

(63) 道路地図を用いた点群データの 道路地物の抽出に関する基礎的研究

山本 忍¹・今井 龍一²・中村 健二³・塚田 義典⁴・土田 直之⁵

¹学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 都市環境デザイン工学専攻
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: jin.yamamoto.2j@stu.hosei.ac.jp

²正会員 法政大学教授 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)
E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³正会員 大阪経済大学教授 情報社会学部 (〒533-853 大阪府大阪市東淀川区大隅 2-2-8)
E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

⁴正会員 摂南大学准教授 経営学部 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)
E-mail: yoshinori.tsukada@kjo.setsunan.ac.jp

⁵非会員 ダイナミックマップ基盤株式会社
(〒103-0022 東京都中央区日本橋室町 4-1-21 近三ビル 6階)
E-mail: Tsuchida.Naoyuki@dynamic-maps.co.jp

昨今の公共事業では、移動体計測車両 (MMS) や地上設置型レーザスキャナ等の測量機器を用いて、様々な場所の大量な点群データが計測・蓄積されている。点群データの主な用途は、地図調製や構造物の形状把握等である。しかし、点群データは位置座標を保持した膨大な点の集合体であるが、区画線や道路標識等の道路地物をコンピュータに認識させられると、業務の効率化・高度化や多用途化が期待できる。

本研究では、高精度 3 次元地図データであるダイナミックマップから区画線および道路標識の道路地物の位置を示す情報を抽出し、点群データの属性管理仕様【道路編】(案)に準拠した領域データを生成する手法を考案した。そして、考案手法に準じたケーススタディにより、点群データから任意の道路地物を簡易に抽出できることを確認した。

Key Words: road objects, dynamic map, semantic point cloud data, extracting objects

1. はじめに

近年、移動体計測車両 (MMS) や地上設置型レーザスキャナ等の測量機器やカメラの技術革新に伴い、様々な場所の大量な点群データが計測・蓄積されている。点群データは、構造化されていない膨大な点の集合体であり、位置座標を保持するものの各点は意味を持たないため、扱うのが至難である特徴がある。例えば、道路面の劣化状況を確認する場合、目視にて膨大な点群データから車道部を判別し、切り出し抽出してから劣化状況を解析するので、多大な労力を要する。そのため、点群データを賢く扱うには、各点に国土空間上の地物の意味を与えて構造化することが一策となる。

こうした背景を受けて、点群データを道路地物単位で管理ができる点群データの属性管理仕様【道路

編】(案) (以下、「属性管理仕様」とする。) が公開されている。属性管理仕様では、道路地物の外形線から作成した領域データを用いて、点群データを道路地物単位に構造化する方法を規定している。しかし、属性管理仕様準拠した領域データの整備が必要であるため、社会実装・定着させるには領域データの効果的な整備手法の確立が必要である。

この課題解決の一方策として、機械学習を用いて点群データから道路地物を自動抽出する手法が提案されている²⁾⁴⁾。しかし、既存研究における道路地物の抽出精度は、F 値 7 割または 8 割であるため、道路地物の抽出後に目視判断や手作業による修正が欠かせない。そこで、中村ら⁵⁾⁶⁾は、完成平面図に基づいた道路地物の抽出手法を考案している。具体的には、完成平面図を点群データの下敷きにするこ

かし、完成平面図に定義されていない道路標識や信号機を抽出できないことに加えて、完成平面図のない場所には適用できず抽出範囲が限定的であることが課題となっている。

そこで、本研究は、路面情報、車線情報や3次元構造物等の高精度な3次元位置情報を記録したデジタル地図^{7),8)}(以下、「ダイナミックマップ」とする。)に着目した。ダイナミックマップは、自動運転のベースマップの用途に高速道路を対象に整備が進められているが、一般道路の整備も検討されている。そのため、ダイナミックマップを用いることで、広範囲の道路地物を点群データから抽出できると考えられる。

本研究の目的は、ダイナミックマップを用いた点群データの道路地物の抽出手法の考案とする。具体的には、ダイナミックマップの道路地物の情報を解析し、属性管理仕様に準拠した領域データへの変換手法を考案する。そして、考案手法に準拠したケーススタディにより、本手法の有用性を検証する。

2. 研究概要

(1) アルゴリズムの設計方針

ダイナミックマップを用いた点群データからの地物の抽出アルゴリズムの設計方針は、大別して2パターンが考えられる。ひとつめは、ダイナミックマップと点群データを入力した後、直接地物毎の点群データを出力する。ふたつめは、ダイナミックマップの地物情報を属性管理仕様等の供用性の高い中間データに変換し、点群データと中間データを用いて地物毎の点群データを出力する。前者は、ダイナミックマップのデータを必要とするため、管理会社との契約が必要となる。後者は、オープンな仕様準拠したデータフォーマットを経由するため、供用性が高い。

そこで、本研究では、ダイナミックマップを属性管理仕様に準拠した領域データに変換し、その領域データを用いて、点群データから道路地物を抽出するアルゴリズムを設計する方針とした。これにより、ダイナミックマップを領域データへ変換できると、領域データを用いて点群データから容易に道路地物を抽出できるので、劇的な作業の効率化が実現する。加えて、点群データの多用途への展開の加速が期待できる。

(2) 点群データの属性管理仕様【道路編】(案)

属性管理仕様が定める点群データと領域データの関係を図-1に示す。領域データ(図-1右)は、任意の平面上に閉じたポリラインを作成し、その形状を任意の高さで鉛直方向に押し出したものである。また、領域データは、地物種別コード、名称、画像や図面ファイルへの参照情報、他領域データとの位相情報等を保持しており、点群データとは別ファイルで定義されるため、データ交換も容易である。図-1

に示す点群データと領域データとを重畳した結果を図-2に示す。図-2より、領域データ内に内包される点群データを取得することで、任意の道路地物の点群データを簡単に抽出できる。

(3) 処理フロー

点群データから道路地物を抽出する処理フローを図-3に示す。まず、ダイナミックマップで定義されている道路地物を面データに変換する。次に、変換した面データに任意の高さを与え、鉛直方向に押し出す。そして、道路地物の領域データを作成する。最後に、作成した領域データを点群データに重畳し、点群データから道路地物を抽出する。

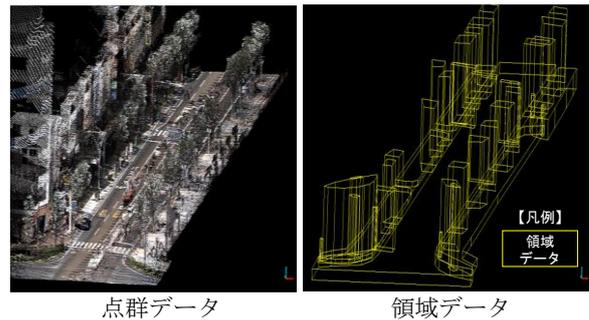


図-1 点群データと領域データの関係

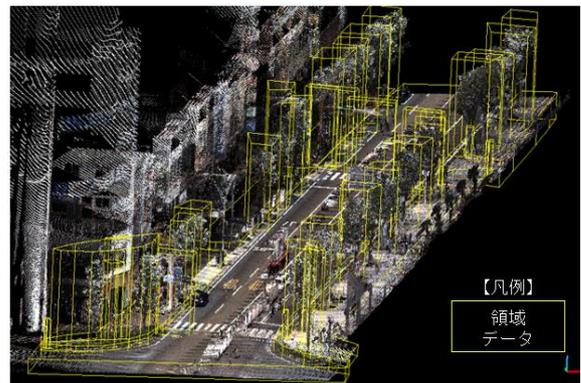


図-2 点群データと領域データとの重畳

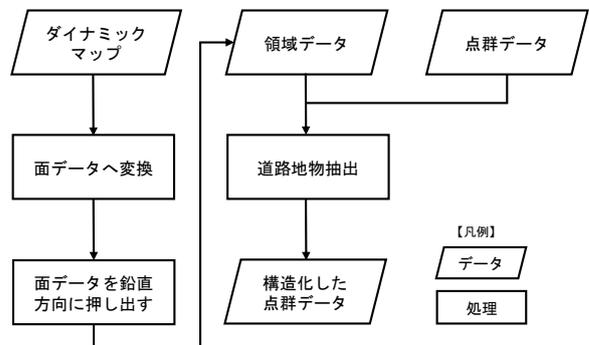


図-3 道路地物の抽出フロー

3. ダイナミックマップを用いた領域データの変換手法の考案

(1) 対象地物とデータ構造

点群データから抽出する地物は、既存研究²⁾において、抽出精度がF値7割または8割であった区画線と、既存研究^{5),6)}では対象外であった道路標識を対象にする(表-1参照)。

ダイナミックマップの区画線および道路標識と道路地物の写真を図-4に示す。図-4より、ダイナミックマップの区画線は、白線ペイントの中心を点および線で表現されている。道路標識は、地名等の文字が書かれた面に正対した際の盤面左下と右下を点および線で表現されている。

以上のことから、ダイナミックマップの区画線と道路標識の位置情報は、座標点と線分で構成されていることがわかった。そのため、道路地物の座標点を用いることで、ダイナミックマップから面データおよび領域データを作成できると考えられる。

(2) 領域データの変換手法の考案

本研究では、ダイナミックマップを用いて区画線や道路標識の領域データを変換する手法を考案した。

a) 区画線の領域データの作成手法

区画線の領域データの変換手法を図-5の手順1から手順4に示す。まず、区画線の各座標点から垂直ベクトルを算出する。垂直ベクトルの大きさは、ダイナミックマップのデータから取得した区画線の線幅とする。次に、垂直ベクトルの端点に新しく座標点を設ける。そして、各座標点をポリラインで接続し、面データを作成する。最後に、面データを鉛直方向に押し出すことで領域データを作成する。

車道の横断勾配の最高値5%を考慮し、道路面にペイントされている区画線は、鉛直方向に押し出す高さを、面データの位置を基準として、±1.0mとする。具体的には、前項で作成した面データのZ座標を1.0m下げた後に2.0m押し出すこととする。これにより、車道幅員が水平距離20.0m以下であれば、道路周辺の地物を領域データで囲むことができる。加えて、主要幹線道路において、中央分離帯から路肩部までの車道幅員の最大値15.0mを満足するため、幹線道路にも適用できる⁹⁾。

b) 道路標識の領域データの作成手法

道路標識の領域データの変換手法を図-6の手順1から手順4に示す。まず、道路標識の各座標点から垂直ベクトルを算出する。道路標識板の最大厚さ5.0mmを考慮し¹⁰⁾、道路標識の点群データを満遍なく取得するため、垂直ベクトルの大きさは1.0mとする。次に、垂直ベクトルの端点に新しく座標点を設ける。そして、各座標点をポリラインで接続し、面データを作成する。最後に、面データを鉛直方向に押し出すことで領域データを作成する。

道路標識は、属性データとして道路標識板の高さ情報を保持する。そのため、面データを押し出す高さは、道路標識板の高さとする。

表-1 抽出対象地物

| 地物名 | 道路地物の定義 |
|------|-----------------------------------|
| 区画線 | 白線ペイントの中心を座標列で取得する |
| 道路標識 | 道路標識を正面から見た際の道路標識の左下から右下の座標列を取得する |



図-4 道路地物の表現方法

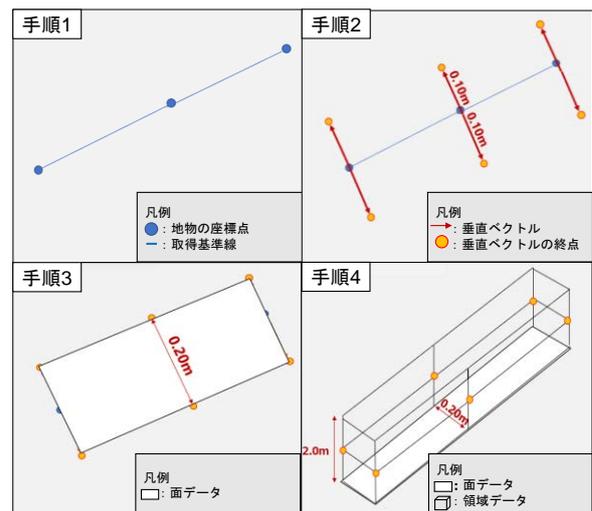


図-5 区画線の領域データの変換手法

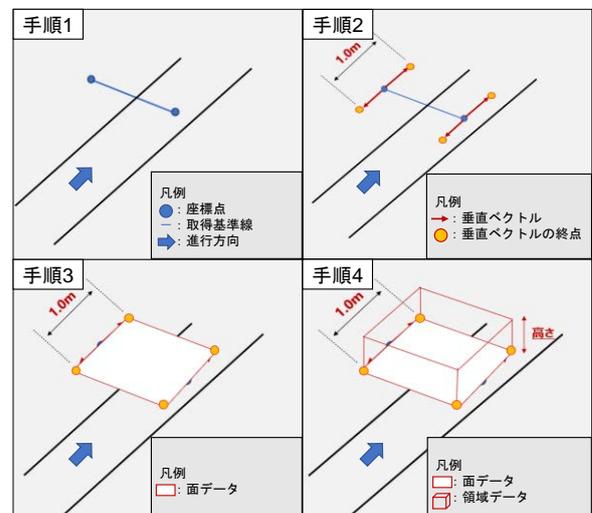


図-6 道路標識の領域データの変換手法

4. 考案手法の有用性の検証

本研究では、首都圏中央連絡自動車道の坂東 IC から常総 IC 区間の約 9km を対象フィールドとして、第 3 章の考案手法に準拠したケーススタディを実施した。ケーススタディでは、無償のソフトウェア「3D Point Studio」¹¹⁾ に考案手法に準拠したプログラムを実装し、道路地物を抽出できるかを検証した。

区画線および道路標識の抽出結果をそれぞれ図-7 および図-8 に示す。各図より、区画線と道路標識を正確に抽出できることを確認した。また、考案手法に準拠した領域データと点群データとの位置関係は、概ね一致していた。さらに、領域データは、区画線および道路標識の点群データを正確に囲えることを確認した。そのため、領域データを点群データに重畳すると、膨大な点群データから区画線および道路標識を分割し、構造化ができることが確認できた。以上より、考案手法の有用性を明らかにした。

5. おわりに

本研究は、ダイナミックマップを用いて、点群データから道路地物を抽出する手法を考案した。さらに、考案手法に準じたケーススタディにより、考案手法の有用性を検証した。その結果、ダイナミックマップを用いることで、点群データから道路地物を抽出し、道路地物単位で点群データを構造化できることを明らかにした。

今後の課題は 2 つ挙げられる。ひとつめは、信号機や道路標示等の他の地物の抽出可否を明らかにし、第 3 章で考案した領域データの変換手順をプログラムにより自動化することである。ふたつめは、考案手法により抽出した地物の点群データと手動で抽出した地物の点群データとを照合分析し、実用化を図ることである。

謝辞：本研究は、国土交通省の建設技術研究開発費補助金の助成を受けたものである。ここに記して深甚なる感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 道路分野における点群データの属性管理仕様の検討小委員会：点群データの属性管理仕様【道路編】(案) - 第 1.0 版 - , <<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/bunya/gis/pdf/zokuseikanrisiryou.pdf>>, (入手 2021.6.1) .
- 2) 江守央, 齋藤幹貴, 佐田達典, 岡島正哲: 道路区画線を対象とした機械学習による 3 次元点群データの自動抽出に関する研究, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.75, No.2, pp.I_114-I_122, 2019.
- 3) Q. Charles, H. Su, K. Mo and L. Guibas : Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.77-85, 2017.
- 4) 深野健太, 増田宏: 移動計測データに基づく柱状物
- 5) 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), Vol.73, No.2, pp.I_424-I_432, 2017.
- 6) 中村健二, 塚田義典, 田中成典, 梅原喜政, 中畑光貴: 完成平面図を用いた道路面地物の点群データの抽出に関する研究, 知能と情報, Vol.32, No.1, pp.616-626, 2020.
- 7) 小山浩, 柴田泰秀: 自動走行におけるダイナミックマップの整備, システム/制御/情報, Vol.60, No.11, pp.463-468, 2016.
- 8) 高橋由華子: ダイナミックマップデータの自動図化, 三菱電機技報, Vol.93, No.2, pp.19-22, 2019.
- 9) 国土交通省: 道路の標準幅員に関する基準(案)について, <<https://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/19750715hyoujunnhukuinn.pdf>>, (入手 2021.6.1) .
- 10) 一般社団法人全国道路標識・標示業協会: 道路標識板製作要領<<http://www.zenhyo-kanto.com/archives/hskseisaku.pdf>>, (入手 2021.6.1) .
- 11) Intelligent Style 株式会社: 3D Point Studio, <<http://pointstudio.jp/>>, (入手 2021.6.1) .

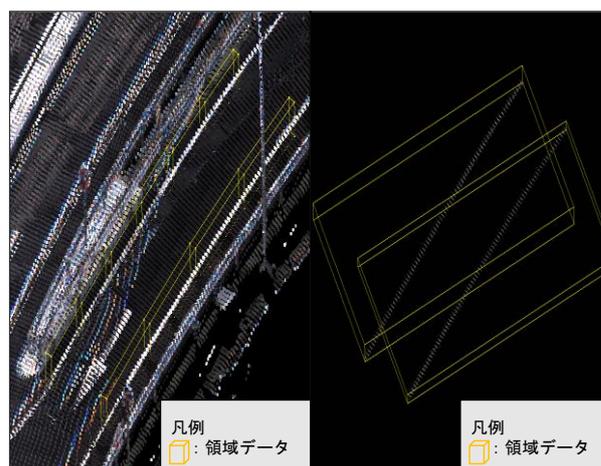


図-7 区画線の抽出結果

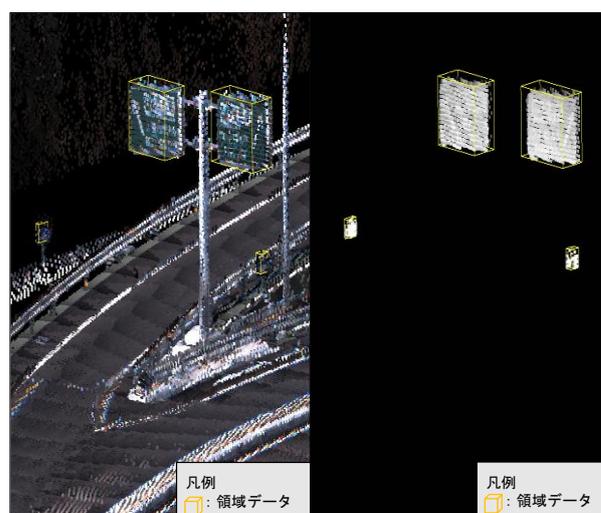


図-8 道路標識の抽出結果