

点群と画像を用いた道路周辺地物の自動分類手法 第3報

電気通信大学 ○森 悠真, 増田 宏

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

The University of Electro-Communications: Yuma Mori, Hiroshi Masuda

Mobile mapping systems are useful for developing 3D street maps. Because there are various types of objects along roads, it is necessary to segment and classify each object. Laser scanners and digital cameras are typically mounted on a MMS, and point-clouds and camera images are captured synchronization. In this paper, we show that point-clouds and camera images are complementary for object recognition, and propose a classification method based on both point-clouds and camera images. Our experimental results showed that the combination of points and images improved the recognition rates.

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。MMSで取得された道路周辺の情報には信号や標識など、様々な地物が含まれるため、基盤データとして用いるために種類ごとに分類する必要がある。

前報では、MMSで取得された柱状物体の付属物の点群と画像を共に用いて柱状物体の分類を行い、案内標識、信号機、歩行者用信号、街灯を高い精度で分類できることを確認した[1]。しかしながら柱状物体の周辺には、隣接した街路樹の樹冠や電柱に付属する配電盤など、様々な付属物が存在する。これらの形状の差は小さいため、点群のみを用いて目的の付属物だけを抽出することは容易ではない。そこで本報では、標識や信号などの主要な付属物とそれ以外付属物に関して、点群と画像を用いてこれらを分類する手法を検討する。

2. 柱状物体付属物の点群と画像の抽出

本研究では、レーザスキャナとカメラを搭載したMMSにより道路周辺を計測したデータを用いる。

初めに前報と同様に柱状物体の付属物の点群と画像を抽出する[1]。まず、GPS時刻とレーザスキャナの周波数よりメッシュを生成する。その後メッシュを水平方向に一定間隔で切断し、切断点からの円弧検出により柱状部を検出する。次に、柱状部の点群を除去し、柱状部周辺の連結成分として付属物として検出する(図1)。検出された付属物点群は、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(図2)。投影された点群をすべて含む矩形領域を画像から求め、その領域を付属物画像として抽出する(図3)。

抽出した柱状物体の付属物の点群と画像から、付属物の分類に用いる3次元特徴量と2次元特徴量を抽出する。3次元特徴量は、付属物や柱状部の幾何学的量や位置関係を用いる。2次元特徴量は、付属物画像に対しConvolutional Neural Network (CNN)による特徴抽出を行い抽出された特徴ベクトルを用いる。CNNで抽出される特徴ベクトルは3次元特徴量と比較して次元が大きいため、Random Forest (RF)法による画像の分類器を作成し、作成時に計算される寄与度を用いて特徴削減を行う。

最後に、抽出された全ての特徴量を用いてRF法により柱状物体の付属物の分類を行う。

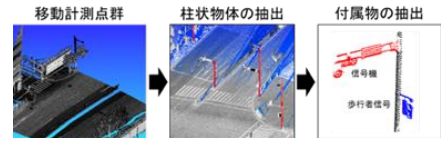
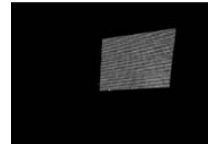


図1 付属物点群の抽出



図2 点群のカメラ画像への投影



(a) 投影される点群



(b) 投影を行うカメラ画像



(c) 抽出された付属物画像

図3 目標物の領域の推定

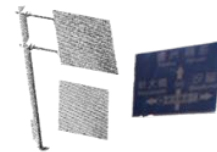


図4 分類対象の柱状物体, 付属物点群, 付属物画像

3. 機械学習による付属物の分類

柱状物体の柱状部周辺には、信号機や標識といった運転時に必要となる付属物に加えて、街路樹の樹冠や電柱の配電盤などの付属物も存在する。地物情報を自動運転などの様々な応用で用いるためには、これらの地物を区別することが必要である。本報では、抽出した柱状物体の柱状部に付属する連結成分全てを付属物として抽出し、点群と画像を用いて機械学習によりこれらを分類する。

分類に用いるデータの例を図4に示す。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に正規化する。

3.1. 点群の3次元特徴量

付属物の分類に使用する特徴量について述べる。道路周辺に存在する柱状物体は、付属物の形状や重量によって柱状部の形状が異なる。また、付属物の機能によってその付属物の設置位置が異なる。そのため本手法では付属物点群の特徴だけでなく、柱状部や両者の位置関係を表す特徴量を3次元特徴量として抽出する。本研究で用いた点群の特徴量を以下に示す。

- 付属物点群
 1. xyz 方向の長さ: $x(P), y(P), z(P)$
 2. 主成分方向の大きさ: $\lambda_1(P), \lambda_2(P), \lambda_3(P)$
 3. 主成分方向の大きさの比
 4. 線, 面, 球状に分布する点群の割合: $p(P_l), p(P_p), n(P_s)$
 5. 第1主成分方向と地面との角度: θ
 6. 点群の平均反射強度 $I(P)$
- 付属物点群と柱状部分との関係
 7. 重心間距離: d_c
 8. 最小距離: d_{min}
 9. 付属物部分の地面からの高さ: d_{low}
 10. 柱状部分の最長部から付属物部分までの長さ: d_{high}
- 柱状部
 11. テーパの割合 R
 12. 上端, 下端の円の半径 r_{top}, r_{bot}

3.2. 画像の2次元特徴量

次に、付属物画像の特徴量を求める。本手法では、Convolutional Neural Network (CNN) を用いて抽出した特徴量を付属物の画像特徴量として用いる。

CNN で抽出される特徴量は4096次元のベクトルであり、3次元特徴量の次元と比較して圧倒的に大きい。また、多くが0の疎なベクトルである。そこで、Random Forest (RF) 法 [2]により付属物画像の分類器を作成し、作成時に計算される寄与度を用いて画像特徴量の特徴選択を行う。ここでは、分類を行うクラスの画像をそれぞれ約500枚ずつ用いて決定木を作成し、決定木におけるジニ係数の減少量が大きいものを寄与度が高い特徴量とした。本手法では、寄与度が高い順に64個の特徴量を抽出し、分類に用いる2次元特徴とした。

3.3. 機械学習による分類

3.1.3.2. で得られた特徴量を用いて、柱状物体の付属物の分類を行う。分類にはRF法を用いる。対象付属物は案内標識、歩行者信号、信号機、街灯とする。また、対象となる4つのクラスに属さない付属物をその他のクラスとし、その他のクラスを含めて分類を行う。学習データ、テストデータ共に、MMSで取得された点群と画像を用いる。

3.4. 分類結果

表1に点群と画像を用いた付属物の分類結果、表2に点群のみを用いた付属物の分類結果を示す。また、表3に画像のみ、点群のみを用いた付属物の分類結果との比較を示す。結果より、点群と画像を用いた分類では、点群のみを用いた場合よりもわずかに精度が上昇していることがわかる。特に、「その他」として分類されるクラスにおいて分類精度が大きく上昇した。

しかしながら、点群と画像を用いた分類では、「その他」のクラスを強く学習してしまうという問題が明らかになった。一例として、図5(a)に「その他」の付属物と分類された歩行者信号、(b)に歩行者信号の例、(c)に配電盤を示す。点群のみを用いた分類では、歩行者用信号と配電盤を設置高さの特徴により分類することができている。しかし、図5のような点灯していない歩行者信号と配電盤は形状・色彩が似ているため、画像の特徴の影響を強く受け、異なるクラスに分類されたと考えられる。付属物画像は

点群の投影位置のみを用いて抽出しているため、画像のエッジや色彩の特徴を用いて画像の抽出を行うことでさらに分類精度が向上すると考えられる。

表1 柱状物体の付属物の分類結果

	案内標識	歩行者信号	信号機	街灯	その他
案内標識	17	0	0	0	0
歩行者信号	0	29	0	0	1
信号機	0	0	46	0	5
街灯	0	0	0	81	4
その他	0	0	2	3	67
再現率	100%	97%	90%	95%	93%
適合率	100%	100%	96%	96%	87%
F 値	100%	98%	93%	95%	90%

表2 点群のみを用いた柱状物体の付属物の分類結果

	案内標識	歩行者信号	信号機	街灯	その他
案内標識	17	0	0	0	0
歩行者信号	0	30	0	0	0
信号機	0	0	49	0	2
街灯	0	0	4	79	2
その他	0	4	7	2	59
再現率	100%	100%	96%	93%	82%
適合率	100%	88%	82%	98%	94%
F 値	100%	94%	88%	95%	87%

表3 分類結果の比較

	案内標識	歩行者信号	信号機	街灯	その他	F 値
点群	100%	94%	88%	95%	87%	93%
画像	83%	76%	92%	81%	78%	82%
点群+画像	100%	98%	93%	95%	90%	95%

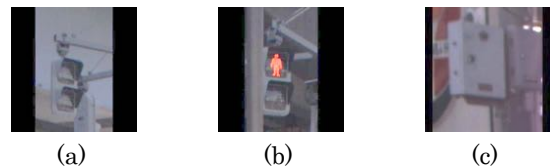


図5 異なるクラスに分類された画像

4. まとめ

本報では、点群と画像を用いた柱状物体の付属物の分類を行い、信号機や標識などの付属物とその他の付属物を高い精度で識別できることを示した。

今後は、3.4. で述べた、分類に適する付属物画像の抽出方法についてさらに検討する必要がある。また、点群のみ、あるいは画像のみを用いた分類と比べて学習データの生成に時間と労力がかかるため、点群や画像にノイズを加え新たに学習データを生成することを考えたい。

参考文献

- [1] 森悠真, タントウタン, 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 第2報, 精密工学会春季講演会, 2017
- [2] L. Breiman: Random Forest, Machine Learning, 45, 5-23 2001