



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道東部における地磁気全力の経年変化の観測（第1報）
Author(s)	山下, 濟; YAMASHITA, Hitoshi; 横山, 泉 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 33, 31-39
Issue Date	1975-08-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.33.31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14049
Type	departmental bulletin paper
File Information	33_p31-39.pdf



北海道東部における地磁気全力の 経年変化の観測 (第1報)

山下 濟・横山 泉
北海道大学理学部地球物理学教室
(昭和49年12月16日受理)

Annual Measurements of Geomagnetic Total Intensity in the Eastern Part of Hokkaido (Part 1)

By Hitoshi YAMASHITA and Izumi YOKOYAMA,
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received Dec. 16, 1974)

Annual measurements of geomagnetic total intensity by a proton precession magnetometer have been repeated since 1972 in the eastern part of Hokkaido in order to study anomalous changes, if any, accompanying earthquakes. This district is near to the epicenters of large earthquakes in the Pacific and contains a seismically active locality in the inland. Along a straight line of about 120 km long between the Memambetsu Magnetic Observatory and the Pacific coast, three geomagnetic stations were set up for the annual measurements. The measurements at each station are referred to those at the Magnetic Observatory where they are measuring the total magnetic intensity every minute by a proton precession magnetometer as a routine work.

The annual measurements at the three stations were repeated three times (1972, 73 and 74). Each annual measurement was composed of every minute ones for about 24 hours and its overall accuracy is about 0.4γ . On June 17, 1973, an earthquake of magnitude 7.4 occurred at a distance of about 100 km off the Nemuro Peninsula, and any significant anomalous change in geomagnetic total intensity was not detected at the three stations between 1972 and 1973.

I. ま え が き

わが国では明治以来全国的に地磁気測量が行われて来た。その目的の1つは地震および噴火に際しての地球磁場の異常変化の検出であった。地磁気測定 of 器械あるいはその原理は時代と共に変遷して、それに伴ってその測定精度も向上して来た。特に、戦後、プロトンの才差自由振動を利用した磁力計により、全磁力の絶対測定が野外でも可能になって来た。そして、最近は、地震予知の手段の1つとしての地球磁場の異常変化に関する研究が、わが国をはじめ、アメリカ、ソ連および中国で進められている。それらの研究には、地震前後の震央付近における測定例の蓄積、岩

石磁気の理論的および実験的研究などがあるが、筆者らも巨大地震帯に近い北海道東部において地磁気全力の経年変化の観測を始めたので、その概要を報告する。

II. 地磁気全力の観測

北海道東部の太平洋側には、海岸から約 200 km に海溝があり、約 100 km を中心として巨大地震の震央が並び、これらが数10年の周期で繰返し起きている。また、内陸の弟子屈地域では、近年マグニチュード5前後の地震が約5年毎に起きている。そこで、地震に伴う地球磁場の異常変化を研究する目的をもって、筆者らは地磁気観測所(気象庁)と相談して、女満別観測所から太平洋岸に至るほぼ南東の2直線に沿って、それぞれ3ヶ所の磁気点を設け、経年変化の観測を分担することにした。地磁気観測所は、女満別と厚床を結ぶ線上に緑、上春別、厚床の3点を設け、1971年から観測を開始した。筆者らは、女満別と厚岸を結ぶ線上に、30~40 kmの間隔で、屈斜路、標茶、厚岸の3点で1972年から観測を始めた。これらの測点は Fig. 1 および Table 1 に示されている。各磁気点の点の記は Fig. 2 に示す。各点における標識は、地表で穴を掘って標石を埋設することによる磁場の擾乱を恐れ、約 6 cm 角の木柱を打ち込んだだけである。冬期間の地面の凍上による木柱の浮き上りは殆んどないようである。

地磁気全力の測定は、最小読取值 0.1 γ のプロトン磁力計 (PMM-713 G: 国際電子 k.k. 製) を用い、毎分の測定値を印字させた。経年変化の算出の基準としては、女満別観測所の値を用いた。同観測所では、プロトン磁力計による全磁力の毎分測定を業務観測として行っている。

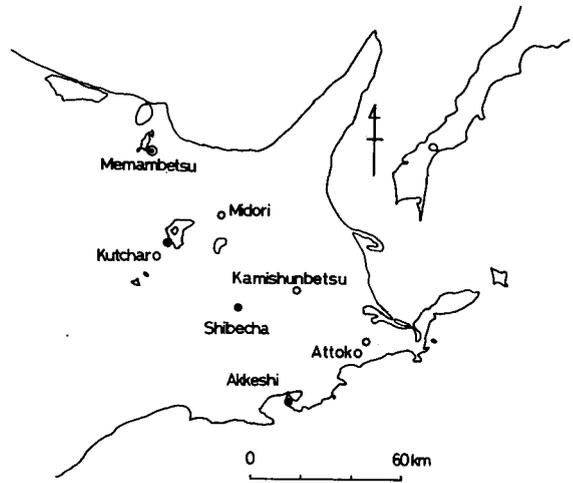
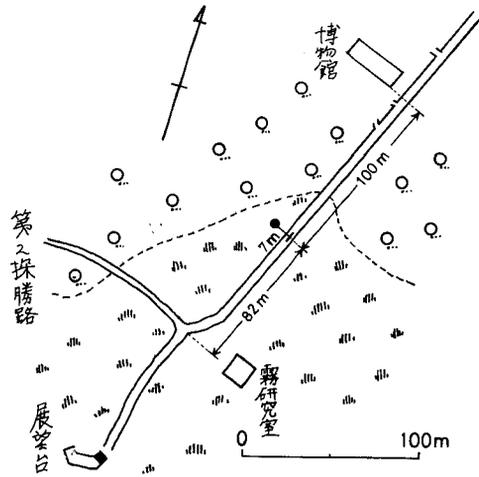


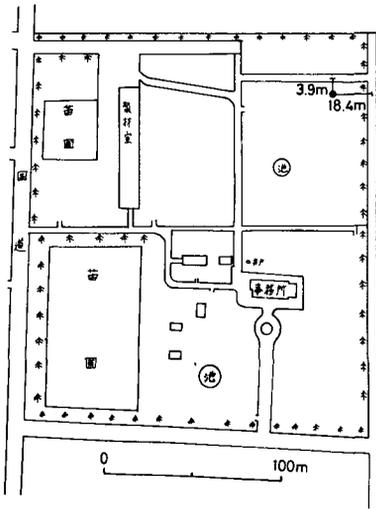
Fig. 1. Locations of geomagnetic stations (●: Hokkaido Univ., ○: Memambetsu Magnetic Observatory).

Table 1. Coordinates of stations and secular variations (\dot{F}) calculated by Fujita's formula.

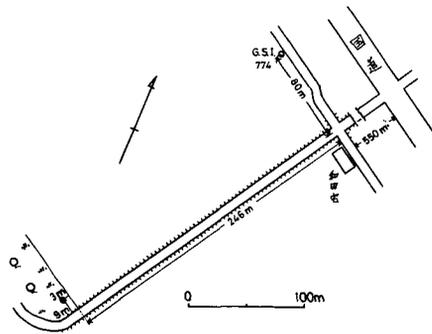
	Akkeshi	Shibecha	Kutcharo	Memambetsu
Latitude	43° 1'1 N	43° 19'4 N	43° 33'6 N	43° 54'6 N
Longitude	144° 50'5 E	144° 37'1 E	144° 18'1 E	144° 11'6 E
\dot{F} (γ /yr)	-24.14	-24.36	-24.56	-24.78
$\delta\dot{F}$ (γ /yr)	-0.64	-0.42	-0.22	0.00



a) 厚岸 (Akkeshi)



b) 標茶 (Shibecha)



c) 屈斜路 (Kutcharo)

Fig. 2. Sketch maps of geomagnetic stations.

III. 観測結果

観測時間が年によって異なるため、比較には、住友(1973)に従い、毎分の女満別との差の夜間の数時間(12:00-17:59 U.T.)の平均値を使用した。場合によっては観測がこの条件を満たせなかった。経年変化の地点差は藤田(1973)による次式で補正した。

$$\dot{F}(\gamma/\gamma\text{r}) = -21.94 - 0.579 \Delta\varphi + 0.187 \Delta\lambda, (\Delta\varphi = \varphi - 37^\circ, \Delta\lambda = \lambda - 138^\circ).$$

藤田および住友によれば、静穏日の観測の場合でも D_R (環電流による擾乱場)の補正が必要であり、磁気嵐の際にはさらに D_P (極域嵐による擾乱場)、 D_{CF} (太陽風の圧力急増による擾乱場)等の補正が必要となるが、観測点が女満別からあまり離れていないので、補正值が小さいと思われるからこれらの補正は行わなかった。また、北大のプロトン磁力計と女満別のプロトン磁力計は γ_P (陽子の磁気角運動量比)として使用する値が異なるため、観測値は、女満別のプロトン磁力計での値を1とすれば、北大のプロトン磁力計での値が 3.75×10^{-5} 程大きくなる。すなわち、 49000γ に対して約 1.8γ 大きく観測される。しかし、今問題にするのは絶対値そのものではなく女満別との差の年変化であるから、これによる補正值は観測時の女満別の全磁力値の年による違いに 3.75×10^{-5} をかけたもので無視できるのでその補正は行っていない。3年とも女満別で、器差補正の値を求めるために比較測定を行ったが、補正值は無視する程小さかった。この測定と各観測の結果とから、総合的な観測精度は擾乱の影響がなければ 0.4γ 程度、また擾乱時にはその程度によって、 $0.8 \sim 2.0\gamma$ 程度になる。

1974年には、精度 $\pm 1\gamma$ の携帯用プロトン磁力計(PPM-739B:測機舎製)を用い、各点の磁場傾度の測定と、屈斜路の国土地理院の二等磁気点(No.774)での観測とを行った。磁場傾度の測定は地上1.5mの高さで1点につき3回以上行い、その平均値を磁気点の観測を基準にして γ

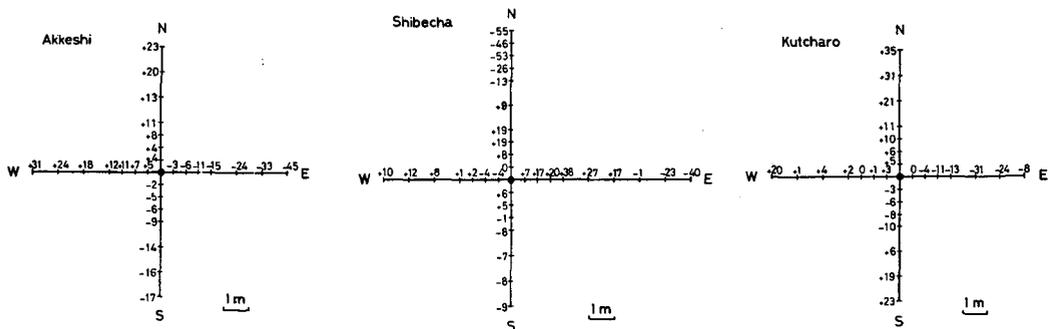


Fig. 3. Local gradient of geomagnetic field ($h=1.5\text{ m}$; unit in γ).

単位で表わした(Fig. 3). 屈斜路の二等磁気点での観測は, 高さ 1.35 m で, 夜間 (10月24日 11:40-50, 12:04-13 U.T.) と, 昼間 (10月25日 00:54-01:05, 02:00-01, 02:57-03:02, 03:57-04:01 U.T.) に行い, 毎分値の女満別および北大磁気点との差を求め, 夜間と昼間のそれぞれと全体について平均値を求めた (Table 2). ただし, この場合には γ_P の補正を行ってある. その値は, 北大の2つの磁力計についての γ_P が同じ値なので, この2つの間では 0.0%, 二等磁気点と女満別との間では -1.84γ であった.

各年の観測結果は Table 3 に, 経年変化については, Table 4 と Fig. 4 に示した. Fig. 5 には, 気象庁地磁気観測所 (1973) による, 厚床, 上春別, 緑の3点における, 1971年から1973年までの観測結果を示した. 各点の観測結果については, 以下に記述する.

Table 2. Differences in geomagnetic total intensity at G.S.I. magnetic point (No. 774) referred to Memambetsu (ΔF_M) and to Kutcharo station (ΔF_K). N denotes the sample numbers.

	$\Delta F_M (\gamma)$	N	$\Delta F_K (\gamma)$	N
Night	-381.2 ± 0.5	22	$+40.9 \pm 0.4$	21
Day	-381.0 ± 0.8	24	$+42.1 \pm 0.7$	25
Total	-381.1 ± 0.7	46	$+41.6 \pm 0.7$	46

Table 3. Results of observations. N denotes the sample numbers.

a) 1972

	Akkeshi	Shibecha	Kutcharo
Date	Aug. 5	Aug. 6	Aug. 7
Time	13:00-17:59	12:00-14:09	12:57-17:59
N	138	128	199
$\Delta F (\gamma)$	$+160.82 \pm 2.02$	-589.01 ± 1.05	-445.75 ± 0.82

b) 1973

	Akkeshi		Shibecha	Kutcharo	
Date	July 15	July 16	July 14	July 12	July 13
Time	12:00-17:59	12:00-17:59	12:00-17:59	12:00-17:59	12:00-17:59
N	339	353	230	355	348
$\Delta F (\gamma)$	$+159.28 \pm 1.18$	$+158.48 \pm 0.64$	-584.36 ± 0.81	-418.53 ± 0.35	-418.36 ± 0.41

c) 1974

	Akkeshi	Shibecha	Kutcharo
Date	Oct. 27	Oct. 26	Oct. 24
Time	12:00-17:59	1:28- 4:56	12:00-17:59
N	354	193	328
$\Delta F (\gamma)$	$+163.19 \pm 1.15$	-585.35 ± 0.88	-420.45 ± 0.66

Table 4. Changes of differences in geomagnetic total intensity referred to Memambetsu. 1), 2), 3) and 4) denote the data of July 15, 16, 12 and 13, 1973, respectively.

a) 1973-1972

	Akkeshi		Shibecha	Kutcharo	
$\Delta F_{1973} - \Delta F_{1972}$	-1.54 γ ¹⁾	-2.34 γ ²⁾	+4.65 γ	+27.22 γ ³⁾	+27.39 γ ⁴⁾
$\delta \dot{F}$	-0.58 γ	-0.58 γ	-0.38 γ	-0.20 γ	-0.20 γ
	-2.12 γ	-2.92 γ	+4.27 γ	+27.02 γ	+27.19 γ

b) 1974-1973

	Akkeshi		Shibecha	Kutcharo	
$\Delta F_{1974} - \Delta F_{1973}$	+3.91 γ ¹⁾	+4.71 γ ²⁾	-0.99 γ	-1.92 γ ³⁾	-2.09 γ ⁴⁾
$\delta \dot{F}$	-0.80 γ	-0.80 γ	-0.52 γ	-0.28 γ	-0.28 γ
	+3.11 γ	+3.91 γ	-1.51 γ	-2.20 γ	-2.37 γ

c) 1974-1972

	Akkeshi	Shibecha	Kutcharo
$\Delta F_{1974} - \Delta F_{1972}$	+2.37 γ	+3.66 γ	+25.37 γ
$\delta \dot{F}$	-1.38 γ	-0.91 γ	-0.48 γ
	+0.99 γ	+2.75 γ	+24.89 γ

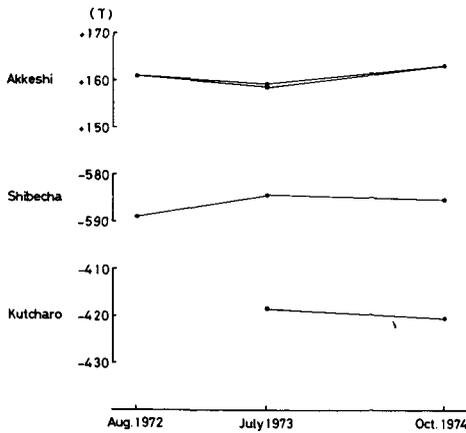


Fig. 4. Changes of differences in geomagnetic total intensity referred to Memambetsu.

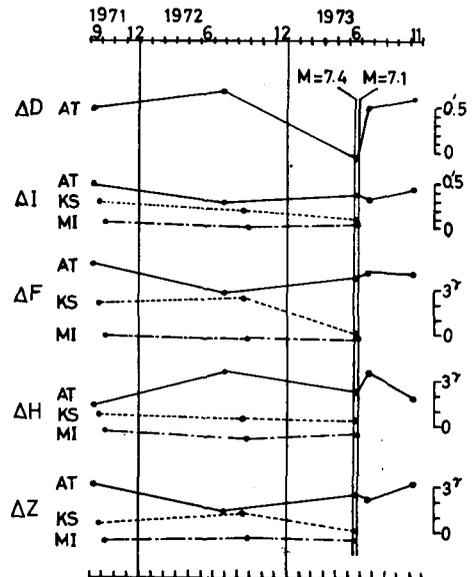


Fig. 5. Local changes of geomagnetic components at Attoko (AT), Kamishunbetsu (KS) and Midori (MI) (after Memambetsu Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency (1973)).

a) 厚 岸

1972年の観測は激しい磁気嵐中のため値がばらつき、ミスカウントも多く、誤差が大きくなった。1973年は2晩の観測が行えて、2つの結果が得られたが、15日の観測は擾乱のため誤差が大きく、16日の観測は比較的静穏な時で誤差が小さかった。この両日の観測結果の間には約 0.8γ の差があるが、これは誤差範囲内である。

1972年と1973年の観測は、根室半島沖地震をはさんでいる。それらに関しては、既に大川・山下・横山（1973）の速報がある。結論は同じであるが、Table 3,4に見られるように観測の総合的な精度を考えると、有意な変化は認められない。また、阿部の断層モデルによる、厚岸における歪の計算値と、根室半島花咲の粗粒玄武岩の残留磁化を使うと、〈付〉に示される計算によって、期待される変化は $10^{-2}\gamma$ のオーダーになり、我々の観測では検出しえない。

b) 標 茶

1973年は夜間の比較的静穏な時の観測値が得られたが、1972年は夜間の一部、1974年は昼間の観測値しか得られなかった。1972年は、厚岸ほどではないが、やはり磁気嵐のため誤差が大きかった。1972年と1973年の観測結果の間には約 4γ の有意な差があるが、厚岸で地震の影響が認め難いことを考えると、地震に結びつけて考えるのは難しい。田島（1968）によるとこの付近は永年変化の異常地帯に属するが、観測時間が同じでないこと、1973年と1974年の観測結果の間にそのような大きな違いのないことなどを考えると、原因は明らかでない。

c) 屈 斜 路

1972年と1973年の観測結果の間に約 27γ の差があるが、これはこの間に磁気点わきの道路補修に砂利を舗いたためである。従って、1973年以降の観測と1972年の観測との比較はできない。1973年と1974年の観測は静穏時で、誤差は小さかった。1973年は、2晩の観測が行えたが、両方の値はよく一致した、これは厚岸と異なった結果であるが、屈斜路では両晩とも静穏であったのに対し、厚岸の場合は一方が擾乱のある時だったことに一因があるのかもしれない。

二等磁気点（No.774）と北大の磁気点および女満別との差（Table 2）は、それぞれ約 42γ と約 381γ であった。

なお、1973年6月の根室半島沖地震に伴う地磁気の異常変化については、気象庁地磁気観測所（1973）の報告があるが、それによればFig.5に示されるように厚床で、根室半島沖地震に関係すると思われる偏角の変化（ $0.8'$ ）が観測されている。しかし、全磁力の異常変化は観測されていない。また、他の2点緑および上春別においては全成分について異常変化を認めなかった。

む す び

3点ともまだ観測年数が短いので経年変化の詳細についての議論は行えない。厚岸および標茶では1973年6月の根室半島沖地震の影響は検出できなかった。

今後、地震等に伴う地磁気異常変化を調べるためにも、この地域の経年変化および短周期地磁気変化の地域性を調べるためにも、さらに観測を積み重ねて行く必要がある。

謝 辞

毎回の測定に際し、プロトン磁力計の比較観測に協力いただき、毎分の観測値を提供いただいた地磁気観測所女満別出張所の各位に深く謝意を表します。磁気点の設置に関して、格別の御配慮と御協力を賜った、京都大学農学部北海道演習林当局(標茶)、本学部厚岸臨海実験所当局(厚岸)、および安部春光氏(屈斜路)に厚く御礼申し上げます。

<付>

永田(1972)によれば、一軸応力による残留磁化 J の変化 ΔJ は次の式によって与えられる:

$$\Delta J(\theta, \sigma) = -\frac{\beta\sigma}{4}(3\cos 2\theta + 1) \times J$$

ここで θ : 応力軸と残留磁化の方向のなす角

σ : 応力(圧縮を正, 引っぱりを負とする; 単位 bar)

β : 係数(地殻を構成する火成岩では約 10^{-4} bar^{-1})

今厚岸における最大主歪を阿部の断層モデルを使った計算により, $+3.1 \times 10^{-6}$ (N78°W), 残留磁化の偏角を N8°W, 伏角を 60° とすれば, 剛性率を $2 \times 10^{11} \text{ dyne/cm}^2$ として, 最大主歪が一軸応力で生じたとした時の, 残留磁化の変化は

$$\Delta J = -2.6 \times 10^{-5} \times J.$$

従って, J として花咲の粗粒玄武岩の値 $5 \times 10^{-3} \text{ emu/cm}^3$ を用いると, ΔJ は $-1.3 \times 10^{-7} \text{ emu/cm}^3$ となる。

残留磁化 J の水平円筒の作る磁場のポテンシャル V は, ポアッソンの関係式

$$V = \frac{J}{\rho G} \frac{\partial U}{\partial j}$$

ここで ρ : 密度

j : 残留磁化の方向

U : 重力ポテンシャル

で与えられ, その重力ポテンシャル U は

$$U = -2\pi\rho GR^2 \log r$$

ここで R : 円筒の半径

r : 円筒外の点の円筒中心からの距離

G : 万有引力定数

であるから, 残留磁化の方向として前述の値を用い, 円筒の走向がこれに直交するとして, この円筒の作る磁場の全力 F は

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial z}\right)^2} \\ &= 2\pi R^2 \frac{J}{r^2} \end{aligned}$$

と表わされる。

水平円筒として、清野（1958）のモデルで $J = 5 \times 10^{-3} \text{ emu/cm}^3$ の場合、すなわち $R = 14.7 \text{ km}$ を使えば残留磁化の変化 ΔJ による全磁力の変化 ΔF を円筒の直上の点について計算すると、 $\Delta F = -0.04 \gamma$ となる。帯磁率の変化による F の変化は、粗粒玄武岩では誘導磁化が残留磁化に比べて十分に小さいので、それらの変化の割合を永田に従って同程度とすれば、大勢に影響はない。

文 献

- FUJITA, N., 1973. Secular change of geomagnetic total force in Japan for 1970. 0. *Jour. Geomag. Geoelectr.*, **25**, 181-194.
- 気象庁地磁気観測所女満別出張所, 1974. 1973年6月の根室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.
- NAGATA, T., 1972. Application of tectonomagnetism to earthquake phenomena. *Tectonophys.*, **10**, 263-271.
- 大川史郎, 山下 濟, 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.
- 清野政明, 1958. 北海道東部（根釧原野）における重力及び地磁気異常. 北大地球物理学研究報告, **6**, 9-15.
- 住友則彦, 1973. 地磁気永年変化の局地的異常の検出法について. 九十九地学, 第8号.
- TAZIMA, M., 1968. Accuracy of recent survey and locally anomalous behaviour of the geomagnetic secular variation in Japan. *Bull. G. S. I.*, **13**, 1-78.