

(3) 大縮尺道路地図及び点群座標データを用いた 道路ネットワークの生成技術に関する研究

A study on generation method of road network by using road GIS data and point cloud data

渡辺完弥¹・今井龍一²・田中成典³

Kanya WATANABE, Ryuichi IMAI and Shigenori TANAKA

抄録: 道路ネットワークデータは、カーナビゲーションや交通分析などに用いられているが、AHSなどの高度なサービスに対応するには、3次元化や車線単位化が求められる。しかし、対象となる道路は、全国で約90万kmもあるため、効率的な生成技術が求められる。昨今、高速道路や直轄国道などでは、道路構造を詳細に表現した大縮尺道路地図の道路基盤地図情報の整備や移動計測車両などを用いた道路空間の点群座標データの計測も進んでいる。

本研究は、道路基盤地図情報と点群座標データとを組み合わせ、車線単位の3次元道路ネットワークデータの効率的な生成技術の確立を目指し取り組んでいる。本稿は、生成技術のうち、路面点群抽出の実装内容と実用性の検証結果を報告する。

キーワード: 道路ネットワークデータ、点群座標データ、道路基盤地図情報

Keywords : Road network data, Point Cloud data, Road GIS data

1. まえがき

道路分野では、車線逸脱防止警報支援などのAHS (Advanced Cruise-Assist-Highway System) の実現が期待されている。また、カーナビゲーションサービスに着目すると、道路の曲率や縦断勾配を考慮した走りやすいルート検索、EV (Electric Vehicle) 向けのエコルート検索¹⁾、危険な車線変更などを回避する車線単位のルート案内などのサービスが期待されている。これらのサービスの実現には、車線単位の精緻な3次元の道路ネットワークデータや高精度な道路地図が必要になる。

道路整備に資する交通量や旅行速度などの分析では、道路ネットワークデータが活用されている。既存の道路ネットワークデータは、1/2,500~1/25,000の地図を元に作成された2次元の線形形状であり、上下線が一条線で表現されている。このため、これらの交通分析では、一条線を車両進行方向で区別して、上り車線と下り車線を最小単位としている。衛星測位技術の進歩により、測位精度が向上することを見据えると、車線単位の旅行速度分析や潜在的事故発生箇所の分析などのニーズが出てくると推察される。そうした分析を行う場合、車線単位の道路ネットワークデータが必要になる。

一般財団法人日本デジタル道路地図協会（以下、「DRM 協会」という。）では、既存の道路ネット

ワークデータを拡張し、交通量の多い交差点500箇所を車線単位化した「高度 DRM データベース」を整備している²⁾。しかし、既存の整備方法を用いて全国の約90万km³⁾を対象に車線単位化し、そして更新していくのは相当な労力を要することが推察される。地図の網羅性、鮮度および精度を確保することを前提にした運用を考慮すると、既存の資産などを活用した効率の良い高精度な道路ネットワークの生成技術の確立が求められる。

活用する既存資産の候補としては、道路空間の形状を捉えた高精度な道路台帳図、大縮尺の道路地図や点群座標データが挙げられる。

本研究の目的は、大縮尺道路地図の道路基盤地図情報と点群座標データとを組み合わせた車線単位の3次元道路ネットワークデータの生成技術の確立とした。2章では、生成技術で用いるデータの概要、3章では、道路ネットワークデータの仕様、4章では、生成技術の概要を論ずる。5章では、生成技術の開発状況を報告する。

2. 生成技術で用いるデータ概要

(1) 道路基盤地図情報

高速道路や直轄国道では、道路基盤地図情報の整備が進められている⁴⁾。道路基盤地図情報は、道路構造を表現した大縮尺(1/500~1/1,000)のGISデータ

1 : 正会員 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2-1-1, Tel : 072-690-2151, E-mail : k211625@kansai-u.ac.jp)

2 : 正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

3 : 正会員 工博 関西大学 学生センター副所長・教授 総合情報学部(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2-1-1)

(図-1)で、道路工事完成図等作成要領⁵⁾に則した工事完成図をもとに世界測地系の平面直角座標系で作成されている。道路基盤地図情報は、図に示すとおり30地物で構成されていることから、2次元の車線形状の効率的な生成に活用できると考えられる。

(2) 点群座標データ

昨今の公共測量では、3Dレーザスキャナと高精度GPSとを車に搭載した移動計測車輛による測量システムが利用されてきている⁶⁾。同システムにより、相対精度0.01m (rms : Root Mean Square) 以内⁷⁾で1秒間に1万点程度の点群座標データを取得できる。取得された点群座標データは、道路空間の表面形状を表現しており、高さも保持している。このため、点群座標データを用いることで車線形状に高さを効率的に付与できる可能性がある。

3. 道路ネットワークデータの表現方法

国内の道路ネットワークのデータ標準には、全国デジタル道路地図データベース標準⁸⁾、KIWIフォーマット⁹⁾およびDRM標準フォーマット21¹⁰⁾がある。DRM標準フォーマット21は、KIWIフォーマットの踏襲や全国デジタル道路地図データベース標準との親和性の確保に加え、国際標準への対応も視野に入れられている。以上を踏まえ、本研究で考案する生成技術で対象とする道路ネットワークの仕様は、DRM標準フォーマット21に準拠することとした。

本フォーマットは、データの定義や運用規程を自由に選択できるため、表-1の「本研究の対象」に示す事項は運用を考慮して決定した。「座標系」は、道路基盤地図情報や点群座標データに採用されている世界測地系の平面直角座標系とした。「線形の属性」は、線形データの自動作成およびネットワーク化を第一目標とし、今回は対象外とした。今後、高精度な道路ネットワークの用途を踏まえて、属性を追加する予定である。「縮尺」は、現時点で確保できる最大の縮尺とし、道路基盤地図情報と同じ1/500~1/1,000とした。「線形高さ」は、線形の3次元化を目標にしているため、保持することとした。「網表現」は、DRM標準フォーマット21の特徴であるマルチリンクとノードとで表現し、「線形粒度」は車線単位とした。「形状表現」は、GISで取り扱える折線、円・円弧とした。また、線形の構成点の間隔は、短いほど線形を正確に表現できるが、処理時間が長くなったり、取り扱うデータサイズが大きくなったりすることが懸念される。そこで、点間隔は、用途の要求に合わせ変更とすることとし、本研究では、実現可能な値の1.0mとした。

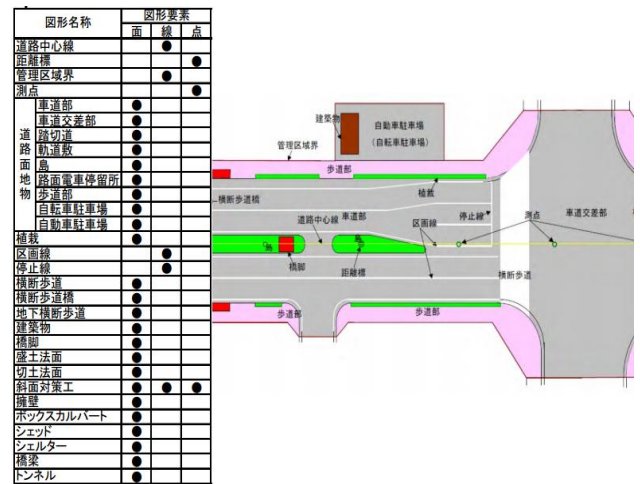


図-1 道路基盤地図情報

表-1 データ表現方法の特徴比較と研究対象

項目	全国デジタル道路地図標準	DRM標準フォーマット21	本研究の対象
座標系	日本測地系の平面直角座標系	システム座標系とパーセル座標系を定義	パーセル座標系(世界測地系の平面直角座標系)を定義
線形の属性	リンク長 幅員 車線数など	車線別進行禁止、横断歩道、一時停止線、勾配、曲線半径など	—
縮尺	1/2,500~ 1/25,000	1/500~1/1,000	1/500~1/1,000
線形高さ	無し	高さ(Z) 比高(H)	高さ(Z) —
網表現	リンク・ノード	マルチリンクとノード	マルチリンクとノード
線形粒度	上下線原則分離せず	車線単位可	車線単位
形状表現	ノードと補間点による折線 (補間点の間隔は任意)	折線 円・円弧 (構成点の間隔は任意)	折線 円・円弧 (構成点の間隔は1m)

凡例 -は、本研究の対象外

4. 道路ネットワークデータの生成技術の概要

本手法の概要を表-2および図-2に示す。本手法では、道路基盤地図情報と点群座標データを入力することで、自動的に車線単位の3次元道路ネットワークデータを生成する。図表に示すとおり、本手法は、5つのアルゴリズムで構成されている。本手法では、車線単位の道路ネットワークだけでなく、既存道路ネットワークとの親和性を考慮して、上下線を一条線で表す道路中心線形も作成する。

表-2 本手法の概要と入出力

アルゴリズム名	概要	入力データ	出力データ
(1) 図面図形データ抽出	点群座標データと組み合わせる地物データ（道路中心線、車道部、車道交差部、区画線、歩道部）を道路基盤地図情報から抽出。	道路基盤地図情報	地物ごと図形データ
(2) 路面点群抽出	(1)で作成した車道部と車道交差部、歩道部の図形データのXY平面領域内の点群座標データを抽出。	点群座標データ	路面点群座標データ
(3) 線形抽出	区画線から車線を把握し、車線の中央に車線線形の構成点を1m間隔で発生する。道路中心線も同様に構成点を発生する。構成点から線、円弧を識別する。	区画線、道路中心線の図形データ	車線、道路中心線の線形データ
(4) 高さ付与	(2)の路面点群座標データを分析し、(3)で作成した車線及び(1)で抽出した道路中心線の線形データに高さ情報を付与。	路面点群座標データ	3次元道路線形データ（マルチリンク）
(5) ノード付与	空間演算を行い(4)で得られた全ての3次元道路線形データの線形同士の交点にノードを発生。	3次元道路線形データ	車線単位などの3次元道路NWデータ

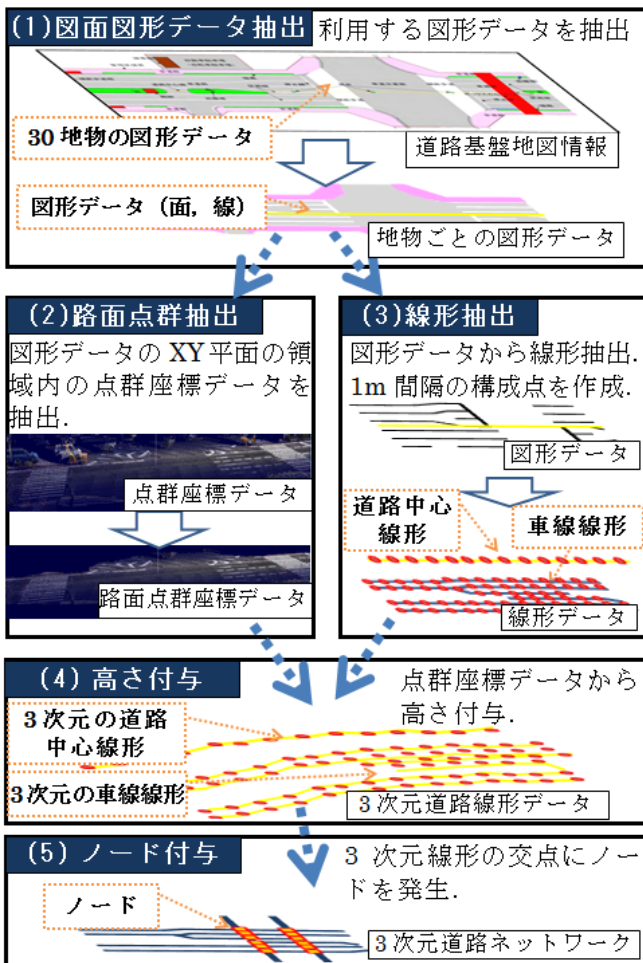


図-2 本手法の概要

図に示すとおり、「(1)図面データ抽出」により、道路基盤地図情報から本手法で利用する図形データを抽出する。「(2)路面点群抽出」では、路面以外に存在する不要な点群を除去するため、車道部、車道交差部、歩道部の図形内のXY平面内の路面点群座標データを抽出する。

「(3)線形抽出」では、「(1)図面データ抽出」で抽出した道路中心線の図形データから、1m間隔の構成点を生成する。また、車線線形では、道路中心線と平行に近い区画線から車線を把握し、車線の中央に車線線形の構成点を1mの点間隔で生成する。さらに、生成した構成点から線及び円弧を識別する。交差点内には、区画線が存在しないことが多いが、交差点を跨ぎ対となる車線線形同士を接続する。ここで、道路基盤地図情報の停止線や横断歩道の図形データと交差する線形の区間に属性もしくは、ノードを付与することで、効率的に交差点情報を収集できる可能性があるが、今回は、属性を対象としていないため、今後の課題とする。

「(4)高さ付与」では、XY平面上で線形の構成点の近傍にある点群座標データの高さを付与する。路面点群座標データには、路上駐車や右折の車両の表面形状が映り込んでいる場合があり、車線線形データの構成点に付与した高さが路面高さを表していないことが考えられる。そのため「(4)高さ付与」では、メディアンフィルタなどを用いて、特異な高さ情報の構成点を除去、路面高さを表す他の構成点の高さ情報を用いて補間する。補間により、精度が低くなる場合があるため、補間履歴を残すこととする。移動計測車両による測量は、高精度で点群座標データを取得できるため、再度取得した同じ場所の点群座標データと入れ替えることで、路面上のノイズが削除できる。今後、このような品質を高めた点群座標データが流通することを期待する。また、道路中心線形の構成点では、近傍の点群が「(2)路面点群抽出」により取り除かれ、構成点の周辺に存在しない場合が考えられる。その場合には、路面点群座標データのうち、横断面上で最も構成点に近い両端の路面点群座標データの高さの平均を付与することとした。

「(5)ノード付与」では、空間演算を行い、車線線形同士の交点にノードを発生させ、道路線形をネットワーク化する。DRM標準フォーマット21では、路線をマルチリンクとして取り扱うことができるため、リンクをノードで分割しない。複数路線の全ての車線線形データの交点でノードを発生すると、交差点に車両進行方向を逆走するルートが図示されるが、ノードに交通ルールに基づき通行規制情報を付与することで解決する。道路中心線も同様にネットワーク化する。

5. 開発アルゴリズムの検証

(1) 検証内容

これまでに、開発したアルゴリズムである「(1)図面図形データ抽出」と「(2)路面点群抽出」を組み合わせることで、路面点群座標データを抽出できるようになる。本研究では、次工程のアルゴリズムである「(4)高さ付与」に必要なデータが生成できるかを検証する。具体的には、実際の点群座標データと道路基盤地図情報から、路面点群座標データを抽出し、目視にて期待したとおりに路面の点群座標データが抽出できるかを確認した。

(2) 検証データ

本検証に用いた点群座標データは、交通島（以下「島」という。）のある国道 26 号（船場中央 3 交差点～難波西口交差点）約 2km を用いた。本区間は一方通行 4 車線の本線と側道が左右に 1 車線ずつで、計 6 車線の道路である。

点群座標データは、概ね 10cm×20cm のメッシュ内に 1 点以上取得されている。10cm×20cm 程度のメッシュ内に 1 点とは、移動計測車両⁷⁾で、ノイズの影響を受けず時速 60km 以下で走行した際に取得できる点の密度である。本研究で用いた点群座標データには、右折車両や路上駐車などの路面上のノイズ点群を含んでいる。また、本検証には、点群座標データと同じ場所の道路基盤地図情報（P21 形式の CAD データ、道路延長概略 4km）を用いた。

(3) 検証結果

検証結果を図-3に示す。図に示すとおり、抽出された路面点群座標データは、道路基盤地図情報の車道部、車道交差部および歩道部で構成される路面以外の領域の点群が削除されている。また、期待したとおり、植栽のある島を表す点群座標データが削除されている。しかし、島に存在する植栽を表す一部の点群座標データが削除されていなかった。これは、道路基盤地図情報が 1/1,000 の縮尺誤差を許容するためと考えられる。この点群への対応は、今後の課題とし、「(4)高さ付与」で対応することとした。

6. あとがき

本稿では、点群座標データと道路基盤地図情報を用いた車線単位の 3 次元の道路ネットワークデータの生成技術を提案し、図面図形データ抽出および路面点群抽出の機能の実用性を検証した。その結果、次工程の「(4)高さ付与」に必要な路面点群座標データが生成できることを確認した。今後は、残りのアルゴリズムを開発し、本手法の有用性を検証する。

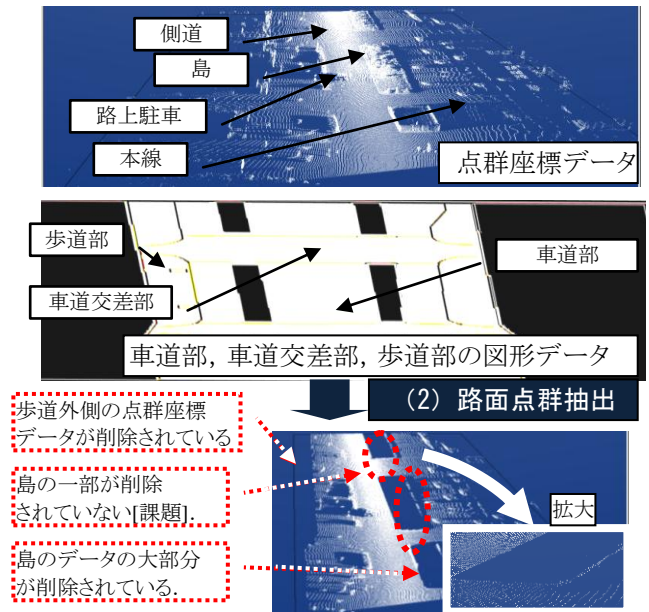


図-3 抽出された路面点群座標データ

謝辞：本研究の遂行にあたり、株式会社パスコの各氏から道路中心線の高さ付与の方法に関する助言を頂いた。また、本研究の一部は、(独)科学技術振興機構の研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム【FS】探索タイプ（課題番号：AS232Z00816A，研究開発課題名：点群座標データを用いた効率的な 3 次元道路ネットワークデータ作成手法の研究）の成果である。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 伊東敏夫, 杉野泰三, 有吉正昭: 高さ情報を利用した省エネルギーガイドランスの検討, 自動車技術会 学術講演会前刷集, No. 48-10, pp.15-18, 2010 年 9 月.
- 2) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会: 高度 DRM データベース, <<http://www.drm.jp/research/pdf/H22boshuQAkoseido.pdf>>, (入手 2012.6.25).
- 3) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会: 作成更新方法, <<http://www.drm.jp/database/structure.html>>, (入手 2012.6.25).
- 4) 国土技術政策総合研究所: 「道路基盤地図情報(試行提供版)」の試行提供, <http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/road_gis_trial.htm>, (入手 2012.6.25).
- 5) 国土技術政策総合研究所: 道路工事完成図等作成要領, 国土技術政策総合研究所資料, No.493, 2008 年.
- 6) 今西暁, 石井康: 新技術 MMS による道路空間 3 次元計測と公共測量への適用について, 近畿地方整備局研究発表会, 2010 年 7 月.
- 7) 吉田光伸, 瀧口純一, 石原隆一, 小崎真和: モービルマッピングシステムを用いた道路三次元情報の活用, 三菱電機技報, Vol.83/No.5, pp.22-25, 2009 年 5 月.
- 8) 一般財団法人日本デジタル道路地図協会: 全国デジタル道路地図データベース標準 第 3.8 版, 2009 年.
- 9) 日本工業規格: 自動車カーナビゲーションシステム用地図データ格納フォーマット, JIS D0810, 2004 年.
- 10) 畑山満則, 土肥規男, 小田泰充: DRM 標準フォーマット 21 を用いた道路地図データベースの管理, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, pp.65-72, 2003 年 10 月.