

点群と画像を用いた道路周辺地物の自動分類手法（第2報）

電気通信大学 ○森 悠真, 小平 圭祐, タン トゥータン, 増田 宏

Classification of road-side objects using Point Clouds and Images from Mobile Mapping Systems

The University of Electro-Communications: Yuma Mori, Keisuke Kohira, Tann Tourthang, Hiroshi Masuda

Mobile mapping systems are useful for supporting maintenance tasks of roadside objects. Because there are various types of objects along roads, it is necessary to detect each object. In most mobile mapping systems, point-clouds and camera images are captured simultaneously using laser scanners and digital cameras. Therefore, we can use both point-clouds and digital images for detecting and classifying roadside objects. In this paper, we evaluate object classification methods based on digital images and point-clouds. We segment object shapes on images using point-clouds and classify them using Convolutional Neural Network.

1. 緒言

移動計測装置(MMS, Mobile Mapping System)で取得した点群やカメラ画像などの道路周辺の情報は、車両の自動運転に必要な基盤データの作成に有用である。しかし、MMSで取得された道路周辺の情報には信号や標識などの様々な地物が含まれるため、それらを種別ごとに分類する必要がある。

柱状物体の分類には、点群や画像が用いられる。点群は3次元情報を持つために、セグメンテーションの信頼性が高いという特徴を持つ一方で、似た形状の物体を誤って分類するという問題がある。

一方で、物体認識においては、画像もよく用いられており、近年では、深層学習のように認識率の高い機械学習法も開発されている。ただし、背景が似た色の場合には、処理が難しい。

前稿では、MMSで取得された点群から柱状物体の付属物の点群を抽出し、この付属物点群を用いて、カメラ画像から柱状物体の付属物画像の抽出を行った。本稿では、この画像を用いて、柱状物体の分類の検証を行う。また、点群の三次元特徴量と付属物画像の特徴量の双方を用いた柱状物体の分類についても検討する。

2. 手法の概要

本研究では、レーザスキャナとカメラを搭載したMMSを用いて道路周辺を計測したデータから、柱状物体の付属物を抽出して分類することを考える。

付属物画像抽出の処理の流れを図1～図3に示す。まず、レーザスキャナのスキャンラインを水平面で切断し、切断点から円弧検出を行うことで柱状部を検出する。次に、柱状部の点群を除去した後、柱状部周辺の付属物を検出する。

検出された付属物の点群は、ピンホールカメラモデルを用いてカメラ座標系に変換され、画像上に投影される。投影された点群は離散的であるので、モルフォロジー演算を用いて連結な領域とし、その領域の画像を抽出する[1]。

抽出された画像は、CNN(Convolutional Neural Network)により学習された分類器を用いて、柱状物体の種類ごとに分類する。

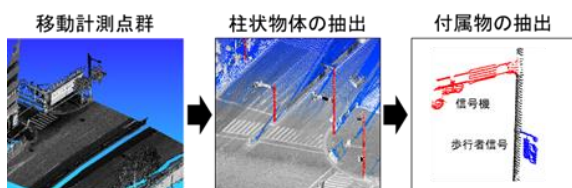


図1 付属物点群の抽出

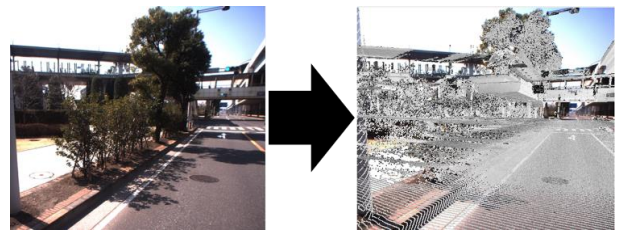
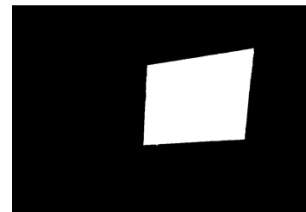


図2 点群のカメラ画像への投影



(a) カメラ画像

(b) 投影された点群



(c) 拡大した領域



(d) 抽出された目標物

図3 目標物の領域の推定

3. 画像の抽出

広角レンズカメラで撮影された写真は、写真主点から離れるほど対象物のずれが大きくなる。例えば、写真右上の目標物に点群を投影すると、右上部分が欠損した付属物画像が得られる。そのため本手法では、推定された画像領域に対し、写真中にその目標物が存在する方向(左上, 左下, 右上, 右下)に1割大きく抽出した画像を分類に用いる画像とした。

4. カメラ画像の選択

MMSには複数のカメラが搭載されており、走行しながら画像を撮影していく。これらのカメラ画像には、同一の付属物が複数回撮影されている。画像による物体認識の信頼性を高めるには、対象物が分類に適した方向から撮影されたカメラ画像を選ぶ必要がある。

各カメラ画像と点群は、取得された時点の GPS 時刻が記録されている。したがって、その GPS 時刻を用いることで、同一の付属物点群とカメラ画像を同期させることができる。

本手法ではまず、抽出された付属物点群 $\{p_i\}$ の平均 GPS 時刻を算出する。図 4 に示すように、時刻 $\bar{t} \pm \Delta t$ で撮影されたカメラ画像に付属物点群 $\{p_i\}$ を投影し、投影された面積が最も大きい画像を、付属物画像の抽出に用いる画像として選定する。

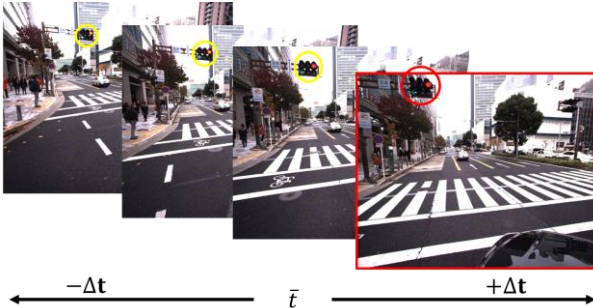


図 4 画像の選定

5. 機械学習による画像の分類

5.1. 機械学習

付属物画像の分類には、AlexNet の正規化層とプーリング層を入れ替え改良した CaffeNet の構造を持つ CNN を用いる。対象付属物を信号機、案内標識、歩行者用信号、街灯とし、学習データ、テストデータ共に、それ以外の道路周辺地物を含めないとする。学習データは、MMS に搭載されたカメラで撮影された画像と、インターネットからダウンロードした画像を手動でクリッピングしたもの約 2000 枚を使用した。分類対象とした付属物は、抽出後の画像の長辺が 128 pixels より大きくなるものとした。正方形でない学習データとテストデータは、共に短辺を黒ピクセルで埋め正方形に整形した後に、 256×256 pixels に正規化した。

5.2. 分類結果

表 1 に付属物画像の分類結果を示す。この表に示すように、全般的に高い認識率を達成することができた。

図 5.6 に誤って分類された画像の例を示す。図 5 は見やすくするために画像を調整しているが、逆光のため、信号部分が黒っぽくなっている。また、画像は視点によって対象物の形状が変化するために誤認識した事例があった。

5.3. 点群を用いた分類手法との比較

比較のために、我々が提案した点群を用いた柱状物体の分類手法[2]の結果を表 2 に示す。この手法では、付属物点群の形状に関する特徴量を用いて、Random Forest を用いて分類を行っている。ここでは、点群の大きさや高さ、主成分方向の分散など、13 個の特徴量を用いた。

この手法でも、高い認識率を達成しているが、信号機と案内板の形状が似ているため、分類の精度が低下している。画像を用いた柱状物体の分類では、案内標識の青や信号機の 3 色のような特徴的な色情報を用いることができるため、これらの認識率が向上している。一方で、点群による分類では、天候や日照の影響を受けないという利点があるため、画像と点群は補完的に利用できると考えられる。

6. 結論と今後の課題

本稿では、点群と画像を組み合わせた道路周辺地物の付属物の分類について示した。画像を用いた分類では、CNN を用いて高い

認識精度を得られることがわかった。今後の課題として、画像と点群は補完的であることから、点群の 3 次元特徴量と画像の特徴量を用いた分類手法について検討していきたい。

表 1 付属物画像の分類結果

	街灯	信号機	案内標識	歩行者信号	再現率
街灯	64	0	2	0	97.0%
信号機	1	72	0	2	96.9%
案内標識	0	1	31	0	96.9%
歩行者信号	0	0	0	28	100%
適合率	98.4%	98.6%	93.9%	93.3%	
F 値	97.7%	97.3%	95.4%	96.6%	



図 5 歩行者用信号と分類された信号機



図 6 信号機と分類された案内標識

表 2 点群を用いた柱状物体の分類

	街灯	信号機	案内標識	電柱	再現率
街灯	138	0	0	8	94.5%
信号機	1	64	5	0	91.4%
案内標識	0	3	95	0	96.9%
電柱	0	2	0	228	99.1%
適合率	99.3%	92.8%	95.0%	96.6%	
F 値	96.8%	92.1%	96.0%	97.9%	

参考文献

- [1] 森 悠真, 小平 圭祐, 増田 宏: 点群と画像を用いた道路周辺地物の自動分類手法, 精密工学会秋季講演会 2016
- [2] 深野 健太, 増田 宏: 移動計測データに基づく地物分類のための学習データ生成手法, 精密工学会秋季講演会 2014