

(14) CAD および線形情報を用いた高速道路三次元線形の再現と検証

Estimation of 3D Alignment of Expressways using CAD Drawings and Geometry Data and Verification of the Results

山田 晴利¹・関本 義秀²・松林 豊³

Yamada Harutoshi, Sekimoto Yoshihide and Matsubayashi Yutaka

抄録：ITS の車線逸脱防止サービス、カーブ速度警報システムなどを実現し、さらに走行時の温室効果ガス排出量を削減するために、道路の詳細な線形情報が必要とされるようになってきている。しかしながら、我が国ではこれまでこうした線形情報の整備、提供が遅れている。その原因のひとつとして、情報の収集・更新に要するコストが高額なことをあげることができる。そこで本研究では、高速道路の CAD 図面（二次元）と線形情報をもとにして、三次元線形とくに車線形状の再現を試みた。再現した結果を数値標高データ等と比較して検証したところ、再現した三次元データの高さの較差は、一部の縦断曲線部を除きおおむね 0.3 メートル以内に収まっている。縦断曲線長データが存在すれば、全線にわたり同程度の精度で高さの推定が可能であることが判明した。

キーワード：CAD, ITS, 三次元線形, 道路中心線, 車道区画線, 標高

Keywords：CAD, ITS, Three Dimensional Alignment, Center Lines, Lane Markings, Altitude

1. はじめに

高度道路交通システム (ITS) では、車線逸脱止警報サービス (LDWS)、車線維持支援システム (LKAS; 自動操舵を行う)、カーブ速度警報システム (CSWS) などの安全運転支援に加えて、温室効果ガス排出量削減を目標としたサービス（排出量の少ない経路の探索、さらには下り坂での回生制動による EV/PHV のバッテリー充電）が実現しつつある。これらのサービスを提供するにあたっては、道路の詳細な線形が要求されるが、こうした要求に応えられる線形データを整備するには多額のコストを必要とするため、データの整備・提供は遅れている。著者らは、高速道路の二次元 CAD 図面を利用して、線形データを再現する研究を行ってきており、本論文では CAD 図面と線形情報を用いて三次元の車線形状を再現した結果（道路延長は約 80km）を報告する。再現した三次元の線形データのうち標高については、基盤地図情報の 5m メッシュ標高 DEM データと比較し検証を行った。

2. 研究内容

道路の平面線形と縦断線形の計算結果を組み合わせることによって、道路中心線の三次元座標 (x, y, z) を求める。この座標に横断形状の情報を加味することで、道路の三次元座標を推定することができる。

具体の計算は、図 1 の手順で行った。

- ① 平面線形をもとにして、道路中心線の二次元座標 (x, y) と測点の位置を計算する。
- ② 縦断線形をもとにして、道路中心線の高さ (z) と測点の位置を計算する。
- ③ 道路中心線を基準とし、道路の横断形状をもとにして、道路の横断構成点の相対位置を計算する。

なお車道区画線の位置は、高速道路の標準断面の情報をもとにして再現している¹⁾。また、対象としたのは東名阪自動車道および東名高速道路の延長 80.2km の区間である。

3. 線形パラメータの収集、整理

三次元線形を計算する上で必要な線形データを二次元 CAD 図面と線形管理データ（エクセルデータ）から収集した。収集したデータは次のとおりである。

■ 二次元 CAD 図面から収集したデータ

- 主要な点の座標 (x, y)
- 平面線形パラメータ（曲率半径とクロソイドパラメータ）
- キロポスト (KP) と測点 (STA) の対応関係

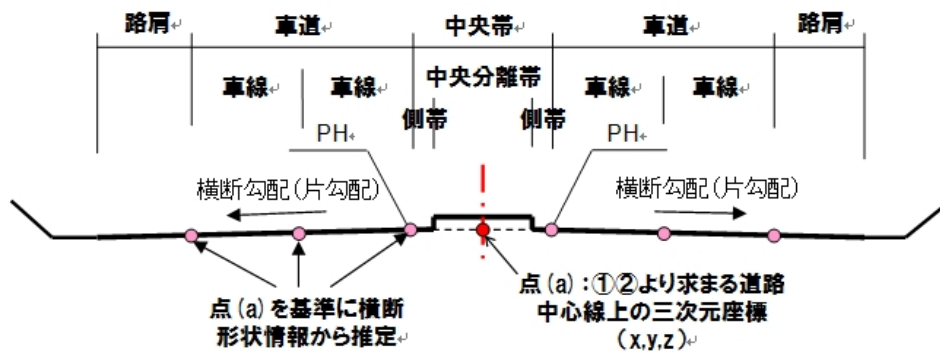
■ 線形管理データから収集したデータ

- 縦断勾配変化点の位置と高さ
- 縦断勾配と横断勾配（片勾配すりつけ）の値
- 車線数、車道幅員、左側路肩／右側路肩幅員

1：正会員 博士(工学) 東京大学空間情報科学研究センター特任教授, ITARDA 研究部長
(〒153-8505 目黒区駒場 4-6-1 生研第 5 部 柴崎研気付, Tel: 03-5452-6710, E-mail: yamada.hal@csis.u-tokyo.ac.jp)

2：正会員 博士(工学) 東京大学空間情報科学研究センター特任准教授

3：正会員 国際航業株式会社企画部



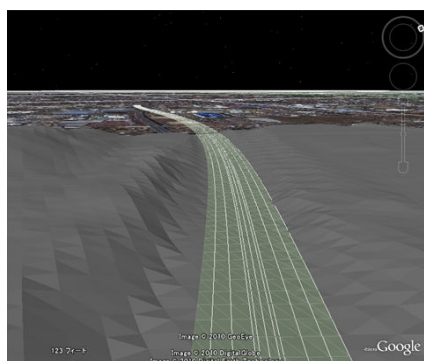
図－１ 三次元座標の計算手順

ただし、縦断曲線長（VCL）の値が線形管理データに存在しなかったため、道路構造令²⁾の規定を参考にして設定した。また、道路幅員のうち中央分離帯の幅員については、対象とした区間の一部のみに存在していた。存在していた区間についてはその値を用い、存在していない区間では標準断面の値を用いた。道路中心線は、中央帯の中央にあるものと想定した。左側路肩については、分合流等の細かな幅員変化を反映した値が線形管理データに存在するが、路肩部分の横断勾配の値が不明だったため、左側路肩部分はフラットであると仮定して計算を行った。

4. 三次元線形座標の算定

上記3で整理された線形パラメータをもとにして、三次元座標値を算出した。算出には施工技術総合研究所から無償公開されている「ICT 設計データ変換ソフトウェア」を用いた。座標の算出は車道区画線を対象に行った(図－1でピンク色で示された点)。

こうして算出された座標値について、Yamada, Sekimoto *et al.*¹⁾で述べた方法で接合処理・位置補正を施した二次元 CAD 図面と重ね合わせて、平面位置の妥当性を検証した。検証はおもに道路中心線を対象に行ったが、IC とその付近で車道区画線が CAD 図面上に表示されている場合には、車道区画線も検証に用いた。



図－２ 5m メッシュ DEM との重ね合せ

東名阪自動車道では、道路中心線の水平方向の「離れ」はいずれの場所でも 25cm 未満であった。しかし、車道区画線では「離れ」の値 25cm 未満が 33%，25cm～70cm 未満が 24%，70cm～1.7m 未満が 43%という結果であった。東名高速道路の「離れ」の値は東名阪自動車道より大きく、道路中心線の位置のずれと中央帯幅の標準断面値からのずれが原因であると推定される。

5. 三次元データの作成と検証

ICT 設計データ変換ソフトで路面のサーフェスデータと車道区画線のブレークラインデータ（LandXML 形式；道路延長方向に 5m 間隔で算出）を出力し、CAD ソフトで読み込み三次元データ（DWG 形式）を作成した。

試作した三次元データの高さ情報の正確さを検証するために、国土地理院の 5m メッシュ DEM と比較した。図－2 に試作三次元データと DEM とを重ねて表示した例を示す。DEM では地表高が計測されているため、高速道路の橋梁部、連続高架部では検証に利用できない。橋梁部、連続高架部以外の区間では、一部の区間を除き、高さの差は 30cm 以内に収まっていた。縦断曲線部では、想定した縦断曲線長と実際の曲線長が異なる場合があり、最大で 6.8m の差があった。縦断曲線長を正確に推定することが三次元データを高精度で再現するための課題である。

謝辞：本研究では高速道路保有債務返済機構と NEXCO 各社に大変お世話になった。深く感謝する。

参考文献

- 1) Yamada, Sekimoto and Matsubayashi: A study on the quality of CAD drawings of expressways and addition of lane marking data, *Journal of Applied Computing Engineering*, JSCE, October, 2010.
- 2) 道路構造令の解説と運用(改訂版), (社)日本道路協会, 2004 年 2 月。