



Title	3. 北海道における地磁気・地電位差の短周期変化について
Author(s)	森, 俊雄; MORI, Toshio
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 20, 37-49
Issue Date	1968-09-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.20.37
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13943
Type	departmental bulletin paper
File Information	20_p37-49.pdf



3. 北海道における地磁気・地電位差の 短周期変化について

森 俊 雄*

(北海道大学理学部浦河地震観測所)

— 昭和 43 年 5 月 受 理 —

I. はじめに

1964 年 1 月より、太陽活動極小国際観測年 (IQSY) の一環として、稚内・浦河・浅虫・小名浜・内浦・御前崎・鳥取・須崎・八丈島の 9 カ所で新たに地磁気の観測が始められた。北海道大学では浦河町上杵臼において地磁気観測を開始し、同時に地電位差の観測も開始した。

地磁気の短周期変化の異常と地下電気伝導度の異常とに関する研究が多くの研究者によってなされており、日本では特に地磁気鉛直成分の変化 (ΔZ) の異常が大きいため、 ΔZ の異常が注目されている。湾型変化等を用いて、力武・横山等¹⁾により $\Delta Z/\Delta H$ (ΔH : 地磁気子午線方向の水平成分の変化) の値が大きくなる“Central Japan Anomaly”が発見されている。“Central Japan Anomaly”の中心では $\Delta Z/\Delta H$ は 1 より大きく、これより以北では徐々にその値が小さくなり、浅虫では $\Delta Z/\Delta H \approx -1$ ²⁾ となり、女満別では $\Delta Z/\Delta H = 0.05$ ³⁾ となっていると報告されている。このようなことから浦河では $\Delta Z/\Delta H$ の小さい値が予想されていたが、今回得られた結果では、 $\Delta Z/\Delta H = 0.85$ と大きい値を得、非常に興味ある結果となった。

また地電位差に関しては個々の場所に特有な卓越方向のあることが知られており、各地の卓越方向は吉松⁴⁾によって求められている。地表面で観測される地磁気の変化には、地球外部および地球内部に原因を有する部分が含まれている。地球内部に原因する部分は地球外部磁場変化によって誘導された地下の電流により誘起されたものであると考えられる。したがって地表で観測される地磁気と地電位差の変化には何らかの関連があるはずである。

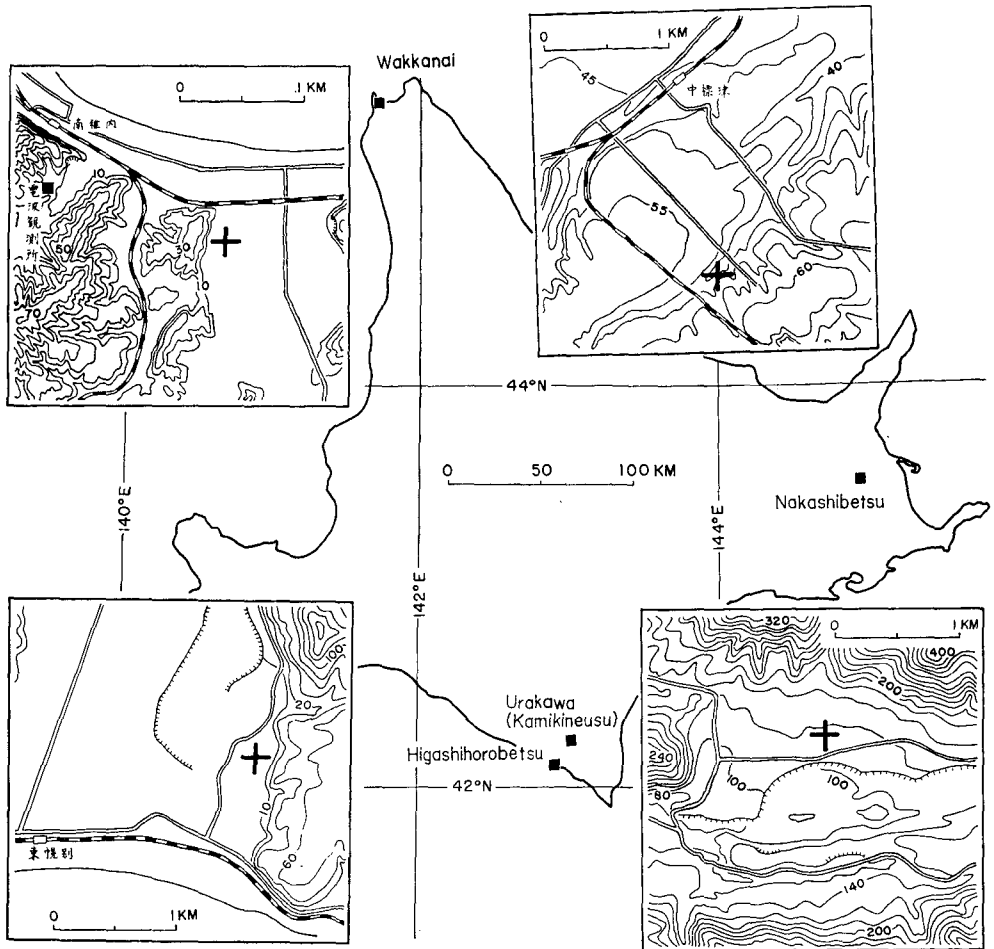
柳原・横内⁵⁾によると電気抵抗は岩石では 10^4 ohm·m, 水成層では 10 ohm·m, 海水は

* 現在柿岡地磁気観測所

- 1) T. RIKITAKE, I. YOKOYAMA; The Anomalous Behaviour of Geomagnetic Variations of Short Period in Japan and Its Relation to the Subterranean Structure, 1-11 report, B. E. R. I., **30** (1952), 207, **31** (1953), 19, 89, 101, 119, **33** (1955), 297, **36** (1958), 1, **37** (1959), 1, 545, **40** (1962), 693, **44** (1966), 169.
- 2) 加藤愛雄・駄口光雄; 浅虫における地磁気短周期 Z 成分の反転について, 第 36 回日本地球電気磁気学会 1964 年 10 月発表.
- 3) 久保木忠夫・大島汎海; 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** (1965), 1.
- 4) R. YOSHIMATSU; Universal Earth-Currents and Their Local Characteristics, 地磁気観測所要報, 別冊第 1 号 (1957).
- 5) 柳原一夫・横内恒雄; 地電流の地方異常と大地比抵抗, 地磁気観測所要報, **12** (1965), 105.

10^{-1} ohm·m のオーダーと相互に大きく異なるので、地電位差の変化は地表付近の電気伝導度の大きく変わるところでは大きな影響を受ける。一方、力武⁶⁾によると地電位差の異方性はマントル内に起因する原因によっても発生し得ることも明らかにされている。

このようなことから、ある地点または地域において地下のどの部分からどの程度の影響を受けているかということを知るために、出来るだけ多くの地点で地磁気・地電位差の観測をすることも価値のあることである。このような観点にたち、今回は浦河の固定観測点における地電位差についても調べると共に、短期間ではあるが北海道の中標津、稚内、東幌別においても地磁気鉛直成分と地電位差の変化観測を行なったので、この結果も合わせて報告する。



第1図 地磁気・地電位差観測地点とその附近の地形
(等高線の単位は meter)

Fig. 1. Locations of geomagnetic and geoelectric observations and topographic sketch-maps of their vicinities.
(Contour unit is meter.)

6) T. RIKITAKE; A Possible Cause of Earth-Current Anisotropy, B. E. R. I., 40 (1962), 685.

II. 浦河町上杵臼における地磁気・地電位差の観測

1964年1月より浦河町上杵臼 (N 42°14', E 142°58') において地磁気, 地電位差の観測が始められた。磁力計はフラックスゲイトタイプの G. I. T. 型磁力計である。測定成分は磁気子午線方向の水平成分 (H), 磁気子午線に直角な方向の水平成分 (D) および鉛直成分 (Z) である。

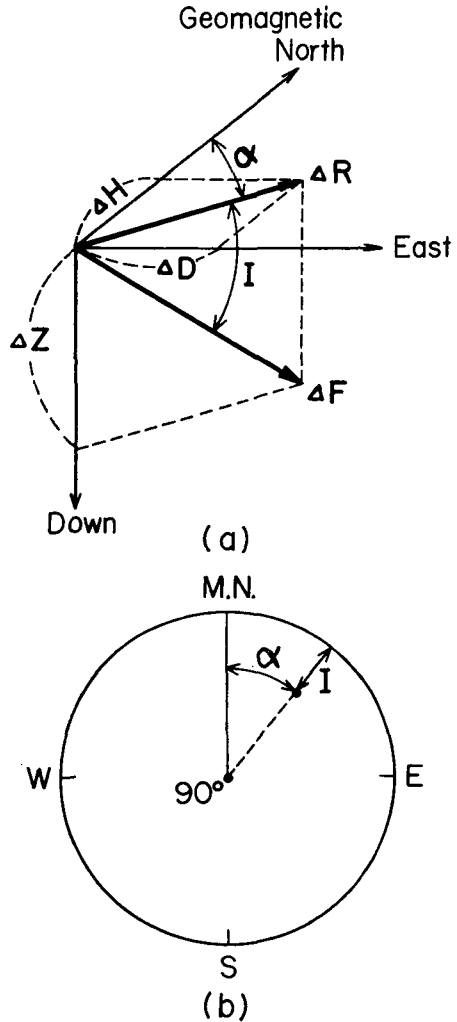
地電位差は NS および EW の二成分で, 各々の電極間の距離はそれぞれ 200m および 150m である。地磁気三成分と地電位差二成分を同一の記録紙に記録させ, 通常記録紙の速度を 25 mm/hour とした。感度は地磁気三成分で約 1.2 γ /mm, 地電位差では EW 成分を 1.48 mV/km/mm, NS 成分を 1.11 mV/km/mm とした。

浦河町上杵臼は日高山脈の西側に位置し, 日高変成帯に属している。上杵臼の約 10~20km 南には橄欖岩が露出し, そこを含む日高山脈の南端にはホルンフェルス, 片麻岩, 花崗岩, はんれい岩角閃石, はんれい片麻岩, 橄欖石, はんれい岩等が露出⁷⁾しており, 地質的にはかなり複雑な所である。

上杵臼は海岸より最短距離で約 12 km, 海拔約 110 m である。観測所付近の略図を第 1 図に示す。第 1 図には本論文で後に出てくる地磁気・地電位差の観測地点も示している。

1. 地磁気短周期変化の特徴

1964年5月から8月までに観測された継続時間 8 分から 90 分の湾型変化と, それに類似の変化を選らび, 変化の始まりと終りを直線で結び, その直線からのずれの最大値を読取った。変化の中で三成分が相互に大きく位相のずれているものはのぞいたが, 各成分の変化の最大値の時刻が多少ずれているものは各成分の同じ時刻の値を読取った。一般には H 成分の最大偏倚の時刻を基準に



第 2 図 地磁気短周期変化をポーラダイアグラム上へ図示する方法

Fig. 2. The illustration of the polar diagram for rapid geomagnetic variation.

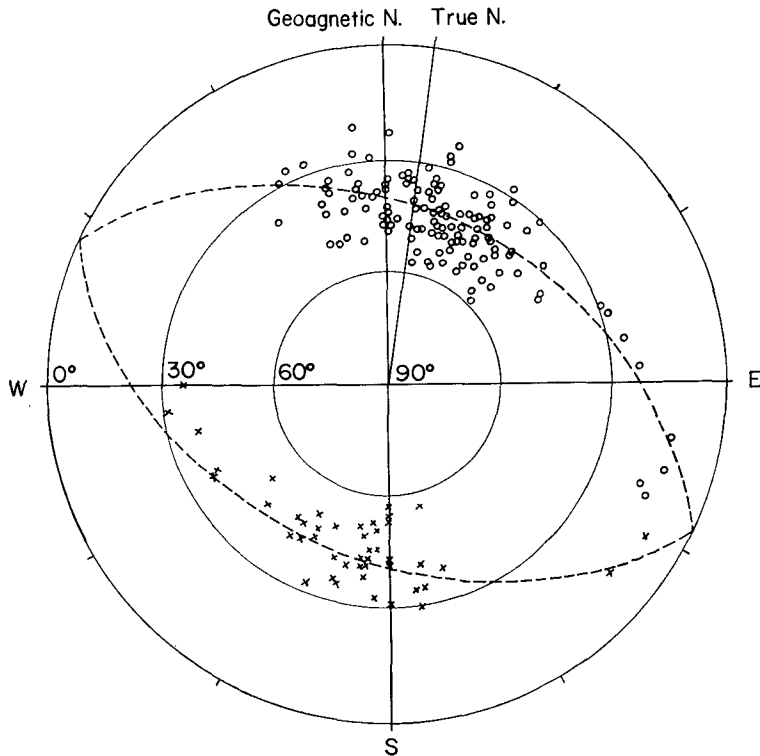
7) M. MINATO, K. YAGI and M. HUNAHASHI; Geotectonic Synthesis of the Green Tuff Regions in Japan, B. E. R. I., 34 (1956), 237.

して読取った。

このようにして読取った値から、パーキンソン⁸⁾の行なったように各変化の方向をポーラダイアグラム上に図示した。地磁気三成分の変化 ΔH , ΔD および ΔZ の読取り値から第2図(a)のように変化ベクトルの偏角 α および伏角 I を求め、第2図(b)のようにポーラダイアグラム上に記入する。このようにして浦河で観測された個々の地磁気変化ベクトルの方向を記入したのが第3図である。第3図中丸印は ΔZ が鉛直方向下向に、×印は鉛直方向上向に変化したことを示す。この図から、浦河においても他の観測所と同様に、地磁気短周期変化の方向がある一平面に拘束されていることが分かる。

この平面の方程式は

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



第3図 浦河における地磁気短周期変化のポーラダイアグラム

- : 鉛直分力正の変化
- ×: 鉛直分力負の変化

Fig. 3. The polar diagram showing directions of geomagnetic change vectors at Urakawa.

- : Positive change of the vertical component
- ×: Negative one

8) W. D. PARKINSON; Directions of Rapid Geomagnetic Fluctuations, Geophys. J., 2 (1959), 1.

と表わされるが、最小自乗法を用いて上式の係数 A , B を決定し、拘束平面の方程式を求めると、

$$\Delta Z = 0.85 \Delta H + 0.41 \Delta D$$

となる。

パーキンソン⁹⁾は(1)式の平面を表わすのに、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を用いて表わした。即ち、パーキンソンベクトルはそれが長ければ長いほど $\Delta R (= \sqrt{(\Delta H)^2 + (\Delta D)^2})$ に対する ΔZ の変化の割合が大きいことを示している。浦河における地磁気変化の拘束平面をパーキンソンベクトルで表わすと、長さ 0.68 で N 154° W の向きのベクトルとなる。

パーキンソンベクトルは地磁気変化の鉛直成分が負になる方向を向いているが、ここでは、地磁気変化の拘束平面と水平面とのなす角度を長さとし、方向を鉛直分力下向きの方向に向いたベクトルを用い、このベクトルを \mathbf{M} ベクトル (M.V.) としている。即ち、 \mathbf{M} ベクトルは長さ $\tan^{-1}\sqrt{A^2+B^2}$ 、方向 $\tan^{-1}B/A$ 、向きは鉛直分力下向きのベクトルである。 \mathbf{M} ベクトルはパーキンソンベクトルとは向きがちょうど反対である。浦河での拘束平面を \mathbf{M} ベクトルで表わすと、長さ 43 で N 26° E の向きのベクトルとなる。

第1表 日本の観測所における係数 A , B の値と \mathbf{M} ベクトル

Table 1. A , B and \mathbf{M} -vector at several observatories in Japan.

Station	Lat. N	Long. E	A	B	α	Tan I	I
Wakkanai (M)	45°24'	141°41'	-0.12	0.14	N 129° E	0.18	10°
Memambetsu (K)	43°55'	144°12'	0.06	-0.23	N 75° W	0.24	14°
Nakashibetsu	43°32'	144°58'	0.1 ¹	-0.46	N 77° W	0.48	26°
Urakawa	42°14'	142°58'	0.85	0.41	N 26° E	0.94	43°
Onagawa (K)	38°27'	141°28'	0.41	-0.22	N 28° W	0.47	25°
Namie (K)	37°29'	140°58'	0.24	-0.50	N 64° W	0.55	29°
Maze (R)	37°44'	138°48'	-0.01	0.15	N 94° E	0.15	9°
Onahama (K)	36°58'	140°55'	0.68	-0.39	N 30° W	0.78	38°
Kakioka (K)	36°14'	140°11'	0.61	-0.08	N 7° W	0.62	32°
Aburatsubo (R)	35°09'	139°37'	0.68	0.01	N 1° E	0.68	34°
Shimosato (K)	33°35'	135°56'	1.23	-0.40	N 18° W	1.29	52°
Kanoya (K)	31°25'	130°53'	0.48	0.05	N 6° E	0.48	26°

(M): After R. MAEDA

(K): After T. KUBOKI and H. OSHIMA

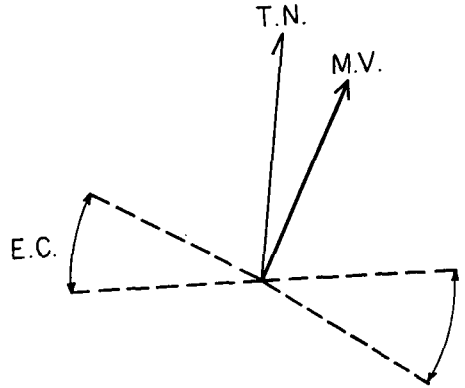
(R): After T. RIKITAKE

9) W. D. PARKINSON; The Influence of Continents and Ocean on Geomagnetic Variations, Geophys. J., 6 (1962), 441.

日本各地における(1)式の係数 A , B は力武¹⁰⁾, 久保木・大島¹¹⁾ および前田¹²⁾ によって求められている。それらを浦河および後述する中標津の係数と共に第1表に示す。

2. 地磁気変化に伴う地電位差の変化

前に述べた方法で読取った地磁気変化と同時刻の地電位差の変化を読取り, 地電位差の変化の方向を求めた。第4図に地電位差が変化した方向のうちの95%が示した方向の範囲を M ベクトルと共に示す。これにより, 浦河における地電位差の変化の卓越方向は $N 105^\circ E$ または $N 75^\circ W$ の方向となる。



第4図 浦河における M ベクトルと地電位差変化の方向

Fig. 4. The direction of the M -vector and the predominant direction of earth-potential at Urakawa.

III. 中標津における地磁気・地電位差の観測

中標津は気象庁の女満別地磁気観測所の東南東約 50 km のところにあり, その中間を千島火山列が走っている。女満別はいわゆるグリーンタフ地域に属し, 中標津は島弧の外帯に属している。重力異常からみても, 中標津を含む根釧原野とグリーンタフ地域では地下構造が異なり, 根釧原野では等ブーゲ異常線がほぼ北東—南西の方向に平行で太平洋岸まで増加しているのに対し, 女満別のすぐ南には 30 mgal の低異常があるなど島弧の内帯では重力異常が複雑になっている。筆者¹³⁾ の重力測定の結果からの推定によると, 中標津付近では新生代堆積層が 1,000~1,500 m あり, その下が白亜系堆積物又は火成岩となっている。

ここでは地磁気鉛直成分と地電位差の変化観測を行なった。地磁気鉛直成分の変化計は磁石吊型式の光学的に記録する通常のものである。使用に先だって鉛直分力変化計と G. I. T. 型磁力計を比較するため, 浦河町上杵臼において同時測定を行なった。その結果, 短周期変化においては鉛直分力変化計と G. I. T. 型磁力計の鉛直成分の記録との相違は 10% 以内で, 今回の目的には充分同じ記録がとれるとみてよい。また地電位差測定の電極間の距離は南北 200 m, 東西 200 m である。

中標津の観測地点付近の地形を第1図に示してある。観測期間は 1965 年 10 月 12~25 日と 1966 年 3 月 9~17 日の 23 日間で, 読取った短周期変化は継続時間 9~57 分のもの 13 個である。

10) T. RIKITAKE; Some Characteristics of Geomagnetic Variation Anomaly in Japan, J. G. G., 17 (1965), 95.

11) 3) に同じ。

12) R. MAEDA; Characteristics of Rapid Geomagnetic Variations at Wakkanai, Private Letter (1965).

13) 森 俊雄; 根釧原野における重力異常, 北大地球物理学報告, 14 (1965), 59.

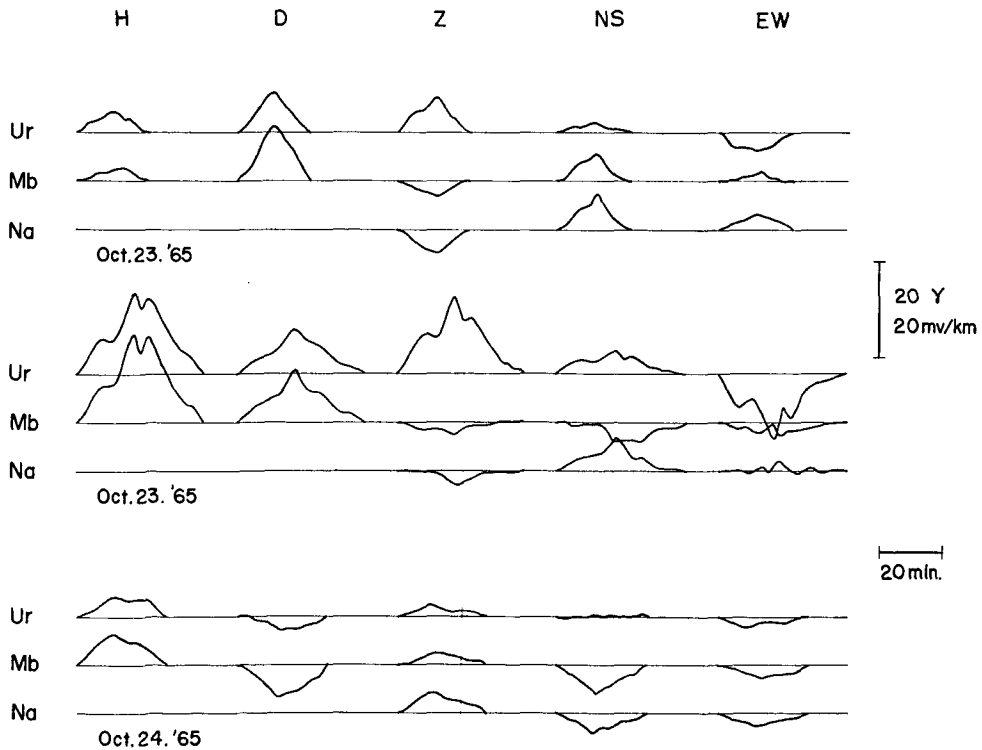
1. 地磁気短周期変化

中標津で得られた短周期変化のうち変化分のみを読み取り、その例を女満別・浦河の変化と共に第5図に示す。第5図で H, D および Z は地磁気の変化で、上方はそれぞれ北、東および鉛直下方へ変化したことを示し、NS および EW は地電位差の変化で、上方がそれぞれ北および東の電位が低くなったことを示している。

一般には、中標津と女満別のような近いところでは地磁気水平成分の変化にあまり相異がないと考えられるので、中標津における短周期の磁場の変化の方向を求めるのに気象庁女満別地磁気観測所の $\Delta H, \Delta D$ を使用した。これにより変化磁場の方向を求め、それらの方向をポーラダイアグラムに図示すると第6図のようになる。これより中標津における \mathbf{M} ベクトルは長さ 25 で $N 77^\circ W$ の向きのベクトルで、女満別と比較すると、方向はほぼ同じで ΔZ の変化は少し大きい。

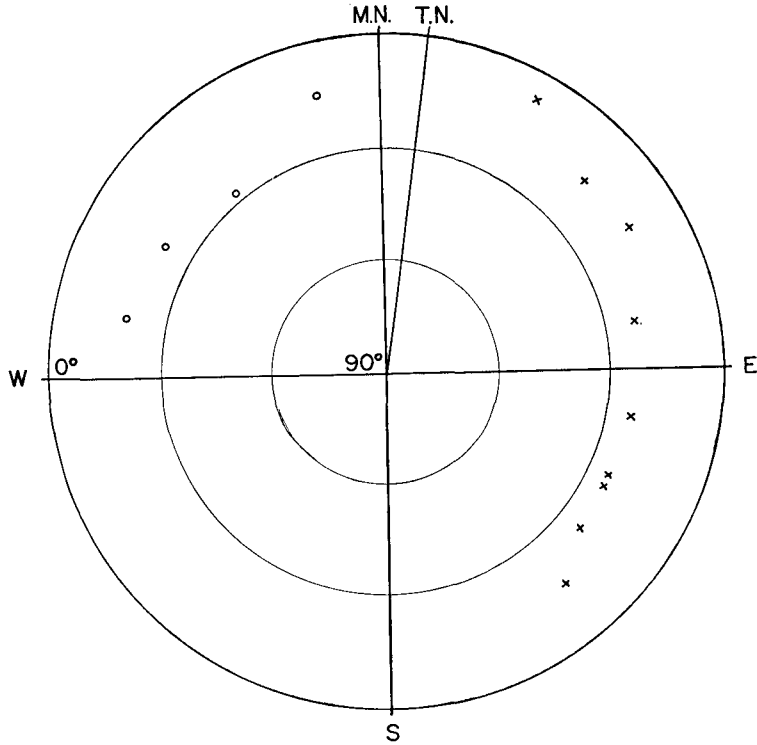
2. 地電位差の変化

中標津において観測期間に得られた短周期の地磁気変化の方向と地電位差変化の方向との関係を第7図に示す。第7図で $\Delta Z(+)$ および $\Delta Z(-)$ の範囲は地磁気水平成分の変化がそれ



第5図 浦河・女満別および中標津における地磁気・地電位差短周期変化の例。変化分のみを示す。

Fig. 5. Examples of rapid geomagnetic and geoelectric variations at Urakawa, Memambetsu and Nakashibetsu.



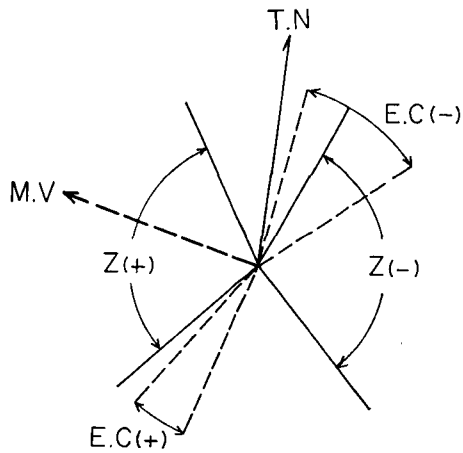
第 6 図 中標津における地磁気短周期変化のポーラダイアグラム

○: 鉛直分力正の変化 ×: 鉛直分力負の変化

Fig. 6. The polar diagram showing directions of geomagnetic change vectors at Nakashibetsu.

○: Positive change of the vertical component

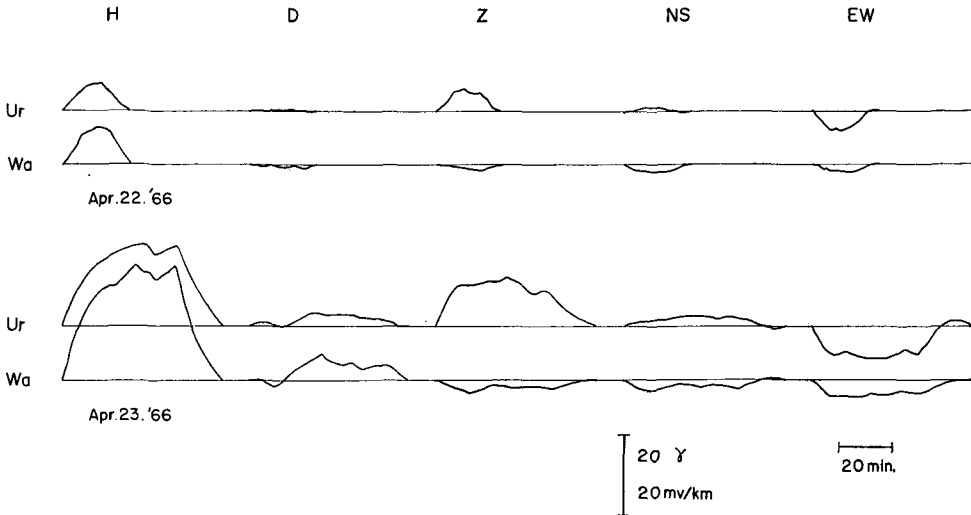
×: Negative one



第 7 図 中標津における地磁気変化の方向と地電位差変化の方向の関係

Fig. 7. The relation between direction of geomagnetic variation and direction of geoelectric variation at Nakashibetsu.

それぞれの範囲の方向に変化したとき、 ΔZ が正および負の方向に変化する範囲を示す。地電位差に関しては、 $E.C(+)$ は $\Delta Z(+)$ の範囲に地磁気に変化したとき電位の低くなる方向を示し、 $E.C(-)$ は $\Delta Z(-)$ の範囲に地磁気に変化したとき電位が低くなる方向を示した。これより中標津における地電位差の卓越方向は $N 36^\circ E$ または $N 144^\circ W$ である。



第8図 浦河および稚内における地磁気・地電位差短周期変化の例。変化分のみを示す。

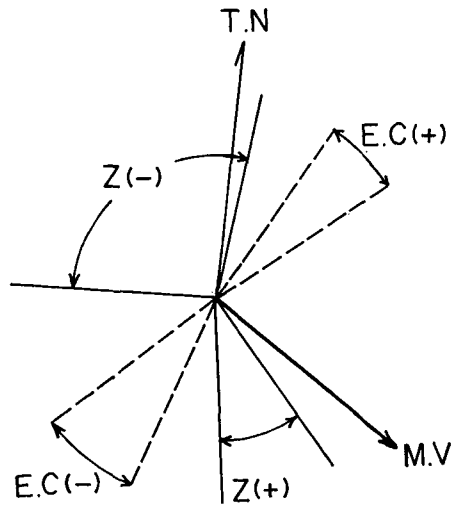
Fig. 8. Examples of rapid geomagnetic and geoelectric variations at Urakawa and Wakkanai.

IV. 稚内における地電位差の観測

稚内では電波観測所の職員により、G. I. T. 型磁力計で地磁気三成分の変化観測が行なわれているので、ここでは地電位差の観測のみを行なった。観測地点付近の地形は第1図に示してあるが、地磁気観測は電波観測所の敷地内で行なわれており、地電位差の観測地点とは約1 km 離れている。

地電位差観測の電極間の距離は南北 200 m, 東西 200 m である。観測期間は1966年4月21~29日で、読取った短周期変化は継続時間9~60分のもの14個である。

第8図に観測期間に得られた短周期変化の例を浦河の変化と共に示す。変化の方向は第5図の



第9図 稚内における地磁気変化の方向と地電位差変化の方向の関係

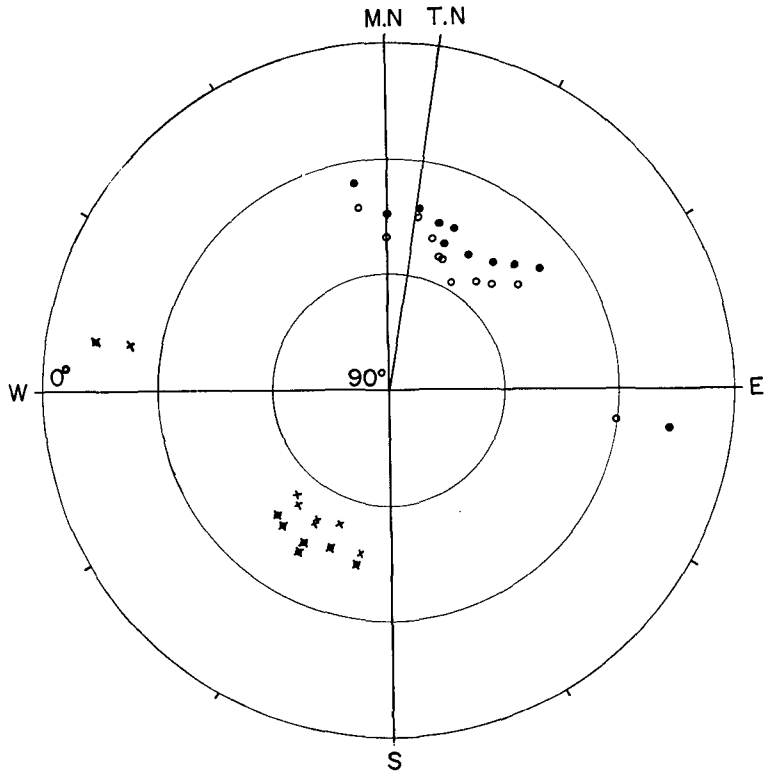
Fig. 9. The relation between direction of geomagnetic variation and direction of geoelectric variation at Wakkanai.

場合と同様である。稚内における地磁気短周期変化のポーラダイアグラムとパーキンソンベクトルは前田¹⁴⁾によって求められており、(1)式の係数 A , B の値は第1表に示してある。

中標津の場合と同様に、稚内において観測期間中に得られた地磁気変化の方向と地電位差変化の方向との関係を第9図に示す。この方向についての表現方法は第7図と同様である。地電位差の卓越方向は $N 44^{\circ} E$ または $N 136^{\circ} W$ である。

V. 東幌別における地磁気・地電位差の観測

東幌別(浦河町)では鉛直分力変化計による地磁気鉛直成分と地電位差の観測を行なった。観測地点は第1図に示してあり、日高側の海岸より約1 km, 上杵臼とは約13 km 離れた場所



第10図 浦河町上杵臼と東幌別における同時の地磁気短周期変化のポーラダイアグラム

- : 上杵臼における鉛直分力正の変化 ▽: 上杵臼における鉛直分力負の変化
- : 東幌別における鉛直分力正の変化 ×: 東幌別における鉛直分力負の変化

Fig. 10. The polar diagram showing directions of geomagnetic change vectors at Kamikineusu and at Higashihorobetsu.

- : Positive change of vertical component at Kamikineusu
- ▽: Negative one at Kamikineusu
- : Positive one at Higashihorobetsu
- ×: Negative one at Higashihorobetsu

14) 12)と同じ。

である。地電位差観測の電極間の距離は南北 185 m, 東西 200 m である。観測期間は 1966 年 8 月 2~10 日で、読取った変化は継続時間 9~52 分のもの 18 個である。

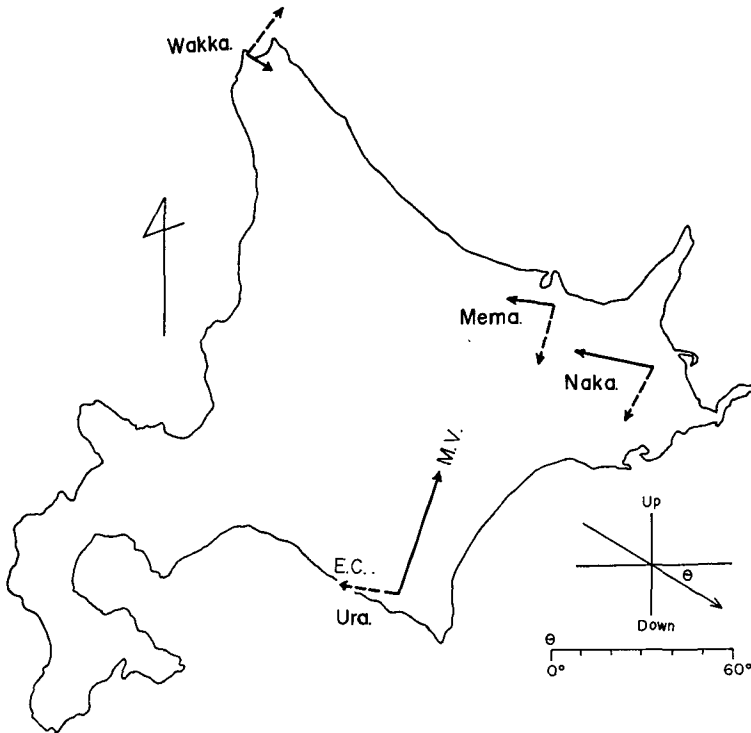
上杵臼で測定している地電位差の変化がその地方を代表しているかどうか、また、笹井・沢田¹⁵⁾が伊豆大島で場所により地磁気鉛直成分の変化の様子が著しく異なることを観測したように、日高山脈をはさんで日高側と十勝側とで地磁気鉛直成分の振舞に相異があるかどうかという問題がある。その問題を解決する手始めとして東幌別で観測を行なったものである。

東幌別における地磁気変化の方向は上杵臼の水平成分の変化 ΔH および ΔD を用いて求めた。その方向を上杵臼の地磁気変化の方向と共にポーラダイアグラムに図示すると、第 10 図のようになる。 $\Delta Z/\Delta R$ については東幌別は上杵臼よりわずかに大きい。

また、地電位差に関しては上杵臼と東幌別では方向は 20° 以内で例外なく一致し、大きさもほとんど等しい。

VI. 結 論

今回は浦河(上杵臼)の他に中標津と東幌別では地磁気鉛直成分と地電位差、稚内においては地電位差の観測を行ない、継続時間 8~90 分の短周期変化を調べてみた。



第 11 図 北海道における M ベクトルと地電流ベクトル

Fig. 11. M-vectors and earth-current vectors in Hokkaido.

15) 笹井洋一・沢田宗久; 伊豆大島地磁気変化多点観測, 第 39 回日本地球電気磁気学会 1966 年 5 月発表.

これらの地点において地磁気水平成分の変化に対して鉛直成分の変化が大きくなる方向を示す \mathbf{M} ベクトルと、地磁気はその \mathbf{M} ベクトルの方向に変化したとき流れる地電流の方向を求め、それらを第 11 図に図示した。このときに流れた地電流の方向はほとんど地電位差の卓越方向に等しいので、その方向は地電位差の卓越方向の一方向で示している。第 11 図中、女満別での \mathbf{M} ベクトルと地電流の方向は久保木・大島¹⁶⁾ の値、稚内での \mathbf{M} ベクトルは前田¹⁷⁾ の求めた値を使用した。また、東幌別では \mathbf{M} ベクトルと地電位差変化の方向は上杵臼とほとんど等しいため、第 11 図では省略した。

第 11 図に示した地点では \mathbf{M} ベクトルと地電位差の卓越方向が直交している。しかし、吉松¹⁸⁾ によるとわずか 1 km 程度で地電位差卓越方向の大きく変わるところもあり、問題は複雑であるが、今後は地電位差を測定する場所では同時に地磁気鉛直成分も測定してみる必要があると思われる。

VII. 謝 辞

この研究は横山泉教授により機会が与えられ、御指導を受けましたことを深く感謝致します。上杵臼においては観測に際して多大の御協力をいただきました浦河第三中学校・上杵臼小学校の諸先生方に感謝致します。中標津においては下山亀一氏・大野武俊氏に、稚内においては稚内高等学校・稚内電波観測所の方々に、東幌別においては町内の方々に御協力をいただきまた女満別地磁気観測所には記録を提供していただき感謝致します。

3. On the Characteristics of Rapid Geomagnetic and Geoelectric Variations in Hokkaido, Japan.

By Toshio MORI

(Urakawa Seismological Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University)

Observations of geomagnetic and geoelectric fields at Urakawa (N 42°14', E 142°58') in Hokkaido have been carried since January, 1964.

From the magnetograms recorded at Urakawa geomagnetic disturbances of the duration less than 90 minutes were selected, and the direction of these geomagnetic variations were plotted on polar diagrams and the \mathbf{M} -vector (which is reverse to Parkinson's vector) were determined. The relation among the north component (ΔH), the east component (ΔD) and the vertical component (ΔZ) of geomagnetic variations is expressed as

$$\Delta Z = 0.85 \Delta H + 0.41 \Delta D.$$

And the \mathbf{M} -vector is directed nearly towards the north-east. The predominant direction

16) 3) に同じ.

17) 12) に同じ.

18) 4) に同じ.

of short period variations of earth-potential at Urakawa is about north-west or south-east, being perpendicular to the **M**-vector.

At Nakashibetsu (N 43°32', E 144°58') and Wakkanai (N 45°24', E 141°41') the geomagnetic vertical component and geoelectric field of short period were observed. The **M**-vector at Nakashibetsu was decided by the use of ΔH and ΔD of geomagnetic variation at Memambetsu Magnetic Observatory (N 43°55', E 144°12') which is about 50 km distant from Nakashibetsu. At Wakkanai, the continuous recording of geomagnetic variations has been done by the Wakkanai Radio Wave Observatory since April, 1964, and the **M**-vector was determined by R. MAEDA. As the result, also at Nakashibetsu and Wakkanai, the **M**-vector at each observation point is perpendicular to the predominant direction of earth-potential variation at the point. And it is also reported by T. KUBOKI and H. OSHIMA that the **M**-vector is perpendicular to the predominant direction of earth-potential variation at Memambetsu.