

重力異常と分水界：千曲川の例

花岡尚之¹⁾

1. はじめに

長野県軽井沢町の東に、碓氷峠をほぼ南北に走る分水界がある。この分水界は、長野県と群馬県の行政区界でもあるが、鼻曲山の所で西に転じて浅間山、四阿山、白根山と続いている(第1図)。しかし、南北の分水界をなす稜線は、むしろ真っ直ぐ北上して、群馬県長野原町に至っているようにもみえる。すると長さ26 kmにも及ぶ直線状の分水界あるいは稜線ということになる(碓氷峠分水界と呼ぶ)。地質構造のうえで何か意味のあることではなからうか？

上信越地域重力図(ブーゲ異常図)(広島ほか, 1994)が、重力図シリーズ No. 5 として地質調査所から出版され、上記の南北26 kmの分水界は、基盤構造を反映したものであることが示された(第2図)。碓氷峠分水界は南北方向の高重力異常の西縁に対応し、西側の低異常とのあいだに、コンターが平行に並んでいる。その落差は25 mGal以上に達する。

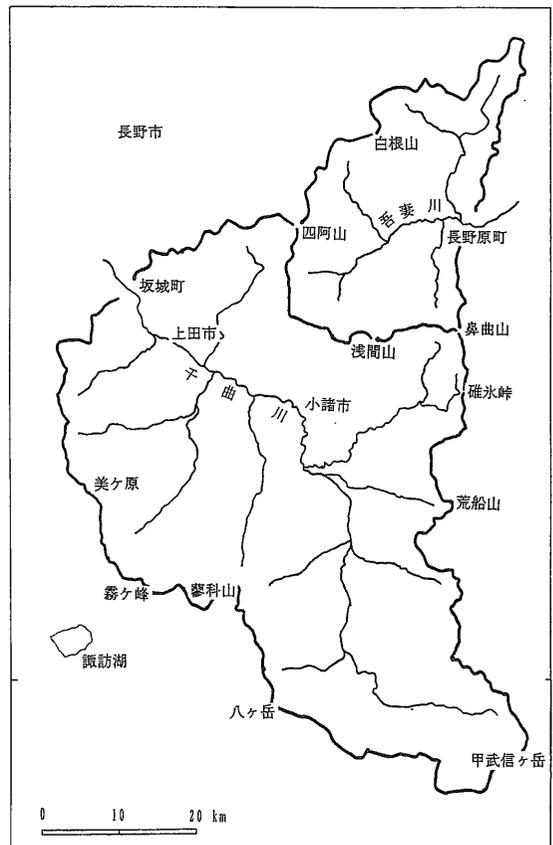
ちなみに、このシリーズの重力図は、縮尺20万分の1、コンター間隔1 mGalの詳しいもので、これまでに青森、秋田、山形、新潟の各地域が出版され、東北日本の内帯がカバーされている。上信越地域の場合、補正密度は 2.3 g/cm^3 である。

2. 重力異常と分水界

重力異常には地下の岩石密度の分布が反映しているが、重力異常の地質学的な解釈の基本は、地質環境によってことなる。新期の堆積岩類、火山岩類が分布する地域では、新期岩類と基盤岩類との間に大きな密度差があることから、その間の構造を反映した重力異常が顕著になる。基盤岩類が広く露出して

いる地域では、岩質の違いによる岩体の密度差が反映する。さらに、大きなマグマだまりなど地殻内の物理的な状態が密度差を作りだしている場合にも、重力異常に影響を及ぼす。波長の大きな異常では、下部地殻やマントル内の構造も反映している。

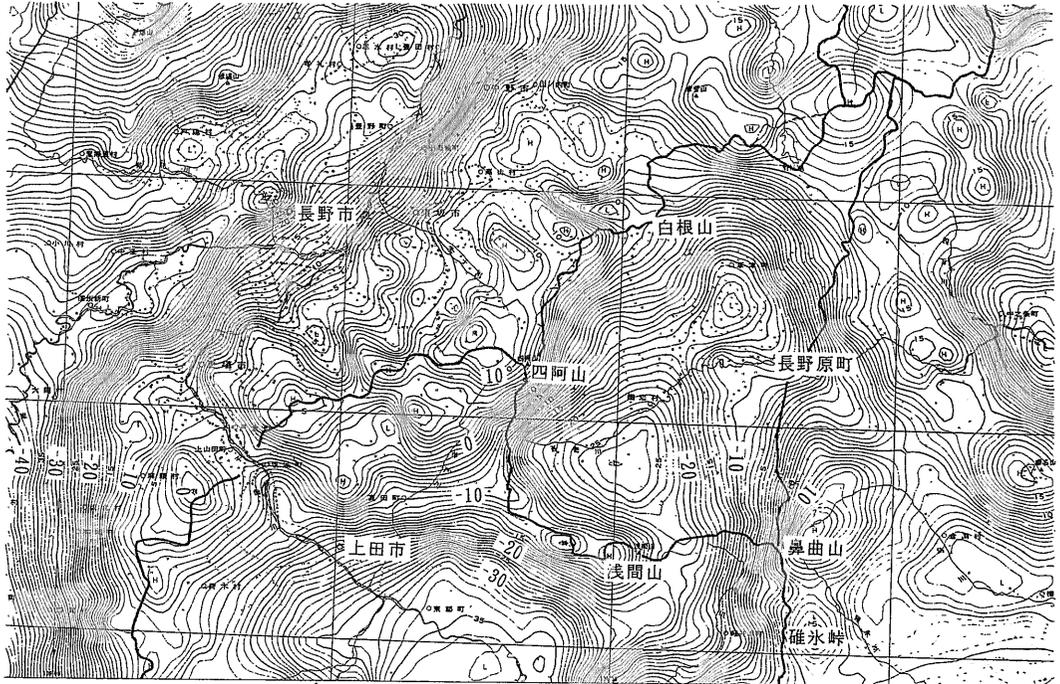
いま注目している地域は、大規模な地溝である北部フォッサ・マグナの中にあり、重力異常には新期岩類と基盤岩類の間の構造(基盤構造という)がおもに反映しているといえる。浅間山の北側では、爆破地震動の観測が重力の低異常を横切って行われてい



第1図 千曲川流域の水系と分水界。

1) 地質調査所 地殻物理部

キーワード：重力異常, 分水界, 千曲川



第2図 上信越地域重力図(広島ほか, 1994, 部分, 一部加筆). 仮定密度は 2.3 g/cm^3 , コンター間隔は 1 mGal .

るが、この部分で初動の遅れがみられ、速度の遅い堆積物が厚く堆積していると考えられる(爆破地振動観測研究グループ, 1992)。

重力異常から求められる基盤構造の意義を考察するためには、ほかの情報が必要であるが、分水界との関係は簡便に分析できる割には示唆に富む。北部フォッサ・マグナ地域の重力異常は、新第三紀以降の地殻構造運動(おもに隆起沈降運動)の積分効果のみで見ると解されるが、地形は第四紀後期の地殻構造運動を反映していよう。したがって、その時間差のために、重力異常から解析される基盤構造の新旧、活構造的な意義をあるていど議論できる。地形と関係のない基盤構造は古い時代のものであり、地形と関係している基盤構造は現在まで継続している、あるいは再活動している運動を反映していると第一次近似的に考えることができる。地形のコンターそのものと重力異常のコンターでは、ともに2次元的な面を表す情報で、比較の表現が難しい。これに対し水系のパターンは、それだけで地質構造的な解釈に使われていることもあり、重力異常と対比して考察できる。しかし、重力分布との関係を示すには、分水界が最も簡便である。とくに河川系をひ

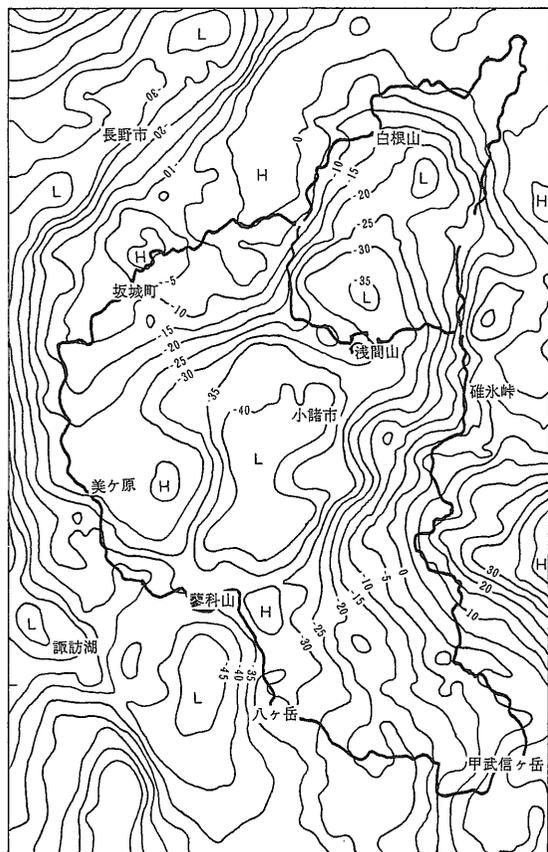
とつにまとめる集水盆が沈降ブロックに対応したり、分水界に表れる先行河川の現象が隆起の記録をとどめていることがあり、参考になる。

3. 旧千曲川流域の範囲

第3図に、駒澤ほか(1992)から書き直した千曲川流域のブーゲ異常図(仮定密度、 2.5 g/cm^3)を示す。

現在の千曲川流域は、佐久盆地を中心とする地域である。しかし、最近の地質時代の千曲川の流域はどうであろうか。5万分の1地質図幅「草津」(太田, 1957)には、「往時吾妻川は吾妻峡谷を東流することなく基盤岩地域の西縁に沿い南下していたものと想像されるが、おそらく浅間火山の噴起のため堰止められて…」とあって、浅間山北側の吾妻川の上流部分は、千曲川水系の一部であったことが述べられている。その証拠は、図幅地域の河岸段丘堆積物の分布である。ちなみに、地質図幅でいう基盤岩地域とは、白根火山噴出物下位の基盤である。

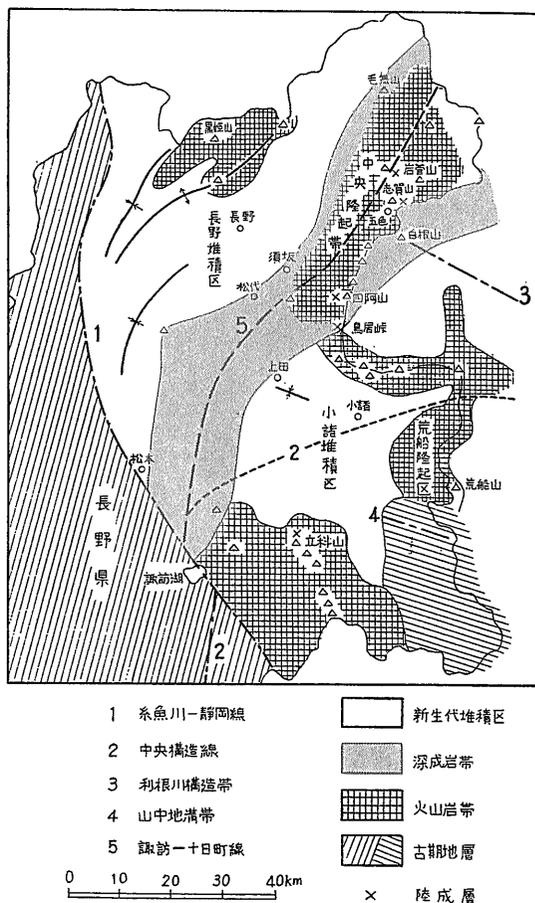
ここに述べた古千曲川流域とでもいうべき範囲は、低重力異常の分布とも概ね調和的である。吾妻



第3図 千曲川流域の重力異常図(駒澤ほか, 1992, から作成). 仮定密度は2.5 g/cm³, コンター間隔は5 mGal.

川流域の低重力異常は、浅間山の東にある幅の狭い低重力異常によって南の小諸付近の低重力異常に続いている。西から浅間山に向かって伸びる高異常の出っ張りによって、低重力異常は一部、南北に分けられている。高異常の伸びの方向が火山の並びに一致して、幅が4 km程度であることから、これらの高異常が火山活動にともなう貫入岩類あるいは基盤岩の上昇と解釈してよければ、広域応力による地殻構造運動の表れとしては、古千曲川流域に対応する低重力異常をひとつの大きな沈降帯の表れと解釈することが可能である。

旧千曲川流域の西縁は、中央隆起帯(第4図, 飯島, 1968)に対応する高重力異常の上をたどって、北の白根山, 四阿山から, 上田市の北西の坂城町をとって、美ヶ原, 霧ヶ峰に至っている(第3図)。千曲川は、先行河川の関係で中央隆起帯を横断していると解釈される。中央隆起帯における分水界の位



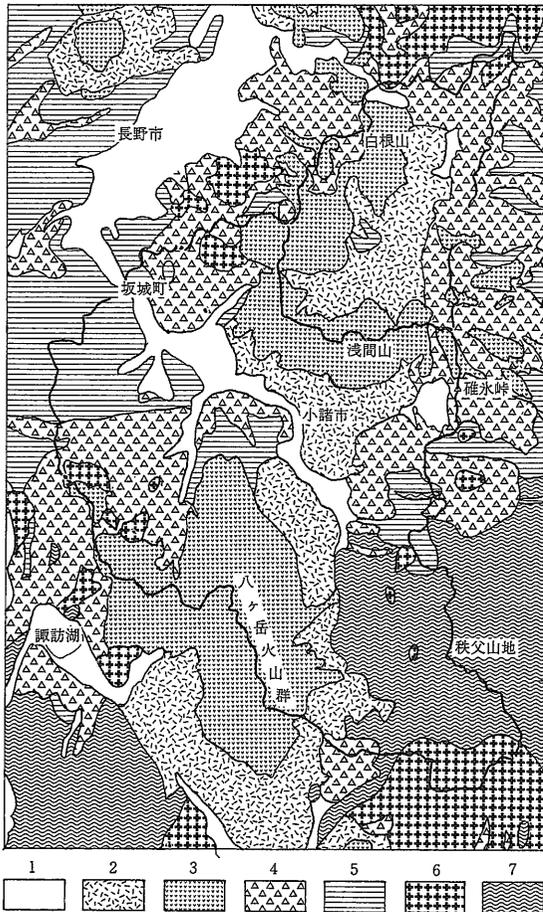
第4図 フォッサ・マグナ北部の地質構造図(飯島, 1968)

置をみると、北部では高重力の東の縁にあり、南部では西の縁にある。赤羽ほか(1992)によれば北部のこの地塊(高井構造区)は北西方向へ傾動しているから、分水界の相対的な位置はその動きを反映しているとみられる。

旧千曲川流域の南縁は、蓼科山および八ヶ岳をとって、秩父山地の甲武信ヶ岳にいたっている。蓼科山の南には低重力異常が分布しているが、その性格は千曲川流域のものとして併せて検討されるべきかもしれない。2つの低異常を分ける蓼科山付近の高重力異常が、火山活動にともなう局地的なものである可能性があるからである。

4. 碓氷峠分水界の意義

碓氷峠分水界は、浅間山の噴出物の影響によって



第5図 千曲川流域の地質図(地質調査所, 1992, から作成). 凡例は, 第四紀の, 1. 堆積岩類, 2. 岩屑, 3. 火山岩類; 新第三紀の, 4. 火山岩類, 5. 堆積岩類, 6. 深成岩類; および, 7. 先新第三紀基盤岩類. 太実線は分水界である.

吾妻川が東流していることを除いてみれば, 長野原町付近で途切れることなく, さらに北にのびて三国山地方面に続いている. ただし, 長野原町より北側では, 重力異常と分水界は50度程度の角度で斜交しており, 高重力異常を形成した基盤の隆起はやや古いものと解釈される. 一方, 南にたどると, 軽井沢の南で西にずれて, 関東山地の西縁の南北の方向性と調和的に分布している. つまり碓氷峠分水界は, 古千曲川流域の東縁を画する分水界の一部であって, 日本海側と太平洋側を分ける, その意味では極めて著しい特徴を持つものである. 実際, この分水界の北方延長は, 越後山脈あるいは魚沼丘陵へと滑らかに連続しており, 南へは箱根を通過して伊豆に

つながり, 広域的な構造運動の一環として形成された分水界の性質を持っている.

碓氷峠分水界と中央隆起帯との関係は, 千曲川が, 坂城市付近で先行河川の形で中央隆起帯を横切っている, つまり千曲川は中央隆起帯の隆起(または再隆起)に先だって流れていたとの解釈であるから, その隆起より早く, 千曲川東縁の分水界が隆起していたとの推論が可能である.

さらに, 千曲川流域の低重力異常は, 周辺にくらべおおむね30 mGal 程度の異常である. 基盤岩と被覆層の2層モデルを考え, その間の密度差を $0.2\text{--}0.3\text{ g/cm}^3$ とすれば, 堆積盆の深さはブーゲ板の概算で $3,600\text{--}2,400\text{ m}$ となる. 深さ的にも顕著な構造であり, その東縁である碓氷峠分水界の意義を補強するものである. 浅間山付近の重力異常の定量的な解析は, 田島ほか(1977)が発表しているもので, ここではふれない.

5. 2つの「12 km」

千曲川流域東縁の分水界が, 広域的な構造運動を反映した意義があるとのべたが, 分水界を含むブロックの境界ということでは, 分水界と平行して南北に流れる河川に注目したい. 地質図(第5図)に明らかなように, 秩父山地の基盤(おもに古生界)の西縁は, 北流する千曲川に一致し, 北の碓氷峠分水界では, 新第三紀の火山岩類と第四紀火山噴出物の境界は, 吾妻川のほぼ南北方向の支流となっている. 重力異常図についてみても, 重力の急勾配部を構造の境界と解釈すれば, これら河川に概ね一致する.

ここで南側と北側の河川をそれぞれ直線で近似して, その距離をみると秩父山地に対応する南側が10 kmほど西にずれている. この距離を斜めに北西方向に測ると12 kmほどになる. ところで, 諏訪盆地周辺の糸魚川—静岡構造線にそって, 北西方向に同じく約12 kmの左横ずれが変成岩などの岩石学的な対比から推定されている(河内ほか, 1966)ので, ここで想像をたくましくして, 秩父山地がブロックとして北西方向に移動した可能性を指摘することができる. 坂城市から小諸市にかけての千曲川の流れも同じ方向性をもっていることもこの仮説を補強して偶然ではないように思われる.

6. おわりに

重力測定が、古くは石油など資源探査のために、新しくは地熱資源のために新エネルギー・産業技術総合開発機構によって広範囲におこなわれ、また空白地域は、地質調査所を含むいくつかの研究機関で精力的に行われている。地質調査所が編集しているデータセットでは、測定密度が1km²あたり1点程度となっており、かつての測地学的な成果では測点間隔が広いこと小規模な重力異常が見掛け上は大きな異常となるような偽りがあったものが、地質構造と対比して詳しい解釈が可能となってきた。しかし、上信越地域重力図についてみても、表れた重力異常が、これまでの地質構造の理解で簡単に解釈できるものでもない。北アルプスの北部から西頸城山地に糸魚川—静岡構造線を越えてつながる高重力異常、北アルプスの北部から南に急激に(短波長で、すなわち浅所に原因があって)低下する異常、足尾山地で地形が東に傾斜するのに対し、反対方向に系統的に低下している重力異常など、その原因について研究が求められている現象が数多くある。地球物理学、地質学の様々な手法で研究することにより、

重要な結論が導かれる可能性も大きいと思われる。とくに、千曲川流域は、火山噴出物に覆われているため地下の構造が詳しくは調べられていないので、地球物理的な手法によって構造を明らかにすることが、北部フォッサ・マグナの運動像を明らかにするために必要である。

参考文献

- 飯島南海夫(1968)：北部フォッサ・マグナの中央隆起帯における問題点。日本地質学会第75年秋期学術大会総合討論会資料「フォッサ・マグナ」, 21-24.
- 太田良平(1957)：5万分の1地質図幅説明書「草津」。地質調査所 駒澤正夫・石原文実・広島俊男(1992)：日本列島の重力図の作成と主な特徴。月刊地球, 14, 166-173.
- 田島広一・下鶴太輔・横山 泉(1977)：浅間・草津白根山周辺の重力測定。火山第2集, 22(3), 161-172.
- 地質調査所(1992)：100万分の1日本地質図 第3版。
- 爆破地震動研究グループ(吉井敏尙)(1992)：中部日本地域における爆破地震動の観測(吾妻—金沢測線)。地震学会 no.2, p.11.
- 広島俊男・駒澤正夫・中塚 正(編)(1994)：上信越地域重力図。地質調査所。

HANAOKA Naoyuki (1995): Gravity anomaly of the river Chikumagawa drainage area.

〈受付：1994年6月30日〉