

柿岡における土地の比抵抗 (I)

柳 原 一 夫

Earth-Resistivity near the Kakioka Magnetic Observatory (I)

by KAZUO YANAGIHARA

From April 1948 the earth-resistivity has been measured by the Wenner-Gish-Rooney method at the Kakioka Magnetic Observatory, by using several systems of electrode arrangement and base length. In the present paper the outline of the field equipments, method and apparatus and corresponding some preliminary experiments were described. It was shown that both the alternated direct current method and low frequency ratio-meter method afforded the same result within the error 3~5%. Some discussions were made about the lateral and vertical distribution of the earth-resistivity and its connection with the amplitudes of the earth-current potential gradient measured at several points.

We could find no diurnal variation of the resistivity from any base used. Monthly mean values of each base were tabulated for the aid of some understanding the fluctuation in the course of longer period.

地電流として従来観測されて来たのは主として地電位差のみであつて、土地の比抵抗は一時的に観測されるのみであつたが、柿岡において 1948 年 IV 月から短い基線で 1949 年 II 月からやゝ長い基線で定常的に観測を始めたので、二三の結果について述べることにする。

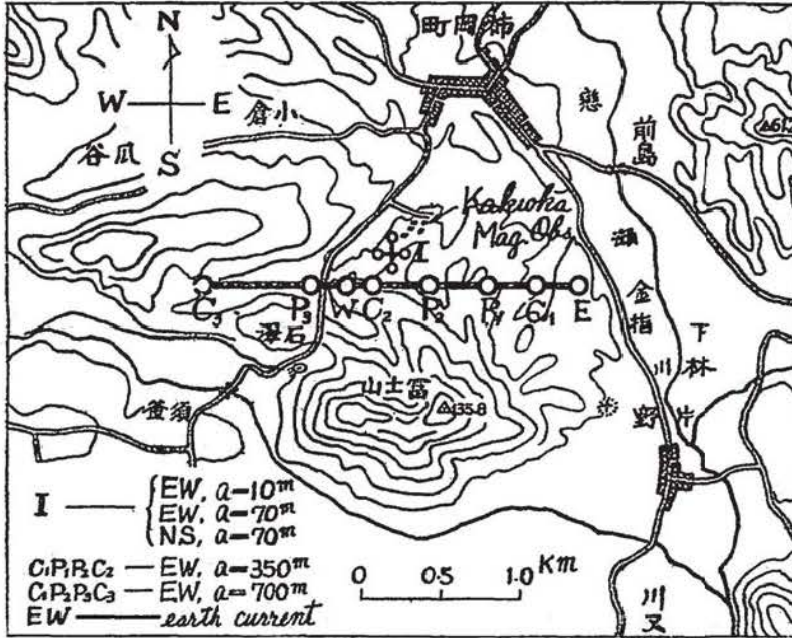
Wenner-Gish-Rooney 法によれば見掛けの比抵抗 ρ は

$$\rho = 2\pi a \frac{V}{I}$$

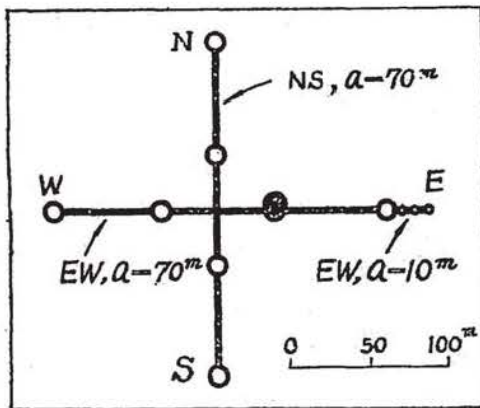
で与えられる。こゝに a は相隣れる電極間の距離、 I は外側の電極を通じて土地に流した電流、 V はそれによつて内側の電極間に生じた電位差である。

1. 基線 1948 年 IV 月地電位差東西基線の北に東西・南北夫々 $a=70^m$ 、及び補助として東西に $a=10^m$ の各基線を設けた。(第 1 図、第 2 図)。富士山(標高 135.8 m)の北麓にあつて、地形は西北にやゝ傾斜して、中央より東側に凹地が北から入りこんでいる。尙 $a=10^m$ の基線は $a=70^m$ 東西基線の東側延長上のほぼ平坦地に設けられた。

電極は電位差極には炭素棒、電流極は種々取り換えて観測したが主としては後述の L-10 型大地比抵抗測定器附属の接地棒を用い、電極から観測室迄は通常の地電流観測の場合と同様に所謂第四種絶縁銅線を碼子で木柱の上に支え架空線として導いた。



第 1 図



第 2 図

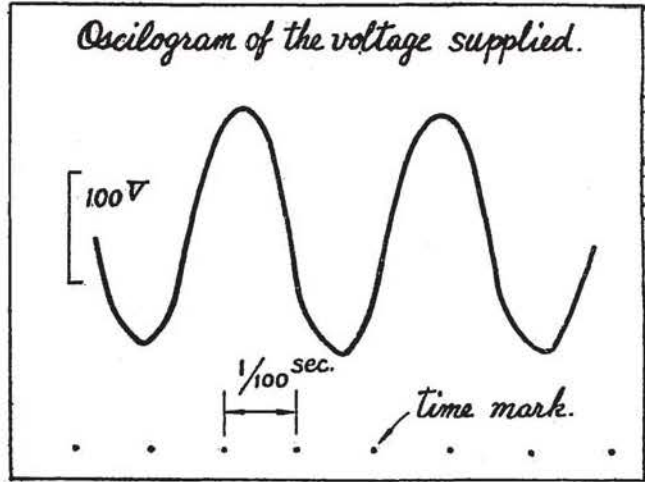
1949年II月地電位差東西基線(基線長1.5 km, 第1図のEW)沿いに $a=350^m$ の基線を併設した。電流を流した場合地電位差観測に支障を与えない様地電位差基線のほぼ中央にとつてある。(第1図及び第7図)。電極架空線は電流極に銅パイプ(直径5cm, 長さ100cm)のもの2本宛を用いた他は上述のものと同じである。

電流極の接地抵抗の和は $a=70^m$ 基線でL-10型附属接地棒を用いた場合 $1000\Omega \sim 1500\Omega$, $a=700^m$, 350^m 基線では $300\Omega \sim 600\Omega$ である。

尙電極埋設の深さは $a=10^m$, 70^m 基線では地表下50 cm, $a=350^m$, 700^m 基線では 1.5^m 程度である。

2. 観測 測器としては横河電機製L-10型大地比抵抗測定器及び直流電流を切り換えて流して電流及び電位差を測定する方法の二つを主として用いた。今後便宜上前者を交流法後者を直流法と稱することとする。L-10型大地比抵抗測定器は交流手廻し発電器を交流電源として、変流器

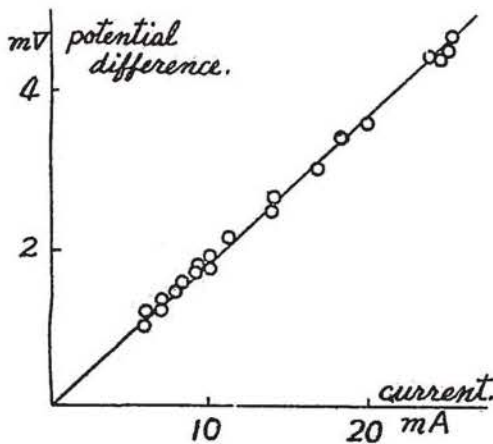
によつて流れた交流電流に比例する電圧を二次側抵抗端子間に発生させてこの一部で電位差回路の電圧を補償して null method で V/I を直読する仕組みになっている。null indicator としては発電器に直結する commutator を通じて整流して直流検流計を用いる。この発電器によつて発生する交流電圧のオツシログラムを第3図に示す。周波数は約 40c/sec. である。この器械は (V/I) の値で $300\Omega-30\Omega-3\Omega-0.3\Omega$ の 4 range



第3図

に切り換えられるが、上記の基線に対して用いられるのは $3\Omega, 0.3\Omega$ の range で実際の土地の比抵抗の測定に用いた場合約 0.01Ω の誤差を有した。尙土地の代りに抵抗を用いて時々検定を行つた。

直流法は直流電源をスイッチを手動で土に切り換えて、電流を流して各々の電流及び電位差を測定する。直流電源としては交流を自動電圧調整器を通して定圧にしてから整流して用いてある。電流はミリアムメーターで電位差は通常的地電流観測の場合と同様に高抵抗を通して 10^{-8}amp/mm 程度の検流計により測定する。この方法では電流方向を切替える時間間隔は検流計又はミリアムメーターの週期によつて制限されるので最小限 3 sec を必要とした。(検流計としてはプロマイ



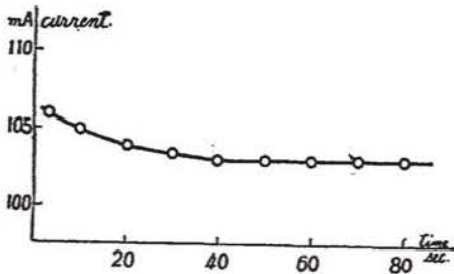
第4図

ド紙上に記録する場合は週期 0.4 sec. 目視の場合は 2.5 sec. のものを主として用いた)。直流法においては分極等を考慮しなければならないので、次の如き試験を主として $a=70^m$ の東西基線に対して行つた。

i) 電極を所謂硫酸銅電極を用いて測定した場合と他の電極を用いた場合との比較。これは殆んど変化が見られなかつた。(検流計の振幅の読み取の誤差以下である)。

ii) 電流回路に摺動抵抗を挿入してこれを最初抵抗値零にして電流を一方に流し始め段階的に抵抗を増加し最大になつた所から同様に減少

させ、電流方向を逆にして同じことを行う。電流と電位差を各段階において測定して此等から求められた夫々の比抵抗 ρ の値を比較する。これを電位差—電流のグラフとして第4図に示す。この図によつてみるにほぼ直線の上にあることが判る。即ち V/I , 従つて比抵抗 ρ の観測値は一定と考えられる。



第5図

iii) 上の抵抗を一定にしておいても分極等のため電流は時間と共に多少減少するから、各電流値に対応する比抵抗の測定値を比較してみたが電流は40 sec程度で略々一定となり最初の測りうる電流値と1分後の電流値との差は3%程度であつて(第5図)、之に対応する比抵抗の測定値の違ひは殆んど認められなかつた。但しこのとき用いた電流用電極は銅パイプ及び銅板である。

iv) 直流法による測定値と交流法によるそれとの比較。42回の直流による目視観測とその直後行つた交流法による観測の結果は $\frac{\rho_{DC} - \rho_{AC}}{\rho_{AC}}$ の平均値において0.01, 最大0.05程度である。但し ρ_{AC} , ρ_{DC} は夫々交流法直流法による相対応する比抵抗の測定値である。東西 $a=70^m$ 基線においては $(V/I)=0.23\Omega$ 程度であるから上述の如く交流法において約5%程度の誤差を含む。従つて誤差の範囲内で一致すると云い得る。尙 $a=10^m$ の基線に対しても比較してみたが殆んど差異は認められなかつた。以上の試験結果として上述の如き直流法を用いて比抵抗を測定してもほぼ差支えないものと思われる。

第1表

$a=70^m$ 東西, 南北, $a=10^m$ 東西の各基線については1948年IV月から1949年III月迄は毎日数回1949年IV月以降は長い基線との比較のため平均毎月数回程度、主として交流法により観測を行つた。

$a=350^m, 700^m$ の各東西基線は設置以来毎日1~2回主として直流目視観測を行つた。

観測値として1950年VIII月迄の毎月の平均値を表に示す。

$\rho_{E700}, \rho_{E350}, \rho_{E10}, \rho_{E70}$ 及び ρ_{N70} は夫々 $a=700^m, 350^m, 10^m, 70^m$ の東西及び $a=70^m$ の南北各基線の比抵抗値を示す。*印は1950

	ρ_{E10}	ρ_{E70}	ρ_{N70}
	$\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$	$\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$	$\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$
1948 IV	1.17	1.17	1.05
V	1.15	1.18	1.09
VI	1.16	1.12	1.06
VII	1.15	1.04	1.03
VIII	1.13	1.01	0.99
IX	1.09	0.95	0.97
X	1.09	1.01	1.00
XI	1.09	1.01	1.01
XII	1.09	1.00	0.99
1949 I	1.11	1.03	1.03
II	1.12	1.04	1.08
III	1.09	1.03	1.00
Mean	1.12	1.05	1.03
1950 III~VIII Mean	1.10	1.01	1.00

第 2 表

	ρ_{E700}	ρ_{E350}
	$\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$	$\times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$
1949 II		2.86
III		2.84
IV		2.93
V		2.84
VI		2.88
VII		2.86
VIII		2.90
IX		2.90
X		2.88
XI		2.88
XII		2.90
1950 I		2.93
II		2.90
III	4.98	2.91
IV	4.98	2.92
V	5.02	2.90
VI	5.05	2.93
VII	5.05	2.99
VIII	5.02	2.97
Mean	—	2.90
*Mean	5.02	2.94

年 III 月～VIII 月の平均である。又比較のため ρ_{E10} , ρ_{E70} , ρ_{N70} についても夫々 1950 年 III 月～VIII 月の平均を夫々の最下欄に示す。

3. 観測結果及びその他 2・3 の観測について。日変化の存在を検証するために 1948 年 V 月から VIII 月迄 $a=70\text{m}$ 東西基線について、毎時水銀リレーを通じて直流電流を流し 2 台の反照型検流計によつてプロマイド紙上に電流及び電位差を夫々自動的に記録させて毎時の比抵抗の値を測定したが、一日以上の週期を有すると目される変化を除けば一日の較差は電流・電位差の読取の誤差以下であつて、殆んど日変化らしきものは認められない。

$a=700\text{m}$, 350m の各基線についても同様のことを行つたがやはり同様の結果であつた。

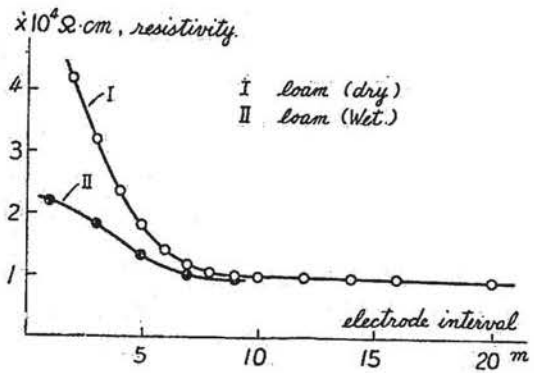
直流法においては分極等も考慮に入れて誤差は 2~3% 程度と考えられるが、一日以上の週期の変化が $a=700\text{m}$, 350m の基線に対してもこの範囲を越えて認められる様である。この点に関しては ρ_{E700} の観測値を集積し尙一層高い精度で観測してから検討する積りである。

地表面附近における比抵抗の値は水平にも垂直にも大きく

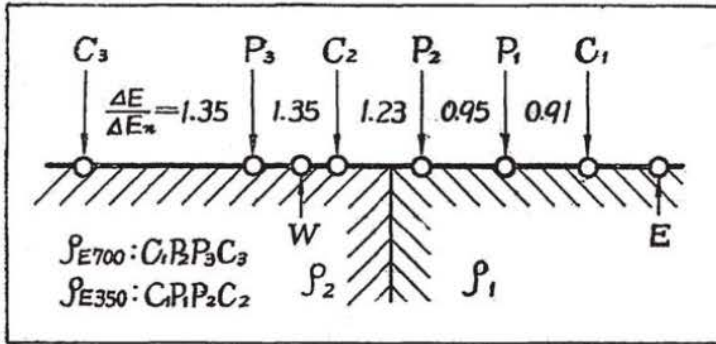
変化する。極く地表面附近の値は場所的に $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度から $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度迄種々の値をとつている。垂直方向の変化について所謂垂直探査の結果の一例を第 6 図に示す。何れも地磁気観測所構内のローム質土壤の上で観測されたものである。

更に深部に及ぶ比抵抗の変化は柿岡においては垂直方向と水平方向の変化が重疊して複雑である。 $a=350\text{m}$ 東西基線を 350m だけ西へづらせて P_1P_3 を電流極とし、 P_2C_2 を電位差極として (第 7 図及び第 1 図) 測定した比抵抗の値を ρ'_{E350} とすると、 $\rho_{E350}/\rho'_{E350}=0.80$ である。

一方地電位差を C_1C_3 (第 7 図) を各部分 (C_1P_1 , P_1P_2 , P_2C_2 , C_2P_3 , P_3C_3) に分けて同時記録し所謂短週期型変化の振幅の比を求めた結果、



第 6 図



$$\left. \begin{aligned} \Delta E(C_1P_1)/\Delta E_n &= 0.91 \\ \Delta E(P_1P_2)/\Delta E_n &= 0.95 \\ \Delta E(P_2C_2)/\Delta E_n &= 1.23 \\ \Delta E(C_2P_3)/\Delta E_n &= 1.35 \\ \Delta E(P_3C_3)/\Delta E_n &= 1.35 \end{aligned} \right\}$$

を得た。但し $\Delta E(C_1P_1)/\Delta E_n$ は C_1P_1 間の地電位差の短週期型変化の振幅を単位距離当

第 7 図

りに換算したものと、標準基線 EW (第 7 図) のそれに対応するものとの比である。他の比も同様である。

この振幅の比の測定結果は P_2 の西 100m 辺に比抵抗の変る境界があると考えると容易に説明される。東側の比抵抗を ρ_1 、西側を ρ_2 として夫々垂直方向に一様と考えれば、 $\rho_{E350}/\rho'_{E350}=0.80$ の値を用いて $\rho_1/\rho_2=0.6$ となり、それに対応する振幅の比 $\Delta E_1/\Delta E_2=0.7$ に近い値となる。但し比抵抗の測定値 ρ_{E350} 、 ρ'_{E350} は 350m 程度を平均的にみての結果であることに注意すべきであろう。

ρ_{E700} において ρ_{E350} の 1.7 倍に達する事実は更に深部における比抵抗の増大を暗示するが、この場合にも水平方向の変化も (南北への拵がりも含めて) 考慮する必要がある。尙 Wenner の 4 極法からは離れるが、 C_1C_3 を通じて電流を与え、 P_2C_2 及び C_2P_3 の電位差を測ることにより見掛の比抵抗を、

$$\rho = 4\pi a \frac{V}{I} \quad (a=700\text{m})$$

によつて計算すれば、夫々の ρ を ρ_E 、 ρ_W として $\rho_E/\rho_W=0.82$ なることからこの場合にも P_2C_2 間に境界を考慮することが可能である。又再び前述の ρ_1 、 ρ_2 を仮定すれば同様に $\rho_1/\rho_2=0.6$ となる。但し ρ_1 、 ρ_2 の値自身は前のものよりも大きい。

終りに瘡み終始御指導を賜つた吉松地球電気課長、並びに種々御援助下された課員諸氏に厚く御礼申し上げます。