

(20) 時期が異なる画像および点群を用いた 車道の色補正に関する基礎的研究

大月 庄治¹・平野 順俊²・今井 龍一³・中村 健二⁴・塚田 義典⁵・
梅原 喜政⁶・田中 成典⁷・中畑 光貴⁸・岩本 達真⁹・山本 忍¹⁰

¹ 学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: k617301@kansai-u.ac.jp

² 正会員 株式会社日本インシーク 技術本部
(〒541-0054 大阪市中央区南本町 3-6-14 イトゥビル)
E-mail: hirano059@insiek.co.jp

³ 正会員 法政大学教授 デザイン工学部 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

⁴ 正会員 大阪経済大学教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅 2-2-8)
E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

⁵ 正会員 摂南大学准教授 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail: yoshinori.tsukada@kjo.setsunan.ac.jp

⁶ 正会員 摂南大学講師 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail: yoshimasa.umehara@setsunan.ac.jp

⁷ 正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

⁸ 学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: k964962@kansai-u.ac.jp

⁹ 非会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1)
E-mail: k153684@kansai-u.ac.jp

¹⁰ 学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: jin.yamamoto.2j@stu.hosei.ac.jp

国土交通省では、3次元情報を活用して施工現場の生産性を向上させる *i-Construction* を推進している。レーザースキャナで計測された現況地形を示す3次元情報の多くは、点群で保存されている。点群は、一般的に3次元座標値と反射強度のみを保持するが、カメラ画像を用いてRGB値を付与することができ、物体の視認性の高さから広く活用されている。しかし、多くの計測機においてレーザースキャナとカメラは一体型でなく同期されていないため、走行車両などの動体は、レーザースキャナの計測時刻と異なる時刻でカメラ画像に映り込む。その結果、正しく着色できていない箇所を含んだ色付き点群が生成されるという課題がある。そこで、本研究では、色付き点群における正しく着色できていない不良着色箇所を検出する技術を開発する。



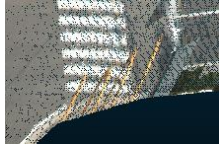


Key Words: *i-Construction, point cloud data, incorrect coloring, deep learning, yolact*

1. はじめに

近年、我が国では、Society 5.0の実現に向けた取り組みが推進されており、多くの現場でIoTやAIなどの先端技術が活用されている。国土交通省では、3次元情報

を活用することで施工現場の生産性を向上させる *i-Construction*²⁾を推進しており、レーザースキャナを用いた点群データ(以下、点群)の計測が積極的に進められている。レーザースキャナでは、3次元座標値と反射強度を保持した点群(以下、反射強度点群)を計測できる

表-1 不良着色の例

不良着色の原因	色付き点群の例
人の映り込み	
車両の映り込み	
ポールの映り込み	
白線のずれ	
周辺地物の影	

が、環境に応じて反射強度の値が変動するため、地物の視認性が低い。そのため、一般的には、点群の取得と同時にカメラ画像を撮影し、反射強度点群に RGB 値を付与することが多い。RGB 値を付与した点群（以下、色付き点群）は、反射強度点群と比較して地物の視認性が高く、様々なシーンで広く活用³⁴⁾されている。しかし、多くの計測機においてレーザースキャナとカメラは一体型ではなく同期されていない。そのため、走行車両などの動体は、レーザースキャナの計測時刻と異なる時刻でカメラ画像に映り込む。その結果、表-1に示すとおり、路面の点群に車両や人物の色が付与される。このように、色付き点群は広く活用されているものの、計測状況によっては正しく着色できていない箇所（以下、不良着色箇所）を含んで生成される課題⁹⁾がある。この課題へ対応するために、現場では、目視で不良着色箇所を探索し、その箇所毎に色付け元の画像を動体のない適切なものに差し替える作業を実施している。

そこで、本研究では、不良着色箇所の自動補正技術の確立を目指し、その前段階となる、色付き点群から不良着色箇所を検出する技術を開発する。そして、実証実験により、提案手法の有用性を検証する。

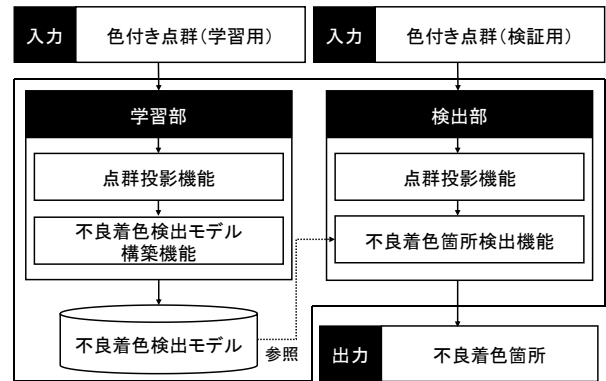


図-1 提案手法の処理フロー



図-2 色付き点群画像の例

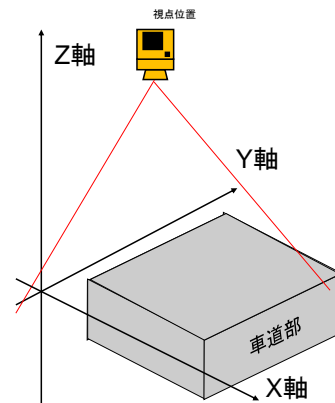


図-3 投影位置

2. 研究の概要

提案手法の処理フローを図-1に示す。提案手法は学習部と検出部で構成される。学習部は色付き点群を入力とし、不良着色箇所を検出するための検出モデル（以下、不良着色検出モデル）を出力する。検出部は色付き点群を入力とし、不良着色箇所を出力する。

(1) 学習部

学習部では、色付き点群から不良着色検出モデルを構築する。学習部は、点群投影機能と不良着色検出モデル

構築機能により構成される。

a) 点群投影機能

本機能では、色付き点群を用いて、不良着色検出モデルを構築するための学習データを生成する。学習データは、色付き点群を RGB 値で可視化した投影画像（以下、色付き点群画像）とする。色付き点群画像の例を図-2に示す。画像は、図-3のように、点群を編集ソフト⁹⁾の画像化機能により、正射投影して作成する。

b) 不良着色検出モデル構築機能

本機能では、点群投影機能により生成した色付き点群画像に不良着色箇所をアノテーションし、その学習データと YOLACT⁷⁾を用いて不良着色検出モデルを構築する。アノテーションは、ピクセルの集合に分類指定を行う。YOLACTの概要を図-4に示す。YOLACTは、インスタンスセグメンテーションの一種であり、物体検出とセマンティックセグメンテーションの分類タスクを合わせ持つアルゴリズムである。このアルゴリズムは、物体の領域をピクセル単位で検出できる。

(2) 検出部

検出部では、画像内において不良着色と判定された箇所をピクセル単位に検出する。検出部は、点群投影機能と不良着色検出機能により構成される。点群投影機能は、学習部と同様の処理であるため、詳細は 2. (1)を参照されたい。不良着色検出機能は、学習部にて構築した不良着色検出モデルを用いて不良着色箇所をピクセル単位に検出する。

3. 実証実験

本実験では、色付き点群を提案手法の検出部に適用し、手動でアノテーションした不良着色箇所と検出部より出力された不良着色箇所のピクセルの集合を比較することで、提案手法の有用性を評価する。

(1) 実験内容

実験データは、広域な道路空間を計測できる MMS（Mobile Mapping System）にて計測した奈良県香芝市の点群⁸⁾を用いる。実験に際して、学習データと評価用データの場所が重複しないように、手動で分割・選定する。本実験のデータ件数は、学習データ 83 組、評価用データ 43 組とする。

本実験では、不良着色の原因（表-2）の事例数が多い車両の映り込みを対象とするため、車道の色付き点群を入力データとする。車道のみ点群データは、著者らがこれまでに行ってきた点群から地物識別に関わる技術⁹⁾を用いることで自動的に抽出可能である。

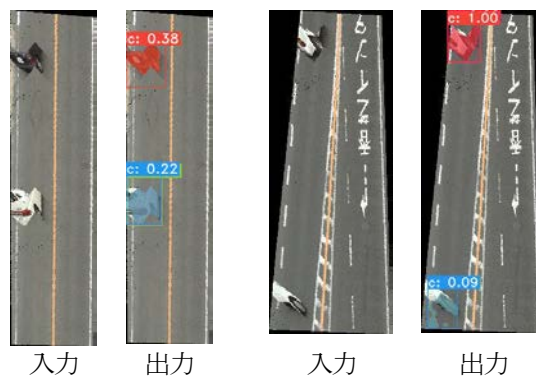


図-4 YOLACTの概要

表-2 車道の不良着色の例

不良着色の原因	色付き点群の例	件数
車両の映り込み		127 件
白線のずれ		26 件
影		11 件

表-3 検出結果（ピクセル数）

正負別	正解-正例	正解-負例
検出-正例	TP=134,616	FP=38,814
検出-負例	FN=67,508	-

表-4 実験結果

適合率	再現率	F 値
0.776	0.666	0.717

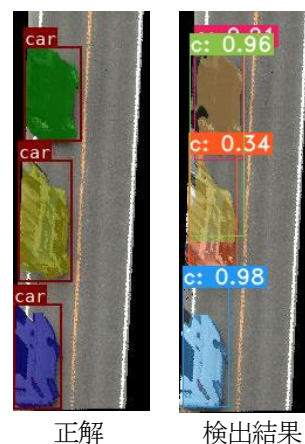


図-5 比較結果（良好な場合）

(2) 評価方法

本実験では、手でアノテーションした不良着色箇所と検出部より出力された不良着色箇所をピクセルの集合の差分にて評価する。

(3) 結果と考察

評価用データの車両 96 件中 64 件は、正しく抽出できており、12 件は一部欠損、13 件は抽出漏れ、7 件は過剰抽出であった。評価用データの正解ピクセル数 202,124 に対してのピクセル単位での詳細な比較結果を表-3、表-4 に示す。また、比較結果の内、良好な場合を図-5、不良な場合を図-6 に示す。実験結果から、多くの検出結果は良好であったが、特定の場合に不良な結果が得られた。

a) 車両の色が車道の色に近い場合

図-6 を確認すると、不良着色箇所である車両の色が車道の色に近い場合に正しく検出できていない傾向にある。これは不良着色箇所を検出する際に車両の多くが車道上にあるため、不良着色箇所と車道の区別ができなかったことが原因と考えられる。

b) 車両の色が白線の色に近い場合

図-6 を確認すると、不良着色箇所である車両の色が白線の色に近い場合に正しく検出できない傾向にある。これは不良着色箇所を検出する際に車両の映り込みが白線上に重なるため、不良着色箇所と白線を区別できず、正しく検出できなかったと推測される。

以上のことから、提案手法により、不良着色箇所を検出できることを実証した。しかし、車両の色によっては精度が低くなることが分かった。これは、背景となる車道や白線の色と不良着色箇所の色に近い場合には正しく検出できない傾向があることを示す。この課題への対応方策としては、色付き点群の RGB 値のみでなく、反射強度値も参照することで、改善できると考えられる。

4. おわりに

本研究では、YOLACT を用いて点群の不良着色箇所の検出を試みた。実証実験により、車道の点群から車両が映り込んだ不良着色箇所を検出できる可能性が高いことが明らかとなった。しかし、車両の色によっては精度が低くなる傾向が見られた。この課題に対して、今後は、反射強度値を考慮した不良着色の検出技術を考案し、提案手法の高精度化を目指す予定である。また、本研究では、車道の点群に映り込んだ車両を対象としたが、車両以外の不良着色や車道以外の点群にも適用できる。そのため、今後は、不良着色の検出技術における適用対象の拡張も検討する予定である。

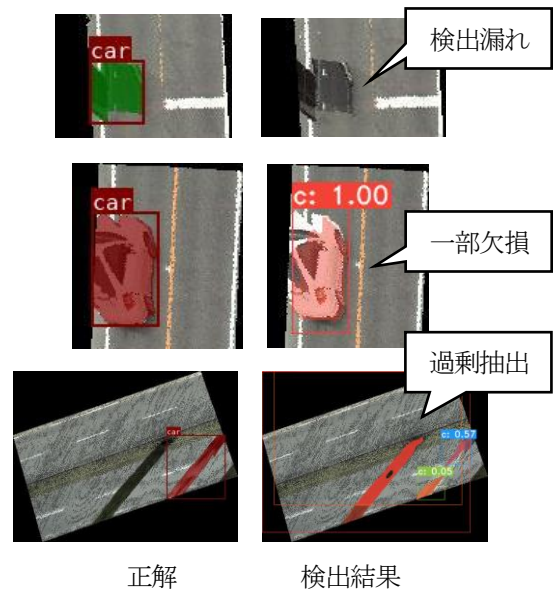


図-6 比較結果 (不良な場合)

参考文献

- 1) 国土交通省：地方自治体の取り組み支援とインフラメンテナンス国民会議、<https://www.jst.go.jp/sip/event/k07/pdf/event20190124_2-3.pdf>, (入手 2022.6.10) .
- 2) 国土交通省：i-Construction, <<http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>>, (入手 2022.6.10) .
- 3) 首都高速道路：GIS と 3 次元点群を活用した道路・構造物維持管理支援システム, <<https://www.mlit.go.jp/common/001210025.pdf>>, (入手 2022.6.10) .
- 4) 垣内洋平, 岡田慧, 稲葉雅幸：色ヒストグラムを用いたカラー距離画像の高速位置合わせによる未知物体のモデリングを伴う生活環境地図作成, 日本ロボット学会誌, Vol.29, No.8, pp.694-701, 2011.
- 5) 山川徹, 深野健太, 増田宏：レーザー反射強度を用いた色付き点群の補正手法 (第二報), 精密工学会春季学術講演大会, Vol.2016s, pp.791-792, 2016.
- 6) CloudCompare : Open Source Project, <<http://www.cloudcompare.org/>>, (入手 2022.6.10) .
- 7) Bolya, D., Zhou, C., Xiao, F. and Lee, Y. : YOLACT: Real-Time Instance Segmentation, *IEEE/CVF Int. Conf. on Computer Vision*, pp.9156-9165, 2019.
- 8) 奈良県香芝市：香芝 RID(Road Infrastructure Database), <<https://www.insiek.co.jp/ksb-rid/>>, (入手 2022.6.10) .
- 9) 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴：完成平面図を用いた道路面地物の点群の抽出に関する研究, 知能と情報, Vol.32, No.1, pp.616-626, 2020.
- 10) Umehara, Y., Tsukada, Y., Nakamura, K., Tanaka, S. and Nakahata, K. : Research on Identification of Road Features from Point Cloud Data Using Deep Learning, *Int. J. Automation. Technology*, Vol.15, No.3, pp.274-289, 2021.
- 11) 梅原喜政, 塚田義典, 中村健二, 田中成典, 中畑光貴：幾何特徴に基づいた点群から道路地物の識別に関する一考察, 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.5, pp.1218-1233, 2021.