

〔論 文〕

# 平面特徴を用いた3次元点群データの 重ね合わせ手法に関する検討

北 川 悦 司

**抄録：**近年の技術進歩により容易に取得できるようになってきた3次元点群データは、多岐にわたる利用用途がある点で注目されている。特に、異なる時系列のデータを比較することは、地図更新や構造物の維持管理、災害時の状況把握などに活用できる点で非常にニーズが高い。しかし、時系列変化を把握するために必須となる3次元点群データの重ね合わせ手法は、計測箇所や点群密度の問題などからまだまだ発展途上の技術となっている。そこで、本研究では、既存の課題を解決する重ね合わせ手法を構築するために、3次元点群データから平面を抽出し、平面と平面の交線をパターンマッチングで重ね合わせをする手法について検討した。具体的には、著者の既研究で課題として残った「交線画像マッチング処理」などについての検討を行った。本手法は、点群密度の影響などを受けにくいことから、新しい重ね合わせ手法になる可能性と、既存の手法との併用で今までより高精度の重ね合わせが実現できる可能性がある。

## I はじめに

近年の技術進歩と3次元データのニーズの高まりによって、今日では、衛星(カメラ、合成開口レーダ(SAR))や航空機(レーザプロファイラ(LP)、カメラ)、UAV(カメラ、レーザ)、車(モービルマッピングシステム)、地上(カメラ、距離画像センサ、レーザ)といった様々なプラットフォーム上で様々なセンサ機器を利用して3次元データを容易に取得できる。この3

次元点群データは、多岐にわたる利用用途がある点で非常に注目されている。特に、異なる時系列のデータを比較することは、地図更新や構造物の維持管理、災害時の状況把握などに活用できる点で非常にニーズが高い。しかし、時系列変化を把握するために必須となる3次元点群データの重ね合わせ(位置合わせや、レジストレーションとも呼ぶ)手法の現状は、オープンソースのライブラリであるPCL(Point Cloud Library)[1]にも実装されているICP(Iterative Closest Point)を利用した事例や研究[2]~[4]が多い。ただし、これらの手法は、点と点を誤差なく一致させるパターンマッチング手法の延長である。そのため、対象物の形状に変化がなかったとしても、各点群データの同じ位置に点が存在するとは限らない「計測箇所の問題」や、航空機から取得したデータと地上から取得したデータの密度が異なる「点群密度の問題」などが原因で、同じ撮影方法で点群の密度が非常に多いデータなどしか上手く重ね合わせることができないのが現状である。そこで、本研究では、既存の課題を解決する重ね合わせ手法を構築するために、3次元点群データから平面を抽出し、平面と平面の交線をパターンマッチングで重ね合わせをする手法について検討した。具体的には、既研究[5]で課題として残った「交線画像のマッチング処理」の解決策の検討を目的とする。

## II 処理フロー

具体的な処理フローを図1に示す。入力データとしては、複数の3次元点群データである。

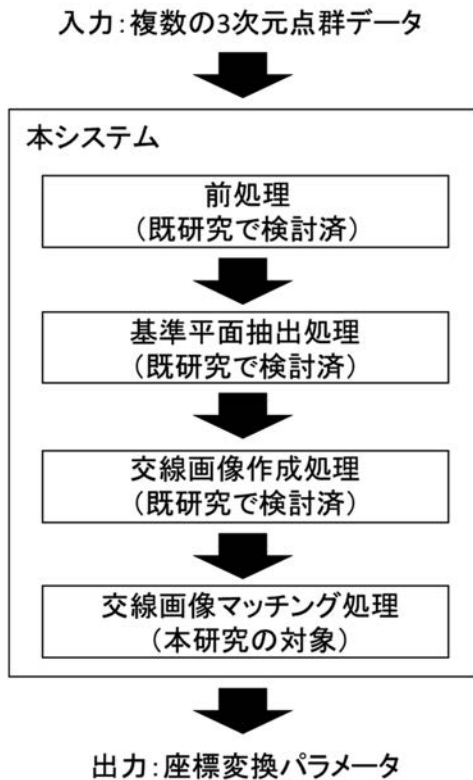


図1 処理フロー

ただし、この点群データは、重ね合わせることが目的のため、一定以上オーバーラップして(重なって)いる必要がある。出力データとしては、基準となる点群データ(本研究では1つ目の点群データ)に重ね合わせるための座標変換パラメータ(平行移動行列と回転変換行列)[6]となる。処理としては、まず、外れ値除去などの前処理を行う。次に、基準となる平面を決定するために基準平面抽出処理を行う。そして、基準平面上の複数の交線を抽出する交線画像作成処理を行う。最後に、交線画像同士をマッチングし、座標変換パラメータを求める交線画像マッチング処理を行う。本論文では、既研究で未実装であった最後の交線画像マッチング処理について、具体的な検討を行う。

### Ⅲ 交線画像マッチング処理

本研究の目的は、重ね合わせるための座標変換パラメータを求めることである。交線画像作成処理で基準平面をXY平面に変換している点で3次元の内の1次元分の変換パラメータは算出できている。そして、複数の交線画像をパターンマッチングなどの画像処理技術[7]を用いてマッチングさせることで残りの2次元分の変換パラメータを算出することができる。これらの変換パラメータを結合することで、出力したい座標変換パラメータを作成することができる。

座標変換パラメータの算出方法を下記に示す。

- 1) 各3次元点群データから基準平面を抽出する。基準平面の算出にはRANSAC法を利用する。(基準平面抽出処理)
- 2) 基準平面が $Z=0$ の平面になるように、各3次元点群データに平行移動と回転変換を行う。平行移動量は、抽出した基準平面の重心座標を利用する。回転変換量は、抽出した基準平面の法線ベクトルとZ軸のベクトル $(0, 0, 1)$ のなす角を利用して求める。本研究では、ここまでの変換によってZ座標の重ね合わせができているため、残りをX, Yの2次元の重ね合わせとして処理できる点が特徴である。(交線画像作成処理)
- 3) 基準平面が $Z=0$ となった各3次元点群データから、基準平面と他の平面との交線を描画した交線画像を作成する。(交線画像作成処理)
- 4) 各3次元点群データの交線画像から共通の交線を2本抽出する。(交線画像マッチング処理→現在は手動)
- 5) 4)の交線の1本がX軸となるように回転変換する。具体的には、交線とX軸の交点を原点とするように平行移動し、X軸と交線のなす角をマイナスの回転変換する。

Mar. 2019

平面特徴を用いた3次元点群データの重ね合わせ手法に関する検討

(交線画像マッチング処理)

- 6) 5) で利用した交線とは異なる交線とX軸との交点を求め、複数の3次元点群データにおいてその交点が同じ座標になるようにX軸上に全点を平行移動する。(交線画像マッチング処理)
- 7) 1) ～ 6) の座標変換を結合して、座標変換パラメータを算出する。(交線画像マッチング処理)

#### Ⅳ 実証実験

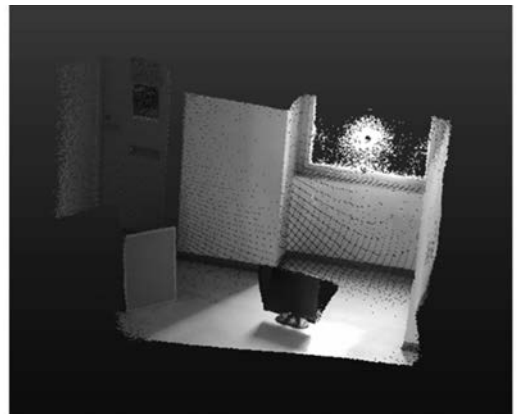
本実証実験では、Microsoft社製のKinect V2

センサを用いて3次元点群データを取得した。Kinectと同じ位置から撮影した画像を図2に示す。また、取得した点群データを図3に示す。さらに、作成した交線画像を図4に示す。図4からわかるように、2つの交線画像間で一致する交線が非常に多く、画像処理技術で十分にマッチングできる精度であることを目視で確認できる。ここまでは既研究[5]の成果である。

本研究の目的である交線画像マッチング処理の結果を図5に示す。また、点群1と点群2を重ね合わせした結果を図6に示す。図5、図6とも十分にマッチングできる精度であることを目視で確認できる。



点群1の撮影位置

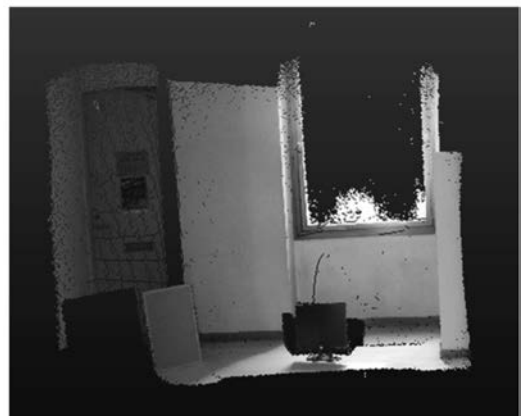


点群1



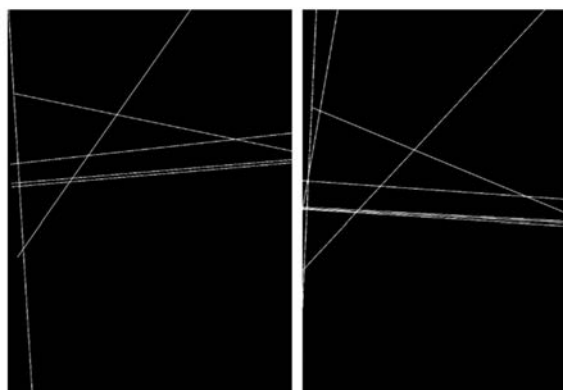
点群2の撮影位置

図2 撮影位置からの画像



点群2

図3 3次元点群データ



点群1の交線画像

点群2の交線画像

図4 交線画像

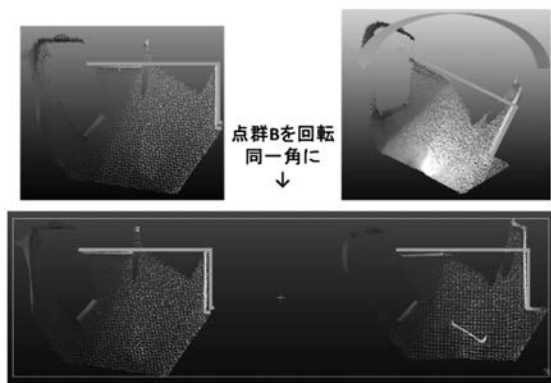
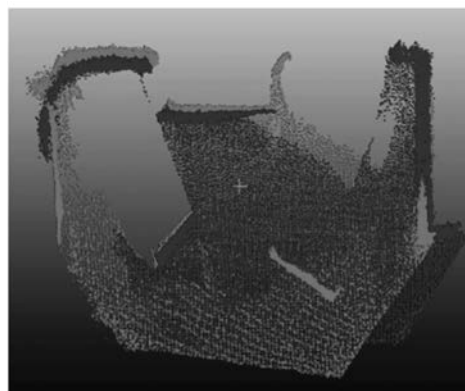
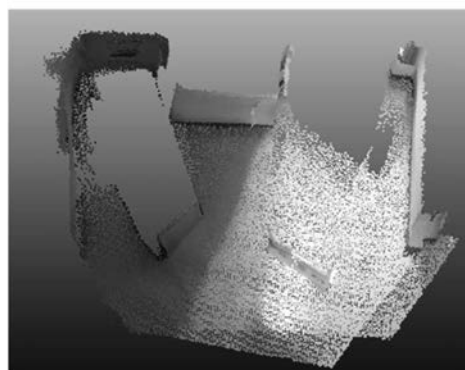


図5 交線画像マッチング処理



2色表示



RGB色表示

図6 重ね合わせ結果

## V おわりに

本研究において、既研究で未実装だった交線画像マッチング処理を実装した。そして、各点群データの同じ位置に点が存在するとは限らない「計測箇所の問題」や、航空機から取得したデータと地上から取得したデータの密度が異なる「点群密度の問題」に依存しない重ね合わせ手法を検討した。その結果、異なる点群においても交線画像上に同様の形状を取得でき、新しい重ね合わせ手法になる可能性を示すことができたと考える。

しかし、手動となっている交線画像から共通の交線を自動で求める点が未実装である。ま

た、点群数と面積だけで基準平面を決定するのではなく、形状特性も踏まえながらの決定方法を実現していきたい。さらに、様々な機器や環境での実証実験なども今後の課題である。

## [付 記]

本稿は、2017年度阪南大学産業経済研究所助成研究「平面特徴を用いた3次元点群データの重ね合わせ手法に関する研究」の成果報告の一部である。

## 参考文献

- [1] Point Cloud Library 1.8.1-dev API Documentation  
(URL : <http://docs.pointclouds.org/trunk/>)
- [2] Besl, P.J., McKay, N.D.: A Method for

Mar. 2019

平面特徴を用いた3次元点群データの重ね合わせ手法に関する検討

- Registration of 3-D Shapes, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, No.14-2, pp. 239-256, 1992.
- [3] Natassha, G., Leslie L, Szymon R.: Geometrically Stable Sampling for the ICP Algorithm, Proceedings of the Fourth International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM'03), pp. 260-267, 2003.
- [4] 徐放, 趙希祿, 萩原一郎: 多記述点群モデルによる高速自動位置合わせに関する研究, 日本機械学会論文集 (C 編) 日本機械学会, Vol. 78, No.787, pp. 53-68, 2012.
- [5] 北川悦司: 平面の交線を用いた3次元点群の重ね合わせ手法に関する検討, 阪南論集人文・自然科学編, 阪南大学学会, Vol. 53, No.2, pp. 91-95, 2018.
- [6] 解析写真測量委員会編: 解析写真測量 (改訂版), 日本写真測量学会, 1997.
- [7] 奥富正敏, 他: デジタル画像処理 [改訂新版], CG-ARTS協会, 2015.
- (2018年11月23日掲載決定)