

## 石灰石分別における機械学習を用いた最適な照明色の決定 Decision of best colored lighting using machine learning for limestone classification

永田 亮一<sup>†</sup> 賀川 経夫<sup>†</sup>  
Ryoichi Nagata Tsuneo Kagawa

### 1. はじめに

石灰石から得られる石灰製品は、コンクリートやガラスの原料の一つであり、食品の加工にも使用される。石灰石を良質な石灰石（良岩）と不純物を含む石灰石に分別することは、石灰製品の品位の向上において重要である。特に、鉄分を多く含む石灰石（雑岩）が混在することは、石灰製品の品位の低下を招く。石灰石は灰色を基調としているが、雑岩は緑色を含むことが多い。

現在、ベルトコンベア上を流れる多数の石灰石から、色を手掛りに作業員が目視で雑岩を見つけている。熟練度や人への多大な負荷が原因で、人が正しく雑岩を見つけ出す事を難しくしている。

雑岩を自動検出するための手法として、機械学習の一種である CNN (Convolutional Neural Network) で学習した判別モデルを用いて、ベルトコンベア上を流れる石灰石の映像から雑岩を検出する手法[1]がある。この手法では、映像の各フレームが雑岩を含むかどうかで性能を評価しており、雑岩を含むフレームの検出精度が 79.8%、雑岩を含まないフレームの検出精度が 83.7% となっている。

本稿では、色付きの照明を石灰石に当てる事で、石灰石の持つ画像的な特徴をより良く捉える事が出来るという仮定のもと、機械学習を用いて最適な照明の色は何色なのかを検討する。

### 2. 提案手法

提案手法は、色付きの照明を投光し得られる映像中の石灰石に対して、機械学習の一種である CNN を用いて良岩と雑岩の判別を行う。判別精度 (Accuracy) の数値が一番高くなる色を適切な照明の色とする。

#### 2.1 色付き照明

照明に、光を透過する色付きフィルム (Colored Film) を取り付ける事で、色付きの照明を作成する。Colored Film なし (Nothing) と、緑 (Green) ・青 (Blue) ・橙 (Orange) ・桃 (Pink) ・空 (Sky) ・赤 (Red) ・黄 (Yellow) ・紫 (Purple) の 8 色の Colored Film (図 1 (a)) から、計 9 種類の照明を定義し、Light<sub>1~9</sub> とする (表 1)。図 1 (b) に、Light<sub>2</sub> を示す。

#### 2.2 データの作成

Light<sub>1~9</sub> ごとに映像を撮影する。撮影に使用する疑似的なベルトコンベア装置は円型をしており、半円部に良岩を、残りの半円部に雑岩を配置する。

ほぼ良岩のみが収まっているフレームを選び、そのフレーム中の各良岩中に複数の  $m \times n$  ピクセルの矩形を手動で配置する (図 2)。矩形で囲まれた局所領域を局所画像

<sup>†</sup> 大分大学 理工学部 Oita University, Faculty of Science and Technology

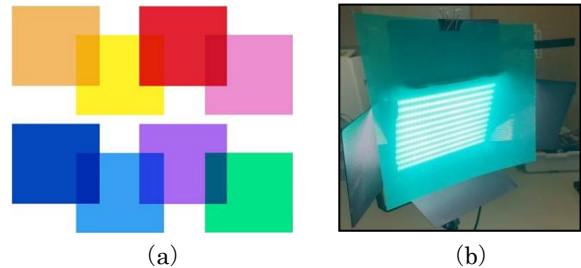


図 1 8色の透過フィルムと Light<sub>2</sub>

表 1 Colored Film と Light<sub>1~9</sub> の対応関係

Colored Film	Light <sub>1~9</sub>
Nothing	Light <sub>1</sub>
Green	Light <sub>2</sub>
Blue	Light <sub>3</sub>
Orange	Light <sub>4</sub>
Pink	Light <sub>5</sub>
Sky	Light <sub>6</sub>
Red	Light <sub>7</sub>
Yellow	Light <sub>8</sub>
Purple	Light <sub>9</sub>



図 2 良岩への矩形 (黒色) の配置例



図 3 雑岩への矩形 (白色) の配置例

と呼ぶ。良岩から得られる局所画像の 25% を学習用データ、25% を検証用データ、残りの 50% をテスト用データとして使用する。

ほぼ雑岩のみが収まっているフレームを選び、そのフレーム中の各雑岩中に複数の  $m \times n$  ピクセルの矩形を手動で配置する (図 3)。良岩と同様に、雑岩から得られる局

所画像の 25% を学習用データ、25% を検証用データ、残りの 50% をテスト用データとして使用する。映像毎にデータを作成し  $\text{DataSet}_{1\sim 9}$  とする (図 4)。

### 2.3 判別モデルの作成

$\text{DataSet}_{1\sim 9}$  ごとに、学習用データと検証用データを使用して学習を行い、良岩と雑岩の判別を行う  $\text{Model}_{1\sim 9}$  を作成する。判別モデルの作成には Pytorch [2] を利用する。

なお、Dataset、Model の 1~9 は、Light の 1~9 にそれぞれ対応する。

### 2.4 照明色の決定

$\text{Model}_{1\sim 9}$  に、対応する  $\text{DataSet}_{1\sim 9}$  の内のテスト用データを入力し、Accuracy の数値を求める。Accuracy の数値が一番高くなる色を適切な照明の色とする。

## 3. 実験

3.1 に述べる実験環境において、石灰石の映像を撮影し、映像から作成したデータを使用して判別モデルの作成を行った。そして、テスト用データと判別モデルを使用して、Accuracy の数値を求める実験を行った。CNN のモデルとして、ResNet [3] を使用した。 $\text{Model}_2$  作成時における学習用データ (train) と検証用データ (val) の Epoch 毎の Loss の数値と Accuracy の数値を図 5 に示す。

### 3.1 実験環境

著者らの実験室内に、ベルトコンベアを模した装置を設置し、ベルトコンベア上を流れる石灰石をビデオカメラ (Sony FDR-AX700) で撮影した。照明装置としては、LED ライトのみを配置している (図 6)。

### 3.2 実験結果

照明  $\text{Light}_{1\sim 9}$  に対応する  $\text{Model}_{1\sim 9}$  と  $\text{DataSet}_{1\sim 9}$  内のテス

Dataset	学習用		検証用		テスト用	
	良	雑	良	雑	良	雑
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

図 4  $\text{DataSet}_{1\sim 9}$  の一例

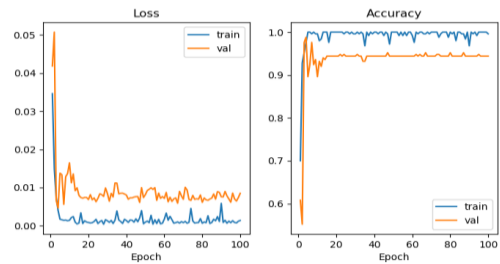


図 5  $\text{Model}_2$  作成時の Loss と Accuracy の推移



図 6 実験環境

表 2  $\text{Light}_{1\sim 9}$  の Accuracy 値

Colored Film	$\text{Light}_{1\sim 9}$	Accuracy
Nothing	$\text{Light}_1$	0.87
Green	$\text{Light}_2$	0.92
Blue	$\text{Light}_3$	0.89
Orange	$\text{Light}_4$	0.81
Pink	$\text{Light}_5$	0.89
Sky	$\text{Light}_6$	0.85
Red	$\text{Light}_7$	0.89
Yellow	$\text{Light}_8$	0.73
Purple	$\text{Light}_9$	0.87

ト用データを使用して、Accuracy の数値を求めた。実験の結果、Accuracy の数値が一番高い照明の色は緑であった。求めた  $\text{Light}_{1\sim 9}$  の Accuracy の数値を表 2 に示す。

## 4. おわりに

本稿では、色付きの照明を石灰石に当てる事で、石灰石の持つ画像的な特徴をより良く捉える事が出来るという仮定のもと、機械学習を用いて最適な照明の色を求める手法を検討した。実験の結果、Accuracy の数値が一番高い照明の色は緑となり、数値は 0.92 であった。Colored Film なしの照明の Accuracy の数値である 0.87 と比べて、約 5.7% の判別精度の向上となった。色付きの照明を当てて石灰石を判別する事は、ある程度有効な手法の一つであると考えられる。今後、色の追加、カメラに取り付けるレンズフィルターの導入、他の CNN モデルでも同様の傾向となるかなどを検討して行きたい。

### 参考文献

- [1] 永田、賀川、“ベルトコンベア上の石灰石分別：機械学習を用いた雑岩検出法の検討”、第 74 回電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集(2021)。
- [2] A.Paszke, et al.、“PyTorch: An Imperative Style、High-Performance Deep Learning Library”、Advances in Neural Information Processing Systems 32, pp.8024-8035(2019)。
- [3] K.He, et al.、“Deep Residual Learning for Image Recognition”、CVPR, pp.770-778(2016)。