

丹沢山地およびその周辺の重力調査

平賀士郎, 伊東 博, 大山正雄

神奈川県温泉研究所*

Gravity Survey in the Tanzawa Mountains

by

Shiro HIRAGA, Hiroshi ITō and Masao ŌYAMA

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

A gravity survey was made at 370 stations in the Tanzawa mountains from July to October 1971. The accuracy of the gravity value was checked by the measurement between Hakone Fujiya Hotel (an international standard station) and Kyoto University (the national fundamental station).

Bouguer anomalies of mapped area are considerably high in the Tanzawa mountains and Hakone volcano, lowering gradually toward the Sakawa plain. Two negative gravity belts from Sagami bay running through the southern and the northern foot of the Tanzawa mountains are consistent with two geologically important tectonic lines Tagonoura-Sakawa line and Tonoki-Aikawa line respectively.

The Tanzawa mountains characterized by high gravity are considerably high in seismic activity, whereas two negative gravity belts are low in seismic activity.

は し が き

温泉研究所ではウォルドン重力計を昭和43年購入以来、箱根火山をはじめ大磯丘陵、相模野台地などの重力調査を行ってきた（平賀他1970 a, 1970 b, 1971, 温泉研究所1970）。昭和46年より丹沢山地およびその周辺の重力調査を行ってきたので、その結果を今までのものにあわせてここに報告する。

箱根火山、丹沢山地とその周辺の温泉調査には地下構造を知る必要があり、そのための基礎調査として重力調査を行なった。なるべく広範囲な地域のブーゲー異常分布図を編集し、さらに深い所の地下構造が理解できるようにつとめた。

* 神奈川県箱根町湯本997 〒250-03

神奈川県温泉研究所報告 第4巻, 第1号, 37—46, 1973

調査方法

ウォルドン重力計マスターⅢ型 No. 838 を使用し、東丹沢約 140 点、西丹沢約 230 点の合計約 370 点の測定を昭和 46 年 7 月 5 日～10 月 18 日の間に行なった。測定点の大部分は神奈川県土木部の河川図 (1/2,500) から位置および海拔標高を求めた。そのほかは秦野市、松田町の 1/3,000 地図によった。

測定の基準を一等水準点 I-46 (早川口) にとり Loop method で原則として 1 日 1 回の往復測定を行なった。早川口水準点の重力値は昭和 30 年に国土地理院 (1964) が測定したつぎの値を使用した。

$$g = 979.79347 \text{ gal} \quad (\varphi = 35^\circ 13.8', \lambda = 139^\circ 8.8', H = 9.96 \text{ m})$$

重力計のドリフトは昭和 46 年 7 月 12 日の往復測定約 8 時間で 0.19 mgal のときがあったが、そのほかは 0.09 mgal 以内であった。

測定の精度を検定するために調査期間の前後で重力計の定数検定を行なった。昭和 46 年 4 月 13 日、昭和 47 年 3 月 23 日、同 3 月 25 日に早川口水準点と富士屋ホテル国際重力点間を短時間内に往復測定し、約 70 mgal の重力差を用いて定数検定した。また、昭和 47 年 3 月 24 日には京都大学重力室および国際重力点と早川口水準点間を約 10 時間で往復測定した。これらの結果から重力計の定数を従来通りの 0.009695 をそのまま用いても誤差が 0.05 mgal 以内であることを確認した。測定点の位置、標高のよみとり精度、および重力計のドリフト補正、潮汐補正などから重力値の測定結果には 0.1 mgal 以上の誤差はないものと判断される。

つぎにブーゲー異常値を得るために比重を 2.30 gr/cc と仮定して高度補正、地形補正、ブーゲー補正を萩原 (1967) の方法を用いて計算した。計算は日本ビジネス計算センターの HITAC-8300 を使用した。仮定した比重の 2.30 gr/cc は丹沢山地およびその周辺ではやや小さい値かも知れない。しかし大磯丘陵、相模野台地、秦野盆地などで得られた値であるので、今回の計算にも同じ値を使用した。

ブーゲー異常分布と地下構造、断層位置

測定値に各種の補正を行なってブーゲー異常分布図を作り図 1 に示した。今回測定した丹沢山地とその周辺の結果の他に今まで部分的に発表してきた箱根火山、大磯丘陵、秦野盆地、伊勢原台地、相模野台地の測定値も加えて、相模川以西の神奈川県 of ブーゲー異常分布図を作った。図中の黒丸が今回の測定地点であり、白丸は東京大学地震研究所、田島広一氏の未発表資料、国土地理院 (1964)、松田 (1952)、金子他 (1954)、小川他 (1955) の重力値からブーゲー異常値を計算した地点であり、三角印は主な山の頂である。

このブーゲー異常分布を坂本他 (1964)、大木他 (1968)、大木他 (1971)、小沢他 (1972) の地下構造からその概要を説明するとつぎのようになる。丹沢山地の北東部に位置する相模川上流域の小仏層群の分布はブーゲー異常分布の 30 mgal の線で囲まれた高重力地域となって現われている。小仏層群は愛川層群と衝上断層で境をつくる。愛川層群は牧馬一煤ヶ谷構造線にそう断層により丹沢層群と境界を接している。重力の側からはこの断層にかこまれた地域が低重力地域となり、丹沢層群になる

と丹沢山地の中心に向って急激に高重力にかわって行く。これは石英閃緑岩の貫入によるものであろう。蛭ヶ岳(1673m)付近を中心に 65 mgal の線がかこんでいる。またこの中心部付近に近づくとブーゲー異常のコンターが粗になり、西は犬越路付近の低異常地域(断層)で 65 mgal の線が二分されている。中心部から南東方向の大山(1252m)にコンターの粗の部分がひろがっている。これらは石英閃緑岩体の貫入と密接に関係していると考えられる。

一方丹沢山地と箱根火山の中間に低重力地域が入りこんでいる。足柄層群と丹沢層群の境である神縄の逆断層はこの低重力地域からコンターが密になる所、35~40 mgal の線に沿っていると考えられる。この神縄逆断層は松田町で3つの断層に会う。渋谷方向にのびるほぼ東西に走る断層、これは秦野盆地と大磯丘陵北端の境となる。松田—国府津断層は酒匂平野と大磯丘陵西端の崖を作る。この二つの断層の中間に丹沢層群と足柄層群をわける断層が大磯丘陵の中央部に向って走っている。重力図からも大磯丘陵の構造が複雑であることがうかがえる。

図2にブーゲー異常分布と地質構造から確認された断層および構造線を破線で示した。使用した資料は坂本他(1964)、松田他(1964)、大木他(1968)、金子(1969)、平賀他(1970)、平賀他(1971)、温泉研究所(1971)、小沢他(1972)である。ブーゲー異常の変化のはげしい所、コンターの粗から密に移りかわる所に断層がある。

図3は丹沢山地を東西および N30°E に切ったブーゲー異常分布、地形の断面図である。断面に切った A—A', B—B' の位置は図2に示した。

丹沢山地および周辺の地下構造を重力異常から推定するとき、かなり広範囲の重力異常分布がわかっていないと大きな構造とか深部の構造がわからない。このため図4は丹沢山地のまわりの資料を一枚の図にしたものである。甲府盆地から富士山にかけては萩原(1967)、駿河湾から伊豆半島は瀬川(1968)、相模湾から大島にいたる間は友田他(1967)を使用した。地形補正などに使用した比重の値がそれぞれちがっているブーゲー異常分布であるが、今回はそのままつないで、大きな構造を考えるための資料を作った。同図には地震の震源をプロットしてあるが、これについては後述する。

図4から丹沢山地の位置をみると次のようなことがわかる。

(1) 大島沖の相模灘にある 100 mgal 以上の高重力異常から甲府盆地の -30 mgal の低重力異常にいたる大きなブーゲー異常値の変化がある。このことからこの付近の地殻は甲府盆地に向って少しずつ厚くなっていると考えられる。これは爆破震動観測グループ(1964)による東経 139 度線(紫雲寺—安中—河津線)に沿う地殻断面にも 8 km/sec 前後、深さ 30km 付近の層の傾斜となって表わされている。さらにこの断面図には深さ 20km 前後の所にゆるく傾斜した 6.82km/sec と 6.00km/sec の境界が示されているが、傾斜は逆に甲府盆地の方向が上っている。この境より下部を古生代層より下位の地殻と松田(1968)は考えているが、丹沢山地付近の地下構造をブーゲー異常から推定するとき、この 20km 前後が一番多くの問題をふくんでいよう。

(2) 大島沖の高重力異常は伊東、熱海をへて箱根に達する。隆起帯である箱根火山の北側は山北町付

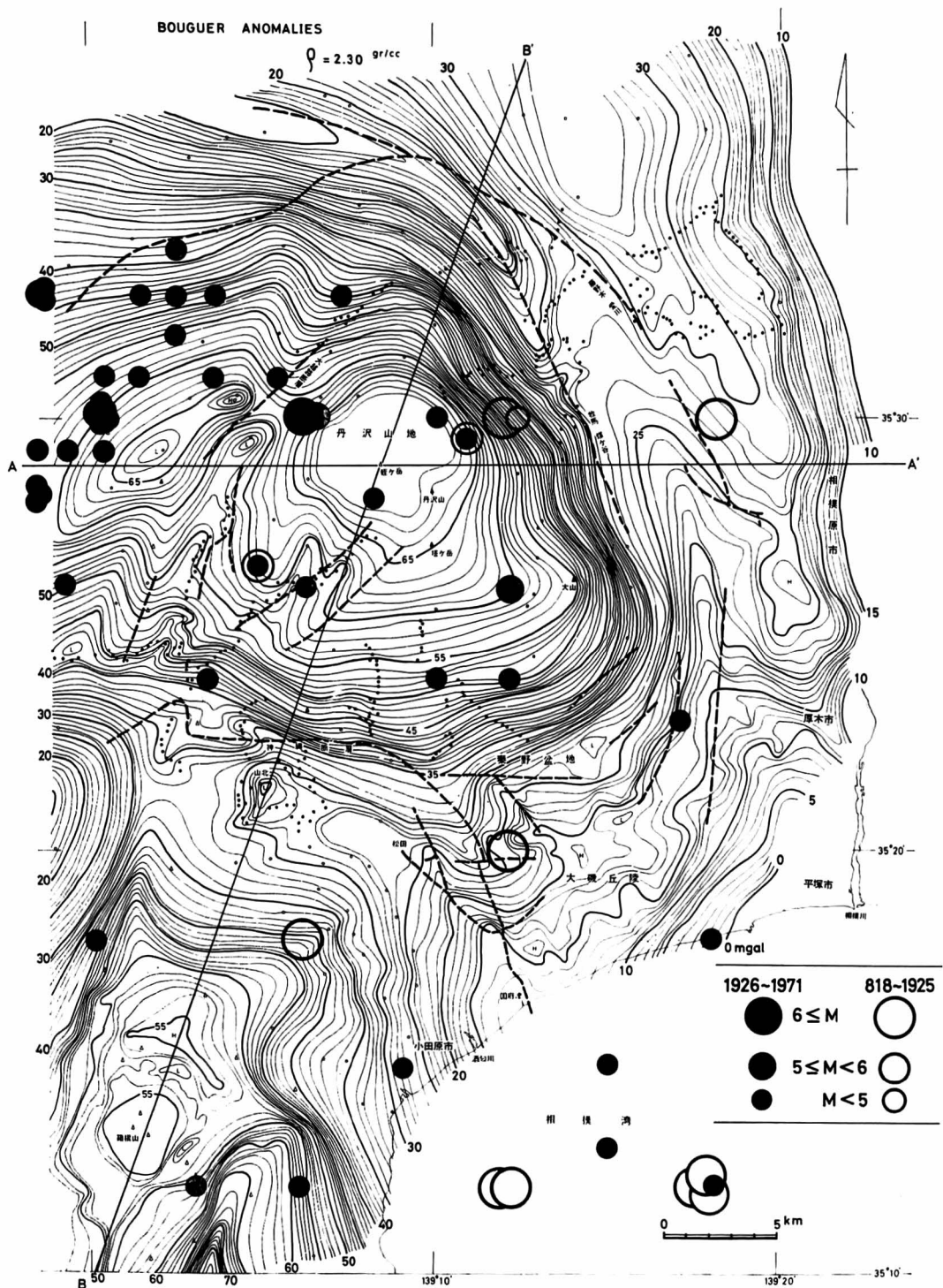


図2 丹沢山地付近のブーゲー異常分布と断層，震源分布
 (破線は断層，白丸は関東大地震以前の震源，黒丸は1926~1971年の震源，A—A'，B—B'は
 図3の断面位置)

近の低重力異常の沈降帯となる。この沈降帯は杉村（1972）の田子ノ浦・酒匂川線で国府津から国鉄御殿場線にそうように酒匂平野を通り松田町一山北町一小山町をへて御殿場、愛鷹山にいたり駿河湾へぬける。相模灘からの相模トラフ（舟状海盆）と駿河湾にある南海トラフとを結ぶものがこの沈降帯と杉村は考えた。とすれば丹沢山地、大磯丘陵付近は陸のプレートと海のプレートの接する場所となり重要な意味をもつことになる。都合のよいことにこの付近には沈降帯（足柄層群）と隆起帯（丹沢層群）との境に神縄逆断層が東西に走っている。また金森（1971）、安藤（1971）も大磯丘陵と酒匂平野の断層崖（国府津—松田断層）に関東大地震の地塊運動から逆断層を推定している。最近の地震活動から推定した圧力軸の方向（石橋1972）、および中村（1969）の火山学から推定した圧力軸の方向は $N45^{\circ}W$ であること、酒匂平野—山北の沈降帯と同じような規模の沈降帯が丹沢山地の東側、北側に存在することなどこの問題は今後充分検討する必要があるだろう。

(3) 大磯丘陵—丹沢山地—富士山をつなぐ線は重力異常からも隆起帯と考えられる。とくに丹沢山地は図2に示すように多くの断層に囲まれ、ブーゲー異常分布の変化のはげしい地帯にあり、60mgalの高重力異常がある。この高重力異常が石英閃緑岩の貫入によるものと推定され、東西に長くのびているのが特徴であり、丹沢山地の隆起活動をとく鍵であろう。

(4) 大磯丘陵の東側を流れる相模川河口から牧馬—煤ヶ谷構造線を通り、相模湖にそそぐ桂川に沿う沈降帯がある。この沈降帯は丹沢山地、富士山の北側をまいて富士川沈降帯につながるものと考えられ、丹沢山地—富士山付近のグリーンタフ地域の東西両境を通る意義深いものである。

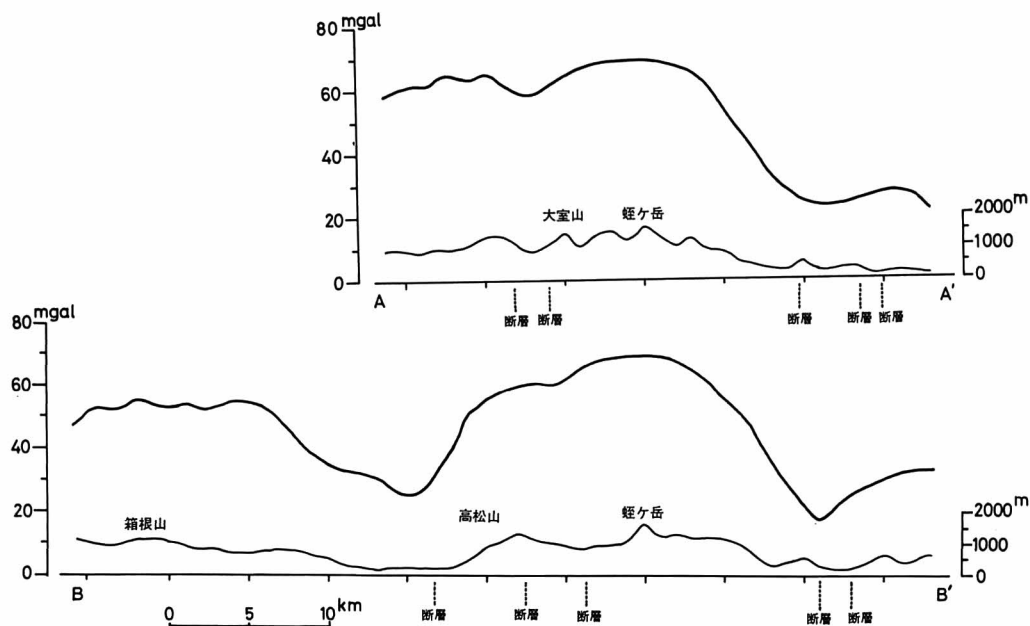


図3 丹沢山地の東西、 $N30^{\circ}E$ 線にそう重力異常断面図と地形断面図

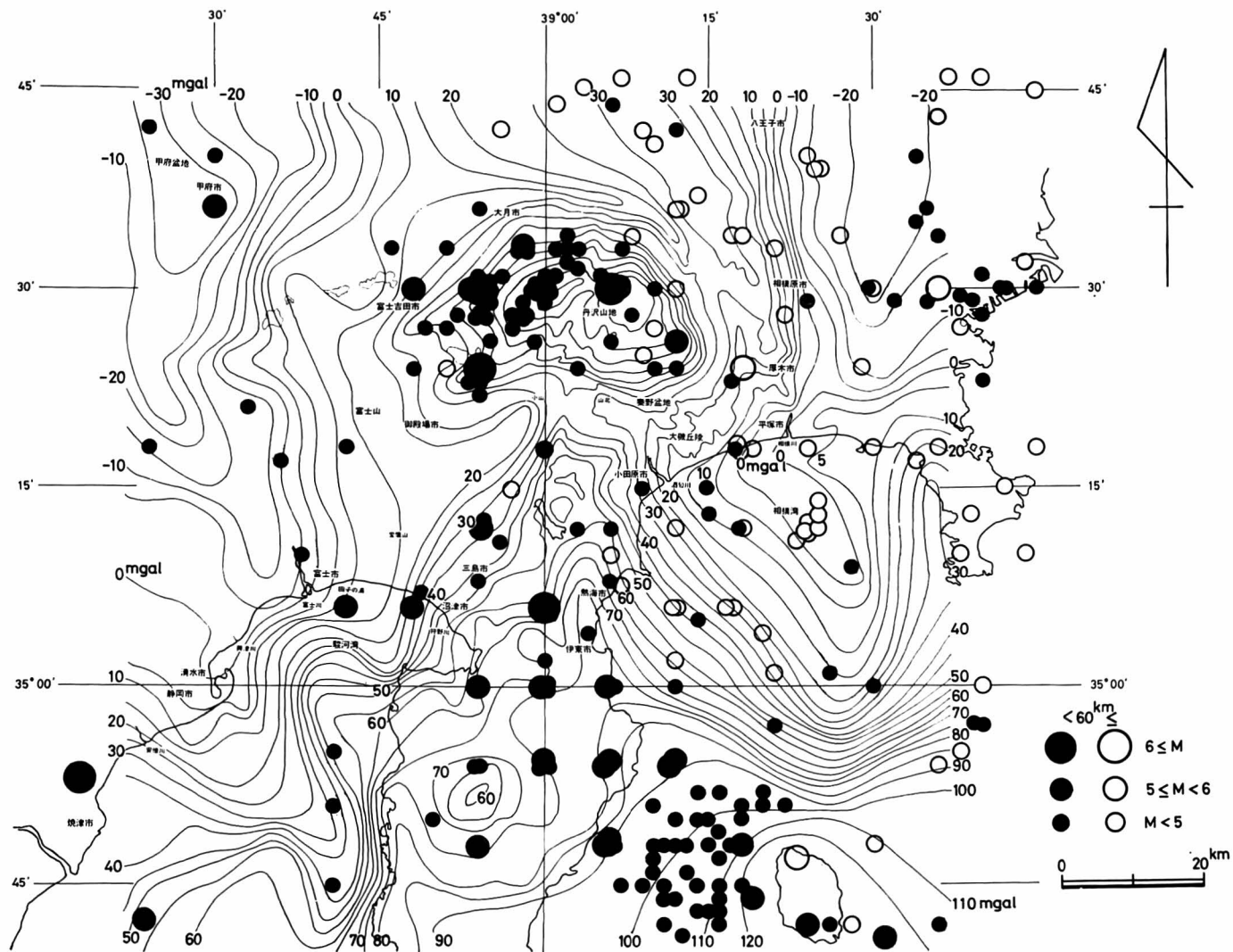


図4 丹沢山地—伊豆半島付近のブーゲー異常分布および関東大地震以後の震源分布
(白丸は60km以深, 黒丸は60km以浅の震源。甲府盆地は萩原1967, 駿河湾は瀬川1968, 相模灘は友田1967のブーゲー異常分布を使用した。)

以上がブーゲー異常の平面的な分布から丹沢山地およびその周辺の地下構造を考えたもので、詳細は次の機会に報告する予定である。

ブーゲー異常分布と震源分布、地震活動

地下構造および地殻変動を知るため、地震活動をしらべてみると、丹沢山地には浅い地震（深さ0～20km）が多いことがわかる。最近までの震源分布をブーゲー異常分布図の図2にあわせて示した。白丸は1818～1925年の地震の震源で理科年表に記されているものである。黒丸は1926～1971年の震源であり、気象庁の地震月報に発表されているものである。また二重丸は昭和39年（1964）11月27日21時49分深さ約20kmの微小地震の震源および昭和41年（1966）7月13日21時03分中川温泉付近の微小地震深さ20kmの震源である（水上他1966）。

この震源分布とブーゲー異常を重ねた図2をみると、つぎのようなことがいえる。

- (1) 規模が大きく構造的な地震は箱根火山、大磯丘陵にはほとんどない。とくに低重力地域である酒匂沈降帯、牧馬一煤ヶ谷構造線にそう地域（沈降帯）に地震が起っていない。
- (2) 地震は断層にかこまれた丹沢山地に集中している。ブーゲー異常値が大きい中心部よりも周縁部に地震が多く、とくに山梨東部の道志川上流ぞいから山中湖までに地震多発地域がある。
- (3) この山梨県東部の地震帯には1926年以前の地震つまり白丸が全くない。そして地震のマグニチュードは6以下の小規模なものにかぎられている。発震機構からみると石橋（1972）も述べているように、この地震帯は逆断層的であり、圧力軸はほぼ地震帯に直交しN45°Wと考えられる。中村（1969）の推定した圧力軸の方向と同じであることが注目される。しかし市川（1966）の発表した1950年から1962年までの発震機構によれば、この地震帯の主圧力軸の方向はN45°Wからほとんど東西方向まで変化している。
- (4) 丹沢山地では微小地震の観測が今までに4回行なわれてきた（水上他1964, 1966）。この観測結果を表1にまとめてみると、長期間観測した2回目、4回目の1日の平均発生回数が一致している。つまり丹沢山地では15,000～20,000倍で観測すると微小地震が1日2.7～2.8回発生しているということである。この発生回数は箱根火山の平穏期の値0.36回（ただし4,000倍観測）にくらべるとかなり多く、丹沢山地の微小地震活動は活発であるといえる。

次に広範囲のブーゲー異常分布図（図4）に関東大地震以後、1926年～1971年までの震源を気象庁の地震月報より求めプロットした。図4では黒丸が60km以浅の震源であり、白丸が60kmより深いものである。マグニチュード別に3階級にわけ、丸の大きさをかえてある。この図から震源分布、地震活動をまとめてみよう。

丹沢山地はブーゲー異常からも1つの地塊をなしていることがわかる。2つの沈降帯と多くの断層にかこまれた隆起速度の速い隆起帯である。そのためか0～20kmの深さに地震が多く発生している。

表1 丹沢山地における微小地震観測

観 測 期 間	観 測 計 器	倍 率	(S-P) 5 秒 以下の地震数	1 日 平 均 発 生 回 数
(1) 昭和39年3月17日～3月22日	オッシロスコープ ぬきとり観測	15～20万倍	20ヶ	4.5
(2) 昭和39年11月21日～12月3日	すすがきドラム 連続観測	15,000倍	32	2.8
(3) 昭和41年4月17日～7月16日	〃	20,000倍	143	2.7
(4) 昭和41年7月11日～7月16日	〃	15,000倍	5	1.1

とくに丹沢山地北西部（山梨県東部）にはブーゲー異常のコンターにそって $N45^{\circ}E$ の方向に集中している。また微小地震の活動も活発と考えられるが、石橋・津村（1971）によれば南関東の微小地震活動には変化が多いようであるから今後の長期間観測に期待したい。

沈降帯に地震が少ないことも1つの特徴である。隆起に比べて沈降速度がおそいためか、沈降帯を作る地層の性質のためか不明である。

駿河湾に入って来る南海トラフはフィリピン海プレートの力を丹沢山地に加えるはずであるが、丹沢山地北西部（山梨県東部）にある地震帯の発震機構から計算された圧力軸方向とは一致しない。圧力軸はむしろ相模トラフの方向である。

駿河湾に深発地震がないことも大きな特徴であり、相模湾と対照的である。

結語および謝辞

丹沢山地およびその周辺の重力調査を行ない昭和46年までに発表して来た地域を含めて相模川以西の神奈川県の前ブーゲー異常分布図をまとめた。重力異常から断層の位置および規模を推定し、地質構造と合せて丹沢山地の温泉の湧出機構を求める手がかりとした。また地震活動の様子をしらべ丹沢山地周辺の地塊運動についての基礎資料とした。

この研究をすすめるにあたって貴重な地図を提供していただいた秦野市、松田町および県土木部河港課に感謝します。調査地域周辺の重力値資料をいただいた東京大学地震研究所田島広一氏、終始有益な助言や批判を賜った温泉研究所大木靖衛所長に厚くお礼申し上げます。

この調査は温泉研究所、丹沢山地の重力調査費で行なわれた。

参考文献

- ANDO, M. (1971), A fault-origin model of the Great Kanto Earthquake of 1923 as deduced from geodetic data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 49, 19—32.
- HAGIWARA, Y. (1967), Analyses of gravity values in Japan, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 45, 1091—1228.
- 平賀士郎, 田島広一, 広田茂, 河西正男 (1970 a), 箱根火山の重力調査 第1報, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 11, 33—38.
- 平賀士郎, 田島広一, 広田茂, 河西正男, 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清 (1970 b), 神奈川県伊勢原町における重力調査, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 12, 49—52.
- 平賀士郎, 広田茂, 河西正男 (1971), 秦野盆地の重力調査, 神奈川温研報告, Vol. 2, No. 2, 83—87.
- ICHIKAWA, M. (1966), Mechanism of earthquakes in and near Japan 1950—1962, *Papers in meteor. and Geophys.*, *Met. Res. Inst.*, *JMA*, Vol. 16, 201—2229.
- 石橋克彦, 津村建四郎 (1971), 関東地方南部における微小地震の臨時観測, 地震研彙報, Vol. 49, 97—113.
- 石橋克彦 (1972), 山梨県東部地震群と1923年型関東大地震 (序報), 昭和47年度地震学会秋季大会講演予稿集, 地震学会, 7.
- 神奈川県温泉研究所 (1970), 大磯丘陵および相模野台地重力調査報告書, 1—18.
- KANAMORI, H. (1971), Faulting of the Great Kanto Earthquake of 1923 as revealed by seismological data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 49, 13—18.
- KANEKO, S. (1939), Right-lateral faulting in Miura Peninsula, South of Tokyo, Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 75, No. 4, 199—208.
- 金子徹一, 小川健三 (1954), 千葉県および三浦半島重力測定調査報告, 地質調査所月報, Vol. 5, No. 2, 91—99.
- 松田武雄 (1952), 神奈川地区重力探鉱調査報告, 地質調査所月報, Vol. 3, No. 11, 586—589.
- 松田時彦, 杉田宗満 (1964), 丹沢山塊の地質学的調査, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 2, 1—11.
- 松田時彦 (1968), フォッサマグナ南北地殻断面, 日本地質学会第75年秋季学術大会総合討論会資料, 231—235.
- 水上武, 松田時彦, 平賀士郎, 宝来帰一, 杉田宗満 (1964), 丹沢山塊の地球物理学的及び地質学的調査, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 2, 1—18.
- 水上武, 下鶴大輔, 松田時彦, 平賀士郎, 宮崎務, 萩原道徳 (1966), 丹沢山塊の地球物理学的並に地質学的調査, 神奈川温研報告, Vol. 1, No. 4, 1—31.
- 中村一明 (1969), 広域応力場を反映した火山体の構造, 火山, Vol. 14, 8—20.
- 小川健三, 田中章介 (1955), 神奈川県西部重力測定報告, 地質調査所月報, Vol. 6, No. 7, 439—443.
- 大木靖衛, 関陽太郎, 松田時彦, 奥村公男 (1968), 丹沢山地南部の変成帯, 日本地質学会第75年秋季学術大会総合討論会資料, 182—187.
- 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清, 横山尚秀, 長瀬和雄 (1971), 秦野盆地の水文地質, 神奈川温研報告, Vol. 2, No. 2, 31—56.
- 小沢清, 大木靖衛 (1972), 大磯丘陵南西部の地質, 神奈川温研報告, Vol. 3, No. 2, 73—82.
- RGES (Research group for explosion seismology) (1964), Crustal structure in central Japan along longitudinal line 139°E as derived from explosion-seismic observations, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Vol. 42, 515—531.
- 坂本峻雄, 見上敬三, 松田時彦, 大木靖衛 (1964), 丹沢山塊の地質, 丹沢大山学術調査報告書, 神奈川県, 1—53.
- SEGAWA, J. (1938), Measurement of gravity at sea around Japan, *Jour. Geod. Soc. Japan*, Vol. 13, No. 2, 53—65.
- 杉村新 (1972), 日本付近におけるプレートの境界, 科学, 岩波書店, 192—202.
- THE GEOGRAPHICAL SURVEY INSTITUTE OF JAPAN (1964), Gravity survey in Japan (3), Gravity survey in the Kanto and Chiba districts, *Bull. Geograph. Survey Inst.*, Vol. 9, No. 3—4, 1—340.
- TOMODA, Y. and J. Segawa (1967), Measurement of gravity and total magnetic force in the sea near and around Japan, *Jour. Geol. Soc. Japan*, Vol. 12, No. 3—4, 157—164.