

(98) 西南日本内帯の花崗岩類に認められる節理の定向性

応用地質(株) 正会員 ○久永喜代志
徳山高専 正会員 工藤 洋三
山口大学工学部 正会員 佐野 修

Preferred Orientation of Joints in Granite of Southwestern Japan

Kiyoshi HISANAGA, Oyo Corporation
Yozo KUDO, Tokuyama College of Technology
Osam SANNO, Yamaguchi University

Abstract

Data of granite joints obtained from past field surveys are re-examined to check the existence of regional joint sets. Surveyed regions are the Ryoke, Sanyo and the San-in zones in Southwestern Japan. Each site has joint sets oriented preferentially, and in the Sanyo zone especially, horizontal joints and two sets of vertical joints, which are approximately orthogonal, are typical. There seems to be a regionally consistent orientation, NE-SW, over the whole area. The orientation of joint sets is compared with the one of microcracks oriented preferentially within the quartz grains, and it is found that there is a similarity between the two. This suggests that these structures reflect the tectonic stresses, and are available as stress trajectory.

1. はじめに

岩盤内に存在する可視的な不連続面の中で節理は最も一般的に認められるものであり、節理の存在は岩盤の力学的挙動に大きな影響を与える。このため岩盤の力学的挙動を把握するためには節理の性状について詳しく観察することが必要になる。岩盤の安定性などを目的に行われる各種の調査において、節理の調査は不可欠なものであるが、こうした調査においては、節理を分類しその位置と方向を記載するという方法が一般的である。その際、測定箇所における節理の定向性についてはしばしば認識されているようであるが、こうした特徴は局所的なものであると考えられ、節理分布の広域的な特性について語られることは少ない。もちろんシーティング節理のように、明らかに局所的な要因で生じたと考えられる節理もある。近年節理の定向性とその広域性に着目して節理の卓越する方向から広域的な応力場を推定しようとする試みも行われるようになってきている¹⁾。

筆者らはこれまでに、節理のない新鮮な花崗岩において認められる花崗岩の力学的異方性が、主に花崗岩の粒内クラックの配向性によってもたらされること、そのクラックの配向する方向は広域的にみても類似した傾向を有することを明らかにしてきた²⁾。節理とマイクロクラックというスケールの違いはあるが、いずれも引張応力起源の構造であると考えられるため、これらの構造の間には何らかの関連が示唆される。

このため本研究ではすでにマイクロクラックの分布についてある程度のデータが得られている西南日本の花崗岩類の節理に着目し、節理の定向性が産地、産状、地質時代などによってどのような特徴をもつのかという点に関して考察する。またマイクロクラックの配向する方向との関連についても検討する。

2. 西南日本内帯における花崗岩類の分類

日本の地質構造区分の中で西南日本内帯に分類される中国地方および四国北縁に分布する花崗岩類は、中央構造線より北へ、領家花崗岩類（領家帯）、山陽型花崗岩類（山陽帯）および山陰型花崗岩類（山陰帯）に大別され、東西方向に帯状分布を示す。生成年代は領家帯が最も古く、山陽帯、山陰帯の順になっており北へ向かうほど地質年代は新しくなる。これら花崗岩類についての比較研究は数多く行われている³⁾が、概括的には次の様にまとめることができる。すなわち、領家帯は生成時代が最も古く、広域的な変成作用と造構運動の影響を受けた岩盤帯であり、山陽帯はバソリス状の大規模岩体よりなり広島花崗岩に代表される比較的均質な岩盤からなる。また山陰帯は生成時代が最も新しく、ストック状あるいはボス状の小規模岩体からなり、生成後の火山活動の影響を受けて岩質変化が著しい。山陽帯は山陽一帯に分布する広島花崗岩複合体と山陽、山陰の境界付近に分布する中央深成岩群に分類され、さらに広島花崗岩複合体は山陽南部に分布するいわゆる広島花崗岩と山陽北部に分布する未区分花崗岩に分類される。そこで本研究においては、西南日本内帯の花崗岩類を領家花崗岩帯、広島花崗岩帯、未区分花崗岩帯、および山陰花崗岩帯の5グループに分類した。

3. 節理データの処理方法および結果

本研究で検討の対象として用いた節理のデータは、本研究のために独自に調査されたものではなく、すべて過去に岩盤の基礎的資料を得る目的のために調査されたものである。西南日本内帯において花崗岩類を基礎岩盤とする既設、計画を含む13箇所の建設現場を対象とし、測定された節理面のデータを統計処理した。節理の測定は河川沿い、河床部および左右岸斜面の露頭において卓越する方向を測定した。この場合、測定が露頭で行われるため水平方向の節理が見落とされる危険性は避けられない。データの処理方法は、測定箇

表-1 節理データの概要

岩体分類	Site名	水系名	所在地	データ数
山陰花崗岩体 (山陰帯)	Z	神戸川	島根県飯石郡頓原町角井	331
	S	静間川	島根県太田市三瓶町野城	178
中央深成岩体	E	太田川	広島県安佐北区白木町秋山	157
未区分花崗岩体	A	太田川	広島県山形郡加計町滝山	365
	H	芦田川	広島県府中市諸毛町永野山	450
広島花崗岩体	B	太田川	広島県山形郡加計町滝山	473
	U	八幡川	広島市佐伯区五日市町上河内	476
	M	芦田川	広島県御調郡御調町津蟹	124
	K	石内川	広島県佐伯区五日市町石内	74
	F	沼田川	広島県加茂郡福富町久芳	117
領家花崗岩体 (領家帯)	I	石手川	愛媛県松山市湯山柳	156
	Y	屋代川	山口県大島郡大島町屋代	142
	T	蒼社川	愛媛県越智郡玉川町長谷	1160

岩体	山陰花崗岩体			中央深成岩		未区分花崗岩体		広島花崗岩体					領家帯		
	Site	Z	S	E	A	H	B	U	M	K	F	Y	I	T	
左岸	シユミットネット														
		卓越方向	N 3 E 78 N N 28 W 63 S N 86 E 78 S		N 30 W 76 E N 72 W 54 S N 44 E 70 E	E - W 10 N N 26 E 70 S N 38 E 85 S		N 44 E 90 N - S 75 E N 40 E 90	N 22 W 85 S N 65 E 90 N 32 W 90						N 16 W 86 W N 45 E 46 N N 44 W 80 E
河床	シユミットネット														
		卓越方向	N 45 W 90 N 70 E 75 S N 15 E 90		N 45 W 74 N N 45 E 10 S N 35 W 70 S	N 70 W 90 N 10 E 90 E - W 10 N		N - S 78 E N - S 80 W N 45 E 5 S	N 70 E 90 N 55 W 10 E N 30 W 90	N 33 W 7 N N 35 E 83 N N 38 W 77 S	N 28 W 90 N 6 E 90 N 60 W 8 N	N 40 E 90 N 40 W 90 E - W 10 S	N 27 E 58 W N 38 E 55 S	N 50 W 44 N N 74 E 72 S N 60 E 49 N	N 71 W 62 N N 36 E 50 N N 33 W 84 W
右岸	シユミットネット														
		卓越方向	N 29 W 63 S N 7 W 74 S N 63 E 84 S		N - S 90 N 54 W 76 W N 41 E 85 E	N 63 E 90 N 44 E 75 E N - S 5 W		N - S 78 E N - S 85 W N 45 E 85 N	N 70 E 90 N 45 W 90						N 34 E 50 W N 36 W 82 E N 76 W 72 N

- 1) シュミットネットは南半球に2%以上分布図を示した。
- 2) シュミットネット右下の数字は測点数。
- 3) 卓越方向はシュミットネットの極大点で与えられる卓越する3系統の節理を示した。

図-1 西南日本内帯における花崗岩類の節理系

所別に節理の測定データをシュミットネットにプロットし、密度分布図として表示した。密度分布図には密度2%以上の分布と極大値を示した。各測定箇所の概要は表-1のとおりであり、使用した節理の測定データの総計は総計4203点である。

各測定箇所におけるシュミットネットの結果を岩体別にグループ分けしてまとめると図-1のようになり、一般に各測定箇所の節理系は卓越する3方向の節理面の組み合わせ (Joint Set) で与えられる。図-2は、各測定箇所のJoint Setのパターンを節理の方向性 (走行) と傾斜で示し、西南日本内帯における花崗岩類の分布図に表示したものである。この場合、節理の傾斜は水平節理 (傾斜角0°~20°)、鉛直節理 (傾斜角70°~90°)、傾斜節理 (傾斜角20°~70°) に区分した。すなわち、各データの中心のサークルは水平節理が卓越することを示すものである。また矢印の先端はシュミットネットの傾斜に対応している。

4. 西南日本内帯における花崗岩類の節理系

図-1および図-2よりまず明らかなことは、各測定箇所においていずれも明瞭な方向性が認められることである。このことは各種の節理に関する各種のモデルを検討する際、ランダムな分布を仮定することは現実的でないということを示している。さらに例えば図-2のSite PとSite M, Site UとSite Kの比較から明らかなように同一岩体において数km~数10km程度の距離の違いでは節理の方向性に極めて類似した傾向が認められることである。

本研究において最も測定箇所が多い地質区分は山陽帯であるがこの区分の花崗岩には明瞭な特徴が認められる。すなわち、山陽帯の広島花崗岩体および未区分花崗岩体においてはいずれの測定箇所においても水平節理1系統と鉛直方向のほぼ直交する2系統の組合せよりなる。山陽帯の広島花崗岩体および未区分花崗岩体における2本の鉛直節理の交差角はSite Bを除いて72°~89°と一定している。例外のSite Bは大規模の断層 (加計断層) が近接しており、多分にその影響を受けている可能性がある。山陽帯の広島花崗岩体および未区分花崗岩体におけるNE-SW系鉛直節理の方向は、山陽帯南西域より北西域にかけて連続的に変化する。すなわち、山陽帯南西端のSite UおよびSite Kにおいては70°Eであるが、これより北西方のSite A, Site B,

Site Eおよび Site Fにおいては $40^{\circ} \sim 44^{\circ} E$, さらに北西方のSite Mでは $35^{\circ} E$, 北西端のSite Hにおいては $10^{\circ} E$ となる。

一方領家帯においては傾斜節理の発達が顕著であり, 1系統の鉛直節理と2系統の傾斜節理の組み合わせあるいは2系統の傾斜節理が卓越している。また山陰帯においては鉛直節理の発達が明瞭であり水平節理は卓越しない。岩体別節理系の最も大きな特徴は, 水平節理の有無が岩体により明瞭に異なることである。すなわち, 水平節理はパソリス状岩体の広島花崗岩体および未区分花崗岩体において発達するが, 領家帯, 中央深成岩体および山陰帯においてはほとんど認められない。しかしながら領家帯, 山陰帯においては測定点の数が少ないためさらに測定点を増やして考察する必要があるものと考えられる。

こうした広域的な特徴とは別に局所的な特徴も認められる。たとえば, Site BおよびSite Uにおいて水平節理の発達状況を見ると, 左右岸斜面でほとんど認められないに対して河床部において発達している。特にV字谷のSite Uにおいては, 建設前に河床部の水平節理が著しかったのに対して左右斜面においてはほとんど認められていなかったが, 建設時に左右斜面の掘削とともに水平節理が発生し山はねを生じた。このことはたとえば地形や局所的な応力場を反映している可能性がある。

山陽帯における花崗岩節理の特徴は, 多くの点で筆者らが先にこの地域で調査した石英粒内のマイクロク

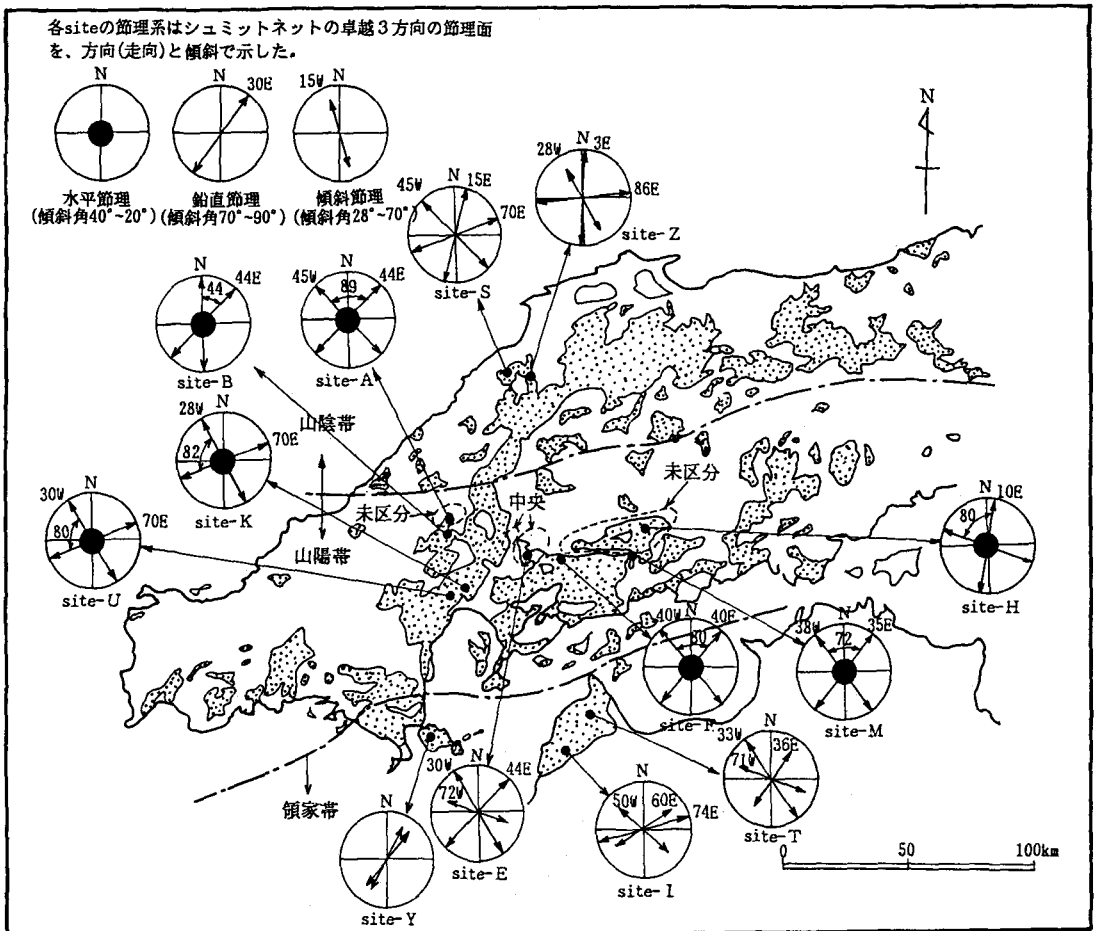


図-2 西南日本内帯における花崗岩類の分布と節理系

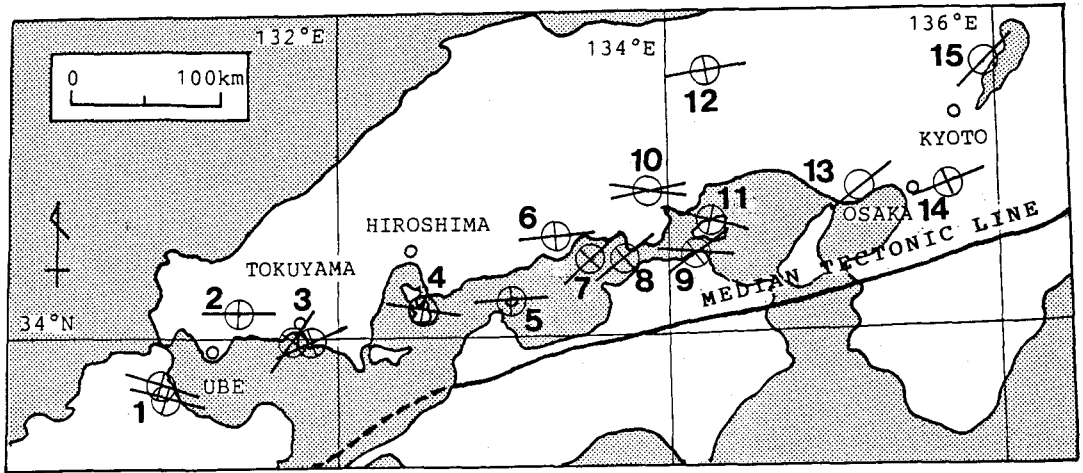


図-3 石英粒内のクラックの配向

○はほぼ水平面にクラックが配向していることを示す。実線は鉛直面に配向するクラックの走行を示す。実線の長短はクラック密度のちがいを示す。

ラックの特徴²⁾と類似している。そこで図-3に、この地域におけるマイクロクラックの配向面を示した。水平方向および鉛直2方向のクラックが卓越しており鉛直方向については互いにほぼ直交していることなどに加えて、マイクロクラックの卓越する方向についても類似性が認められる。このことは、節理とマイクロクラックが同一起源による構造であることを示唆している。

5. おわりに

従来節理分布の広域的な特徴について関心ははられることは少なかった。しかし本研究で示唆されたように節理分布は広域的に見た場合にも定向性を有する可能性があり、これは節理が造構応力に支配されていることを示唆するものである。節理の定向性は岩盤に異方性をもたらすが、掘削などによって岩盤の力学的な異方性はさらに拡大するので節理の広域的な定向性についてあらかじめ知見を得ておくことは重要である。また節理の定向性を、同じ引張応力起源と考えられるマイクロクラックの分布と関連させて検討することにより、こうした構造の起源や広域的な応力場、あるいは局所的な応力場についての知見を与えるものと考えられる。

参考文献

- 1) たとえば Terry Engelder, Is there a genetic relationship between selected regional joints and contemporary stress within the lithosphere of North America? *Tectonics*, Vol. 1, NO. 2, 167-177, 1982.
- 2) 工藤洋三, 橋本堅一, 佐野 修, 中川浩二, 瀬戸内地方の採石場における花崗岩質岩石の異方性, 土木学会論文集, 第382号/Ⅲ-7, 45-53, 1987.
- 3) たとえば Sakiyama, T. and Imaoka, T., Whole-rock and constituent mineral chemistry of Cretaceous to Paleogene plutonic rocks in the Chugoku district, Japan. In *Tectonics of Paired Metamorphic Belts*, Organized by I. Hara, 81-88, 1981.