

## 28. 国府津-松田断層付近における精密重力測定

地震研究所 { 井筒屋貞勝  
田島広一  
萩原幸男  
村田一郎

(昭和56年7月31日受理)

### 1. はじめに

1974年伊豆半島沖地震を皮切りに、伊豆半島に発生した一連の地震活動は、1976年河津地震、1978年伊豆大島近海地震、1980年伊豆半島東方沖地震と北上の傾向を示している(津村, 1980)。伊豆半島から地震活動が北上した例は1930年北伊豆地震の際にも見られた(Mogi, 1968)。最近の一連の地震活動もこのまま終息するとは限らず、さらにこのまま北上を続けるのであろうか。明確な根拠もないまま予想することは避けるべきであるが、ともかく観測体制は備えておかなければならない。

伊豆半島における地震活動の北上が次第に明らかになってきた1978年に、われわれは、小田原市を含む足柄平野、および秦野盆地に重力測定網の新設を計画し実行に移した。この重力網の周辺には、国府津-松田断層、神繩断層などの活断層がならび、それらはフィリピン海プレートがもぐりこむ北限にあたっている。地震活動の北上もさることながら、この地域における地球科学的諸観測は、それ自身意義を持つものである。

1978年1月以来4回にわたる国府津-松田断層付近の重力測定の結果をここに報告し、水準測量(国土地理院, 1980)や傾斜計観測結果(東京大学地震研究所地殻変動研究部門ほか, 1979)と重力変化との整合性をも合わせ検討したい。

### 2. 重力測定路線

重力測定のために、国府津-松田断層に平行な路線、および断層と直交するような路線を計画した。断層に平行な路線として、小田原市より松田町を経て小山町に至る二等水準路線、断層を切る路線として、大磯丘陵南部を通る相模湾沿いの一等水準路線、および秦野市より国道246号線を西に進み、松田町から関本丘陵の南端を経て、箱根古期外輪山の麓に至る路線である。この報告では、これら三本の路線を、それぞれ「山北路線」、「国道1号路線」、および「秦野路線」と呼ぶことにする。山北路線および国道1号路線は、国土地理院の水準点を使用した。重力測定用として特に新設した路線は秦野路線である。この路線の重力測定点は、神社、記念碑、および学校などの構築物を利用した。なおこれらの測定点には、特に、金属標などの標識はつけていない。重力測定点の配置をFig. 1に示す。

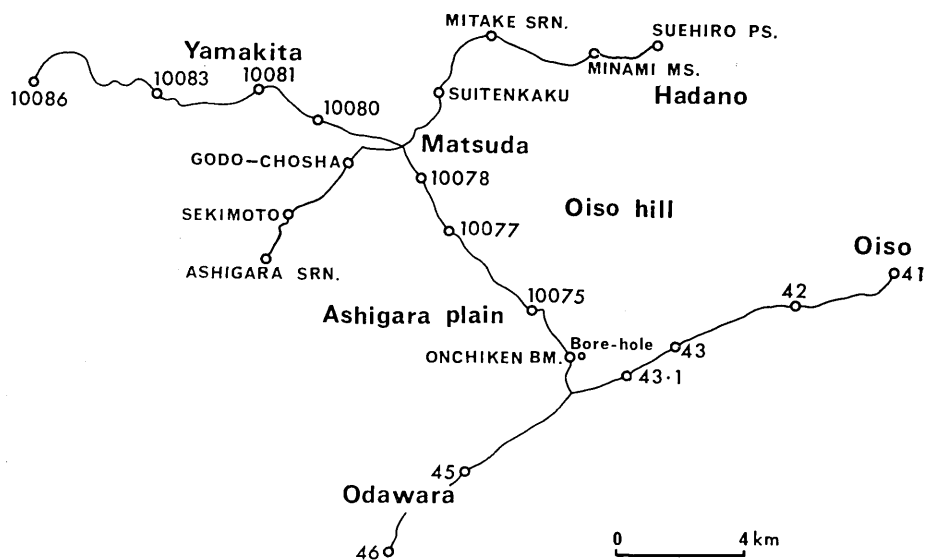


Fig. 1. Locations of gravity stations.

測定基準点として、小田原市南部の早川河口付近に位置する BM 46 を採用した。この水準点は、Fig. 2 に示した一等水準点検測成果（国土地理院，1980）に見られるように、隣接する水準点と比較すると安定した地盤上にあると推定できる。また、BM 46 は海岸の近く（約 150 m）に位置するが、その標高は約 10 m と低いため、潮位の変化による重力変化は少ないと考えられる（萩原ほか，1977）。さらに、この水準点は国道 135 号線の旧道上にあるため、測定中に自動車による振動の影響を殆ど受けない。

測定誤差の累積を避けるために、測定は BM 46 から出発し、再び戻って一日の測定を BM 46 で終るように計画した。具体的に述べると、測定第 1 日目は BM 46 を出発して国道 1 号路線，2 日目は BM 46 を出発して山北路線，3 日目は BM 46 を出発して秦野路線を往復するというように、各路線を独立に往復している。

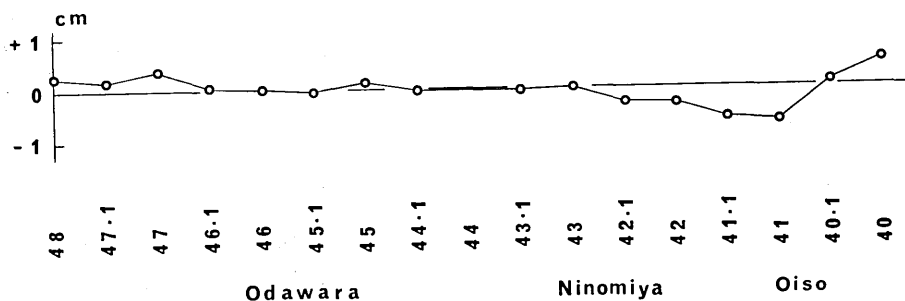


Fig. 2. Vertical movement detected by the leveling surveys during the period from Jan. 1977 to Jan. 1980 (from the Geographical Survey Institute, 1980).

測定中の自動車による振動は、重力測定に好ましくない。三本の測定路線の中で、山北路線の測定が最も自動車の振動による影響を受け、なかでも BM 10081 (山北町) では、大型自動車の通過中は殆んど測定できないといってよい。

重力変化を精度よく検出するには、毎回同じ重力計を使用するなど測定環境を変えない方が好ましい。1978年1月に G 34 および G 210 により重力測定を開始したが、1979年2月の測定から G 447 が新たに参加した。その後、G 34 のドリフトが不安定となったため、止むを得ずこれを野外測定から除外し、1980年12月より G 210 および G 447 の2台で実施することにした。これらの重力測定結果を Table I に示す。

### 3. 重力変化

国道1号路線、山北路線、および秦野路線について、BM 46 の重力値を不動と仮定し、1978年1月の測定結果を基準にした重力変化を Fig. 3 に示す。

国道1号路線 (Fig. 3 a)

最初の測定より1ヶ月後の1978年2月に再度測定した結果、山王川河口に位置する BM 45 および国府津駅東方の BM 43-1 で 20  $\mu$ gal 程度の増加が観測された。垂直変動によ

Table I. Gravity in mgal assuming gravity in unchanged at BM 46.

B. M.	JAN. 1978	FEB. 1978	FEB. 1979	JAN. 1980	DEC. 1980
46	0	0	0	0	0
45	-10.022	-10.002	-9.989	-9.984	-9.988
43-1	-18.366	-18.344	-18.341	-18.325	-18.329
43	-17.763	-17.761	-17.756	-17.730	-17.727
42	-22.021	-22.012	-22.006	-21.991	-21.991
41	-26.008	-25.977	-25.979	-25.967	-25.957
Onchiken B. M.	-13.866		-13.871	-13.854	-13.864
10075	-15.976	-15.952	-15.966	-15.948	-15.953
10077	-7.182	-7.170	-7.170	-7.174	-7.183
10078	-5.651	-5.647	-5.655	-5.636	-5.637
10080	-11.367	-11.347	-11.343	-11.333	-11.336
10081	-12.741	-12.727	-12.734	-12.715	-12.726
10083	-22.226	-22.207	-22.234	-22.205	-22.222
10086	-38.345	-38.327	-38.331	-38.305	-38.285
S. Ashigara SRN.	+1.211		+1.210	+1.222	+1.219
Sekimoto M.	-1.502		-1.501	-1.486	-1.499
Godo-chosha	-4.269		-4.269	-4.260	-4.247
Suitenkaku	-7.746		-7.756	-7.746	-7.746
Mitake SRN.	-16.546		-16.556	-16.534	-16.510
Minami M. S.	-16.427		-16.416	-16.403	-16.395
Suehiro P.S.	-9.326		-9.310	-9.299	-9.292

Notice SRN.: Shrine M.S.: Middle School P.S.: Primary School M.: Monument

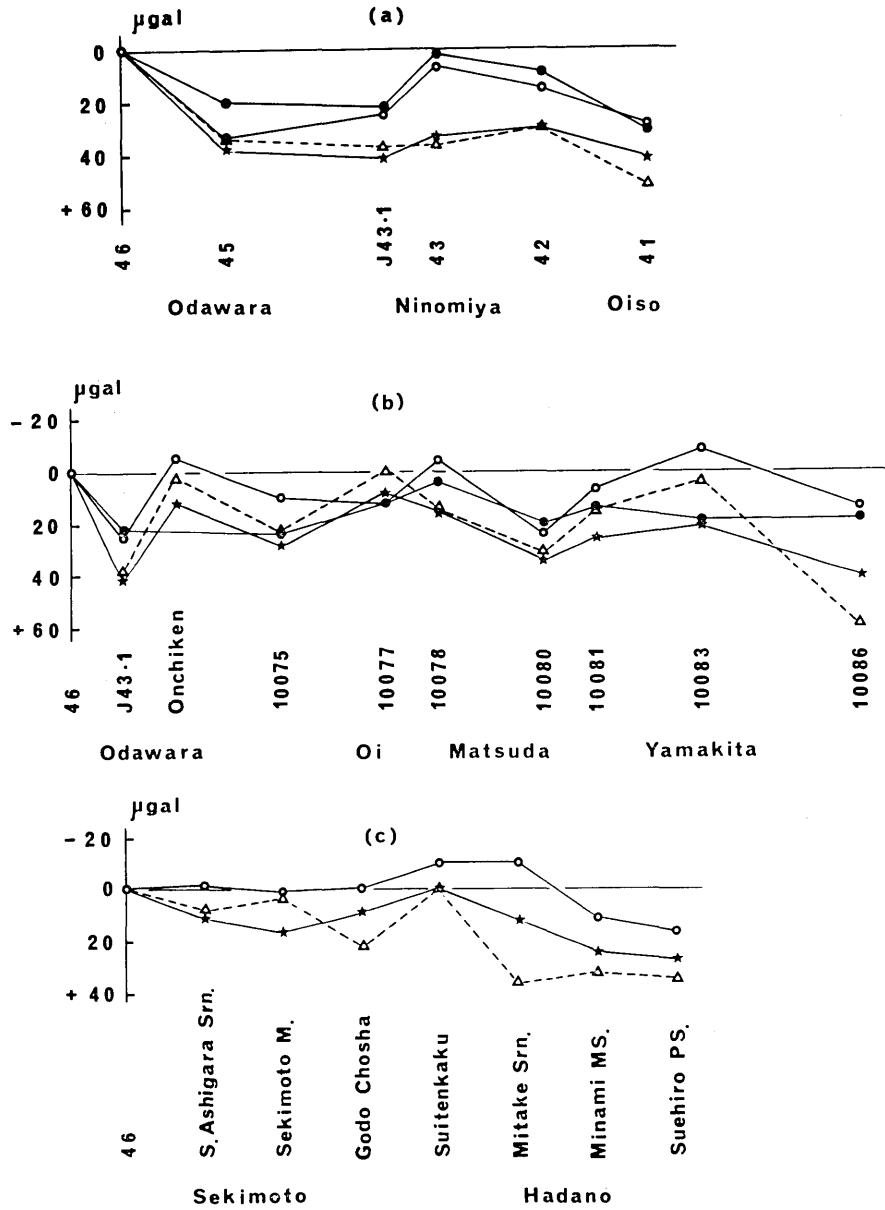


Fig. 3. Gravity changes between (●) Jan. 1978 and Feb. 1978; (○) Jan. 1978 and Feb. 1979; (★) Jan. 1978 and Jan. 1980; (△) Jan. 1978 and Dec. 1980.

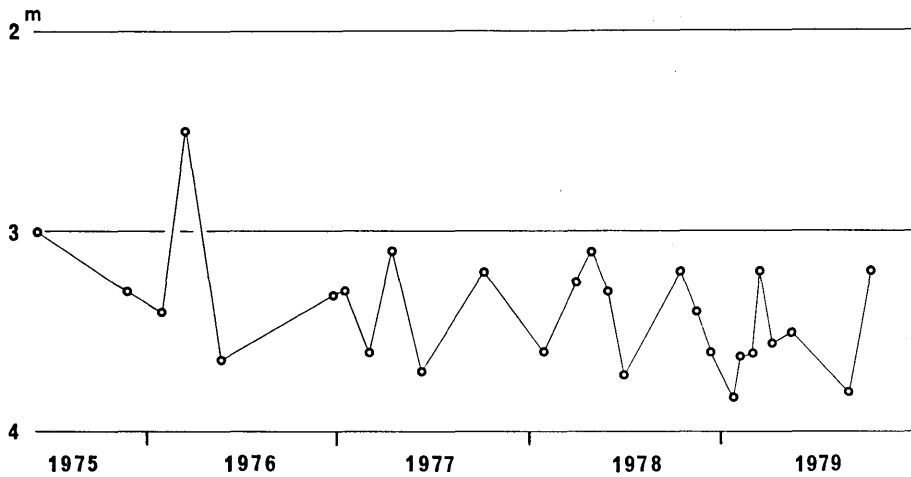


Fig. 4. Water level in Well No. 20 (Yokoyama et al., 1980).

って重力が変化したとすると、 $20 \mu\text{gal}$  の重力増加は  $7 \text{ cm}$  程度の沈降に相当する。しかし、基準点から  $3 \sim 9 \text{ km}$  の範囲で、わずか1ヶ月という短い期間にこのような垂直変動は考え難い。一方、酒匂川の右岸で、BM 45 の北東約  $1 \text{ km}$  に位置する水源井の水頭観測記録(横山ほか, 1980)を見ると、水位は地表から  $3 \sim 4 \text{ m}$  のところで安定しており、重力測定時の水位変化は大きく見ても数  $10 \text{ cm}$  である (Fig. 4 参照)。したがって、 $20 \mu\text{gal}$  の重力変化は地下水の影響としては大きすぎる。また、G 34 および G 210 で得た測定値は、それぞれ  $3 \mu\text{gal}$  程度の差で一致していることから測定誤差は小さいと思われる。とにかく、 $20 \mu\text{gal}$  は重力測定精度 ( $15 \sim 20 \mu\text{gal}$ ) ぎりぎりの値であるから、これ以上の考察は控えるとしても、BM 46 から BM 41 にかけて重力は次第に増加する傾向にあることは否めない。BM 41 では、1978年1月に測定を開始して約3年間で  $50 \mu\text{gal}$  に達した。

Fig. 2 に示した垂直変動図の測定期間は、BM 43-1 を境にして大磯側は1977年1月から1980年1月までの3年間であり、小田原側は1979年2~3月から1979年9~11月までの約9ヶ月である。このように、重力測定期間と異なるため、重力変化と直接垂直変動を対比することができない。しかし、BM 43 から BM 41 にかけて重力が増加する様相は、Fig. 2 の垂直変動図では沈降となってあらわれている。

山北路線 (Fig. 3 b)

一般に重力は増加する傾向にあり、ところどころに地域的な高まりが見られる。BM 10075 と BM 10080 が、それぞれの増加域の中心であり、 $20 \mu\text{gal}$  程度増加している。

BM 10080 を基準にすると、BM 10083 (山北町) では  $20 \mu\text{gal}$  程度減少したことになる。一方、Fig. 5 に示した垂直変動図(国土地理院, 1980)では、山北町が全体的に隆起している。この隆起に対して重力は減少となっていて、定性的に対応している。

BM 10086 では、重力測定開始以来、重力は殆んど直線的に増加し、1980年12月の測定結果では  $60 \mu\text{gal}$  に達した。

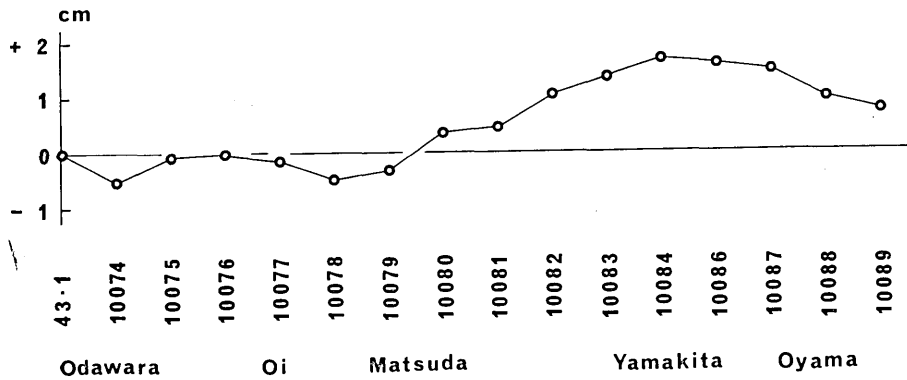


Fig. 5. Vertical movement detected by the leveling surveys during the period from Feb. 1977 to Sep. 1979 (from the Geographical Survey Institute, 1980).

#### 秦野路線 (Fig. 3 c)

1979年2月の測定結果では、南足柄神社、関本記念碑および合同庁舎では変化が少なく水天閣と御嶽神社では  $10 \mu\text{gal}$  程度の減少、秦野盆地の扇状地の末端部に位置する秦野南中学校、および末広小学校では  $10\sim 15 \mu\text{gal}$  程度の増加が見られる。このように、東に向かって重力が増加する傾向は、1980年の測定結果にも見られ、東下りの傾動を推測させる。国府津一松田断層付近に設置したブイ傾斜計の観測記録、および水準測量（井筒屋，1981）の結果から、大磯丘陵を含む地域が東下りに傾動していると推定され、秦野路線の重力変化の様相は、この推定を裏づけるものと考えられる。

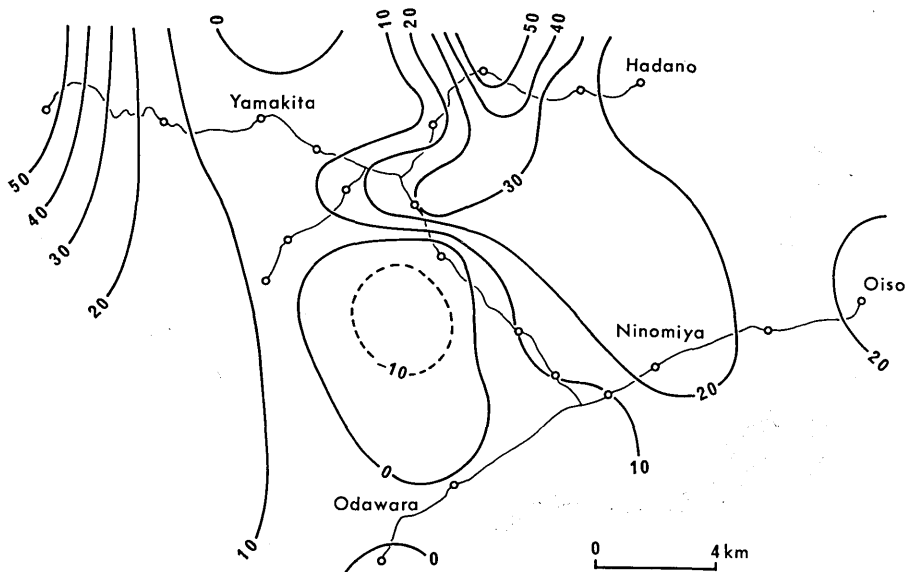


Fig. 6. Gravity changes ( $\mu\text{gal}$ ) between Feb. 1979 and Dec. 1980.

秦野南中学校および末広小学校では、1978年1月に測定を開始して以来、ほぼ直線的に10~14  $\mu\text{gal}$ /年の割合で増加している。これに対して、御嶽神社では1年程度遅れて増加し始め、その増加の割合は20  $\mu\text{gal}$ /年であり、秦野南中学校および末広小学校の増加速度より若干大きい。

#### 重力変化コンター

1979年2月から1980年12月までの重力変化をコンターで表わし Fig. 6 に示す。コンターを描くに当って、Briggs (1974) の方法によってグリッド上の値を求めた。縦・横ともに一辺1 km のメッシュで29×19個のグリッドを作り、イタレーション回数を200回としたものである。Fig. 6 によれば、重力変化は全体として足柄平野で小さく、その東部の大磯丘陵で大きくなる傾向を示す。この傾向は、傾斜観測井のブイ傾斜計による東下りの傾動（東京大学地震研究所地殻変動研究部門ほか、1979）および国土地理院（1980）の水準測量成果が示す傾向と調和的である。

#### 4. 水位変化の影響についての考察

足柄平野は酒匂川によって形成された沖積平野であり、秦野盆地は水無川と葛葉川の復合扇状地であって（見上、1971）、ともに地下水が豊富であるため、地下水位の変化は重力変化に影響を与える可能性がある。しかし足柄平野では、酒匂川の左岸で平野の中央に位置する神奈川県成田観測井の水頭観測記録（横山ほか、1980）を見ると、1978年2月以降は地表から1~2 m の間で安定しており、重力測定時の水位の変化は20~30 cm 程度と見られる。30 cm の水位変化による重力変化は、滞水層の間隙率を20%とすると3  $\mu\text{gal}$  程度になる。したがって、30 cm 程度の水位変化は無視できる。

秦野盆地の地下水位は降雨量による変化が大きく、無降雨が続いた場合の地下水位の低下は、盆地の南東部では初めの一週間が著るしく（1 m 程度）その後は次第に低下率は減少する（横山ほか、1972）。このような地下水位の変化は重力変化に影響を及ぼすが、水位変化の詳細なデータがないため、今回の報告では水位変化についての補正は行っていない。

#### 5. おわりに

地殻変動が平穏な時期における重力測定であるため、得られた変動量も測定精度ぎりぎりであった。しかし、重力変化のパターンは、国土地理院（1980）による垂直変動や小田原傾斜観測井の傾斜変化から推定される東下りの地塊傾動と調和的である。この事実、重力変化を検出することによって垂直変動を推測できることを示している。

最近の伊豆半島における一連の地震活動の北上は、国府津一松田断層付近の垂直変動の推移を把握することの重要性を示唆している。水準測量と比較して精度は劣るが、重力測定は地殻の垂直変動を迅速に見出すための有効な手段である。伊豆半島の重力網と結合して、より広い地域の重力変化をとらえて行くのが今後の課題といえよう。

## 文 献

- BRIGGS, K., 1968, Machine contouring using minimum curvature, *Geophysics*, **39**, 39-48.
- 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.
- 井筒屋貞勝, 1981, 小田原傾斜観測井周辺の水準測量, 地震研究所彙報, **56**, 587-593.
- 国土地理院, 1980, 一等水準点検測成果集録, **24**, 31-32.
- 見上敬三, 1971, 大磯丘陵北東部 秦野盆地 大根台地 および伊勢原台地とその周辺, 神奈川県地盤地質調査報告書—神奈川県地震対策基礎資料—, 33-44.
- MOGI, K., 1968, Migration of seismic activity, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **46**, 53-74.
- 東京大学地震研究所地殻変動研究部門・油壺地殻変動観測所, 1979, , 小田原観測井について (3), 地震予知連絡会会報, **22**, 56.
- 津村建四朗, 1980, 最近の伊豆半島の地震活動と地震予知, 地震予知研究シンポジウム, 47-51.
- 横山尚秀・萩野喜作・平野富雄・小沢 清, 1980, 足柄平野下流部の地下水について—足柄平野の地下水(その5)—, 神奈川県温泉地学研究所報告, **12**, 2, 63-74.
- 横山尚秀・萩野喜作・大木靖衛・長瀬和雄・小沢 清, 1972, 秦野盆地地下水の水文学的研究, 神奈川県温泉研究所報告, **3**, 2, 41-56.

---

28. *Precise Gravity Surveys across the Kozu-Matsuda Fault.*

By Sadakatu IZUTUYA, Hirokazu TAJIMA,  
Yukio HAGIWARA and Ichiro MURATA,

Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

The seismic activity on the Izu peninsula has gradually migrated northwards since 1974. It is desired therefore that, for detecting precursory crustal movements, geodetic measurements be concentrated in the northern part of the Izu peninsula. That part is well known as a region where the Philippine-Sea plate is in conflict with the Asian continent plate. The Kozu-Matsuda fault is considered to be an inland extension of the plate boundary "Sagami Trough".

This paper reports the results of precise gravity surveys which have been annually conducted in the Kozu-Matsuda region since 1978. The temporal change in gravity detected there has a tendency to increase in the east side of the Kozu-Matsuda fault. This tendency is consistent with the eastward tilting motion which is detected by a buoy tiltmeter located near the Kozu-Matsuda fault, and also consistent with the leveling results of Geographical Survey Institute.