

## 北海道東部における地磁気・地 電流変化観測

森 俊 雄

### 概 要

1970年より北海道東部地域の地下電気伝導度構造を求めめるため、各地に臨時観測点を設け、地磁気・地電流の変化観測を行っている。地磁気変化観測には GIT 型磁力計および自作の携帯式変化計を用い、地電流観測の電極には銅・硫酸銅電極または炭素棒電極を用い、記録にはペンレコーダを用いた。現在までに根釧原野を中心に約 10 点で観測し、解析を進めている。これまでに得られたパーキンソンベクトル分布及び地磁気変化と地電流変化との関係を述べる。

地磁気短周期変化より求めたパーキンソンベクトルは女満別から根室を結ぶ線上では、ほぼ東向であるが、太平洋岸を西へ行くに従って南から南西方向へと向きを変えていく。また堆積層の厚いと思われる根釧原野内陸部では鉛直分力の変化が非常に小さくなり、パーキンソンベクトルが除々に方向を変えていく。地電流の短周期変化については、太平洋岸に近い観測点は変化が非常に大きく、地磁気変化の方向が変わってもほとんど地電位差変化の方向が変わらない、いわゆる地電流主方向が非常にはっきりしているが、根釧原野内陸部では変化振幅が小さく、主方向もはっきりしない。また、水平面内における地磁気変化方向と地電流変化方向との平均的ずれが、地質や重力異常と非常に対応が良いように思われる。

### § 1. は し が き

北海道東部での地磁気変化観測は、地磁気観測所女満別出張所の他は、久保木<sup>(1)</sup>による根室での 1943 年皆既日食の際の観測、森<sup>(2)</sup>による 1965, 66 年中標津での観測があり、パーキンソンベクトルが求められている。また地電流観測は吉松<sup>(3)</sup>による小清水、根室、長谷川<sup>(4)</sup>による北見、鴻ノ舞での観測があり、地電流の主方向が求められている。

筆者は 1970 年より北海道東部で毎年数点ずつ地磁気・地電流の変化観測を行っている。地磁気変化観測には筆者が製作した磁石吊型式の三成分携帯式変化計およびフラックスゲートタイプの GIT 型磁力計を使用した。地電流観測には銅・硫酸銅電極または炭素棒電極を使用し、東西、南北の電極間隔は 100~200 m で記録はペンレコーダを用いた。

Fig. 1 に地形図とブーゲ異常分布、Fig. 2 に観測点の分布と地質を示した。女満別、東藻琴はグリーンタフ地域、緑は千島火山帯、他の測点は根釧原野である。森<sup>(5)</sup>によると根釧原野の重力異常の走行はほぼ北東・南西方向にあり、海岸から約 7 km の厚床ではブーゲ異常が +230 mgal に達する高重力異常の中心で、白亜系がごく表層近くまで達している。茶内は海岸から約 2 km の地点で、附近には白亜紀の泥岩、砂岩、礫岩が露出している。中標津、上御卒別、上知安別および上春別は新生代堆積層の厚さが約 1500 m で、火成岩までの

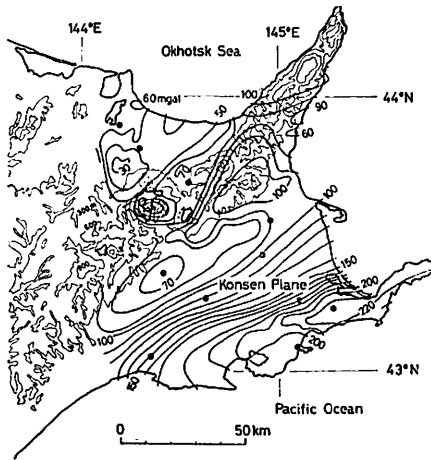


Fig. 1. Topographic map in meter and distribution of Bouguer anomaly in mgal after T. Mori in the eastern part of Hokkaido.

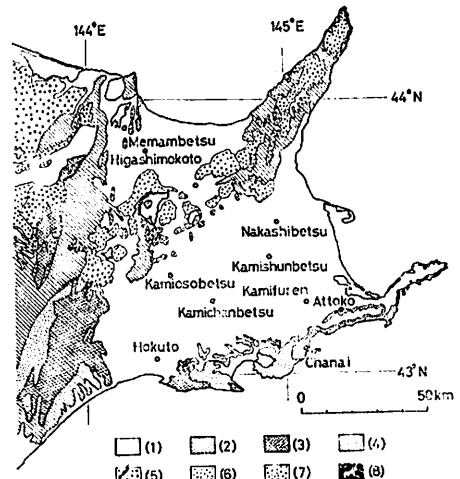


Fig. 2. Geological map of the eastern part of Hokkaido.

- (1): Holocene~Pliocene deposits,
- (2): Miocene deposits,
- (3): Palaeogene deposits,
- (4): Cretaceous deposits,
- (5): Pre-cretaceous deposits,
- (6): Holocene~Pliocene igneous rocks,
- (7): Tertiary andesite and rhyolite,
- (8): Dolerite.

深さは 1900 m 以上あろうと予想されている。上風蓮は新生代堆積層が急激に深くなる地点にあると思われる。北斗は釧路湿原の西側にあり、海岸からは約 6 km である。

## § 2. 携帯式変化計について

Gough and Reitzel<sup>(6)</sup> により磁石吊型式の携帯式変化計が作製されたが、これを参考にして移動観測用の地磁気三成分変化計を試作したので、これについて簡単に記す。

試作した携帯式変化計は通常の古典的変化計を一つにまとめたもので、磁石のふれを光学的に拡大し、フィルムに像を記録させるものである。磁石、光源および記録装置は直径 21.5 cm、長さ 161 cm の塩化ビニールの円筒におさめられ、温度変化の影響をさけるため、その大部分は地中に埋めて記録される。Fig. 3 に変化計の概略を示したが、レンズの焦点距離の位置に光源およびフィルム面があるので、光源から出た光はレンズを通過して平行光線になり、D、H、Z 用ミラーより反射されて再びそのレンズを通りフィルム面に像を結ぶ。変化計を地中に埋めたあとで光源がフィルム面に像を結ぶように吊具の回転、ミラーの角度等を調整しなければならないが、これらはすべて上部より操作できるようにした。D、H、Z 磁石間の距離は約 50 cm 離れているが、これらの相互影響は 100  $\gamma$  の磁場変化に対して 1  $\gamma$  以下である。フィルムを送るための駆動器にはトランジスタ時計を使用した。その部品は出来るだけ非磁性材料にかえて、それによる磁場を 50 cm で 0.1  $\gamma$  以下にした。光源用の電源は

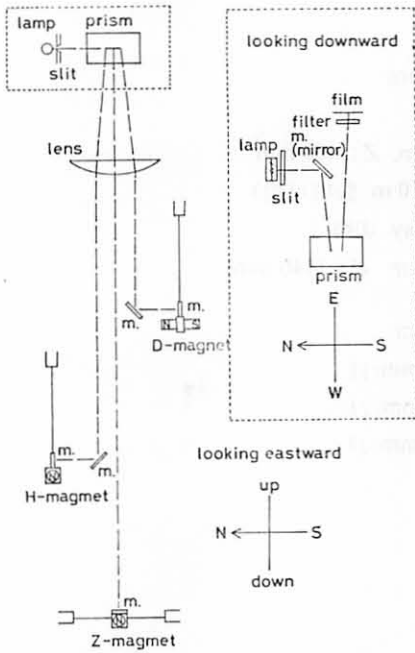


Fig. 3. Schematic diagram of portable magnetic variometer.

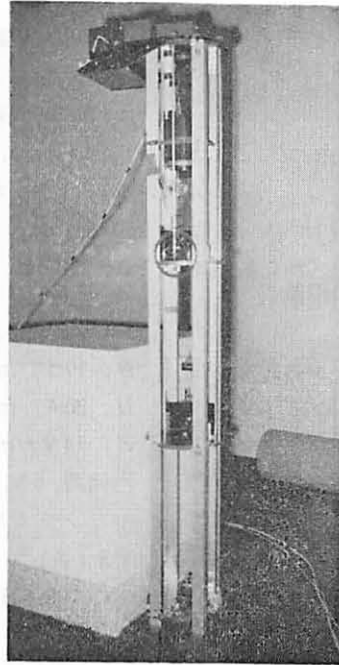


Fig. 4. Portable magnetic variometer.

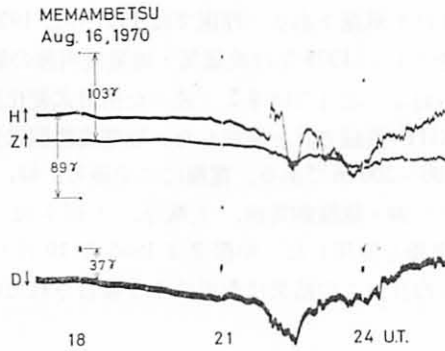


Fig. 5. Example of the record of portable magnetic variometer.

バッテリーを使用し、最大1か月間無人で記録できるようにした。記録例を Fig. 5 に示すが、3 時間毎に感度測定をかねたタイムマークを入れた。塩化ビニールの円筒に入れる前の変化計の外観を Fig. 4 に示す。また、変化計の仕様を下に記す。

携帯式変化計の仕様

磁石	$D, H, Z$ 共 NKS3, $3\phi \times 18$ mm, $M \approx 80$ gauss $\cdot$ cm <sup>3</sup>
補助磁石	$D$ : NKS3, $2\phi \times 8$ mm, $M \approx 10$ gauss $\cdot$ cm <sup>3</sup>

吊 糸	<i>D</i> : リン青銅 #48 <i>H</i> : 水晶糸, $\phi=0.07$ mm <i>Z</i> : リン青銅 #47
吊糸の長さ	<i>D</i> : 110 mm, <i>H</i> : 80 mm, <i>Z</i> : 100 mm
フィルム	ミニコピーフィルム (10 m 装填可能)
フィルム速度	60 mm/day, 180 mm/day 切換
レンズから磁石までの距離	<i>D</i> : 210 mm, <i>H</i> : 680 mm, <i>Z</i> : 1140 mm
レンズ	<i>f</i> =500 mm, 直径 90 mm
フィルム記録感度	<i>D</i> : 17.5 $\gamma$ /mm (0.057 mm/ $\gamma$ ) <i>H</i> : 20.4 $\gamma$ /mm (0.049 mm/ $\gamma$ ) <i>Z</i> : 14.9 $\gamma$ /mm (0.067 mm/ $\gamma$ )
光源	円筒型, 6 V, 0.2 A
駆動器	トランジスタ時計
フィルター	Y3 (黄)
バッテリー	6 V, 108 AH

### § 3. 観測結果

Fig. 2 に示す観測点のうち、地磁気変化観測のみを行った地点は北斗、地電流観測のみを行ったのは緑、上春別および上風蓮である。厚床では 1971 年と 1973 年に観測を行ったが、1971 年は地電流観測のみを行い、1973 年は地磁気・地電流両種の観測を行った。地磁気変化観測には、東藻琴、茶内および北斗では § 2 で述べた携帯式変化計を使用し、上御卒別、上知安別および厚床では GIT 型磁力計を使用した。地電流観測は東西方向および南北方向の二成分で、電極間隔は 100~200 m である。電極には東藻琴、緑、上春別および 1971 年の厚床では素焼のつぼに入れた銅・硫酸銅電極、上風蓮、上御卒別、茶内、上知安別および 1973 年の厚床では炭素棒電極を使用した。中標津は 1965 年 10 月と 1966 年 3 月に地磁気鉛直分力と地電流観測が行なわれ、この結果は森<sup>(2)</sup>により報告されているが、地電流の結果については今回整理し直した。

#### 3-1. 地磁気変化について

地磁気短周期変化における鉛直分力、水平分力および東成分の変化の振巾をそれぞれ  $\Delta Z$ ,  $\Delta H$  および  $\Delta D$  とすると、経験的に

$$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D \dots\dots\dots (1)$$

の成立することが知られている。上式の係数 *A*, *B* は地域特有の定数で、地下電気伝導度の相異により異なる。Parkinson<sup>(7)</sup> はこの平面の方程式を長さ  $\sin(\tan^{-1} \sqrt{A^2+B^2})$  方向  $\tan^{-1} B/A$ , 向きを鉛直分力上向きに向いたベクトルで表わした。このベクトルはパーキンソンベクトルとして知られている。

各地で得られた bay, si, SSC 等短周期変化の振巾を讀取り、横軸に  $\Delta D/\Delta H$  (又は  $\Delta H/$

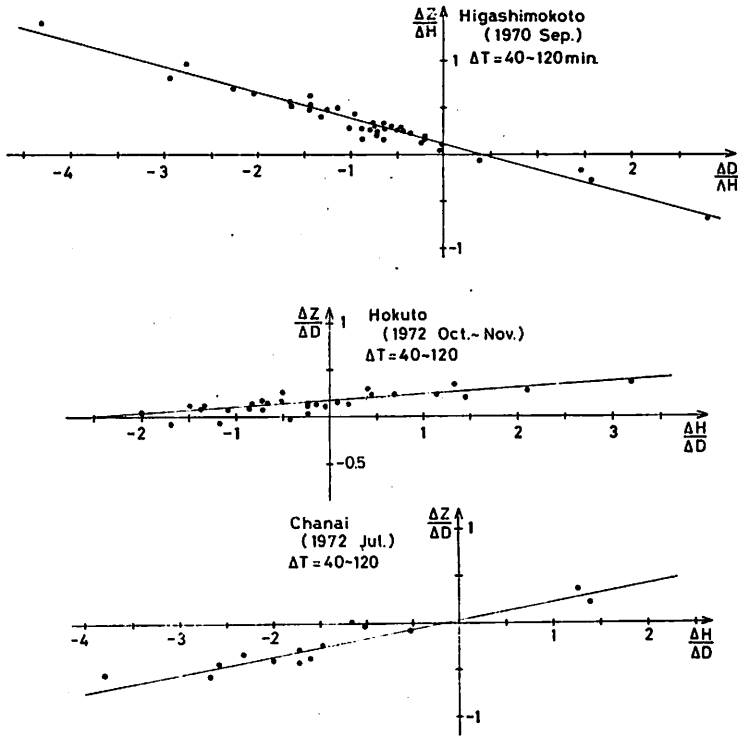


Fig. 6. Correlations between  $\Delta Z/\Delta H$  (or  $\Delta Z/\Delta D$ ) and  $\Delta D/\Delta H$  (or  $\Delta H/\Delta D$ ) at Higashimokoto, Hokuto and Chanai.

$\Delta D$ ), 縦軸に  $\Delta Z/\Delta H$  (又は  $\Delta Z/\Delta D$ ) をプロットすると, Fig. 6, Fig. 7 のようになる。このプロット図より求めた係数  $A, B$  を Table 1 に示す。変化の継続時間 ( $\Delta T$ ) は便宜上 1~10 min., 10~40 min., 40~120 min. に分類し, 各周期の  $A, B$  を求めた。ただし, 東藻琴, 茶内および北斗での携帯式変化計で得られた記録では, 三成分共完全な記録が得られた場合は少なかったので,  $\Delta H, \Delta D$  には女満別の値を代用した。各地のパーキンソンベクトルを Fig. 9 に示したが, 女満別は久保木・大島<sup>(9)</sup>, 根室は久保木<sup>(1)</sup>, 中標津は森<sup>(2)</sup>, 浦幌は西田<sup>(9)</sup>の求めた値による。

### 3-2. 地磁気変化と地電流変化との関係

各地点における磁場の变化と電場の变化の関係を求めるため地磁気水平面の変化に対応する地電流変化を読み取り, 変化方向の関係と振巾比を求めた。今回の観測点の中には地電流観測のみを行った地点が3点含まれているので, 資料を統一的に扱うため地磁気変化はすべて女満別の変化を使用した。女満別における地磁気変化の地理的北成分を  $H_x$ , 東成分を  $H_y$ , それに対応する地電流変化の北成分を  $E_x$ , 東成分を  $E_y$  とする。  $\theta_H = \tan^{-1} H_x/H_y$ ,  $\theta_E = \tan^{-1} E_x/E_y$  とおき横軸に  $\theta_H$  ( $\theta_E$  と共に東方向を0とし, 東から北への回転方向を正とす

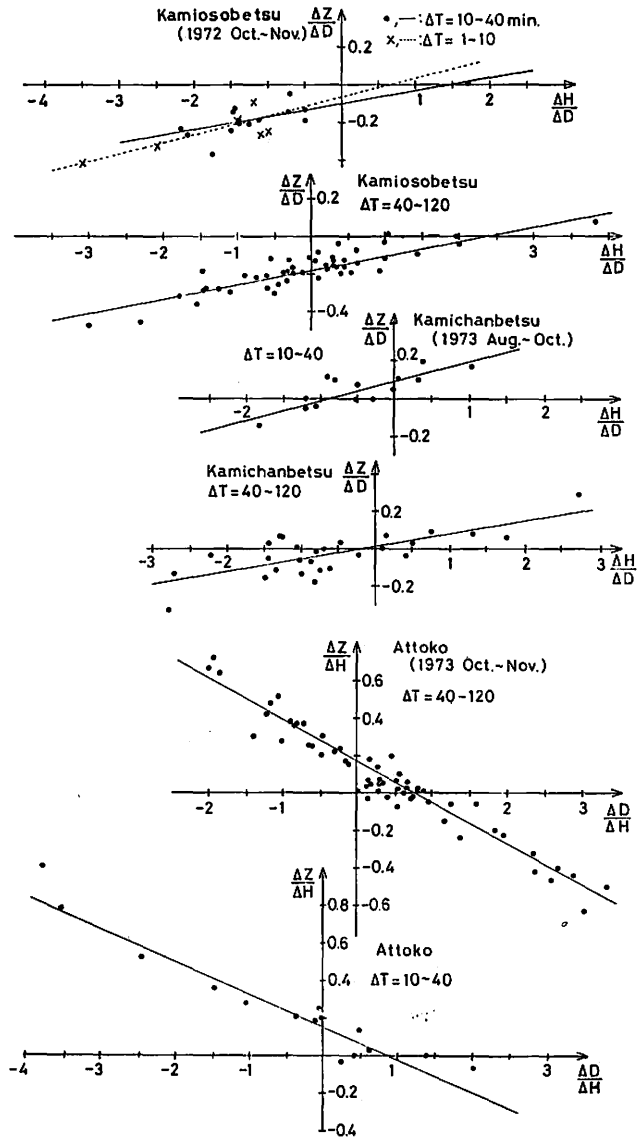


Fig. 7. Correlations between  $\Delta Z/\Delta H$  (or  $\Delta Z/\Delta D$ ) and  $\Delta D/\Delta H$  (or  $\Delta H/\Delta D$ ) at Kamiosobetsu, Kamichanbetsu and Attoko.

る), たて軸に  $\theta_E$  および  $E/H (= \sqrt{E_x^2 + E_y^2} / \sqrt{H_x^2 + H_y^2})$  をプロットすると Fig. 8 (8-1~8-11) のようになる。これらの関係は

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix} \dots\dots\dots (2)$$

で表わすことができ、各地点における  $a, b, c, d$  を決定することができる。Table 1 に各

Table 1. Relations among variations of geomagnetic three component and those between geomagnetic vector and earth-current vector in the eastern part of Hokkaido.

Station	Lat. (N)	Long. (E)	Duration time (min.)	$\Delta Z = A \cdot \Delta H + B \cdot \Delta D$				$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix}$			
				A	B	$-\tan^{-1}(B/A)$	$\tan^{-1} \sqrt{A^2 + B^2}$	a	b	c	d
Memanbetsu	43°55'	144°12'	40—120					-0.26	0.43	-0.15	0.12
Higashimokoto	43°50'	144°18'	40—120	0.12	-0.27	S 66° E	17°	-0.47	0.68	-0.26	0.33
Midori	43°42'	144°33'	40—120					-0.43	0.74	-0.43	0.04
Nakashibetsu	43°32'	144°58'	10—40					0.13	0.51	-0.03	0.30
Kamishunbetsu	43°26'	144°55'	10—40 40—120					0.06	0.26	-0.02	0.31
								0.00	0.25	-0.09	0.18
Kamiosobetsu	43°22'	144°26'	1—10 10—40 40—120	0.10 0.07 0.03	-0.06 -0.10 -0.18	S 31° E S 55° E S 66° E	7° 7° 11°	-0.10 0.11 0.00	0.43 0.43 0.37	-0.38 -0.14 -0.18	0.38 0.23 0.22
Kamichanbetsu	43°16'	144°40'	10—40 40—120	0.08 0.07	0.10 0.02	S 51° W S 16° W	7° 4°	0.07 0.00	0.40 0.28	-0.09 -0.20	0.40 0.27
Kamifuren	43°16'	145°06'	10—40 40—120					0.12	0.47	-0.10	0.00
Hokuto	43°04'	144°18'	40—120	0.03	0.18	S 66° W	11°	-0.04	0.34	-0.09	-0.04
(71, 73)			1—10					1.40	6.00	-0.95	-0.26
Attoko	(1973)	43°17'	10—40	0.15	-0.18	S 50° E	13°				
	(1971)		40—120					1.42	3.80	-0.70	-1.67
	(1973)		40—120	0.17	-0.22	S 52° E	16°	0.90	4.30	-0.60	-2.00
Chanai	43°06'	145°03'	10—40 40—120					0.44	1.56	-1.19	-2.72
				0.19	0.04	S 12° W	11°	0.36	1.25	-0.87	-2.26

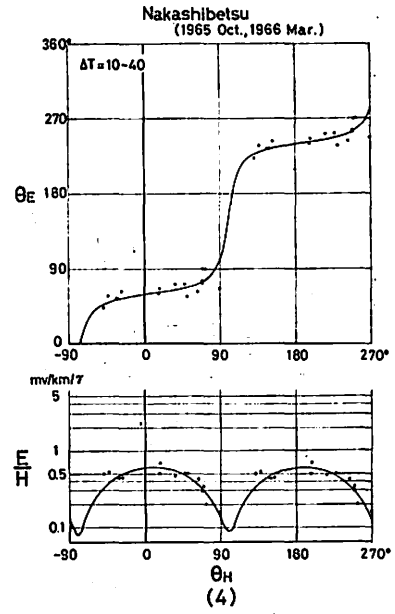
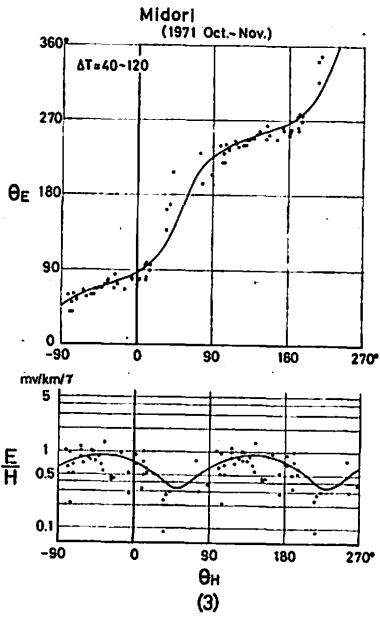
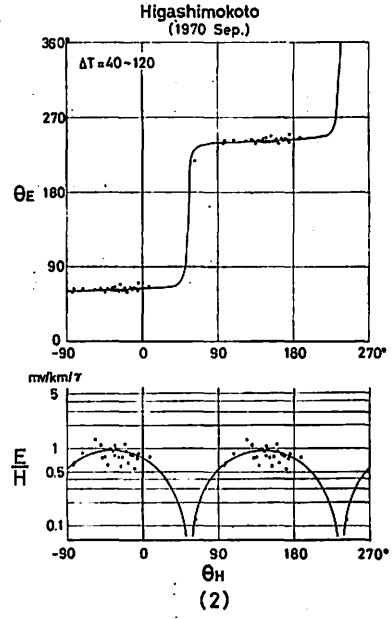
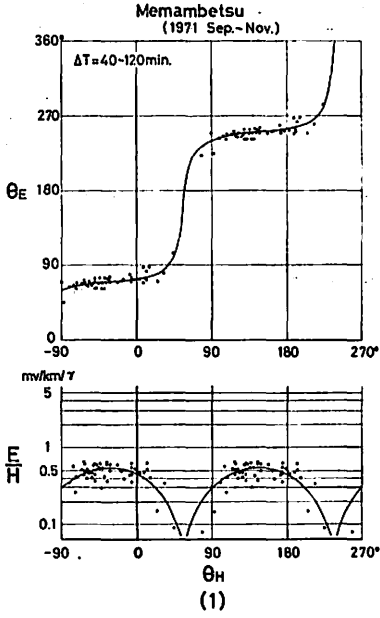


Fig. 8. Relation between geomagnetic vector and corresponding earth-current vector.



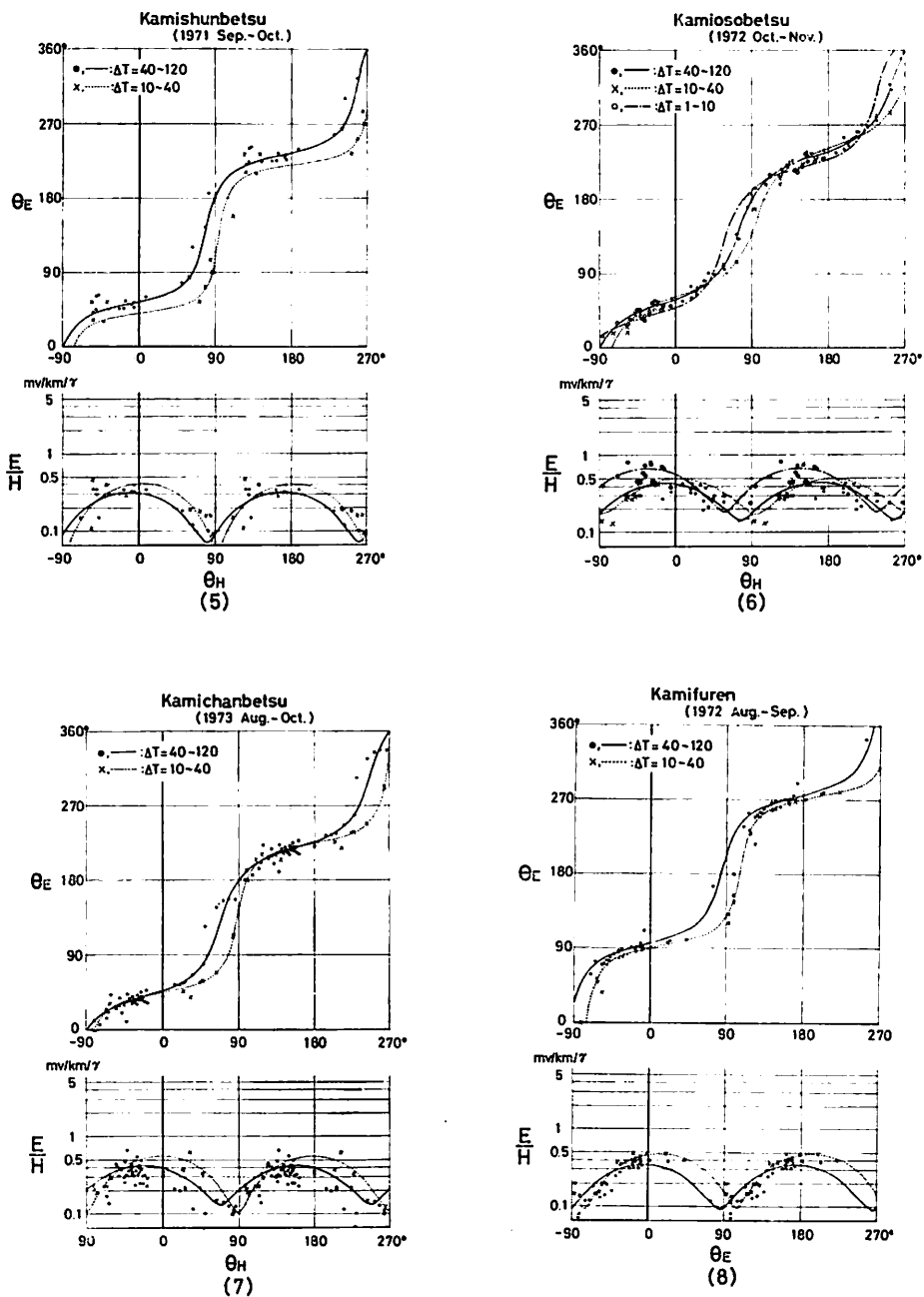


Fig. 8. Relation between geomagnetic vector and corresponding earth-current vector.

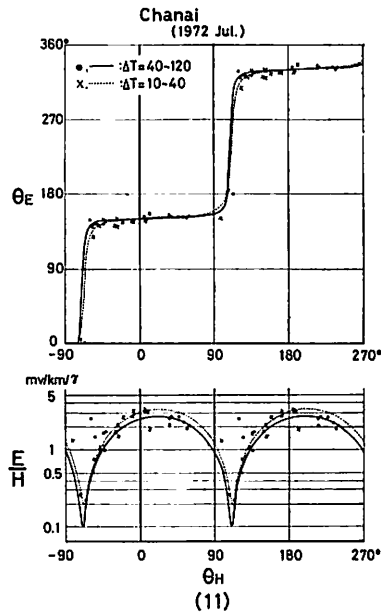
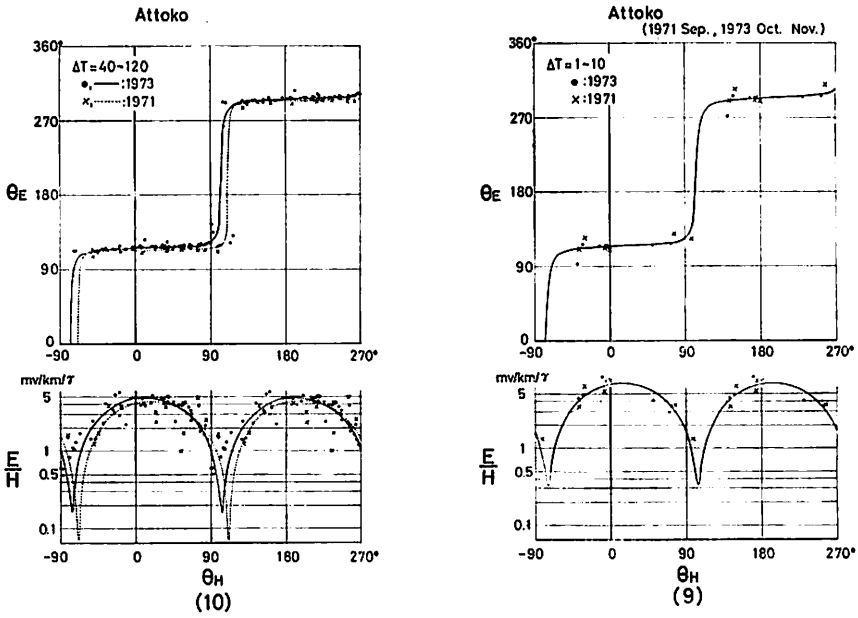


Fig. 8. Relation between geomagnetic vector and corresponding earth-current vector.

地で得られた  $a, b, c, d$  を示し, Fig. 8 には (2) 式に, 各地で求められた係数を代入して求めた曲線も図示した。

Fig. 9 には北海道東部のパーキンソンベクトルと共に, 女満別の地磁気変化の方向が E (1), E 45° N (2), N (3) および W 45° N (4) のときの地電位差変化の方向 (地電流の流れる方向) と大きさを示した。両者共  $\Delta T=40\sim 120$  min. の変化について図示した。

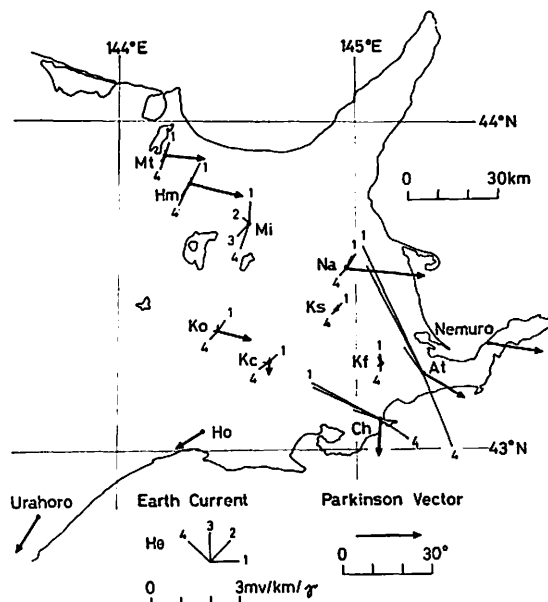


Fig. 9. Parkinson vector and earth-current vector corresponding to geomagnetic vector of 1 (E), 2 (E 45°N), 3 (N) or 4 (W 45°N).

#### § 4. 考 察

北海道東部での CA 観測点は現在まだ増やしつつあり, また, 今までに得られた資料も未整理の部分も多いが, 今回の結果から次の事が言える。

(1) パーキンソンベクトルは女満別と根室を結ぶ線上ではほぼ東向であるが, 根室から太平洋を西へ行くに従って徐々に南西へ向きを変えていく。また, 上御卒別, 上知安別, 北斗とベクトルがほとんど 0 になりながら方向を変えていく事や, 太平洋岸での  $A, B$  の値が小さい事は, 単に海水の影響だけではなく, 堆積層の厚さ等地殻構造を考慮に入れなければならない事を示している。

(2) 厚床や茶内等の太平洋岸の高重力異常地域では  $E/H=3\sim 5$   $mV/km/yr$  と非常に大きく, 指向性も非常に強いが, 内陸堆積層の厚い地点では  $E/H=0.3\sim 0.5$   $mV/km/yr$  と小さく指向性も弱い。

(3) 各磁気点では探査深度 100 m 程度までの比抵抗測定を行ったが, 新生代堆積物, 白亜系共ごく表層を除けば比抵抗が  $10^3\sim 3\times 10^4$   $\Omega\cdot cm$  で, 両者の比抵抗での区別ははっきり

りつかないので、厚床等太平洋岸の高重力異常地帯は密度の大きい高抵抗の物質が盛上っており地表の電場の変化を非常に大きくしていると考えられる。このような高抵抗のついたては、重力異常から北斗の東 10~20 km の地点までのびていると思われるので、根釧原野内陸部には主に北斗附近から電流が流れこみ（磁場変化が東向の場合）、北々東に向うと思われる。上風蓮は太平洋岸の高抵抗のついたてのすぐ北側にあると思われ、根釧原野内陸部の地電流方向に向きかけている。

(4) 千島火山帯がどのような役割をはたしているかわからないが、緑での地電流の異方性があまり強くないことから、その附近では高抵抗のついたてはないと思われる。

(5) Fig. 8 の  $\theta_H, \theta_E$  の関係を示す曲線を平均的直線で引いた場合の直線が  $\theta_H=0$  を横切る  $\theta_E$  値、即ち

$$\int_0^{360} (\theta_E - \theta_H - \varphi) d\theta_H = 0$$

なる  $\varphi$  の値を  $\theta_H$  と  $\theta_E$  の平均的位相差とすると、 $\varphi$  の値は、女満別等グリーンタフ地域では、100~111°、根釧原野内陸部では 50~70°、上風蓮、厚床では約 100°、茶内では約 130° になる。これらの事は地質や重力異常と良い対応がつくので地殻構造を求めるうえで重要になるとと思われる。

(6) 緑のような地点では地電流主方向としての意味は薄れるが、今、 $E/H$  が最大値になる方向を地電流主方向とすると、Fig. 9 で地電流の方向を示すベクトルの長さが最大になる方向がほぼ主方向に一致する。Fig. 9 からわかるようにパーキンソンベクトルが地電流主方向と直交していると見なされる地点は少ない。

(7) 厚床での地電流観測は 1971 年 9 月と 1973 年、10、11 月に行っており、この間の 1973 年 6 月 17 日に  $M=7.4$  の根室半島沖地震が発生している。Fig. 8—9 および 8—10 では兩年の結果を区別して図示しているが、これらは誤差の範囲内で一致していると考えられ、この間に地震の影響が含まれているとは言えない。

今後はこれらの結果を考慮して、さらに北海道東部での CA 観測をおし進めていく予定である。

## 謝 辞

今回の計画にあたり種々の御援助をいただきました柳原所長、日頃指導をいただいている山口所長並びに観測遂行にあたって有益な御助言をいただきました北海道大学横山泉教授に深く感謝致します。

実際の観測にあたっては、大地前女満別出張所長はじめ職員の方々に御支援いただきました事を深く感謝致します。また、各観測点では快よく観測場所を提供していただき、観測にも御協力いただきました方々にも厚くお礼申し上げます。

最後に携帯式変化計の試作費用および各地点での観測に必要な費用の一部に気象研究所の業務費を使用した事を附記します。

## 文 献

- (1) 久保木忠夫 (1972): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第四報), 地磁気観測所要報, 第 14 卷, 第 2 号. 93—105.
- (2) 森俊雄 (1968): 北海道における地磁気・地電位差の短周期変化について, 北海道大学地球物理学研究報告, 第 20 号. 37—49.
- (3) Yoshimatsu, T. (1957): Universal earth-current and their local characteristics, Mem. Kakioka Mag. Obs Supplementary Vol. 1, 1-76.
- (4) 長谷川淳 (1961): 地電流の時間的異常変動と地下構造との関係ならびにその地球物理探査への応用, 1-100.
- (5) 森俊雄 (1965): 根釧原野における重力異常, 北海道大学地球物理学研究報告, 第 14 号. 59-71.
- (6) Gough, D. I. and Reitzel, J. S. (1967): a Portable Three-Component Magnetic Variometer, J. G. G., Vol. 19, No. 3. 203-215.
- (7) Parkinson, W. D. (1962): The Influence of Continents and Ocean on Geomagnetic Variations, Geophysics J., Vol. 6, 441-449.
- (8) 久保木忠夫・大島汎海 (1965): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第 1 報), 研究時報, 17 卷 2 号. 57-86.
- (9) 西田泰典 (1973): 私信.

## Observations of Geomagnetic and Geoelectric Variations in the Eastern Part of Hokkaido

Toshio MORI

### Abstract

Field observations of the variations of geomagnetic three components were made at several stations in the eastern part of Hokkaido, with a classical type portable magnetometer or a flux-gate type GIT-magnetometer. Earth currents were also observed at several stations, some of which are the same as the geomagnetic observation.

From the magnetograms and the earth-current records, geomagnetic and geoelectric bay and bay-like variations were selected, and relations among the geomagnetic three components and those between geomagnetic horizontal vector and earth-current vector were studied.

Parkinson vectors in the eastern part of Hokkaido are not so large ( $\sqrt{A^2 + B^2} < 0.5$ ) as the central Japan anomaly. The vectors [point nearly to the east] on the line which connects Memambetsu and Nemuro and gradually tend toward the south-west as the observation station goes away toward the west from Nemuro along the coast of the Pacific Ocean. And the vector at Kamichanbetsu in the Konsen Plane is nearly zero.

At the coastal stations of the Pacific Ocean, which are in the area of high positive Bouguer anomaly, amplitude of earth-current potential variations are very large ( $E/H = 3\sim 5$  mV/km/ $\gamma$ ) and the directions are very steady. On the other hand, at the stations in the Konsen Plane where the thickness of Cainozoic deposits is estimated at about 1500 m, the amplitude are very small ( $E/H = 0.3\sim 0.5$  mV/km/ $\gamma$ ) and the directions are unstable.