

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, 石川雄一
気象庁地磁気観測所 河村 謙, 大地 洸, 桑島正幸

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。

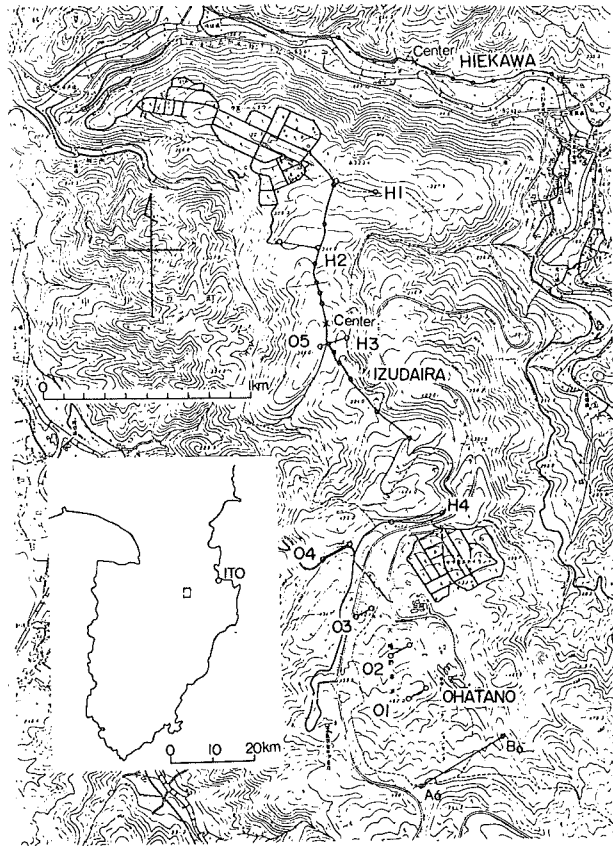
2. 測定地域

測定を実施した地域および電極配置を第1図に示す。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第2図である。三者に共通しているのは、深い所で数 Ω -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1K Ω -m以上の高抵抗層がある。天城火山よりの溶岩の存在が考えられる。

繰り返し測定はBipole-dipole法で行ったが、大幡野高原では固定の電流電極A₀B₀に、0.1 Hzの矩形波電流を流し、01~05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AB/2 = 680 mに固定し、H1~H4の地点でそれぞれ電位差の測定を行った。

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(第3図)



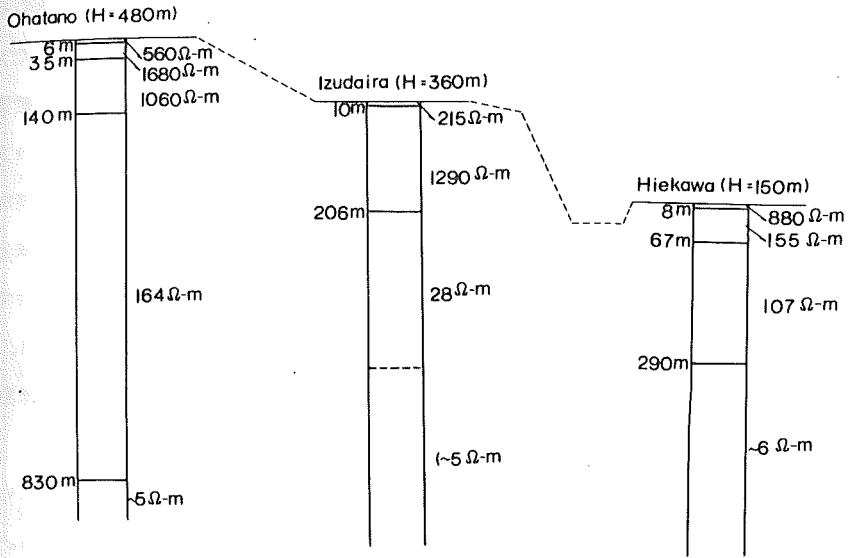
第1図 電気抵抗繰り返し測定のための電極配置。

01-05は大幡野の電流電極AoBoに対する電位電極の配置、H1-H4は冷川の電流電極に対する電位電極の配置を示す。

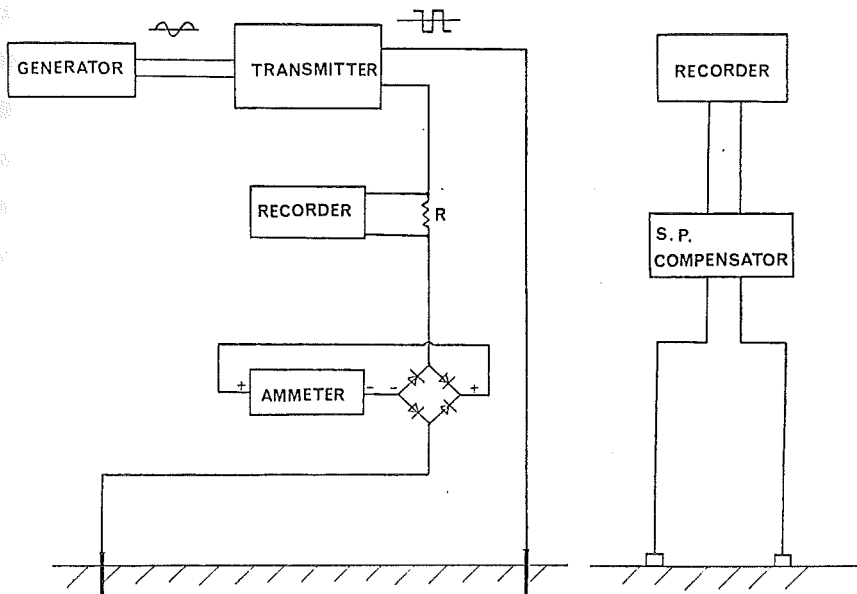
を参照して検討してみたい。

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2,000VAのホンダ発電機(GENERATOR)から出る100V、50Hz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800Vで最大電流2Aまで流すことができる。出力電流の周波数は直流、0.02Hz、0.05Hz、0.1Hz、0.3Hz、1Hz、3Hz、10Hz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。これは発電機の出電圧の変動となり、そのまゝIP発信機の出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。ひとつは第3図のように



第2図 大幡野高原，伊豆平，冷川の電気抵抗垂直分布



第3図 電気抵抗測定装置の略図。左側は送信部，右側は受信部

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(0.912Ω)は温度係数が 1×10^{-5} 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のEPR-200Aを使用した。精度はフルスケールで±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、±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第3図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取っている。使用している電流計は4レンジで測定でき、最大目盛値は各々0.1, 0.3, 1, 3Aである。測定精度はフルスケール±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のEPR-200A記録計を使用している。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る。受信部の電位差が数mV以下の場合、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2MΩで、電位電極間の接地抵抗の変動が10KΩ以下の場合、精度は±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。中伊豆では接地抵抗が大きい所で20~30KΩであったので、この地域での電位差測定精度は±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±0.5%、受信側の精度は±1%で、結局この地域の総合測定精度は±1.5%程度と推定される。但し、1976年7~8月の1回目は、精度が±2.5%の直流電流計の測定値を使用したため、総合精度は±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±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。大幅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第1表に示す。正規化した見かけ比抵抗値を図示したのが第4図である。第4図の左側の0-1~0-5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500mから2,200mの深さの比抵抗を反映していると考えられる。測定点0-1, 0-2, 0-3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、0-

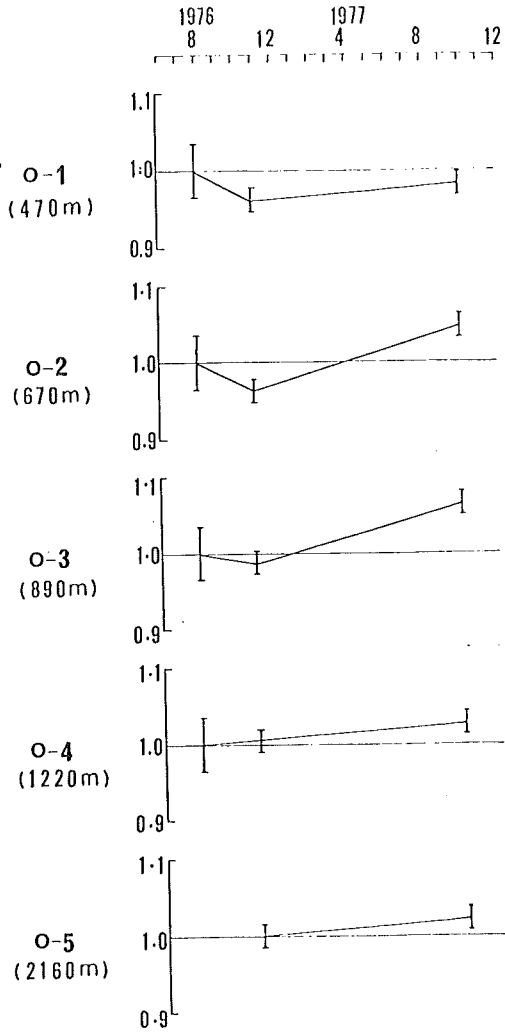
第1表 大幡野の見掛け比抵抗と1976年8月の値を基準にして正規化した見掛け比抵抗。rは電流電極と電位電極の距離。

	r(m)	$\rho_a(\text{Aug}\cdot 1976)$	$\rho_a(\text{Nov}\cdot 1976)$	$\rho_a(\text{Oct}\cdot 1977)$	$\frac{\rho_a(\text{Nov}\cdot 1976)}{\rho_a(\text{Aug}\cdot 1976)}$	$\frac{\rho_a(\text{Oct}\cdot 1977)}{\rho_a(\text{Aug}\cdot 1976)}$
		($\Omega\text{-m}$)	($\Omega\text{-m}$)	($\Omega\text{-m}$)		
0-1	470	128	124	127	0.97	0.99
0-2	670	205	197	215	0.96	1.05
0-3	890	180	178	191	0.99	1.06
0-4	1220	120	121	124	1.01	1.03
						$\frac{\rho_a(\text{Oct}\cdot 1977)}{\rho_a(\text{Nov}\cdot 1976)}$
0-5	2160	—	32	33	—	1.02

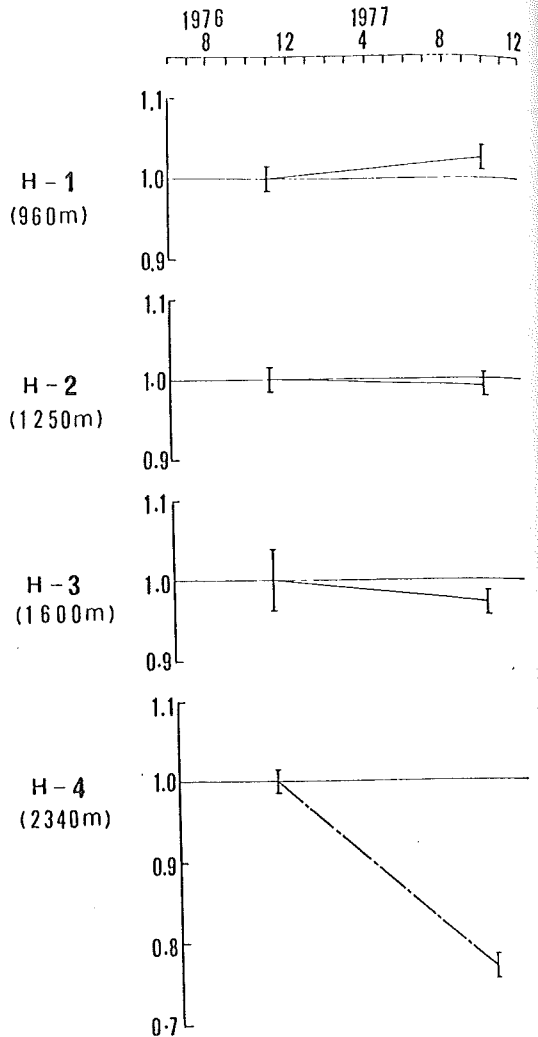
1, 0-2, 0-3でそれぞれ-1%, +5%, +6%である。0-1での変化は誤差範囲内であるが0-2および0-3で得られた変化は測定誤差と同程度か, その範囲を若干越えている。0-4, 0-5での電気抵抗変化は増加のみが認められる。いずれも変化量が小さくほとんど誤差範囲内ではあるが, 0-4測定点における1回目と2回目との間の変化を除くと, 1回目から2回目にかけては見かけ比抵抗が減少し, 3回目では反転して増加するという共通の変化が得られた。冷川の繰り返しの測定結果と1976年11月の値を基準に正規化した見かけ比抵抗を第2表に, および正規化した見かけ比抵抗値を第5図に示す。電流電極・電位電極間隔はおおよそ1,000mから2,300mである。第5図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470~2340mの範囲であることから地表から約2km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。

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 $\mu\text{gal}/\text{cm}$ の重力変化となつて



第4図 大幡野の1976年8月の値を基準にして正規化した見掛け比抵抗の変化。()内の数値は電流電極と電位電極間の距離。



第5図 冷川の1976年11月の値を基準にして正規化した見掛け比抵抗の変化。()内の数値は電流電極と電位電極間の距離。

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のような地殻そのものとは異なる物質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ったとすると重力変化係数も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

第2表 冷川の見掛け比抵抗と1976年11月の値を基準にして
正規化した見掛け比抵抗。rは電流電極と電位電極の距離。

	r (m)	ρ_a (Nov. 1976)	ρ_a (Oct. 1977)	$\frac{\rho_a(\text{Oct. 1977})}{\rho_a(\text{Nov. 1976})}$
		($\Omega\text{-m}$)	($\Omega\text{-m}$)	
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

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

- 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, 1976, 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 洸・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
- 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
- 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