

(29) RANSAC 法の特性をを用いた 構造物のブレイクライン生成に関する研究

加藤 諒¹・北川 悦司²・村木 広和³・山川 蓮輝⁴・
伊藤 哉太⁴・二宮 古都音⁵

¹正会員 京都橘大学専任講師 工学部 (〒607-8175 京都市山科区大宅山田町 34)
E-mail:kato-r@tachibana-u.ac.jp

²正会員 阪南大学教授 経営情報学部 (〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33)

³非会員 国際航業株式会社 先端技術・事業開発部 (〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1)

⁴非会員 阪南大学大学院 企業情報研究科 (〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33)

⁵非会員 阪南大学 経営情報学部 (〒580-8502 大阪府松原市天美東 5-4-33)

3次元点群データからの構造物のブレイクライン生成は、形状把握やCAD図面化、ダウンサンプリング、面(TIN)の生成など多様な分野で利用される。ブレイクラインを生成する既存研究では、点群の平面交線を用いた手法や断面図ごとに断面変化点を求めて繋ぐ手法、法線ベクトルを用いた手法などが提案されている。しかし、3次元点群データに含まれる植生や樹木などのノイズが影響して、正確にブレイクラインを生成できないことや対象とする構造物が限定される課題がある。そこで、本研究では、ノイズに影響されず、構造物も限定しない平面抽出手法を実現することで、既存研究より高精度な構造物のブレイクラインを生成することを目的とする。

Key Words: 3D point cloud, break line, 3D edge detection

1. はじめに

国土交通省は、測量や設計、施工、維持管理といった一連の行程において、ICTの全面的な活用を推進するCIMやi-Construction¹⁾に係る取り組みを加速化している。その中で、3次元点群データのブレイクライン生成は、形状把握やCAD図面化、ダウンサンプリング、面(TIN)の生成など多様な分野で利用されるため、様々な手法が研究されている。

ブレイクライン抽出に関する研究では、点群の平面交線を用いた手法²⁾や断面図ごとに断面変化点を求めて繋ぐ手法^{3,4)}、法線ベクトルを用いた手法⁵⁾などが提案されている。点群の平面交線を用いた手法²⁾では、3次元点群データから近似平面を抽出し、2つの近似平面が交差する線をブレイクラインとして生成している。断面図ごとに断面変化点を求めて繋ぐ手法^{3,4)}では、複数の断面図を作成し、各断面図から断面変化点抽出している。そして、対応する断面変化点を繋げることでブレイクラインを生成している。法線ベクトルを用いた手法⁵⁾では、

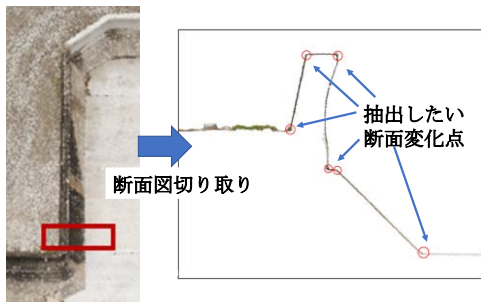
面の中心部の法線ベクトルは面に対して垂直になるが、ブレイクライン近くの法線ベクトルは面に対して垂直にならない点に着目し、ある点の法線ベクトルとその近傍の法線ベクトルそれぞれから内積値を求め、ブレイクラインとそうでない点群を分類している。しかし、これらの既存研究には、以下に示すような課題がある。

● 3次元点群データにノイズが多く含まれる課題

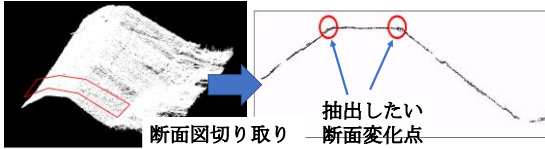
3次元点群データには、形状把握したい構造物以外にも植生や樹木などといったノイズが多く含まれる。このノイズが影響して、構造物の形状を正確に把握できないことが多い。そのため、現状では、3次元点群データの処理ソフトなどを用いて事前にノイズを手動で削除し、システムに入力しているという状況である。

● 対象とする構造物が限定される課題

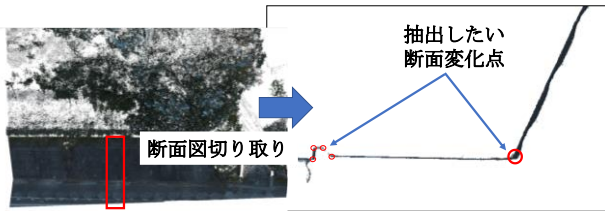
既存研究^{3,4)}では、構造物の対象をそれぞれ河川堤防や道路に限定している。例えば、既存研究³⁾では、河川横断面図という河川の構造データによって、堤防の断面図や建造方向を前提として活用している。この手法は、対



海岸堤防



河川堤防



道路

図-1 抽出したい断面変化点

象が河川堤防やビルといった特定の構造物に限定されるため、汎用性が低い。

そこで、本研究では、ノイズに強く、対象構造物を限定しないブレイクライン生成手法の開発を目的とする。

2. 提案手法の概要

(1) 本研究で生成するブレイクライン

本研究では、既存のブレイクライン生成手法で多く用いられている複数の断面図の断面変化点を繋いだ線をブレイクラインとする手法³⁾⁴⁾を採用する。具体的には、まず、3次元点群データを縦断方向に一定間隔（ピッチ）ごとに切り取って複数の断面図を作成する。次に、断面図ごとに断面変化点を抽出する。そして、抽出した断面変化点を対応付けて繋いだ線をブレイクラインとする。

本研究の実証実験で利用した3つの構造物（海岸堤防、河川堤防、道路）において、実務を行っている専門家にヒアリングの上決定した抽出したい断面変化点を図-1に示す。抽出したい断面変化点は、図-1が示すように、すべてが天端や側壁、道路面、縁石などの平面の端点となっていることがわかる。そこで、本研究では、植生や樹木などの様々なノイズに影響されず、構造物も限定しない平面抽出手法を実現することで、既存研究より高精

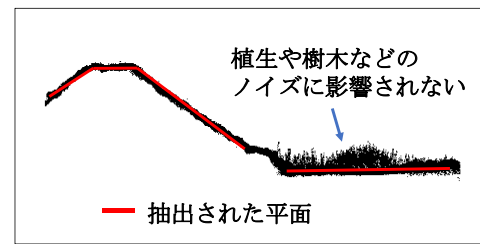


図-2 平面箇所の抽出

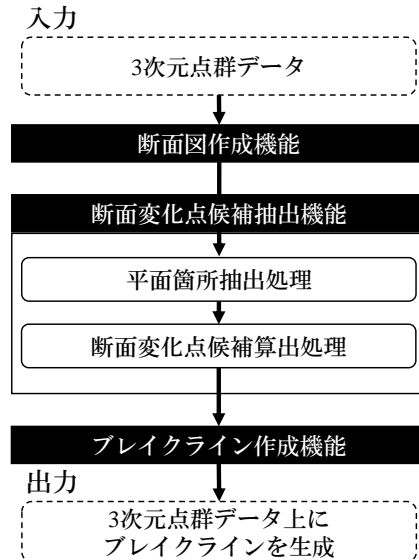


図-3 処理の流れ

度な断面変化点およびブレイクラインを生成することを目的とする。

(2) 本研究で利用する平面抽出手法

本研究の目的を実現するためには、各断面図の点群データから、道路面や側壁、天端などの構造物の平面を構成する点群のみを抽出する必要がある。しかし、既存手法では、植生や計測誤差などが原因で上手く抽出できていないのが現状である。そこで、本研究では点群密度が高い場所を直線として抽出する特徴がある RANSAC 法による直線抽出手法を利用して、平面部分の点群のみを抽出する。具体的には、断面図作成時に利用する点群の縦断方向の切り取り幅を大きくすることで、平面部分の点群密度を高めて RANSAC 法で抽出する手法を実装した。本手法は、図-2に示すように植生や樹木などのノイズに強い点や、点群の欠損に強い点などの長所がある。

3. システムの詳細

システムの処理の流れを図-3に示す。本システムでは、3次元点群データを入力し、その3次元点群データ上に

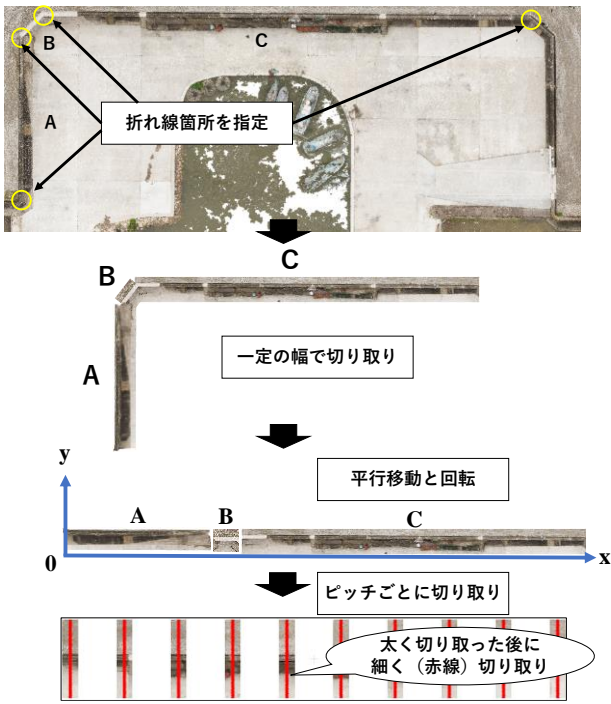


図-4 断面図作成機能のイメージ

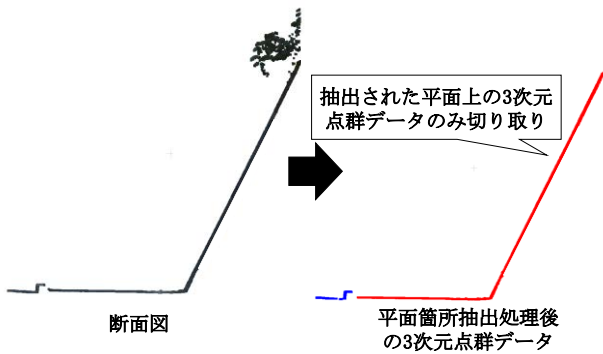


図-5 平面箇所抽出処理のイメージ

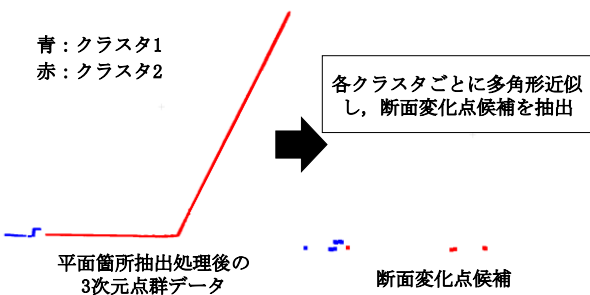


図-6 断面変化点候補算出処理のイメージ

ブレイクラインを出力する。

(1) 断面図作成機能

断面図作成機能では、縦断方向のピッチごとに3次元点群データを切り取り、複数の断面図を作成する。断面

図作成機能のイメージを図-4に示す。まず、構造物の縦断方向の折れ線を手動で指定する。次に、折れ線の各線分に対して一定の幅で3次元点群データを切り取る。そして、各線分がX軸に1直線に重なるように、切り取った3次元点群データを平行移動および回転させる。最後に、ピッチごとに点群を2種類の幅で切り取り、すべてのX座標を0にすることで断面図を作成する。2種類の切り取り幅の断面図は、太く切り取った断面図は平面抽出に利用し、細く切り取った断面図は断面変化点候補の抽出に利用する。

(2) 断面変化点候補抽出機能

断面変化点候補抽出機能では、断面図ごとの断面変化点の候補を抽出する。

a) 平面箇所抽出処理

平面箇所抽出処理では、細く切り取った断面図から構造物の平面箇所のみを抽出する。平面箇所抽出処理のイメージを図-5に示す。まず、太く切り取った断面図に対し、第2.(2)の平面抽出手法を利用することで、平面箇所を特定する。次に、細く切り取った断面図からその平面上に乗っている3次元点群データだけを抽出する。これにより、植生などのノイズが削除される。

b) 断面変化点候補算出処理

断面変化点候補算出処理では、平面箇所抽出処理で切り取った点群に対して多角形に近似し、その頂点を断面変化点候補とする。断面変化点候補算出処理のイメージを図-6に示す。具体的には、まず、クラスタリングを行い、一定の大きさ以上のクラスタのみ残す。次に、クラスタごとに多角形近似を行い、その頂点を断面変化点候補とする。多角形近似には、PCLのapproximatePolygonクラス⁹⁾を利用した。

(3) ブレイクライン生成機能

ブレイクライン生成機能では、1つ目のピッチの断面変化点候補(図-6)から必要な断面変化点を手動で選択する。次に、次のピッチの断面変化点候補から、1つ目のピッチで選択した断面変化点に対応する点を探索して繋ぐ。これをすべてのピッチ分繰り返す。ブレイクラインとする。対応付けに関しては、1つ前の断面変化点のYZ座標の最近傍の点を紐づける。

4. 実証実験

実証実験では、海岸堤防と河川堤防、道路の3次元点群データを対象として、ブレイクラインを生成できるかを検証する。検証方法としては、入力した点群上にブレイクラインを生成した結果を目視により確認する。

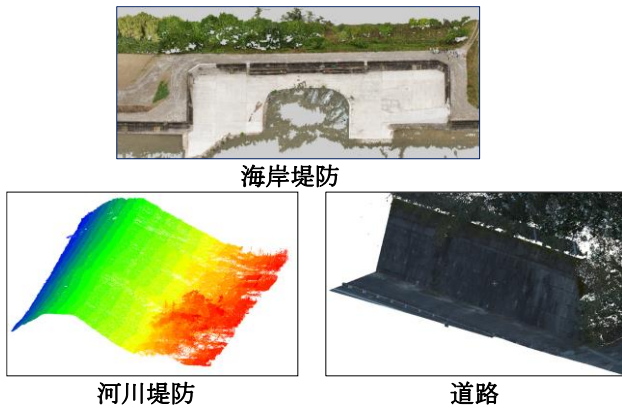


図-7 入力データ

(1) 入力データ

本研究では、図-7 に示す UAV で計測した写真を SfM/MVS ソフトにより作成した3次元点群データ（海岸堤防），UAV 搭載レーザ機器により計測した3次元点群データ（河川堤防），MMS により計測した3次元点群データ（道路）を用いる。

(2) 実験結果

海岸堤防の実験結果を図-8、河川堤防の実験結果を図-9、道路の実験結果を図-10 に示す。これらに示すように、いずれの環境でもブレイクラインを生成できることがわかった。これにより、植生や樹木などの様々なノイズに影響されず、構造物も限定しない平面抽出手法を実現することで、既存研究より高精度な断面変化点およびブレイクラインを生成できることがわかった。

4. おわりに

本研究では、ノイズに強く、対象構造物を限定しないブレイクライン生成手法を提案した。具体的には、断面図作成時に利用する点群の縦断方向の切り取り幅を大きくすることで、平面部分の点群密度を高めて RANSAC 法で抽出する手法を実装した。実証実験の結果、植生や樹木などの様々なノイズに影響されず、海岸堤防と河川堤防、道路のいずれでもブレイクラインを生成できることを確認した。今後は、本研究で手動で実施した折れ線や断面変化点の選択を自動化する予定である。

謝辞：データに関して、「知の集積と活用の場による研究開発モデル事業」の「ストックマネジメント効率化コンソーシアム」からご提供して頂いたことをお礼申し上げます。

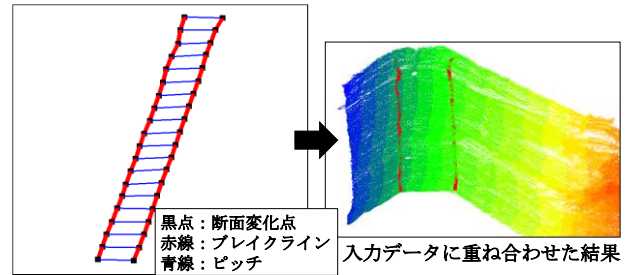


図-8 実験結果（海岸堤防）

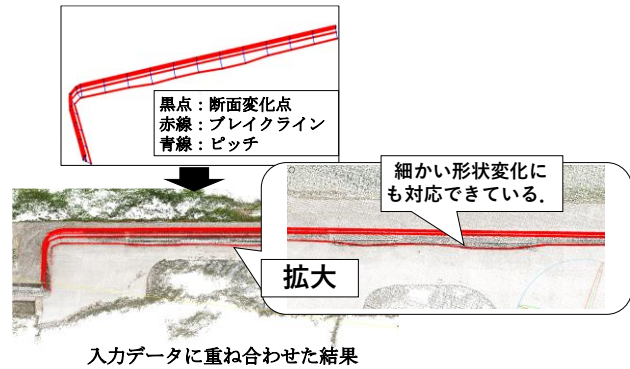


図-9 実験結果（河川堤防）

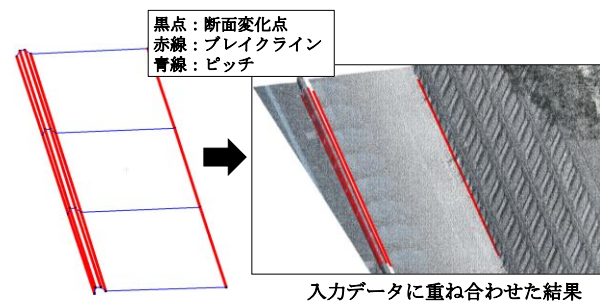


図-10 実験結果（道路）

参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction, < <https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> >, (入手 2022.6.10) .
- 2) Ni, H., Lin, X. and Zhang, J.: Edge Detection and Feature Line Tracing in 3D-Point Clouds by Analyzing Geometric Properties of Neighborhoods, *Remote Sens*, ISPRS, Vol.8, No.9, 2016.
- 3) 田中成典, 今井龍一, 中村健二, 窪田諭, 梅原喜政：LP データと過年度の河川定期横断測量成果を用いた横断面生成手法に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), 土木学会, Vol.70, No.2, pp.283-292, 2014.
- 4) 田中成典, 中村健二, 山本雄平, 今井龍一, 窪田諭, 姜文淵：MMS 点群データを用いた高架道路橋の線形の自動生成に関する研究, 知能と情報, 日本知能情報フェジィ学会, Vol.28, No.5, pp.826-845, 2016.
- 5) 堀田富宝, 岩切宗利：3次元点群からのエッジ抽出法とその能力, 画像電子学会誌, 画像電子学会, Vol.43, No.3, 2014.
- 6) Point Cloud Library (PCL) ドキュメント：< <https://point-clouds.org/documentation/index.html> >, (入手 2022.6.10) .