

第Ⅲ部門

偏光顕微鏡を用いた CNN による岩石鑑定への挑戦！

関西大学環境都市工学部 学生員 ○鏡堂 隼平

関西大学環境都市工学部 正会員 北岡 貴文

関西大学環境都市工学部 正会員 飛田 哲男

1. はじめに

地質調査を実施するにあたって、岩石コア試料より岩石鑑定が行われる。その際には、偏光顕微鏡が使用される。肉眼では識別が難しい場合、例えば、平行ニコル（開放ニコルとも呼ぶ）では鉱物の形態、へき開、屈折率、多色性など、直交ニコル（クロスニコルとも呼ぶ）では、干渉色、消光角、伸長の正・負、光軸角と光学的正負、双晶、離溶組織を観察する¹⁾。しかし、建設コンサルタントでは、技術者不足の課題に直面している²⁾。この影響で、岩石鑑定のできる技術者も減少し、技術伝承に悩まされている。そこで本研究を、AI により薄片画像から岩石鑑定がどの程度可能であるかを把握するために開始した。AI による画像認識手法は、Convolutional Neural Network (以下、CNN と称す)により実施した。

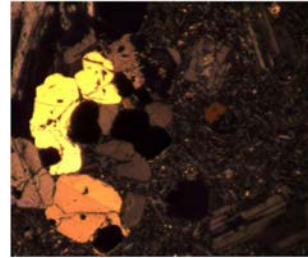


写真-1. 輝石安山岩

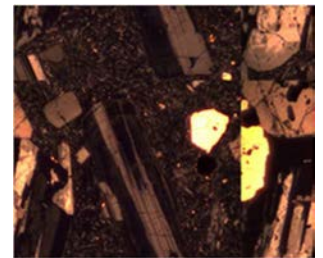


写真-2. データ拡張後

表-1. 混同行列

		予測値	
		予測結果が正	予測結果が負
真値	真値が正	TP	FN
	真値が負	FP	TN

2. 画像の撮影方法

薄片画像の撮影はメイジテクノ株式会社の偏光顕微鏡 MT9300、C マウントカメラ HD2500T を使用した。撮影した写真の一例を写真-1 に示す。撮影時の倍率は 4 倍と 10 倍とした。現時点では、へき開や多色性の特性などの分析までは検討せず、単純な AI モデルを構築するため、薄片画像としては代表的な面を撮影している。

表-2. 岩石薄片モデル学習用データ

火成岩	堆積岩	変成岩
輝石安山岩	凝灰岩	きんせい石 ホルンフェルス
閃緑岩	頁岩	黒雲母片麻岩

表-3. 岩石薄片モデル未知のテストデータ

火成岩	堆積岩	変成岩
流紋岩 (4 倍)	砂岩 (4 倍)	大理石 (4 倍)
流紋岩 (10 倍)	砂岩 (10 倍)	大理石 (10 倍)

3. データの前処理

本研究では画像枚数を確保するため、データ拡張を行った。データ拡張には keras の ImageDataGenerator というクラスを用いた。

ImageDataGenerator では様々な操作が可能であるが、本研究では操作しても鉱物の形が変わらない「明度変更」、「上下平行移動」、「左右平行移動」を用いた。外挿方法は「wrap」を指定した。データ拡張後の画像の一例（輝石安山岩）を写真-2 に示す。

4. 評価指標

モデルを評価する際は、各モデルにつき 5 回解析を実施し、その結果を用いて評価指標の計算を行った。用いた評価指標は、再現率・適合率・F 値・マクロ平均の 4 つである。表-1 に示すような混同行列の表記を用いると

$$\text{再現率} = TP / (TP + FN), \quad \text{適合率} = TP / (TP + FP) \quad \text{式 1)}$$

と表される。また、F 値とは適合率と再現率の調和平均である。

5. 岩石薄片画像を用いた岩石鑑定モデル

5.1 モデルの概要 このモデルは、入力した薄片画像を「火成岩、変成岩、火成岩」の3つに分類するものである。これを用いて、AIが薄片画像から岩石鑑定が可能かを検証する。モデルの作成に当たって、学習用データとして使用した薄片を表-2にまとめた。学習用データには合計13,392枚の画像を使用した。また、未知のテストデータとして用いた薄片を表-3に示す。

表-4. 岩石薄片モデル評価指標

	適合率	再現率	F 値
変成岩	0.45	1.00	0.62
堆積岩	0.86	0.60	0.71
火成岩	0.00	0.00	0.00

5.2 結果 表-4にこのモデルの評価指標を示す。これより、変成岩の再現率の値が1.00と大きい、適合率が小さく、その結果F値も小さくなっていることが分かる。また、火成岩の評価指標の値が全て0.00となっている。

5.3 考察 今回のモデルは学習用データの岩種が6種類と少ない。そのため、火成岩・堆積岩・変成岩の特徴を学習できていない可能性があると考えられる。

6. 鉱物薄片画像を用いた岩石鑑定モデル

6.1 モデルの概要 このモデルにより、鉱物薄片画像を学習させて岩石鑑定が可能であるかを調べる。そのために、学習用データには鉱物薄片画像、未知のテストデータには岩石薄片画像を用いた。このモデルの作成に当たって、学習用データとして使用した薄片を表-5にまとめる。学習用データには合計21,960枚の画像を使用した。また、未知のテストデータとして用いた薄片を表-6に示す。

表-5. 鉱物薄片モデル学習用データ

流紋岩	橄欖岩
石英	単斜輝石
カリ長石	橄欖石
黒雲母	

表-6. 鉱物薄片モデル未知のテストデータ

流紋岩	橄欖岩
流紋岩 (4 倍)	橄欖岩 (4 倍)
流紋岩 (10 倍)	橄欖岩 (10 倍)

6.2 結果 表-7にこのモデルの評価指標を示す。これより、正確に分類できていることが分かる。

表-7. 鉱物薄片モデル評価指標

	適合率	再現率	F 値
流紋岩	0.83	1.00	0.91
橄欖岩	1.00	0.80	0.89

6.3 考察 このモデルでは、評価指標の値が大きく出た。これは、流紋岩と橄欖岩に大きな違いがあることと、本研究で用いたものが2分類モデルであったことから、分類が容易だったからであると考えられる。

7. おわりに

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

岩石薄片画像を用いたモデルでは、学習用データの岩種が少なかったため、岩石の特徴をうまく学習できなかった。一方、鉱物薄片画像を用いたモデルでは、分類する2つの岩石に大きな違いがあったため、評価指標の値が大きくなったと考えられる。本検討では、サンプルとした岩石薄片の標本が17であり、十分な成果は得られていないが、AIに学習する環境は構築することはできた。以下に、今後の展望を挙げる。

- ① 岩石薄片モデルについては、学習用データの岩種のバリエーションを増やしたモデルを作成して検証を行う。
- ② 鉱物薄片モデルについては、分類する岩石数を増加させて検証を行う。
- ③ 新たなAIの解析モデルとして、セマンティック・セグメンテーションを導入する。
- ④ AIにより岩石・鉱物鑑定を単に種類の分類を行うのが最終目的ではなく、冒頭で述べたように、岩石・鉱物の各特性についてどの程度AIによる把握できるかについて、考察を深めていく。

今後、ベテラン技術者からの助言を受けてシステム開発を進める必要がある。本研究はあくまでもAIによる岩石・鉱物鑑定の完全自動化を目指すのではなく、若手技術者や学生がAIを用いて鑑定に関して学習する際に、参考としたり気づきへの支援を与えたりすることを目的とすることや、AIの限界を把握するために実施している。

8. 参考文献

- 1) 倉敷市立自然史博物館：偏光顕微鏡での観察、偏光顕微鏡観察 (city.kurashiki.okayama.jp)、2023年7月5日閲覧
- 2) 窪田安打：地質離れが進む建設コンサルタント業界の課題、地質技術、Vol.9, pp.41-47, 2019, http://geohiruzen.co.jp/wordpress/egj09/egj09_05.pdf, 2023年7月