

女満別の地電流観測について

伴 野 登

On the Earth-Current Potentials at the Memambetsu

Magnetic Observatory

by Noboru BANNO

By using the data of 1950, the present author investigated the characteristics of earth-current potentials at the Memambetsu magnetic observatory, where the observation of earth-current has been carried out since November, 1949. This observatory is apart from the coast of Okhotsk-sea about 15 km. In spite of this pretty large distance, the variation of earth-current potential at this station points mainly normal to the coast-line, as found at the other observatories near the coast. It may be considered that the fact depends on the difference of the conductivity between land and sea, and the electric currents have a tendency to flow toward the sea. Consequently, we must consider the phenomena of earth-current potentials, which are induced by the changes of magnetic field, from the standpoints of both the electric characters in the vicinity of the station and those in fairly large area surrounding it.

§ 1. 緒 言

1949年11月から開設された地磁気観測所女満別出張所で地電位差の観測を行つておるが、地電位差は他の地球電磁氣的要素と異り、その土地の特性により著しく変化の方向を異にするので、女満別の地電位差の特性を報告するために調査した。

§ 2. 観測施設概況

観測地はオホーツク海岸から最短距離で約 15 軒離れた緩かな丘陵地帯にあり、地表面は火山灰で覆われている。観測基線は東西 160 米、南北 195 米でいずれも構内に設けてある。電極は各極共、松下電機製作所製の接地用炭素棒 4 本からなるものと、 $51 \times 120 \text{ cm}^2$ の銅板からなるものとを、地下約 3 米に周囲に木炭の粉末を充填して埋設してあり、炭素棒、銅板の各組につき接地起電力の小さい組を選んで使用している。接地抵抗はいずれも 400 オーム内外である。導線は 2 mm 径の四種被覆線で地上約 3 米に架線している。検流計は横河電機製作所製の D-3 型 D 級を使用している。各成分に二個の検流計を並列に用い、早廻、遅廻の同時記録を採っている。検流計に直列な抵抗は約 5000 Ω である。

§ 3. 統計の結果

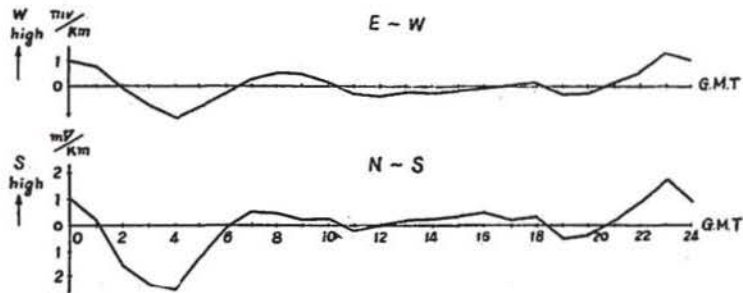
1950 年の毎月平均値から日変化を求め、一年間の平均値を求めると第 1 表及び第 1 図の如くな

る。又ベクトルダイヤグラムは第2図の如くなり、扁平な楕円形の長軸の方向はオホーツク海の海岸線にちょうど直交し、他の海岸地方の結果と同様である。

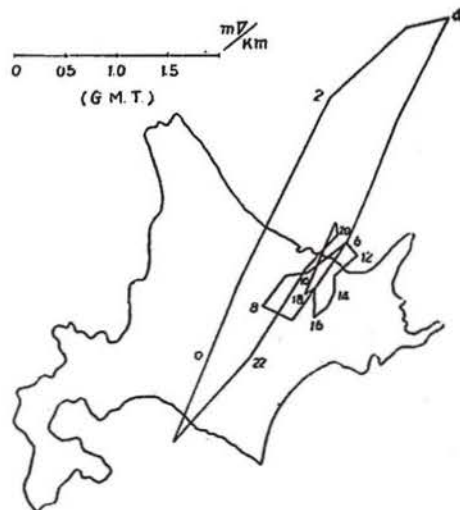
第 1 表

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
東西分値	0.7	-0.1	-0.8	-1.2	-0.7	-0.3	0.2	0.5	0.3	0.1	-0.3	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.0	0.1
南北分値	0.2	-1.5	-2.2	-2.4	-1.2	-0.1	0.6	0.5	0.2	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4

時刻	19	20	21	22	23	24	G. M. T.
東西分値	-0.2	-0.2	0.1	0.6	1.3	1.0	mV/km
南北分値	-0.3	-0.2	0.2	1.0	1.9	1.0	W. S 高電位 正



第 1 図



第 2 図

地球磁場の変化によつて誘起される地電位差に関しては Chapman, Ertel, 平山氏等によつて論ぜられているが, 平山氏の式⁽¹⁾を引用すると

$$\begin{aligned} i_r &= \sigma_{rr} E_r + \sigma_{r\theta} E_\theta + \sigma_{r\varphi} E_\varphi \\ i_\theta &= \sigma_{\theta r} E_r + \sigma_{\theta\theta} E_\theta + \sigma_{\theta\varphi} E_\varphi \\ i_\varphi &= \sigma_{\varphi r} E_r + \sigma_{\varphi\theta} E_\theta + \sigma_{\varphi\varphi} E_\varphi \\ \text{rot } H &= 4\pi i, \quad \text{div } i = 0 \end{aligned}$$

i : 電流 E : 電場 H : 磁場 σ_{ik} : テンソル量で

$\sigma_{r\theta} = \sigma_{\theta r}$, $\sigma_{\varphi r} = \sigma_{r\varphi}$, $\sigma_{\varphi\theta} = \sigma_{\theta\varphi}$ とすると

$$\left. \begin{aligned} E_\varphi &= -\frac{a}{\mu} \overline{\Theta} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{i m \left(\frac{E_n^m}{n+1} - \frac{I_n^m}{n} \right)}{E_n^m + I_n^m} (K_3 H_\theta - K_4 H_\varphi) \\ E_\theta &= -\frac{a}{\mu} \overline{\Theta} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{i m \left(\frac{E_n^m}{n+1} - \frac{I_n^m}{n} \right)}{E_n^m + I_n^m} (K_5 H_\theta - K_3 H_\varphi) \end{aligned} \right\} A$$

となる。ここに,

E_n^m, I_n^m はそれぞれ引部及び内部変化磁場の振巾及び位相差を表す複素常数であり,

$$\begin{aligned} \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \overline{\sigma_{ik}} d\varphi &= \overline{\Theta}_{ik} \begin{cases} = \overline{\Theta} & (i=k) \\ = 0 & (i \neq k) \end{cases} \\ \frac{1}{d} \int_0^a \overline{\sigma_{ik}} dr &= \overline{\sigma_{ik}}(\theta, \varphi) \quad (i, k=r, \theta, \varphi) \quad d \text{ は電流層の厚さ} \\ K_3 &= \frac{1}{\Delta} (\overline{\sigma_{\theta r}} \overline{\sigma_{r\varphi}} - \overline{\sigma_{rr}} \overline{\sigma_{\theta\varphi}}) \\ K_4 &= \frac{1}{\Delta} (\overline{\sigma_{rr}} \overline{\sigma_{\varphi\varphi}} - \overline{\sigma_{r\varphi}}^2) \\ K_5 &= \frac{1}{\Delta} (\overline{\sigma_{rr}} \overline{\sigma_{\theta\theta}} - \overline{\sigma_{r\theta}}^2) \end{aligned}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} \overline{\sigma_{rr}} & \overline{\sigma_{r\theta}} & \overline{\sigma_{r\varphi}} \\ \overline{\sigma_{\theta r}} & \overline{\sigma_{\theta\theta}} & \overline{\sigma_{\theta\varphi}} \\ \overline{\sigma_{\varphi r}} & \overline{\sigma_{\varphi\theta}} & \overline{\sigma_{\varphi\varphi}} \end{vmatrix} \quad \text{である}$$

島山氏⁽²⁾に倣い、 $\frac{\overline{\sigma_{\varphi\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}, \frac{\overline{\sigma_{\theta\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}$ を求めて見ると,

$$A \text{ 式より } \frac{E_\theta}{E_\varphi} = -\frac{K_4 H_\varphi - K_3 H_\theta}{K_5 H_\theta - K_3 H_\varphi}$$

$\overline{\sigma_{r\varphi}} = \overline{\sigma_{r\theta}} = 0$ とすると

$$\frac{E_{\theta}}{E_{\varphi}} = - \frac{\overline{\sigma_{\varphi\varphi}} + H_{\varphi} \overline{\sigma_{\theta\varphi}} H_{\theta}}{\sigma_{\theta\theta} H_{\theta} + \sigma_{\theta\varphi} H_{\varphi}}$$

$$E_{\theta} H_{\theta} + E_{\varphi} H_{\varphi} \frac{\overline{\sigma_{\varphi\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}} + (E_{\theta} H_{\varphi} + E_{\varphi} H_{\theta}) \frac{\overline{\sigma_{\theta\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}} = 0$$

となり、 E_{θ} 、 E_{φ} 、 H_{θ} 、 H_{φ} の二組から $\frac{\overline{\sigma_{\varphi\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}$ 、 $\frac{\overline{\sigma_{\theta\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}$ の一組が決定されるが、 E_{θ} 、 E_{φ} をそれぞれ地電位差南北成分及び東西成分の変化量とし、 H_{θ} 、 H_{φ} をそれぞれ地磁気の水平分力及び西分力の変化量として第2表に掲げた三つの場合につき計算を実施してみた。

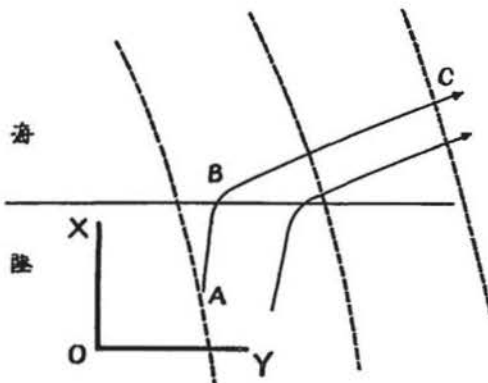
第 2 表

変化起時の中心時刻	2nd2h00m	3nd22h52m	3nd5h50m	3nd13h27m	2nd6h40m	4ne17h15m
E_{θ} (mv/km)	8.3	12.9	3.8	- 19.6	12.5	- 13.3
E_{φ} (mv/km)	- 4.0	- 4.8	- 2.2	10.3	- 7.5	6.3
H_{θ} (γ)	10.2	9.4	7.7	- 31.2	25.4	- 18.7
H_{φ} (γ)	6.0	11.0	3.3	- 16.7	5.3	- 17.0
$\frac{\overline{\sigma_{\theta\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}$	0.85		0.54		1.35	
$\frac{\overline{\sigma_{\varphi\varphi}}}{\sigma_{\theta\theta}}$	3.85		3.57		3.67	

読取の誤差及び諸仮定による式の不完全さにより一致した値は得なかつたが、似た値が出た。

§ 4. 結果に対する考察

海岸地方の地電位差変化が海岸線に垂直な方向に大きくなるのは、陸地に比して海水の電気伝導度が大きいので、地電流はなるべく海の部分を流れようとするためであろう。今第3図において、



第 3 図

もし土地が等方性の伝導度を持つていたとしても、海陸分布のために、電流が A B C の経路を辿つて流れる様に電場は偏倚されるであろう。もし海岸に近い O 点で、海岸線に垂直に O X、平行に O Y の観測基線を設けたとすると、O X に沿う電流は O Y に沿つて流れる電流に比しはるかに大きく、吾々の測定する電位差 E は、これら基線に沿つて流れる電流 I

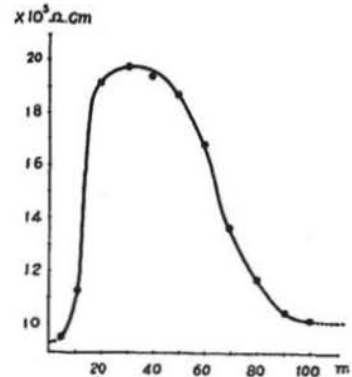
と、極板間の大地抵抗 R による電圧降下 $E=IR$ で現わされるであろうから、 $O X$ 方向の電位傾度は $O Y$ 方向の電位傾度よりはるかに大きく観測されるであろう。故に吾々の観測する地電位差は、極板間で、磁気変化によつて誘起される電場よりも、観測地附近相当広範囲にわたる地域の状態によつて誘起される電場であり、上記の σ_{ik} なども、広範囲な地域の電氣的性質によつてきまるものであろう。しかして、一般に観測基線の延長に電気伝導度の大きな地域のある方向の基線では、他の方向の基線よりも大きな地電位差変化が観測されるであろう。

§ 5. 比 抗 抵

なお女満別における大地比抵抗の地下 100 米までの観測結果は第 4 図の通りであり、地表下 15 米及び 25 米附近に不連続な層があるらしい。更に深い部分についての測定は今後実施する予定である。

§ 6. 結 語

オホーツク海から約 15 軒離れた女満別においても、海岸線に垂直な方向に大きく地電位差が変化する。これは海と陸の電気伝導度の相異に基くであろうが、吾々の測定する地電位差は、観測地のみ状態によらず、相当広範囲な地域の電氣的条件によつて起されるものであろう。又当地では、水平的にも垂直的にも電気伝導度の分布が複雑であり、当然鉛直方向の地電位差も誘起されていると思われるが、将来地電位差の鉛直成分も測定した上で検討したいと思う。終りに種々御指導を賜つた湯村出張所長に感謝いたします。



第 4 図

文 献

- (1) 平山 操；地球磁場の変化に依つて異方性の伝導率を有する地殻に誘起される地電流について，気象集誌，第十三巻，第十号
- (2) 畠山 久尙；地磁気及び地電流の湾型変化並びに脈動に関する研究，気象集誌，第十七巻第六号