

## (64) 完成平面図に基づいた点群データからの 地物抽出技術の高精度化に関する検討

中村 健二<sup>1</sup>・塚田 義典<sup>2</sup>・田中 成典<sup>3</sup>・梅原 喜政<sup>4</sup>・中畑 光貴<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 大阪経済大学教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅2丁目2番地8号)

E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 摂南大学講師 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17番8号)

E-mail: yoshinori.tsukada@kjo.setsunan.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 関西大学特別任命助教 先端科学技術推進機構 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3-35)

E-mail: y.umeha@kansai-u.ac.jp

<sup>5</sup>非会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)

E-mail: k964962@kansai-u.ac.jp

近年、レーザ計測技術の発展に伴って、道路地物の3次元情報を点群データとして計測する手段が多様化している。国土交通省では、点群データを活用することで施工現場の生産性を向上させる取り組みとしてi-Constructionを推進している。しかし、点群データは、点が示す道路地物の情報を保持していないため、用途に即した効率的な運用が難しい。そのため、点群データから道路地物を抽出する技術が注目されている。既存研究では、完成平面図に記載された外形線情報を参照して、点群データを道路地物毎に分割する手法が提案されている。しかし、道路分野で一般的に用いられるMMSの点群データは、点群データと完成平面図間やトラジェクトリ毎の点群データ間に位置ズレが生じ、精度が低下する課題がある。そこで、本研究では、これらの位置ズレを補正することにより、高精度な道路地物の抽出手法に関して検討する。

**Key Words** : road feature, point cloud data, plan of completion drawing, registration, feature classification

### 1. はじめに

近年、レーザ計測技術の発展に伴って、Mobile Mapping System (以下、MMS)、地上設置型レーザスキャナやUAV等のように、道路地物の3次元情報を点群データとして計測する手段が多様化している。国土交通省では、点群データ等の3次元情報を活用することによる施工現場の生産性向上の取り組みとしてi-Construction<sup>1)</sup>を推進しており、様々な現場で点群データの利活用が推し進められている。道路分野に着目すると、道路空間で計測された点群データを解析することにより、標識や照明等の道路附属構造物の自動点検<sup>2)</sup>や路面の性状調査<sup>3)</sup>、自動運転技術で必要な道路基盤地図データの生成<sup>4)</sup>、橋梁の3次元モデルの生成<sup>5)</sup>等の取り組みがなされている。

しかし、道路空間で計測された点群データには、車道部や歩道部、標識、照明等の様々な道路地物が混在している。さらに、点群データは、膨大な点の集合で様々な道路地物の形状を表現しているにすぎず、それらの点が

示す道路地物の情報を保持していない。このような点群データを維持管理業務で効率的に運用するには、用途に応じて必要な道路地物の点群データを取捨選択する必要がある。この作業には、点群データ処理のソフトウェアが必須であり、加えて、人手での作業を要する課題がある。そのため、点群データの利活用の促進を目指し、道路地物毎の点群データを自動抽出する技術が求められている。そこで、著者らは、道路工事完成図等作成要領<sup>6)</sup>に準拠した完成平面図を参照することで、点群データから道路地物を抽出する手法<sup>7)</sup>を提案した。

しかし、道路分野で一般的に用いられるMMSの点群データは、複数車線を計測し、車線毎の計測データを用いて生成されているため、車両の走行軌跡(以下、トラジェクトリ)毎に計測環境に起因した誤差が生じ、点群データ間に位置ズレが発生する。また、計測された点群データと完成平面図との間にも、それぞれのデータが保持する精度差から、位置ズレが生じることが多く、地物抽出時の精度低下の要因となっている。

そこで、本研究では、完成平面図に基づいて点群データを補正し、前述の位置ズレを解消する手法を検討することで、地物抽出技術<sup>7)</sup>の高精度化を目指す。

## 2. 研究概要

### (1) 研究内容

本研究では、完成平面図に基づいて点群データを補正することにより、点群データに生じている位置ズレを解消する手法を提案する。なお、本研究では、道路空間の計測で一般的に利用されているMMSの点群データを対象とする。

### (2) 位置ズレの課題

既存手法<sup>7)</sup>の精度低下要因である点群データの位置ズレの課題を詳細に分析した結果、次に示す2種類の課題に分類できることが分かった。

#### a) トラジェクトリ毎の点群データ間の位置ズレ

MMSは、一度の走行で計測現場全体を計測することは困難であるため、複数車線を走行し、トラジェクトリ毎に計測した点群データを重畳することで、計測現場全体の点群データを生成する。しかし、**図-1**上に示すとおり、トラジェクトリ毎に周辺環境が異なるため計測誤差が発生し、トラジェクトリ毎の点群データ同士に位置ズレが生じていることが分かった。

#### b) 完成平面図と点群データ間の位置ズレ

MMSの点群データには、計測誤差や位置合わせ時の誤差が含まれている。そのため、完成形状が正確に記載された完成平面図と重畳した場合、**図-1**下に示すように、完成平面図と点群データ間に数10cmから1m程度の位置ズレが生じることが分かった。

### (3) 課題への対応方策

本研究では、完成平面図を基準位置とし、トラジェクトリ毎の点群データを完成平面図に重畳することで、「点群データ同士の位置ズレ」と「完成平面図と点群データ間の位置ズレ」の課題を解消する。なお、基準位置とする道路地物は、道路を構成する基本的な地物であり、点群データ上から反射強度を用いて抽出が容易である区画線を用いる。

## 3. 位置ズレの補正アルゴリズム

提案手法の処理フローを**図-2**に示す。提案手法は、点群データと道路工事完成図等作成要領<sup>8)</sup>に準拠した完成平面図を入力として、「外形線データ抽出機能」、「区

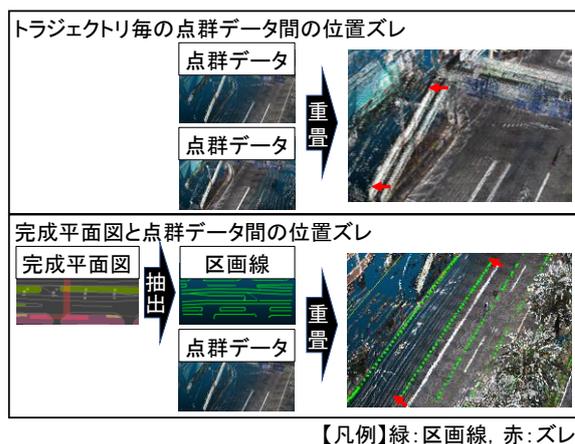


図-1 位置ズレの詳細

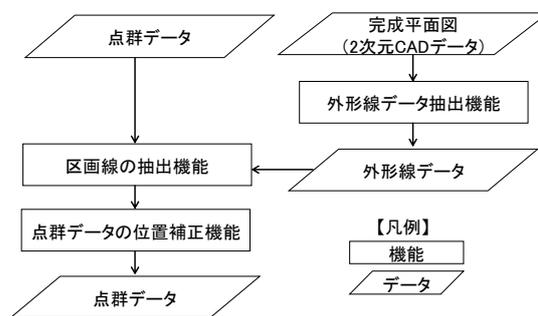


図-2 処理フロー

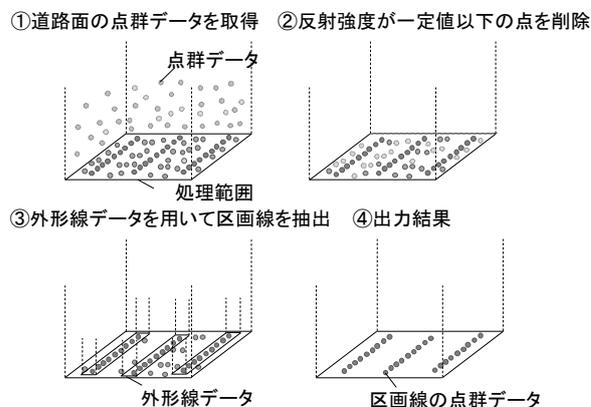


図-3 区画線の抽出処理

画線の抽出機能」と「点群データの位置補正機能」の3機能を経て、位置補正を行った点群データを出力する。各機能の詳細を次に示す。

#### (1) 外形線データ抽出機能

本機能では、完成平面図から区画線の外形線データを抽出する。道路工事完成図等作成要領<sup>8)</sup>では、区画線をC-STR-STRZ-LINEレイヤの線フィーチャとして定義しているため、この定義に従い、入力された完成平面図の2次元CADデータから区画線の線形情報を抽出する。そして、その線形情報を区画線の外形線データとする。

## (2) 区画線の抽出機能

本機能では、点群データから区画線の点群データを抽出する。まず、図-3中①に示すとおり、区画線は必ず道路面上に存在することに着目し、Cloth Simulationアルゴリズム<sup>9)</sup>を用いることで、点群データから道路面の点群データを抽出する。Cloth Simulationアルゴリズムとは、点群データの標高値を反転させて、一定の剛性を持たせた布を覆った時に接触した点を道路面の点群データとする手法である。次に図-3中②に示すとおり、区画線は反射強度が高いことに着目し、点群データから反射強度が一定値以下の点を除去する。最後に、図-3中③に示すとおり、区画線の点群データと外形線データを重畳し、一定幅を持たせた外形線データの領域内に含まれる点を区画線として抽出する。

## (3) 点群データの位置補正機能

本機能では、完成平面図から取得した区画線の外形線データ（以下、完成平面図区画線）を基準位置とし、点群データから抽出した区画線（以下、点群データ区画線）を重畳することにより、点群データ全体の位置ズレを補正する。まず、図-4中①に示すとおり、完成平面図区画線は点群データ区画線に対して端点の数が少ないため、完成平面図区画線に点を一定間隔で内挿する。次に、図-4中②に示すとおり、Iterative Closest Point (ICP) アルゴリズム<sup>9)</sup>を用いて完成平面図区画線と点群データ区画線を重畳する。最後に、図-4中③に示すとおり、ICPを用いて位置合わせを行った点群データ区画線から、完成平面図区画線とのRMS値が一定値以下かつ最も移動量の少ない変換パラメータを取得し、入力された点群データに適用することで、位置ズレを補正する。

## 4. 実証実験

本実験では、MMSの点群データに対して提案手法を適用し、補正前後の位置ズレを比較することで、提案手法の有用性を評価する。

### (1) 実験条件

本実験では、大阪府堺市堺区宿院町西付近を計測したMMSの点群データを用いる。本データには、図-5に示すとおり、2トラジェクトリ分の点群データが含まれている。点群データの詳細を表-1に示す。

### (2) 実験方法

本実験では、点群データに対して提案手法を適用し、補正前後の点群データと完成平面図間の位置ズレを比較する。評価地点は、トラジェクトリ毎に計測範囲が異なる

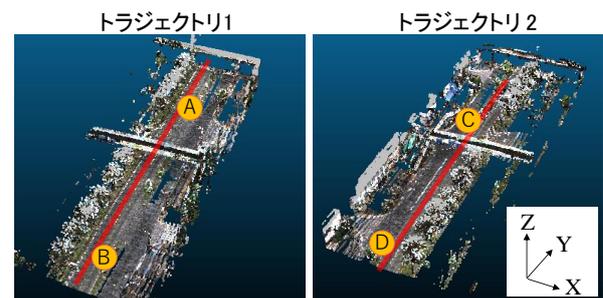
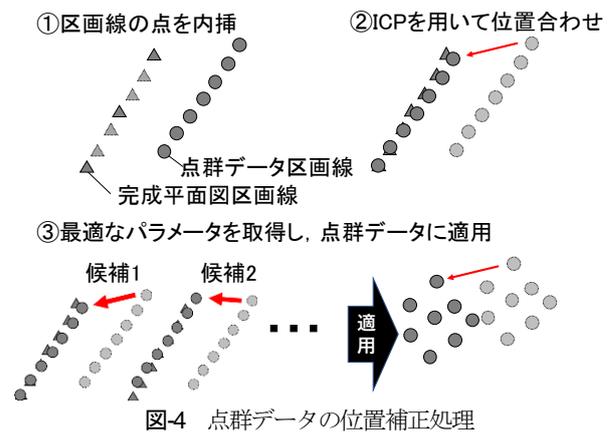


表-1 点群データの詳細

トラジェクトリ	点数	点群密度 (点/m <sup>2</sup> )	工事名
1	365,303	94.1	国道26号宿院地区工事舗装修繕工事
2	448,285	106.9	

表-2 実験結果

トラジェクトリ	地点	評価指標	補正前 (cm)	補正後 (cm)	差分 (cm)
1	A	X 距離	50.0	28.1	-21.9
		Y 距離	53.1	62.5	9.4
		直線距離	72.9	68.5	-4.4
	B	X 距離	50.0	14.0	-36.0
		Y 距離	51.5	60.9	9.4
		直線距離	71.7	62.4	-9.3
2	C	X 距離	123.4	20.3	-103.1
		Y 距離	67.1	85.9	18.8
		直線距離	140.4	88.2	-52.2
	D	X 距離	93.7	12.5	-81.2
		Y 距離	90.6	100.0	9.4
		直線距離	130.3	100.7	-29.6

ため、図-5に示す4箇所とした。また、区画線に対して垂直方向（以下、X成分）と水平方向（以下、Y成分）の距離及び、ユークリッド距離（以下、直線距離）の3指標を用いて位置ズレ量を評価する。

### (3) 結果と考察

実験結果を表-2に示す。また、補正前後の点群データを図-6に示す。本実験結果から以下の2点が明らかとなった。

#### a) X成分の位置補正に成功

表-2中X距離を確認すると、補正後の点群データは、補正前と比較して平均60.6cmの位置ズレを補正出来ていることが分かった。また、図-6を確認すると補正後の点群データは、補正前よりもX成分の距離が減少したことが目視により確認できた。

#### b) Y成分の位置補正に失敗

表-2中Y距離を確認すると、平均11.8cmの位置ズレの増加が生じていることが分かった。これは、区画線が車道部に沿って伸び、Y方向に長い線形であるため、ICPアルゴリズムを適用したときに、誤った水平位置でRMS値が収束したことが原因であると考えられる。

本課題への対応方策としては、区画線を用いてX成分の位置合わせを行った後、横断歩道のように区画線に対して垂直方向に長い地物を用いてY成分の位置合わせを行い、両成分が最も良いパラメータを算出することで対応できると考えられる。

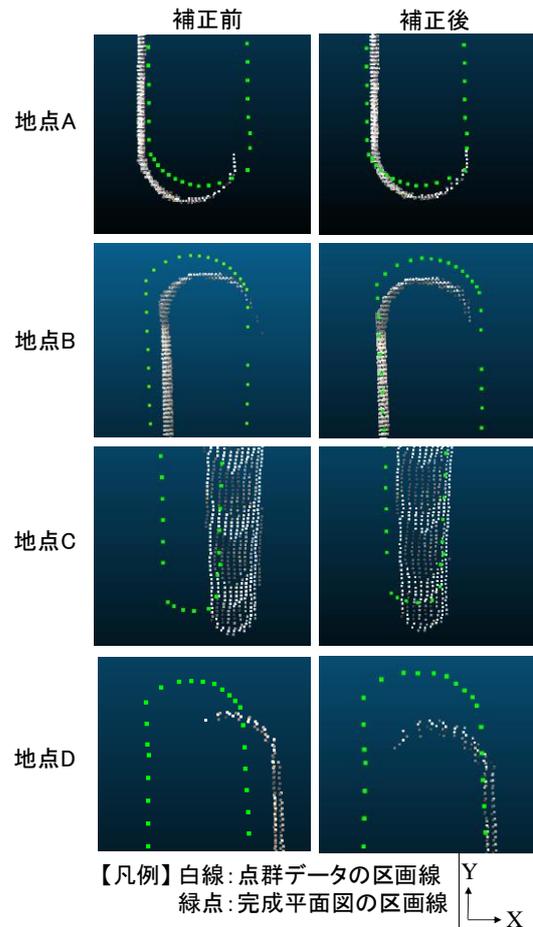


図-6 区画線と補正前後の点群データの重畳結果

## 5. おわりに

本研究では、完成平面図を用いて道路地物を抽出する既存研究<sup>7)</sup>の高精度化を目的として、点群データを補正することで、完成平面図と点群データに生じる位置ズレを解消する手法を検討した。実証実験により、提案手法は、X成分の位置ズレに対して有効であることが分かった。しかし、Y成分の補正に失敗する課題が見られた。今後は、位置合わせに用いる地物の位置や形状を考慮してICPアルゴリズムを適用することで、位置補正精度の向上を目指す。また、本研究では、MMSの点群データを対象としたが、複数地点から計測し、点群データを重畳する地上設置型レーザスキャナにおいても、本提案手法により同様の課題を解消できると考えられる。今後、地上設置型レーザスキャナでの追加実験を実施する予定である。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction, < <http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> >, (入手 2019.6.17) .
- 2) 新垣仁, 島村潤, 谷口行信：モデル当てはめによる柱状構造物のたわみ判定手法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 電子情報通信学会, Vol.114, No.90, pp.79-84, 2014.
- 3) 森石一志, 中村博康, 渡邊一弘：三次元点群データ

を用いた新たな路面評価手法の検討, 土木学会論文集 E1 (舗装工学), 土木学会, Vol.69, No.3, pp.I\_9-I\_16, 2013.

- 4) 原孝介, 斎藤英雄：勾配画像処理に基づく三次元点群からの高精度地図の自動生成, 自動車技術会論文集, 自動車技術会, Vol.47, No.1, pp.183-188, 2016.
- 5) 塚田義典, 田中成典, 窪田諭, 中村健二, 岡中秀騎：点群データを用いた橋梁の3次元モデルの生成に関する研究, 知能と情報, 日本知能情報ファジィ学会, Vol.27, No.5, pp.796-812, 2015.
- 6) 国土交通省：道路工事完成図書等作成要領 (第2版), < <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0493pdf/ks0493.pdf> >, (入手 2019.6.17) .
- 7) 中村健二, 寺口敏生, 梅原喜政, 田中成典：完成平面図に基づいた点群データの地物抽出技術に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.73, No.2, pp.424-432, 2017.
- 8) Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X. and Yan, G. : An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation, *Remote Sensing*, MDPI, Vol.8, No.6, pp.501-509, 2016.
- 9) Szymon, R. and Marc, L. : Efficient Variants of the ICP Algorithm, *Proceedings Third International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling*, IEEE, pp.145-152, 2001.