

北海道東部における地震予知地磁気 観測結果について

森 俊雄・水野喜昭・長谷川一美

概 要

1973年6月17日根室半島南東沖約50kmの地点に $M=7.4$ の地震が発生した。これより先、地磁気観測所女満別出張所では1971年に根室市厚床他2点に地磁気による地震予知研究のための磁気点を設置し、同年より年1回の絶対観測を行ってきた。1973年は地震直後にこれら3磁気点で絶対観測を行い、震源に一番近い厚床ではさらに1ヶ月後及び4.5ヵ月後に観測を行った。これら観測にはプロトン磁力計とGSI一等磁気儀を用いて、全磁力、偏角および伏角を夜間数時間観測した。この結果、全磁力、伏角、水平分力、鉛直分力には地震の影響と思われる値の変化は認められなかったが、厚床における地震3日後の偏角に約 $0.8'$ の異常な変化が認められた。磁気点の設置方法には特別の注意を払い、また観測も慎重に行なわれ、毎回精度の良い観測値が得られたので、厚床で得られた偏角の異常は地震の影響である可能性が強い。

今回の結果の一部は1973年6月17日根室半島沖地震調査報告で発表している。

§ 1. はし が き

北海道周辺の大地震は北海道と南千島の太平洋岸及び千島と日本海溝の間にすべて発生している。宇津徳治²⁾は過去における大地震の震源域の分布から、根室沖に過去100年間大地震の発生をみない空白地帯のあることを示し、また、国土地理院の水準測量の結果³⁾から、北海道東部は過去60年間に北々西に向う2mあまりの水平移動のあることが示されていた。このような事から地震予知連絡会により特定地域に指定されていた。このため地磁気観測所女満別出張所では北海道大学横山泉教授と連絡をとり、北海道東部数か所に臨時の磁気点を設置し地球電磁気学的地震予知の基礎的な調査を実施することにした。

地震に伴って地磁気変化が起ったということは古くから言われているが、それらの中には地磁気観測の精度が悪いためや、地球外部磁場変化の地域差の除去ができないため、見かけ上現われていたと思われる変化も多い。このような事から、今回の地震予知のための地磁気観測では、まず、設置された磁気点で観測毎に正確に検出部位置の再現性が出来るように工夫し、たとえ多少検出部の位置がずれたとしても観測精度が悪くならないよう磁場傾度の小さい場所を選定した。次に地球外部磁場変化の地域差を除去するためには森、吉野⁴⁾によると夜間の観測値を使用するのが良いとされているので観測は原則として夜間に行うことにした。

地震予知のための磁気点はFig. 1, Table 1に示すように、女満別地磁気観測所では、1971年に厚床、上春別、緑の3か所に設置した。測定器は 1γ 表示の携帯式プロトン磁力計

Table 1. Locations of geomagnetic stations for earthquake prediction research.

Geomagnetic point	Latitude	Longitude	Distance from Memambetsu
Attoko	43°14.4'	145°15.6'	109 km
Kamishunbetsu	43°26.0'	144°55.3'	74
Midori	43°41.5'	144°37.7'	39 38

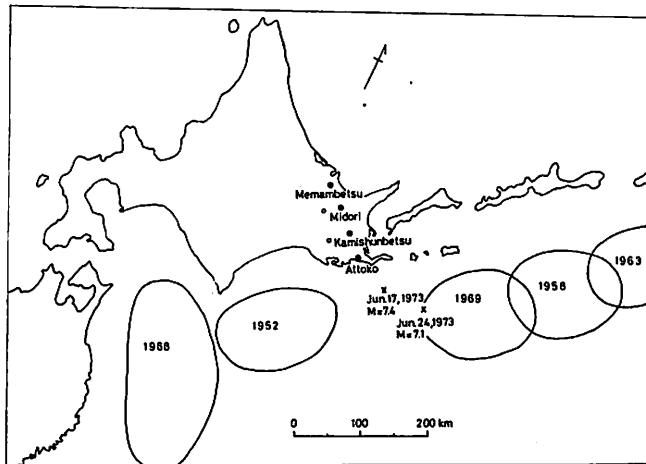


Fig. 1. Locations of geomagnetic stations for earthquake prediction research (solid circles; Memambetsu Magnetic Observatory, open circles: Hokkaido University), epicenters of the earthquakes off the Nemuro Peninsula, June 1973 (cross marks) and aftershock regions for great earthquakes in recent year (ellipse region, after Utsu).

(国際電子製, PMM611G) 及び GSI 一等磁気儀 (No. 64) を使用した。

§ 2. 磁気点について

磁気点は女満別と厚床を結ぶ線上, 厚床, 上春別, 緑の3点で, それらの間隔は 35~40 km である。磁気点の選定にあたっては, 何年かにわたって定期的に絶対観測を実施する事を考えて, なるべく公有地で建造物等による人工擾乱の恐れのない場所で磁場傾度の小さい場所をさがした。

各磁気点は各々お互に 2m 離れた点よりなり, 1点は GSI 磁気儀用, 他の1点はプロトン磁力計用とした。磁気点を設置する際, 附近の磁場の分布を変えないよう考慮して, GSI 磁気儀用磁気点は直径 12 cm, 長さ 30 cm の土管にコンクリートをつめ, 中心に真ちゆう棒を埋めこんだもので, もう一方のプロトン磁力計用磁気点には 6 cm 角, 長さ 90 cm のなら材の抗を打ちこんだ。また, 土管, 抗のまわりには真ちゆう製の三脚用台を埋めこんでおき, 検出部位置が容易に再現できるようにした。

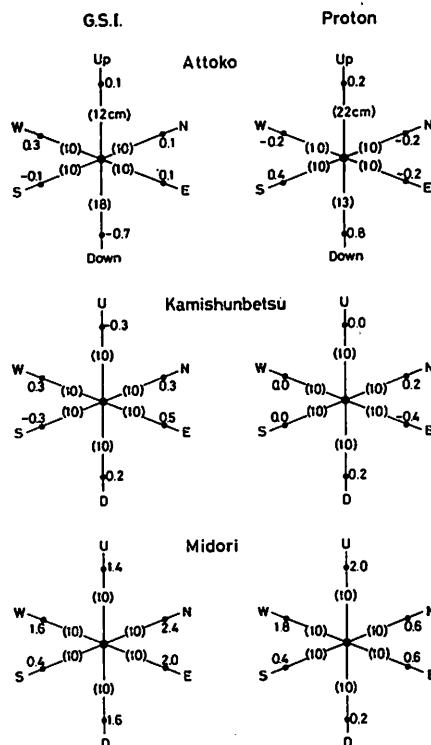


Fig. 2. Geomagnetic total intensity gradients adjacent the sensor of the proton precession magnetometer and GSI-type first order magnetometer at each station.

また、これらの埋めこんでおいた三脚用台等が多少ずれて正確に検出部位置の再現が出来なかったとしても観測値の信頼性を保つため、検出部位置から約 10 cm 6 方向の全磁力差を測定しておいた。Fig. 2 に各センサー位置のごく近傍の分布を示すが、厚床、上春別では F 傾度は $1 \gamma/10 \text{ cm}$ 以下、緑では $2.5 \gamma/10 \text{ cm}$ 以下である。

§ 3. 観 測 方 法

GSI 一等磁気儀による測定は望遠鏡上向（この場合を Up とし、逆向きを Down とする）にした場合、ハンドルを東側（この場合を E、逆向きを W とする）にしてサーチコイルを順回転、逆回転で測定し、次に Up のまま W で測定し、それらの値より、I 及び D の一つの測定値が得られる。プロトン磁力計による F は、GSI 磁気儀 E、W 測定での前、中、後に各々手で 5 個測定し、15 個の平均に GSI センサー位置とプロトンセンサー位置の地点差を補正し、GSI センサー位置の F とする。これにより E、W 測定の平均時間に対する、 F, I, D, Z^H を求める事ができる。GSI 磁気儀での測定は Up (E, W), Down (W, E), Down (E, W), Up (W, E) の順にくり返し測定し、各々を 1 個の測定値とする。

GSI およびプロトンセンサー位置間の全磁力差の測定は、プロトンセンサーを移動して毎回観測開始前と観測後に実施した。

偏角 (D) を求めるためには北極星等により真方位を測定する必要があるが、天候の関係で毎回真方位測定ができるとは限らないので、方位標となる建造物等をさがしておくのが便利である。厚床では磁気点より約 1 km 離れた鉄塔および工場の煙突を方位標とすることができたが、上春別、緑では目標にできる建造物がなかった。

§ 4. 観 測 結 果

1971 年は各磁気点の日変化を調査する目的もあり、10~15 分毎にはほぼ 24 時間の観測を行ったが、1972 年以降は夜間数時間の観測を行った。ただし、1973 年 11 月 6 日の厚床での観測は、夜間の気温が 0°C 以下に低下することが予想されたので午後より観測を行った。Table 2 に各磁気点における観測値と、それに対応する女満別の値を、観測日、観測時間、観測時間の K-index、観測回数と共に示す。1971 年の値は夜間値の平均値のみ示す。

GSI, プロトン両センサー間の全磁力差は毎回測定したが、各磁気点共 1971 年の測定値に対して $\pm 0.5 \gamma$ 以内で一致しているので、全て 1971 年の値を使用した。補正值は次の通りである。

$$\begin{array}{ll} \text{厚 床} & F(\text{GSI}) = F(pr) - 1.7 \gamma \\ \text{上 春 別} & F(\text{GSI}) = F(pr) + 3.6 \gamma \\ \text{緑} & F(\text{GSI}) = F(pr) + 1.8 \gamma \end{array}$$

北極星による真方位測定は、1972 年は 3 磁気点で行い、1973 年 7 月 16 日は厚床のみで行った。厚床での鉄塔の方位は

$$1972 \text{ 年 } 7 \text{ 月 } 18 \text{ 日 } \quad 206^{\circ} 57.86' \text{ (SW 方向)}$$

$$1973 \text{ 年 } 7 \text{ 月 } 16 \text{ 日 } \quad 206^{\circ} 57.63'$$

で、両者に 0.23' の差があるが、厚床での偏角を求める際には、1971, 1972 年には 1972 年の方位、根室沖地震後の 1973 年の値を求めるには 1973 年 7 月 16 日の方位を使用した。これは 1973 年 6 月 16 日の根室半島沖地震後鉄塔の方位が 0.23' 変わったと仮定したためであるが、もし鉄塔の方位が変わっていないとして、1972 年の方位を 1973 年にも使用すると、1973 年の厚床の偏角は Table 2 の値よりそれぞれ 0.23' 小さくなり、厚床と女満別との差の変化が大きくなる。なお厚床における鉄塔と煙突間の方位差は約 $25^{\circ} 49'$ であるが、地震前後での方位差の変化は認められなかった。

1972 年までの観測結果については 1971 年の各磁気点における日変化の測定結果も含めて、森・大地⁵⁾および大地・森⁶⁾によって報告されている。

§ 5. 解 析

ある地点 A および B で同時に測定された観測値を $X(A)$ および $X(B)$ とすると、簡単には、 $X(A) - X(B)$ の時間的変化を B 点に対する A 点の局地変化と見なされるが、通常地球外部磁場変化や地球内部からの誘導磁場が A, B 点で異なるため短期間においても $X(A) - X(B)$

Table 2. Observed values of geomagnetic field at each geomagnetic station and Memambetsu Magnetic Observatory.
 K: K-index at Memambetsu for the time of the observation. N: Number of observations.

Date	Time (U.T.)	K	N	D		I		F		H		Z	
				Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean	Mean
				AT	MT	AT	MT	AT	MT	AT	MT	AT	MT
1971 Sep. 9	9-14 ^h	2	16	8°30'W	8°10'W	57°30'	57°20'	48800γ	49100γ	26100γ	26500γ	41200γ	41300γ
				+2.36'	+0.56'	+7.72'	-0.73'	+74.5	+33.2	+67.5	+28.4	+79.2	+55.9
1972 Jul. 18	10-14	2	10	+2.87	+0.87	+7.65	-0.63	+61.9	+22.2	+61.7	+20.7	+68.0	+46.4
1973 Jun. 2	9-14	3	28	+2.96	+1.70	+9.18	+0.72	+45.8	+04.8	+34.8	- 4.2	+66.0	+43.2
				+3.42	+1.62	+8.08	-0.27	+49.6	+ 8.3	+49.9	+ 9.2	+61.0	+38.6
				+4.10	+2.17	+8.43	-0.05	+41.6	+ 0.2	+41.4	+ 2.6	+56.9	+33.3
				KS	MT	KS	MT	KS	MT	KS	MT	KS	MT
				7°40'W	8°10'W	56°20'	57°20'	48600γ	49100γ	26900γ	26500γ	40500γ	41300γ
1971 Sep. 21	9-15 ^h	1	17			+1.78'	+0.17'	+53.3	+28.5	+50.5	+15.2	+ 7.0	+58.9
1972 Sep. 11	10-13	4	16	+8.66'	+1.17'	+3.03	+1.65	+24.2	- 0.7	+19.7	-18.5	- 7.5	+45.8
1973 Jun. 21	9-13	2	28			+1.63	+0.20	+31.3	+ 8.7	+40.0	+ 4.0	-12.4	+42.5
				MI	MT	MI	MT	MI	MT	MI	MT	MI	MT
				8° W	8°10'W	57°	57°20'	48900γ	49100γ	26600γ	26500γ	41000γ	41300γ
1971 Oct. 7	8-14 ^h	2	20			+3.92'	+0.12	+70.7	+28.5	+24.1	+15.7	+99.9	+58.5
1972 Sep. 21	9-15	1	22	+7.36'	+0.76'	+3.68	-0.17	+57.5	+16.5	+20.0	+12.5	+88.0	+46.3
1973 Jun. 25	8-13	2	24			+4.12	+0.20	+43.3	+ 3.2	+ 7.2	+ 1.1	+79.2	+37.6

は一定値にならない。特に地磁気日変化が地域によりまた日々異なるので昼間時の観測値を用いると $X(A)-X(B)$ のばらつきは大きくなる。また、2地点間での地磁気変化比の平均値が1とは限らないので重価差 $X(A)-\alpha X(B)$ (α は A, B 間で決定される定数) をとることが考えられる。森・吉野⁴⁾によるとお互に 500 km 離れた地点で測定した昼間時の1時間平均値の差の標準偏差は全磁力値で 5γ 以上であるが、夜間時の一時間平均値を用いると 2γ 程度になり、さらに重価差を用いると 1γ 程度になる。

今厚床で測定された偏角を $D_i(AT)$, 対応する女満別の偏角を $D_i(MT)$ とする。毎回の $D_i(AT), D_i(MT)$ を用いて最小自乗法により

$$D(AT) = \alpha D(MT) + \beta$$

の係数 α, β を決定すると、

$$\Delta D_i(AT) = D_i(AT) - \{\alpha D_i(MT) + \beta\}$$

を厚床における局地変化とみなすことができる。Table 2 の値より各成分について各磁気点

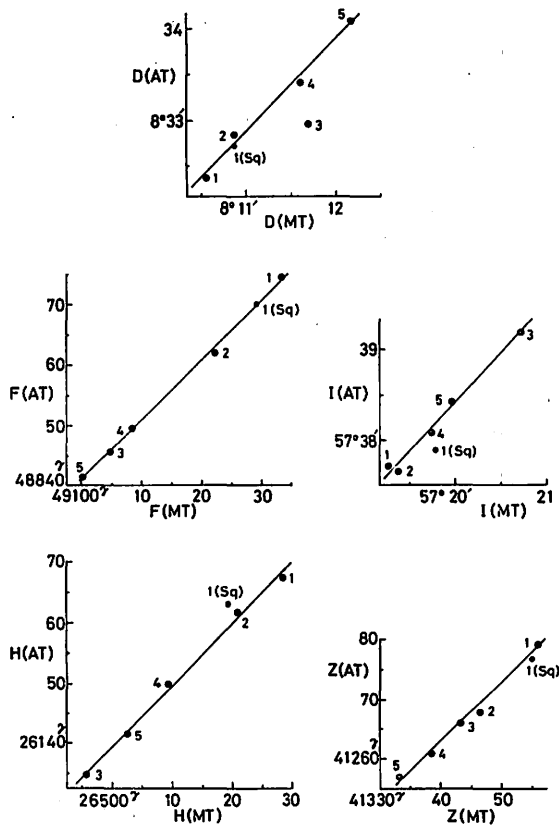


Fig. 3. Correlations between observed values at Attoko and those at Memambetsu.

1: Sep. 9, 1971. 2: July 18, 1972. 3: June 20, 1973. 4: July 16, 1973. 5: Nov. 6, 1973. 1(Sq): Sep. 9 and 10, 1971.

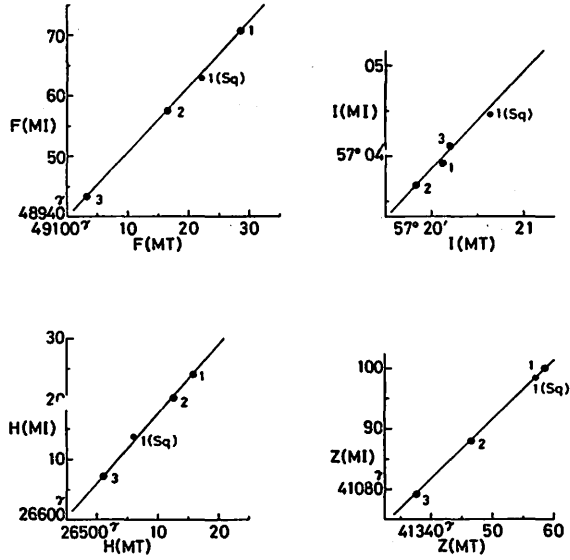


Fig. 4. Correlations between observed values at Kami-shunbetsu and those at Memambetsu.
 1: Sep. 21, 1971. 2: Sep. 11, 1972. 3: June 21, 1973.
 1(Sq): Sep. 21 and 22, 1971.

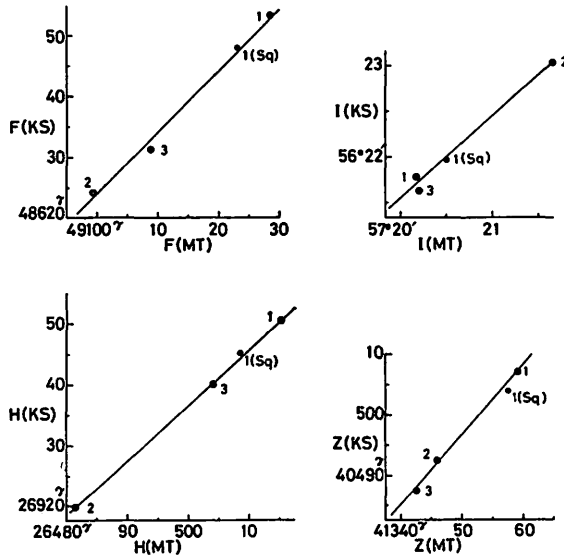


Fig. 5. Correlations between observed values at Midori and those at Memambetsu.
 1: Oct. 7, 1971. 2: Sep. 21, 1972. 3: June 25, 1973.
 1(Sq): Oct. 7 and 8, 1971.

と女満別との関係式を最小自乗法により求めると次のようになる。ただし、厚床での1973年6月20日のDは異質と考えられるので、除外して係数を求めた。

$$\begin{aligned}
 D(AT) &= 1.02 \{D(MT) - 8^\circ 10'\} + 8^\circ 31.86' \\
 I(AT) &= 1.08 \{I(MT) - 57^\circ 20'\} + 57^\circ 38.42' \\
 I(KS) &= 0.90 \{I(MT) - 57^\circ 20'\} + 56^\circ 21.55' \\
 I(MI) &= 1.09 \{I(MT) - 57^\circ 20'\} + 57^\circ 03.85' \\
 F(AT) &= 0.98 \{F(MT) - 49100\} + 43841.2 \\
 F(KS) &= 1.01 \{F(MT) - 49100\} + 48623.9 \\
 F(MI) &= 1.08 \{F(MT) - 49100\} + 48939.8 \\
 H(AT) &= 1.03 \{H(MT) - 26500\} + 26139.4 \\
 H(KS) &= 0.91 \{H(MT) - 26500\} + 26936.5 \\
 H(MI) &= 1.15 \{H(MT) - 26500\} + 26605.9 \\
 Z(AT) &= 0.99 \{Z(MT) - 41300\} + 41223.3 \\
 Z(KS) &= 1.16 \{Z(MT) - 41300\} + 40438.7 \\
 Z(MI) &= 0.99 \{Z(MT) - 41300\} + 41042.1
 \end{aligned}$$

上式での一次係数(α)には女満別と磁気点との経年変化の相異も含まれ、地震エネルギーの蓄積又は解放に関する値も含まれている可能性もあるが、今回は3年間の短期間における

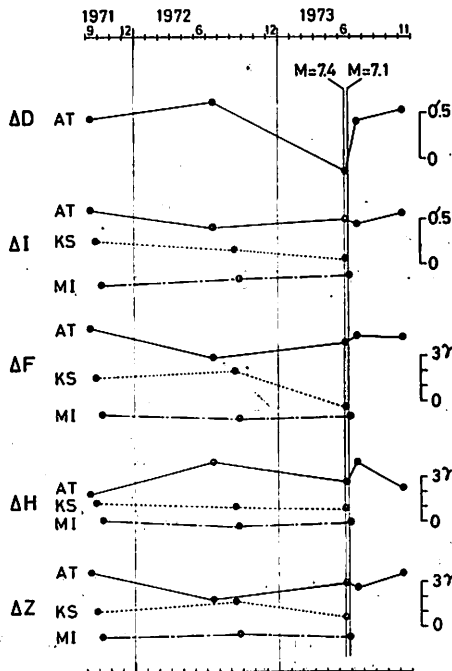


Fig. 6. Local changes of geomagnetic components at each station.

観測値から地震の影響による値の変化を求めるので、この係数については議論しない。

Fig. 3~5 に女満別に対する各磁気点の観測値と最小自乗法で決定した直線を示す。参考の為 1971 年に各磁気点で行った約 24 時間の平均値もプロットし、 $I(Sq)$ で示した。 $I(Sq)$ の観測回数は厚床、上春別および緑でそれぞれ 154, 93 および 100 である。

各磁気点の局地変化 ($\Delta D_i(AT)$ 等) を求め Fig. 6 にプロットした。Fig. 3~5 からも見られるように、厚床での偏角以外は局地変化は誤差程度と見なすことができるが、1973 年 6 月 20 日の厚床における変化は異常で、1972 年 7 月と比較すると、厚床では 1973 年 6 月 17 日の根室半島沖地震後、女満別に対して $0.8'$ 約東偏している。地震 1 ヶ月には約 $0.5'$ 回復しており、このような厚床での偏角の変化は加藤⁷⁾ による 1946 年 12 月 21 日の南海道地震 ($M=8.1$) 前後の勝浦での偏角の変化に非常に良く類似している。また全磁力値の変化については、大川・山下・横山⁸⁾ に厚岸等の観測結果があるが、異常は認められていない。

§ 6. む す び

地磁気による地震予知を目的とした今回の観測は、観測を開始して 2 年後に地震が起り、さらに地震の前には 1 年前の測定値しかないため、地震前にどのような地磁気変化があるかという目的には沿えなかったが、地震後、地震の影響と思われる変化を観測した。また今回の地震予知地磁気観測のように非常に注意して測点を選定し、観測すれば、かなり良い精度で地磁気観測を行うことができ、地震予知に対して地磁気を有力な手がかりの一つとすることも可能と考えられる。

おわりに今回の計画にあたり、種々の御指導を賜った北海道大学横山泉教授、柳原所長並びに山口所長に厚くお礼申し上げます。磁気点の設置に関して厚床では根室市役所厚床出張所、上春別では別海町上春別出張所、緑では清泉小学校に御協力いただきました事を深く感謝致します。

また今回の磁気点の設置及び観測は、大地前女満別出張所長始め職員全員によって行なわれた事を附記します。

文 献

- 1) 地磁気観測所女満別出張所 (1974) : 1973 年 6 月の根室半島沖地震に伴う地磁気変化について、1973 年 6 月 17 日根室半島沖地震調査報告、1974 年 3 月、72—75.
- 2) 宇津徳治 (1971) : 北海道周辺における大地震の活動と根室南方沖地震について、第 8 回自然災害科学シンポジウム、1971 年 10 月、129—132.
- 3) 田島稔、藤田尚美、佐藤裕 (1973) : 日本における最近の地殻変動の様相、CA シンポジウム (日本列島下の熱的構造)、1973 年 3 月、117—132.
- 4) Mori, T. and Yoshino, T. (1970) : Local Difference in Variation of the Geomagnetic Total Intensity in Japan, B.E.R.I., Vol. 48, 893—922.
- 5) 森俊雄・大地洗 : 根室沖地震予知試験観測 (I), 地磁気観測所技術報告第 12 巻第 1 号 (第 46 号), 106—122.
- 6) 大地洗・森俊雄 : 根室沖地震予知試験観測 (II), 地磁気観測所技術報告第 13 巻第 1 号 (第 50 号), 48—54.

- 7) 加藤愛雄(1966):地震に伴う地磁気変化に関する研究のまとめ,地震及び火山活動に伴う地磁気変化,東大地物研シンポジウム, No. 3 (1966年5月)講演集, 1—20.
- 8) 大川史郎・山下済・横山泉(1974):北海道東部地方における根室半島沖地震後の重力および地磁気の再測, 1973年6月17日根室半島沖地震調査報告, 1974年3月, 67—71.

On the Results of Geomagnetic Observations for Earthquake Prediction Research in the Eastern Part of Hokkaido

Toshio MORI, Yoshiaki MIZUNO and
Kazumi HASEGAWA

Abstract

Memambetsu Magnetic Observatory has made the observations of the geomagnetic absolute values once a year since 1971 at three temporary stations (Attoko, Kami-shunbetsu and Midori) in the eastern part of Hokkaido, for the earthquake prediction research.

At each station an undisturbed site where the gradient of the geomagnetic field was negligible were selected and a portable proton precession magnetometer and a GSI-type first order magnetometer were employed for the observation. In order to reduce the position error at resetting of the magnetometers, a permanent mark made of non-magnetic material was buried for each one of the magnetometer position, and brass rods were also buried around the mark for the tripod of the magnetometer to help to reset at the right position.

On June 17, 1973, the Earthquake off the Nemuro Peninsula occurred. Then, at three stations the observations were made soon after and at Attoko again on July 17 and Nov. 6. In order to eliminate the local differences of solar daily variation, the observations were carried out at night.

The weighted differences between the observed values at each station and those at Memambetsu were computed. Changes of the difference are nearly within the observational error except D component at Attoko. The change of the weighted difference of D at Attoko amounted to about 0.8' just after the earthquake. This is anomalous and seems to be the seismo-magnetic effect of the Earthquake off the Nemuro Peninsula.