

花崗岩の地形形成に及ぼす 節理の影響についての一考察

横田 彩・吉富 健一
(2023年10月6日受理)

A Study of the Influence of Nodulation on the Formation of Granite Landforms

Aya Yokota, Kenichi Yoshidomi

Abstract: Both field survey and laboratory analysis were conducted in the eastern part of Kurahashi Island, aiming to clarify the effects of joints on the formation of valleys in the granite distribution area. The results of the investigations showed that valley between 500 m and 2 km in length tends to form in the direction that bisects the bisecting granite joints, rather than along the joint surface as initially assumed.

Key words: granite, landforms, joint, valley, Rose Diagram

キーワード：花崗岩, 地形, 節理, 谷, ローズダイヤグラム

1. はじめに

地球の表面には、様々な種類の地形が形成されている。佐藤・町田(1990)は、地球の表面では、内作用(地球内部のエネルギーによって引き起こされる地形の形成作用)によって変動地形が出現し、外作用(太陽エネルギーと重力を原動力として、気温や雨風、河川、氷河、波浪など地球外部から地形を変化させていく作用)が働いて山や谷などの侵食地形や、平野などが形成されると述べられており、私たちが普段目にする地形の大半は、外作用を受けた侵食地形であると述べている。

高等学校学習指導要領(平成三十年告示)解説 理科編 理数編 第9節地学の3内容とその範囲、程度では地球の活動と歴史の学習範囲において、風化、侵食、運搬及び堆積の諸作用による地形の形成について、身近な地形と関連付けて理解させることがねらいとされている。中学校理科単元の大地の成り立ちと変化や地形の形成について、身近な岩石や化石、火山灰や火砕流堆積物を教材化した先行研究はあるものの(浜多ほか, 2019; 下久吉・山崎, 2003; 坂本, 2004など)、

身近な地形を教材化した先行研究は見受けられなかった。

そこで本研究では、花崗岩の節理が、谷地形の発達にどのような影響を与えるのか解明することを目的として、花崗岩分布域における野外調査および室内分析を実施した。広島県呉市南部に位置する倉橋島東部で得られた調査結果を基に、花崗岩中に発達する節理の走向と地形の特徴および、想定される地形発達への節理の影響について報告する。

2. 地質概説

倉橋島東部地域の約10 km²を対象として調査を実施した(図1)。倉橋島は広島湾の入口にある面積約70 km²の島で、島の北側は音戸大橋を経て呉につながる。

倉橋島一帯には山陽帯に属する呉花崗岩が分布する(東元, 1985)。呉花崗岩に対して、白亜紀と中新世の岩脈が多数貫入しており、岩相は多様であるが大きく分けると中-粗粒黒雲母花崗岩、細粒黒雲母花崗岩、及び細粒-中粒の単斜輝石含有黒雲母角閃石閃緑岩な

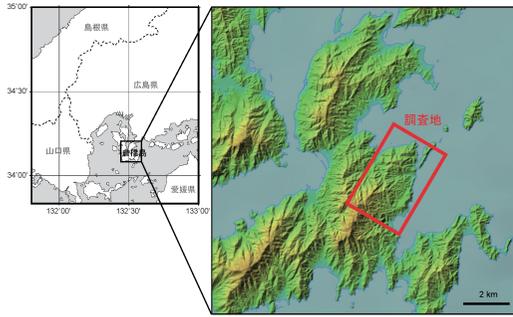


図1 調査地域位置図(地理院地図, GMTより)

いし角閃石黒雲母トータル岩の3つからなる(東元, 1985)。調査対象とした倉橋島東部地域には、呉花崗岩の主岩相である中-粗粒黒雲母花崗岩が分布し、マグマの流動を示す流理であるシュリーレン構造の方向は、東北東-西南西方向のものが卓越する傾向が認められる(松浦, 1997)。また、呉花崗岩の冷却時の収縮によって方状の節理が形成され、節理にそって割れた花崗岩が山頂や尾根に露出する独特の景観をなす地域が多い(松浦, 1999)。

中国地方西部、特に広島県と島根・山口両県との境界地帯では、非常に幅をもって東西方向から北東-南西方向に連なる脊梁山地が存在する(番本・河原, 2009)。また、中国地方の全域に見られるマクロなスケールでの北東-南西系の河谷は、中国地方のほぼ全域に形成されている北東-南西系の断層の形成に続いて形成された断層谷であることが明らかにされている(今村, 1959; 今村ほか, 1959; 佃, 1985)。

3. 調査方法

調査地域の選定にあたっては、呉花崗岩の新鮮な露頭がまとまって観察でき、節理面の走向・傾斜を多数測定しやすいことを条件とした。図1に示す倉橋島東部の東西2 km、南北3 kmの範囲を調査対象として、花崗岩中に見られる節理面の走向・傾斜の測定、および同地域に発達する谷地形の判読を行った。野外における節理の調査と、室内分析における谷線の発達方向の調査に分けて記載する。

(1) 野外における花崗岩中の節理の調査

2021年11月に二回ほど野外調査を実施した。主に国道および県道沿いに露出する新鮮な露頭を対象として、14地点において計39個の花崗岩中の節理面の走向・傾斜の測定を行った(図2)。節理面の走向・傾斜の測定にはスマホアプリ「GeoClino」を用いた。調査地点の緯度経度は、スマホアプリ「Geographica」を用

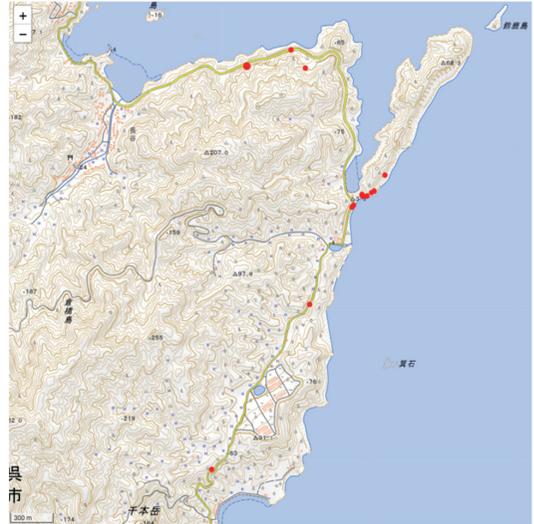


図2 節理面の走向傾斜を取得した場所(地理院地図より)

いて記録した。

(2) 室内分析における谷線の発達方向の調査

谷線の発達方向の判読は、先行研究のリニアメント判読(井上ほか, 1992)を参考に行なった。地形判読に使用する地図は、画像の縮尺(S)と分解能(R)の組み合わせとして、 $RS = 0.01$ cm程度が適しており、ランドサット画像では50~100万分の1、レーダ画像では10~20万分の1、空中写真では2万分の1程度の縮尺を用いるのが最適とされる(山口・長谷, 1983)。したがって本調査では、地理院地図の赤色立体地図(約3万3000分の1)を用いて谷線の判読を行うこととした。赤色立体地図とは、1枚のオルソ画像で方向依存性のない立体感が得られ、大地形と微地形を同時に表現することのできる赤色の地図である(千葉ほか, 2007)。

次に、谷線の引き方について以下詳細を述べる。

赤色立体地図は、赤色の彩度が高く、赤白くなっている部分は標高が高く、赤色の彩度が低く、赤黒くなっている部分は標高が低い。つまり、谷は赤白い尾根と尾根に挟まれた赤黒い部分である(図3①)。本研究における谷線の認定は、谷線は尾根と尾根が分岐する地点を始点(図3②)、どちらの尾根線も途切れた地点または、赤黒い部分が途切れる、次の尾根線にぶつかる地点を終点(図3③)とした(図3④)。長さが短い谷は、方向の誤差が大きくなるため、地図上の長さが5 mm(実スケールで約170 mに相当)以上となるものに限定した。

測定にあたっては、地図上で明瞭な谷線を認定した

後、OHPシートを上重ねて、谷線のみ抽出を行った。さらにOHPシート上で、抽出した谷線すべてに番号を振り(図4)、南北線を基準として谷線が何度東あるいは西に傾いているか分度器を用いて測定し、長さや方向の情報として記録した。

4. 結果

(1) 呉花崗岩中に発達する節理の野外調査結果

野外調査で得た14地点、39個のデータのうち、傾斜

が低角度の節理は谷地形の発達に大きな影響を与えていないと考え除外した。「低角度」の具体的な値は、日本応用地質学会(2019)では45度、有留・山本(2021)では30度とされている。本調査では、後者に従い傾斜30度未満の節理を調査対象から除外した。

得られた走向データから吉富(2022)を用いて、ローズダイヤグラムを作成すると、花崗岩中に発達する節理の方向は、一様ではなく特定の方向に卓越することが明らかになり、その方向はN72W、N48Eであった(図5)。

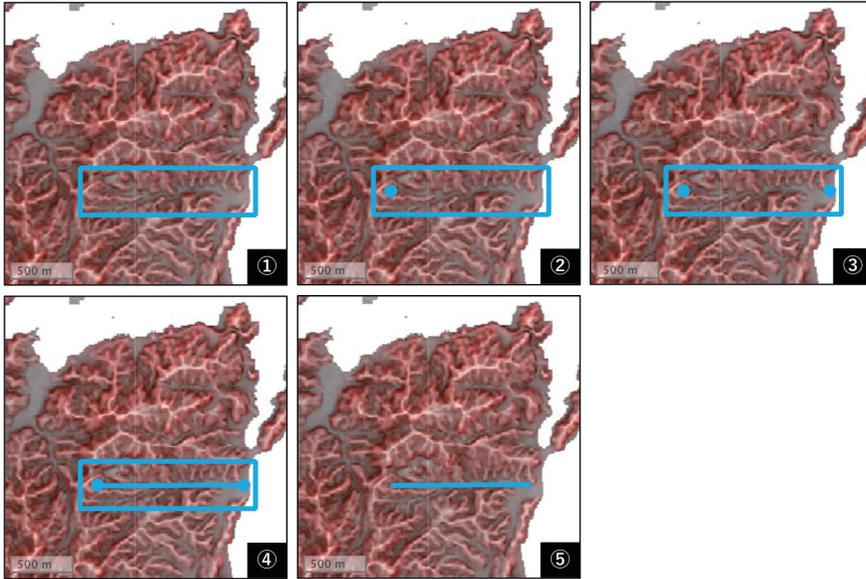


図3 谷線の引き方(地理院地図の赤色立体図より)

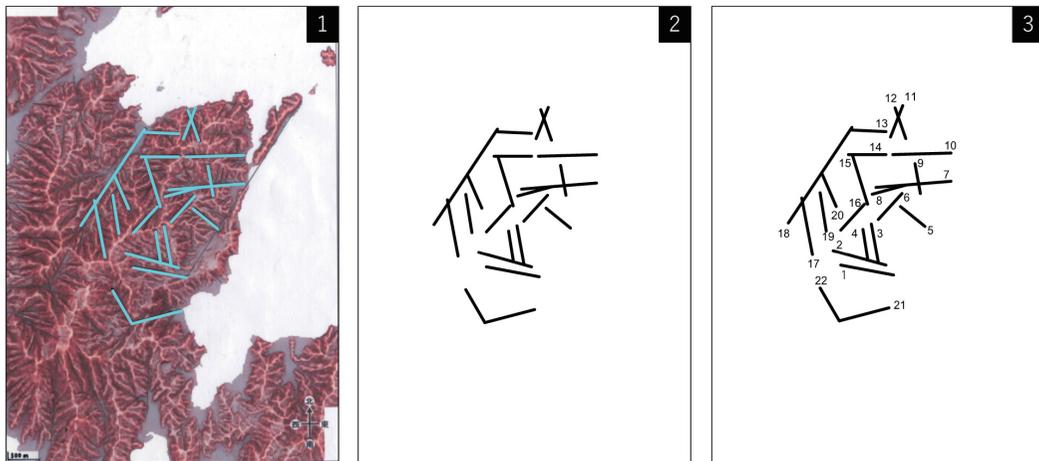


図4 谷線のみ抽出(地理院地図の赤色立体図より)

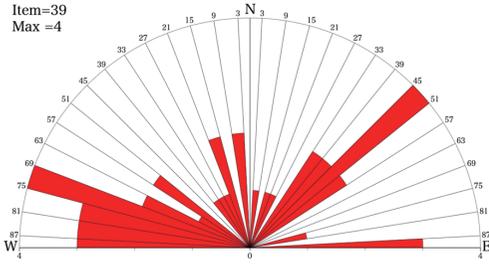


図5 節理面の野外調査結果を表したローズダイアグラム

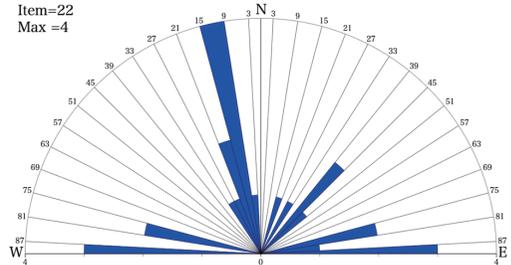


図7 500 m を基準に分類した谷地形のローズダイアグラム—500 m 以上2 km 未満—

(2) 谷地形の発達方向の判読結果

対象とする谷地形を2 km 未満とした根拠は、リニアメントに該当するような2 km 以上の谷地形は、今村 (1959) や今村ほか (1959)、佃 (1985) より、中国地方の北東-南西方向の断層によって形成された谷地形であると考えられるためである。さらに2 km 未満の谷地形も、長さ500 m を基準に発達する方向が大きく異なることが判明した (図6, 図7)。そのため、今回は500 m 以上2 km 未満となる谷地形のみを対象

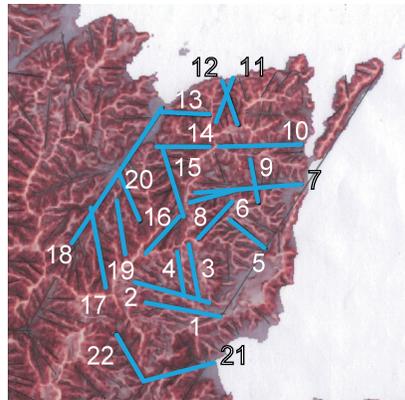


図8 谷地形の判読結果 (地理院地図の赤色立体図に加筆)

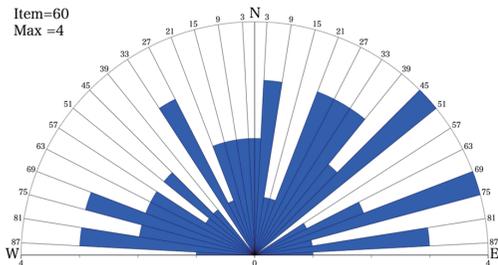


図6 500 m を基準に分類した谷地形のローズダイアグラム—170 m 以上500 m 未満—

として、22本の判読を行なった結果を図8に示す。

谷地形の発達方向について、節理面と同様にローズダイアグラムを作成すると、倉橋島北東部では、N12W の方向に卓越することが明らかとなった (図7)。しかし、500 m 以上2 km 未満の谷地形の傾斜

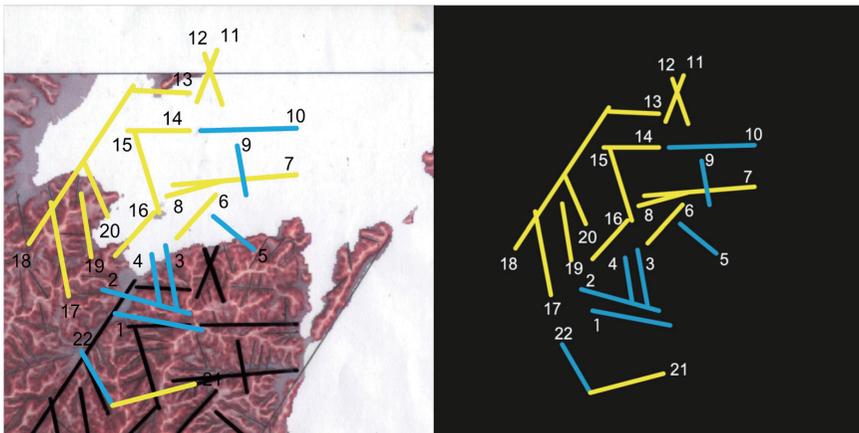


図9 傾斜方向別の谷地形 黄色が北傾斜, 青色が南傾斜 (地理院地図の赤色立体図より加筆)

に着目すると、北斜面の谷が14本、南斜面の谷が8本であり傾斜方向が異なっていることが明らかとなった(図9)。

5. 考察

当初、花崗岩中に発達する節理の走向と、谷地形の発達方向は、一致すると想定していた。これは節理が一定の方向に集中的に発達することで、その方向が侵食されやすくなり、谷が形成されると考えたからである。ところが、今回の調査の結果、花崗岩の分布する倉橋島東部において、谷の発達方向は、当初想定していた花崗岩中に発達する節理の走向と必ずしも一致せず、二方向に交差して発達する節理を二等分する方向に谷地形が多く発達していることが判明した。

その理由として、花崗岩の節理は一般的に三方向に発達し、それぞれはおおよそ直交する方状節理に沿って

風化するため、サイコロ状態のブロックとして脱落することが考えられる。平山ほか(2009)は「一般に節理は複数の異なる方向に発達し、基盤をブロック化する役割を担っており、現在進行中の河谷地形の発達過程において重要な役割を果たしているものと考えられている。」と述べている。

調査地域ではN72WやN48Eの方向に節理が発達していたことより、風化した花崗岩がブロック状に脱落していくことで、二つの節理面を二等分する方向に水が流れて侵食が進行し、谷地形が節理の方向を東西方向に二等分する方向N12Wに形成されていったのではないかという仮説を立てた(図10)。

また、少数ではあるが節理の方向を南北方向に二等分するN78E方向の谷も認められる。この違いは、節理面の交差角度が直角ではなく、図11に示すように広い方で約120°で交差するのに対し、狭い方では約60°となるのが原因と考えられる。



図10 節理面の方向を2等分する方向に形成される谷地形のモデルと露頭
(左図：Minecraftより加筆，右図：筆者撮影)

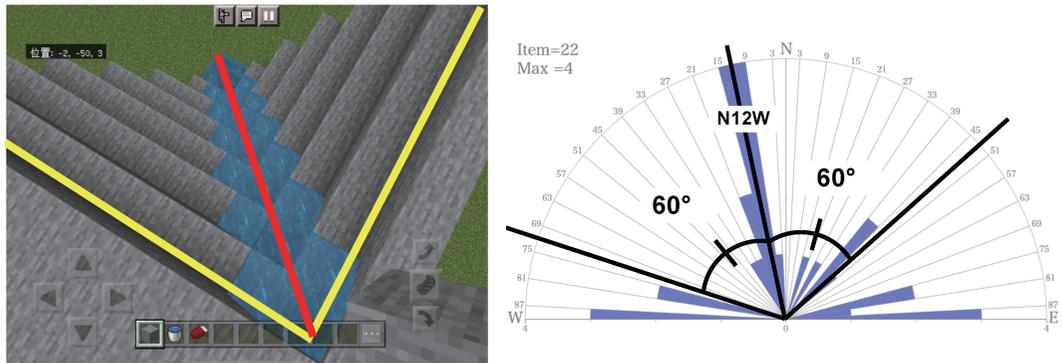


図11 節理面の方向を2等分する方向に形成される谷地形のモデルとローズダイアグラム
(左図：Minecraftより加筆)

【謝辞】

本稿の執筆にあたり、広島大学山崎博史名誉教授、広島大学院人間社会科学研究所吉富健一准教授には研究の遂行にあたり有益なご助言を頂いた。また研究室の学生および卒業生のみなさまには調査およびデータの整理方法など、様々な方面にわたりご助力いただいた。お世話になった皆様に心より御礼申し上げる。

【引用文献】

有留千博・山本啓司 (2021). 九州南部の大隅花崗閃緑岩体に発達する節理系. 地質学雑誌, 127(8), 489-495.

番本正和・河原富夫 (2009). 広島県北広島地域の地形概観. 高原の自然史 Natural History of Nishi-Chugoku Mountains, 14, 1-10.

浜多嘉太・三好雅也・藤井純子 (2019). 福井県坂井氏三国町の海岸に分布するガラス質凝灰岩の教材化. 福井大学教育実践研究, 43, 89-96.

平山恭之・林隆也・中井 真一・津島 淳生・於保 幸正 (2009). 広島県三段峡地域における節理の形成過程. 広島大学大学院総合科学研究科紀要. II, 環境化学研究, 4, 23-33.

今村外治 (1959). 中国山地の地質外観 (比婆山・道後山・船通山). 中国山地国定公園候補地学術調査報告, 17-28.

今村外治・楠見 久・中野光雄・吉村典久・岡本和夫 (1959). 三段峡・八幡高原地域を主とするいわゆる断層谷の地質学的研究: 三段峡と八幡高原 (総合学術調査研究報告), 広島県教育委員会, 64-83.

井上大栄・水落幸広・桜田祐之 (1992): リニアメントの断裂系としての特性 とその評価: 応用地質, 33(3), 25-34.

松浦浩久 (1997). 倉橋島及び柱島地域の地質: 通商産業省工業技術院, 地質調査所, 高知 (13)25・26,

1-53.

松浦浩久・豊逢秋・佃栄吉 (1999). 厳島地域の地質: 通商産業省工業技術院 地質調査所, 高知 (13)13, 1-35.

松浦浩久 (1999). (4) 広島湾-安芸灘地域: 日本地方地質誌6 中国地方, 日本地質学会 (編), 朝倉書店, 東京, 294.

文部科学省 (2018). 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編, 148-180.

日本応用地質学会 中国四国支部 (2019). Q リニアメントなどの地形的根拠が見出されない場所に、大規模な断層破砕帯が出現しました: 応用地質 Q&A 中国四国版, 土-2, 1-6.

坂本大輔 (2004). 平成16年度第1回「総合的な学習の時間」における地学領域指導者講習会: 阿蘇火砕流堆積物の教材化のための学習会: 熊本地学会誌, 137, 15-16.

佐藤久・町田洋 (1990). 総観地理学講座6 地形学: 株式会社朝倉書店, 東京, 279.

下久吉博宣・山崎博史 (2004). 地域の特質を活かした河原の礫の学習剤としての展開試案: 学校教育実践学研究, 10, 189-196.

千葉達朗・鈴木雄介・平松孝晋 (2007). 地形表現手法の諸問題と赤色立体図: 地図45(1), 27-36.

東元定雄・松浦浩久・水野清秀・河田清雄 (1985). 呉地域の地質: 通商産業省工業技術院, 地質調査所, 高知 (13)14, 1-86.

佃栄吉 (1985). 岩国活断層-その概要と発達史-: 吉田博直先生退官記念論集, 245-253.

山口靖・長谷紘和 (1983). 多様な画像によるリニアメント頻度の解析 -レーダ画像の屋久島地域への適用例について-: 写真測量とリモートセンシング, 22(3), 4-13.

吉富健一 (2022). 方向データを手軽に扱えるローズダイアグラム作成 Web アプリ: 地学教育, 75(2), 67-72.