関東山地東部の密度・磁気構造の研究

萩原 幸男* 鈴木 淑子* 近重 史朗**

Study on Density and Magnetic Structure of the East Kanto Mountains

Yukio HAGIWARA*, Yoshiko SUZUKI* and Shiro CHIKASHIGE**

I. はじめに

関東山地一帯は高ブーゲ異常を呈する。なかでもとくに高い異常は三波川変成岩類（以下 mSp とする）と御荷鉾緑色岩類（以下 mMb とする）の分布と一致する（萩原ほか, 1998）。これに対して、mSp と mMb の南側に広がる秩父帯（以下 Jcb とする）では、相対的にブーゲ異常は低い。このことは mSp と mMb に属する岩石が Jcb に属する岩石に比較して高い密度を持つためと考えられる。

しかし一般的に重力と密度構造との間の関係を地表の岩石サンプルの密度測定によって検証した例はあまり多くない。ボーリング・コアのようなフレッシュな岩石サンプルと異なり、地表のサンプルは多かれ少なかれ風化作用により密度が減少している。そうであるとすれば、地表の岩石サンプルから「真の密度」は得られないであろう。このような疑念が根底にあって、地表の岩石サンプルの密度は参考値の域を出なかったのである。

だが地表の岩石サンプルでも多数採取すれば、その中に「真の密度」に近いサンプルも含まれるのではなかろうか。広範囲に集められた多数の同一种岩石サンプルの密度のうち、最大値はおそらく「真の密度」に近いことであろう。このような

期待のもとに、本研究では関東山地東部を調査地域として、面積的になるべく均等に、しかも多数の岩石サンプルを採取することにした。こうして測定された岩石密度の地域的分布とブーゲ異常の関係を確立することが本研究の第一の目的である。

第二の目的は重力・密度構造との関連において、磁気構造についても同様な試みを行なうことである。重力だけでは完全に把握できない地下構造に関する情報を磁気異常が抽出してくれる可能性がある。関東山地一帯は火山地帯ではないので、その磁気構造は顕著ではないが、mMb の分布域に全磁力異常の高低の対が見られる（地質調査所 CCOP, 1996）。mMb を構成する岩体の帯磁率が相対的に大きいものと予想される。本研究では、岩石サンプルの帯磁率と残留磁化の強さを測定し、その地域的分布と全磁力異常との対比を試みる。

II. 地形・地質とブーゲ異常

関東山地東部の緯度 $35^{\circ}50' \sim 36^{\circ}10' \text{ N}$ 、経度 $139^{\circ}05' \sim 20' \text{ E}$ の範囲を調査地域とする。地域の北端は中央構造線（以下 MTL とする）、南端は東京-埼玉都県境、東端は八王子構造線（以下 HTL とする）、また西端は秩父盆地（以下 CCB とする）に接する。図 1 に地形高度とともに、調査地域の構造線や盆地、主な河川等を記載する。

* 日本大学文理学部地球システム科学科

** 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻

* Department of Geosystem Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University

** Geography Major, Graduate School of Science and Technology, Nihon University

図 1 関東山地東部の地形図。
等高線間隔 200m. 陰影を施した範囲は高度
1,000m 以上の地域。
MTL: 中央構造線, HTL: 八王子構造線,
CCB: 秩父盆地, ARA: 荒川, TOK: 都幾
川, KOM: 高麗川, IRM: 入間川

図 2 関東山地東部のブーゲ異常図 (単位 mgal,
ブーゲ密度 2.67g/cm^3).
名古屋大学データベース (志知・山本,
1994) による. 図中の黒丸は岩石サンプル採
取地点 (サンプル個数 160 個).

地形は高度数百 m 級の低山地帯であるが、図 1 の北東から南西にかけて高度が次第に高くなる傾向がある。とくに図の南西コーナーでは高度 1,000 m を超える。一方、MTL の北側と HTL の東側では 100 m 以下の平野部、また CCB は高度 200~300 m の平坦な盆地である。

図 2 はブーゲ異常 (単位 mgal, ブーゲ密度 2.67g/cm^3) で、名古屋大学データベース (志知・山本, 1994) に基づいて図化したものである。図中の黒丸は後述する岩石サンプル採取地点を示す。図 1 と図 2 を対比すると、MTL と HTL はともにブーゲ異常の急崖を形成していることがわかる。図の中央部を占める高ブーゲ異常はこれらの構造線を境に平野部へ向かって急激に減少する。一方、CCB に向かうブーゲ異常の減少は比較的緩やかである。

山地地形が南西に向けて高度を増す傾向と反対に、ブーゲ異常は次第に減少する傾向にある。すなわち両者の関係はアイソスタシー的である。し

かし平野部に向けてブーゲ異常が急減する傾向は明らかにアイソスタシーと矛盾する。つまり調査地域はアイソスタシー的な傾向を示す山地と、それと反対の傾向を示す平野・盆地部とに分けられる。全体としてブーゲ異常と地形高度との間には顕著な相関関係は見られない。

一方、図 3 は地質図の上に 10 mgal 間隔のブーゲ異常コンターを重ねたものである。明らかに 60 mgal 以上の高ブーゲ異常は mSp と mMb の分布と一致する。これに対して、Jcb の範囲は 60 mgal 以下の低いブーゲ異常により占められる。図の中央部を mMb-Jcb 境界線に沿って 60 mgal コンターが WNW-ESE 方向に走るが、そこではコンター間隔が相対的に狭くなっている。この位置に北側隆起の断層が見られないことから、mMb と Jcb との密度差が大きいことを暗示しているものと思われる。なお調査地域には蛇紋岩の露頭が見られるが、その分布域は極めて限られているので、図 3 では一括して mSp に含めて描い

図 3 関東山地東部の地質図に重ねたブーゲ異常 (コンター間隔 10mgal).

ている。

III. 岩石密度の地域的分布

調査地域を一様に、しかも稠密にカバーするように、合計 160 個の岩石サンプルを採取した。図 2 の黒丸は採取地点を示す。採取地点として谷川あるいは採石場の露頭を選び、なるべくフレッシュで、なおかつ付近一帯を代表するような岩石を採取するよう留意した。測定された密度は萩原ほか (1997, 1998, 1999) に表示されている。

図 4 は岩石密度を地質帯ごとに区分したヒストグラムである。図から読めることは、Jcb に属する岩石の密度は $2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ に集中すること、また mMb に属する岩石の密度は広い範囲に分布するものの、 $3.0 \sim 3.1 \text{ g/cm}^3$ に最大のピークを持つことである。一方、mSp に属する岩石の密度は $2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ に集中するものの、少数ではあるが $2.9 \sim 3.1 \text{ g/cm}^3$ の範囲にも分布している。結晶

図 4 岩石サンプル密度のヒストグラム。

片岩類は風化により容易に密度の低下が起こるのではなかろうか。全くの推定ではあるが、Jcb の「真の密度」は $2.7 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ に、また mMb と mSp のそれはともに $3.0 \sim 3.1 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあるものと思われる。

ここで岩石密度の分布図を描くことを試みる。しかし実際には、あまりにも地域的なバラツキが大きく、密度分布のコンターは描けそうもない。そこで図をある程度大きいメッシュにより区切り、メッシュ内の極大値をコンタリングすることとした。すなわち地形の切峰面図と類似の方法である。とにかく「真の密度」はメッシュ内の極大値をとるとの仮定から出発することとした。

図 5 は緯度・経度 $2'$ ごとの小領域における密度の極大値を拾ってコンタリングしたものである。但し極大値の地点相互の距離が 1 km 以下の場合には、大きい方の極大値のみを採用する。図 5 をみると、密度 3.0 g/cm^3 以上の範囲 (図では H と記す) が大きく 2 分されている。分割する密度の谷間を破線により示す。当然のことながら、密度の分布は地質体の分布と密接な関係を持ち、2 分割された H はそれぞれ mMb の分布と一致する。

これに対して、mSp の分布に相当する密度は mMb のそれに比較して必ずしも高くない。このことはヒストグラム (図 4) にも現われた傾向である。しかしブーゲ異常は mSp の分布域で mMb

図5 岩石サンプル密度の極大値（緯度2'×経度2'ごとの領域）の地域的分布。
単位は g/cm^3 。黒丸は密度極大値を示す岩石サンプル採取地点。

図6 関東山地東部の全磁力異常図（単位 nT，高度 3,200m）。
地質調査所 CCOP（1996）の CD-ROM データによる。

のそれと同様に高い値を示す。おそらく地下深部では、mSpの岩体はmMbのそれと同等の密度を有するものと思われる。他に考えられる可能性はmSpの岩体は底が浅く、mMbがその下部に伏在しているとの考えである。しかし地質体の形成過程からはこの可能性の実現は困難であろう。

IV. 全磁力異常と岩石帯磁率

地質調査所 CCOP（1996）は航空全磁力異常データを CD-ROM の形で公表している。調査地域ではデータはすべて高度 3,200m（海拔）の値に換算されている。この地域一帯は全磁力異常（図6）が負の値を示す地域であり、図中の数値（単位 nT）にはすべて負号がついている。なお図中の H は相対的に全磁力異常が高い範囲、L は低い範囲である。

ここで図6を地質図と比較してみることとする。まず図の中央に WNW-ESE 方向に並ぶ2個の H が mMb-Jcb 境界線付近にあることに気付く。またその北に位置する L は mMb 分布のほぼ北縁と

一致する。調査地域では全磁力は伏角約 49° 、偏角約 7°W であるので、略東西方向に連続する磁性構造があれば、その南側に H、北側に L が現われるはずである。このことから考えあわせて、全磁力異常の原因物質は mMb であり、mMb が mSp や Jcb に比べて相対的に高い帯磁率を呈するためと考えられる。

全磁力異常が mMb に起因するとの判断の正しさを実証するために、39 個の岩石サンプルの帯磁率と残留磁化の強さを測定した。結果として、蛇紋岩の一例（帯磁率 $6.9 \times 10^{-3} \text{ SI}$ ，残留磁化の強さ 1.3 A/m ）を除き、一般に磁性が弱いことがわかった。それでも mSp や Jcb に比較して mMb は高い帯磁率値を示す傾向があり、平均値は mMb が 0.62×10^{-3} ，mSp が 0.36×10^{-3} ，Jcb が $0.24 \times 10^{-3} \text{ SI}$ である。これに対して残留磁化の強さは mSp に比較的高い値をとるサンプルが見られる。しかしいずれにせよ測定値のバラツキが大きく、どの地質体が相対的に磁性が強いと結論することは困難である。なお測定結果の表は萩原は

か(1999)に収録されている。風化作用は密度のみならず、帯磁率や残留磁化の強さの低減をも促進するのかも知れない。

図6に見られる他の興味深い事実は、図5に破線で示した密度構造の断層に対応して、全磁力異常も2分された構造を示すことである。ブーゲ異常(図2)のコンターの曲がり具合から、破線に沿って10 km近い右横ずれ変位を想定することができるが、図6からも同程度の変位を見積もることができる。10 kmの断層変位は大きすぎるとはいえ、構造的な右横ずれが破線に沿って実際に存在するのかも知れない。

V. ま と め

関東山地東部のブーゲ異常と全磁力異常に関して、本研究で得られた主たる結論および今後の問題点はおおよそ次のようである。

(1) ブーゲ異常と地形高度との相関関係は山地ではアイソスタシ的であり、これに反して平野・盆地部では非アイソスタシ的である。

(2) 高ブーゲ異常帯は mSp と mMb の地質的分布と一致する。これに対して Jcb の分布域内ではブーゲ異常値は相対的に小さい。

(3) 160 個の岩石サンプルは mMb 分布域において 3.0 g/cm^3 以上の密度を持つものが多い。これに対して mSp と Jcb 分布域の岩石密度は $2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ の範囲に集中する。

(4) 緯度・経度 $2'$ の小地域ごとの密度の極大値を拾って密度の地域的分布図を作成した。その結果、mMb 分布域は密度 3.0 g/cm^3 以上、mSp 分布域は $2.8 \sim 3.0 \text{ g/cm}^3$ 、Jcb のそれは $2.6 \sim 2.8 \text{ g/cm}^3$ に対応することがわかった。

(5) 結晶片岩類(mSp)の「真の密度」を知るため、ボーリング・コアの密度測定が望まれる。ブーゲ異常からの推定では、mMb と同等に mSp

に属する岩体は 3.0 g/cm^3 以上の密度を持つはずである。

(6) mMb 分布域と一致して航空全磁力異常が見られる。このことから mMb に属する岩体の帯磁率が mSp や Jcb のそれに比べて大きいことが予想される。

(7) 39 個の岩石サンプルの磁気測定の結果、mMb は mSp や Jcb に比べて多少とも帯磁率が大い。これに対して残留磁化の強さは mSp が相対的に大きい。しかし測定値のバラツキが大きいため、明確な結論を得るに至らなかった。

(8) 風化作用による岩石密度の減少と同様に、帯磁率や残留磁化の強さもまた風化作用に伴って減少する可能性がある。今後の問題として、その実態とメカニズムの解明が望まれる。

謝 辞

地磁気データの使用に関しては地質調査所海洋地質部海洋物理探査研究室長石原文実博士にお世話を頂いた。また風化による岩石密度の減少に関して、日本大学文理学部地球システム科学科小坂和夫教授にご指導を頂いた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- 地質調査所 CCOP (東・東南アジア沿岸地球科学計画調整委員会) (1996): 400 万分の 1 東アジア磁気異常図 CD-ROM 版, 平成 8 年, 24p.
- 萩原幸男・糸田千鶴・大木裕子・大久保修平 (1997): 奥武蔵丘陵の重力調査(Ⅲ)―名栗断層の調査と岩石試料の密度測定―, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 32, 53-60.
- 萩原幸男・糸田千鶴・大木裕子・近重史朗 (1998): 関東山地東部の重力と密度構造, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 33, 87-93.
- 萩原幸男・鈴木淑子・近重史朗 (1999): 関東山地東部の密度と磁気構造, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 34, 111-119.
- 志知龍一・山本明彦 (1994): 西南日本における重力データベースの構築, 地質調査所報告, 280, 1-28.