

# 数値地図から地質情報を読みとる

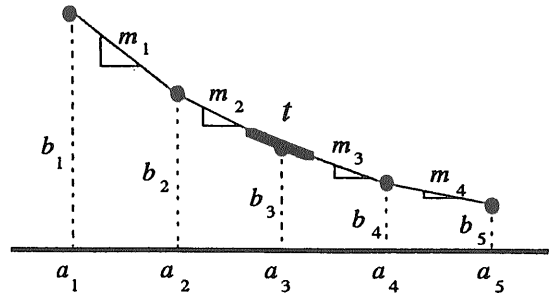
## -北上山地における斜度図・開度図の応用-

蟹澤 聰史<sup>1)</sup>・横山 隆三<sup>2)</sup>

### I. はじめに

日本のような温帯・湿潤気候に属する地域では、風化作用が顕著で、植生が繁茂し土壌が形成される結果、露頭の状況がきわめて悪い。このような地域の地質図を作成するにはたいへんな労力と経験が必要となる。ある地域の地形は、その地域を構成する地質や岩石が風化・侵食、およびそれら碎屑物の堆積により形成されるが、地質構造や岩石の抵抗力の差によって、さまざまな組織地形を生じる。したがって、組織地形は有力な地質情報の1つとして利用できる。そこで、可能な限りの地質情報を得るために、例えば、空中写真を用いて実体視しながら地形の縦横の比率を拡大して観察すれば、それぞれの地質に影響を受けて生じたリニアメントを読みとれ、侵食によって生じた谷の分布や、侵食および堆積によって生じた河岸段丘面が区別される。また、火山地帯では溶岩流の重なりなどが読みとれる。さらに、丘陵や山岳地帯の尾根や谷の発達様式や河川流路はその地域の地質を反映する。また、ランドサットなどの衛星画像イメージを用いた地質調査、資源探査なども行われている。Molnar and Tapponnier (1975), および Tapponnier and Molnar (1979) は、衛星画像イメージに既存の地質学的ならびに地震学的資料を併用して、インドのユーラシア大陸への衝突による影響を解析し、天山山地、モンゴル、バイカル地域の新生代のテクトニクスや活断層の動きを明らかにした。

今回は、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」を用いて作成された斜度図、ならびに開度図から読みとれる情報と既存の地質図との関



$a_j, b_j$ : 離散データの位置  
( $j=1, 2, 3, 4, 5$ )

$m_i$ : データ間を結ぶ  
直線の傾き  
( $i=1, 2, 3, 4$ )

第1図 5点1次Akima補間法の概要(白沢ら,1997)。

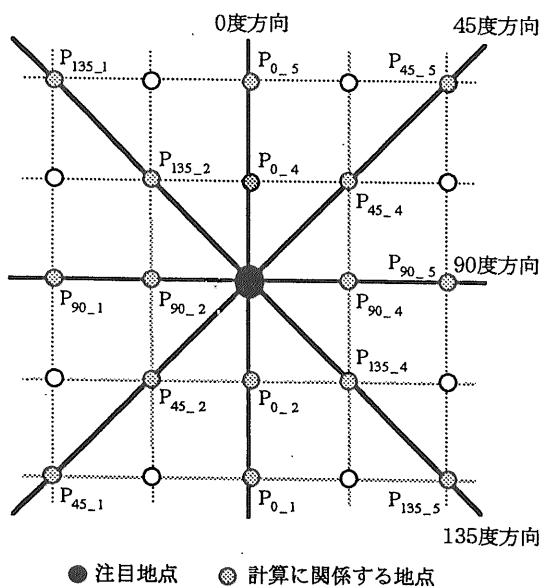
係について紹介し、地質学への新たな情報源としての可能性を考える。

### II. 斜度図および開度図の概念

斜度図は白沢ら(1997)により提唱された方法で、Akima補間法により注目地点の方向別の勾配を算出し、それらの単位ベクトルで張られる平面から斜度と傾斜方向を計算する新しいアルゴリズムを、国土地理院の「数値地図50mメッシュ(標高)」に適用したものである。第1図のように、直線状に並んだ5つの地点の中心点( $a_3, b_3$ )における接線の勾配 $t$ をAkima補間法によって求める。また、第2図の注目地点についての斜度および傾斜方向を、注目地点の近傍の $5 \times 5$ 地点の標高を用いて求める。この方法によれば、注目地点における斜度お

1) 東北大学大学院理学研究科:  
〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉  
2) 岩手大学工学部情報工学科:  
〒020-8551 盛岡市上田4-3-5

キーワード: 地質情報, 数値地図, 斜度図, 開度図, 北上山地, リニアメント, 花崗岩地形, 断層地形



第2図 計算する4方向と各地点(白沢ら,1997).

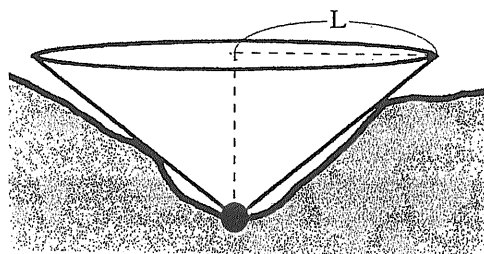
よび傾斜方向が勾配情報のみから求められる。従来の、注目地点と東西南北の4近傍地点の標高地を利用した5点重回帰法、あるいは注目地点と隣接する8地点の標高地を利用した9点重回帰法による画像に比べて、尾根線・谷線などは明確に出ないが、斜度の細かい変化が捉えられる。

また、開度図は横山ら(1999)により提唱された地形特徴の抽出法である。開度の概念は、直感的には、当該地点が周囲に比べて地上に突き出ている程度、および地下に食い込んでいる程度を数量化したものである。地上開度は着目する標本地点から距離Lの範囲内で見える地上空間の広さを表しており、地下開度は逆立ちをして地中を見渡すとき、距離Lの範囲における地下空間の広さを表している(第3図)。開度は距離Lと周辺地形に依存

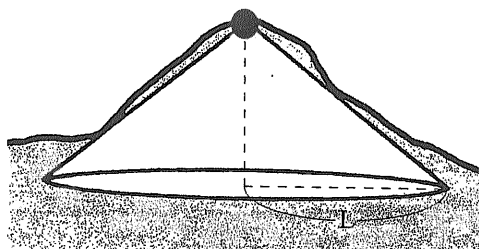
し、8方位の地上角(空を見ることが出来る最大の天頂角)、および地下角(地下を見ることが出来る最大の天底角)を示す八角形グラフで示すと、地上開度は周囲から高く突き出た地点ほど大きくなり、山頂や尾根では大きな値をとり、窪地や谷底では小さい。逆に地下開度は地下に深く食い込んでいる地点ほど大きくなり、窪地や谷底では大きな値を取り、山頂や尾根では小さい。実際には距離Lの範囲内でも種々の基本地形が混在していることから、地上角および地下角の八角形グラフは変形され、開度も種々の値をとる。開度図も同じく「数値地図50mメッシュ(標高)」をもとに作成したもので、特に尾根線および谷線の抽出に優れている。開度図は計算範囲の大きさの指定によって、地形規模に適合した情報抽出が可能であり、方向性および局所ノイズに依存しない表示が可能となる。この両図を用いることによって、豊富な地形・地質情報が判読できる。

これらの図の特徴は、地質調査で利用される空中写真(1/4万またはそれ以上)に比べて小縮尺(1/25万, 1/50万, あるいは1/100万)のものも作りやすく、大地形の観察が可能となる。また、人工物や植生などの余分な情報の影響を考慮に入れなくてもよいため、本来の地形の判読が可能となることである。したがって、ある地域を形成する地質体の性質や断層・褶曲などの地質構造に支配されて形成された組織地形は、かなり明瞭に斜度図あるいは開度図に表現されていると考えられる。

今回は、国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」をもとに、横山ら(1999)によって作成された岩手県の20万分の1斜度図、開度図から読みとることのできた地質境界や断層、その他の情



(地上開度)



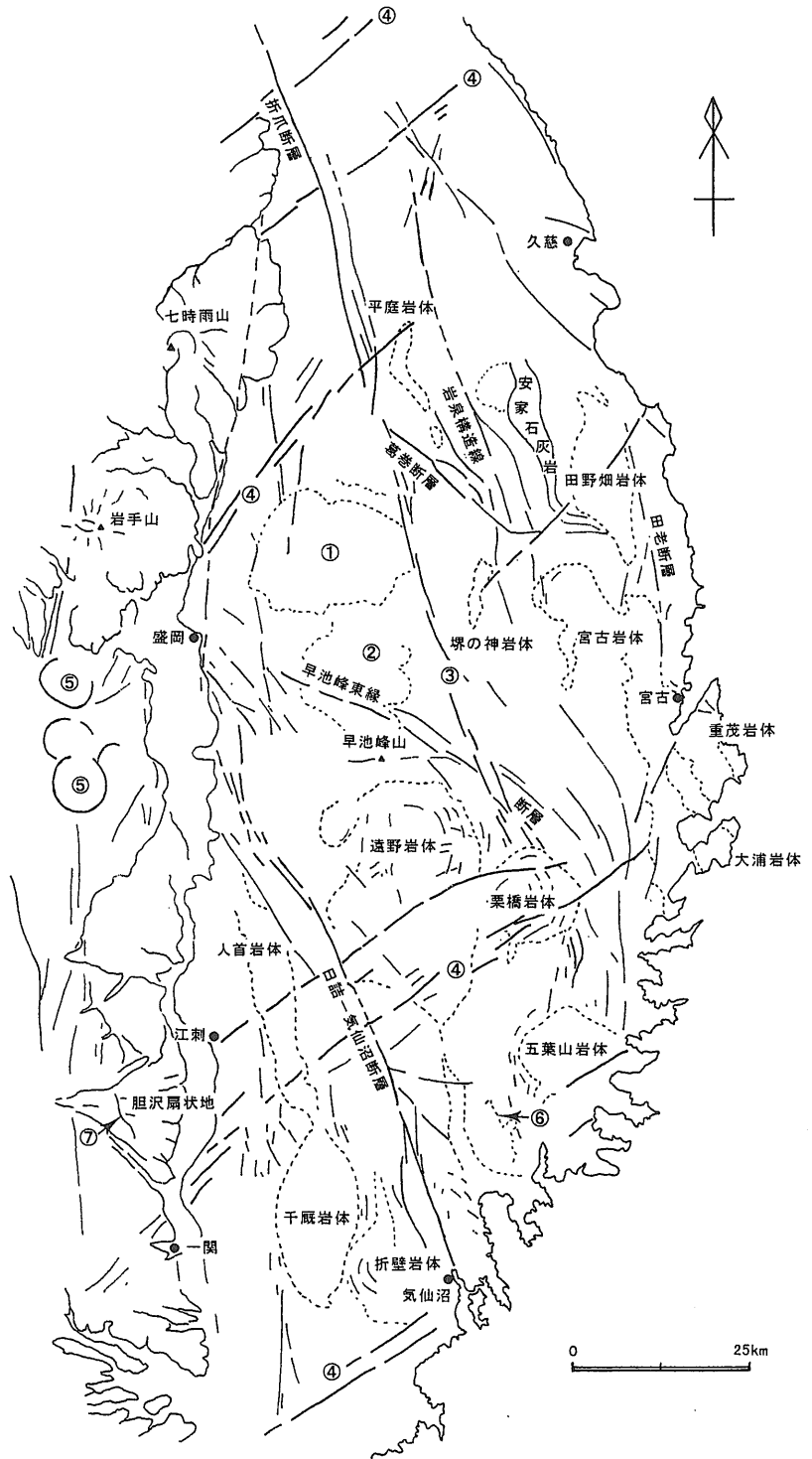
(地下開度)

第3図 着目する標本地点(●印)における開度(横山ら,1999).

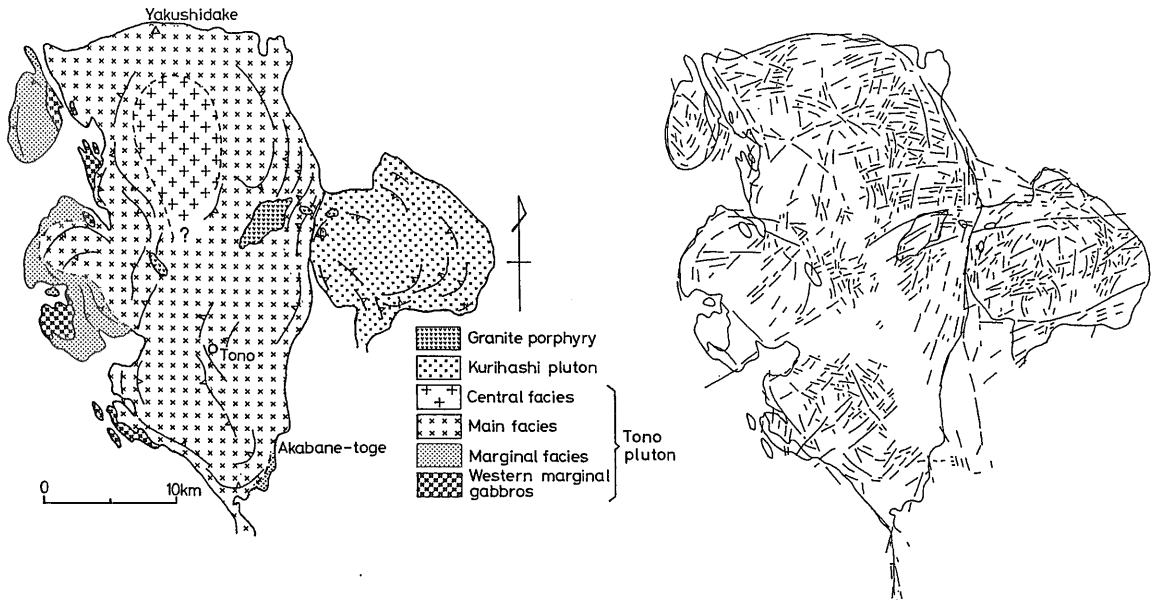
報について、地質調査所発行の地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)、ならびに100万分の1日本地質図、北上川流域20万分の1地質図(長谷地質調査事務所, 1980)、50万分の1東北地方土木地質図(建設省東北地方建設局, 1992)など、さらに公表されている既存の地質図との比較検討を行った。写真1, 写真2および写真3は、岩手県の20万分の1の斜度図、地上開度図ならびに地下開度図(横山ら, 1999)の一部で、遠野花崗岩体とその周辺部を示したものである。

### III. 北上山地の地質と斜度図・開度図

北上山地は、大きく南部北上山地と北部北上山地とに分けられる。地質学的には南部北上山地は南部北上帯に属し、北部北上山地は葛巻-釜石帯と安家-田野畑帯とに区分される。また南部北上帯と葛巻-釜石帯との間に早池峰構造帯が存在する(生出ら, 1989)。南部北上帯は、主として浅海成の化石を多産する古・中生層と、松ヶ平-母体変成岩や氷上花崗岩などの先シルル紀基盤岩類からなる。早池峰構造帯は南部北上帯と共通性があるが、早池峰複合岩類と呼ばれる超苦鉄質~苦鉄質岩類が広い分布範囲を占めることで特徴づけられる。葛巻-釜石帯と安家-田野畑帯は



第4図 斜度図から求めた北上山地のリニアメントと花崗岩体の分布。花崗岩体および①, ②の地形分布については点線で、安家石灰岩の分布は実線で示した。なお、①~⑦については本文を参照のこと。



第5図 加納ら(1978), 蟹澤ら(1986)による遠野花崗岩体の面構造と岩相変化による累帯構造, ならびに斜度図・開度図から読みとったりニアメント。

ジュラ紀後期～白亜紀初期の先宮古統付加体堆積物からなる。南部北上帯-早池峰構造帯と葛巻-釜石帯および安家-田野畑帯との境界はそれぞれ早池峰東縁断層と葛巻構造線である。また、南部北上山地には、日詰-気仙沼断層が、北部北上山地には葛巻断層、田老断層が発達する。北上山地のおよそ1/4は前期白亜紀花崗岩類で占められる。この前期白亜紀花崗岩類の分布する三陸沿岸北部から大船渡および気仙沼地域にかけて、また江刺市東方の姥石峠付近、牡鹿半島山鳥地域にはほぼ同時期の火山岩類が分布する。今回作成された岩手県の20万分の1斜度図ならびに開度図を用いて北上山地を中心として観察されるリニアメント、曲線状の地形境界線とそれから推定される断層、花崗岩体の区分その他を第4図に示した。また、遠野・栗橋岩体を中心とした地域について、従来の地質図と斜度図・開度図から読みとったりニアメントとを対比させて第5図に示した。

### III-1. 花崗岩地帯の特徴

第4図において、特に明瞭なものは花崗岩類の分布である。我が国の花崗岩山地では、一般に節理など割れ目の密度が高いこと、湿潤気候のため風化が進みやすいことが特徴で、乾燥地域に発達

するタフォニのような独特の微地形をほとんど形成しない(池田, 1998)。北上山地の前期白亜紀花崗岩類は、その岩相変化、鉱物組成、化学組成などから、I帯～VI帯に分帯されている(片田, 1974; 蟹澤・片田, 1988)。また、北上山地では、花崗岩体はそれぞれ独立して貫入するものが多く、壁岩を構成する地層は頁岩、砂岩、石灰岩、火砕岩類など多彩である。頁岩などよりも風化されやすい特徴を反映して、花崗岩分布地域は平坦で斜度が小さく、形成される谷は浅くて細かい。ほとんどその輪郭が地質図の花崗岩の分布と一致する。すなわち、前期白亜紀のV帯に属する遠野・栗橋、千厩、人首、II帯の宮古、田野畑、I帯の大浦、重茂などの岩体の斜度は周囲の古・中生層と異なっていて、輪郭が明瞭に追跡できる。古期の氷上花崗岩体の東縁部もかなり明瞭である(第4図の⑥)。III帯に属する比較的小さい堺の神、平庭などの岩体の境界も追跡できる。また、谷の形成するパターンも節理に起因すると考えられる一定の方向を持ったもの、あるいは細かい樹枝状を呈するものがみられる。なお、地質調査による花崗岩体の分布よりも多少広い範囲で花崗岩体と同じような斜度を示す場合が多いが、壁岩の接触変成作用を被ったことの影響と考えられる。

### 遠野・栗橋岩体の例

遠野岩体は、東部に隣接する栗橋岩体とともにいくつかの貫入単位が区別され(加納ら,1978), 周辺相・主岩相と中心相とに区別される累帯岩体である(蟹澤ら,1986; Kanisawa, 1990). 遠野岩体の中で、塊状・珪長質岩相からなる中心相の分布する遠野盆地北部には不規則で細かい谷が発達するのに対し、やや苦鉄質岩相からなる周辺相・主岩相の分布地域では細かな谷の発達は見られず、ほぼEW~ENE系の谷によるリニアメントが卓越する。この違いは、周辺相・主岩相と中心相との岩相の違いによる節理の発達の程度、あるいは風化に対する抵抗力の差を表すものであろう。今回のリニアメントや谷構造の分布から中心相の範囲を推定すると、蟹澤ら(1986)による境界よりもやや広く東側に張り出すようである。また、周辺相・主岩相では、岩体の境界にほぼ平行な同心円状の構造が認められる。特に岩体の東北部から、栗橋岩体との境界部にかけてと、岩体南端部に顕著に発達する。岩体内部でも、曲線状の構造が認められ、一部同心円状に見えるのは、遠野岩体がいくつかの貫入単位ごとに分けられることを意味する。遠野ならびに栗橋岩体は、加納ら(1978)により、マグマ貫入時の初生流理構造から、数個の貫入単位に分けられているが、今回の斜度図ならびに開度図で認められる曲線状・同心円状の構造は、加納らの流理構造にほぼ一致する。花崗岩体内部で特徴的なリニアメントは、ほぼ直交する、あるいはやや鋭角で交わる細かいものが発達することで、節理に起因するものと思われる。遠野岩体の西縁部には斑れい岩が分布しており、これと花崗岩体との境界は明瞭には区別できないが、斑れい岩分布地域では斜度が大きく、やや突出していて、風化に対する抵抗力の差を示している。

栗橋岩体においても、加納ら(1978)により初生流理構造とされた同心円状の構造に平行する曲線が認められる。さらに、節理に起因すると思われるEW~ENE系とこれにほぼ直交する顕著なリニアメントがみられる。一部のENE系のリニアメントは花崗岩体のみならず、遠野岩体や周囲の古・中生層にまで連続しており、大きな谷を形成している。後述のように、花崗岩体の定置以後の新しい運動

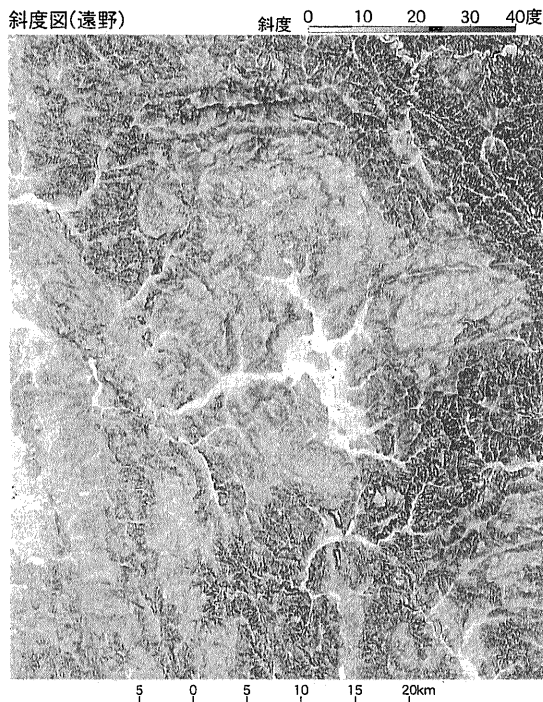


写真1 遠野花崗岩周辺の斜度図。

に起因するものと考えられる。

### III-2. 北上山地に認められるリニアメントと地質構造線と断層

北上山地にみられる断層は、南部北上山地の日詰-気仙沼断層、北部北上山地の葛巻-釜石帯と安家-田野畑帯とを区切る岩泉構造線、葛巻断層、田老断層、早池峰構造帯と北部北上山地の境界をなす早池峰東縁断層などが比較的大きいもので、この他に多数の小断層が発達する。

日詰-気仙沼断層は、ほぼNNW-SSE方向に走る白亜紀初期の左横ずれ断層で、水平変位量は30-40kmである(永広,1977)。斜度図、開度図では気仙沼市から宮守超苦鉄質岩体の東を通して日詰まで続く直線状の谷地形が確認され、これに平行なリニアメントが何本かみられる。南部北上山地では、千厩岩体の周辺にはほぼNS方向のリニアメントが発達し、母体変成岩分布地域でも確認される。花崗岩地帯の項で記した遠野・栗橋花崗岩体中、およびその周辺でEW系の構造が顕著にみられる。

北部北上山地では、やや不明瞭ではあるが、岩泉構造線に相当するリニアメントが追跡できる。また、岩泉構造線の西には、これとほぼ平行に葛巻

断層が存在し、東に向きを変えて岩泉構造線を切って田野畑岩体に貫かれていると考えられている。斜度図・開度図では、葛巻断層によると考えられるリニアメントの延長はほぼNNW-SSEの方向にまっすぐに早池峰山の東方、江繋付近に伸びる明瞭なりニアメントとしても認められる(第4図の③)。この断層の北方への延長は馬淵川の北まで延びており、折爪断層とされる(松田ら,1976)。また、馬淵川付近で折爪断層から派生したほぼNSの構造が七時雨山の東を通り、盛岡市南部まで追跡できる。また、早池峰東縁断層は、斜度図ではあまり明瞭にみえないが、早池峰山の西北方から盛岡にかけてのSE-NW方向のリニアメント、栗橋岩体の東にほぼN-S系のリニアメントとして認められる。

#### 石灰岩地帯

厚い石灰岩層からなる地域は、独特の地形を呈し、急崖をもつ境界部と平坦な頂部をもつことが多い。斜度図では、急崖を示す白色部が平坦な頂面を示す黒色部を取り囲んでいる。南部北上山地では住田町下有住の東峰山、母衣下山の石炭系長岩層石灰岩、住田町世田米西方のペルム系坂本沢層石灰岩、北部北上山地の岩泉西方の長大な安家石灰岩の分布地域(第4図)などにこの地形が現れている。

#### 海岸段丘・河岸段丘など

宮古市以北の海岸段丘は、段丘崖と段丘面との差として明瞭に現れている。また、久慈西方の前期白亜紀花崗岩類・先宮古世堆積岩類と、上部白亜系久慈層群との境界は従来不整合と考えられている(照井・長浜,1986)が、NW-SE系の直線的な境界で境されている。北上川沿いの河岸段丘は中川ら(1963a,b)によって区分されているが、斜度図、開度図でほぼこれらの区分が追跡できる(一部を第4図に示してある)。水沢市西方の胆沢扇状地(第4図)にNNW-SSE方向に発達する出店撓曲線(第4図の⑦)も明瞭に追跡される。

### III-3. 新たに確認された地形的特徴とリニアメント 岩洞湖周辺の円形構造

姫神岩体の東から岩洞湖周辺の葛巻-釜石帯の中に斜度がかかなり平坦で、谷の発達の様子が周辺とやや異なる半径27km×20kmほどの円形の構造が認められる(第4図の①)。同様な地形が、早

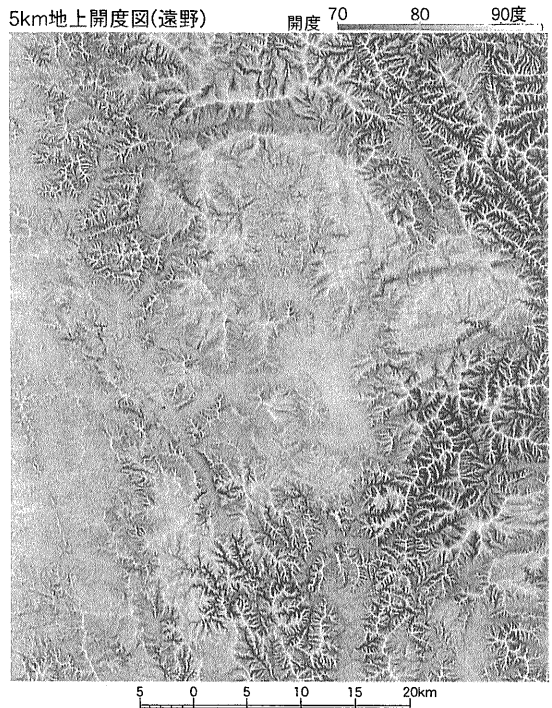


写真2 遠野花崗岩周辺の地上開度図(L=5km)。

池峰山の北方にも不規則な形で認められるが(第4図の②)、この原因はよく分からない。従来の地質図では、周辺部もこの平坦な円形の地域も同じ砂岩・頁岩を主とし、チャートが挟在する一般走向NW-SEの地層からなり、西傾斜の等斜褶曲を繰り返していると推定されている(長谷地質調査事務所,1980;生出ら,1989など)。したがって、あるいはこのような等斜褶曲をした地層の傾斜の緩やかな部分をみているか、新第三紀に形成された準平原の残存平坦面(貝塚・鎮西,1986)に相当する地域であろう。

#### NE-SW系リニアメント

これまでに確認されている断層の方向は、北上山地ではほぼN-S~NNW-SSE方向のものが卓越し、E-W~NNE-SSW系の断層は少ない。これらの断層はいずれも古生層あるいは中生層を切るが、ほとんどの断層は花崗岩体内部には及んでいないと考えられていた。一方、奥羽山脈においてはN-S系の断層が卓越する。

今回、斜度図・開度図を検討したところ、北上山地全体にわたってかなり大規模なNE-SW系のリニアメントがみられた(第4図の④)。すなわち、北

から、八戸付近から馬淵川沿いに稲庭岳北東麓まで続くもの；階上岳付近から発達する数本のもので、その1本は折爪断層の西側まで延びるもの；陸中海岸黒崎付近から田野畑花崗岩体を経て、堺の神岩体の東南付近まで延びるもの；栗橋岩体から遠野岩体を経て、江刺市付近まで延びるもの；最も規模の大きいものとして、宮古岩体南部から栗橋花崗岩体南部を経て、遠野花崗岩体南部付近で数本に分岐し、千厩岩体の北を通るリニアメントで、一部が胆沢扇状地南方に至るものと、そのやや北方を人首岩体から水沢市付近まで延びるもの；五葉山岩体のほぼ中心を通るもの；および気仙沼市付近からSW方向に延びる2本のリニアメントがある。遠野岩体を通る最大規模のものはランドサット画像でも確認されている(Hosino *et al.*, 1978)。これらによる水平変位は認められないが、花崗岩体内部にも確実に存在し、第三系にまで影響を及ぼしていると考えられる。さらに、稲庭岳、七時雨火山などの溶岩流、火砕流の分布地域では、これらのリニアメントの延長上に大きな谷地形が発達する。これらの特徴を考えると、このリニアメントは白亜紀以後の日本列島の運動との関連で重要な意義をもつものと考えられる。Sato (1994)によれば、東北日本では20~15Ma頃に現在の日本海沿岸付近、および出羽丘陵付近にリフトが形成され、日本海拡大とともにグラベンが発達した。当時の伸張ストレス方向はENE~NEで、NNW方向の断層が発達した。15~13Ma頃になると、秋田付近のベーズンはさらに沈降し、活発な玄武岩活動が起こった。この時代には東北日本全体にNW方向の伸張が顕著で、NE方向の断層や岩脈群の活動がみられる。また、大口ら(1989)による14Ma頃の火山フロントは現在よりもかなり東側にあり、北上山地にかかっていた。久保(1987)による北部北上山地の平庭岩体北部を通るリニアメント沿いにみられる16.1±2.0MaのK-Ar年代を示す凝灰角礫岩の存在、遠野岩体から胆沢扇状地南方を通るリニアメントのやや北側の北上市東方から江刺市北部にかけて分布する稲瀬玄武岩質安山岩の15.5-13.2MaのK-Ar年代(周藤ら, 1992)、さらにその延長上の中新世前期~中期の葛峰層安山岩(土谷ら, 1997)の分布、気仙沼市付近からSW方向の延長上にある籠岳安山岩の示す15.0 MaのK-Ar年代(石井・

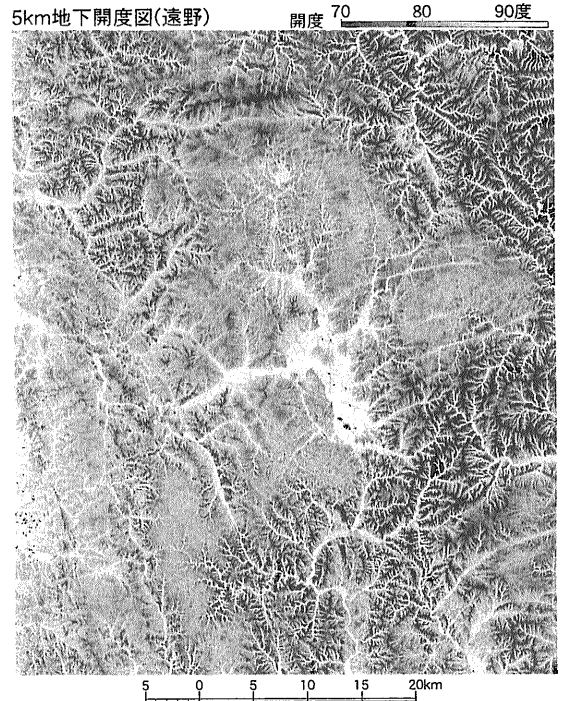


写真3 遠野花崗岩周辺の地下開度図(L=5km)。

柳沢, 1984)など、15Ma前後の年代を示す火成活動の存在を考えると、日本海拡大に伴った運動によってこれらNE-SW系リニアメントが形成された可能性を考える必要があらう。

### おわりに

以上いくつかの実例で述べたように、「数値地図50mメッシュ(標高)」をもとに作成した斜度図および地上・地下開度図は地質情報をかなりよく表している。また、人工物や植生に関する情報はほとんど取り除かれるために、より正確な地質・地形情報が得られる。さらに、通常の地質・地形調査で用いられる大縮尺の空中写真から、衛星画像のような小縮尺の図まで得られること、あるいはネガとポジなど、各種の図を用いて判別することが可能である。断層地形などは、どのような図でもかなり明瞭に表現されるが、花崗岩地域で、貫入時の内部構造や岩相の差などを示すものは、斜度図、あるいは開度図で水系パターンなどの違いとして表現される。今回は言及しなかったが、奥羽山系にみられるような溶岩流地形、火砕流台地；さらに、

潜在カルデラの存在(第4図の⑤)など, 地上開度図, 白黒反転した斜度図においてよく表現される。

今回の検討で新たに判別されたいくつかの大きなリニアメントは断層の可能性を示し, これまでの地質調査では確認されていなかったいくつかの地質体の存在の可能性が推定された。これらは, 今後の現地調査で新たに確認されることであろう。また, 花崗岩体の節理や流理構造が明瞭に認められることから, 花崗岩マグマの貫入のメカニズムの解明に貢献できる可能性がある。今回紹介した斜度図ならびに開度図の利用によって, 日本のような湿润気候の地域でも, 今までの空中写真や衛星画像では確認できなかったリニアメント, 地形境界線, 特異地形の識別が可能となり, 新たな知見の得られることが期待される。

謝辞: 永広昌之, 大口健志, 吉田武義, 松本秀明, 相澤幸治の諸氏からは有益なご意見を賜った。記して感謝する。

#### 引用文献

- 永広昌之 (1977): 日誌-気仙沼断層 -とくにその性格と構造発達史的意義について-。東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, no.77, p.1-37.
- 長谷地質調査事務所編 (1980): 20万分の1北上川流域地質図。
- Hosino, K., Hase, H. and Kinugasa, Y. (1978): Structural features in two transect areas of Japan analyzed with Landsat images. *United Nations ESCAP, CCOP Tech. Bull.*, 12, p.1-16.
- 池田 碩 (1998): 花崗岩地形の世界。古今書院, pp.206.
- 石井武政・柳沢幸夫 (1984): 旧北上川沿いに分布する追戸層の地質時代について。地調月報, 35, p.623-635.
- 貝塚爽平・鎮西清高編 (1986): 日本の自然2「日本の山」, 岩波書店, pp.259.
- Kanisawa, S. (1990): Some zoned plutons and associated gabbros in the Kitakami Mountains, northeast Japan. *Univ. Mus. Univ. Tokyo, Nature and Culture*, no.2, p.3-20.
- 蟹澤聰史・吉田武義・石川賢一・青木謙一郎 (1986): 北上山地, 遠野花崗岩体の地球化学的研究。東北大学理学部核理研報告, 19, p.251-264.
- 蟹澤聰史・片田正人 (1988): 北上山地の前期白亜紀火成活動の特徴。地球科学, 42, p.220-236.
- 片田正人 (1974): 北上山地の白亜紀花崗岩類-IV 南部北上山地の花崗岩類および全北上山地花崗岩類の分帯区分。地調報告, 251, p.121-133.
- 加納 博・秋田大学花崗岩体研究グループ (1978): 花崗岩体プルトンの構造岩石学 (1) -北上山地のしずく型プルトン-。岩鉱, 73, p.97-120.
- 建設省東北地方建設局編 (1992): 50万分の1土木地質図。
- 国土地理院 (1993): 数値地図50mメッシュ(標高)。
- 久保和也 (1987): 岩手県九戸郡山形村の凝灰角礫岩のK-Ar年代。岩鉱, 82, p.203-206.
- 松田時彦・岡田篤正・藤田和夫 (1976): 日本の活断層分布図およびカタログ。地質学論集, 12, p.185-198.
- Molnar, P. and Tapponnier, P. (1975): Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision. *Science*, 189, p.419-427.
- 中川久夫・石田琢二・佐藤二郎・松山 力・七崎 修 (1963a): 北上川上流沿岸の第四系および地形-北上川流域の第四紀地史 (1)-。地質雑, 69, p.163-171.
- 中川久夫・岩井淳一・大池昭二・小野寺信吾・森 由紀子・木下尚・竹内貞子・石田琢二 (1963b): 北上川上流沿岸の第四系および地形-北上川流域の第四紀地史 (2)-。地質雑, 69, p.219-227.
- 大口健志・吉田武義・大上和良 (1989): 東北本州弧における新生代火山活動域の変遷。地質学論集, No.32, p.431-455.
- 生出慶司・中川久夫・蟹澤聰史編 (1989): 日本の地質2「東北地方」, 共立出版, pp.338.
- Sato, H. (1994): The relationship between late Cenozoic tectonic events and stress field and basin development in northeast Japan. *Jour. Geophys. Res.*, 99, p.22261-22274.
- 白沢道生・飯倉善和・横山隆三 (1997): Akima法に基づく斜度と傾斜方位の計算アルゴリズム。地理情報システム学会講演論文集, 6, p.221-224.
- 周藤賢治・牧野淳史・板谷徹九・八島隆一 (1992): 北上市東方に産する稲瀬火山岩類のK-Ar年代と岩石学的特徴。岩鉱, 87, 20-34.
- Tapponnier, P. and Molnar, P. (1979): Active faulting and Cenozoic tectonics of the Tien Shan, Mongolia, and Baykal Regions. *Jour. Geophys. Res.*, 84, p.3425-3459.
- 照井一明・長浜晴夫 (1986): 北部北上山地, 久慈地方の上部白亜系・古第三系の碎屑物の供給源と堆積。北村 信教授退官記念地質学論文集, p.545-570.
- 土谷信之・伊藤順一・関 陽児・巖谷敏光 (1997): 「岩ヶ崎地域の地質」地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) pp.96.
- 横山隆三・横山研究室 (1999): 20万分の1岩手県斜度図, 5km地下開度図, 5km地上開度図, 0.5km地下開度図, 0.5km地上開度図。
- 横山隆三・白沢道生・菊池 祐 (1999): 開度による地形特徴の表示。写真測量とリモートセンシング(印刷中)。

KANISAWA Satoshi and YOKOYAMA Ryuzo (1999): Extraction of geologic information from digital elevation map of 50m-mesh: Application of slope and openness maps to the Kitakami Mountains.

< 受付: 1999年5月18日 >