

移動計測データからの線状物体の抽出

○田島 晃太[†], 増田 宏[†]

[†]: 電気通信大学情報理工学研究科機械知能システム学専攻

t1932055@edu.cc.uec.ac.jp

<キーワード (3 語程度)> 点群, MMS, 機械学習

1. 緒言

移動計測装置(MMS)で取得した点群は, 自動運転で使用される 3 次元地図の作成などに対して有効である. しかし, MMS から取得された点群は様々な地物が一体となっており, 活用するには各地物を分離して識別する必要がある.

道路周辺地物の中でも, 既存手法において, 線状物体の検出は, 道路に沿った線状物体ならば十分に検出できる一方で, 道路を跨ぐ線状物体では不十分である. その理由は, MMS のスキャン方法によって道路に沿った線状物体に比べて道路を跨ぐ線状物体は点群を十分に取得できないためである. (図 1)

道路を跨ぐ線状物体の検出は, 車体との干渉問題などが考えられ, 非常に重要である. そこで本報では, 道路を跨ぐ線状物体を十分に検出する手法について述べる.

2. 手法の概要

本手法では, MMS で取得している画像には道路を跨ぐ線状物体が明確に撮影されている点を利用する. 画像より 2 次元の線状物体を検出し, 3 次元上に点群として線分を生成することで, 3 次元の線状物体を補完し, 検出することを考える.

図 2 に本手法の全体の流れを示す. まず, 画像に対して, 深層学習, 2 値化, Hough 変換と細線化を用いることで線状物体の候補となる線分を画像から検出する. 次に, 点群の 3 次元空間において, 線状物体が存在している垂直平面を算出する.

算出した垂直平面に画像から検出した 2 次元線状物体を投影することで, 3 次元空間内のデータとすることができる. このデータと点群を統合することで, 線状物体の軌跡を算出する.

3. 画像からの線状物体の検出

画像から線状物体を検出するため, 画像を小領域に分割し, 深層学習を用いて線状物体の小領域画像のみを選択する. 選択された画像に対して, 2 値化, Hough 変換を行うことで線状物体を短小線分として検出する. この線分に, 細線化をかけることにより, 画像から線状物体を検出することができる.

4. 2 次元線状物体の 3 次元座標への算出

4.1 点群内の線状物体が存在する垂直平面の算出

点群の中において線状物体は, 下に凸なカタナリ一曲线に従い, 3 次元内の垂直な平面内に存在して



図 1 欠落した線状物体

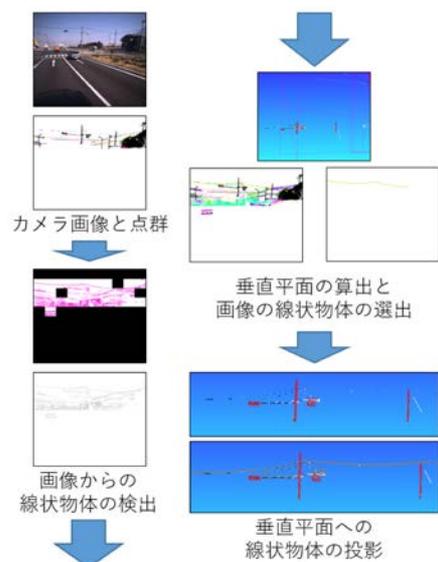


図 2 線状物体の検出手順

いる。そこで、点群よりその平面を算出する。

まず、点群から垂直平面の算出を行う上で、不必要な点群を除去する。

続いて、点群は水平面に投影をすると直線に近い形で投影されるので、RANSAC を用いて直線を検出する。その直線に垂直な幅を与えることで、点群の線状物体が存在する垂直平面を算出できる。

4.2 2次元線状物体の垂直平面への投影

垂直平面に含まれている点群は線状物体であると考えられる。線状物体を検出した画像にこれらの点群を投影したとき、距離が近い線分は同じ線状物体だと考えられる。よって、その線分を3次元内の垂直平面に投影することを考える。

3次元座標から画像への投影は、図3に示すようにピンホールカメラモデルによって、画像投影面と直線OPとの交点として計算することができる。しかし、カメラで撮影された画像は歪みを含んでおり、計算値からズレが生じている。本研究では、この逆計算を行う必要がある[1]。そのため、画像処理で使用される補正関数[2]を用い、交点 $\hat{p} = (\hat{u}, \hat{v})$ を実際の画素位置 $\hat{p}' = (\hat{u}', \hat{v}')$ に変換する。図4に計算の流れを示す。

図3において、正規化画像上の座標 \hat{p}' が得られている時、補正前の画素位置 \hat{p} が算出できていれば、対応する3次元の点は直線OP上に存在していることが分かる。この時、直線OPと前節で算出した垂直平面との交点に対応する3次元座標という算出結果になる。

画像上の座標 (\hat{u}', \hat{v}') を歪み補正された値、 (\hat{u}, \hat{v}) を歪み補正前の座標とする時、図4に示す関数による変換を $(\hat{u}', \hat{v}') = (f(\hat{u}, \hat{v}), g(\hat{u}, \hat{v}))$ と書くものとする。この時、座標 (\hat{u}, \hat{v}) は以下の式を満たすとき得ることができる。

$$\{f(\hat{u}, \hat{v}) - \hat{u}'\}^2 + \{g(\hat{u}, \hat{v}) - \hat{v}'\}^2 \rightarrow \min$$

この計算には、準ニュートン法を用いた。座標 (\hat{u}, \hat{v}) が求めれば図3の直線OPの方程式が算出でき、3次元空間上の座標も算出することができる。

5. 評価実験

MMSによって取得された点群を図5に示す。この図

から分かる通り、道路を跨ぐ線状物体の点群が大きく欠落している。これにより線状物体を検出するのは難しい。

一方で、図6に本手法を用いた結果を示す。画像から検出された2次元線状物体を3次元空間に追加したことにより、線状物体の接続関係を検出することができる。

6. 結論

本報では、画像より検出された2次元線状物体から3次元上の線分を作成し、道路を跨ぐ線状物体を検出する手法を検討した。

今後は、本手法を線状物体以外の道路周辺地物への適用を検討していく。

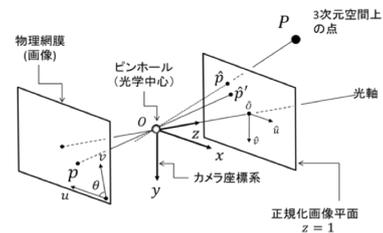


図3 ピンホールカメラモデル

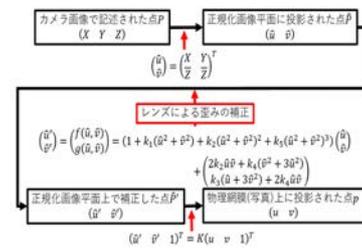


図4 計算アルゴリズム



図5 MMS から取得した点群



図6 検出した線状物体

参考文献

- [1] 小栗昇悟, 増田宏: 点群と画像の併用による移動計測データからの対話的な形状再構成, 精密工学会秋季講演会, 2012
- [2] J. Weng, P. Cohen, M. Herniou: Camera Calibration with Distortion Models and Accuracy Evaluation, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992, 14(10), p.965-980.