

ハイパースペクトルカメラを用いたのり面の風化評価に関する基礎的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○前田悠杜 フェロー会員 蔣 宇静
 (梶熊谷組 正会員 手塚 仁 青木宏一 長崎大学大学院 曹 文正

1. 研究の背景・目的

山岳トンネルの施工において、切羽評価は、主に地質技術者の目視情報を元に良否を判定している。筆者らは、切羽面の評価をより効率的に行うために、目視に代わり、ハイパースペクトルカメラ（以下、HSCとする）から得られたデータを用いる評価手法の確立を進めている。既往の研究¹⁾では、トンネル切羽において、HSCによる画像解析結果と地質技術者による強風化部と弱風化部との評価を比較して、両者の整合性は高いことが確認されている。

本研究では、あかり工事における、のり面の岩石風化に着目して、HSCによる画像解析結果と地質技術者の評価の差異を、定量的に比較し、HSCを用いた岩石風化評価の実用性の検証を目的としている。

2. 研究概要

2.1 HSCについて

一般的に人間の目が可視光を赤・緑・青の3つのスケールで色を捉えているのに対して、撮影に使用するHSC (SPECIMIQ) は、不可視光域を含む408~991nmの波長を196分割して記録する。これによって、人間の目では判断できない微細な色の違いにもHSCは対応することができる。撮影で得られたデータは単一スペクトル帯がグレースケールで重なったデータキューブとして保存され、縦軸を光の反射の強さを示すintensity (i)、横軸を波長 (nm) とするスペクトル曲線に変換することで確認できる (図-1)。

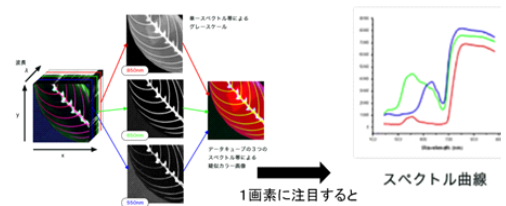


図-1 HSC画像の概要

2.2 撮影現場・撮影方法について

本研究では滋賀県大津市内のある箇所ののり面を対象としている (図-2)。便宜上、図-2中ののり面を左から順にのり面①、のり面②、のり面③と呼ぶ。地質技術者が目視で作成した地質スケッチでは、各のり面は電研式岩盤分類²⁾ (表-1) D_Hが主体で、部分的にD_M、C_Lの風化花崗岩で構成されている。

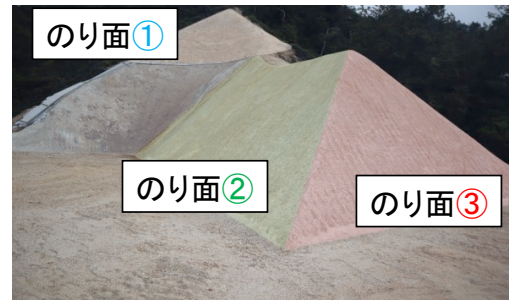


図-2 対象のり面

光源は太陽光を使用する。光源の位置が結果に影響を与えることを考慮して、各のり面で複数回撮影を行った (表-2)。

2.3 解析方法

HSC画像解析用ソフト perception core の case 法を用いて分類画像を作成した。case 法では撮影画像内で任意に選択したピクセルで得られたスペクトルデータを教師データとして扱う。出力結果 (分類画像) では、対象画像全体のスペクトルデータに着目し、スペクトル曲線が最も類似している教師データを1画素ごとに反映する。

本研究では、画像処理ソフト Image J を利用して、上記の結果で得られた分類画像と地質スケッチを基に作成した地質スケッチ画像の一致率を算出することにした。なお、一致率の定義式は次に示す。

$$\text{一致率(\%)} = \frac{\text{分類画像上の} N}{\text{地質スケッチ画像上の} N} \times 100$$

ここで、N: 各区分 (C_L, D_M, D_H) の総ピクセル数 である。

表-1 電研式岩盤分類指標

(赤字: 本現場の岩級)

岩級区分	現場	ボーリング	コア	岩石試験	探査
	ハンマー打撃音質	亀裂間隔	掘進速度	RQD	一軸圧縮強度 弾性波速度
A	金属音キンキン	>100cm	<2cm/min	>90%	>200Mpa >5km/s
B	金属音キン	40~50cm	2~4cm/min	70~90%	>200Mpa 4~5km/s
CH	金属音	10~30cm	2cm/min	10~70%	100~200Mpa >4km/s
CM	やや鈍い音	15cm	>3cm/min	約30%	50~100Mpa 3.8~4km/s
OL	鈍い音	10cm前後		約10%	25~50Mpa 2.0~2.5km/s
D~OL	ドスン	岩片状		0%	1~25Mpa 0.7~1.3km/s
D	ドン	礫状		0%	0.3~0.4km/s
破砕帯	ボコ	土・粘土		0%	

表-2 撮影条件

パターン	のり面	撮影距離	影	湧水	整備跡
I	①	14.5m	有 (一部)	有	無
II	①	14.5m	有 (一部)	有	無
III	①	14.5m	有 (全面)	有	無
IV	②	10m	有 (全面)	無	有
V	②	10m	無	無	有
VI	③	5.5m	無	無	有
VII	③	5.5m	有 (全面)	無	有

3. 結果と考察

画像分類を行う際、地質スケッチの結果を基に、各のり面の岩級区分ごとに任意の点で教師データを取得した。のり面①は太陽の位置の都合上、常に画像上に影が含まれた。

図-3 にのり面①の分類画像の結果と地質スケッチを示す。図-3 よりパターン I, II の分類画像では影が原因と思われる分類の境界線が見られたため、パターン III を用いて地質スケッチとの比較を行った。のり面②, ③では、パターン IV, VII で撮影が完了せず、失敗となった。これは逆光が原因であると考えられる。そのため、のり面②ではパターン V を、のり面③ではパターン VI を用いて地質スケッチとの比較を行った。図-4 にのり面②の分類画像と地質スケッチを、図-5 にのり面③の分類画像と地質スケッチを示す。

次に各のり面の分類画像と地質スケッチとの一致率を考察する (表-3)。のり面①は C_L , D_H で 7~8 割程度の一致率となり、ある程度の整合性が見られる結果となったが、 D_M は 5 割程度の一致率となり、判別が難しい結果となった。 D_M の一致率が低い原因として、のり面①は表面の凹凸により、影が生じて解析結果に干渉したのではないかと考える。のり面②では D_H で 75% の一致率であったのに対して、 D_M では影が含まれている箇所が判別不能となっており、一致率も 6 割以下になっている。また、のり面②には整備跡で生じた凹凸が広く分布しており、分類画像上で本来 D_H と判定される箇所に線上に D_M と誤判定をしていることが、一致率の低下につながったと考えられる。のり面③でものり面②と同様に、凹凸によると思われる誤判定が見られた。

また、のり面③中央付近には割れ目が生じており、分類画像上で D_H と判定されるべき箇所を D_M と誤判定している。

図-6 はのり面③の D_M , D_H それぞれの凹凸部のスペクトルデータを示す。岩級区分の違いによるスペクトルデータの変化より、影の有無によるスペクトルデータの変化の方が大きいことが伺える。このことから、教師データの取得位置も、画像分類結果の誤判定の要因となると考えられる。

4. まとめ

本研究では、のり面を対象として分類画像と地質スケッチとは高い整合性を有することが確認できた。しかし、光源が太陽光であるため撮影条件を一定にすることが難しいことや、太陽の位置やのり面上の凹凸によって誤判定が生じやすいという問題も示された。HSC の実用化に向けて、今後データの前処理や重みづけによって精度を向上させていく必要がある。

参考文献

- 1) 石濱茂崇ら：ハイパースペクトルカメラによるトンネル切羽撮影と地山評価の試み，令和 3 年度日本応用地質学会研究発表会講演論文集，pp.3-4, 2021.
- 2) 中井卓巳：「土木工事と地質調査・地盤計測手法」，[data_050706.pdf\(earthtech-toyo.com\)](http://data.050706.pdf(earthtech-toyo.com))，2022/12/13

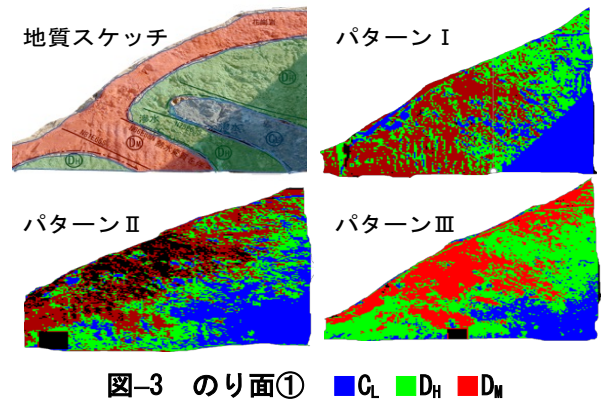


図-3 のり面① C_L D_H D_M

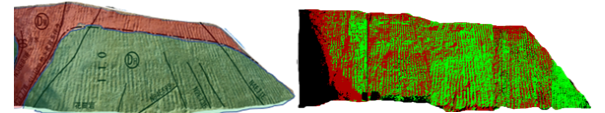


図-4 のり面② D_H D_M

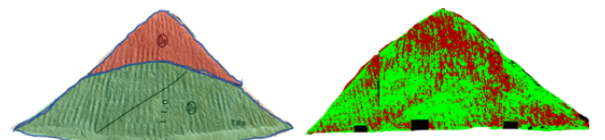


図-5 のり面③ D_H D_M

表-3 一致率 (%)

岩級区分	のり面①	のり面②	のり面③
C_L	81.7		
D_H	77.3	75.2	74.4
D_M	51.7	57.4	72.1

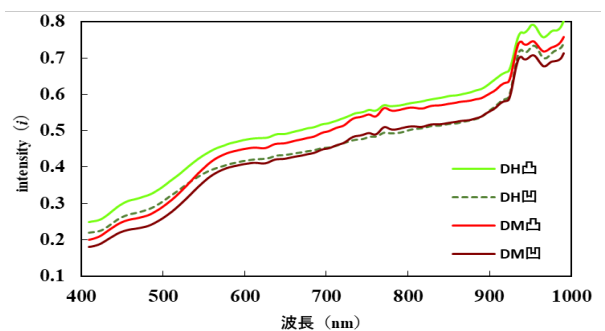


図-6 のり面③凹凸部のスペクトルデータ