

68. 伊豆半島地盤異常隆起地域の電気抵抗 の再測結果について

地震研究所	{	行 武 毅
		吉 野 登 志 男
		歌 田 久 司
		本 蔵 義 守
		小 山 茂
気象庁地磁気観測所	{	石 川 雄 一
		河 村 譜
		大 地 洗 幸

(昭和 53 年 10 月 31 日受理)

1. ま え が き

国土地理院の水準測量の結果、伊豆半島の中伊豆冷川峠を中心として、1974 年からおよそ 1.5 年間に地盤が 10 cm 以上異常隆起していることが判明した。その後、異常隆起の中心は西および南西に移動したものの、中伊豆では 1977 年 8 月現在依然として隆起が続いている(国土地理院, 1976, 1978)。

この異常隆起に関連して、中伊豆町で大地電気抵抗の繰り返し測定を 1976 年 7~8 月、1976 年 11 月、1977 年 10 月の 3 回行ったのでその結果を報告する。また、繰り返し測定を行う場合の測定精度の検討も行う。

2. 測定地域

測定を実施した地域および電極配置を Fig. 1 に示す。大幡野高原 (OHATANO)、伊豆平 (IZUDAIRA) および冷川 (HIEKAWA) の 3 ヶ所で、Schlumberger 法と Bipole-dipole 法との併用による電気抵抗の測定を実施した(行武・他, 1977)。その測定結果を、測定点の高度差をも考慮して模式的にかいたものが Fig. 2 である。三者に共通しているのは、深い所に数 $\Omega\text{-m}$ という低い比抵抗層が存在することである。大幡野高原と伊豆平の台地では、地表から 150~200 m の深さまで 1 k $\Omega\text{-m}$ 以上の高抵抗層がある。この高抵抗層として、天城火山から流出した溶岩の存在が考えられる。

繰り返し測定は Bipole-dipole 法で行った。大幡野高原の A_0B_0 に電流電極を固定し、0.1 Hz の矩形波電流を流し、O1~O5 の地点でそれぞれ電位差の測定を行った。冷川では電流電極を中心よりそれぞれ 680 m の地点に固定し ($AB/2=680\text{ m}$)、Fig. 1 の H1~H4 の地点で電位差の測定を行った。

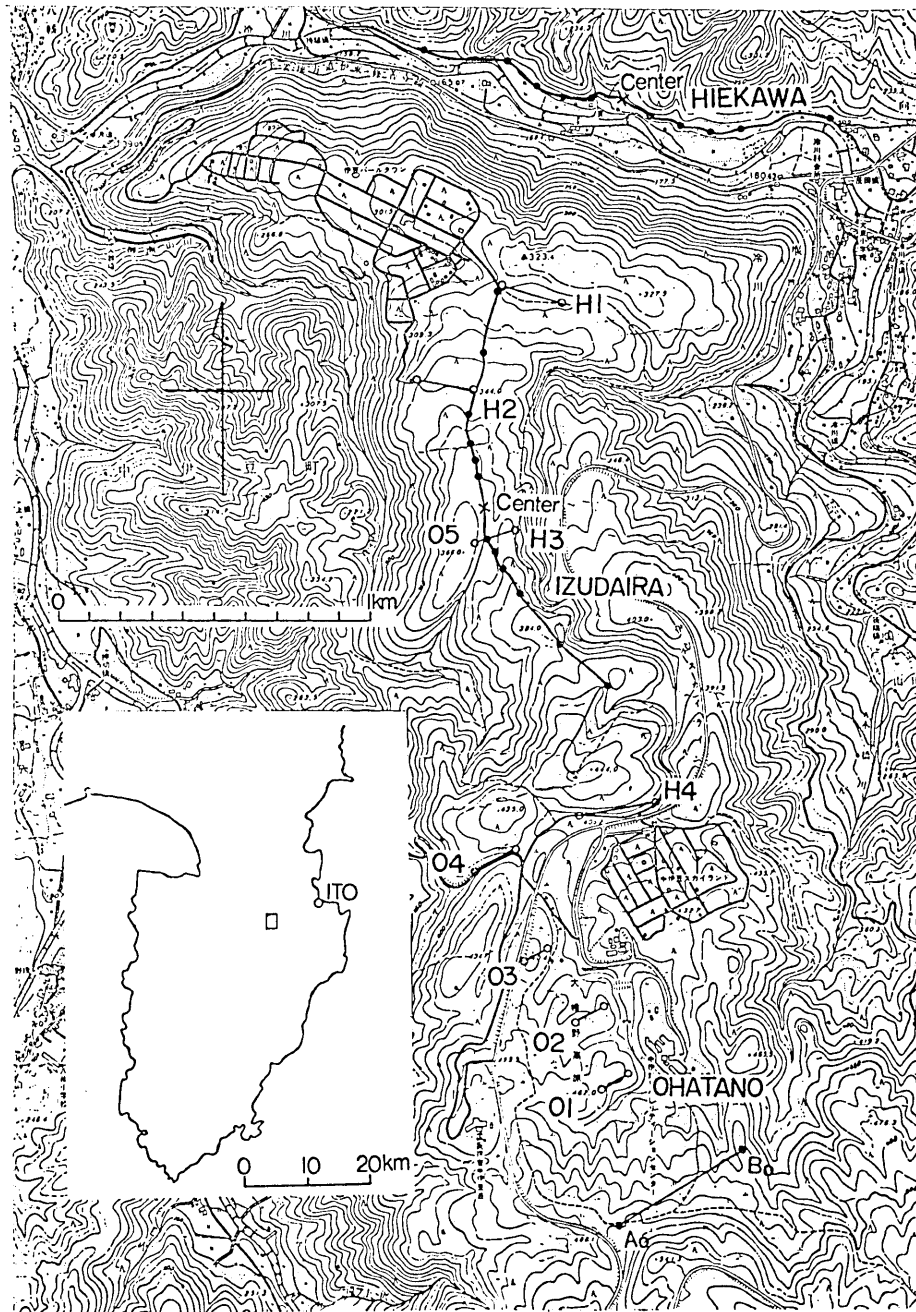


Fig. 1. Locations of electrodes for the repeated measurements of earth resistivity. With current electrodes in Ohatano and Hiekawa, bipole-dipole methods were employed. O1-O5 are locations of the receivers for the source electrodes A_0B_0 of the Ohatano measurements. H1-H4 are those for the Hiekawa measurements.

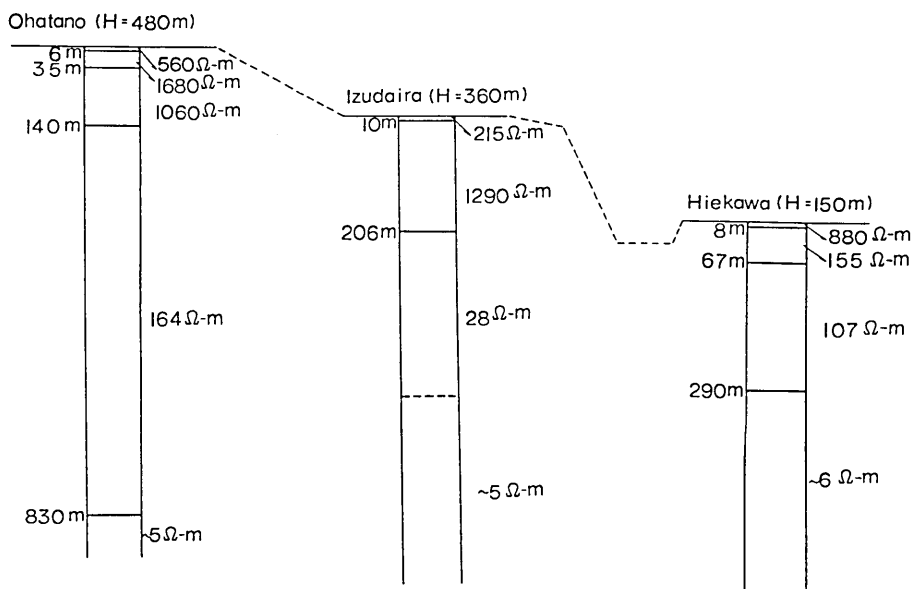


Fig. 2. Vertical distributions of electrical resistivity in the surveyed area.

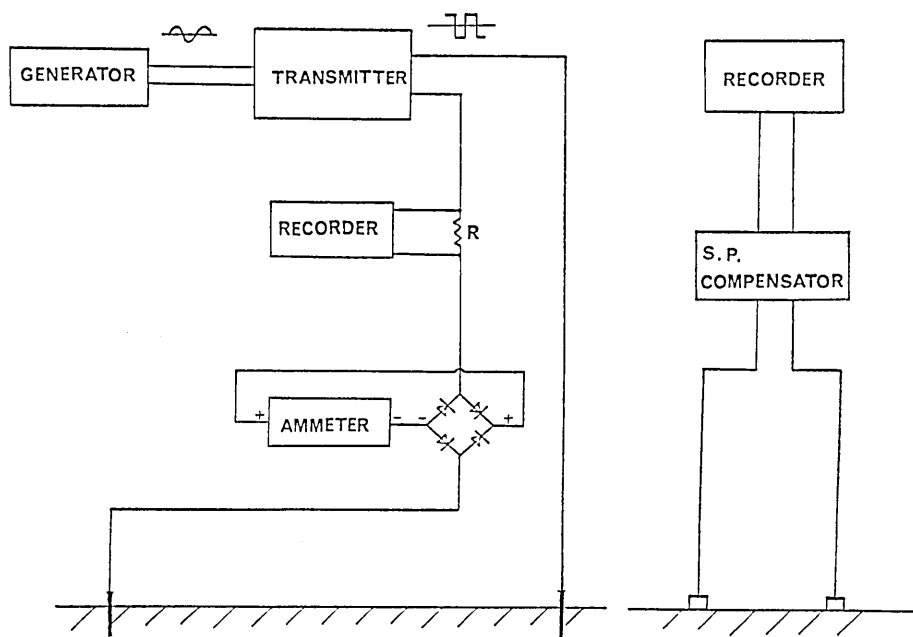


Fig. 3. Block diagram of the whole system of earth resistivity measurement. The transmitting system is shown on the left and the receiving system on the right.

3. 測定器および測定精度

繰り返し測定により電気抵抗の時間変化を検出しようとする場合は、高精度の観測が必要である。以下に個々の測定器の測定精度と観測全般の総合精度とを、測定器のブロック図 (Fig. 3) を参照して検討してみたい。

図の左側が送信部、右側が受信部である。まず、送信部では、定格出力 2,000 VA のホンダ発電機 (GENERATOR) から出る 100 V, 50 Hz の正弦波出力を IP 発信機 (TRANSMITTER) で矩形波に変換し、電極を通して地中に電流を流す。使用した IP 発信機は最高電圧 800 V で最大電流 2 A まで流すことができる。出力電流の周波数は直流, 0.02 Hz, 0.05 Hz, 0.1 Hz, 0.3 Hz, 1 Hz, 3 Hz, 10 Hz と変えることができる。発電機は負荷を多く取り過ぎたり、ドライブベルトがゆるんでいるとエンジンの回転数が不安定になる。これは発電機の出力電圧の変動となり、そのまま IP 発信機の出力電流の変動となって表われるから、測定時にはエンジンの回転数の安定度などに特に注意を必要とする。

IP 発信機の矩形波電流値の測定は 2 通りの方法で実施している。ひとつは Fig. 3 のように固定抵抗 R の両端の電位差を記録計に記録し、測定した電位差と抵抗値より計算で求める。固定抵抗 R (0.912 Ω) は温度係数が 1×10^{-6} のマンガニン線を使用している。したがって 50°C の温度変化に対しても 0.05% の変化が予想されるに過ぎない。記録計には東亜電波製 EPR-200 A を使用した。精度はフルスケールで $\pm 0.5\%$ である。したがってこの方法で得られる電流値測定精度は、主として記録計の精度に依存し、 $\pm 0.5\%$ となる。電位差を記録計に記録させる方式は同時に電流波形の監視に役立つ。他は電流計で直接電流を読み取る方法である。電流値直読方式では Fig. 3 に示す通り整流器を通して可動コイル型直流電流計で読みとっている。使用している電流計は 4 レンズで測定でき、最大目盛値は各々 0.1, 0.3, 1, 3 A である。測定精度はフルスケール $\pm 0.5\%$ である。送信側電流の測定値としては記録計または直流電流計のどちらか精度のよい方を採用する。受信側の電位差測定には入力側と同じ東亜電波製 EPR-200 A 記録計を使用している。

Table 1. The apparent resistivity (ρ_a) and its normalization by the value for August 1976 in the Ohatano area. r is the spacing between the source and the receivers.

	r (m)	ρ_a (Aug. 1976)	ρ_a (Nov. 1976)	ρ_a (Oct. 1977)	$\frac{\rho_a \text{ (Nov. 1976)}}{\rho_a \text{ (Aug. 1976)}}$	$\frac{\rho_a \text{ (Oct. 1977)}}{\rho_a \text{ (Aug. 1976)}}$
		(Ω -m)	(Ω -m)	(Ω -m)		
O-1	470	128	124	127	0.97	0.99
O-2	670	205	197	215	0.96	1.05
O-3	890	180	178	191	0.99	1.06
O-4	1220	120	121	124	1.01	1.03
						$\frac{\rho_a \text{ (Oct. 1977)}}{\rho_a \text{ (Nov. 1976)}}$
O-5	2160	—	32	33	—	1.02

この場合の精度は、主として記録の読み取り精度と電位電極間の接地抵抗によって決まる。受信部の電位差が数 mV 以下の場合には、自然電位の変動の影響を受けることがあり、誤差が生じ易くなる。また記録計の入力抵抗は $2\text{M}\Omega$ で、電位電極間の接地抵抗の変動が $10\text{k}\Omega$ 以下の場合には、精度は $\pm 0.5\%$ となる。接地抵抗が大きくなると記録計の精度は低下する。中伊豆での接地抵抗は大きい所で $20\sim 30\text{k}\Omega$ であったので、この地域での電位差測定精度は $\pm 1\%$ 程度になった可能性がある。また、記録計を複数個使う場合は、記録計相互の差が 1% 程度あることが多い。電気抵抗の時間変化を調べるような精密測定の場合は記録計の器差にも配慮が必要である。送信側の精度は $\pm 0.5\%$ 、受信側の精度は \pm

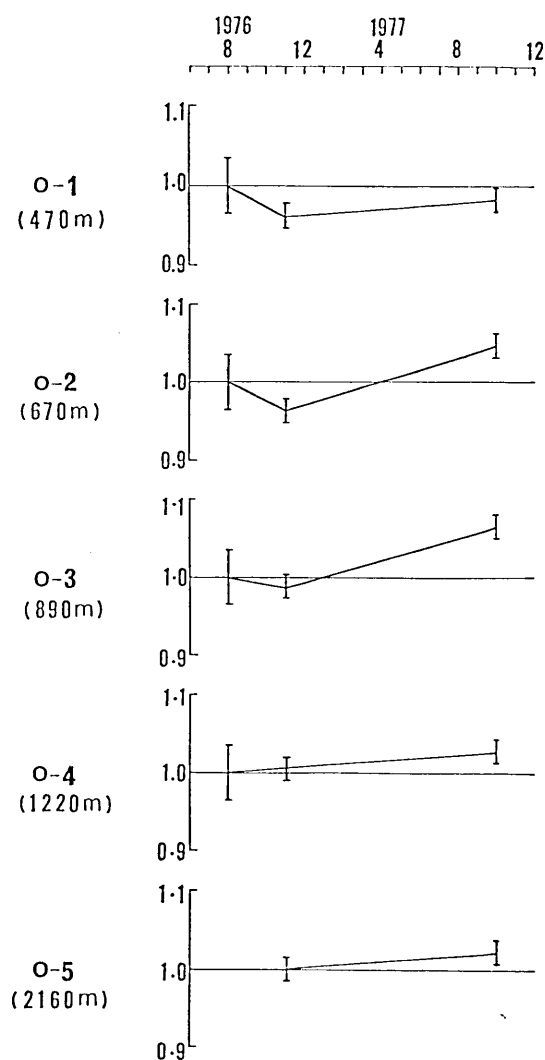


Fig. 4. Variation of the apparent resistivity normalized by the values for August, 1976 in the Ohatano area. Numbers in () represent spacings between the current and the potential electrodes.

1% で、結局この地域の総合測定精度は $\pm 1.5\%$ 程度と推定される。但し、1976 年 7~8 月の 1 回目の測定では、精度が $\pm 2.5\%$ の直流電流計の測定値を使用したため、総合精度は $\pm 3.5\%$ 程度になる。また、1976 年 11 月の H-3 は地電流によるノイズが大きいため、精度は $\pm 3.3\%$ と考えられる。

4. 繰り返し測定結果

繰り返し測定は 1976 年 7~8 月、同年 11 月および 1977 年 10 月の 3 回実施した。大幡野の繰り返しの測定結果と 1976 年 8 月の値を基準にして正規化した見かけ比抵抗を Table 1 に示す。正規化した見かけ比抵抗値を図示したのが Fig. 4 である。Fig. 4 の左側の O-1~O-5 は測定点を示す。測定点記号の下の () 内の値は電流電極と電位電極間の距離を表わす。それぞれの測定はおおよそ 500 m から 2,200 m の深さの比抵抗を反映していると考えられる。測定点 O-1, O-2, O-3 の電気抵抗は 2 回目の測定ではそれぞれ 3%, 4%, 1% の減少を示し、3 回目に増加している。1 回目に対する 3 回目の電気抵抗増加量は、O-1, O-2, O-3 でそれぞれ -1%, +5%, +6% である。O-1 での変化は誤差範囲内であるが O-2 および O-3 で得られた変化は測定誤差と同程度か、その範囲を若干越えている。O-4, O-5 での電気抵抗変化は増加のみが認められる。いずれも変化量が小さくほとんど誤差範囲内ではあるが、O-4 測定点における 1 回目と 2 回目との間の変化を除くと、1 回目から 2 回目にかけては見かけ比抵抗が減少し、3 回目では反転して増加するという共通の変化が得られた。冷川の繰り返しの測定結果と 1976 年 11 月の値を基準に正規化した見かけ比抵抗を Table 2 に示す。正規化された見かけ比抵抗値は Fig. 5 に示されている。電流電極・電位電極間隔はおおよそ 1,000 m から 2,300 m である。Fig. 5 から明らかなように H-1~H-3 の電気抵抗の変化はほとんどないと考えられる。H-4 は 20% 以上変化しているが、これは 2 回目測定の際電位電極の標識が喪失していたため、1 回目と 2 回目の電位電極の位置が違ったための影響ではないかと推定される。

大幡野地域においても冷川地域においても、測定誤差の範囲を著しく越える電気抵抗変化は得られなかった。電流電極と電位電極との間隔が 470~2340 m の範囲であることから地表から約 2 km の深さの範囲では、電気抵抗の顕著な変化はなかったと推定される。しかしながら測定誤差範囲内程度であるとはいえ、3 回の繰り返し測定間の見かけ比抵抗の相対的变化がどの測点においても類似の傾向を示しているのは興味深い。

Table 2. The apparent resistivity (ρ_a) and its normalization by the value for November 1976 in the Hiekawa area. r is the spacing between the source and the receivers.

	r (m)	ρ_a (Nov. 1976)	ρ_a (Oct. 1977)	$\frac{\rho_a(\text{Oct. 1977})}{\rho_a(\text{Nov. 1976})}$
		(Ω -m)	(Ω -m)	
H-1	960	30	31	1.03
H-2	1250	14	14	0.99
H-3	1600	19	18	0.97
H-4	2340	57	44	0.77

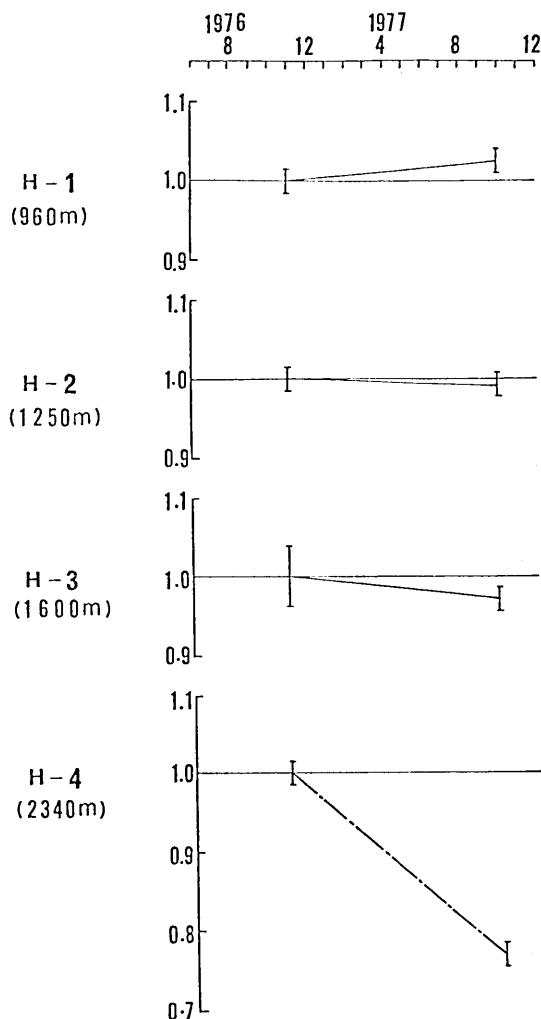


Fig. 5. Variation of the apparent resistivity normalized by the values for November, 1976 in the Hiekawa area. Numbers in () represent spacings between the current and the potential electrodes.

この地域の異常隆起に関連して、重力変化が観測されている。その変化量と隆起量との間には、ほぼ1次式で近似される関係があり、1cmの隆起あたり $-3 \mu\text{gal}/\text{cm}$ の重力変化が得られている(萩原・他, 1977)。これは、Free air 異常補正とほぼ同じ係数である。異常隆起は地下に例えば溶岩が貫入して生じたというより、ただ単に地殻の膨脹によるものと解されている(萩原, 1977)。異常隆起地域に地下水の流入などが起るとすると重力変化係数はFree airの係数とは違ったものになったであろう。電気抵抗に顕著な変化がなかったことも、この地域に大規模な地下水の流入はなかったことを示唆しているように思われる。

この観測を実施するに当っては、中伊豆役場、全国共済農業協同組合、中伊豆リハビリテーションセンター、国民宿舎中伊豆荘の方々の御協力を得た。ここに心から感謝の意を表します。

参考文献

- 萩原幸男, 1977, 伊豆半島の異常隆起を説明する茂木モデルとそれに伴う重力変化, 震研彙報 52, 301-310.
- 萩原幸男・田島広一・井筒屋貞勝・花田英夫, 1977, 伊豆半島東部の群発地震活動に伴う重力変化, 震研彙報, 52, 141-150.
- 国土地理院地殻調査部, 1976, 伊豆半島中部の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 16, 82-87.
- 国土地理院地殻調査部, 1978, 伊豆半島中部の地殻変動, 地震予知連絡会会報, 19, 71-75.
- 久野 久・一色直紀, 1970, 5 万分の 1 地質図幅「伊東」, 地質調査所.
- 東京大学地震研究所地震移動観測室・地震活動部門, 1975, 伊豆北東部の群発地震(1), 地震予知連絡会会報, 15, 91-93.
- 東京大学地震研究所地震移動観測室・地震活動部門, 1976, 伊豆北東部の群発地震(2), 地震予知連絡会会報, 16, 77-81.
- 行武 毅・吉野登志男・歌田久司・本蔵義守・小山 茂・河村 謙・大地 洗・森 俊雄・田中秀文・若林哲也・吉田 稔, 1977, 伊豆半島地盤異常隆起地域の電気抵抗測定, 震研彙報, 52, 163-171.

68. *Repeated Measurements of the Earth Resistivity in Nakaizu, the Eastern Part of the Izu Peninsula.*

By Takeshi YUKUTAKE, Toshio YOSHINO, Hisashi UTADA, Yoshimori HONKURA,
Shigeru KOYAMA and Yuichi ISHIKAWA,
Earthquake Research Institute,
Makoto KAWAMURA, Kou OCHI and Masayuki KUWASHIMA,
Kakioka Magnetic Observatory.

The measurement of the earth resistivity has been repeated in Ohatano and Hiekawa, located near the center of the crustal upheaval area in the eastern part of the Izu Peninsula. The measurements were conducted three times in August and November, 1976 and October, 1977.

The accuracy of the repeated measurements is estimated to be about ± 3.5 percent in August, 1976 and about ± 1.5 percent in November, 1976 and October, 1977. In the Ohatano measurements, apparent resistivity decreased between the first and the second measurements at all the measuring points except for O-4 site. Between the second and the third measurements, the apparent resistivity has increased without exception. The observed variations in the apparent resistivity, however, were almost within the ranges of observational errors except for the measurement at O-3. In the Hiekawa area, the measurements were repeated twice, in November, 1976 and in October, 1977. Changes in apparent resistivity were also too small to give significant results. The large change at the H-4 site is presumed due to failure of exact relocation of the potential electrodes.