

移動計測データのセグメンテーションと地物形状抽出（第2報）

東京大学 ○池田邦彦, 小栗昇悟, 増田宏

Segmentation and Shape Modeling of Features in Mobile Mapping Data (2nd report)

The University of Tokyo: Kunihiko Ikeda, Shogo Oguri, Hiroshi Masuda

In recent years, advances in scanning and positioning technologies allow rapid and highly efficient 3D measurement. A mobile mapping system (MMS) is a vehicle with laser scanners, cameras, and a GPS/IMU-based navigation system. MMS makes it possible to get huge data of roads and features and to utilize them in many application fields. However, in existing methods, it is time-consuming to make 3D models from measured huge data. Furthermore, it is difficult to reconstruct 3D models with accuracy because MMS data are often very noisy and include missing portions. In this paper, we consider a method to classify points of roads and features and to reconstruct object shapes from the point data.

1. 目的

近年、3次元形状計測技術および高精度ポジショニング技術の発展に伴い、レーザスキャナ、ビデオカメラ、GPS、IMUなどの機材を車載した高精度な移動計測装置、Mobile Mapping System（以下MMS）が開発されている。MMSは、走行しながら3次元計測を行うことで、道路や道路周辺の点群データを大規模かつ効率的に取得することができる。取得データを用いて作成される大規模環境の3次元モデルは、地図作成、土木建築、災害シミュレーション、さらにナビゲーションサービスなど多領域での応用が考えられる。

MMSにより取得された点群データには車道、歩道、ガードレールや電柱など様々な地物の情報が含まれている。取得されたデータを様々な用途で有効活用するためには、これら対象物ごとに応じて点群が分類されていることが望ましい。しかしデータが非常に膨大であるため、人の手による作業は容易でない。そのため、それらの作業の自動化が重要となってくる。

我々は第1報[1]にて点群データを地物ごとの属性に分類し、それらの3次元形状を復元する手法を示した。本研究ではその手法をより汎用的なパターンの道路に適用可能な手法へと拡張するとともに、第1報では扱っていなかった上向きレーザの点群についても扱い、自動的な地物のセグメンテーション、形状復元を目指す。

2. MMSデータの特徴

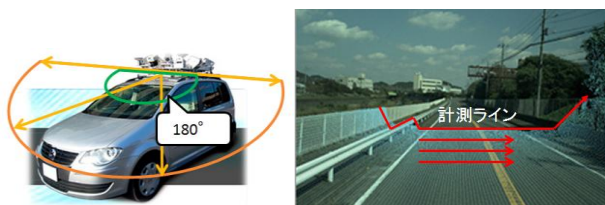


図1 MMSと取得されたライン状の点群

図1はMMSの前方下面レーザの照射方向と、カメラ画像と位置合わせをした点群データを示している。ひとつのレーザスキャナは、一度のスキャンで180°回転し、1°ごとに合計181点の3次元点データを取得する。走行しながら繰り返しスキャンするため、図1（右）

のようにライン状の181個の点データが羅列する形でデータが取得されるという特徴がある。このラインをベースに処理することで、大規模なデータの場合でも逐次的な処理が可能となる。

3. 地物ごとの点群のセグメンテーションと物体認識

3.1 点群のセグメンテーション

本研究では、歩道と車道の間にガードレールがある一般道路をセグメンテーションの対象とする。まずは地物ごとに点群を分類することを目指す。MMSのレーザスキャナは上向きのものと下向きのものがあり、それぞれによって計測された点群を処理する。

上向きレーザにより計測された点群は地物がバラバラに中に浮いている状態なので（図2（左））、kdツリーを作成し、ある閾値以下の距離でつながっている近傍点をクラスタリングしていき点群のセグメントを行う。その結果を図2（右）に示す。



図2 上方レーザの点群(左)とkdツリーによるセグメント(右)

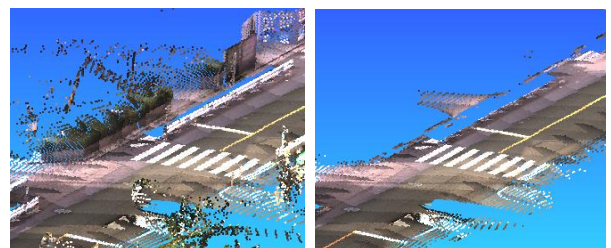


図3 下方レーザの点群(左)と路面点群の抽出(右)

一方、下向きレーザの点群では、ほぼ全ての点が路面を介して繋がっている（図3（左））、まず以下の手法で路面を抽出する。

路面（車道・歩道）：計測ラインにそって隣の点と結んだ時の傾きが閾値以下であり、かつ走行線の点と z 座標値の差が閾値以内のものを路面の候補として抽出する。また、抽出後、近傍に z 値が近い点が少ない場合は候補から除去する（図 3（右））。

点群から路面の点を抽出したらそれ以外の点に対して、上向きレーザの点群の時と同様に近傍点をクラスタリングする。

3.2 点群の物体認識

次に、それぞれの点群がなんの地物であるかを判別する。以下にまず下向きレーザによる点群からの各地物の抽出法を示す。

（１）縁石：道路は水はけの関係上中心から端にかけてだんだん低くなっている。そのため、ラインの中の 2 点間の z 座標値の変化を中央から端部へと調べ、段差があればそれを縁石とみなす。

（２）ガードレール、柵：高さが特定の範囲にあり、かつ路面以外の点に関して走行線からの距離のヒストグラムを作成したときにピークに含まれる点を候補として抽出する（図 4（左））。

（３）歩道と車道：推定した縁石とガードレールの位置で、より走行線に近い方で路面を歩道と車道に分ける

以上の流れで分割した点群を色分けしたものを図 4（右）に示す

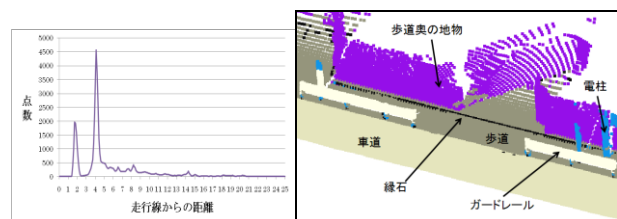


図 4 ヒストグラム（左）と物体認識の結果（右）

次に上向きレーザの点群をセグメントしたものから、電柱や標識などの柱状の人工物を判別する。柱状の物体といっても、標識や電線がついた電柱はそのまま主成分分析を行っても z 軸方向のみに大きい値が出るわけではない（図 5）。そこでまずは下方の点だけを用いて主成分分析を行い、第一主成分の z 値が大きいものを抽出する。



図 5 標識の点群（左）電線がついた電柱（右）

4. 地物の形状抽出

路面や縁石などの地物は[1]で示したメッシュが使用できるが、通常地物はそのままでは 3D モデルとして使用できない。そこで本研究ではガードレールと柱状の人工物の 3 次元形状を復元する。

4.1 ガードレールの形状抽出

我々は[1]でガードレールの形状復元の手法を示したが、道路にはガードレールの他にもガードパイプなどが存在する。そこで、ガードレールの点群をビーム方向に投影した際に（図 6）、点の密度のヒストグラムを作成し、用意したテンプレートとの比較でどの形状かを推定する。その後、推定されたテンプレートをビーム方向にスワイプし、点群から足を復元し、形状復元をする。



図 6 ガードレール（左）とガードパイプ（右）の点群の投影（左）

4.2 柱状の人工物の形状復元

本研究では標識、電柱、街灯を復元の対象とする。これらはどれも軸となる円柱があるのでまずはそれを抽出する。すべての点を xy 平面に点を投影し、RANSACにより円の中心と半径を求める（図 7）。またこの時、いくつかの高さに分けて円を求め、そのずれが大きい場合は樹木などの自然物として棄却する。

標識の場合にはさらに標識の平面部分を抽出する。同じく支柱以外の点を $x y$ 平面に投影し、直線検出により平面部分を抽出する。次に抽出された点の平面上の分布の形を調べることでどの形の標識かを判断する。最後に標識を支えている柱を、軸の方向を直線検出の結果の直線方向とし、投影することで支柱と同様に復元する。

街灯の場合、垂直な柱の先にある部分の高さを支柱からの距離 x の二次関数で近似し、形状を復元する。

復元された 3 次元モデルと点群を図 8 に示す。

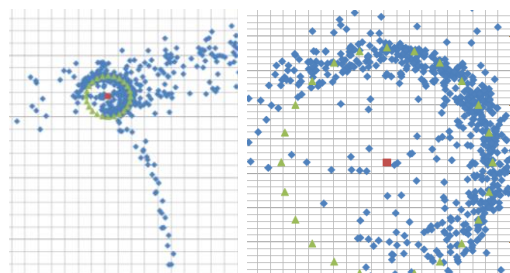


図 7 ransac による円柱抽出（左：全体 右：拡大図）

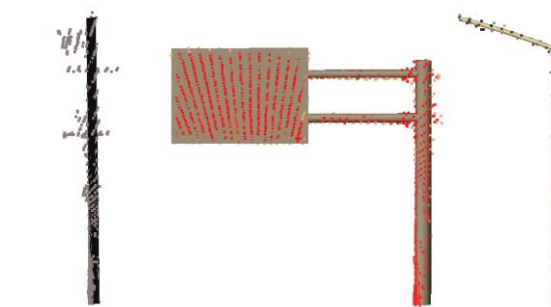


図 8 復元されたモデルと点群（左から：電柱、標識、街灯）

5. まとめ

本稿では、さまざまな地物情報が含まれる MMS 点群データから、各地物の点群に分類し、その形状を復元する手法を示した。

今後は、より多くのパターンの道路や地物において汎用的に使用できる分類手法について見当を行っていきたい。

参考文献

- [1] 池田邦彦, 山下沙綾, 増田宏: 移動計測データのセグメンテーションと地物形状抽出, 平成 23 年度精密工学会秋季大会 2011