

移動計測データから車道と歩道の再構築

東京大学 ○賀君, 増田宏

Reconstruction of Roadway and Walkway from Mobile Mapping Data

The University of Tokyo: Jun He, Hiroshi Masuda

Roadways and walkways are often located side-by-side in Japanese urban areas, and they are subdivided by guardrails and curbstones. It is useful to recognize and reconstruct roadways and walkways for generating 3D street maps. In recent years, Mobile Mapping System (MMS) has been developed and it can capture point-clouds of roads and features while running along the road. In this paper, we propose a method for detecting curbstones and guardrails to segment point-clouds into roadways and walkways, using MMS data. We apply our method to practical MMS data and investigate the effectiveness.

1. はじめに

近年, 道路地図やナビゲーションなどの分野では, 車道と歩道の路面モデルを使ってシミュレーションやアプリケーションを開発することなどへのニーズが高まっている. そのためには, 移動計測装置 (Mobile Mapping System, 以下 MMS) が有効である. MMS は走行しながら道路周辺環境の 3 次元計測を行い, 3 次元情報を持つ点群を効率的に取得する. しかし, 取得された点群には, 路面以外の広範囲で電柱や木など地物も混在しており, 車道と歩道の区別が明確になされていない.

本研究では, MMS 点群データに基づいて路面情報を取り出し, 車道と歩道を抽出することを目的とする. そこで, 境界となる点群を検出し, それらの位置を車道と歩道の境界とする. また, MMS データの特徴を利用し, 境界線の抽出をできる限り効率化する.

2. 路面抽出

我々のこれまでの研究では, MMS で計測したデータの特徴を利用し, 計測ラインベースで点群のメッシュモデルを高速に再構築するための手法を提案した[1]. さらに, 点群の Z 値と傾きを分析し, 地面のような低くて平坦な部分の点群を抽出する方法を提案した[2]. しかし, その手法によって抽出した路面は, 図 1 のように歩道より外側の部分も抽出してしまう. 正規な形状の路面を抽出するため, 縁石やガードレールの位置を推定する方法も提案しているが, それはガードレールのある道路, また, 道路がほぼまっすぐで幅が一定のケースに限られていた. そこで, 本研究はガードレールに加えて, 道路の境界となる縁石, 壁などパターンを検出し, 且つ道路の幅の変動も考慮した車道と歩道の抽出する方法を提案する.



図 1 提案された路面の抽出[2]

3. 路面の境界線の抽出

3.1 境界線の抽出法

手法の流れは, 以下の手順ようになる.

- ① 地面 (低い平坦部も含む) を抽出する.
- ② 歩道 (歩道がない場合は車道, 以下同様) の外側の境界線となる候補点を抽出する.
- ③ 抽出された候補点からノイズを除外し, スムージングを行う. 抽出された点は, 歩道の外側の境界線とする.
- ④ 外側境界線で囲まれた範囲内で, ガードレールがあるかどうかを検出する. 検出があった場合, ガードレールの位置を求め, 車道と歩道の境界線 (以下, 内側境界線) とする.
- ⑤ ③と同様にノイズを除外し, スムージングして滑らかな境界線を作る.

ここで, ステップ②では, 図 2 のように一般道路は縁石, 高速道路は壁の二つのパターンを検出する. ステップ③と⑤では, 道路の幅の変動も考慮する. 以下の節で, 具体的な手法を述べる.

3.2 縁石の検出

縁石は図 2 (左) のように, 段差があるという特徴がある. 本研究では, 計測ラインごとに図 3 (左) のような点群パターンを検出し, 点 2 を縁石の候補点とする. 具体的には, 下記の二つ条件を満たした点を候補点と見なす.

- ① 点 2 から点 3 への傾きが閾値 θ 以上である.
- ② 点 3 と点 2, 点 3 と点 1 の Z 値の差がある閾値以上である (点 2 と点 1 はほぼ水平とする).

ここで, 条件①は, が段差のある部分を検出する. 条件②は, 図 3 (右) のような凹みのあるケースを除外する. また, 条件①の傾きは, レーザスキャナの照射角度に応じて異なった値となる.



図 2 左: 縁石 (市内道路) 右: 壁 (高速道路)

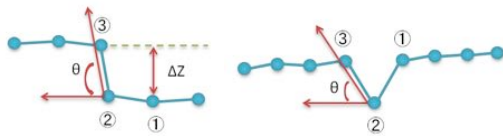


図3 左：縁石の点群パターン 右：凹下のパターン

3.3 壁の検出

壁の部分では、図4（左）のように隣の点へのベクトルが地面と垂直になるという特徴がある。そこで、前節で示したパターンの検出に加えて、図4（右）のようなケースを除外する方法を考える。点3と点2を地面に投影した時、投影点の間の距離がある閾値以内の場合だけ、点3は点2に対して境界壁の候補点になる。



図4 左：境界壁の点群パターン 右：他の地物壁のパターン

3.4 過検出点の除外

図5（左）のように前節の手法で検出した縁石や壁の候補点には過検出点がある。そこで、kd-treeとヒストグラムを用いて離散的な過検出点を除外する。まず、全ての候補点に対して、ある範囲以内の点数を求め、閾値より少ない場合はその点を除外する（図5）。その後、残りの点に対しては、走行ラインとの距離を求め、点数と距離のヒストグラムを表す（図6）。この時、点の数が最大の位置を縁石の位置とする。また、その位置に一番近い地面の点を探し、境界線の点とする。ただし、道路の幅が変化する場合、全ての点を使ってヒストグラムを作成すると、図7（左）のように走行ラインに引っ張られてしまう。そこで、50計測ラインずつヒストグラムを使って境界線を計算する。その結果、図8（右）のように正しく路面の幅に沿って境界線の抽出ができています。

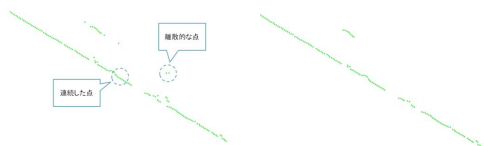


図5 kd-treeによる離散点の除外

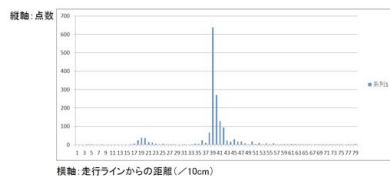


図6 点数と走行ラインから距離のヒストグラム

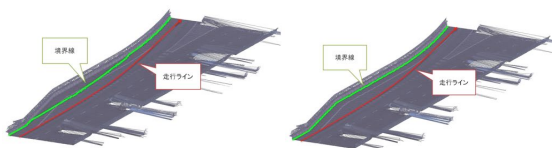


図7 ヒストグラムを用いて縁石の検出（緑線）

3.5 ガードレールの検出

市街道路のような柵で車道と歩道が分けられた場合は、ガードレ

ールを検出し、さらに車道と歩道を分けることを考える。具体的な手法を以下にします。

- ① 外側境界線に囲まれた範囲内で、地物の点群を地面に投影する。点が密の場所はガードレールの候補点とする。
- ② 次に、ガードレールの規格寸法を用い、候補点の3次元座標を分析する。図8（右）の範囲に閾値より多くの点が入ったら、その候補点の点群はガードレールの点群と見なす。
- ③ ガードレールの点群を地面に投影し、一番近い地面の点を境界線の候補点とする。

図9は抽出したガードレールの位置を示す。それらの位置を連続的な点でつなげば、車道と歩道の分離が可能となる。

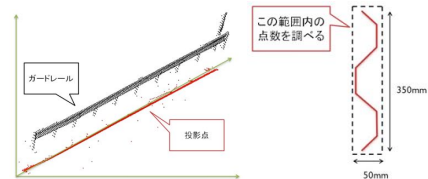


図8 ガードレール検出用断面テンプレート

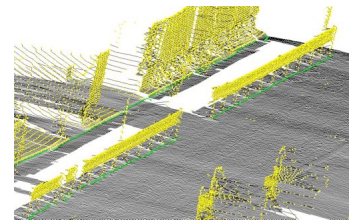


図9 車道と歩道の境界線を求めた結果

4. 評価実験

我々が名古屋高速道路の計測データを用いて提案手法を検証した。表1はその結果を示す。今回の実験データにはガードレールが少なく、ガードレールの検出については実験を行っていない。

表1 境界線抽出の成功率

実験データ：名古屋高速道路		
計測データ数	成功	成功率
63	53	84%

5. まとめ

本稿では、移動計測点群データの計測ラインごとに特定な点群パターンを認識し、車道境界となる縁石や壁などを検出する方法を示した。また、車道と歩道の両方を含んでいる道路においては、ガードレールの位置を検出し、車道と歩道を分ける境界を抽出する手法を示した。今後は、市街道路のようなガードレールが含まれている多様なタイプの道路データを用いて、提案手法の成功率を検証する。また、今回の対象外となった右側の計測データにおいては、対向車両の点群を除外し、右側の境界線の抽出も検討していく。

参考文献

- [1] 賀君，増田宏：移動計測データからの路面形状の抽出と表現，平成23年度精密工学会秋季大会 2011
- [2] 池田邦彦，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（第二報），平成24年度精密工学会春季大会 2012