

# OpenCV を用いた色情報分解による精度向上の検証

福垣内 学<sup>\*1)</sup>

## Verification of accuracy improvement by color information decomposition using OpenCV

FUKUGAUCHI Manabu<sup>\*1)</sup>

奈良県産業振興総合センターでは、画像検査装置と Python プログラミングを用いた技術支援を行っている。今回、撮影時の照明色と画像解析時のモノクロ化法の違いによる影響を調査した。照明色制御は 3 波長 (RGB) LED を可変制御させ、モノクロ化は R, G, B 各成分分解および H, S, V 各成分分解により行い、Gray 変換と比較した場合の検出率を比較した。その結果、Gray 変換と比較して R, G, B 分解では彩度と色相に対しての感度が上昇し、H, S, V 分解では明度に対しての感度が上昇した。被写体と背景に適した照明色照射と、カラー画像を一次元化することで、画像サイズ低減による計算速度向上と対象物の検出率向上に寄与できる。

### 1. 緒言

画像解析に広く用いられる二値化処理による検出では、モノクロ画像の明度差を利用して、閾値を定め、対象物を検出している。背景と対象物との明度差が大きい場合は、容易に目的物を検出できるが、わずかな色味の違いを閾値とする場合や透過性を持つ対象物の検出を行う場合は、閾値となる領域に重畳する範囲が広く、再現性の高い分類を行うことが難しい。また、画像を使った AI 学習においては、モノクロ画像を使うと、カラー画像を使う場合と比較してデータ量を 1/3 に圧縮でき、教師データの学習や AI 判定を行う際の高速化処理が期待できる。本研究ではモノクロ化法をカラー画像の R, G, B 分解および H, S, V 分解により行い、検出率に与える有効性について評価を行った。また、照明色と光量による影響についても調査するため、調色機能を持った LED 照明を用いて、試料に照射した際に得られたカラー画像を用い、照明色と色情報分解による関係性についても調査を行った。

### 2. 実験方法

#### 2.1 データ測定方法

本研究では、カメラシステム ((株) Phoxter, Stella) と照明制御システム (CCS (株), PD3) を Python (ver 3.9.13) プログラミングにて制御を行い、カラー画像 (2592 px × 2048 px) を取得した。カメラは、カラー CCD ((株) Phoxter, SVA-500c) にレンズ (HIKVISION 社, FA レンズ 35 mm F2.0) を取り付けた。環境光の影響を排除するために、夜間無照明状態で R (635 nm), G (525 nm) および B (470 nm) の各 LED リング照明を 0~250 の間で 10 step ごとに

可変照明色制御を行った。ソフトウェア上で露光時間を 10.0 の固定値とし、17576 枚の撮影を行った。照明色制御と撮影の同期は PLC (SUS (株), SiO-t) を通じてトリガー入力を行い、150 msec/枚にて撮影を行った<sup>1)</sup>。図 1 に測定装置の概要を示し、図 2 にカラーアナライザー (nix 社, mini2) にて各部位を測定した値と LED 照明を疑似白色 (R250, G250, B250) に設定して撮影した画像を示す。

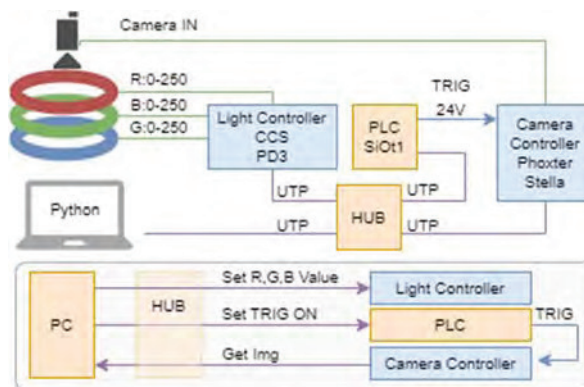


図 1 測定装置概要

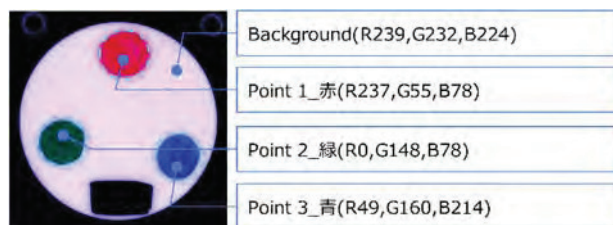


図 2 測定した試料画像

撮影試料は φ37 mm のアルミナプレート を 1000 °C × 10 min 大気中で焼成を行い、表面の汚れを除去した。検出判定は、アルミナプレート表面の Point1 (赤), Point2 (緑) および Point3 (青) に、油性マジックを用いてマーキング

\*1) IoT 推進グループ

を行い、検出可否を判定した。

### 2.2 データ解析方法

画像解析は Python のオープンソースライブラリである OpenCV (ver 4.4.0.46) <sup>2)</sup> を用いた。カラー画像から R, G, B および H, S, V の Numpy 三次元配列から一次元化処理を行った。また、一般的な処理方法である OpenCV の Gray 変換 (cv2.COLOR\_RGB2GRAY) についても同様に評価した。以下に Gray 変換の内部処理式を示す。

$$\text{Gray} \leftarrow 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$$

一次元化した各画像において hough-circle 検出処理 <sup>3) 4)</sup> をを行い、検出値を Json ファイルとして保存した。検出の可否は、各マーカー位置と大きさが適切であるか座標チェックプログラムを用いた。図 3 にデータ解析手順を示す。

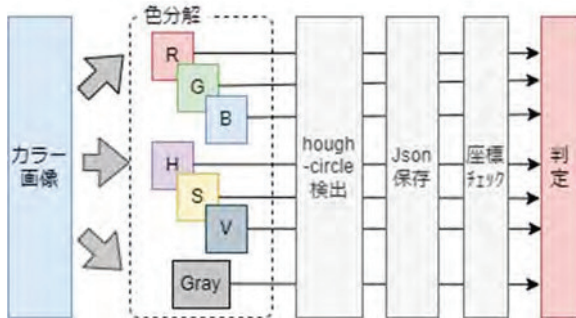


図 3 データ解析手順

### 3. 結果と考察

図 4 に使用マーカーの吸光度と LED 照明の波長を示す。

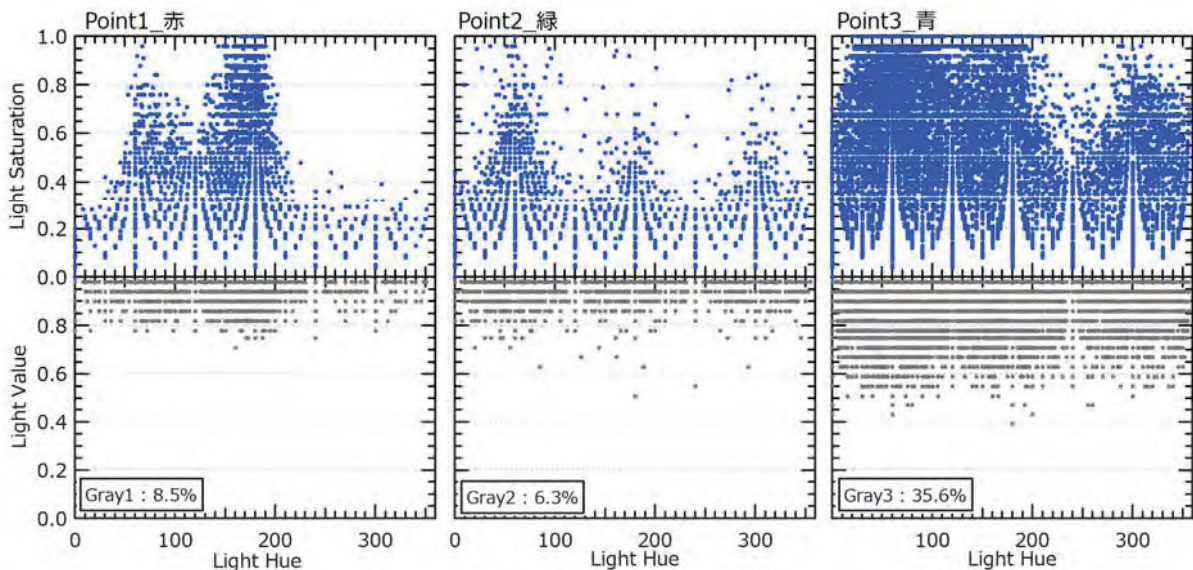


図 5 Color 画像を Gray 変換したときの検出率

各マーカー色に対応した波長域で吸収が小さく、反射が大きくなっていることがわかる。次に図 5 にカラー画像を Gray 変換して、画像検出した結果を示す。照明色を色相・明度・彩度に変換し、グラフ横軸を色相となるように表示し、グラフ縦軸を彩度と明度となるように表示した。Point1, Point2 および Point3 の各位置において、検出した色相、彩度および明度をプロットした。図中の凡例は検出率を示す。なお 17576 枚中 26 枚 (0.15%) は、画像取込エラーによる欠損値となった。Gray 変換では、いずれの測定点も明度 0.4 以下では検出不可であった。測定位置の色味により検出率に相違が生じ、最も悪い Point2 では 6.3% しか検出できず、最も良い Point3 で 35.6% であった。いずれのマーカーにおいても、マーカー色と同色系照明色で検出率が低下した。Point2, Point3 では低明度の検出率と、高彩度の検出率が低くなった。これらは、バックグラウンド素材やマーカー固有の反射特性の影響により、反射時の色同化が起り、検出率に影響を及ぼしたと予想される。

図 6 にカラー画像を R, G, B 一次元化により画像検出した結果を、図 7 にカラー画像を H, S, V 一次元化により画像検出した結果を示す。図中の凡例は検出率を示す。

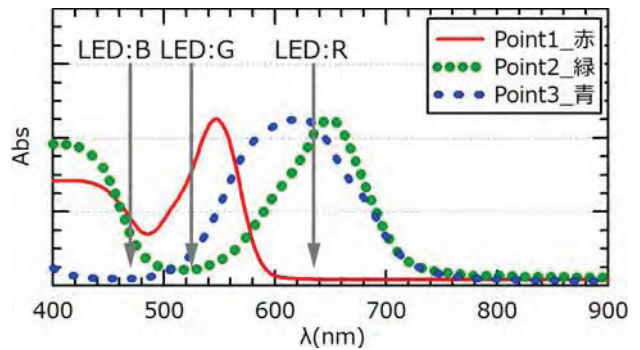


図 4 マーカーの吸光度と LED 照明波長

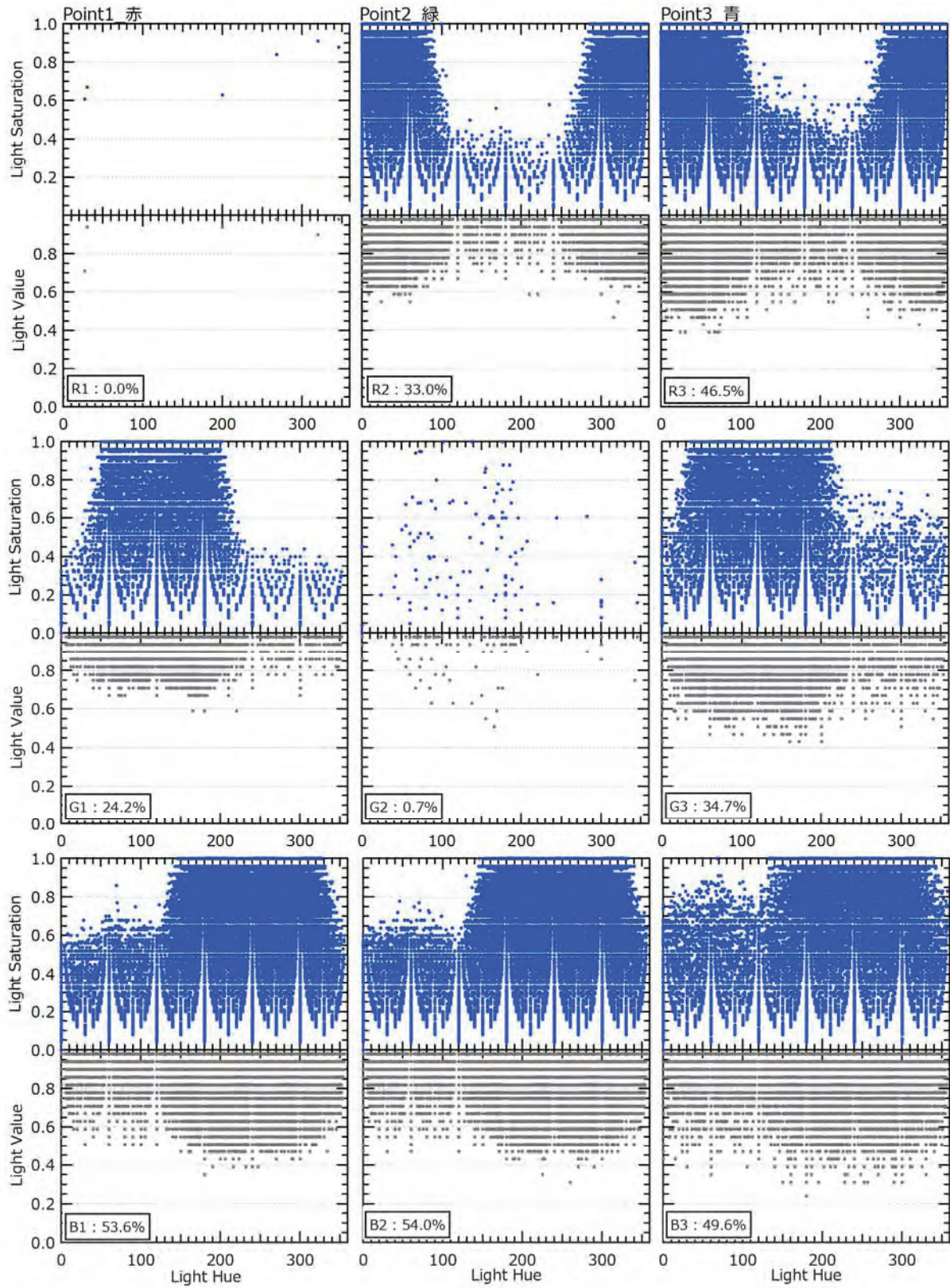


図 6 Color 画像を R, G, B チャンネル単色化したときの検出率

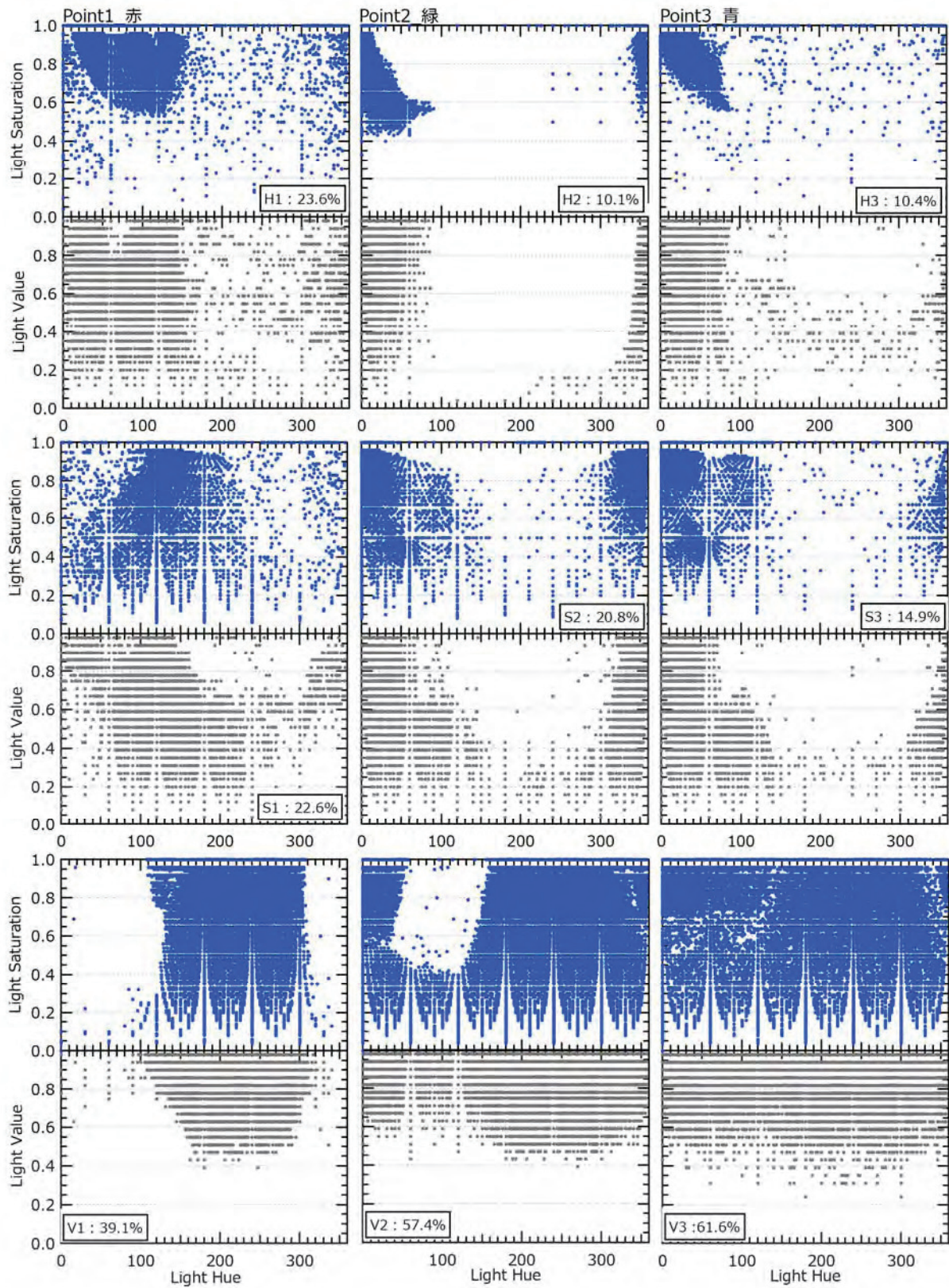


図 7 Color 画像を H, S, V チャンネル単色化したときの検出率

R, G, B 分解による検出率は Point1 の R ch, Point2 の G ch でほとんど検出不可であった。Point3 の G ch は Gray 変換と類似の検出特性を示したが、これら以外は、いずれの場合も検出率が向上した。R ch と G ch のいずれの測定点においても、照明色の依存性が強く、高い吸光度を示す色相域で検出率が著しく低下した。これはバックグラウンドで使用したアルミナプレートが白色系で照明からの反射光の影響を強く受けたことと関係している。B ch は色相 180°のシアン～色相 300°のマゼンタ域の照明光でいずれの測定点とも検出率が高くなった。R, G, B 分解における検出率向上は低彩度側の検出率向上と照明色への対応幅が広がる効果が大きく、低明度測定においても、検出率向上に寄与できることがわかった。

H, S, V 分解による検出率は Point3 の H ch と S ch で Gray 変換と比較して低下したが、他測定部の検出率はいずれも向上した。バックグラウンドで使用したアルミナプレートが無彩色・高強度であるため、画像の一次元化処理において対象物との明度と彩度の違いを顕著にさせたことが原因であると考えられる。H, S, V 分解における検出率向上の傾向として、いずれの測定点も低明度側での検出率が上昇しており、低出力の照明光でも測定対象部を分離できることがわかる。ただし、色相域の依存性が強く、照明色と対象物の色みにより検出が容易な領域と検出が困難な領域が顕著に分かれていることも特徴である。

表 1 にモノクロ化方法別の検出率を示す。Gray 変換と比較して検出率が向上した検出法を薄いグレーで示し、最も精度が高かった検出法を濃いグレー（白抜き文字）で示した。

表 1 モノクロ化方法別の検出率

	Point 1	Point 2	Point 3
Gray	8.5%	6.3%	35.6%
Split R, G, B	R	0.0%	33.0%
	G	24.2%	0.7%
	B	53.6%	54.0%
Split H, S, V	H	23.6%	10.1%
	S	22.6%	20.8%
	V	39.1%	57.4%

#### 4. 結言

アルミナプレート (R=239, G=232, B=224) 上に油性マジックにて 3 箇所をマーキング (Point1:赤 (R=237, G=55, B=78), Point2:緑 (R=0, G=148, B=78), Point3:青 (R=49, G=160, B=214)) し、3 波長 (RGB) の LED リング照明にて可変照明色制御させ、各マーキングが検出できるか調査を行った。通常の Gray 変換に対し、R, G, B カラー成分

分解と H, S, V 成分分解による一次元化処理を行い、検出率を比較した。

- (1) Gray 変換では検出率が 6.3 %～35.6 %であり、マーカラーの色味に大きく依存し、低明度側での感度が著しく低いことがわかった。
- (2) R, G, B 分解では彩度と色相に対する感度が上昇し、B ch を用いることで、Point2 の検出率が 54.0 %と Gray 変換と比較して約 9 倍向上した。ただし、R ch を用いた Point1 の検出率は 0.0 %と今回の測定で最も低い値となった。
- (3) H, S, V 分解では明度に対する検出率が上昇し、特に低明度側での検出率向上が見られた。V ch を用いることで、Point3 の検出率が 61.6 %と最も良いデータとなった。これは、背景が高強度・無彩色かつ対象物との明度差が比較的大きな試料にて評価したことが要因である。
- (4) 背景と対象物の色味の違いに注目し、適切な照明色とモノクロ化法を選択することで、画像検出に関する精度向上に寄与できることがわかった。AI 学習用に一次元化した画像を用いることで、計算速度向上が期待できる。

これらの結果、背景と測定対象物を分離する場合、被写体に適合した照明色を照射し、検出率の高い分解方法でカラー画像の一次元化処理を行うことで画像ファイルのサイズを低減させながら、検出率向上を図れることがわかった。

#### 5. 謝辞

本研究において使用した画像検査装置は、公益財団法人 JKA の機械振興補助事業により導入・設置したものである。



#### 参考文献

- 1) 橋本 洋志, 牧野 浩二, 佐々木 智典, 横田 祥: Python データエンジニアリング入門, オーム社, 2020
- 2) “OpenCV”, <https://docs.opencv.org/master/index.html>, (4.70-dev)
- 3) 北山 直洋: Python による OpenCV4 画像処理プログラミング+Web アプリ入門, カットシステム, 2021
- 4) Michael Beyeler: OpenCV と Python による機械学習プログラミング, マイナビ出版, 2018