

道路設計のための 3 次元地形データ作成仕様に関する適用性検証

Applicability evaluation of 3 dimensional terrain data creation specification for the road design

渡辺完弥¹・青山憲明²・金澤文彦²

Kanya Watanabe, Noriaki Aoyama and Fumihiko Kanazawa

抄録: 道路事業においても 3 次元 CAD が活用され始めている。しかしながら、設計業務での用途に即した 3 次元地形データが測量業務で作成されていない。このため、設計業務で新たに 3 次元地形データを作成しており、必ずしも業務の効率化に繋がっていないことが課題となっている。著者らは、これまでの研究において、地形測量成果のデータフォーマットである拡張 DM に着眼し、3 次元地形データの流通のため、「道路設計用 DM データ作成仕様(素案)」を検討している。

本研究では、本仕様の普及を目指して、データ作成作業への適用性の検証に加え、本仕様で則したデータの実用性を確認した。さらに、結果に基づいて、仕様を変更するとともに、3 次元地形データを効果的に利用するためのソフトウェア要件を検討した。

Abstract: Road projects have started to utilize 3-dimensional CAD. However, the terrain data suitable for such designs is still not available. As such, 3 dimensional terrain data is being prepared by manual input during the design phase. This has hindered the improvement of efficiency. The present study was focused on the DM data format used in geographical survey and examined the "Extended DM format data creation specification for road design" for 3 dimensional terrain data.

In this study, the applicability of DM format to the data creation work and its usability in the design phase was evaluated aiming at the expansion of this specification. Further, the specification was modified based on the result, and finally, the software requirements for effective use of the 3-dimensional terrain data were studied.

キーワード: 道路設計, 3 次元設計, 3 次元地形データ, CALS/EC, 拡張 DM

Keywords: Road design, The design by 3-dimensional CAD, 3 dimensional terrain data, CALS/EC, extended DM format

1. まえがき

道路事業において 3 次元 CAD を導入することにより、設計業務が効率化されることが、これまでの報告の中で明らかになっている¹⁾⁴⁾。しかしながら、現状は、測量業務で作成可能である 3 次元地形データが、道路設計の用途に即して作成されていないことや、測量業務から設計業務に 3 次元地形データが流通していないことが多い。このため、設計業務で、3 次元地形データを作成しており、必ずしも設計業務の効率化に繋がらない課題が顕在している。解決策として、3 次元地形データを道路設計の用途に即して、測量業務から設計業務へ流通させることで、設計業務における 3 次元地形データ作成作業の省力化に寄与することが考えられる。

既往の研究では、設計業務の効率化を目指して、等高線や基準点の高さ情報以外にも道路設計に必要な地形や地物の高さ情報を流通させるために、3 次元地形データの作成方法や作成仕様が検討されている²⁾⁴⁾。

文献 2)では、3 次元地形データを予備設計から詳細設計まで一貫して利用するために、道路設計のための測量で、これまで利用されていなかった数値地形モデル法に基づいて、3 次元地形データを作成することを提案している。数値地形モデル法では、一定間隔の標高点に加え

て、谷線や尾根線など地形の特徴的な線、および地形の変化点を 3 次元で取得することで、地形形状を表現する。数値地形モデル法は、一般的に利用されている等高線法とともに「公共測量 作業規程の準則⁵⁾」で規定されている。測量で取得する高さ情報は、数値地形モデル法に基づいた地形の高さ情報に加えて、道路設計で利用する道路や水路などの地物についての高さ情報を 3 次元の線で取得することとしている。

また、旧日本道路公団が公開している「デジタル地形データ作成要領(案)⁶⁾」では、高速道路の道路設計のために、等高線法に基づいて 3 次元地形データを作成する。測量により取得する高さ情報は、地形の高さ情報としての等高線に加え、道路設計で利用する法面や道路、水路などの地物の高さ情報を 3 次元の線で取得することとしている。

しかしながら、どちらの 3 次元地形データの作成方法も、道路設計のうち、縦横断面作成のための地表面の形状抽出に主眼を置いており、建物を含む CG 作成などの用途は想定していない。したがって、道路設計においては、さらに地形や地物の高さ情報が必要とされる可能性がある。

また、データの流通に着目すると、既往の研究では、

1: 正会員 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, Tel: 029-864-4916)

2: 正会員 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

地形測量の成果であるデジタルマッピング（以下「DM」という。）データファイルを設計業務へ流通させることが最終的に望ましいと報告している。しかし、DM データファイルを取り込むことができないなどの3次元 CAD の利用環境上の制約により、中間フォーマットとして DXF (Data eXchange Format) などの CAD データファイルによる流通が提案されている²⁾⁴⁾。ここで、DM とは、空中写真測量など地形測量の成果を用いて地形図を電子的に作成する作業であり、DM により作成されたデータを DM データファイルと呼ぶ。また、「測量成果電子納品要領（案）平成 16 年 6 月版⁷⁾」では、地形測量の成果を DM データファイル仕様に応用測量などのデータファイル仕様を追加した拡張 DM で納品することが定められている。

一方、建設情報標準化委員会では「拡張 DM-SXF 変換仕様（案）」を策定し、拡張 DM ファイルにおける CAD の利用環境も変わってきている状況にある。このように昨今の「測量成果電子納品要領（案）」における地形測量成果の流通や CAD における拡張 DM ファイルへの対応状況を踏まえると、CAD フォーマットを介さずに拡張 DM ファイルを測量業務から設計業務へ直接流通させることで、3次元 CAD による道路設計の効率化が期待できる。また、3次元地形データの流通効果を高めるには、道路設計における3次元地形データの流通および利用実態を調査した上で、測量業務にて高さを取得すべき地形、地物の種類や取得の方法を定義する必要がある。

しかしながら、これまで建物の CG 作成を含む道路設計全般に着目した3次元地形データの流通に関する研究事例や、拡張 DM ファイルを測量業務から設計業務へ直接流通させることに着目した研究事例は、著者らが調査した限りでは見当たらなかった。

そこで著者らは、道路設計のための3次元地形データの流通実態調査や、3次元地形データ作成仕様を検討し、その内容を報告した⁸⁾。この報告では、CAD の利用環境調査、設計者のニーズ調査および流通する地形データの実態調査を実施し、拡張 DM ファイルを測量業務から設計業務へ直接流通させることが適切であることを確認した。さらに、道路設計のための3次元地形データの具体的な作成方法として「道路設計用 DM データ作成仕様（素案）⁹⁾」（以下、「本仕様」という。）を示した。本仕様では、測量業務の効率化を考慮し、設計者のニーズ調査の結果に基づいて抽出された高さ情報を利用する用途ごとに、3つの作成レベルを設定している（表—1）。

本仕様に則して3次元地形データを流通させることで、設計業務の作業の省力化が期待できる。しかしながら、本仕様は、実態調査に基づく机上で検討された仕様である。このため、本仕様が実態に即した研究成果とし

表—1 本仕様における作成レベル

作成レベル	用途
作成レベル 1	地形形状の情報を利用した道路設計（縦横断面の把握、土工量の算出、CG やバーチャルリアリティを用いた住民説明用資料の基礎データとして利用）
作成レベル 2	作成レベル 1 に加え、住民説明用資料作成における家屋の立体表現に利用
作成レベル 3	作成レベル 2 に加え、現実感のある住民説明用資料作成に利用

て着実に普及し、設計業務の省力化の効果を得るには、測量業務におけるデータ作成作業への適用性を検証、設計業務におけるデータの実用性を確認する必要がある。

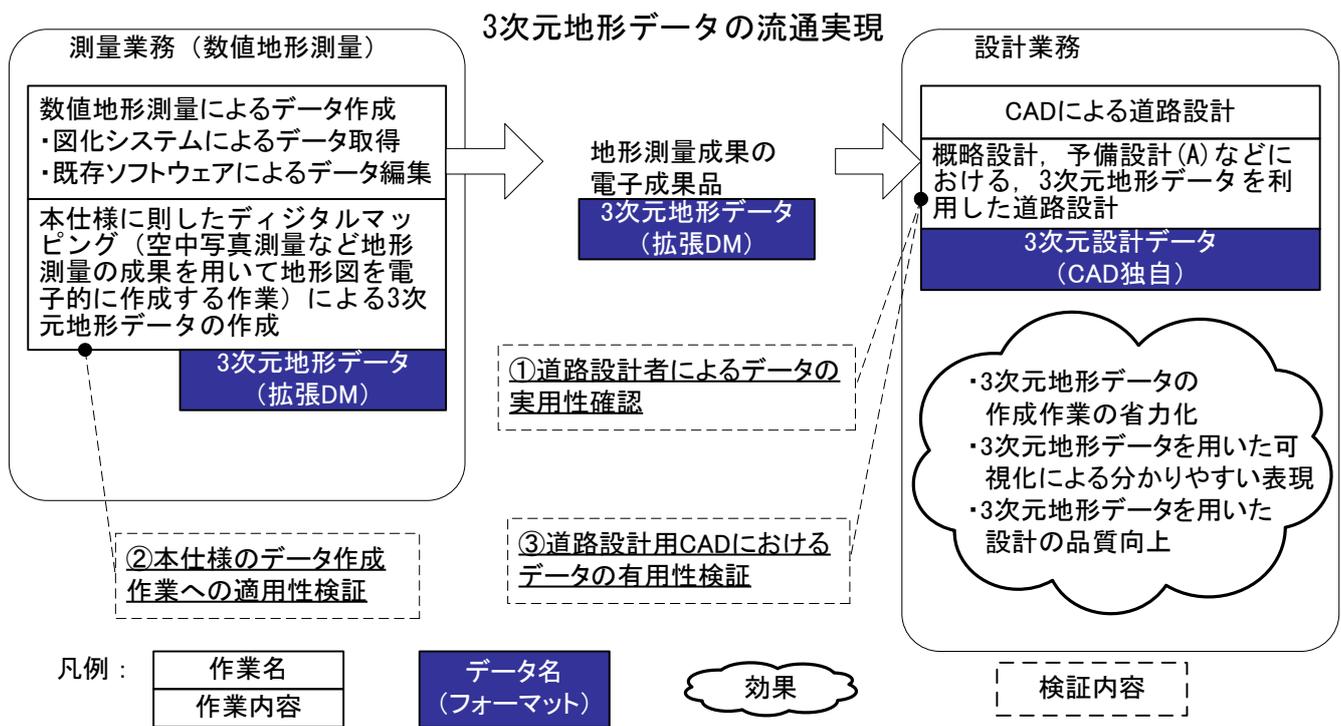
そこで、本研究では、本仕様を着実に普及し、設計業務の省力化の効果を得るために、データ作成作業への適用性の検証やデータの実用性の確認を目的とする。具体的には、道路設計者へのアンケート調査によりデータの実用性を確認する。さらに、図化システムや既存ソフトウェアを用いて、本仕様に則したデータを作成し、データ作成作業への適用性を検証する。さらに、作成したデータを道路設計用 CAD に取り込むことで、道路設計用 CAD におけるデータの有用性が向上するかを検証する。本研究では、道路設計の業務の用途に即した測量成果を流通させることで、道路設計における作業の効率化の実現を目指している。これを実現するには、道路設計用 CAD 上で、これまでの測量成果と比較して、より適切に地形、地物の形状が表現できる測量成果を流通させる必要がある。そのため、本研究では、道路設計用 CAD 上で、測量成果が適切に表現できるなど、有効に利用できることを「道路設計用 CAD におけるデータの有用性」と呼び、この有用性を検証する。

なお、“拡張 DM”の用語は、「公共測量 作業規程の準則⁵⁾」の改正（平成 20 年 3 月）に伴って“公共測量標準図式数値地形図データファイル仕様”に変更されているが、本論文では、広く知られている“拡張 DM”と表記する。

2. 検証概要

(1) 検証目的

3次元地形データの流通する環境が、実現した場合の作業の流れを図—1 に示す。図に示すとおり、デジタルマッピングなどによる地形データ取得の際に、「道路設計用 DM データ作成仕様(素案)」に則して、3次元地形データを拡張 DM で作成する。作成された地形測量成果としての3次元地形データは、拡張 DM で電子納品さ



図一 1 3次元地形データ流通が実現した場合の作業の流れ

れ設計業務へ流通する。設計業務では、拡張 DM の 3 次元地形データを道路設計用 CAD に取り込んで利用する。このように、測量業務から設計業務へ 3 次元地形データが流通することで、設計業務における 3 次元地形データの作成作業の省力化、3 次元地形データを用いた可視化による分かりやすい表現、3 次元地形データを用いた設計の品質向上に繋がる。

しかしながら、本仕様は机上での検討に留まっており、本仕様に則して円滑にデータを作成できるかなど、測量業務における 3 次元地形データの作成作業への適用性検証や本仕様に則したデータが期待したとおり役立つかなど、データの実用性確認が課題となっている。

この課題を解決するために、本検証では、データ作成作業への適用性の検証やデータの実用性の確認を行う。

(2) 検証内容

本節では、以下に示す 3 つの検証の内容を述べることで、具体的な検証方法は次節 (3) にて述べる。

- ①道路設計者によるデータの実用性確認
- ②本仕様のデータ作成作業への適用性検証
- ③道路設計用 CAD におけるデータの有用性検証

a) 道路設計者によるデータの実用性確認

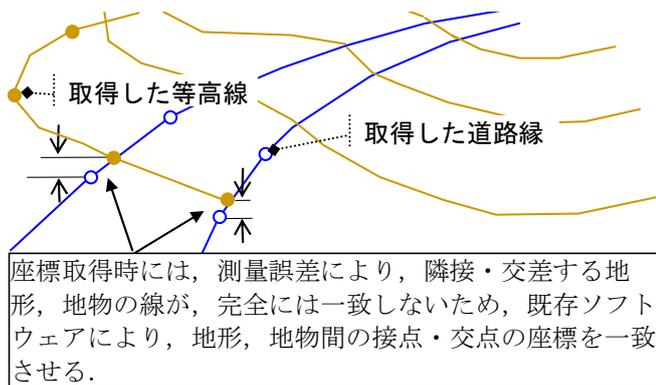
3 次元地形データが道路設計で効果的に利用されるなど、実用性があるためには、道路設計に必要とする地形、地物の高さ情報の項目が 3 次元地形データとして流通する必要がある。そこで、本仕様にて取得する高さ情報の項目に不足がないか、道路設計者へのアン

ケート調査で確認する。

b) 本仕様のデータ作成作業への適用性検証

空中写真測量などの数値地形測量は、3 次元計測であり、空中写真に明確に写っている地形、地物の高さ情報は、取得できる。しかしながら、道路設計で重要なコントロールポイントとなる送電線については、実体視することが非常に困難であり、送電線と地上の色が同化して判別しづらいために、高さ情報の取得が困難であると考えられる。また、本仕様では、住民説明用の CG を作成するために、建物の最上部の高さ情報を取得することにした。そこで、送電線の高さ情報と建物の最上部の高さ情報が図化システムで円滑に取得できるか検証する。

また、図化システムでの座標取得時には、測量誤差が含まれているため、地形、地物間の接点・交点の座標が完全には一致しないケースが多く生ずる。一方、地形、地物の接点・交点が、3 次元で座標が一致していないと空間的な矛盾が生じ、3 次元地形形状の表示や設計結果に悪影響を及ぼす可能性がある。そのため、本仕様では、等高線と道路縁など、3 次元の地形、地物の線が隣接・交差する場合は、取得したデータを編集するための既存ソフトウェアを用いて、3 次元の地形、地物間の接点・交点の座標を完全に一致させることを定めている (図一 2)。そこで、高さ情報を持つデータの交点などで、座標が一致し、3 次元的に整合がとれるデータが作成できるかについて、既存ソフトウェアを用いて検証する。



図一 2 3次元地形地物間の整合性確保の方法

c) 道路設計用 CAD におけるデータの有用性検証

本仕様にて作成された 3次元地形データが道路設計用 CAD において、縦横断面作成のための地形形状把握や、CG 作成で有効に利用できなければならない。

そこで、本仕様にて作成されたデータを道路設計用 CAD で利用し、従来の拡張 DM データに比べて、データの有用性が向上するかを検証する。具体的には、等高線や代表的な地物の高さ情報の読み込み参照に関する検証や正確な地形形状表現および防護柵や建物などの人工構造物の高さ情報を利用した立体表現により、データの有用性が向上するかを検証する。

また、これまでの地形測量成果では、道路や法面などの地物に高さ情報が含まれないため、道路や法面などの地物内に、等高線の陰線として高さ情報を取得していた。しかしながら、本仕様では、道路や法面など地物の境界線に高さ情報があるので、地物内の等高線は、必要としない可能性がある。そこで、地物内の等高線を入れた場合に設計業務でデータの有用性が向上するかを検証する。

(3) 検証方法

各検証内容の検証方法は、表一 2 に示すとおりである。以下に検証方法の詳細を示す。

表一 2 検証内容と検証方法

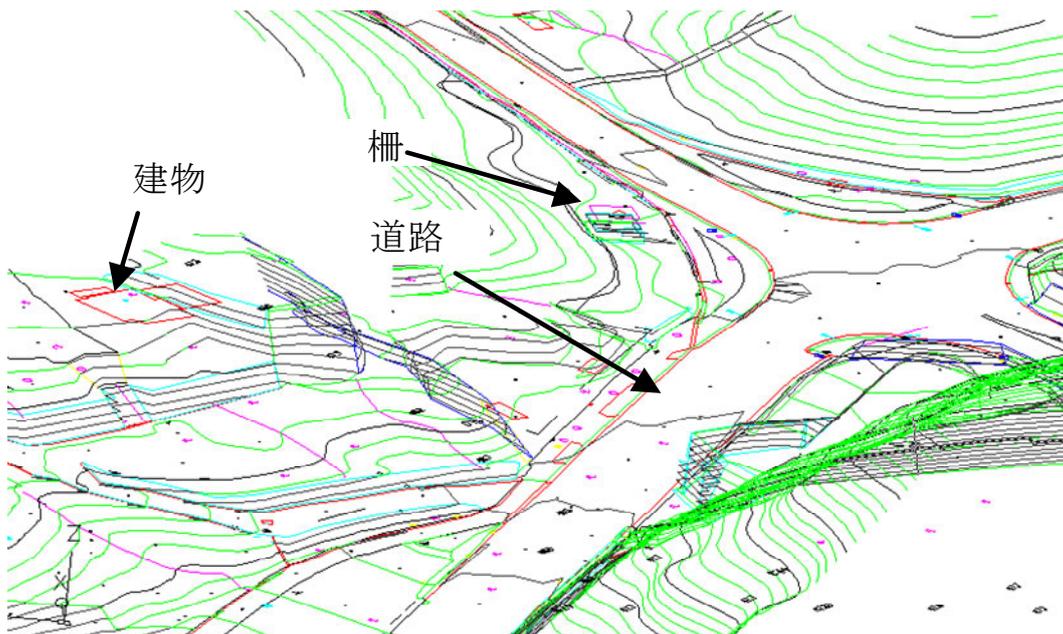
検証内容	検証方法
道路設計者によるデータの実用性確認	道路設計者へのアンケート調査
本仕様のデータ作成作業への適用性検証	試作データの作成実験
道路設計用 CAD におけるデータの有用性検証	道路設計用 CAD によるデータ利用実験

a) 道路設計者へのアンケート調査

本アンケート調査は、道路設計およびデータ流通の両方の特性を理解している(社)建設コンサルタンツ協会 CALS/EC 委員会(24 社)を対象とした。(社)建設コンサルタンツ協会 CALS/EC 委員会に所属し、道路設計業務に従事する技術者に対して、アンケート調査を実施し、9 社(18 回答)からの回答を得た。

b) 試作データの作成実験

本研究における試作データは、国土交通省地方整備局で道路設計のために実施された空中写真測量業務の実際の成果を元に作成した。具体的には、業務成果である地図情報レベル 500 の拡張 DM データファイルに、不足する地形、地物の高さ情報を取得し追加することで作成した(図一 3)。



図一 3 試作データの 3次元表現 (レベル 3 データ)

試作データは、表-3に示すとおり、本仕様に定められた作成レベルに対応した3種類の試作データと、道路、法面などの地物内の等高線により、データの有用性が向上するかを検証するための等高線検証用の試作データを作成した。

表-3 作成した試作データの一覧

名称	データの概要
レベル1データ	作成レベル1で高さ情報が必須である地形地物（道路、水部、法面、等高線、変形地等）のみ高さ情報を設定。 3次元:20種 5040要素 2次元:8種 323要素
レベル2データ	レベル1データに加えて建物の高さ情報を設定。建物の高さ情報は、外周（外形線）と最上部の高さを設定 3次元:22種 5062要素 2次元:8種 323要素
レベル3データ	取得可能な地形地物の高さ情報を設定。 3次元:64種 5522要素 2次元:8種 323要素
等高線検証用データ	レベル3データから、道路や法面の等高線を削除した検証用データ

c) 道路設計用CADによるデータ利用実験

道路設計用CADにおけるデータの有用性を検証するために、実験に使用するソフトウェアを“拡張DMファイルの入力機能を持つこと”，“道路設計で利用されていること”を要件として選定した（表-4）。表に示すとおり、選定した道路設計用CADには、道路平面、縦横断設計を行う道路設計用CADの他に、道路設計における住民説明や協議資料などに用いるCG作成ソフトウェアや、道路の景観を検討するための景観検討支援ソフトウェアの5種類である。

表-4 実験に使用した道路設計用CAD一覧

ソフトウェア名	種別分類
A社 Aソフトウェア	土木用CAD
B社 B1ソフトウェア	道路設計用CAD
B2ソフトウェア	景観検討支援ソフト
C社 Cソフトウェア	道路設計用CAD
D社 Dソフトウェア	CG作成ソフト

3. 道路設計者によるデータの実用性確認結果

(1) 取得する高さ情報項目の確認結果

作成レベル1、および2で高さ情報を取得する地形、地物の種類（表-5）を道路設計者に示し、“本仕様にて高さ情報を取得する地形、地物以外に道路設計に必要な高さ情報がないか”などの内容について、アンケート調査を行った。作成レベル3については、数値地形測量で取得可能なすべての地形、地物を取得することが定められているため、確認の対象外としている。

図-4に取得する高さ情報の地形、地物項目の確認結果を示す。回答者の約40%が、側溝、用排水路等、水路に関する底高等の高さ情報が必要であるとの結果を得た。また、回答者の約30%が、送電線（鉄塔、電線を含む）の高さ情報が必要であるとの結果を得た。さらに、回答者の約20%が高架橋の桁下、トンネルの内空上端の高さ情報が必要であるとの結果を得た。

確認の結果、道路設計に必要な高さ情報として、「道路設計用DMデータ作成仕様(素案)」に取得が定められた地形、地物の高さ情報の他に“側溝、用排水路等、水路に関する高さ情報（底高等）”，“送電線（鉄塔、電線を含む）の高さ情報”，“高架橋の桁下、トンネルの内空上端の高さ情報”の流通のニーズが高いことが分かった。

表-5 本仕様にて高さ情報を取得する地形地物

本仕様にて高さ情報を取得する地形地物	作成レベル
<ul style="list-style-type: none"> 道路縁 鉄道（レール） 水部（河川・湖沼等の水がい線） 河川堤防の法肩・法尻、法面・擁壁 変形地（急斜面等） 田・畑・宅盤 区域界、植生界、耕地界における地形形状が急激に変化する箇所 	1
<ul style="list-style-type: none"> 建物 	2

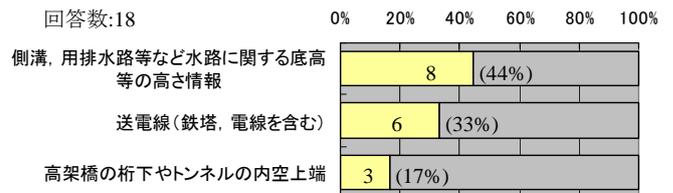


図-4 不足が明らかになった高さ情報項目

4. 本仕様のデータ作成作業への適用性検証結果

(1) 送電線の取得に関する検証結果

送電線を撮影した空中写真を用いて、高さ情報が取得できるかを確認した。なお、道路設計で高さ情報が必要であるとされた送電線以外の地物については、空中から撮影できないため、対象外としている。

確認の結果、送電線は、周辺の地物と比較して細くかつ地上の色と同化することもあり、その高さを判別しづらく、送電線の高さは取得できなかった。

(2) 建物の高さ情報の取得に関する検証結果

建物を撮影した空中写真を用いて、本仕様により取得が定められている建物の最上部の高さ情報が円滑に取得可能か検証した。

検証の結果、建物の最上部の高さ情報を取得することは、建物の外周を取得する図化作業に加え、新たな図化作業となり、円滑には取得できなかった。

(3) 3次元地形地物間の整合性に関する検証結果

既存ソフトウェアを用いて、完全には座標一致していない地形、地物間の接点・交点の座標を、完全に座標一致させ、地形、地物間の整合性を確保できるか検証した。検証の結果、より取得精度の高い地物の線に、隣接・交差する地形の線を結合させるなど、取得後の修正方法に関する定義を行うことで、既存ソフトウェアにより3次元の地形、地物間の整合性を確保することが分かった。

5. 道路設計用CADにおけるデータの有用性検証結果

(1) 試作データの読み参照の検証結果

試作データのレベル3データを道路設計用CADに取り込み、等高線、道路縁、電力柱、建物の高さ情報が、道路設計用CADで読み参照可能か検証した。本仕様のデータ作成作業への適用性検証の結果により、建物の最上部の高さ情報の取得は、新たな図化作業が必要であり、円滑に取得できないことが分かっている。そこで、建物については、最上部の高さ情報他、外周の高さ情報の2種類で検証を行った。

表-6に、等高線、道路縁、電力柱、建物最上部、建物外周の高さ情報の読み参照の検証結果を示す。

表に示すとおり、等高線、道路縁、電力柱、建物最上部、建物外周の高さ情報は、道路設計用CADにおいて、概ねエラーが発生せずに読み込み参照が行えた。また、CG作成を得意とするDソフトウェアでは、拡張DMの地物の高さ情報を、TIN(地形形状を多数の三角形で表す地形モデル)に変換して読み込むため、TINの構成点の高さ情報として参照可能であった。

今回の検証により、本仕様に基づいて作成された地形、地物のデータは、拡張DMの入力機能を持つソフト

ウェアで、概ね利用可能であると判断できる。ただし、一部のソフトウェアでは、拡張DMの地物の一部が読み込めないなど、課題もあることが分かった。

表-6 等高線や地物の高さ情報の読み参照検証結果

地形・地物の項目 ソフト名称	等高線及び道路縁	電力柱	建物最上部	建物外周
A ソフトウェア	読み参照可	読み参照可	可(外周を優先)	読み参照可
B1ソフトウェア	読み参照可	不可	可(外周を優先)	読み参照可
C ソフトウェア	読み参照可	読み参照可	読み参照可	読み参照可
D ソフトウェア	読み可、TIN(地形形状を多数の三角形で表す地形モデル)の構成点として参照可。			

(2) データの有用性が向上するかの検証結果

試作データを道路設計用CADに取り込み、地形形状表現や人工構造物の高さ情報を利用した立体表現を行い、従来のデータと比べ、データの有用性が向上するかを検証した。検証した結果を表-7に示す。表に示すとおり、2つのソフトウェアで、地形に関連する境界線を活かした、より正確な地形形状モデルを作成可能であり、データの有用性が向上することを確認できた。また、Dソフトウェアでは、道路縁の高さ情報を等高線と区別して利用できないため、データの有用性が向上することを確認できなかった。

表-7 データの有用性が向上するかの検証結果

検証項目 利用ソフト	正確な地形形状表現 (レベル1データ)	防護柵や建物等人工構造物の高さ情報を利用した立体表現 (レベル2,3データ)
A ソフトウェア	【効果あり】地形に関連する境界線を活かした、より正確な地形形状モデルを作成可能	【確認できず】地形情報と区分して利用する機能がない
B2ソフトウェア		【確認できず】利用する機能がない。
C ソフトウェア	【確認できず】等高線以外の形状を利用しない。	【確認できず】利用する機能がない。
D ソフトウェア	【確認できず】地形に関連する境界線も、地形の一部として利用。	【確認できず】人工構造物の高さ情報を区分して読み込んでいない。

図-5に等高線と基準点のみの高さ情報に基づいた地形形状表現(図左)と道路縁を含む高さ情報に基づいた地形形状表現(図右)の比較を示す。図は、データの有用性が向上することが確認できたソフトウェアのうち、3次元で地形形状を表現できるソフトウェアAで作成した図である。図-5に示すとおり試作データの3次元地形形状表現(図右)の方が、実際の道路と法面により近い形状を表現しており、道路設計に必要な現況地形を、より正確に表現できることが明らかとなった。

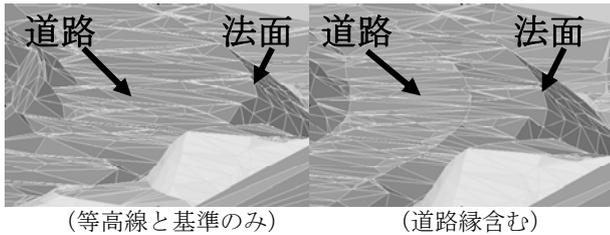


図-5 道路縁有無の地形・地物形状表現の比較

また、表-7に示すとおり、すべてのソフトウェアで、等高線と建物などの人工構造物の高さ情報を区別した立体表現ができず、データの有用性が向上することを確認できなかった。B2, Cのソフトウェアでは、もともと、人工構造物を立体表現する機能がなく、また、A, Dのソフトウェアでは、地形の3次元表現はTINで行うので、地形と同様に建物立体表現にTINを用いた場合に、建物が地形の一部として表現されるためである。そこで、人工構造物を立体表現するためには、3次元地形データを、地形形状の作成に利用するデータと、人工構造物の立体表現に利用するデータに分け、別々に形状モデルとして表現する必要があることが分かった。

(3) 地物内における等高線の必要性の検証結果

本検証では、3次元で地物を取得した場合にも、地物

内に等高線を取得することで、正確な地形形状表現が可能となり、データの有用性が向上するかを検証した。具体的には、試作データのレベル3データと等高線検証用データを道路設計用CADに取り込み、道路など単純な形状の地物と法面など複雑な形状の地物の3次元地形形状表現を行うことで検証した。検証にあたっては、道路縁等の地物を含めTINとして3次元地形形状を表現できるAソフトウェアを用いた。

a) 道路など単純な形状の地物内の等高線の必要性

図-6に道路内の等高線有無の3次元地形形状比較を示す。図左が道路内の等高線がないデータを3次元表現したもので、図右が道路内に等高線があるデータを3次元表現したものである。図に示すとおり、道路などの単純な形状の地物内に等高線を取得しても、道路の3次元表現の精度は良くなり、データの有用性が向上することを確認できなかった。

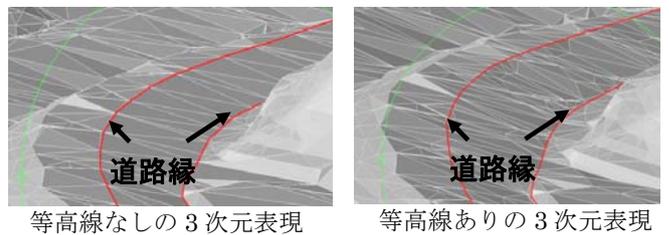


図-6 道路内の等高線有無の3次元地形形状比較

b) 法面など複雑な形状の地物内の等高線の必要性

図-7に法面の地物である人工斜面内の等高線有無の3次元形状比較を示す。図左が人工斜面内に等高線がないデータを3次元表現したもので、図右が人工斜面内に等高線があるデータを3次元表現したものである。図に示すとおり、人工斜面などの地物内に存在する複雑な形状の部分に等高線を取得することで、より正確に地形の3次元形状を表現することが可能となり、データの有用性が向上することを確認できた。

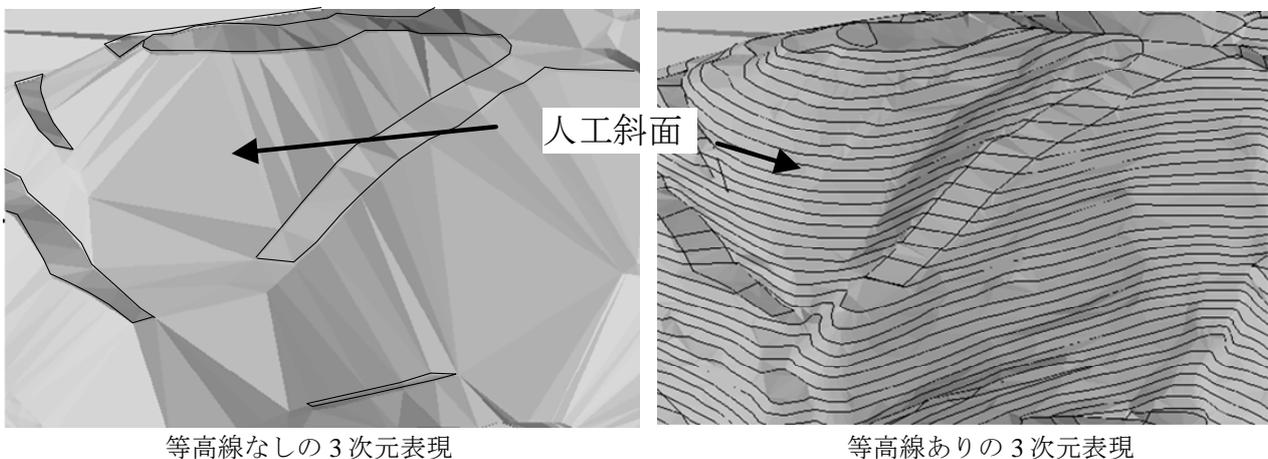


図-7 人工斜面内の等高線有無の3次元形状比較

6. 課題の整理

これまでの検証で判明した新たな課題を表-8に整理した。表の課題を解決することで、本仕様は、データ作成作業へ適用できる。また、本仕様にもったデータは実用性があり、従来の拡張 DM データと比較して道路設計用 CAD におけるデータの有用性が向上するとと言える。

課題の整理にあたっては、表-8に示すとおり、解決の方向性ごとに整理した。

表-8 課題の整理

解決の方向性	本検証にて抽出された課題内容
本仕様の変更により解決する課題	<p>課題 1 地物内の等高線の取得方法を明確にする必要がある。</p> <p>課題 2 建物の最上部の高さ情報が円滑に取得できない。</p> <p>課題 3 地形、地物間の整合性を確保するための測量結果の修正方法を定義する必要がある。</p>
DM データファイル仕様改定提案により解決する課題	<p>課題 4 地形形状と人工構造物の高さ情報を分けて 3 次元形状表現する必要がある。</p>
利用するソフトウェアの要件として解決する課題	<p>課題 5 一部のソフトウェアでは、拡張 DM の地形、地物の分類項目に対応していない。</p> <p>課題 6 道路縁などの境界線の情報を活かして、地形形状を作成する必要がある。</p>
その他の課題	<p>課題 7 送電線、水路、高架橋の桁下、トンネルの内空上端の高さ情報が空中写真から取得できない。</p>

課題 7 “送電線、水路、高架橋の桁下、トンネルの内空上端の高さ情報が空中写真から取得できない。”を解決する方法として、トータルステーションを用いた数値地形測量を行う方法、もしくは、管理者から図面などで情報を入手する方法がある。トータルステーションを用いた数値地形測量を行う方法は、空中写真測量に加えて、現地での測量を実施する必要がある。また、管理者から図面などで情報を入手する方法については、測量業務で実施すべき作業か、設計業務で実施すべき作業かの判断が必要である。

7. 改善策の検討

(1) 本仕様の変更

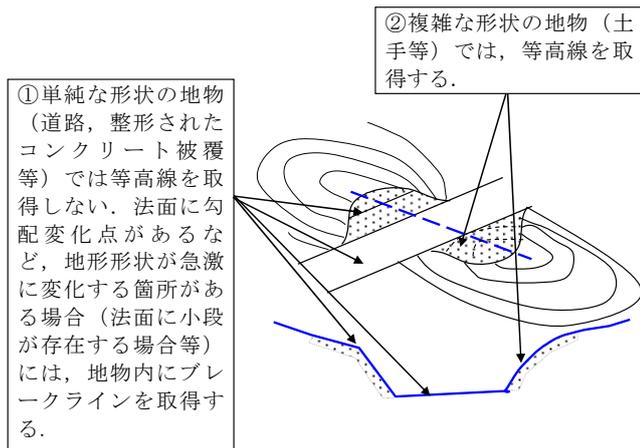
表-8の“本仕様の変更により解決する課題”を解決するために、本仕様の変更を行った。また、仕様の名称を河川等、道路以外の分野における 3 次元地形データの作成仕様が今後検討されることを想定して「設計用拡張 DM データ作成仕様【道路編】(案)」と変更した。仕様の変更内容の一覧を表-9に示す。以下で仕様の変更の詳細について記述する。

表-9 本仕様の変更内容一覧

課題の分類	変更内容
課題 1 の解決策	<ul style="list-style-type: none"> 道路設計用 CAD におけるデータの有用性が向上する場合のみ、地物内の等高線を取得する仕様に変更した。
課題 2 の解決策	<ul style="list-style-type: none"> 建物の高さ情報の取得方法を最上部から外周(外形線)に変更した。
課題 3 の解決策	<ul style="list-style-type: none"> 地形、地物間の接点・交点の座標を一致させる際に、取得精度の高い地物、または地形に合わせることを追加した。

a) 課題 1 を解決するための仕様の変更

課題 1 “地物内の等高線の取得方法を明確にする必要がある”を解決するために、表-9に示すとおり、道路設計用 CAD におけるデータの有用性が向上する場合のみ地物内の等高線を取得する仕様に変更した。図-8に、地物内の等高線、ブレークライン(地形形状が急激に変化する地形の特徴を捉えた線)の取得方法について示す。道路など平面に近い単純な形状の地物や、法面などでも、表面が平面に近い面で構成される単純な形状の地物(整形されたコンクリート被覆の法面等)の場合には、地物内に等高線を取得しても、データの有用性は向上しない。そこで、3次元で取得した地物内に等高線を取得しないこととした。ただし、法面などの人工構造物で表面が平面に近い面を持つ地物について、地物内に勾配変化点など地形形状が急激に変化する箇所が存在する場合(法面に小段が存在する場合等)には、地形形状を正確に表現できるように、地物内にブレークラインを取得する。また、法面などでも、単純な面の集合では表せない土手などの複雑な形状の地物の場合には、境界線だけで、形状を正確に表現できないため、地物内の等高線を取得することで、3次元地形形状がより正確に表現でき、データの有用性が向上する。そこで、3次元で取得した地物内の等高線を取得することとした。これにより、地物内の等高線の取得方法を明確化した。



図一八 地物内の等高線、ブレイクラインの取得方法

b) 課題2を解決するための仕様変更

試作データの読み込み参照の検証結果、建物の最上部の高さ情報だけでなく、外周の高さ情報を道路設計用CADで読み込み参照できることが分かっている。そこで、課題2“建物の最上部の高さ情報が円滑に取得できない”を解決するために、表一9に示すとおり、高さ情報の取得方法を最上部から外周に変更した。なお、変更にあたって実現性を確認するために、ソフトウェアベンダーに対し、ヒアリング調査を行った。本調査により、外周の高さ情報から建物を単純にモデリングできることを確認した。

仕様を変更したことで、測量における効率的な高さ情報の取得が可能となった。また、仕様の変更に伴い、建物の外周の高さ情報から建物の単純なモデルを立体表現できることをソフトウェア要件とする。

c) 課題3を解決するための仕様変更

課題3“地形、地物間の整合性を確保するための測量結果の修正方法を定義する必要がある”を解決するために、表一9に示すとおり、地形、地物間で高さを一致させる際には、取得精度の高い地物、または地形に合わせることを追加した。なお、接点・交点の座標を移動させることで、周辺に歪みが生じることになるが、道路設計結果には影響が生じない極めて小さい測量誤差であることから、本研究では補正範囲や補正方法の詳細を定義しないこととした。

(2) DMデータファイル仕様の改定提案

課題4“地形形状と人工構造物の高さ情報を分けて3次元形状表現する必要がある”を解決する方法としては、「拡張デジタルマッピング実装規約(案)¹⁰⁾」により定められた拡張DMのファイルフォーマット仕様である「デジタルマッピングデータファイル仕様(以下、DMデータファイル仕様)」に新たなコードを付与して、地形形状表現に利用できるデータと地形形状表

現に利用できないデータに区分する方法がある。また、取得する地形、地物の分類項目ごとに区分する解決方法もあるが、この方法では、植生界など、測量時の取得条件により地表面の高さを取得できる場合とできない場合がある地物に対応できない。このため、区分できる地物は限られる欠点がある。DMデータファイル仕様に新たなコードを付加する方法は、測量業務で、地表面を取得できたすべての高さ情報を、地形形状作成に利用することができ、効率的に、より正確な3次元地形形状表現が可能となる。そこで、解決策として、拡張DMのフォーマット仕様であるDMデータファイル仕様の「実データ区分」の項目を拡張し、データを区別するためのコードを付与することを提案する(表一10)。また、これに関連して拡張した項目である「実データ区分」を認識できることをソフトウェア要件とする。これにより、道路設計用CADなどで、地形形状に利用できるデータを抽出でき、より正確な地形形状を作成することが可能となる。さらに、地形形状を作成後、建物などの人工構造物の高さ情報を用いて、人工構造物の立体表現を行い、作成した地形形状に配置することで、高度なCGを作成することができる。なお、すでに、本提案を受けて表一10の実データ区分の拡張が追加されたDMデータファイル仕様の改定が平成20年3月に、国土交通省国土地理院によって、実施されている。

表一10 実データ区分の拡張

課題分類	拡張内容
課題4の解決	<p>【DMデータファイル仕様に基づく実データ区分】</p> <p>0 実データなし (地形表面の高さを計測したもの)</p> <p>2 二次元座標レコード</p> <p>3 三次元座標レコード (地形表面の高さを計測したもの)</p> <p>4 注記レコード</p> <p>5 属性レコード</p> <p>【追加した実データ区分】</p> <p>1 実データなし (人工構造物等の地形表面以外の高さを計測したもの)</p> <p>6 三次元座標レコード (人工構造物等の地形表面以外の高さを計測したもの)</p>

(3) ソフトウェア要件の検討

表-8の本研究で設定した“利用するソフトウェアの要件として解決する課題”を解決するために、表-11に示すとおり、道路設計用CADへのソフトウェア要件を検討した。ソフトウェア要件には、先の述べた仕様変更に伴うソフトウェア要件も含まれている。本要件に基づいたソフトウェアが普及することで、3次元地形データを効果的に利用できるようになる。

以上の研究成果については、3次元地形データを効果的に利用できる道路設計用CADの普及を目的とした「設計用拡張DMデータ利用ソフトウェア要件書【道路編】(素案)」に反映されている。

表-11 ソフトウェア要件

最上位のユースケース	ソフトウェア要件 ()内は対応する課題番号
拡張DMファイルを読み込む。	<ul style="list-style-type: none"> 取得が定義されているすべての地形、地物項目と高さ情報を識別し読み込むことができる。(課題5) DMデータファイル仕様の改定(実データ区分)に対応することができる。(課題4)
地形形状を生成する。	<ul style="list-style-type: none"> 道路縁などの形状が急激に変化する箇所の高さ情報を活かして地形形状を作成することができる。(課題6)
建物を立体表現する。	<ul style="list-style-type: none"> 建物の外周の高さ情報から建物の単純なモデルを立体として表現することができる。(課題2)

8. あとがき

本研究では、3次元地形データを測量業務から設計業務へ流通させることを目的に「道路設計用DMデータ作成仕様(素案)」の3次元地形データの作成作業への適用性や3次元地形データの実用性を検証した。

検証の結果、表-8に示す7つの新たな課題があるものの課題を解決することで、本仕様が、データの作成作業に適用でき、本仕様に基づいて作成されたデータは、実用性があることを確認できた。さらに本研究では、課題を解決するために、「道路設計用DMデータ作成仕様(素案)」の変更、「デジタルマッピングデータファイル仕様」の改定提案、さらに、道路設計用CADへのソフトウェア要件を検討した。

今後は、本研究の取り組みで得た知見を基にして、本仕様を適用した実フィールドでの効果検証や運用課

題抽出に取り組み、3次元地形データの流通実現に向けて、引き続き検討していく予定である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、(財)日本測量調査技術協会空中計測・マッピング部会の津留宏介部会長には、貴重なご意見を賜った。また、建設情報標準化委員会 電子成果高度利用検討小委員会 道路設計用三次元拡張DMデータ作成仕様検討WG(座長: 専修大学 文学部 環境地理学専攻 熊木洋太教授)には、本仕様のご審議を頂いた。さらに、国土交通省近畿地方整備局、(中)オープンCADフォーマット評議会、選定されたソフトウェアのベンダー各社には、道路設計用CADによる検証にあたり、ご協力頂いた。加えて、本研究の取りまとめにあたり、元 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室の今井龍一氏(現 日本工営株式会社 社会システム事業部 統合情報技術部)には、貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 青山憲明, 上坂克巳, 平田吉男: 3次元CADデータの利活用及びデータ連携の効果と課題, 土木情報利用技術講演集, Vol.30, pp.1-4, 2005年10月.
- 2) 新井伸博, 雑賀康治, 岡林隆敏: 数値地形モデル(DTM)の道路設計への適用, 土木情報システム論文集, Vol.7, pp.153-160, 1998年.
- 3) 永富大亮, 河西正樹, 上田邦彦: 測量3次元地形モデルを活用した設計業務の事例紹介, 土木情報利用技術講演集, Vol.28, pp.87-90, 2003年.
- 4) 山崎元也, 本郷延悦, 高橋広幸, 安達伸一, 大友正晴, 加藤哲: 新しいDMデータ仕様による道路設計CADへの活用と今後の展開, 土木学会論文集, No. 674/IV-51, pp.73-82, 2001年4月.
- 5) 国土交通省告示第413号: 作業規程の準則, 2008年3月
- 6) 日本道路公団: デジタル地形データ作成要領(案), 2005年4月.
- 7) 国土交通省: 測量成果電子納品要領(案), 2004年6月
- 8) 青山憲明, 今井龍一, 渡辺完弥, 金澤文彦, 森貴之: 道路設計のための3次元地形データの流通に関する基礎的研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, P269-280 2007年10月
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 道路設計用DMデータ作成仕様(素案), <<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/cals.htm>>, 2007年10月
- 10) 国土交通省国土地理院: 拡張デジタルマッピング実装規約(案), 国土地理院技術資料A・1-No.291, 2005年3月