

重力測定による山崎断層附近の地下構造(序報)

中 村 佳重郎・渡 辺 邦 彦

GRAVITY SURVEYS ACROSS THE YAMASAKI FAULT SYSTEM

By *Kajuro NAKAMURA and Kunihiko WATANABE*

Synopsis

Gravity surveys have been carried out around the Yamasaki fault system, in the western part of Honshu. The results on the underground structures of the area are as follows:

The high Bouguer anomaly area spreads to a width of several kilometers and is briefly co-incident with the fault zone.

The Bouguer anomalies change gradually in the northern part and rapidly in the southern part relative to the fault zone. Similar changes are recognized in the geoelectromagnetic results obtained by means of electrical resistivity surveys as well as ELF-MT surveys.

Serpentine and peridotite are collected near Yamasaki. They might rise through the rifts along the fault planes. The high Bouguer anomalies may be caused by the existence of them.

1. は じ め に

山崎断層を対象とする協同研究は1970年頃から開始された¹⁾。現在多くの機関から多数の研究者がこの研究プロジェクトグループに参加して、種々の観測研究が進められている²⁾。1978年には「地震予知テストフィールド研究計画」に指定された。

この研究計画では、断層活動を研究する目的で、多分野にわたる連続観測あるいは繰り返し観測が実施されている。断層構造を研究する分野では、比抵抗法によって電気的地下構造の特性を明らかにした³⁾。更にELF-MT法やVLF-MT法によって電磁気学的地下構造の研究を更に進めている⁴⁾。また地殻変動連続観測用の伸縮計の記録から破砕帯の地球潮汐⁵⁾や地震波⁶⁾に対する応答特性も求められた。

中国地方東部の全体的なブーゲー異常図は求められているが⁷⁾、山崎断層を対象とする重力探査はなされていない。そこで1984年9月と11月に重力測定を実施したので、その結果について報告する。

2. 測 定 点 の 配 置

山崎断層系は、約80 kmにわたってほぼ北西-南東の方向に伸びる左横ずれの活断層である⁸⁾。そのほぼ中央部の兵庫県宍粟郡山崎町附近で折れ曲がり安富断層と暮坂峠断層⁹⁾(護持断層⁹⁾ともいう)とに分かれている。この附近の震央分布図($M \geq 3.5$)をFig. 1に示す。マグニチュードが5~6の地震は断層の北側では断層から離れているが南側ではほぼ断層と一致している。安富町植木野附近に地震が密集しているのは、1984年5月30日に発生した $M 5.6$ の地震とその余震である。

重力測定をした当初は、断層の境界を決定することが目的の1つであった。電磁気学的に求めた断層構造^{3), 4)}は、断層の外側に向かって、南側では比抵抗が急激に増大するのに対し、北側では徐々に増大している。それ故に、断層近傍では測定点の密度を高くすると同時に、破砕帯から完全に抜け出している測定点も必要であるので、測線を可能な限り断層から伸ばした(Fig. 2)。北は宍粟郡羽賀町まで、南は姫路測候所ま

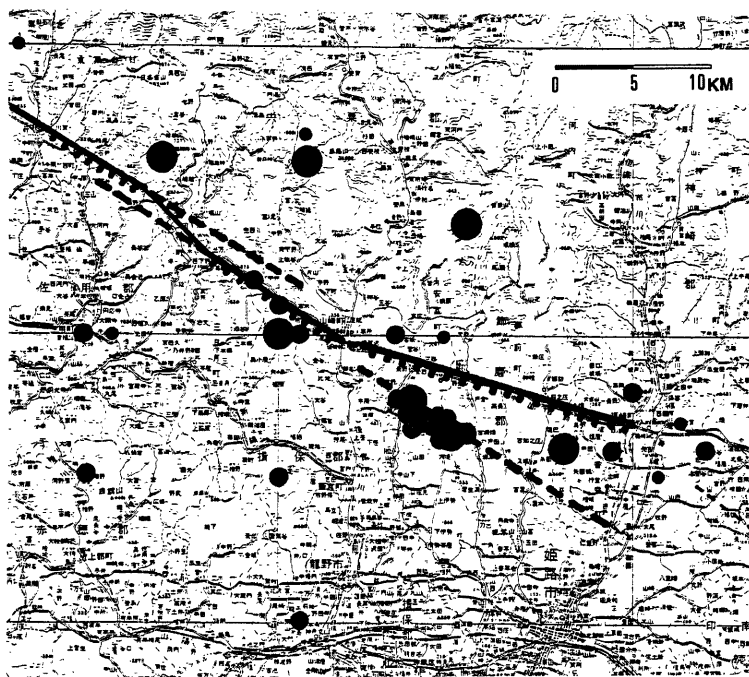


Fig. 1 The Yamazaki fault and earthquakes near and around it. Large, middle and small circles denote magnitude scale of $6 > M \geq 5$, $5 > M \geq 4$ and $4 > M \geq 3.5$ respectively. Earthquakes in a period from 1926 to 1984 are illustrated.

で測線は伸びている。また、地質学的に二本の断層線が引かれている部分（安富町）とほぼ一本とみて良い部分（山崎町）とを比較する意味で山崎町南部にも測点を多く配置した。

測定点は、国道29号線沿いに設置してある一等水準点（BM. 029-000～BM. 029-045）や山崎断層の上下変動を監視する目的で設置した二等水準点（BM. 10120～BM. 10133）と安富町、山崎町が発行している地図の読標点から成る。

3. 測定方法

始めに重力基準点を設けた。そのために安富町の BM. 10130, BM. 10128, BM. 10127 と姫路測候所の重力基準点とを結んだ。この重力基準点は JGSN 75 (Japan Gravity Standardization Net 1975)¹⁰⁾ に属し 0.01 mgal まで求められている。往復測定による結合であったが、できるだけ測定時間の間隔が均一になるように、途中の BM. 029-013, BM. 029-007, BM. 029-001 もこの測定に組み込んだ。使用した重力計は LaCoste & Romberg 重力計の G-605 である。BM. 029-007 は測定条件が悪い所であったが、この点の結果も含めてすべての点で良好な結果が得られた (Table 1)。蛇足になるが、やはり JGSN 75 に属する京都大学の重力基準点 (理学部地球物理学教室) と約20回も重力結合している高槻市内の基準点 (京都大学との差が 2 mgal 以内の等重力) と BM. 10127, BM. 10128 を結んだ結果と前述の姫路の基準点と結合した結果と

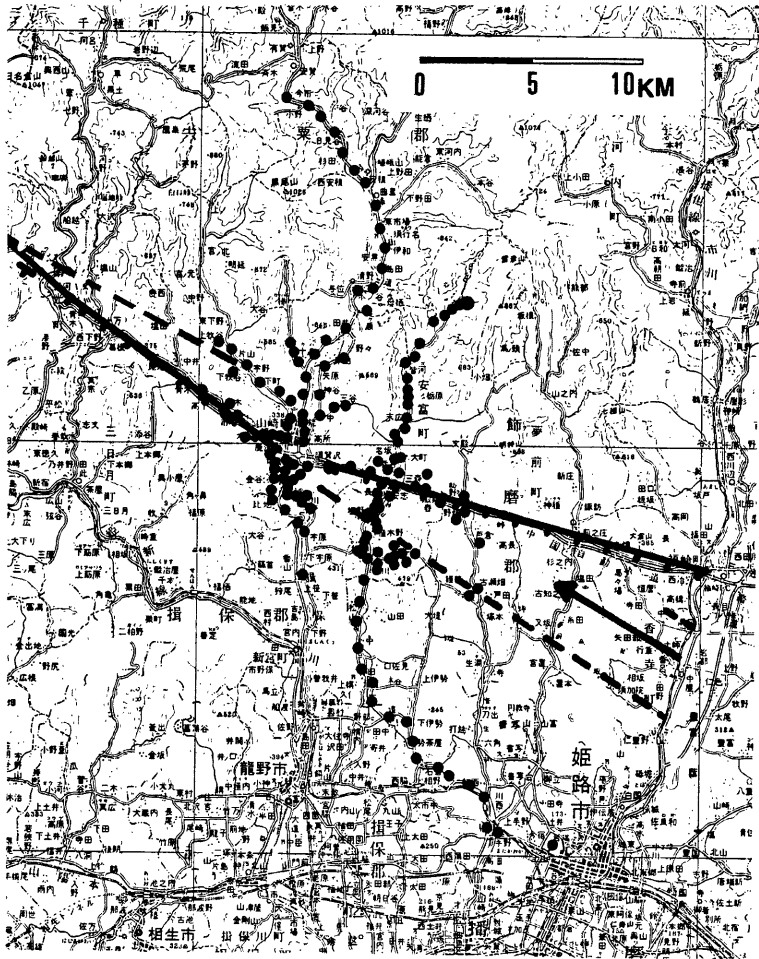


Fig. 2 Distribution of the gravity stations.

を比較してみると、その差は2点共に $10 \mu\text{gal}$ 以内であった。JGSN 75 の各点の精度を考慮すると完全に一致したといえる。しかし、1台だけで1回の往復測定をしただけの結果であるため偶然性もかなり高いと思われる。

次に、この新しい基準点から更に BM.10120 から BM.10133 までを往復測定で結合し、それぞれの地区の基準点とした。基準点以外の測定点の重力値は、1つの測定の環で少なくとも2点は重ね合わせるようにして片道測定で求めている。この重ね合わせた測定点での閉合差は $20 \mu\text{gal}$ 以内であった。しかしながら標石のない点の精度は、読標点の位置決定の精度や道路工事等に伴う状況の変化等によって数 10 cm 程度の

Table 1 Gravity values determined by gravimetric connections along the Route 29. Standard point is HIMEJI GS.

Gravity Station	Gravity Value (m gal)	Difference between (Go and Return) Observation Values (μ gal)
HIMEJI GS	979 730.16 (JGSN 75)	+ 4
BM029-001	727.29 ₅	+ 1
BM029-007	718.92 ₉	-11
BM029-013	714.85 ₄	- 8
BM 10127	711.48 ₀	+ 2
BM 10128	713.32 ₁	+ 6
BM 10130	710.80 ₄	+ 3

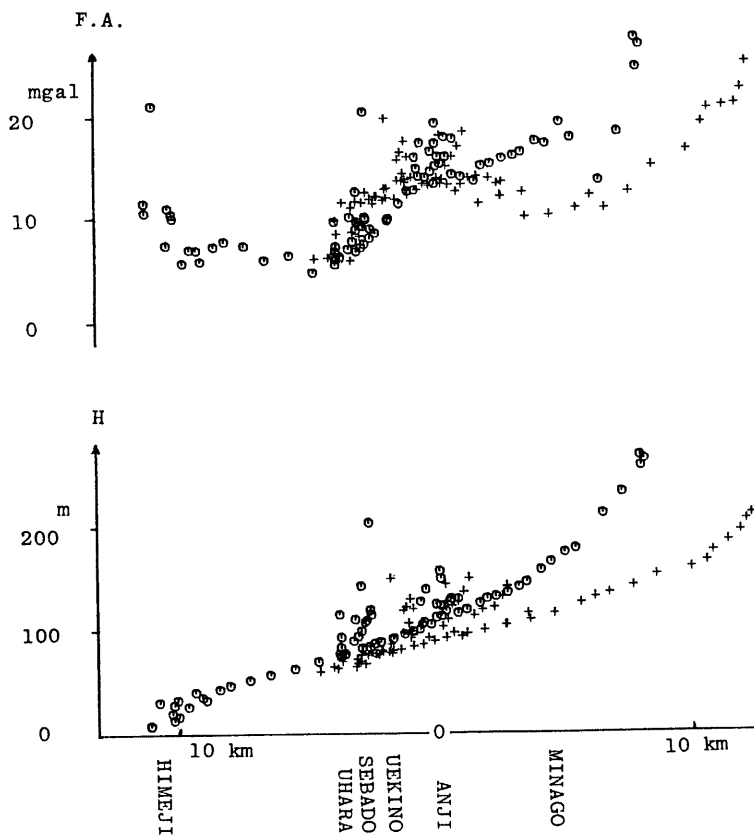


Fig. 3 Profiles of topography (lower) and free air anomalies (upper) projected on a cross section perpendicular to an arrow illustrated in Fig. 2. O and + denote Yasutomi and Yamasaki survey lines respectively.

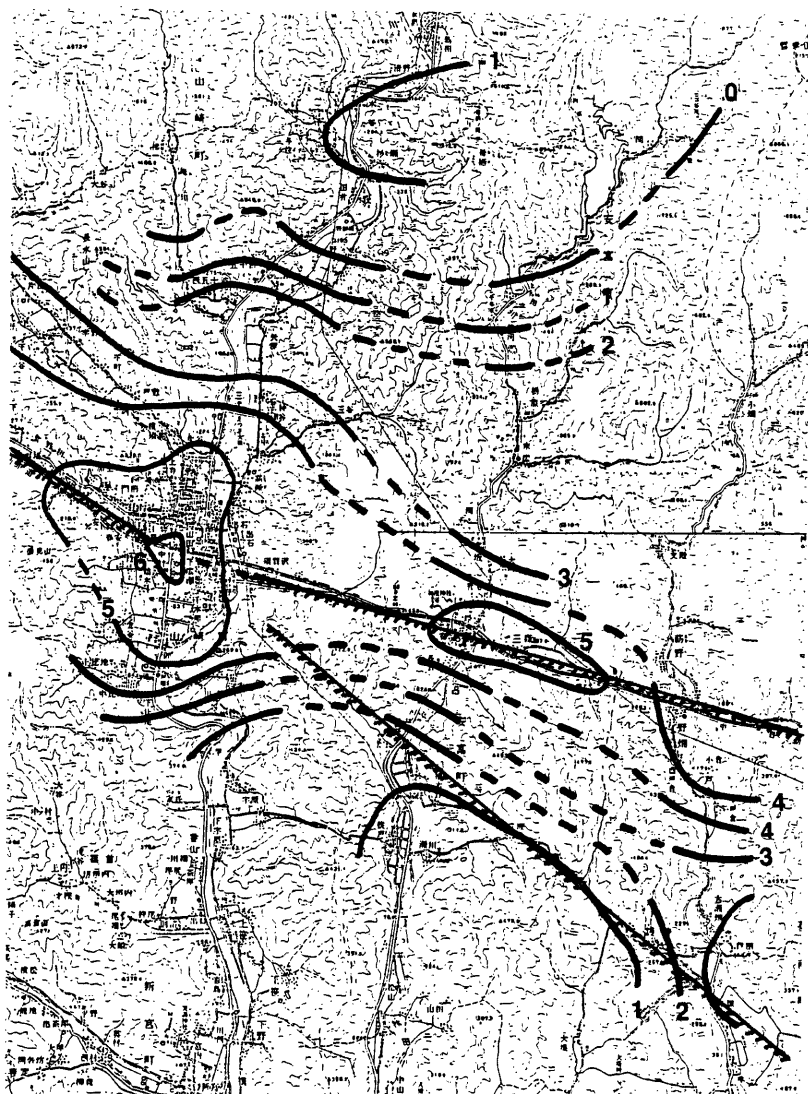


Fig. 4 Contor map of Bouguer anomaly in mgal

鉛直の誤差がある場合も考えられる。しかし今回の測定点は比較的急斜面が少なかったので、多くの点では 20 cm 以内の誤差であると推定される。例外的に安富町の北部の 2ヶ所で地図の判読ミスのため 10 m 弱

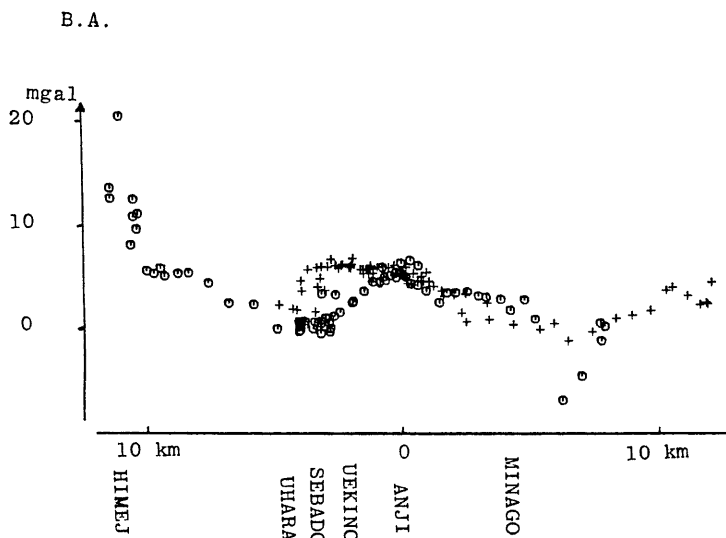


Fig. 5 Profiles of Bouguer anomalies. O and + are as same as in Fig. 3.

の誤差のある所もある。この2点を除くと重力値に換算して高々 0.2 mgal 以下の誤差であり、この研究目的には充分耐えられる精度である。

4. 解析とその結果

地下構造を議論するためには、フリーエア、ブーゲー補正の外に地形補正をする必要がある。本来ならば各地域の密度をそれぞれ求めて解析を進めるべきであろうが、岩石資料が不足している現状では不可能である。そこで次のように山崎地区の平均密度を求めた。Fig. 3 はフリーエア異常と測定点の標高を Fig. 2 で示されている矢印 (N 60° W) に垂直な断面に投影した図である。断層の北側の部分の地下構造は断層と平行な方向では均質であると仮定すると、Fig. 3 に見られる安富町、山崎町からそれぞれ北に向かっている2本の測線の異常値がブーゲー補正をするとあたかも1本の曲線となるような密度がこの地域の平均密度であると考えることができる。この密度をもとに断層附近の単純ブーゲー異常図を画くと Fig. 4 となる。

一般的には、破砕帯ではその周辺部と比較してブーゲー異常は小さくなるが、山崎断層系での山崎、安富両町附近では逆に大きくなっている。地形補正を施していないが、山崎町の中心部 (平地の中央部) と周辺部 (山に隣接) とで試験的に地形補正量を算出してみた所、補正量の差は高々 3 mgal である。したがって地形補正をする前後で Fig. 4 のパターンが大きく変化する心配はない。

そこで地下構造との対応を視覚的にするために、Fig. 3 と同じ平面にブーゲー異常を投影してみた (Fig. 5)。

フリーエア異常ではきれいに2本に分かれていた曲線も (Fig. 3) ここではほぼ1本の曲線になった。このことからこの断層北側附近では、断層に平行な方向には地下物質は比較的均質であるといえる。山崎町では、同町北部で異常が増加し、同町の中心部から南部地域にかけて高台状に続き、宇原の北側で急激に減少している。

これと似た現象は電磁気学的方法によって求めた地下構造の比抵抗分布にも見られる⁴⁾。比抵抗は安富町の安志附近で極大に達し南に向かって急激に減少している。植木野附近で変化は緩んでいる。礪波峠（護持）断層が植木野を走っているが、安富断層が走っている安志と、植木野の間では一様に異常が減少しているだけである。したがって地質学的な断層の分布と異った様子を示している。しかし、安志-植木野間と皆河附近に断層があって、安志には断層が走っていないと考える事には無理がある。とにかく、安富断層を中心にして高ブーゲー異常地帯がありその南北両側では異常が小さくなっている。これは山崎町でも同様である。この高異常帯の幅は数 km あるが、半田、住友⁴⁾の低抵抗帯の幅と比較的良く一致する。西村¹¹⁾は、山崎町附近で橄欖岩を含む蛇紋岩を採集した。この事を考えると安富断層附近の高ブーゲー異常の原因が解決しそうである。またこの断層の断裂はかなり深部に及んでいることも推定される。

5. ま と め

山崎断層の地下構造を研究するために重力測定を実施した。地形補正の問題、測定領域の問題は今回は触れないこととして少々精度は落ちてても以下のことが言える。

1) 山崎断層の山崎、安富町附近では、断層附近のブーゲー異常は、その周辺地域よりも大きくなっている。その原因として地下深部から高密度の物質の上昇が考えられる。もし、そうだとすると断層の断裂は地下深部に及ぶことが推定される。

2) 地質学的には、安富町附近で二つに分離している断層も、今回の結果からは、分離していなかった。分離している距離がこれより離れている夢前町や福岡町附近でどうなっているか調査する必要がある。

3) 電磁気学的に求めた比抵抗の地下構造とブーゲー異常は、その幅（数 km）及びその変化様式（南部で急変し北部では徐々に）でかなり良い一致を示している。

4) 今後の課題としては、より詳しい議論をするためには、地形補正をする必要がある。また、山崎断層系の全体的な構造を把握するためにもう少し広範囲の測定が必要である。モデル計算による地下構造の推定は、それらの作業が済んでからにする。

6. 謝 辞

今回の観測を実施するに当っては、山崎町や特に安富町からはいろいろと便宜を計って載いた。また防災研究所の微小地震部門の方々からは有益な助言をいただいた。以上の方々には心から感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 岸本兆方・尾形和夫：概論：山崎断層，月刊地球，Vol. 7, No. 1, 1985, pp. 4-8.
- 2) 1)の「概論：山崎断層」のあとに各分野の報告が続く。
- 3) 乗富一雄 他：自然災害特別研究成果（1981）。
- 4) 半田 駿・住友則彦：ELF 帯自然雑音を用いた活断層周辺での MT 探査，九十九地学，第14号，1979, pp. 21-31.
- 5) 中堀義郎：山崎断層安富観測坑において観測された地球潮汐歪について，京都大学修士学位論文，1977.
- 6) 谷口慶祐・尾池和夫：山崎断層破砕帯の遠地地震表面波に対する応答特性，京大防災研究所年報第25号 B-1, 1982, pp. 101-113.
- 7) 国土地理院：中国地方東部のブーゲー異常，地震予知連絡会会報，第20巻，1978, p. 172.

- 8) 活断層研究会編：日本の活断層-分布図と資料，1980，pp. 238-239.
- 9) 福井謙三：山崎断層系の変位地形，地理学評論，54-4，1981，pp. 196-213.
- 10) 国土地理院：日本重力基準網1975の設定，測地学会誌，第22巻，第2号，1976，pp. 65-76.
- 11) 西村 進：私信.