

点群座標データを利用した 3 次元の道路中心線の整備手法
今井龍一・井星雄貴・佐々木洋一・岩切昭義・今西暁久・小山裕也

**Research on Generation Method for Three-Dimensional Road Centerline
using Point Cloud Data**

**Ryuichi IMAI, Yuki IBOSHI, Yoichi SASAKI, Akiyoshi IWAKIRI,
Akihisa IMANISHI and Yuya KOYAMA**

Abstract: The road centerline is one of the common features used widely for road management, cruise-assist services and others, also expected further advanced usage when it is enhanced as three-dimensional(3D) data by adding its height. To expand into 3D from the present 2D road centerline, however, some efficient and economical generation methods are required. In this research, we developed a generation method for 3D road centerline using fundamental geospatial data of road and point cloud data obtained by mobile mapping system. Then we performed evaluation experiments of data generation and proved the usability of the developed method.

Keywords: 道路基盤地図情報 (fundamental geospatial data of road), 3次元道路中心線 (3D road centerline), 移動計測車両 (mobile mapping system), 点群座標データ (point cloud data)

1. はじめに

国土交通省は、道路行政サービスの高度化を図る上で必要な大縮尺道路地図「道路基盤地図情報」の整備を推進している。道路基盤地図情報は、官の道路行政での活用に加えて、産学の多様な場面での活用も想定される。例えば、道路構造や運転中の状況に応じた注意喚起やエコルート案内などの走行支援システム (AHS : Advanced Cruise-Assist Highway Systems) を実現するカーナビゲーションの高度化に必要な高精度な道路地図としての活用が挙げられている (ITS Japan, 2012)。また、既往調査 (今井ほか, 2011) によると、道路構造の高さを付与した道路基盤地図情報への関心が高い。

道路基盤地図情報の中でも道路中心線は、道路

管理や走行支援システムに活用できる共用性の高い地物であり、産学官のニーズを踏まえ、3次元データとして扱えるようになると、一層の高度活用が期待される。しかし、既存の道路中心線の多くは2次元であり、3次元に拡充するには、効率的かつ経済的な整備手法の確立が必要となる。

近年、移動計測車両による道路空間の高精度な点群座標データの取得や活用が広まりつつある (船戸ほか, 2012)。現在、点群座標データは、主に2次元の図面や3次元の形状モデルの作成に活用されているが、既存の地図への補完への活用も大いに期待される。

本稿は、移動計測車両により取得した道路空間の点群座標データを用いて、大縮尺道路地図の道路基盤地図情報の道路中心線を3次元化する手法を考案し、同手法に則したデータの試作による有用性の検証結果を報告する。

2. 3次元の道路中心線の整備に用いる既存資料

2.1 道路基盤地図情報

道路基盤地図情報は、1/500 または 1/1,000 の大縮尺で道路構造を表現した共用性の高い 30 地物で構成され、GIS などの共通基盤データベースとして利用できる。道路基盤地図情報の 30 地物には道路中心線も含まれている。また、測点および距離標の地物の属性には高さ（標高と横断勾配）が付与されている。なお、道路基盤地図情報の仕様の詳細は、「道路基盤地図情報製品仕様書（案）」を参照されたい（国土交通省，2008）。

直轄国道の道路基盤地図情報は、道路工事の完成図を用いて整備を進めている。ただし、完成図の作成要領（国土交通省，2008）の改定経緯などの理由から、整備済みの道路基盤地図情報のすべての測点および距離標の地物に高さが反映されていない状況にある。

本研究は、図-1 に示す道路基盤地図情報の道路中心線および測点の地物を 3 次元の道路中心線の整備に用いる。

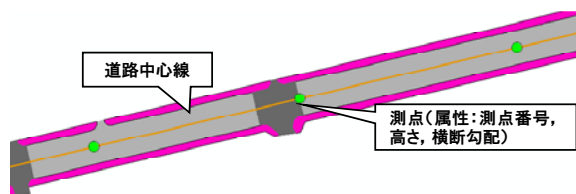


図-1 道路基盤地図情報の道路中心線と測点

2.2 点群座標データ

本稿で扱う点群座標データは、3D レーザスキャナおよび GNSS（Global Navigation Satellite System）アンテナを搭載した移動計測車両で取得した道路空間の点群を指している（図-2 参照）。その精度は、GNSS 衛星の数や信号の取得状況に左右されるが、GNSS 衛星を十分に捕捉している場合、緯度・経度・高度ともに 10cm 以内の絶対精度、1cm 以内の相対精度を確保している。

近年、この移動体計測車両による測量技術が確立され、高精度な点群座標データが短期間かつ安価に取得できることから、路面やトンネルの形状診断や道路台帳図の作成などの活用事例が増え

つつある（今西ほか，2010）。

本研究は、この点群座標データを 3 次元の道路中心線の整備に用いる。

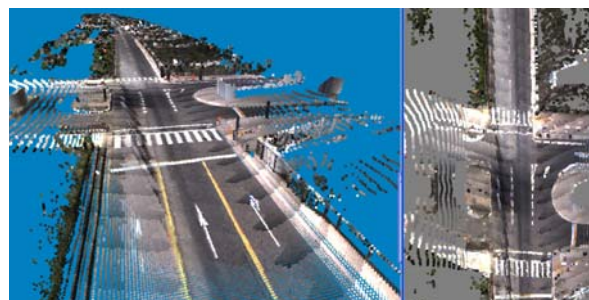


図-2 道路空間の点群座標データ

3. 3次元の道路中心線の整備手法の考案

本研究は、道路基盤地図情報の道路中心線および測点の地物と点群座標データとを用いて、3次元の道路中心線を整備する手法を考案した（以下、本稿では「本手法」という。）。具体的には、図-3 に示す「高さ自動取得のための測点位置の調整」および「点群座標データによる高さの自動取得」の手順により、測点に高さおよび横断勾配を付与し、3次元の道路中心線とする。本研究は、図-3 の手順に従い、3次元の道路中心線を試作し、その精度を検証した。本手法および各工程の詳細は、第 4 章および第 5 章で述べる。

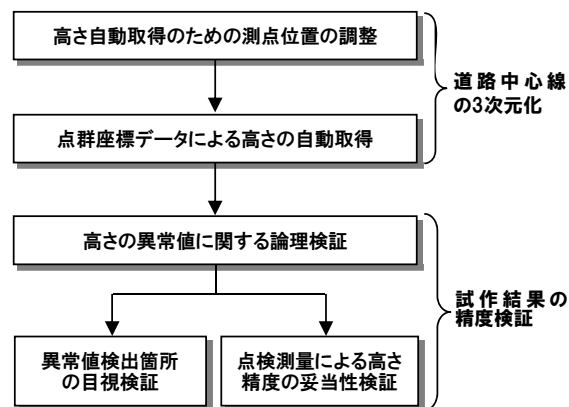


図-3 道路中心線の3次元化と精度検証の手順

4. 3次元の道路中心線の試作

4.1 試作の対象路線

3次元の道路中心線を試作する対象は、道路基盤地図情報が連続的に整備され、点群座標データが取得済みである直轄国道の約 220km とした。

4.2 高さ自動取得のための測点位置の調整

本手法は、測点の高さを自動取得するため、道路基盤地図情報の島（中央分離帯）、測点および道路中心線の地物を用いて測点位置を調整する。測点は、道路中心線上に 20m 間隔で配置し、中央分離帯のある道路の場合、そのほとんどが中央分離帯上に付与している。完成図の作成要領（国土交通省、2008）では、車道の計画路面高を測点の高さとして定められている。このため、同要領に準じた位置で高さを取得するには、測点の位置調整が必要である。また、横断勾配を取得するには、2 点間の距離と高低差が必要となる。本手法は、図-4 に示すとおり、中央分離帯上にある測点を道路面の側帯に位置調整し、測点を起点とした点間距離と高低差を算出するための補助点を生成する。補助点は、位置調整した測点から横断方向に 1 車線分の幅員となる 3m 離れた地点に生成する。

試作した結果、約 220km（全測点数：7155 点）の測点位置の調整に 25 日の工数を要した。考察として、道路基盤地図情報の地物を活用した位置調整の自動化手法の確立など、当該工程の効率化が今後の課題としてあげられる。

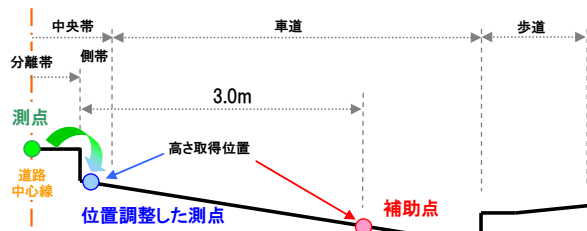


図-4 測点位置の調整と補助点の生成

4.3 点群座標データによる高さの自動取得

本手法は、前項で位置調整・生成した測点および補助点と点群座標データとを重ね合わせ、測点・補助点の直近に位置する点の高さを自動取得する（図-5 参照）。なお、点群座標データを扱える汎用ツールを用いると、測点のような特徴点の高さを点群座標データから自動取得できる。

試作した結果、約 220km（全測点数：7155 点）の測点・補助点の高さの取得に 2 日の工数を要し

た。したがって、本手法による試作に要した全工数は 27 日となった。考察として、本手法は 1 日当たり約 8.1km（ $\approx 220\text{km}/27$ 日）の道路中心線の 3 次元化が可能であり、現地測量（約 300m/日）と比較し、非常に効率的な手法といえる。

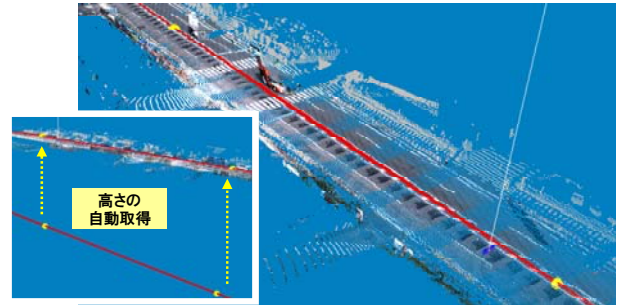


図-5 点群座標データによる高さの自動取得

5. 試作した 3 次元の道路中心線の精度検証

本研究は、本手法に則して試作した 3 次元の道路中心線（測点の高さと横断勾配）の精度を論理検証、目視検証および点検測量にて検証した。

5.1 高さの異常値に関する論理検証

図-6 は、取得した測点および補助点の高さの異常値の論理検証イメージを示している。測点（地点 1）と補助点（地点 3）との中間地点に検証点（地点 2）を生成し、区間 A・区間 B の横断勾配を算出する。地点 2 は、移動計測車両が走行する車線のほぼ中央であるため、構造物や他車両などの障害物がなく、過去の計測結果を見ても異常値となる高さは取得されていない。このため、地点 1 または地点 3 における高さが異常値の場合、区間 A・区間 B における横断勾配の代数差が大きくなる。本研究は、区間 A・区間 B における横断勾配の代数差を確認し、地点 1 および地点 3 の異常値を検出する論理検証を実施する。

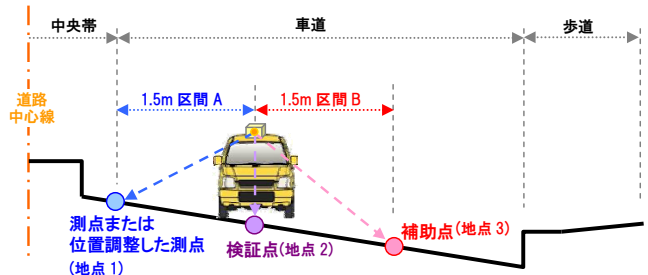


図-6 高さの論理検証

通常、中央分離帯の段差は 25cm であるが、最も小さい境界ブロックを使用した場合、その段差は 15cm となる。したがって、横断勾配の代数差の閾値は、10%以上 (=15cm/1.5m) とした。

論理検証の結果、全測点数 7155 点のうち、約 13% の 911 点に異常値が検出された。したがって、本手法による測点・補助点の取得率は約 87% であり、一定の有用性を確保できていると評価した。

5.2 異常値検出箇所の目視検証

本研究は、論理検証により検出した異常値 (911 点) の箇所を目視検証した。その結果、以下に示す原因を確認した。このような箇所は、点群座標データを用いた数値図化により、高さを再取得しなければならない。

- ・ 障害物による道路構造物の点群座標データの欠損 (図-7 参照)
- ・ 道路基盤地図情報と点群座標データとの位置精度の相違による平面的な位置ずれ
- ・ 道路基盤地図情報の整備時点と点群座標データの取得時点との相違によるずれ

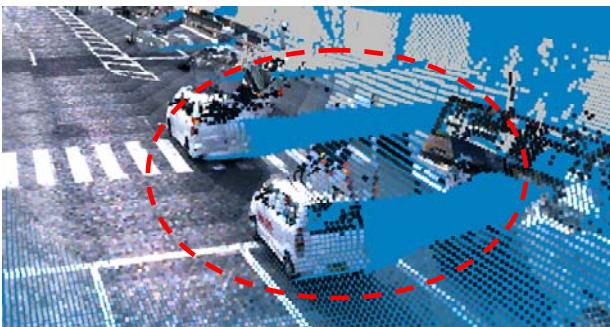


図-7 異常値取得原因 (点群座標データの欠損)

5.3 点検測量による高さ精度の妥当性検証

自動取得した高さの精度を確認するため、作業規程第 13 条精度管理に準じ、試作した道路中心線の 2% に対して、トータルステーションによる点検測量を実施した (国土交通省, 2010)。現地測量座標との点検測量結果を表-1 に示す。

高さの標準偏差は、6.7cm、最大較差も 17.9cm であり、作業規程の定義にある地図情報レベル 500 の標高精度 (標準偏差 25cm 以内) を十分に満たしており、高精度な結果を得たといえる。

表-1 現地測量座標との点検測量結果

精度	標高残差 (単位:m) (自動取得座標-現地測量座標)
較差の標準偏差	0.067
較差の最大値	0.179
制限値 (標準偏差) ※地図情報レベル500の標高精度	0.250

6. おわりに

本研究は、移動計測車両により取得した道路空間の点群座標データを用いて、大縮尺道路地図の道路基盤地図情報の道路中心線を 3 次元化する手法を考案した。本手法に則して道路中心線を試作し、精度を検証した結果、作業規程の定義にある地図情報レベル 500 の標高精度を確保していることを確認した。また、従前の現地測量に比して、効率的かつ経済的な 3 次元の道路中心線の整備手法が確立できたと言える。

本手法を用いると、測点への高さや横断勾配の取得処理は約 9 割の自動化が可能であるが、その前工程である測点の位置調整に時間を要するので、作業の効率化を図ることが今後の課題としてあげられる。また、点に高さを与える本手法を元に、線や面への高さの取得技術の研究にも今後取り組んでいきたい。

参考文献

- ITS Japan(2012) : ITS Japan 道路情報基盤活用委員会 2011 年度活動報告書.
- 今井龍一, 落合修, 重高浩一, 平城正隆(2011) : 道路基盤地図情報に関する産学の利用ニーズの調査, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.20.
- 船戸智也, 佐田達典(2012) : モバイルマッピングシステムを用いた道路構造物データの抽出手法に関する研究, 応用測量論文集, Vol.23.
- 今西暁久, 石井康介(2010) : 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, 平成 22 年度近畿地方整備局研究発表会.
- 国土交通省(2008) : 道路基盤地図情報製品仕様書 (案).
- 国土交通省(2008) : 道路工事完成図等作成要領 (第 2 版) .
- 国土交通省 (2010) : 作業規程の準則.