

RGB 値の組み合わせ発生頻度による花崗岩検出の試み

Trial of Granite Detection using by the Frequency of RGB values Combination

石井詩穂 Shiho ISHII (広島大学大学院工学研究科)
一井康二 Koji ICHII (広島大学大学院工学研究院)
吉富健一 Kenichi YOSHIDOMI (広島大学大学院教育学研究科)

岩石の分類は目視や機器分析によって行われている。しかし、目視による分類は技術者の技量に依存するため高度な訓練を必要とし、機器分析による分類は実施費用が高価である。そこで、画像解析技術を用いた岩石分類ができないか考えた。本研究では、安価な方法として、一般的な家庭用デジタルカメラによって撮影された岩石画像を使用し、岩石画像が持つ情報として、色の情報である RGB 値に注目をした。そして、RGB の各値の組み合わせ発生頻度による花崗岩検出法を考案し、検討を行った。提案手法では、花崗岩の検出成功率は、屋内で撮影した画像を用いた場合では 90% を示したが、屋外で撮影した画像を用いた場合では 38% に留まった。

キーワード：花崗岩，画像解析，RGB 値

(IGC: F01, G13)

1. はじめに

岩石の種類の分類は目視によって行われることが多い。しかし、目視による分類は技術者に高度な訓練を要し、その上、技術者の技量に依存するといった問題点がある。技術者の技量に依存しない方法として、X線回帰分析による分類¹⁾もあるが、この方法は実施費用が高価であるという問題点がある。そのため、技術者の技量に依存しない且つ安価な岩種分類手法が必要である。

一方で、岩石の風化度の診断方法として、近年、画像解析を用いた手法が研究されている²⁾³⁾。風化度の診断は、主に目視と打音検査で行われるため、岩種の分類と同様に技術者に依存するという問題点がある。画像解析は、画像が持つ数値を利用しているので、技術者の技量に依存するという問題点を解決することができる。

以上より、岩種の分類も画像解析によって行うことができるのではないかと考えた。実際に、画像解析を用いた岩種の分類の研究は既に榎本ら⁴⁾が行っている。しかし、榎本らの手法は、ボアホールカメラでしか利用できず、地上の岩種を特定することは困難である。そこで本研究では、解析を行う画像の撮影に、家庭用デジタルカメラを使用し、多様な状況下で、安価に撮影を実施できる手法を開発することを目的に、色情報の適用可能性を検討した。また検討では、屋内撮影画像を用いて提案手法による識別実験を行ったのち、実務が屋外で行われることから、屋外撮影画像を用いた場合についてもまた実験を行った。なお、岩種が多岐にわたることから、まず広島県に多く分布する花崗岩に着目した。

表-1 目視による岩種識別基準⁵⁾

指標	項目	
組織	縞状, 層状, 礫状, 均質, 等粒状, 斑状	
含有 鉱物	石英	あり, なし
	色	白, 灰, 桃, 黄, 赤, 緑, 茶, 黒, ごま塩
	性質	磁性あり, 磁性なし

2. 岩石の種類の識別基準

目視による岩種の識別基準となる項目を表-1に示す。識別基準は、大きく組織と含有鉱物に分けることができる。更に、含有鉱物は、岩石全体の色や磁性の有無から推測する。また石英は認識が容易であるため、色や磁性に関係なく、岩種の識別に用いられる。

この識別基準に基づき、花崗岩の特徴を挙げると、組織は等粒状、石英を含み、全体的に白色から桃色、磁性は基本的には無いが有するものもある、となる。将来的には、組織と組み合わせた識別方法を提案することを考えているが、本研究では、まず岩石の全体的な色に着目し、画像が持つ色情報を利用した花崗岩の検出を試みた。

3. 岩石画像の収集

3.1 撮影画像の種類

物体の色は、光を通じてカメラに届く。そのため、同一物体を撮影する場合においても、撮影時の光源や光量とい

表-2 屋内撮影カメラの性能⁶⁾

製品	SIGMA DP3 Merrill	
有効画素数	4608万画素	
撮像素子	Foveon X3 ダイレクトイメージセンサー(CMOS)	
レンズ	焦点距離	50 mm (35 mm判換算75 mm 相当)
	解放F値	F2.8 - F16
	レンズ構成	8群10枚
ISO感度	ISO 100 - ISO 6400	
絞り羽根枚数	7枚	
オートフォーカス	コントラスト検出方式	



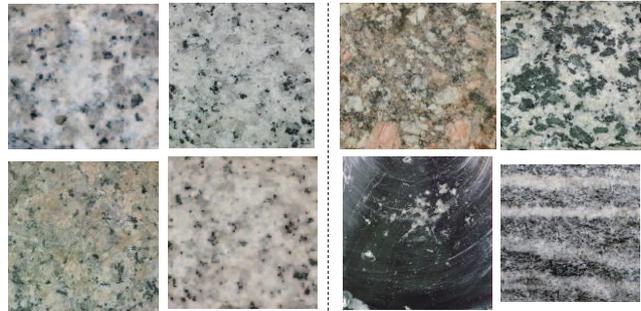
図-1 撮影風景

表-3 撮影機材

ライト	商品撮影セット フォトラ PH-004
背景用の布	黒色フェルト布
カラーチャート	DGKデジタルカラーカード

表-4 屋内撮影画像内訳

花崗岩		19枚	
花崗岩以外の岩石	閃緑岩, 安山岩	各7枚	計55枚
	凝灰岩	5枚	
	流紋岩	4枚	
	花崗斑岩, 玄武岩, 片岩	各3枚	
	アブライト, 凝灰角礫岩, 砂岩, 石英斑岩, ヒン岩, 片麻岩,	各2枚	
	角礫岩, かんらん岩, 輝岩, 輝緑岩, 黒曜岩, 石灰岩, 千枚岩, 泥岩, デイサイト, 粘板岩, 斑れい岩, 礫岩	各1枚	
		計74枚	



(a) 花崗岩

(b) 花崗岩以外の岩石

図-2 屋内撮影画像例

表-5 屋外撮影カメラの性能⁷⁾

製品	COOLPIX P7700	
有効画素数	1219万画素	
撮像素子	1/1.7減色CMOS	
レンズ	焦点距離	6.0 - 42.8 mm (35 mm判換算28 - 200 mm 相当)
	解放F値	f/2 - 4
	レンズ構成	10群13枚 (EDレンズ2枚)
ISO感度	ISO 80 - ISO 1600	
絞り羽根枚数	7枚	
オートフォーカス	コントラスト検出方式	



図-3 撮影場所の例

表-6 屋外撮影画像内訳

花崗岩		7枚	
花崗岩以外の岩石	玄武岩質熔岩	5枚	計6枚
	石灰岩	1枚	
		計13枚	



(a) 花崗岩

(b) 花崗岩以外の岩石

図-4 屋外撮影画像例

った光の条件によってカメラが保存する色情報が変化する。また、色に基づき分類するためには、画像が持つ色情報が目視で認識する色と同一である必要がある。そこで、色情報の変化を防ぎ、目視で認識する色と同じ色情報を得るために、屋内で照明器具を用いることで光源と光量を一定にして、岩石の撮影を行った。そして、まず、この画像を使用して、画像の色情報による花崗岩検出の可否を検討した。

しかし、通常岩石の分類が必要となる場面は野外が多い。そこで、実際に屋外で画像を撮影し、次のステップとして、この画像を使用した場合について検討した。

3.2 屋内撮影画像

屋内での撮影で使用したデジタルカメラを表-2 に示す。撮影時には、人工のライトを当てることで光量を一定にしている。更に、次の三点に留意した。

- (1) ピントは、岩石の広い範囲が被写界深度に来るよう、極力絞った状態にする。
- (2) 露出は、通常 18%グレイに設定し、撮影状況によって岩石の色が強調されるように補正する。
- (3) ホワイトバランスは、白紙やカラーチャートの撮影を用いて、色が同一に撮影されるように補正する。

撮影風景を図-1 に、カメラ以外の使用機材を表-3 に示す。岩石とカメラは、岩石の比較的平坦な面が、カメラレンズと平行になるように配置した。またライトは、カメラと岩石を結ぶ線分と、岩石とライトを結ぶ線分のなす角が 45° になるように、それぞれ配置した。

撮影した画像は、広島大学教育学研究科に保存されている岩石標本である。なお、実際の解析では、背景の影響の除去と、撮影範囲内の岩石サイズの統一のために、およそ 4 cm 四方が画像に収まるようにトリミングを施し、およそ 6,000,000~500,000 pixel の画素数にした画像を使用した。撮影した画像の内訳を表-4 に、例を図-2 に示す。

3.3 屋外撮影画像

屋外での撮影で使用したデジタルカメラを表-5 に示す。このカメラは、屋内撮影カメラと比べて小型で軽量のため、より実務での利用が容易である。ここで、実際の解析に必要な画像はトリミングを施しており、画像の画素数が画像ごとに様々である。また、画像の色と目視で認識する色が同じにする上で感度が調節されるため、感度もまた画像によって異なる。以上より、カメラの違いによる解析への影響は無視できると考えている。

屋外の岩石画像として、広島大学東広島キャンパス構内の構造物に使用されている岩石、及び岩石化粧版を撮影し

た。撮影場所の例を図-3 に示す。撮影は、岩石表面の凹凸によって画像に影が発生することを避けるため、曇天時、または晴天時の日陰で行った。また、屋外で撮影した岩石は比較的新鮮であったため、岩石表面を拭い泥などの付着を除去した状態で撮影した。この他に留意した点はなく、撮影時の光量は画像によって異なる。撮影した画像は、屋内撮影画像と同様に、トリミングを施したものを解析に使用した。撮影した画像の内訳を表-6 に、例を図-4 に示す。

4. RGB 値による花崗岩の検出

4.1 RGB 値の取得

画像の色は通常複数の成分から構成され、色は各成分値の違いによって表現される。色の表示には $L^*a^*b^*$ や HSV がある。本研究では、もっとも単純でわかりやすい RGB (Red, Green, Blue) を選択した。RGB 値は 0~255 の 256 段階で表され、数値が大きいほど成分が強い。また、実際の画像の色は RGB 値による加法混色に基づいて形成される。

デジタル写真から解析で使用するデータを取得するためには、RGB 値を認識する必要がある。この数値情報は、図-5 のように、三次元配列として表現することができる。配列の縦が画像の縦方向の pixel 位置、横が画像の横方向の pixel 位置、奥行きが RGB の各成分である。また、RGB の値は B, G, R の順に表現される。この配列に格納された値を操作し、条件を設定することで、花崗岩を検出する。

4.2 RGB 値の組み合わせ発生頻度

岩石画像が持つ色の割合を知るために、RGB 値の組み合わせ発生頻度を考えた。これは、RGB 値によって 8 種類に分類された pixel の総数が、全体の pixel 数に占める割合である。このとき、pixel が分類される 8 種類をカラーブロックと呼ぶこととし、各ブロックの該当値を表-7 に、各ブロックの関係を図-6 に示す。なお、カラーブロックの種類が増加するほど、表現できる色は増えるため、精度が向上する可能性がある。本研究では、最もブロック数が少ない、各 RGB 値を 2 分岐して組み合わせた 8 種類とした。この、RGB 値組み合わせ発生頻度の特徴は、RGB 値を独立した分布ではなく、3 成分で 1 つのまとまりをもつ分布としてとらえている点である。RGB 値組み合わせ発生頻度算出方法を以下に述べる。

- (1) Open CV⁸⁾を用いて、岩石画像の RGB 値の配列を取得する。
- (2) 各 pixel の RGB 値が、どのカラーブロックに該当するかを判断する。

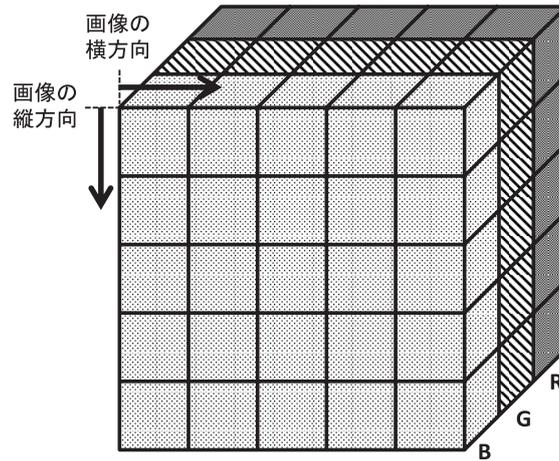


図-5 RGB 値の三次元配列

表-7 カラーブロックの該当値

ブロック番号	B成分	G成分	R成分	代表色
1	0-127	0-127	0-127	黒 (0, 0, 0)
2	0-127	0-127	128-255	赤 (0, 0, 255)
3	0-127	128-255	0-127	緑 (0, 255, 0)
4	0-127	128-255	128-255	イエロー (0, 255, 255)
5	128-255	0-127	0-127	青 (255, 0, 0)
6	128-255	0-127	128-255	マゼンタ (255, 0, 255)
7	128-255	128-255	0-127	シアン (255, 255, 0)
8	128-255	128-255	128-255	白 (255, 255, 255)

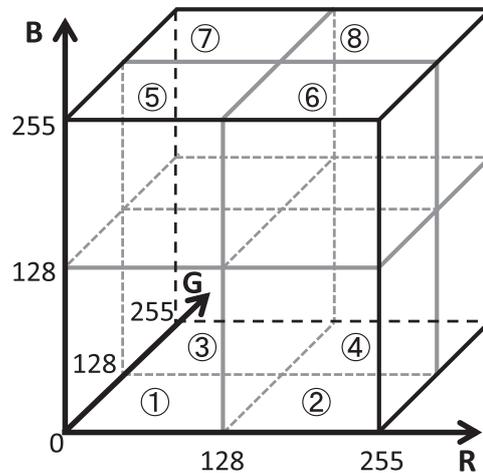


図-6 カラーブロックの関係

- (3) 各カラーブロックの条件に該当した pixel の個数を数える。
- (4) 各カラーブロックの条件に該当した pixel の総数を、画像全体の pixel 数で除す。この値を発生頻度と呼ぶ。
- (5) 横軸にカラーブロック番号、縦軸に各ブロックの発生頻度を取ったヒストグラムを作成する。

この方法を用いて、実際に、屋内撮影画像から作成した、RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムの例を図-7 から図-9 に示す。なお、使用した画像の岩種は、花崗岩、花崗斑岩、凝灰岩の 3 種類である。図-7 から図-9 より、画像によって異なるヒストグラムが作成できることがわかる。

また、図-7 からは、花崗岩の RGB 値組み合わせは、ブロック 8 の発生頻度が卓越していることがわかる。これは、花崗岩にカリ長石や斜長石といった、白みの強い岩石が多く含まれていることに合致している。ブロック 1 に分類されている pixel は黒雲母が写った箇所である。また、石英は半透明であるため、石英の写った pixel は、石英の奥に

存在する鉱物によって、黒雲母の場合はブロック 1、長石の場合はブロック 8 と、両方に分類された。

図-8 からは、花崗斑岩の RGB 値組み合わせは、ブロック 1, 2, 4, 8 で発生している。花崗岩と同様に、ブロック 8 には、斜長石やカリ長石が写った pixel が分類されていた。花崗斑岩は半深成岩であるため花崗岩よりも石基が多く、この石基が写った pixel が、ブロック 1 に分類されていた。また、解析した花崗斑岩画像のカリ長石が、図-7 (a) よりも濃い桃色であったため、花崗岩とは異なり、カリ長石の写った pixel がブロック 2, 4 に分類された。

図-9 からは、凝灰岩の RGB 値組み合わせは、ブロック 4 の値が若干増加しているものの、花崗岩と類似している。しかし、実際の岩石および画像は灰色に近いにもかかわらず、ブロック 8 の発生頻度が卓越した。この原因は、RGB 値がそれぞれ 128 より少し大きな値を持ったからである。ただし、凝灰岩は成因の関係上、火山灰が持つ化学組成によって、白色、灰色、赤色と多様な色が発生しうる。その

RGB値の組み合わせ発生頻度による花崗岩検出の試み

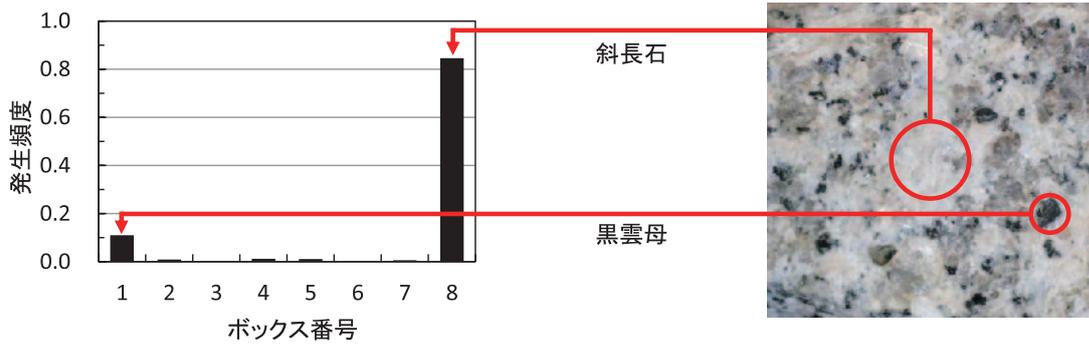


図-7 RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムの例 (花崗岩)

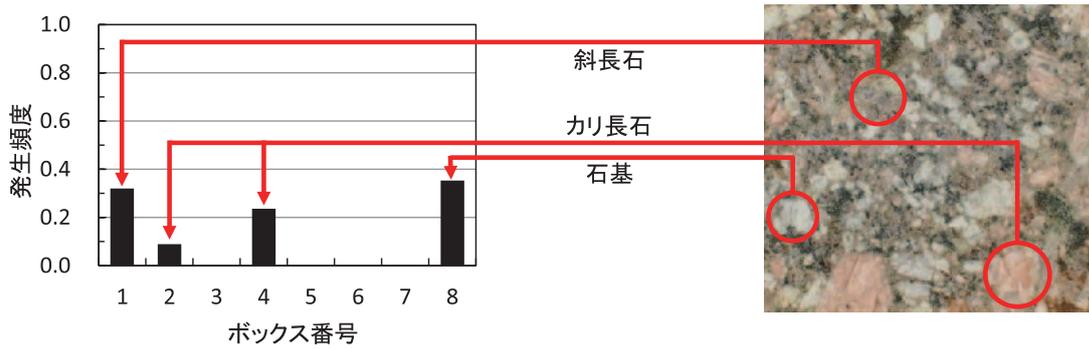


図-8 RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムの例 (花崗斑岩)

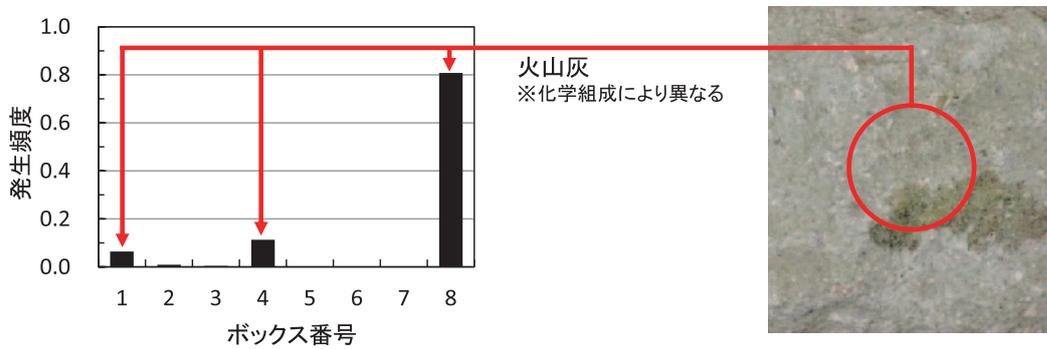


図-9 RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムの例 (凝灰岩)

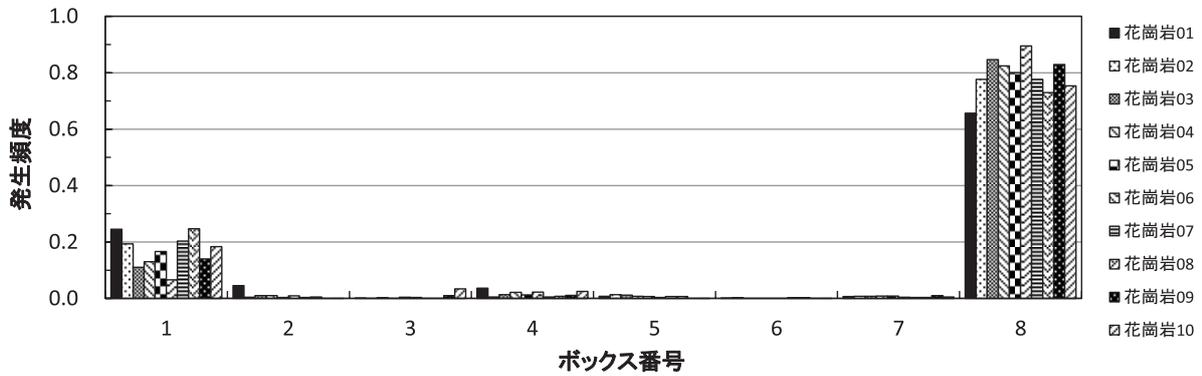


図-10 花崗岩 10 枚の RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラム

ため、ヒストグラムの形状が花崗岩と常に類似するものではないと考える。

以上の岩石は、花崗岩、花崗斑岩、凝灰岩の一例である。しかし、鉱物によって分類されるカラーボックスには傾向があることがわかるため、RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムは、岩種の特徴を表現できると予想される。

4.3 検出条件の決定

花崗岩の特徴を得るために、花崗岩 10 枚の屋内撮影画像を用いて、RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムを作成した。ヒストグラムを図-10 に示す。

図-10 より、図-7 と同様に、RGB 値組み合わせは、ブロック 1 とブロック 8 に集中しており、且つ、ブロック 1 に比べてブロック 8 の発生頻度が卓越する傾向がある。この特徴から、花崗岩の画像は次の 2 つの条件を共に満たすと判断した。

- (1) ブロック 1 とブロック 8 の発生頻度の和が 0.9 以上
- (2) ブロック 8 の発生頻度が 0.7 以上

この条件を用いて、花崗岩画像の検出を行った。

4.4 検出手順

RGB 値組み合わせ発生頻度を用いて、岩種が未知の画像から、花崗岩を検出する手順を図-11 と、以下に示す。

- (1) Open CV⁸⁾を用いて、岩石画像の RGB 値の配列を取得し、RGB 値組み合わせ発生頻度を算出する。
- (2) 算出された RGB 値組み合わせ発生頻度の値を、花崗岩画像の条件に一致するか判断する。
- (3) 花崗岩条件に一致した画像を花崗岩、一致しない画像を花崗岩以外の岩石を判断する。

判断された画像の正否を確認し、正しく判断された画像の割合を算出し、正答率とする。

5. 花崗岩検出実験

5.1 屋内撮影画像を用いた結果

検出実験結果を表-8 に示す。表-8 より、全体の正答率は 90 % と高い値を示した。正答率より、花崗岩の検出条件が妥当であるといえる。

実験において、誤った判断をした画像の RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラムを図-12 に示す。それぞれの画像について条件を満たさなかった原因を考察する。

図-12 (a)より、ブロック 1 とブロック 8 の和が 0.9 以上

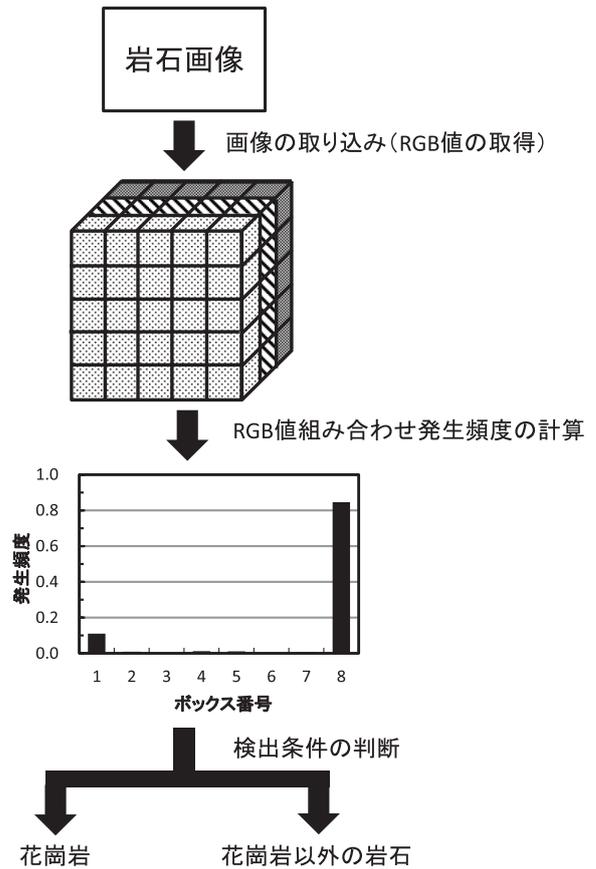


図-11 花崗岩検出方法

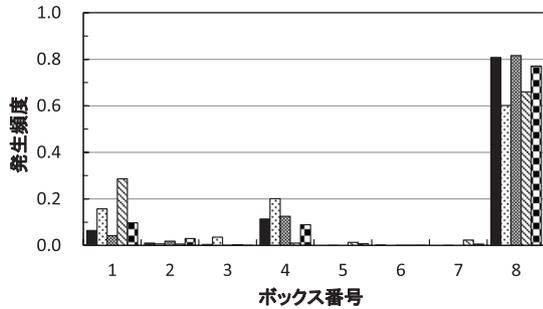
の検出条件(1)を満たしていない画像は、miss1 と miss4 以外の 3 枚で、ブロック 8 の発生頻度が 0.7 以上の検出条件(2)を満たしていない画像は、miss1, miss2, miss4 である。まず miss1 は、石英の pixel がボックス 4 に分類された。これは、石英とその奥の鉱物の間に風化した褐色の粒子が入ったことにより、石英が薄い褐色に写ったからである。miss2 は、岩石表面が明らかに風化していた。そのため、長石が褐色を帯び、ボックス 4 に分類された。miss3 は、白雲母を含んだ岩石で、白雲母と石英の光の反射部がボックス 4 に分類された。miss4 は、石英の周囲に黒雲母が多く、黒雲母とともに石英がボックス 1 に分類された。miss5 は、miss2 ほどではないが、風化していた。そのため、風化した長石がボックス 4 に分類された。以上の判断を表-9 に示す。このように、花崗岩として検出できなかった画像の岩石は、風化や石英及び石英近傍の鉱物の影響が原因となっている。しかし、表-9 からわかるように、これらの画像も、ボックス 8 の発生頻度が卓越するという傾向は一致し、検出条件の設定を精査すれば更なる精度向上が見込めると考えられる。

図-12 (b)より、miss6 と miss7 は確かに、検出条件の 2 つを満たしている。miss6 は粒子の細かな閃緑岩である。

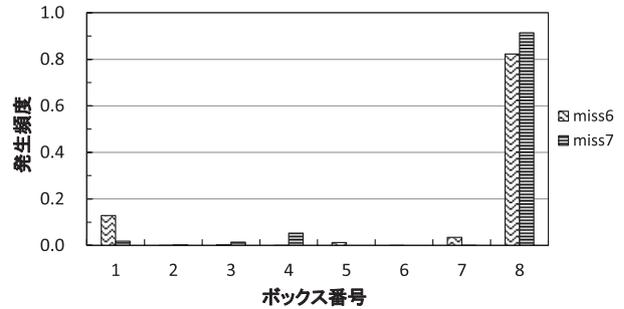
RGB値の組み合わせ発生頻度による花崗岩検出の試み

表-8 屋内撮影画像を用いた検出実験結果

正解	入力枚数	検出枚数		検出正答率
		花崗岩	花崗岩以外	
花崗岩	19 枚	14 枚	5 枚	73.7 %
花崗岩以外	55 枚	2 枚	53 枚	96.4 %
全体	74 枚	21 枚	34 枚	90.5 %



(a) 花崗岩



(b) 花崗岩以外

図-12 屋内撮影画像の誤判断画像の RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラム

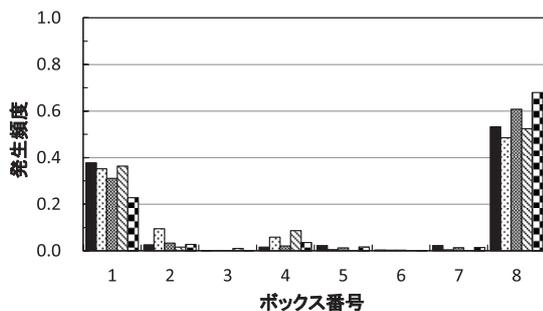
表-9 屋内撮影画像を用いた検出実験の検討まとめ

番号	岩石名	実験結果	相対度数		考察
			ボックス1+ボックス8	ボックス8	
miss1	花崗岩	花崗岩以外	0.902	0.657*	風化の褐色粒子により石英を褐色と認識
miss2	花崗岩	花崗岩以外	0.758*	0.601*	風化による長石の褐色化
miss3	花崗岩	花崗岩以外	0.857*	0.816	白雲母と石英の反射部を褐色と認識
miss4	花崗岩	花崗岩以外	0.945	0.660*	石英周辺の黒雲母により石英を黒色と認識
miss5	花崗岩	花崗岩以外	0.868*	0.771	風化による長石の褐色化
miss6	閃緑岩	花崗岩	0.950	0.822	灰色部を白色と認識
miss7	粘板岩	花崗岩	0.932	0.914	薄い灰色部を白色と認識

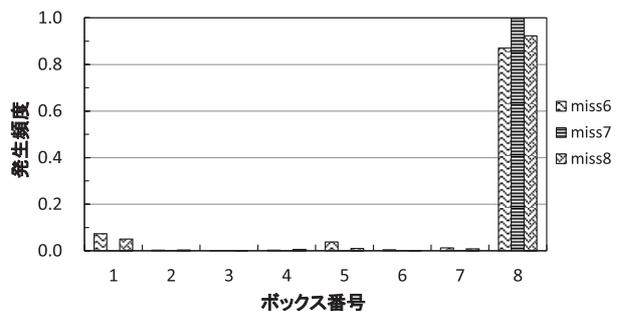
*は基準値を満たさなかった項目

表-10 屋外撮影画像を用いた検出実験結果

正解	入力枚数	検出枚数		検出正答率
		花崗岩	花崗岩以外	
花崗岩	7 枚	2 枚	5 枚	28.6 %
花崗岩以外	6 枚	3 枚	3 枚	50.0 %
全体	13 枚	5 枚	8 枚	38.5 %



(a) 花崗岩



(b) 花崗岩以外

図-13 屋外撮影画像の誤判断画像の RGB 値組み合わせ発生頻度ヒストグラム

粒子が細かいため目視において灰色に見える部分も多く、そのため灰色分が白色に認識され、花崗岩の条件を満たすことになった。miss7は、粘板岩である。全体的に薄い灰色であるため、ボックス8にpixelの大部分が分類され、花崗岩の条件を満たすことになった。このように、花崗岩として検出されたその他の岩石は灰色という特徴がある。以上から、目視で灰色と判断されるようなRGB値が、ボックスの境界値付近の値になる場合に、花崗岩として誤って検出してしまうことが推察できる。この点については、ボックスの細分化により、更なる精度向上が期待できる。

以上より、屋内で撮影した画像を使用した場合には、RGB値組み合わせ発生頻度を用いて花崗岩を検出することが可能であるといえる。

5.2 屋外撮影画像を用いた結果

検出実験結果を表-10に示す。表-10より、全体の正答率は38%となり、屋内撮影画像を使用した場合と比べて大幅に減少した。

図-13(a)より、花崗岩として検出できなかった画像は、全て検出条件(2)を満たしていない。これらの画像は、岩石表面の鉱物による凹凸部分のpixelが、ボックス1に分類されていた。これより、曇天時や日陰で撮影を行っても、検出条件に一致しないほど、影による影響を受けることがあると判明した。一方で、花崗岩として誤って検出された3枚は、図-13(b)から分かるように、ボックス8が卓越している。ここで、この3枚は、miss6が玄武岩質熔岩、miss7が石灰岩、miss8が玄武岩質熔岩である。石灰岩は灰色から白色の岩石であるが、miss7は、白色であったため、ボックス8が卓越した。また、玄武岩質熔岩は、黒色から濃茶色の岩石ではあるが、今回撮影した岩石は、灰色に近い色をしており、ボックス8に分類されたと考えられる。このように、屋外で撮影した画像は、岩石表面の凹凸による影の影響をうける。

以上より、屋外で撮影した画像を使用した場合には、RGB値組み合わせ発生頻度を用いて花崗岩を検出することは困難であることがわかった。この理由としては、光量のばらつき、分析に使用した入力枚数の違いが考えられる。今後は、屋内撮影画像と同程度の枚数を収集して、詳細な検討を行う必要がある。

6. 結論

RGB値組み合わせ発生頻度を用いた花崗岩の検出実験より、次の結果が得られた。

- (1) 花崗岩画像は、RGB値組み合わせ発生頻度に特有の傾向がみられる。
- (2) 屋内で撮影した画像を使用した場合、RGB値組み合わせ発生頻度を用いて、花崗岩を検出することができた。
- (3) 屋外で撮影した画像を使用した場合、RGB値組み合わせ発生頻度を用いた花崗岩の検出の正答率は低下した。

本研究の段階では、まだ実用に値する正答率ではないが、色情報が画像解析においても有用な判断情報となりえることが確認できた。今後は、組織の検出と組み合わせることで、種々の目的に応じた必要精度を達成できるような手法を開発できると考えている。

謝辞

広島大学大学院玉木徹准教授に、画像解析技術に関する助言を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 中国地質調査業協会 わかりやすい地質百科 : <http://www.chugoku-geo.or.jp/geology/skill/002>, 確認年月日 2014年6月10日。
- 2) Tetsushi Nagano, Satoru Nakashima: Study of colors and degree of weathering of granitic rocks by visible diffuse reflectance spectroscopy, *Geochemical Journal*, Vol.23, pp.75-83, 1989.
- 3) 満下淳二, 石沢一吉, 遠藤司, 武内俊昭: 岩石の色測定と風化区分および物性値評価への応用に関する検討, *応用地質*, Vol.38, No.6, pp.370-385, 1998.
- 4) 榎戸源則, 坂田文男: ポアホールテレビ映像による岩種推定の適用例, *地盤工学会論文報告集*, Vol.36, No.2, pp.153-156, 1996.
- 5) 鈴木盛久, 林武広, 山崎博史: 教員養成系大学学生の岩石識別向上への試み, *地学教育*, Vol.59, pp.157-165, 2006.
- 6) SIGMA DP3 Merrill : http://www.sigma-photo.co.jp/camera/dp3_merrill/, 確認年月日 2014年6月4日。
- 7) COOLPIX P7700 : <http://www.nikon-image.com/products/camera/compact/coolpix/performance/p7700/>, 確認年月日 2014年6月4日。
- 8) Open CV : <http://opencv.org/>, 確認年月日 2014年6月3日。

(2014年6月23日 受付)