

AI とハイパースペクトルカメラを活用した 建設材料性状の自動評価システムの構築

[研究代表者] 中村吉男 (工学部土木工学科)
[共同研究者] 山本義幸 (工学部土木工学科)
[共同研究者] 宇津木慎司 (株安藤・間)

研究成果の概要

岩塊はコンクリートの骨材やロックフィルダムの盛立材料をはじめ、道路、鉄道の路床、路盤、宅地造成あるいは各種護岸など、あらゆる土木工事に欠くことのできない材料の一つである。岩塊は成因により火成岩・堆積岩および深成岩の3種類に大別されるが、岩塊を構成する単位は造岩鉱物である Al・Ca・Mg・Na・K などの珪酸塩が主体となることから、地質工学の分野では組成鉱物、例えば有色鉱物の量比による色調の変化や、無色鉱物の種類と性質、さらには化学成分組成に着目し区分され、その種類は多岐にわたる。また、土木工事においては、材料の良否の判断として岩塊を硬岩と軟岩とに大別するが、両者の境をどこにおくかについては現在の所ははっきりした定義がなされているわけではなく、緻密さや硬軟の程度を吸水率や比重、圧縮強度試験などの物理・力学試験を実施して判定し、風化や乾湿に対する耐久性や重金属類の溶出等に関する環境安全性については化学的な試験を行い個別に評価している。このように、岩塊を区分するためには、成因評価と各種試験を行う必要があり、経験に培われた専門的な知識と時間およびコストがかかり、代替えとなる敏速で簡便な手法の開発が求められている。

本研究は、ハイパースペクトルカメラで取得した岩塊のスペクトル反射率で深層学習を行い、岩塊の分類を試みるものであり、具体的には、ダムコンクリートの骨材として利用が計画されている変質輝石安山岩の分類規定に基づき区分した3種類の岩塊のスペクトル反射率をトレーニングデータとして学習させ、学習後に未知のスペクトル反射率をテストデータとして深層学習の学習器で自動判定を行った。この結果、物理、力学特性のバラツキが多い材料については、判定手法の改善が必要であるものの、3種類の岩塊のうち2種類の区分は100%の判別が可能であり、ハイパースペクトルカメラからのスペクトル反射率で深層学習により岩塊の分類が有効であることが示唆された。

研究分野：地盤工学

キーワード：建設材料、組成鉱物、変質安山岩、ハイパースペクトルカメラ、深層学習、AI (人工知能)

1. 研究開始当初の背景

土・岩塊などを始めとした天然資材の評価を効率的に行うことを目的とした研究は、3D レーザースキャナーの反射強度画像を用いた画像処理による岩石マッピング¹⁾や、不可視光線の波長帯の紫外線や赤外線、遠赤外線等も分光して記録できるハイパースペクトルカメラを利用したサンゴ礁の低質被度を推定や農業の生育状況と病虫害被害の可視化が試みられている²⁻³⁾。また、土木分野では人工知能の一種である深層学習の利活用が検討されており、様々な評価・分析における高度化、省略化が図られている。

2. 研究の目的

既往評価法で性状分析を行った建設材料を、ハイパースペクトルカメラで撮影し、スペクトル分析結果と既往評価結果との相関関係をAIに学習させることにより、建設材料の性状評価を自動的かつ瞬時に把握するシステムの開発を目指すものである。本研究では、建設資材の一つとしてダム用コンクリート骨材について区分評価を行うものである。

3. 研究の方法

(1) 実験試料の特徴

試料はダムコンクリートの骨材として利用が計画され

ている変質輝石安山岩を使用した⁴⁾。この安山岩は、気孔（安山岩マグマの揮発成分が気相となり発泡した跡、大きさは小豆大～卵大）が発達しており、白斑状を呈し、方解石・濁沸石・緑泥石が晶出・充填している。また、本岩体は変質作用を受けているため、本岩内の斑晶をなす斜長石や輝石は、全体的にあるいは一部が再結晶化、方解石、緑泥色粘土化しているとされ、白斑に含まれる濁沸石は、コンクリート骨材としての耐凍害性に悪影響を与える有害物質であり、加えてアルカリ骨材反応の反応性骨材である輝石等も白斑に含まれている。

(2) 実験試料の分類と物理・化学・力学特性

本研究で対象とした岩塊は、方解石・濁沸石を含む白斑の量を指標とし、白斑がほとんど無いものを0材、点在しているものを1材、ゴマシオ状に散在しているものを2材とした。なお、区分した3種類の岩塊の物理・化学・力学特性は別途実施し把握した。

(3) ハイパースペクトルカメラによる計測

①ハイパースペクトルカメラ

スペクトル画像の取得は、波長範囲380nm-1000nmのスペクトル反射特性の取得が可能であるエヴァジャパン社製のスペクトルカメラ NH-8 を用いた。本研究では波長5nmごと、125波長帯に分光したスペクトル反射率を取得し検討に用いた⁵⁾。ハイパースペクトルカメラによる撮影では、可視光線の波長帯の電磁波や、不可視光線波長帯の紫外線や赤外線、遠赤外線の電磁波を各波長帯に分光して記録したハイパースペクトル画像を取得できる。全ての物体は波長帯ごとの電磁波の反射強度（スペクトル反射特性）が異なっており、異なる波長帯の電磁波を記録するハイパースペクトル画像は、被写体のスペクトル反射特性を把握するために必要となる⁶⁾。

②計測

スペクトル画像の取得は標準反射板を同時に撮影することにより照明条件の違いの補正を行った。画像取得時に使用する照明は、比較的各波長帯の出力特性の強弱が少ないことが望ましいため、市販の照明のなかで比較的各波長帯の出力特性の強弱が少ないハロゲンランプを照明として用いた。ハイパースペクトルカメラは岩塊試料から反射した反射スペクトルを計測するため、3台のハロゲンランプとソフトボックスを用い、光源むらの少ない環境で撮影を行った。

③ハイパースペクトルデータ

ハイパースペクトルカメラで撮影した画像の解析では画像を約50×50ピクセル（約5×5mm）でそれぞれクラス分けし、クラス分けした画像ごとのスペクトル反射率を求めた。

(4) 深層学習

本研究では深層学習を岩塊の判定に用いる。深層学習は人工知能のニューラルネットワークでの中間層が複数層あるモデルが構築できる。使用したソフトはmicrosoft社のcustom vision serviceである。利用手順としては画像をソフトにアップロードしトレーニングさせることで画像の分類器を構築する。今回はハイパースペクトルカメラで取得した岩塊のスペクトルデータの反射率を画像化したものをアップロードしトレーニングさせ判別を行う。分類器のドメインは汎用とした。本研究ではクラスごとのスペクトル反射率をトレーニングデータとして学習させ、学習後に未知のスペクトル反射率をテストデータとして深層学習の学習器で自動判定を行った。0材、1材、2材から得た総データ数はそれぞれ180ずつで、このうち170データずつをトレーニングデータに用い、10データずつテストデータとして用いた。

4. 研究成果

トレーニングデータに使用した3種類の岩塊のスペクトル反射率のグラフをそれぞれ図1(0材)、図2(1材)、図3(2材)に示す。またテストデータに使用した岩塊のスペクトル反射率のグラフをそれぞれ図4(0材)、図5(1材)、図6(2材)に示す。

自動判定の結果は0材が0%、1材が100%、2材が100%の正解率となった。0材の判定結果は、1材を示す確率が高い結果となっており、これは、図1、図2、図4、図5に見られるように、0材と1材のスペクトル反射率が類似しているためと考える。一方で2材はグラフの形が0材、1材に比べて顕著に異なるので、2材を示す判定率がほぼ100%という結果が得られたものと思われ。これより、ハイパースペクトルカメラからのスペクトル反射率で深層学習により分類できる可能性が示唆される。0材の分類精度が低いことに関しては、トレーニングデータを増やしさらに精度を上げる必要があるが、吸水試験や点

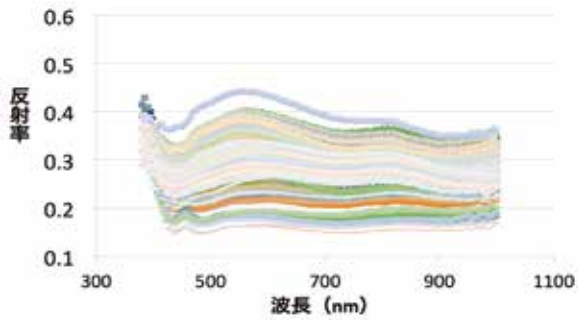


図1: スペクトル反射率 (0 材トレーニングデータ)

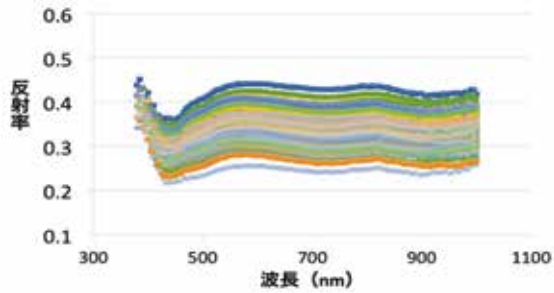


図2: スペクトル反射率 (1 材トレーニングデータ)

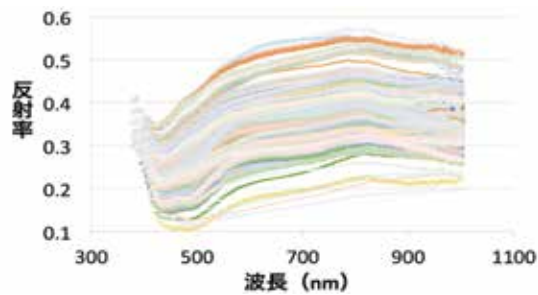


図3 スペクトル反射 (2 材トレーニングデータ)

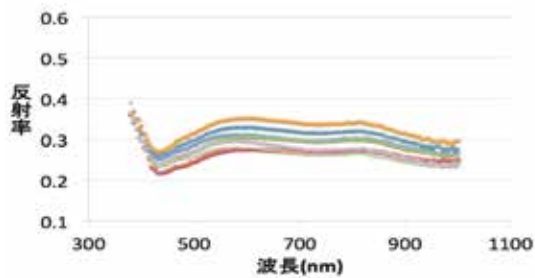


図4 スペクトル反射 (0 材テストデータ)

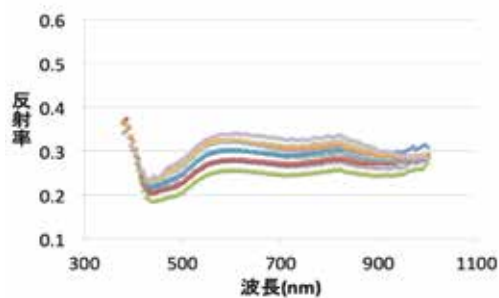


図5 スペクトル反射 (1 材テストデータ)

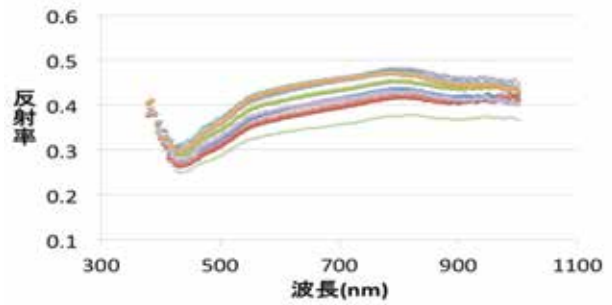


図6 スペクトル反射 (2 材テストデータ)

載荷試験での結果から岩塊ごとに数値にばらつきがあるので、岩塊をの区別と合わせて評価手法の吟味が必要であるものとする。

5. 本研究に関する発表

無し

謝辞

本研究を行うにあたり、(株)安藤・間の鶴田亮介氏、(株)アイコの吉田一也氏、筑波大学の澁谷長史助教には細部にわたりご助言をいただきました。記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 早野明:3D レーザースキャナーの反射強度画像を用いた画像処理による岩石マッピング-瑞浪超深地層研究所における適用事例、写真測量とリモートセンシング、Vol.49 (2010) No. 41993、pp.202-205
- 2) 佐島新:作物・圃場情報に最適なハイパースペクトル・マルチスペクトルカメラの開発、計測と制御、Vol. 55 (2016) No. 9、pp.764-767
- 3) 小田川信哉、武田知己、山野博哉、松永恒雄:ハイパースペクトルデータを用いたサンゴ礁底質被度推定手法の提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol. 36 (2016)No. 1、pp1-10
- 4) 日本工営株式会社:N ダムダムサイト地質検討業務報告書
- 5) 鶴田亮介、宇津木慎司 (安藤ハザマ):マルチスペクトル画像を用いた岩石種別自動判定手法の開発、H29 応用地質学会
- 6) 日本リモートセンシング学会編著、基礎からわかるリモートセンシング、理工図書、2011