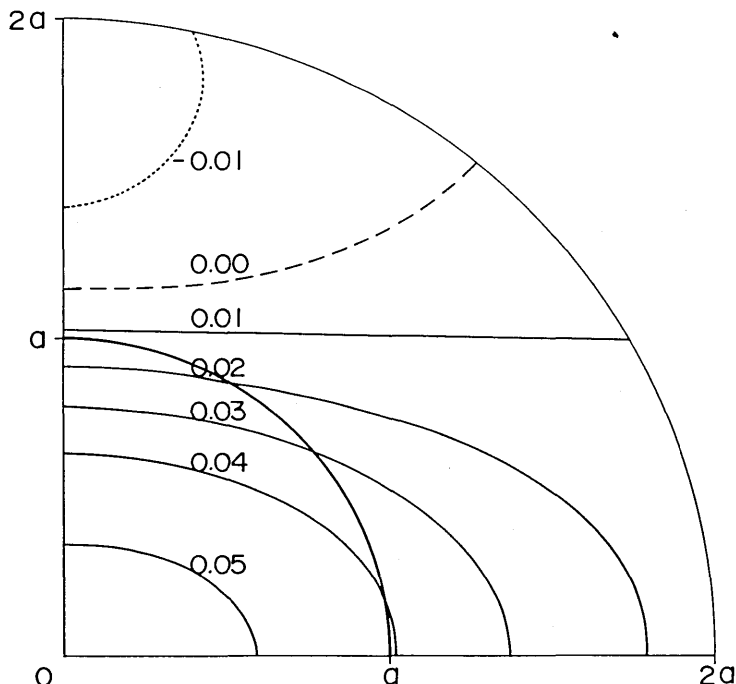


Fig. 3. Changes in the amplitude of the north-south variations at a period of 20min. An anomalous area enclosed within a circle having a radius  $a$  is characterized by a resistivity one order of magnitude lower than the surrounding area. The details are explained in the text.

変化が期待される方向と合わなくても、矛盾といえるほどのことではない。重要なことは、変化の時期とパターンが似ていることから、全磁力も自然電位も、11月初めに中伊豆付近で起り始めたであろう地下水の移動に、その原因が求められるということである。

地磁気短周期変化 EW 成分の振幅の減少については、点線で示されるような比抵抗異常域の影響と考えることができる。つまり、点線内で比抵抗が減少すれば、地殻を流れる誘導電流は異常域に引き寄せられるように流れる。したがって、誘導電流から生じる磁場の振幅にも変化が生じる。その様子を示したものが第3図である。これは、地表から20kmの深さまで続く円筒内で比抵抗が1桁低くなったという特定のモデルに対して得られた磁場の振幅変化である。近似計算として、20kmの厚さの層を薄いシート状の層と考え、電流の擾乱から磁場の振幅変化を求めたものである。ただし、地殻の比抵抗を100  $\text{ohm}\cdot\text{m}$  とし、周期20分に対して計算した。これによると、異常域の中心付近では振幅が5%程度増加するのに対し、異常域外では逆に振幅が減少する地点も存在する。このモデルではわずか1%程度であるが、複雑な構造に対しては、数%の変化も不可能ではないであろう。

中伊豆観測点における地磁気短周期変化 EW 成分の減少が、震源付近での比抵抗異常域の出現によるとすれば、異常域出現はほかの異常が観測され始めた11月初めより前であることになる。このことはもっともらしい。異常域に流れ込む水は震源の周辺から供給されるであろうから、中伊豆付近で水が流れ始めた時には、もっと震源に近い所から水が流れ込んで、すでに異常域が出現していたと考えられるであろう。この異常域は地磁気短周期変化 NS 成分にも影響を及ぼすであろうが、その影響は、観測点付近の西北西—東南東方向の異常層の影響と打ち消し合ったのではないかと思われる。自然電位や全磁力では異常がゆっくり回復に向ったのに対し、地磁気短周期変化 NS 成分の異常が急激に回復したように見えるのは、このためであろう。

地震後の振動的様相は NS, EW 両成分にみられ、しかもこれらの間には相関があるように思える。したがって、これらも震源付近の異常域の消長と関連がありそうだが、水の移動は基本的には拡散過程であり、振動解は現われなければならないはずである。振動的変動の原因は不明であるが、これが地殻内の何らかの現象を反映しているとすれば興味深いことであり、今後の問題となるであろう。

#### 4. 解釈の妥当性と問題点

電磁氣的異常を、震源域への水の流れによるものとして解釈してきたが、そのような解釈を支持すると思われる報告もいくつかある。たとえば、中伊豆でのラドン観測(脇田ほか, 1978)によると、やはり11月初旬から異常が現われ始めたようである。また、地下水の水位、温度、水質などが変化した観測点もある(地質調査所, 1978)。そのような地下水に関する異常は船原(山口・小高, 1978)や河津(地質調査所, 1978)でも報告されており、伊豆半島東部一帯で地下水が動いたことが示唆される。

問題点の一つとしては、異常の継続時間がマグニチュード7の地震に対して期待される継続時間(SCHOLZ et al., 1973; RIKITAKE, 1975b)よりかなり短いことがあげられる。拡

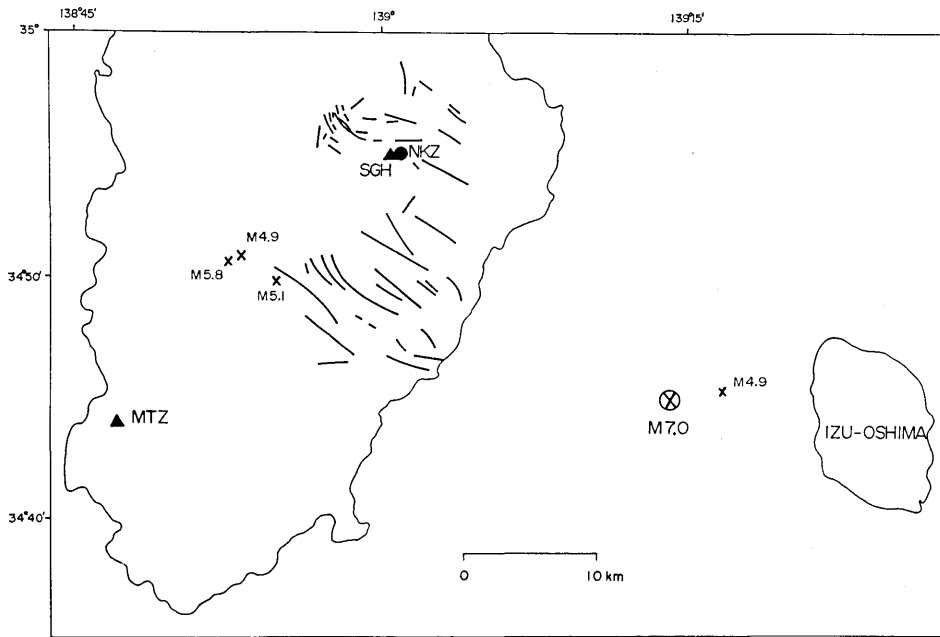


Fig. 4. Locations of the stations NKZ, SGH, and MTZ. A circle with a cross denotes the epicenter of the main shock (M7.0). A foreshock (M4.9) and aftershocks (M5.8, 5.1, 4.9) are shown by crosses. Lines in the eastern part of the Izu Peninsula indicate active faults.

散過程の時間的経過は拡散係数に依存するので、このことは伊豆半島東部地域の地殻中での水の拡散係数が大きいことを意味する。ここで伊豆半島東部の構造に注目すると、興味深いことに気付く。第4図には現在問題にしている地域での活断層(不確実なものも含む)の走行も示されている(松田, 1977b)。この走行と各地において推定される水の流れの方向は調和的である。活断層には破砕帯が存在することが多く、そこでは水は容易に移動できるであろう。そこで、水が断層に沿って比較的速く移動したとすれば、上記の問題点が解決されるように思える。

RIKITAKE (1975a) は、異常域を球としたときの拡散過程を計算し、マグニチュードと異常域の大きさとの関係(檀原, 1966)およびマグニチュードと異常の継続時間との関係(SCHOLZ et al., 1973)から、拡散係数は  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  のオーダーであるという結論を得た。伊豆大島近海地震の場合、異常継続時間を4カ月程度と考えると、拡散係数は  $10^5 \text{cm}^2/\text{s}$  のオーダーとなり、1桁高い値となる。つまり、活断層の破砕帯での拡散係数は通常より1桁程度大きいのではないかと考えられよう。

もう一つの問題点は、断層に沿って水が震源域に流れ込むことと、断層付近での比抵抗の減少が共存しうる条件が存在するかどうかである。断層に存在する水が震源域に向かって流れる一方で、周辺から断層内に水が供給されるという、いわば定常状態では、断層内の水の量は異常出現以前の状態とあまり異ならないと思われる。しかし、比抵抗を減少させ

る要因としては水の量のほかに、割れ目や間隙に含まれている水の相互結合度がある。したがって水の量が不変でも、相互結合度が高くなれば、比抵抗は減少する。こうして、比抵抗減少の条件として、水の流れによって相互結合度が高くなることがあげられるが、実際にそうなるかどうかは不明である。

## 5. お わ り に

伊豆半島東部で観測された各種の異常は、断層に沿って震源域に向う水の流れで説明できるという立場をとってきた。もちろん、ここでの解釈は一つの考え方であり、これが妥当なものかどうかは今後の問題であろう。それはそれとして、この解釈の中で興味深いことが示唆されている。それは、活断層の役割である。もし、水が活断層に沿って流れるとすれば、各種異常は活断層付近で観測されるであろう。重要なことは、直接地震を引き起す断層でなくとも、ほかの断層でも異常が現われるかもしれないということである。個々の断層は数千年に1回程度しか地震を起さないのが一般的であるので(松田, 1977a)、個々の断層での地震発生を観測から予測することは大変なことであろう。これに対して、いわば活断層群として、その中での地震発生を予測することができれば、地震予知観測にとっては実用的であり、また、それで十分であろう。

## 謝 辞

名古屋大学の水谷仁助教授には、地電位異常に関する有益な御指摘を頂いたほか、動電現象に関して御教示賜った。また、震研の島崎邦彦助手、大学院生の歌田久司氏との議論は、本研究にとって欠かせなかった。諸氏に厚く感謝します。

## 文 献

- 地質調査所, 1978, 地震予知連絡会資料。  
 檀原 毅, 1966, 松代地震に関連した地殻の上下変動, 測地学会誌, **12**, 18-45。  
 本蔵義守・小山 茂, 1978, 中伊豆における地磁気短周期変化観測 (1), 震研彙報, **53**, 925-930。  
 柿岡地磁気観測所, 1978, 地震予知連絡会資料。  
 河村 謙・大地 洸・森 俊雄・本蔵義守・小山 茂・瀬戸孝夫, 1977, 伊豆半島における変換関数の分布について, CAシンポジウム講演集, 柿岡地磁気観測所, 129-136。  
 小山 茂・本蔵義守, 1978, 中伊豆における自然電位観測 (1), 震研彙報, **53**, 939-942。  
 松田時彦, 1977a, 活断層と地震予知, 地震予知研究シンポジウム講演集, 194-202。  
 松田時彦, 1977b, 伊豆半島天城山周辺地域の活断層調査, 震研彙報, **52**, 223-234。  
 MIZUTANI, H., T. ISHIDO, Y. YOKOKURA, and S. OHNISHI, 1976, Electrokinetic phenomena associated with earthquakes, *Geophys. Res. Letters*, **3**, 365-368。  
 NUR, A., 1972, Dilatancy, pore fluids, and premonitory variations of  $t_s/t_p$  travel times, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **62**, 1217-1222。  
 RIKITAKE, T., 1975a, Dilatancy model and empirical formulas for an earthquake area, *Pure Appl. Geophys.*, **113**, 141-147。  
 RIKITAKE, T., 1975b, Earthquake precursors, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **65**, 1133-1162。  
 SCHOLZ, C. H., L. R. SYKES, and Y. P. AGGARWAL, 1973, Earthquake prediction: a physi-

cal basis, *Science*, **181**, 803-809.

島崎邦彦・P. SOMERVILLE, 1978, 伊豆大島近海地震の静的パラメーター, 地震学会講演予稿集, No. 1.

脇田 宏・野津憲治・中村裕二・野口正安・浅田 敏, 1978, 時系列にあらわれた地下水中のラドン濃度の異常変化, 地震学会講演予稿集, No. 1.

山口林造・小高俊一, 1978, 伊豆大島近海地震の前兆——伊豆船原, 柿木における地下水位の変化——, 地震学会講演予稿集, No. 1.

行武 毅・吉野登志男・歌田久司・本蔵義守・小山 茂・河村 謙・大地 洗・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.

---

50. *On a Relation between Anomalies in the Geomagnetic and Telluric Fields Observed at Nakaizu and the Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978.*

By Yoshimori HONKURA,  
Earthquake Research Institute.

In association with the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake of magnitude 7.0, precursory changes in the amplitude of short-period geomagnetic variations and the electric self-potential were observed at the Nakaizu station located about 30km northwest of the epicenter. The geomagnetic total intensity also seems to have undergone a change at the Sugehiki station which is very close to the Nakaizu station. The changes in the self-potential and the total intensity are not only simultaneous but also very similar in shape to each other. Appearance of an anomaly in the amplitude of the H component was also simultaneous with the anomalies in the total intensity and the self-potential. The coincidence of the anomalies suggests that these anomalies are related to an underground process which is likely to be associated with the earthquake.

Diffusion of underground water is put forward as a possible process giving rise to the observed anomalies. If dilatancy occurs in a focal region, underground water will flow into the region from the surrounding area, as claimed in the dilatancy-diffusion model. Then anomalies in the total intensity and the self-potential might result from the electrokinetic effect due to flow of underground water. Since such water will decrease the electrical resistivity, the amplitude of short-period geomagnetic variations is expected to undergo a change: increase or decrease depending on the location of the measuring site. It is presumed from detailed examination of the anomalies that underground water might have flowed along active faults. Thus the effectiveness of electric and magnetic observations in active fault areas is emphasized for earthquake prediction research.