

6. 全磁力測量に基づく地震予知研究 における問題点について

東京大学地震研究所

本 蔵 義 守

小 山 茂

1. まえがき

地震に伴って地磁気に変化するかどうかは古くから調べられてきた。現在ではとても考えられないことであるが、1950年代までは数百ガンマに及ぶ変化があったと報告されてきた。¹⁾

このような大きな変化は磁力計の精度の悪さ、地磁気測定方法の不十分さなどによるものであった。プロトン磁力計が導入された1960年代からは全磁力測定精度が1 γ にまで高められ、また測定方法も改善されて精密な磁気測量が行なわれるようになった。

一方、岩石の帯磁率及び残留磁気に及ぼすストレスの影響についても実験的、理論的に解明されてきた。²⁾ これらの結果をとり入れたモデル計算によれば、地震に伴う地磁気変化は10 γ 程度ないしはそれ以下であることがわかってきた。^{3), 4)} 従って地震の前兆としての地磁気変化は高々数 γ であると考えられる。測定精度が1 γ 程度であるので測量を適切にやれば数 γ の変化を検出することは不可能ではない。

しかし地磁気は常に変化しており、変化の様相は場所によって大きく異なるため、地震に伴う微小な変化を検出することは容易なことではない。地磁気日変化は振幅、位相ともに一様ではないため、単純に2点間の差をとると見かけ上変化が出てくることはよく知られた事実である。しかしこのことは観測を夜間に行なうことによって解決される。⁵⁾ 湾型変化などの短周期変化もまた場所によって大きく異なることはCA研究によって明らかになっている。このことも磁氣的に静かな日を選んで観測を行えば避けられることになる。地磁気変化異常による見かけ上の変化を取り除く工夫もなされたが、⁶⁾ それでも限界があり、1 γ 程度の微小変化を検出するためには夜間しかも磁氣的に静かな時に観測する他はない。このことは、携帯用プロトン磁力計を用いて行なう磁気測量においては実施が困難であるが不可能ではない。しかし既設の観測所においては容易で、現に地震予知研究の一環として各観測所における夜間値の月平均値の時間変化が調べられている。^{7), 8)}

本稿の目的は1 γ 程度の微小変化の検出という観点から、現在行なわれている磁気測量に問題があるかどうかを調べることである。

2. 地磁気経年変化の非一様性

ある種の前兆現象の継続時間は地震のマグニチュードに関係していて、マグニチュードが大きいと地震発生のかなり前から前兆が現われてくる。¹⁾ 地磁気の場合どういふ現われ方をするのか必ずしも明らかではないが、地殻内のストレスは徐々に変化すると考えられようから地磁気変化もそれに応じて徐々に観測されることが考えられる。従って地震の前兆としての地磁気変化も大地震の場合には数年に及ぶであろう。ここで問題になってくるのは地殻に起因しない地磁気長周期変動である。太陽活動などに伴う外部磁場長周期変化と核内ダイナモ作用に原因のある経年変化とが考えられる。

例えば経年変化については、国土地理院の磁気測量結果よりその様相が調べられているが決して一様ではない。⁹⁾ また経年変化の様相は常に同じであるわけでもない。1 r/年程度の変化量を問題にする時にはこの非一様性が問題になってくる。従って適当な方法で、この長周期変化の地域差による見かけ上の変化を除去しなければならないことになる。

地震による地磁気変化は局所的なものであるため、ある場所で観測された変化が異常であるかどうかを判定するためには全国における経年変化の様相がかなり詳しくわかっていなければならない。問題は、そのためには観測網が相当に密でなければならないということである。現在の観測所の分布では不十分であろう。

3. 基準点をどこに設けるべきか

現在の観測所網ではカバーできない地域が非常に多い。東海地方などはその例である。このため、東海地方では磁気測量が毎年1回地震研究所によって行なわれている。この場合、約120 Km北方に位置する八ヶ岳観測所を基準点としている。5年間の測量結果最大1 r/年の変化が検出された。¹⁰⁾ しかしながら八ヶ岳観測所の全磁力と鹿野山、下里の両観測所における全磁力を比較してみると、両観測所では東海地方と同じような変化が見られるので、1 r/年という変化量の大部分は経年変化の非一様性による見かけ上のものと考えられる。ここで問題となるのは、東海地方において地殻に起因する異常変化があるのか、ないのかについては何ともいえないということである。すなわち、経年変化の非一様性による見かけ上の変化が地震に前駆するかもしれない変化と同程度、もしくはより大きいことである。この見かけ上の変化を小さくするためには基準点をどの位置に選ぶべきであるかについて調べてみる。

この見かけ上の変化量は変動するのであるが、平均的にみて2つの観測点があどの程度離れていると1 r/年の見かけ上の変化が観測されるかを調べる。用いたデータは1968年-1973年の柿岡観測所を基準にしたときの各観測所における静穏日月平均値である。^{7), 8)}

各観測所の1年間の変化量を各月毎に求める。例えば $\Delta F(1971年1月) - \Delta F(1970年1月)$, $\Delta F(1971年2月) - \Delta F(1970年2月)$ のようにして求める。この操作を5年間にわたって行なう。この値の平均値を求め、標準偏差とともに第1表に示す。

第1表

Station	$\Delta\lambda(')$	$\Delta\varphi(')$	$\Delta F_D(\gamma)$
Me	241	461	4.9 ± 2.4
Og	24	220	3.1 ± 2.2
Mz	61	173	2.1 ± 1.4
Kz	13	59	1.6 ± 1.1
No	49	90	1.5 ± 1.0
Ha	23	187	3.3 ± 2.2
Ya	104	10	0.8 ± 0.7
Ss	255	159	2.5 ± 1.6
To	357	43	1.9 ± 1.6
Ky	558	286	2.7 ± 1.8

各観測所と柿岡観測所との経度差、緯度差もこの表に示してある。この操作によって数年にわたるゆるやかな経年変化の平均的な量が求まる。この変化量を経度差、緯度差の一次式で近似してその係数を求める。すなわち、

$$\Delta F_D = a \Delta\lambda + b \Delta\varphi$$

として、 a , b を求める。ここで ΔF_D は r , $\Delta\lambda$, $\Delta\varphi$ は分を単位にとっている。第1図において縦軸に $\Delta F_D / \Delta\lambda$, 横軸に $\Delta\varphi / \Delta\lambda$ をとり、最小自乗法で直線をきめた。ここで

$$a = 0.002 \pm 0.009$$

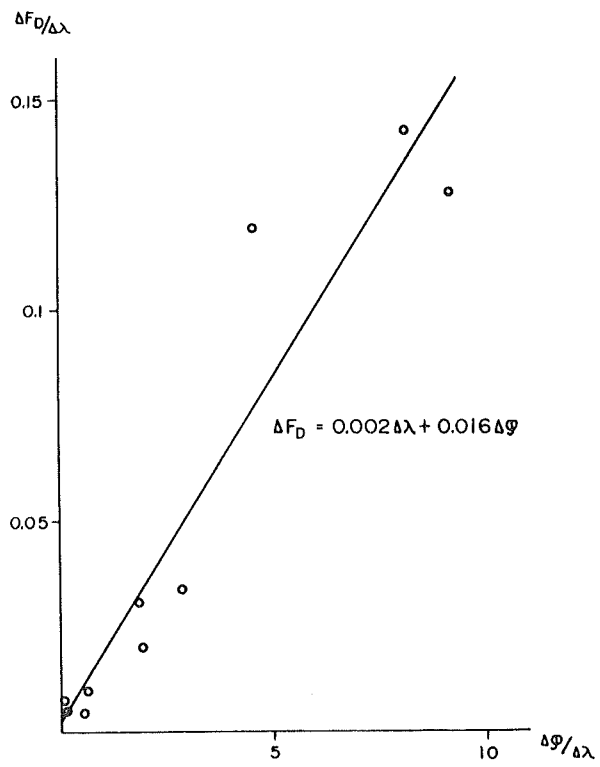
$$b = 0.016 \pm 0.002$$

となる。この図で $\Delta\lambda$ の小さいデータはばらつきの原因になるので、 $\Delta\lambda$ の小さい3つの観測所を除いて係数をまとめると、第2図のようにきまり、

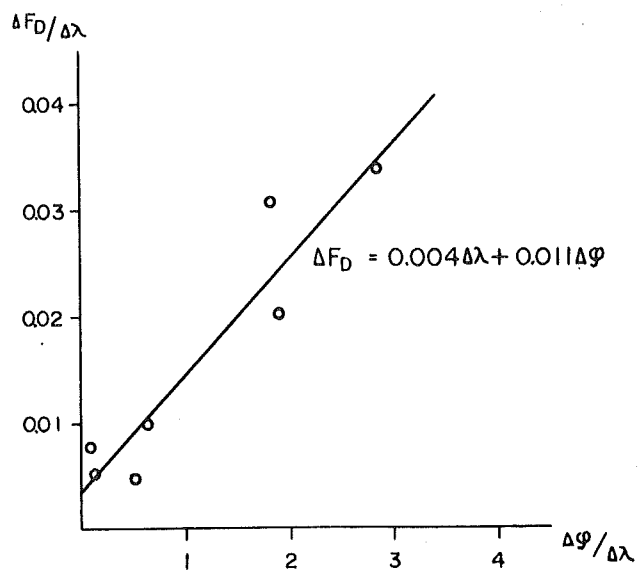
$$a = 0.004 \pm 0.003$$

$$b = 0.011 \pm 0.002$$

となる。



第 1 图



第 2 图

この結果、平均的な経年変化量は1年につき 0.004γ /経度差1分、 0.011γ /緯度差1分となる。従って、 1γ /年以下の変化量にとどめるには基準点を測量域から経度差 $4^{\circ}10'$ 、緯度差 $1^{\circ}30'$ 以内に選ばねばよいことになる。

例えば3年間で 1γ 程度の変化量にとどめることを考えると経度差約 $80'$ 、緯度差約 $30'$ 以内に基準点が位置すればよいことになるが、これでは基準点も測量域内に入ってしまうことになりかねない。

この計算は1968年—1973年の平均的な変化量に基づいており、他の年度にはもちろんそのままあてはまらないかもしれない。しかしおおよその目安にはなるであろう。いずれにしても基準点を決めるときには上記のことに注意すべきであろう。

4. 結 論

以上議論してきたように、経年変化の非一様性による見かけ上の変化を除去することは現在の観測網では困難であり、基準点の選び方に十分な考慮が必要とされる。ではいっそのこと基準点を測量域に設けるとどうだろうかと思われるが、最後にこの点について若干の考察を行なっておきたい。

いま簡単のために地殻内のストレス変化は測量域内で一様であるとする。ここで測量域内の地殻の帯磁が一様であれば、基準点を測量域内に置けば何の変化も得られないことは明瞭である。日本のような変動帯では一般に地殻構造は複雑で、帯磁も一様ではない。この場合、帯磁の強さ、方向に応じてストレス変化による帯磁の変化も一様ではない。従って、地表で観測されるであろう変化も場所によって異なることが考えられる。このことを考慮すれば、基準点が測量域内に位置していても本質的に困ることではない。もっと極端に、いま1つの双極子で近似される磁気異常があるとする。このとき正の最大値と負の最大値が観測される点に測点があれば、ストレス変化による双極子磁場の変化は、この両測点における磁場の差に最も敏感に現われることが考えられるであろう。このことは火山地域における磁気測量の際によく考慮されることである。この際必要なことは、測量域における磁場分布を調べることである。この意味で測量域上空で航空磁気測量が行なわれていれば大変好都合である。

残された問題は、磁気異常が単に地形などによる地表付近の影響だけであった場合どうであろうかということである。地殻内のストレス変化によって地表付近の岩石にも帯磁変化があるかどうかは議論されるべき問題であろう。この疑問点の解明をも含めて、基準点を測量域内に設けてみるのも一つの方法であろう。

参考文献

- 1) T. Rikitake, Earthquake Prediction, Elsevier, pp. 357, 1976.
- 2) T. Nagata, Effects of a uniaxial compression on remanent magnetizations of igneous rocks, Pure Appl. Geophys., 78, 100-109, 1970.
- 3) F. D. Stacy, The seismo-magnetic effect, Pure Appl. Geophys. 58, 5-22, 1964.
- 4) T. Yukutake and H. Tachinaka, Geomagnetic variation associated with stress change within a semi-infinite elastic earth by a cylindrical force source, Bull. Earthq. Res. Inst., 45, 785-798, 1967.
- 5) T. Mori and T. Yoshino, Local difference in variations of the geomagnetic total intensity in Japan, Bull. Earthq. Res. Inst., 48, 893-922, 1970.
- 6) T. Rikitake, Elimination of non-local changes from total intensity values of the geomagnetic field, Bull. Earthq. Res. Inst., 44, 1041-1070, 1966.
- 7) 地震予知研究計画・地磁気研究グループ, 地震予知研究計画にもとづく地磁気全磁力観測, 地震予知連絡会会報, 第9巻, 109-126, 1973.
- 8) 地震予知研究計画・地磁気研究グループ, 地震予知研究計画にもとづく地磁気全磁力観測 1972-1973年, 地震予知連絡会会報, 第12巻, 151-160, 1974.
- 9) N. Fujita, Secular change of the geomagnetic total force in Japan for 1970. 0, J. Geomag. Geoelectr., 25, 181-194, 1973.
- 10) 吉野登志男, CA研究会で発表, 1976.