

(82) 道路舗装の3次元モデルを用いた 道路地図の調製に関する基礎的研究

鹿間 美咲¹・今井 龍一²・中村 健二³・塚田 義典⁴・
土田 直之⁵・松浦 弦三郎⁶

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:misaki.shikama.7t@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 (〒533-8533 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

⁶正会員 東京都市大学大学院 総合理工学研究科 建築・都市専攻 都市工学領域
(〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1)
E-mail:gmatuura@tcu.ac.jp

我が国では、安全運転支援や自動運転支援の実現に向けて、高精度な道路地図の整備が進められている。そこで、新設工事や改良工事等により、時々刻々と変化する道路地物を既存の道路地図に反映するための更新頻度を確保する必要がある。近年では、i-Construction や国内外で推進されている情報通信技術による道路工事や点検によって、道路の3次元形状を表現するデータが蓄積されている。この蓄積されたデータを用いて高精度な道路地図を自動調製・更新できれば、道路管理の高度化や安全運転支援の実現に寄与できる。

本研究では、道路舗装のICT施工履歴データを基に生成した3次元モデルと高精度な道路地図とを重畳することにより、これらに親和性があることを明らかにした。そして、道路地図の調製への適用可能性を解明した。

Key Words: *i-Construction, 3D model, road map, dynamic map, point cloud data, map preparation*

1. はじめに

我が国では、安全運転支援や自動運転支援の実現に向けて、高精度な道路地図の整備が進められている¹⁾。道路の形状は、新設工事や改良工事等で日々変化するため、地図更新による鮮度の確保が極めて重要である。そのため、効率的かつ持続的な道路地図の調製(異なる地図・空間データ同士の位置情報に基づく結合)・更新手法の確立が急務といえる²⁾。

一方、近年ではi-Construction³⁾や国内外で推進されている情報通信技術(以下、「ICT」とする。)による工事や点検によって、3次元形状を表現するデータが蓄積されている。この蓄積されたデータを高精度な道路地図の調製・更新に利用できれば、道

路管理の高度化や安全運転の実現に寄与できる。

以上より、本研究は、道路舗装のICT施工履歴データ(以下、「ログデータ」とする。)を基に生成した3次元モデルと高精度な道路地図(以下、「ダイナミックマップ」とする。)との親和性を分析し、3次元モデルを用いた地図調製の適用可能性を解明する。まず、第2章にて既存手法を用いてログデータから3次元モデルを生成する。次に、第3章にて3次元モデルの基データであるログデータとダイナミックマップを重畳し、これらの親和性を分析する。そして、第4章にて3次元モデルとダイナミックマップの関連付け手法を提案し、3次元モデルを用いたダイナミックマップの調製の適用可能性を解明する。最後に、第5章にて本研究を総括する。

2. 既存手法による3次元モデルの生成

本章では、松浦ら⁴⁾の手法を用いて、首都圏中央連絡自動車道（坂東 IC～常総 IC 間）の坂東舗装工事におけるログデータから3次元モデルを生成する。本研究では、表層、基層、上層路盤および下層路盤の舗装工事にて取得したログデータより、各層の3次元モデルの生成を試みた。ただし、ログデータの標高値は、GPSアンテナの設置高を含むため、地盤面の高さに補正した。詳細なアルゴリズムは、参考文献⁴⁾を参照されたい。

3次元モデルの生成結果を図-1に示す。図-1より、既存手法を用いて、各層の3次元モデルを作成できることを確認した。また、生成した3次元モデルと設計図とを比較すると、位置情報はほぼ一致していることが確認できた。

3. ログデータとダイナミックマップの重畳

本章では、3次元モデルとダイナミックマップの親和性を分析するため、3次元モデルの基データであるログデータとダイナミックマップとの重畳手法を考案する。具体的には、基準となる測地系・座標系と親和性の分析対象とする地物を決定し、実データにて重畳結果を確認する。

(1) 基準となる測地系・座標系

ログデータとダイナミックマップとを重畳するためには、測地系と座標系の統一が必要である。本研究では、測地系は共用性の高い世界測地系、座標系は平面直角座標系に統一させることとした。

(2) 親和性の分析対象とする地物

舗装路面と位置的に関連性の高いダイナミックマップの地物は、区画線、車道リンク、路肩縁が想定される。その内、区画線は、道路空間に実在する地物であり、表層の最上部に存在する。そのため、地盤面の高さの基準点（GL：Ground Level）としても扱える。加えて、ダイナミックマップの区画線は、コンピュータが高速処理しやすいよう点列で構成⁵⁾されており、ログデータや3次元モデルの構成点との関連付けが容易である。

以上より、本研究では、ログデータとダイナミックマップとの親和性の高い地物として区画線に着目した。

(3) 重畳手法

まず、3次元モデルの基データであるログデータを地盤面の高さに補正する。次に、高さを補正したログデータとダイナミックマップの測地系・座標系を統一する。本研究で使用したログデータは日本測地系の平面直角座標系、ダイナミックマップは世界測地系の平面直角座標系および緯度経度座標系であった。そこで、本研究では、国土地理院測量計算サ

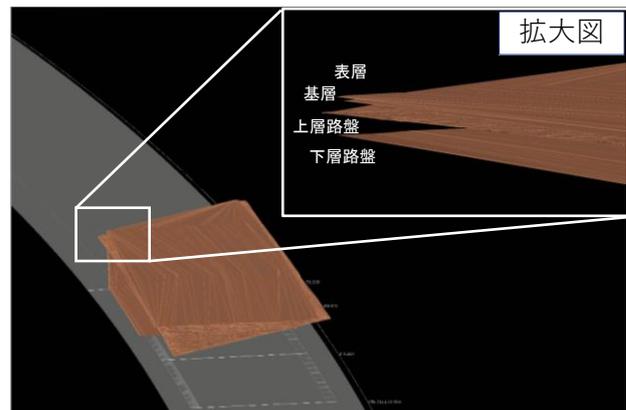


図-1 既存手法を用いて生成した3次元モデル

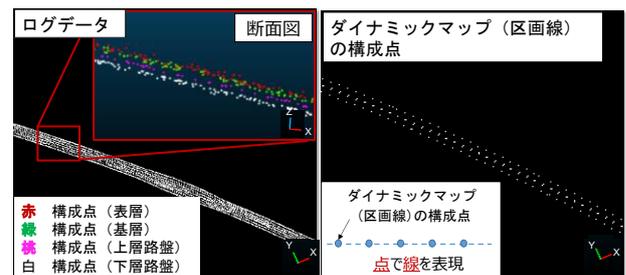


図-2 各層を計測した時のログデータとダイナミックマップの区画線の可視化結果

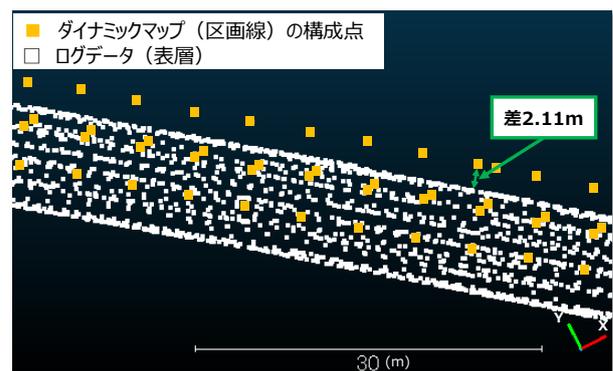


図-3 表層を計測した時のログデータとダイナミックマップの区画線との重畳結果

イトリを使用し、全てのデータを世界測地系の平面直角座系に統一する。最後に、ログデータとダイナミックマップの区画線を可視化する。

(4) 実験データ

本実験では、第2章と同様に坂東舗装工事において蓄積したログデータと現場周辺のダイナミックマップを使用する。ログデータとダイナミックマップの区画線の可視化結果を図-2に示す。図-2より、ダイナミックマップは、点列で形状を表現していることが確認できた。また、ログデータは表層、基層、上層路盤および下層路盤の4層になっており、3次元で表現されていることが確認できた。

(5) 重畳結果と考察

表層を計測した時のログデータとダイナミックマップの区画線の重畳結果を図-3、その断面図を図-4

に示す。

位置精度の観点では、図-3に示すとおり、ログデータとダイナミックマップの区画線の構成点とは概ね一致するものの、水平方向では2.11mのズレが生じた。また、図-4より、高さ方向で約0.10mのズレが生じた。さらに、区画線は路面よりも上部に位置していた。一因として、ログデータの計測精度とダイナミックマップの位置精度が異なることが考えられる。ダイナミックマップは、MMS (Mobile Mapping System) より取得した点群データに基づき作成されている。この点群データは標定点を用いて補正しているため、ログデータよりも位置精度が高い。今後、測位衛星の整備が進み、ログデータの計測精度の向上が期待されるため、この誤差は小さくなると考えられる。

データ数の観点では、ログデータはダイナミックマップの区画線の構成点よりも遥かに多いことがわかった。このことは、ログデータがダイナミックマップの調製・更新に必要な十分なデータ量を有しているといえる。

以上より、ダイナミックマップの区画線と舗装工事のログデータは、相互が保有するデータを関連付ける対象として、親和性が高いことがわかった。そこで、著者らは、区画線の点列を基準として、舗装工事のログデータや3次元モデルから特定の位置情報を抽出し関連付けることができれば、ダイナミックマップの調製・更新の一手法として有効と考えた。

4. 3次元モデルを用いたダイナミックマップの調製手法の適用可能性の考察

本研究では、前述の重畳結果と考察に従い、3次元モデルとダイナミックマップの関連付け手法を考察する。そして、3次元モデルを用いたダイナミックマップの調製手法の実現可能性を考察する。

(1) 3次元モデルとダイナミックマップの関連付け手法

提案手法は、図-5に示すとおり、ダイナミックマップの区画線の調製・更新に有用な点（以下、「調製点」とする。）を3次元モデルより生成する。

まず、区画線の構成点から1点を選択し、X座標とY座標を取得する。次に、選択点から3次元モデルの構成面に垂線を下ろし、垂線と構成面との交点のZ座標を取得する。そして、取得したX座標、Y座標、Z座標に基づき調製点を生成し、選択点に関連付ける。最後に、これらの処理をすべての区画線の構成点に対して実行する。

(2) 実証実験

本実験では、検証区間を50mとし、表層、基層、上層路盤および下層路盤の各層の3次元モデルと、ダイナミックマップの区画線の構成点を使用する。実験に使用する3次元モデルとダイナミックマップ

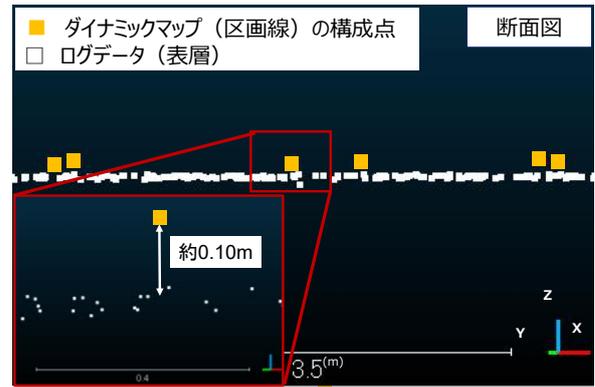


図-4 表層を計測した時のログデータとダイナミックマップの区画線との重畳結果の断面図

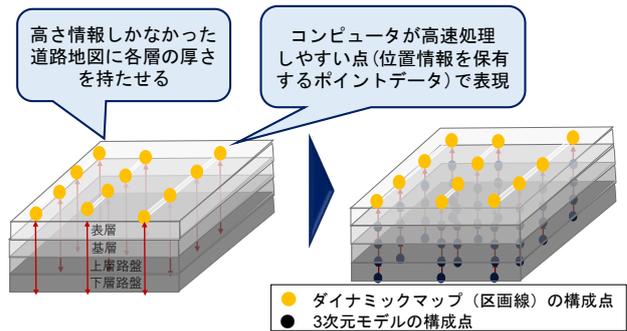


図-5 ダイナミックマップの区画線に各層の3次元モデルの情報を関連付けるイメージ

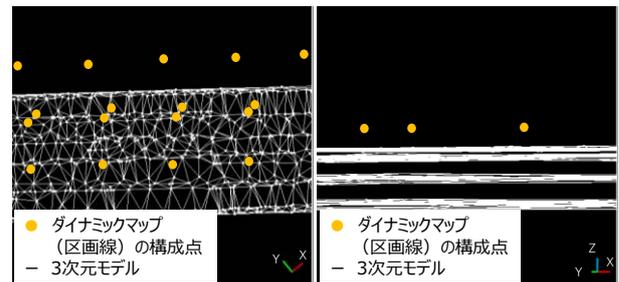


図-6 3次元モデルとダイナミックマップの区画線の重畳結果

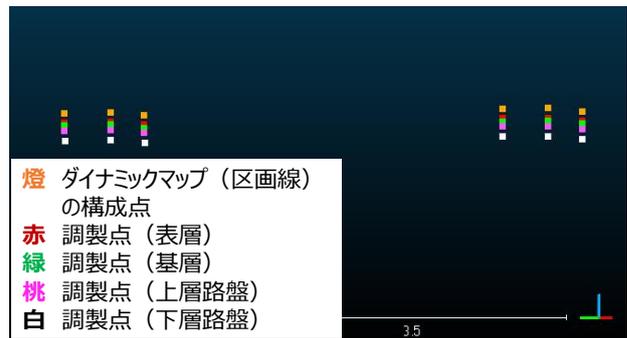


図-7 提案手法を用いて生成した各層の調製点とダイナミックマップの区画線の構成点

の区画線の重畳結果を図-6に示す。

(3) 実験結果と考察

提案手法を用いて生成した各層の調製点とダイナミックマップの区画線の構成点を図-7に示す。図-7

より、上から区画線、表層の調製点、基層の調製点、上層路盤の調製点、下層路盤の調製点の順に整理していることがわかる。ここで、表層と基層の間を1層目、基層と上層路盤の間を2層目、上層路盤と下層路盤の間を3層目とした場合に、点群データから算出した層の厚みと設計値との比較結果を表-1に示す。表-1より、誤差は最大5mm、最小1mmであることから、提案手法は高精度に3次元モデルとダイナミックマップの情報を関連付け可能なことが確認できた。

加えて、3次元モデルの形状を確認するため、各層の調製点を基に生成した3次元モデルを図-8、図-9、全てのログデータを基に生成した3次元モデルとの重畳結果の断面図を図-10に示す。図-8、図-9より、各層の3次元モデルが生成できることを確認した。また、図-10より、両者の高さの差は約0.015mであり、ほぼ一致していることが確認できた。以上より、ダイナミックマップに関連付けた調製点から元の道路舗装の3次元モデルを再現できることが示唆された。

5. おわりに

本研究では、道路舗装のログデータを基に生成した3次元モデルと高精度な道路地図であるダイナミックマップとの親和性を分析した。特に、舗装路面と位置的に関連性の高い区画線に着目して、ログデータとダイナミックマップとを関連付ける手法を考案した。そして、実証実験より、その適用可能性を確認した。今後は、提案手法の自動化と提案手法により関連付けたデータの保存方法を考案する。

謝辞：本研究の遂行にあたり、前田道路株式会社の関係者には、道路舗装のICT施工履歴データ等の資料提供を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

本研究はJSPS科研費JP20K04648の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 国土交通省：自動走行の実現に向けた取組報告と方針 Version4.0を取りまとめました、<https://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000339.html>、(入手 2021.6.1)
- 2) BUILT Building×IT：ドラレコ映像活用で“高精度”な地図情報を提供、ゼンリンとMoT、<<https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/2005/13/news034.html>>、(入手 2021.6.1)。
- 3) 国土交通省：i-Construction、<<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html>>、(入手 2021.6.1)
- 4) 松浦弦三郎、今井龍一、谷口寿俊：道路の切削・舗装工事の建設機械の施工履歴を用いた出来形管理手法に関する研究、土木学会論文集F3(土木情報学)、Vol.75, No.2, pp.11-17-II_24, 2019。
- 5) 国土交通省：道路基盤地図情報製品仕様書(案)、2008、(入手 2021.6.1)。
- 6) 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。
- 7) 国土地理院測量計算サイト：web版TKY2JGD Ver.1.3.80、<<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/ky2jgd/main.html>>、(入手 2021.6.1)。

表-1 計測した3次元モデルの層の厚さ

層番号	厚さ(m)	基準データ(m)	誤差(m)
1層目	0.038	約0.040	約-0.002
2層目	0.059	約0.060	約-0.001
3層目	0.115	約0.120	約-0.005

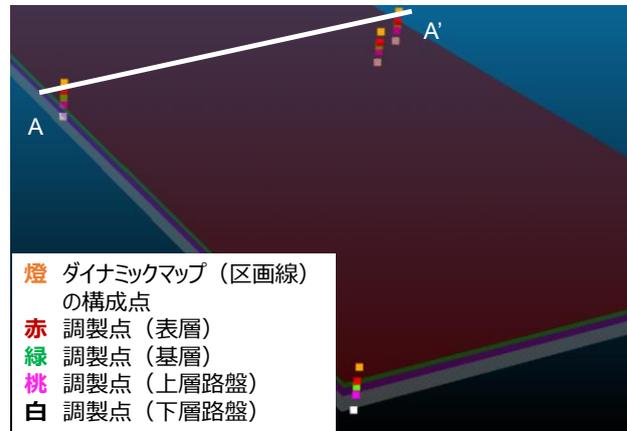


図-8 各層の調製点を基に生成した3次元モデル

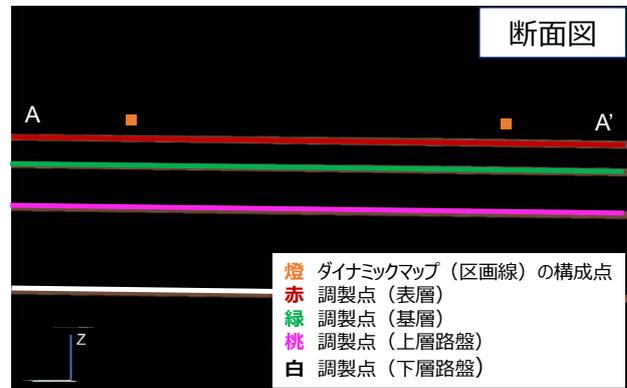


図-9 各層の調製点を基に生成した3次元モデルの断面図

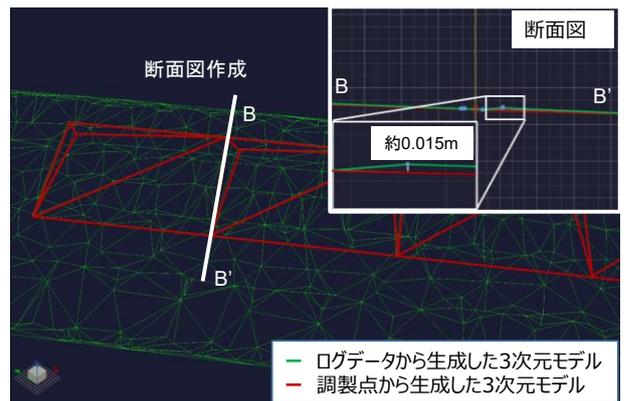


図-10 各層の調製点を基に生成した3次元モデルと全てのログデータを基に生成した3次元モデルとの重畳結果