

(15) GAN を用いた点群データの自動着色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・岩本 達真⁸

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 関西大学特別任命助教 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)
E-mail: y.umeha@kansai-u.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

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、IoT や AI などの先端技術が様々な現場において活用されようとしている。国土交通省では、点群データなどの 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 を推進しており、レーザースキャナを用いた点群データの計測が積極的に進められている。レーザースキャナから得られる点群データは 3 次元座標値と反射強度しか持たないが、カメラ画像を用いることで RGB 値を付与することができ、地物の視認性の高さから、広く活用されている。しかし、カメラ画像は夜間や悪天候時に取得することが困難な課題がある。そこで、本研究では、GAN を用いることで、カメラ画像に依存せず点群データを着色する技術を考究する。

Key Words: *i-Construction, point cloud data, automatic coloring, generative adversarial networks*

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、IoT や AI などの先端技術が様々な現場において活用されようとしている。国土交通省では、点群データなどの 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-Construction²⁾を推進しており、レーザースキャナを用いた点群データの計測が積極的に進められている。レーザースキャナからは 3 次元座標値

と反射強度を持つ点群データ（以下、反射強度点群）が得られるが、反射強度の値は環境に応じて変動するため、反射強度点群には地物の視認性が低い課題がある。そのため、点群データの取得と同時に撮影されたカメラ画像を用いて反射強度点群に RGB 値を付与した点群データ（以下、色付き点群）を生成しており、地物の視認性の高さから、色付き点群は広く活用³⁾⁴⁾されている。既存研究⁵⁾では、反射強度点群とカメラ画像の対応付けによる着色を行っているが、夜間や悪天候などのカメラ撮影

が困難な環境においては、カメラ画像による色情報の取得が難しく、反射強度点群に着色できない課題がある。

そこで、本研究では、GAN (Generative Adversarial Networks) を用いて着色モデルを構築することで、カメラ画像に依存せず反射強度点群に着色する技術を考究する。そして、実証実験により、提案手法の有用性を検証する。

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着色部で構成される。学習部は色付き点群を入力とし、着色モデルを出力する。着色部は反射強度点群を入力とし、着色後の点群画像を出力する。点群画像は点群を投影した画像であり、画像上の着色結果を点群データに反映する方法については、今後検討する必要がある。

(1) 学習部

学習部では、点群画像に RGB 値を付与するための着色モデルを構築する。学習部は点群投影機能と学習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、着色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から生成した、反射強度で可視化した投影画像（以下、反射強度点群画像）と RGB 値で可視化した投影画像（以下、色付き点群画像）とする。反射強度点群画像と色付き点群画像の例を図-2と図-3に示す。各画像は点群データを編集ソフト⁹上に表示し、画面をキャプチャしたものとする。

b) 学習機能

本機能では、点群投影機能により生成した学習データと GAN の一種である pix2pix⁷を用いて着色モデルを構築する。ハイパーパラメータの設定はデフォルト値であるエポック数 200、バッチサイズ 1 とする。pix2pix の概要を図-4に示す。pix2pix は、GAN の一種であり、新たな画像を生成するモデルである。Generator は入力したペア画像から新たな画像を生成する。Discriminator は、偽物の画像と入力した画像との真偽を判定する。この時、Generator は、Discriminator の真偽判定時に生成される差分が最小となるように、繰り返し学習することで、入力データに類似した新たな画像を生成する。

(2) 着色部

着色部では、着色後の点群画像を生成する。着色部は点群投影機能と着色機能により構成される。

点群投影機能は、投影画像は学習部の点群投影機能と同様の処理にて、反射強度点群から反射強度点群画像を

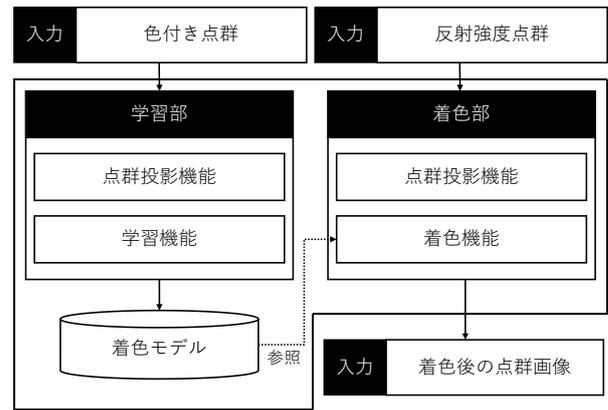


図-1 提案手法の処理フロー



図-2 反射強度点群画像の例



図-3 色付き点群画像の例

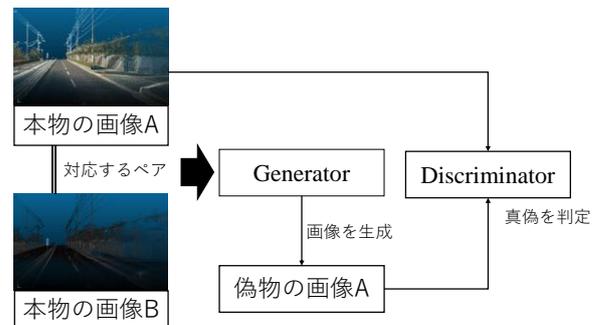


図-4 pix2pix の概要

生成する。着色機能では、学習部にて構築した着色モデルを用いて反射強度点群画像を着色し、着色後の点群画像を生成する。

3. 実証実験

本実験では、反射強度点群の代わりに色付き点群を提案手法の着色部に適用し、着色後の点群画像とカメラ画像により正しく着色された色付き点群画像とを比較することで、提案手法の有用性を評価する。

(1) 実験内容

本実験では、学習データ 700 組で構築した着色モデルと 100 組の評価用データを用いて実験を行う。学習データと評価用データは、広域な道路空間を計測できる MMS (Mobile Mapping System) にて計測した大阪市の点群データを用いる。なお、学習データと評価データは地点が重複しないように選定する。

(2) 評価方法

本実験では、着色後の点群画像と色付き点群画像間における地物単位での画素値の差分を評価する。地物は表-1の通りとし、手で各画像をクラス分けする。また、画素値差分の評価は、HSV 空間上で行う。HSV 空間とは、色相 (以下, H) , 彩度 (以下, S) 明度 (以下, V) の 3 つ要素で表現されるものである。本実験での色相の範囲は 0~179, 彩度と明度の範囲は 0~255 とする。画素値の差分は、HSV それぞれの差分平均値, HSV での平均距離を用いる。HSV それぞれの差分平均値や HSV での平均距離は小さいほど、画像の色合いが類似する。

(3) 結果と考察

実験結果を表-2に示す。また、反射強度点群画像と着色後の点群画像の比較結果を図-5, クラス分けした着色後の点群画像と色付き点群画像の比較結果を図-6に示す。実験結果から、HSV での平均距離において地物平均を下回ったものはのり面と標識, 上回ったものは車道部とブロック塀, 植栽であった。次にそれぞれの地物を詳細に考察する。

a) 地物全体

図-5を確認すると、着色後の点群画像は反射強度点群画像と比べて、地物の視認性が高くなり、提案手法の有用性が確認できた。しかし、着色後の点群画像は全体的に暗く、緑色に着色される傾向が確認された。これは、学習データ内において、植栽の映る画像が多く、学習データの偏りによる影響であると考えられる。

表-1 クラス分けした地物の内訳

No.	地物名	詳細
1	車道部	車両が通る道路
2	ブロック塀	車道部の側面に建てられた建造物を区切る塀
3	のり面	土砂崩れを防ぐためのコンクリート壁
4	標識	案内標識と警戒標識
5	植栽	自然または人工的に植えた植物 (植生を含む)

表-2 実験結果

No.	Hの差分平均値	Sの差分平均値	Vの差分平均値	HSVでの平均距離
1	97.56	98.26	191.18	281.47
2	97.83	98.48	190.99	281.52
3	116.10	47.50	57.96	169.72
4	124.66	46.46	184.70	248.33
5	103.08	91.12	198.21	282.54
地物平均	107.84	76.36	164.61	252.718

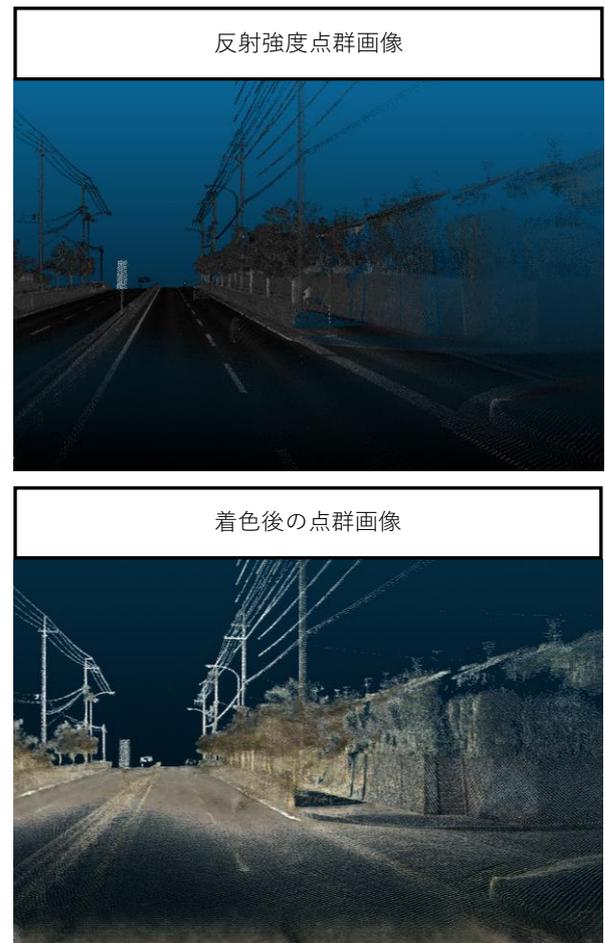


図-5 反射強度点群画像と着色後の点群画像の比較結果

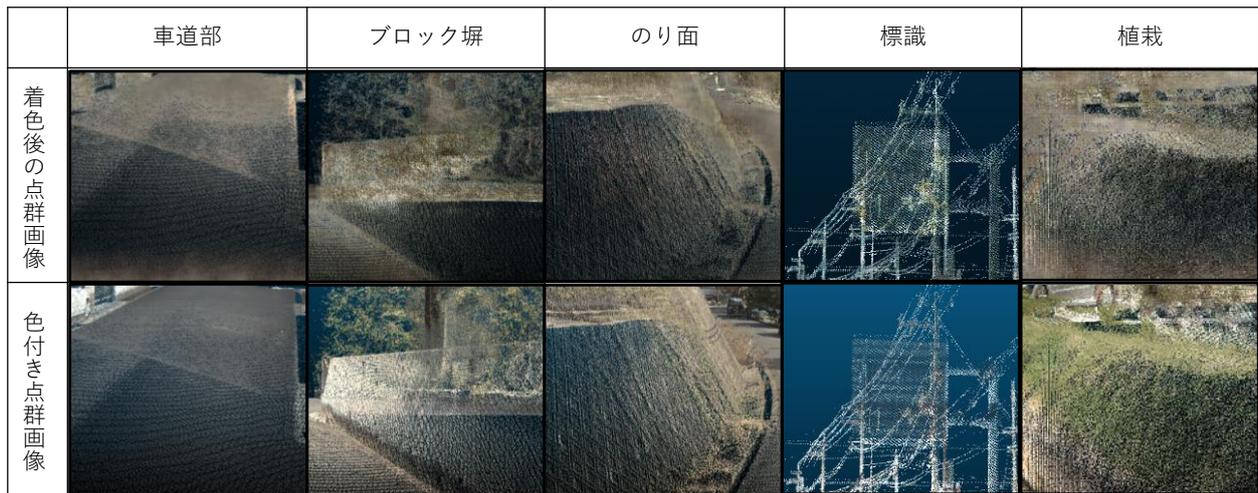


図-6 地物ごとの点群画像の比較結果

b) のり面と標識

図-6から、のり面と標識の着色後の点群画像は色付き点群画像に近い色合いであることが確認できた。しかし、のり面と標識におけるHの差分平均値は地物平均を上回る結果となった。この原因は、のり面において、土や泥の影響により学習データ内の色が安定せず、また、標識においても、青色の標識や赤色の標識が学習データ内に存在し、標識の色が安定しなかったためと考えられる。

c) 車道部とブロック塀、植栽

図-6から、車道部の着色後の点群画像は色付き点群画像に近い色合いであることが確認できた。車道部のHの差分平均値は地物平均を下回り、定量的にも同様のことが明らかとなった。しかし、HSVでの平均距離値を見ると地物平均を上回る結果となった。これは、画像内の影が影響しており、色彩と明度に差が生じたことが原因だと考えられる。目視上ブロック塀と植栽では、図-6において、正しく着色できていないことが確認できた。ブロック塀では、Hの差分平均値は地物平均を下回ったが、SとVの差分平均値が大きく平均を上回る結果となった。これは、着色後の点群画像が全体的に暗く、緑色中心の着色となったためである。また、植栽においては、Hの差分平均値が地物平均を下回ったが、その他の数値が大きく地物平均を上回る結果となってしまった。これは、学習データと評価データ内の植栽の種類が異なるためと考えられる。

以上のことから、提案手法により、反射強度点群画像を着色することで、目視では地物の視認性を向上することができた。しかし、地物単位で確認すると精度の低い地物が存在することが分かった。これは、特徴の異なる地物を同じ着色モデルに含めたことで様々な地物の特徴を的確に学習できなかったためと考えられる。そこで、この課題への対応方策としては、地物単位で着色モデルを構築することで、改善できると考えられる。

4. おわりに

本研究では、GANを用いて反射強度点群への着色を試みた。そして、実証実験により、目視では地物の視認性の向上が確認できた。しかし、地物単位での定量的な分析の結果、車道部とブロック塀、植栽の精度が低くなる傾向が見られた。この課題に対して、地物単位での着色モデルの構築や学習データの増強を行い、より高精度な反射強度画像の着色技術を目指す予定である。また、本研究では、MMSの点群データを対象としたが、地上設置型レーザスキャナなどの他のレーザスキャナにも適用できると考えられる。そのため、今後は、その他のレーザスキャナでの追加実験を実施する予定である。

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 2021.69)。
- 2) 国土交通省：i-Construction、<<http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>>、(入手 2021.69)。
- 3) 首都高速道路：GISと3次元点群データを活用した道路・構造物維持管理支援システム、<<https://www.mlit.go.jp/common/001210025.pdf>>、(入手 2021.69)。
- 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 2021.69)。
- 7) Isora, P., Zhu, J., Zhou, T. and Efors, A.: Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.5967-5976, 2017.