

46. 1978年伊豆大島近海地震による重力変化

地震研究所 { 萩原幸男
田島広一
井筒屋貞勝
長沢工
村田一郎
島田誠一

(昭和53年7月5日受理)

1. はじめに

1974年12月の重力測定値(萩原ほか, 1976a)をもとにして, 伊豆半島では, これまでに7回にわたって重力変化を測定してきた(萩原ほか, 1976b; 1977). この間, 冷川峠を中心とする伊豆半島の地殻隆起をとらえ, 隆起運動に伴う重力減少の時間的推移を追い続けてきた. このような状況のもとに, 1978年1月14日の伊豆大島近海地震(M7.0)を迎えたのである.

国土地理院(1978)によると, 伊豆半島の東海岸, とくに稲取付近の地殻は著しく沈下し, その最大値は-17cmに及んだ. この報告にもとづいて, 重力変化測定も次の2点を目標に実施されることになった.

- 1) 伊豆半島東海岸の地殻沈降に伴う重力変化を検出する.
- 2) 冷川峠を中心とする地殻隆起が伊豆大島近海地震によって変化したかどうかを調査する.

地震による道路の損傷がはげしく, 道路の修復を待って, 1978年1月31日より2月7日までの期間, 重力測定を実施したが, 測定範囲は伊豆半島の北・中部に限られ, 地震の被害が大きかった東海岸の測定を, 同年2月28日より3月7日までの期間に延期した. 使用重力計はLaCoste & Romberg G34 および G210 である.

2. 重力測定

BM9402(沼津市)をベースにして, 1978年1月31日~2月7日の測定は, 冷川峠を中心とする地殻隆起域をカバーする水準点および重力点(伊豆スカイラインの重力点は水準点ではない)において, また同年2月28日~3月7日の測定はBM9334(伊東市)よりF34(下田市)に至る半島の東海岸の水準点において実施された. Fig. 1はこれらの測定点の配置を示す. 東海岸の水準点における重力測定は1976年2~3月に実施したので, 今回はその反復測定という意味で, 同一の測定点を選ぶことにした.

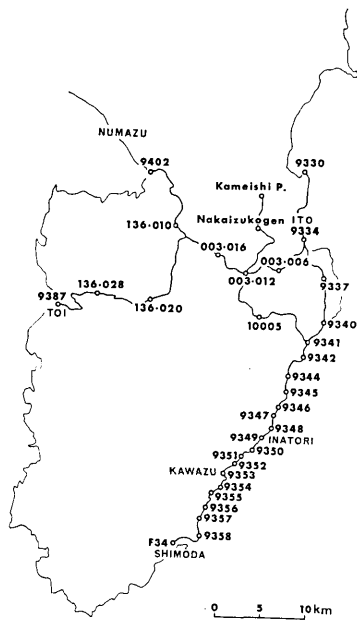


Fig. 1. Location of gravity stations (Survey VIII).

水準測量と重力測量の実施期間が多少とも異なるが、両者の変化はともに1978年伊豆大島近海地震と同時に発生したものと考えれば、両者を比較検討することは可能である。

Table I に示すように、これまでに実施してきた重力変化測定に番号をつけて、測量 I, 測量 II 等とよぶことにする (萩原ほか, 1977). 今回の測量は測量 VIII にあたる。

3. 重力変化

測量 II および III の成果と比較して、測量 VIII の成果を Table II に収める。VIII—II, すなわち測量 II の時点から測量 VIII に至るまでの重力変化をコンターによって図示したものが、Fig. 2 である。冷川峠を中心とする重力減少はそのまま居残り、伊豆大島近海地震によっても地殻隆起は影響を受けなかったことを示している。また東海岸に小さな重力増加域が見られるが、これは稲取付近の地殻沈降に対応するものである。

国土地理院 (1978) は伊豆半島東海岸の稲取付近の地殻沈降を確認した。Fig. 3 の上図はその水準測量成果 (1976年8~9月と1978年1~2月の成果の差) である。あきらかに稲取付近を中心として地殻

沈降が見られる。これに対して、Fig. 3 の下図は重力測量 III の成果と VIII の成果の差、すなわち VIII—III の重力の変化を示す。地殻の上下変動と比較する意味で、重力変化は負の値を上向きにとっている。

Table I. Precise gravity surveys over Izu Peninsula.

Survey	Period	Surveyor
I	Feb. 1970	ERI, GI, GSI
II	Dec. 1974	ERI, GI
III	Feb.~Mar. 1976	ERI
IV	June 1976	ERI
V	Sept. 1976	ERI
VI	Jan.~Feb. 1977	ERI
VII	June 1977	ERI
VIII	Jan.~Mar. 1978	ERI

Notes: ERI: Earthquake Research Institute, University of Tokyo
 GI: Geophysical Institute, Kyoto University
 GSI: Geographical Survey Institute, Ministry of Construction

Table II. Gravity in mgals assuming zero at BM 9402.

BM	II	III	VIII	BM	II	III	VIII
9402	0	0	0	9365	- 7.669	-	-
54	-121.706	-	-	9369	- 28.249	-	-
56	- 44.359	-	-	9374	0.514	-	-
9330	-	-	13.196	9378	- 6.195	-	-
9334	8.083	8.068	8.062	9381	0.707	-	-
9337	-	-17.420	-17.421	9384	- 33.684	-	-
9340	-	-29.580	-29.591	9387	- 7.481	-	- 7.492
9341	- 12.248	-12.244	-12.253	9392	- 12.721	-	-
9342	-	- 7.467	- 7.477	F34	- 3.789	- 3.764	- 3.803
9344	-	2.288	2.268	10005	-	-	-126.769
9345	-	- 5.214	- 5.253	003-006	-	-	- 57.935
9346	- 8.282	- 8.267	- 8.276	003-012	- 37.339	- 37.370	- 37.394
9347	-	4.166	4.173	003-016	-	-	- 29.269
9348	-	-14.660	-14.642	008-006	-	-	-
9349	-	-16.984	-16.966	008-013	-144.791	-144.792	-
9350	-	- 5.578	- 5.567	136-010	3.841	3.844	3.804
9351	-	-15.226	-15.248	136-020	- 33.340	- 33.332	- 33.370
9352	-	- 0.542	- 0.570	136-028	-120.082	-	-120.045
9353	- 1.091	- 1.074	- 1.076	Iruma	- 13.807	-	-
9354	-	-11.721	-11.745	Ohse	- 6.348	-	-
9355	-	-12.136	-12.150	Koine	- 7.054	-	-
9356	- 8.588	- 8.572	- 8.578	Kameishi Pass	-	-	- 89.405
9357	-	-10.891	-10.900	Nakaizu- Kogen	-	-	-110.422
9358	-	- 4.675	- 4.696				

Fig. 3 において、上図と下図とを比較すると、稲取付近の地殻沈降は重力変化の上にも表われていることがわかる。V字型の沈降プロフィールに対して、重力変化は多少なまったU字型を示しているが、BM9345(北川)の1点を除けば、両者はかなりよく一致しているとみてよい。

水準点の上下変化と重力変化との相関図を Fig. 4 に与える。最小自乗法によって直線を引くと、その勾配は $-2.4 \mu\text{gal}/\text{cm}$ の値をとる。観測値は直線の周囲にばらついているが、BM9345(北川)の1点を除いては、およそ $\pm 10 \mu\text{gal}$ の範囲に入っており、この程度の精度をもつ測定と判断することができる。

$-2.4 \mu\text{gal}/\text{cm}$ とは、free-air 勾配 ($-3.0 \mu\text{gal}/\text{cm}$) とカコウ岩の密度 ($2.67 \text{g}/\text{cm}^3$) による Bouguer 勾配 ($-2.0 \mu\text{gal}/\text{cm}$) との中間に位する勾配である。無限平板によって近似すれば、この勾配は密度 $1.9 \text{g}/\text{cm}^3$ の物質の垂直変動によって実現されるものである。密度 $1.9 \text{g}/\text{cm}^3$ とは、きわめて表層の物質、おそらく表土の垂直変動をとらえたものと考えられる。重力垂直勾配の異常もあって速断はできないが、稲取付近の地殻沈降が大規模な地滑りであるという説を支持する立場にあるといえる。

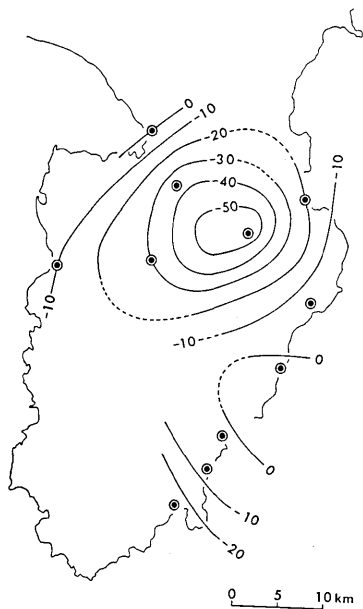


Fig. 2. Iso-gravity change contours in μ gals during the period of Feb.~Mar. 1976 to Jan.~Mar. 1978.

稲取付近を走る右横ずれ断層，さらにその北側およそ 3 km の地点に，ほぼ平行して左横ずれ断層が走るが，地殻応力の立場から，左横ずれ断層の存在は考えにくい。地滑り説では，地滑りが右横ずれ断層に伴って発生したものと考え，地滑り域の南端は右横ずれ断層と一致し，北端の左横ずれは断層運動ではないとしている。このような大規模な地滑りであれば，地滑りを起こした表層物質もかなり深くまで達しているものと考えられ，その平均密度をもつ重力変化が表われたとしても不思議でない。

Fig. 3 の下図に見られるもう一つの重力変化の特徴は，図の上で右上りの傾向，つまり伊東から下田にかけて，南に向かって重力が減少する傾向である。その勾配はおおよそ $-1 \mu\text{gal}/\text{km}$ である。かりに重力減少を隆起と言いかえるものとする，伊豆半島の地殻は南側が上昇したことになるが，これを証拠づける観測事実はいまのところない。

伊豆半島の主なる水準点における，これまでの重力変化を時間とともにプロットしたものが Fig. 5 である。重力減少を地殻の隆起と対応づけるものとするれば，この図から次の事実が読みとれる。

- 1) 冷川 BM003-012 はいぜんとして隆起を続けている。今回の地震によって隆起速度が変わった様子はいまのところみられない。

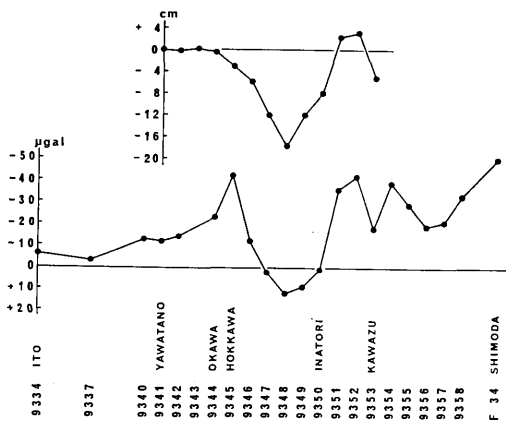


Fig. 3. Changes in elevation (top: Aug.~Sept. 1976 to Jan.~Feb. 1978, after the Geographical Survey Institute, 1978) and gravity (bottom: Survey III to VIII) along the eastern coastline of Izu Peninsula.

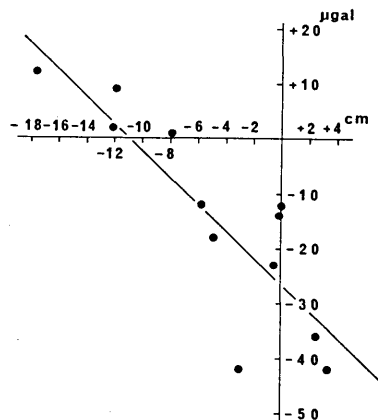


Fig. 4. Gravity change versus elevation change. Straight line indicates a rate of $-2.4 \mu\text{gal}/\text{cm}$.

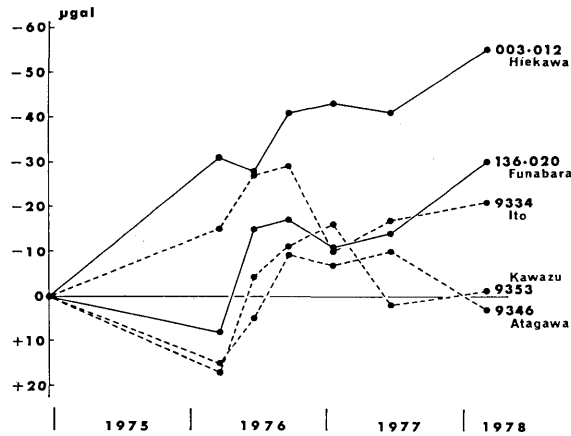


Fig. 5. Time changes in gravity at bench marks. The numbers to the right of each curve are bench mark numbers.

- 2) 船原 BM136-020 は冷川に約1年遅れて隆起を開始し、その後、冷川とほぼ同じ速度で隆起を続けている。
- 3) 伊東 BM9334 は冷川はほとんど同時に隆起を開始したが、1976年末頃より隆起は止まり、横這い状態になった。1) と 2) とをあわせて考えれば、この事実は隆起域が西へ進行したことを裏づけることになる。
- 4) 熱川 BM9346、河津 BM9353 の上下変化は小さく、図の上でははっきりしないが、河津の1976年頃の隆起は河津地震（1976年8月18日、M5.5）と関連をもつものかもしれない。

4. おわりに

伊豆半島東海岸において、伊豆大島近海地震に伴う地殻変動とよく一致する重力変化が観測された。重力変化の勾配は $-2.4 \mu\text{gal}/\text{cm}$ であって、これは密度 $1.9 \text{g}/\text{cm}^3$ の地殻の表層物質の移動によって実現される Bouguer 変化に相当する。測定誤差や重力垂直勾配の異常もあって断定できないが、このことは稲取付近の右横ずれ断層に伴って大規模な地滑りが発生したとする説を支持する立場にあるといえる。

今回の地震によって冷川峠を中心とする地殻隆起速度が速められたか、あるいは沈降に移ったかを知ることは、きわめて興味あることである。重力測定の結果、今回の地震によって地殻隆起はまったく影響を受けなかったとの結論を得た。つまり、いぜんとして地震前と同程度の速さで、地殻は隆起を続けているように見える。あるいは少し時間をおいて沈降に移ることも考えられる。火山モデル（萩原、1977）による解釈もあることだし、来たるべき地震発生のための地殻ひずみの蓄積がこの隆起を促しているとの積極的な証拠はないが、もしそうだとすれば、M6~7の地震発生を想定しなければならない。定常・移動を問わず、隆起域とその周辺に諸観測の集中が望まれる。

参 考 文 献

- 萩原幸男・田島広一・井筒屋貞勝・里村幹夫, 1976 a, 伊豆半島における重力変化, 測地学会誌, 22, 17-22.
- 萩原幸男・田島広一・井筒屋貞勝・花田英夫, 1976b, 1975~1976年における伊豆半島東部の重力変化, 測地学会誌, 22, 201-209.
- 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, 地震研究所彙報, 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, 地震研究所彙報, 52, 301-310.
- 国土地理院, 1978, 昭和53年2月20日, 地震予知連絡会暫定資料による.

46. *Gravity Change during the Izu-Oshima-kinkai Earthquake of 1978.*

By Yukio HAGIWARA, Hirokazu TAJIMA, Sadakatu IZUTUYA,
Ko NAGASAWA, Ichiro MURATA and Seiichi SHIMADA,

Earthquake Research Institute.

The eastern coastline of the Izu Peninsula underwent a local crustal subsidence associated with the generation of faults at the time of the 1978 Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of magnitude 7.0. The gravity resurvey has been conducted for the purpose of detecting the gravity change concurrent with the subsidence. Another purpose is to check gravimetrically a coseismic change in the uplifting speed of the Hiekawa Pass, the north central part of the Izu Peninsula, which has risen almost continuously since the 1974 Izu-Hanto Oki Earthquake of magnitude 6.9. Whether the uplift has been accelerated or turned into subsidence after the earthquake is a matter of great interest from a standpoint of the strain energy accumulation/release process in the crust.

The gravity resurvey results indicate that, in the subsidence area, the gravity increase has a rate of $-2.4 \mu\text{gal}/\text{cm}$, which can be explained as a subsidence of surface-layer material having a density of $1.9 \text{g}/\text{cm}^3$. This is consistent with the geomorphological fact that an extensive landslide occurred concurrently with the fault motion passing through Inatori Town. It is recognized, on the other hand, that the Hiekawa-Pass dome-up was not affected by the earthquake, judging from an almost constant gravity-decrease speed observed before and after the earthquake. If the dome-up is a precursory phenomenon of another earthquake to come, there might be fear of a recurrence in the northern part of the peninsula like the destructive Kita-Izu Earthquake of magnitude 7.0 that occurred in 1930.