# えびの・吉松地区地震地域の重力異常について

著者	瀬谷 清,小川 健三
雑誌名	防災科学技術総合研究報告
号	26
ページ	47-61
発行年	1971-03-31
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002633/

防災科学技術総合研究報告 第26号 1971年3月

550.312:550.341(522.7/.8)

# えびの・吉松地区地震地域の 重力異常について

# 瀬谷 清

同山大学理学部地学教室

小川健三地質調查所物理探查部

# On the Bouguer Anomalies in the Ebino-Yoshimatsu Earthquake Area

Вy

# Kiyoshi Seya

Department of Earth Science, Faculty of Science, Okayama University

### and

# Kenzo Ogawa

Geological Survey of Japan, Tokyo

## Abstract

Gravity surveys were carried out in the Ebino and Yoshimatsu district, where a swarm of shallow earthquakes occurred early in February 1968. As the result of the surveys, areas of remarkably low gravity were found in both of the basins Kakuto and Kobayashi. After several considerations, depression topography of the basement was presumed under the area of low gravity, and particularly the existence of a caldera was presumed in the Kakuto Basin where the epicentral region is involved.

1. はじめに

1968年2月上旬以降霧島火山群の北西部に位 置する加久藤盆地内で連続的に地震が発生し、え びの町・吉松町等に相当の被害を与えた、当地域 においては過去にも1913年および1961年に地 賃の発生を見ており、とくに後者の處顔分布は今 回のものと酷似している注意たこれらの地震と霧 島火山群中の新燃岳付近に発生した地震群との密 接な関係、さらには同時期に発生した日向離地震 との関連が注目される、

地震発生の場である加久藤盆地部には、カルデ ラ、いわゆる加久藤カルデラ(有田、1957)、 の存在が推定されているが、その規模、形状、内 部構造などの詳細は未だ明確ではない、当地域の 地質は新第三紀中新世〜鮮新世の火山岩と思われ る古期安山岩類(真幸変朽安山岩・加久藤安山岩 類)・四万十層群を装盤岩類とし、その上にシラ ス類を主とする地層(加久藤層群)および霧島火 山新期溶岩類その他が分布している、このような 地質状況からみてもし推定されているようなカル デンが存在するとすれば、かなり強い負の重力異 常が観測される可能性が大きく、重力測定によっ てカルデラの規模・形状などについて有用な知見 が得られることが期待される。

寝源がこの推定カルデラ内に集中して分布して
いることにより、このカルデラの存在を明確化す
ることは、えびの・吉松地区地震の性格を究明す
る上で重要な意義を有するものと思われる。

そこでこの推定カルデラを含む広範囲の地下構 造の解明・はあくを目的として重力調査を行なっ た。

なお, との調査は科学技術庁特別研究促進調整 費によって行なったものであり, 測定 (標高測定 を含む) および補正計算などは筆者らの指示によ り住鉱コンサルタント (株) が行なった.とゝに 記しての感謝の意を表したい。

2. 重力探査について

2.1.測定

今回のえびの地震の震央分布は図-1に示され





図-1 えびの・吉松地区地震震源分布(水上、1968による)

Fig. 1. Distribution of hypocenters of the Ebino-Yoshimatsu Earthquakes (after Minakami, 1968).

ているように極めて限定された小範囲に集中して するために、調査地域は加久藤盆地周辺の山地部 いる、しかしいわゆる"加久藤カルデラ"を解明 および小林盆地を含む面積約550km<sup>2</sup>に及ぶ範囲 であり、測点間隔は測定路線上に500~1000mに なるようにとり、とくに盆地内の構造をはあくす るため、平地部に多くの測点を高密度(多い所で 4点/km<sup>2</sup>)に配置した、測点数は基準点(後述) 20点、基点13点を含む総計587点である. また、上記精査域の東部および南部に概査路線を 設け、カルデラおよび地域一帯の構造概要のはあ くに費することゝした、この概査測点は後出の重 力図に見られるように29点である、標高はすべ て水準測量により求めたが、概査点はポーリン気 圧高度計を使用して求めた。

使用機器は重力測定にはウオルドン重力計(プロスベクタ型)を,水準測量にはチルテング5型 (重要路線のみ)および自動レベルを用いた.

制定に際しては、調査地域の中心部が震源域に 当っていることを考慮して、地域内に図-2に示 すように基準点を設け(③印,ローマ数字の測点) 地般変動に起因する重力値の変化を監視すること とした。この基準点測定は、調査開始時、終了時 および概査の際と合計3回行なった。基点測定は 図2に〇印、漢数字で示されているように、13 点の基点について行ない、2往復以上の測定によ ってその値を確定した。この基点測定は第2次調 査に際しても再び行ない、測定精度の向上を期し た.

ー般測定は上記基点および一部基準点を利用して行なった。測定値はすべて1回の測定により求めた。測定に際してはその閉そく時間は通常2時間以内になるよう配慮した。

これらの測定は前後2回にわたって行 な っ た. すなわち,第1次調査は昭和43年9月,第2次 調査は同年12月である. 概査は第1次調査の結 果を考慮して,第2次調査において実施した.

2.2.補正

測定値には次の補正を行なった.

- 1) ドリフト補正および潮汐補正
- 2) 高度補正
- 3) 緯度補正
- 4) 地形補正

これらのうち,高度補正は自由大気の補正およ びプーゲ補正を合せたものであり,次式によった. (0.3086~0.0419°)H (mgal)

ここで、のはg/cm<sup>3</sup>で表わしたブーゲ補正のための密度であり、Hはm単位で表わした測点の標高である、のの値を如何に仮定するかは、重力

探査においては常に問題となるが、ここでは次の 如くしてきめられた. すなわち、 図-3 a) およ びb)は調査域をそれぞれ南北および東西に2分 する線上、あるいは、その近傍に分布する測点の ブーゲ異常をのを変化させて求めて図示したもの で. a) 図は東西方向に配列する測点群について 作成され、b)図は南北方向に配列する測点群を 用いて作成された、これらを検討すると、測点の 標高変化と重力値との間には σ = 2.0 ないし2.4 g/cm<sup>3</sup>の間で最も相関性が希薄になることが わかる.また、図-4 a) および b) は測定値に 高度補正を除く他のすべての補正を行なった値 (これをg\* で表わす)を縦軸に、測点の標高H を横軸にとったものである。もし、地下の密度分 布が一様であれば、この関係 (g\*-H 関係と名 付ける)は直線となるはずであり、その勾配は

 $-(0.3086-0.0419 \sigma)$ 

を示してくる. a) および b) に示した例では, かくして求めた  $\sigma$  の値 はいずれ b 2.1 g/cm<sup>3</sup> より大となっている。しかし, 図例の標高の高い 点は後出の重力分布 図において高重力域に属して おり, この事を考慮すれば仮定すべき  $\sigma$  の値とし ては 2.1 g/cm<sup>3</sup> より小さな値をとるべきよう に考えられる.本報ではこれら Profile 法およ び g\* 一H関係法の結果を考慮して,  $\sigma$  の値とし て 2.0 g/cm<sup>3</sup> および 2.4 g/cm<sup>3</sup> を仮定し, 重力異常を計算した.そして, 一応前者によるも のを基準とし,後者を参考に用った.

緯度補正には1930年の国際重力公式を用いた. 地形補正は測点より62km までの地形につき, その影響を算出した。この際算出範囲を次の如く 5段階に分割し,高精度を期した。

 $0 \sim 2.0 \text{ m}$ ,  $\sim 1.0.50 \text{ m}$ ,  $\sim 2.6.00 \text{ m}$ ,  $\sim 1.5 \text{ km}$ ,  $\sim 6.2 \text{ km}$ 

これは、いわゆる、地質調査所方式である.

なお、測定は比較測定であるので、 熊本県人害 市に存在する1等水準点 BM2847 および BM2848 における国土地理院の重力測定結果と結んだ.こ れら水準点と結んだ測点は人吉-加久藤間の道路 上、人吉市柴笠に設けた基準点 No X XII であり、 2 往復測定によりその値を求めた、表-1 にはこ れらの点の位置、標高、重力値などを示す、

3. 結果およびその解釈

図-5 および図-6 には,それぞれ,『= 2.0



図ー2. 基点・基準点分布 Fig 2. Distribution of reference stations and junction stations.



- 51 -



図-3.b) 種々のプーゲ密度に対する重力変化(南北方向)

Fig. 3. b) Gravity profiles corresponding to various densities assumed in Bouguer reduction (N - S direction)

g/cm<sup>3</sup> および 2.4 g/cm<sup>3</sup> と仮定して求め られたブーゲ異常の分布が示されている(注)また. プーゲ異常を基にして、瀬谷(1959)の方式に よる余剰重力(正規構造)を計算した。両者にお いて局部的な重力異常の有無,異常の形状,その 強さなどに多少の相違が見られるが、大局的な傾 向においては極めて類似的である. すなわち, 加 久藤盆地およびそれに連続する小林盆地部に低重 力域が存在しており、北部・南部の山地部では著 しく重力値を増している.この事実は図-7に示 されている重力断面を見れば明らかである。図-7は図-5に記されているほご南北および東西方 向にとられた5本の直線上の重力値の変化を示し たものであるが、これら重力断面に見られる地域 の重力分布の特徴は通常考え得るブーゲ補正の密 度のの値の如何にからわらず同様であり、両盆地

部地下に著しい質量欠損が存在することを示唆し ており、直観的にはここに東西方向に延びる地こ う状構造の存在が想像されるものである. すでに 述べたように、地域の基盤岩類として真幸変朽安 山岩・加久藤安山岩類および四万十層群の砂岩・ けつ岩類が考えられるが,これら地層の岩石試料 の密度は表-2に見られるように,ほゞ2.6 g/cm<sup>3</sup> 前後である、これらの基盤岩類は地域北部・西部 の山地部に広く分布しているが、盆地部では新期 たい積物により、地域南部では霧島火山の噴出物 により覆われており、その分布状況は不明である. 盆地部に分布する新期たい積物は第三紀末〜更新 世のシラス類からなる加久藤層群およびその上位 層であり、これらの地層の岩石試料の密度はすべ て小さく,表-2に見られるように,ほゞ1.8 g/cm<sup>3</sup> 前後である、そこで低重力域と一致する

えびの・吉松地区地震地域の重力異常について - 瀧谷・小川



Fig. 4. Gravity anomaly after terrain correction g\* versus height H relationship.

表 1 Table 1.

测点	緯	度	経	度	標高 (m)	重力值 (mgal)
BM2847	3 20 1 }	109"	1 3 0° 4	6'02″	128.53	979,478.22
BM2848	3 2° 1 2	'06″	130°4	5'07"	104.21	979,482.54
xxm	3 2°07	150"*	130°4	9'16"*	309-41	979,447.53

表2 岩石試料密度

Table 2. Density values of rock samples.

岩石	自然乾燥密度 g/cm <sup>3</sup>	湿潤密度 g/cm <sup>3</sup>
四万十層群 砂岩1	2.57	2.59
# <b>2</b>	2.52	2.61
// 3	2.64	2.65
頁 岩 1	2.56	2.58
// 2	2.53	2.60
(単純平均值)	2.56	2.61
真幸変朽安山岩	2.70	2.76
加久藤安山岩	2.54*	2.60
加久藤層群	1.70**	1.77
*新鮮な試料 15	) j 個の平均値	
** 12	2個の平均値	

盆地地下の構造を推察するために基盤岩類と上部 地層の密度差が一様に0、8g/cm<sup>3</sup>であり、2層 構造であると仮定し、図-5のB-B' およびD -D' について断面計算を行なった、これらの結 果は図-8a)およびb)に示されている、もっ ともこれらは単なる解析結果図ではなく、解釈結 果図ともいうべきものである、すなわち、基盤面 に急激な傾斜が存在し、それが等重力線上で連続 していると考えられる場合には等重力線の特徴, 余剰重力の変化などを参照してそこに断層の存在 を推定している、したがってたとえ小規模で微弱 な変化でも,それに対応した構造を地下浅所に想 定している個所もある、たとえはB-B'断面の 北部, D-D' 断面の西部に想定されている断層 などである、これらの結果を見ると、盆地境界付 近で基盤面に階段状の落差を生じており、盆地中









図 - 7 重力断面 Fig. 7. Gravity profiles along various sections in Fig. 5.

心部に急激にその深度を増し、中心部では地表面 下約 900m に達していることが分る。解析におい ては地域の地質の特殊性から密度差を極めて大き く仮定しており、この推定値は過小の値であると も考えられる、実際の基盤深度はより大きく、最 深部では1000m以上に達することも充分考えら れる、なお、b)図に見られるように、加久藤・ 小林の両盆地は構造的に分離できるようであり、

両盆地の中間、飯野町中原田付近・C点との交点 前後で基盤面が急激に隆起している、このことは この基盤隆 起部直上に位置し、ほど南北に連なる 八幡丘陵が加久藤安山岩類より成っている事実と 照合するとき極めて興味深いものと言える. 注8)

すなわち、簡単な仮定に基づく解析結果では基 盤面は地表面に達していないが、加久藤安山岩類 から成る八幡丘陵が両盆地を分離するように存在





(Ь)





していることは,との部位で両盆地の構造の境界のである. を示し地下梁部に連続していることを思わせるも小林盆地部の重力分布はその一部がとらえられ

- 57 --





(Ь)



図-8 b) D-D' 断面地下構造解析図

Fig. 8. b) Estimated underground structure along the line D = D' in Fig. 5.

ただけで全ぼうは不明であるが、概査による補助測 点での結果を考慮するときは、恐らく図の破線で 示したように、その低重力域は更に東に延びて存 在するものと思われる。

地域南部は霧島火山溶岩類に覆われているため に解析結果を北部と同等に考えることは出来ない. 多くの場合,溶岩試料自体の密度は一般に大なる 値を示すが,火山体としての平均密度はかなり小 さいのが通例である、今の場合基盤上部にたい積 した火山噴出物の平均密度に関しては全く不明で ある。しかし盆地部に分布するシラス類や新期た い積物より高密度であることは疑いない。したが って基盤深度としては一応解析結果より深めに想 定すべきものと考えられる。しかし概査結果をみ ると、南部に重力値がかなり高まる傾向が明り: うに看取され、上記の考慮を払っても、測定地域

内で充分基盤深度は浅くなるものと思われる。と の意味でB-B' 断面において飯野牧場北部で急 激に、むしろ不連続的に基盤面が上昇していると 推定されることは地域の構造を考える上で極めて 示唆的である。もっともこの南部区域の高重力域 が単に基盤の上昇のみを反映しているのか、また け,その下部に貫入岩体の存在をも想定すべきか は今回の調査結果からだけではなんとも言えない. 解析結果・重力分布の特徴・地質状況などを総合 するとき、加久藤盆地部には基盤の著しい陥没構 造が存在することは確かなようであり、その北部 および西部境界はそれぞれ盆地の北部および西部 境界付近に推定される。またその東縁は八幡丘陵 付近に、また、その南縁はかなり不分明であるが 一応飯野牧場一飯盛山付近、少なくとも飯岳一栗 野岳を結ぶ線、あるいはその内部に想定出来るよ うである。なおこの加久藤盆地に隣接して東部の 小林盆地部にもより深い陥没構造の存在が推定さ れるが、得られた重力異常はその一部であり、こ の推定される陥没構造の全ぼうをはあくするに至 っていたい.

上述の加久藤盆地部に重力異常によって推定さ れる陥没構造が地質学的に推定されている"加久 藤カルデラ"(有田(1957), 荒牧(1968))と ほゞ一致していることは極めて興味深い,しかし, 小林盆地の地下構造については地質学的な知見は 未だ殆んど得られておらず,ここにどのような陥 没構造の存在を想定し得るかは不明である.観測 された重力異常のみの考察からは, 両盆地に存在 する低重力域は連続しており,すでに述べたよう に,ここに狭長な地こう状の陥没構造を想定する ことも可能であり,また両者を併せ, 南部山地を 含む.より大型のカルデラの存在を予想すること も出来る.小林盆地の成因,その地下構造の解明 は今後の課題となるものである.

以上は最\*簡単な2層構造,2次元仮定に基づ く解析結果について述べたものである.実際には 多層構造,3次元的であるため,細かい点では解 析結果と実際の地下構造とでは異なっているであ ろう.たとえば,B-B'断面における中心部お よび飯野牧場付近の基盤形状,また,D-D'断 面の岡元付近およびC線との交点付近の基盤形状 などは実際とはかなり相違していることも考えら れる.しかし大局的には前述の所見はあまり変ら ないものと思われる. なお、地域には陥没構造との関連で注目される 異常が大口市(L<sub>5</sub>)および栗野市(L<sub>4</sub>)に存在し ているが、いずれも異常の一部が認められただけ であり、これらの究明は今後に残された問題であ る・

図-9には図-5より格子間隔S=500mと して求められた余剰重力(正規構造)<sup>(注の)</sup>分布が示 されている。これを見ると,加久藤盆地周辺に正 異常が分布しているが,北部,西部に広がる正坡 は基盤岩類の分布に対応するものとして理解出来 る・地域南部に現われる正異常はこれらの形態・ 強度からみて注目すべきものである。これらが何 を反映しているかを適確に推定することは困難で あるが,新期將岩類の分布があまり重力値に反映 していないことより,ここに基盤岩類の上昇,あ るいは貫入岩体の存在を想定し得る可能性がある。 この意味で甑岳北部の正異常に連結して八幡丘陵 部に徴弱ながら正異常が存在していることは注目 される。

負城は盆地内に広がっているが飯盛山東部の負 異常と矢嶽山南西の負異常の存在が注目される.

### 4. 震源域について

えびの・吉松地区地震の震央分布は図-1に示 されているように京町・加久藤町の南部の小範囲 に集中しており、この範囲はまたほど加久藤低重 力異常L:の中心部と一致している、したがって 加久藤カルデラの範囲を前述したように考えると、 カルデラ中央部に震央が集中していることになる、 このことはえびの・吉松地区地震の性格を考える 上で極めて示唆的である。また霧島火山群はある 幅をもってほど北西-南東の方向に分布している が、この配列の軸をカルデラ中央すなわち、えび の・吉松地区地震の中心部と新燃岳を結ぶ線に想 定することも出来ることはすこぶる暗示的である ように思われる、

#### 5. 要約および結言

えびの・吉松地区地震の震央分布は加久藤盆地 内の小範囲に集中しており、この加久藤盆地には 地質学的にはカルデラの存在が推定されている。 今回の重力探査はこの加久藤盆地の地質構造を解 明することを目的としてなされ、多くの所見を得 ることが出来た・結果の主なものは次の通りであ る・



Fig. 9. Distribution of residual anomalies (normal structure,  $S\!=\!5\,00\,m)$  .

(1) 加久藤盆地には陥没構造の存在が推定され その範囲は盆地北部・西部境界,八幡丘陵・飯岳・ 栗野岳を結ぶ線あるいはその内側に考えられ、こ こに陥没カルデラの存在を推定することが出来る。

(2) 加久藤盆地内では基盤の最大梁度は1000 m内外と推定される。

(3) 加久藤盆地の東の小林盆地にも強い低重力 域が連続して存在し、ここでは更に基盤深度を増 しているものと推定される.

(4) 両陥没構造の関係は明らかではないが,両 者を併せた大型の陥没カルデラの存在を想定する ことも可能である。

すでに述べたように、本地域に陥没構造の存在 することは疑い得ない、しかし地域に隣接する小 林地区・霧島地区・大口地区の重力分布の全ぼう が明らかとならない限り地域の地下の構造をもっ とくわしく理解することは出来ない、今後の調査 が待たれる所以である。

- 注1) 本文における地震に関する記述はすべて水 上(1968)およびMinakami et al (1968)によった、
- 注2) 本稿における地質に関する記述はすべて荒 牧(1968)によった。
- 注3) この結果については各回の測定値に有意の 差が認められないので本報ではふれないこと とする。
- 注4) この場合も前後の測定値に有意の差は認め られない、
- 注5) これは上記理由以外に盆地部の異常を重視 したことによる、一部山地部ではかしろ後者

を基準とすべきかも知れない.

- 注6) 図中の南部測点群は概査測点を示す.
- 注7) 真幸変朽安山岩の試料は1個のみであり、 その密度の平均的な値は不明である。しかし 変朽安山岩の密度は一般に大きな値を示す事 が多く、測定例も大きな値であるので、おそ らくは2.7g/cm<sup>3</sup>前後と思われる。
- 注8) 加久藤カルデラは加久藤安山岩類の噴出後 だ形成されたものと考えられている。
- 注9) 高密度仮定にたてば, 陥没構造の範囲は図 -6によって看取されるように南にやい拡大 して考えられるが, その場合でもこの線を越 えることはないものと思われる.
- 注10) 瀬谷(1959)の方法により求めた. 図~ 8の余剰重力も同様である.

### 参考文献

- 有田忠雄(1957):加久藤カルデラの提唱(演旨),地質雑,63,443-444.
- 水上武(1968)**:**えびの地震に関する調査研究 概要, 宮崎県,
- Minakami, T., Shimozuru, D., Miyazaki, T., Hiraga, S. and Yamaguti, M. (1968): The 1959 Eruption of Shinmoe-dake and the 1961 Iimori-yama Earthquake Swarm-Bull Earthq.Res.Inst., 46, 965-992.
- 荒牧重雄(1968):2加久藤盆地の地質-えびの・ 吉松地域の地震に関連して-震研彙報, 46, 1325-1343.
- 瀬谷清(1959):重力探査における新解析法、 物理探鉱,第12巻,第2号,第4号。