

# 移動計測による点群と画像を用いた線状物体検出 (第1報)

電気通信大学 ○田島 晃太, 森 悠真, 増田 宏

## 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情報は、効率的なインフラ設備の維持管理や3次元地図の作成に有効である。道路周辺にはさまざまな種類の地物が存在するため、MMSで取得された道路周辺の点群から各地物を独立して抽出する必要がある。

我々のこれまでの研究では、柱状物体、線状物体、ガードレール、縁石などの地物の抽出手法を開発してきた。このうち、電線などの細い線状物体については、正しい形状を再構成することは難しいという問題があった。線状物体では、複数の線が近接している場合に、スキャンラインの間隔が隣接する電線の間隔よりも大きくなることもあり、図1のように誤った点を連結して本来存在しない箇所に電線を再構築してしまうことがあった。

小栗らは、電線がカタナリ曲線で近似できることを利用して線状物体の検証を行った[1]。しかし、すべての電線がカタナリ曲線で近似できるわけではないので、点群だけで正しい形状を推定することには限界がある。

MMSでは、道路周辺のカメラ画像も同時に取得する。画像を用いた地物抽出では、色情報を用いることで、図2のように各地物を連続した領域として取得することができる。ただし、画像だけでは環境の影響を受けやすく、3次元情報の再構成は容易ではない。

そこで本研究では、点群と画像を組み合わせることで、道路周辺の線状物体を安定的に抽出する手法を検討する。本手法では、線状物体の候補点群を抽出した後、対応するカメラ画像を用いて点群の接続関係を推定することを考える。

## 2. 手法の概要

本手法では、レーザスキャナを搭載したMMSを用いて計測された点群から線状物体の検出を行う。また、点群に対応するカメラ画像から線状領域を検出する。その後、点群と画像の双方の接続関係を用いて最終的な接続関係を決定する。

図3に本手法の全体の流れを示す。まず、レーザスキャナの回転数とパルス繰り返し周波数を用いて、点群を2次元に構造化する[2]。ここでは、2次元的に配列された点群を点群画像と呼ぶ。電線は十分に高い位置に設置されているため、上方に存在する点群のみを線状物体の候補とし、点群画像の隣接関係を用いて連結する。連結された点群には建物の屋根や電柱の柱上変圧器等を含むため、主成分分析を用いて、線上に分布する点群のみを線状物体として抽出する。

次に、カメラ画像から線状物体の領域を検出する。初めに適応的閾値処理を行い、画像を2値化する。その後、画像を小領域に分割をしたのちに線分の検出を行う。これにより、急激に色が変わる直線部分が検出される。これを線状領域候補とする。

次に、線状物体として抽出された点群をカメラ画像に投影する。点群を用いて検出された線状物体とカメラ画像か

ら検出された線状領域候補を照合することにより、未検出あるいは過検出された線状物体の接続関係を推定する。

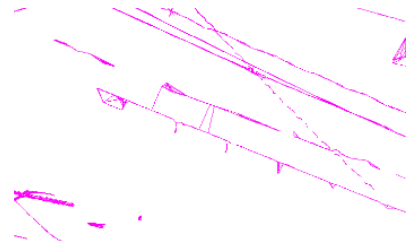


図1 誤った連結の線状物体



図2 連続した領域

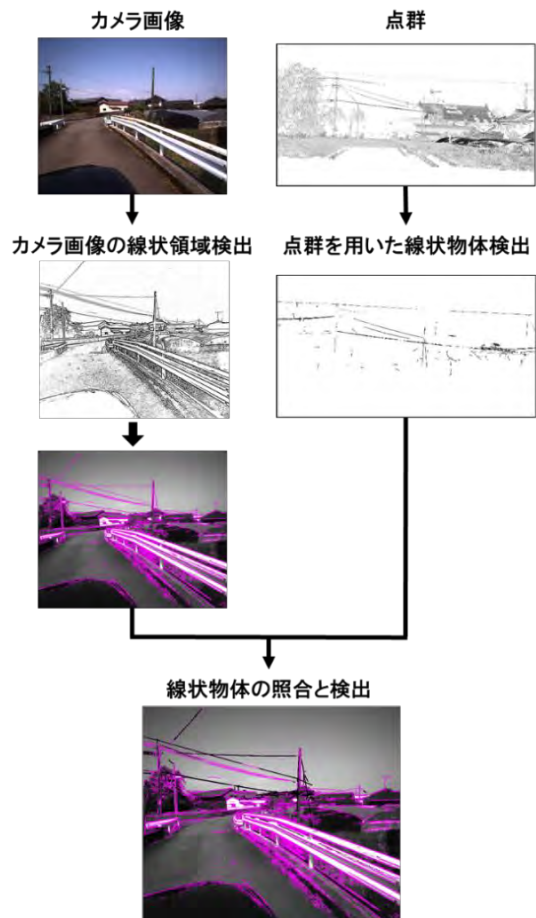


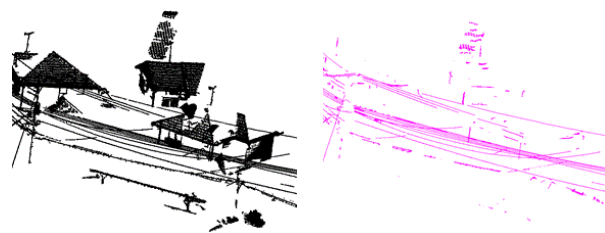
図3 線状物体の検出

### 3. 点群からの線状物体の検出

ここでは、小平らの手法[1]を用いて、MMS 点群から線状物体を検出する。初めに、レーザスキャナの回転周波数とパルス繰り返し周波数を用いて点群を 2 次元に構造化し点群画像を作成する。

次に、レーザスキャナの上方 4 m から下の点群を取り除く。その後、点群画像のある点に対し、その点を中心とする矩形領域に含まれる、3 次元上での最近傍点を求める。最近傍点との距離が閾値以上の場合、これを棄却する。このようにしてできる隣接関係を用いて最近傍点を算出し、エッジで連結する。

その後、連結成分ごとに各点の近傍点の主成分方向を算出する。この時、主成分方向の分散が大きい点を線状物体の点群として検出した。図 4(a)はレーザスキャナの下方を取り除くことで得られた上方の点群の画像である。この各点の第 1 主成分が閾値を超えた点のみを抽出した点群が図 4(b)になる。



(a)道路上方の点群 (b)抽出した線状物体

図 4 点群の線状物体検出

### 4. 画像からの線状物体の検出

ここでは、線状物体の点群と対応するカメラ画像を用いて点群の接続関係の推定を行う。ここでは、電線の背景が空になることを考慮し、RGB 画像の B 成分を用いてグレースケール画像を作成した。その後、小領域ごとに 0 と 1 が一定の比率となるような閾値を与える適応的閾値処理により 2 値化した。

その後、Hough 変換を用いて線状物体の直線を検出する。ただし、道路周辺に存在する電線等の線状物体は懸垂状であり、直線をフィッティングすることは難しい、また、画像全体にまたがる直線を誤検出してしまうことがある。そのため本手法では、スケールを反転させた画像に対し Hough 変換を用いて小領域ごとに細かな線分を検出することで、線状領域を推定する。これにより、画像中で急激に白に変化する部分が細かい線分の集合として表現される。図 5 は適応的閾値処理により 2 値化したカメラ画像を 16 の小領域に分割した画像である。図 6 はカメラ画像から 2 値化を行い、Hough 変換をして得た線分の集合である。

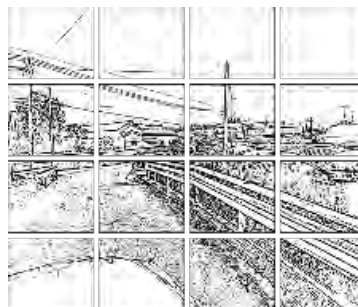


図 5 カメラ画像の線状領域の検出結果



図 6 カメラ画像の線状領域の検出

### 5. 点群と画像の照合

検出された線状物体の点群をカメラ画像へと投影する。点群とカメラ画像はそれぞれ GPS 時刻を保持しているので、照合することでカメラ画像に点群を投影することができる。

ここでは、検出された線状物体の接続関係を保持したまま、カメラ画像に点群を投影する。

次に、点群を投影したカメラ画像上の線状領域の接続関係を用いて、欠落した線状物体の接続と、過剰となっている接続関係の分離を行う。

投影された線状物体点群とカメラ画像の線状領域は、レンズのゆがみによりずれていることがあるため、双方の線状部分の方向ベクトルを用いて対応させる。この時、同一の線状領域に対応付けられた点群は、同一の線状物体の点群として接続する。

図 7 は実際に点群を用いた線状物体検出結果とカメラ画像を用いた線状領域検出結果を元のカメラ画像の上に 1 枚の画像として投影したものである。この画像より、点群を用いて得られた線状物体検出結果では欠落してしまった接続関係や、過剰な接続関係についてカメラ画像を用いた線状領域検出で補填できることが見て取れる。



図 7 点群とカメラ画像による照合

### 6. まとめ

点群と画像から対応する線状物体を抽出し、双方の接続関係をもとに、適切な接続関係を推定する手法を検討した。

今後は、道路に垂直な線状物体などの点群の計測が困難な線状物体の点群について画像を用いて補充する手法を検討する。

### 参考文献

- [1] 小栗昇悟, 増田宏, 移動計測データを用いた道路周辺地物の形状再構成 (第 3 報), 精密工学会 2014 春季
- [2] 小平圭祐, 増田宏, 移動計測データからのロバストなメッシュ生成手法, 精密工学会 2016 秋季