

道路設計のための3次元地形データ

青山憲明* 渡邊完弥**

1. はじめに

道路事業において、設計業務の効率化のために、3次元CADを用いた設計が活用され始めている。しかしながら、設計業務での利用に即した3次元地形データが測量業務で作成されていないことが多いため、3次元地形データの編集に労力がかかり、従来の2次元CADを用いた設計に比べて、設計業務の大幅な効率化までには至っていない。

本研究では、測量成果電子納品要領（案）¹⁾で地形測量成果のデータ形式として規定されている拡張DMに着眼し、3次元地形データの利用ニーズや拡張DMデータ流通、利用の実態を調査した。調査結果をもとに、3次元地形データとしての拡張DMデータの有効性を評価するとともに課題を整理した。また、3次元設計の実態を調査し、設計業務における3次元地形データの要件を明らかにした。これらの調査結果を踏まえ、設計業務における3次元地形データ作成作業の省力化を実現し、3次元設計の利用を拡大するための道路設計用DMデータ作成仕様を検討し、適用性を検証した。本報文では、その概要を紹介する。

2. 拡張DMとは

DMとは、デジタルファイルデータマッピングの略であり、平成8年に策定された公共測量作業規定に規定された地形図のデータ形式の1つである。その特徴は、地形の種類、線や点の種別、記号、座標等の全てを、数値データで表していることである。また、等高線やブレイクライン等に高さの属性情報を付与することで、3次元データにすることができる。本報では、等高線等に高さの属性情報を付与したDMデータを3次元DMと呼ぶことにする。

一方、拡張DMとは、従来の地形測量（空中写真測量、TS地形測量）に応用測量のデータファイル仕様を追加したものをいう。平成16年に国土地理院より「拡張デジタルマップ実装規約」²⁾として仕様が公開されている。

3. 3次元地形データ流通・利用の現状

地形データの流通の実態を把握するために、3次元DMの利用環境および3次元設計の実態調査を以下の方法で実施した。

(1) 3次元DMの利用環境調査

道路設計用3次元CADの仕様を収集し、対応データ形式などを整理した。

道路設計（概略および予備）では、道路設計用3次元CADソフトを利用し、3次元地形データを読み取って、平面、縦断線形と道路横断形状を設計する。ここでいう道路設計3次元CADとは、以下に示す機能要件を満たすソフトとして、幅広く定義している。

- ・線形計画図、平面図および縦横断面図が作成可能
- ・TINデータ（triangulated irregular network；不正三角形網）が作成可能
- ・3次元地形データを利用した何らかの計算・解析が可能

道路設計用3次元CADの調査から、わが国では12種の道路設計3次元CADが存在し、このうち、拡張DMに対応したものが8種あることがわかった。日本では、欧米各国と異なり中小のCADベンダーが多く、その結果、対応しているCADソフトの種類が多い。

(2) 設計者の利用ニーズ調査

建設コンサルタンツ協会CALs/EC委員会の委員を対象に、保有するソフトウェア、3次元設計実態に関するアンケート調査を実施し、11社からの回答を得た。

設計者へのアンケート調査から、90%以上の回答者が道路設計用3次元CADを保有しており、路線選定等の線形検討、3次元描画による説明資料作成で主に利用していることが明らかになった（図-2、図-3）。線形検討での3次元CAD利用のメリットとして、道路設計が自動化でき、業務の効率化が図られていることがあげられる。

調査結果より、3次元CADの利用状況、CADの拡張DMへの対応から、拡張DMのデータは利用

しやすい環境であるといえる。また、3次元設計の実施状況や設計者のニーズより、3次元地形データの流通データ形式としての拡張DMの有効性があると評価できる。

Q:3次元道路設計により、どのような作業が効率化するか?

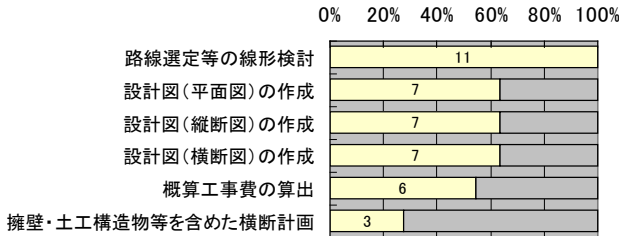


図-1 作業効率化の効果

Q:3次元設計における作業の効率化以外のメリットは?

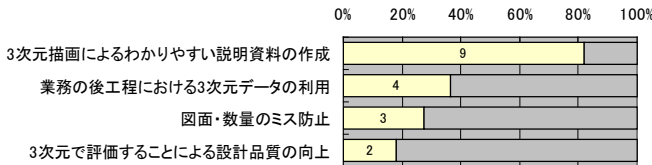


図-2 作業の効率化以外の効果

(3) 実際に流通している地形データの調査

地形測量成果 8 業務の成果品を用いて、流通している拡張 DM データファイル品質を分析した。

表-1 に電子納品された 8 業務の拡張 DM ファイルの分析結果を示す。

表に示すとおり、測量成果の分類に関係なく、3次元化の実施レベルには、ばらつきがあることが明らかになった。また、データに欠落があり、不完全(エラーあり)のまま納品されている地形データもあることが分かった。

これらの調査結果から考察すると、3次元地形データは、数は少ないものの流通しているが、3次元化の実施レベルや品質が統一されていない状況であることが明らかになった。3次元地形データの流通のためには、3次元地形データ作成仕様の規定化、拡張 DM ファイルによる電子納品、そして設計段階における拡張 DM ファイルの貸与などのルール of 徹底が必要である。

(4) 3次元地形データの課題

図-3 にアンケート結果得られた 3次元設計実施における課題を示す。図に示すとおり、現状の地形情報、すなわち、地形図(紙図面)や地形データを用いた 3次元設計の実施にあたり、回答者の 65%

以上が「地形データの作成・加工の手間」、回答者の 55%以上が「地形情報不足」が課題と回答している。

表-1 拡張DMファイルの分析結果

業務No	測量分類	3次元化実施レベル				備考
		標高点	等高線	法面	境界附帯	
1	空中写真測量	3次元	3次元	2次元	2次元	
2	TS地形測量	3次元	-	3次元	3次元	数値・記号以外、ほぼ全て3次元
3	TS地形測量	3次元	3次元	2次元	3次元	
4	TS地形測量	-	-	-	-	不完全なデータ
5	空中写真測量	3次元	3次元	2次元	3次元	
6	TS地形測量	2次元	3次元	2次元	2次元	取得分類コードが記入されていない
7	TS地形測量	-	-	-	-	図面表題欄しか図形が無いデータ
8	空中写真測量	3次元	3次元	2次元	2次元	

Q: 3次元設計実施における課題

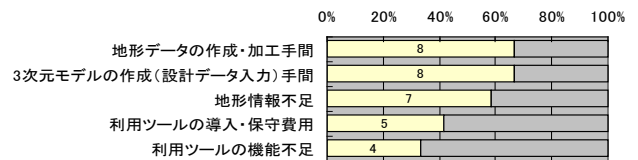


図-3 3次元設計実施における課題

図-4 に 3次元地形データの加工内容の調査結果を示す。回答者の 85%以上は、等高線、標準点以外の地形データに高さ情報が与えられていない場合にブレイクライン(地形面のエッジを表す線)などを追加入力して高さ情報を与えている。また、回答者の 70%以上が、線が途切れている場合に線をつなげる等、データを編集していることが明らかになった。

Q:入手した3次元地形データの加工内容について

回答数: 7 (入手したデータの加工経験がある人、複数回答可)

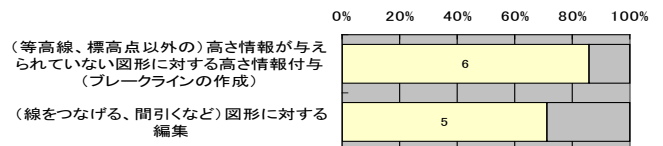


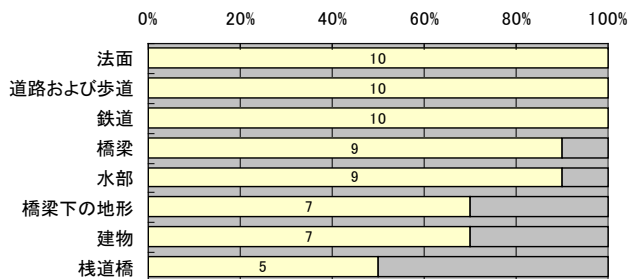
図-4 3次元地形データの加工内容

図-5 に 3 次元設計に必要な地物の高さ情報の調査結果を示す。図に示すとおり、回答者の 90%以上が、道路設計に必要な 3 次元地形データとして、等高線や標高点以外の高さ情報に加え、法面、道路、歩道、鉄道、橋梁および水部などの地物の高さ情報が必要であると回答している。

これらの調査結果から考察すると、道路の 3 次元設計の利用に即した 3 次元地形データの要件として、各地物の高さ情報を取得する必要があることが分かった。必要な地物の高さ情報を確実に取得するため、データ作成仕様を検討することにした。

Q:3次元設計を行う場合どのような高さ情報が必要か

回答数：10（等高線、標高点以外に高さ情報が必要だと考えている人）



[その他]・宅盤、田畑などの面の情報

図-5 道路設計に必要な高さ情報

4. 3次元地形データ作成仕様の標準化

本研究では、3 次元地形データの作成仕様の検討にあたっての要件を、実態調査結果を踏まえて、以下の結論を得た。

- ・ 正確な縦横断形状の抽出を可能とするため、地形のブレイクラインとなる地物形状を 3 次元で作成する。
- ・ 道路設計時に高さ情報が必要となる地物（道路、鉄道、河川構造物）については、高さ情報を取得する。
- ・ 等高線の連続性、隣接する 3 次元地物間の座標一致など、3 次元 CAD での利用を想定した取得方法とする。

上記の要件を基に、「道路設計用 DM データ作成仕様」を検討した。

測量業務の効率化も考慮して、設計段階での利用場面（用途）に応じた3次元地形データの作成レベルを設定した。作成レベルは、表-2に示すとおり

であり、実態調査結果を基にして設定している。

高さ情報以外の取得方法については、「国土交通省公共測量作業規程³⁾」および「拡張デジタルマッピング実装規約（案）²⁾」に準じている。なお、拡張 DM は、3 次元情報や道路設計時に高さ情報が必要となる地物を表現できるので、3 次元地形データのデータファイル仕様は、拡張 DM をそのまま利用できる。

この作成仕様によるデータ流通を推進することにより、設計段階で必要なデータが測量段階にて過不足無く作成され、設計段階の効率化を図ることができる。

表-2 作成レベルの概要

作成レベル	概要	利用場面
作成レベル1	等高線、標高点以外に道路設計で高さ情報が必要なデータ（道路、河川、鉄道など）を3次元のブレイクラインとして取得する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元CADを活用した道路設計 ・ 正確な縦横断面形状の把握 ・ 土工量の自動算出 ・ 住民説明、協議資料などに用いるCG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、建物の高さ（最上部）の取得する。GISでの利用を考慮したデータを作成する（植生界の明確化、注記情報の関連付けなど）。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 家屋の3次元表現による、より高度なCG作成の基礎データとして利用 ・ GISを活用した道路設計 ・ 支障物件の自動抽出 ・ 地物別用地面積の自動計算
作成レベル3	作成レベル1、2に加え、高さ情報を取得できる全ての項目について、3次元データを作成する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現実感のあるCG用データとして利用 ・ 土地利用区分を考慮した3次元地形表現

5. 道路設計CADでのデータ利用性検証

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、縦横断図作成のための地形形状把握や、CG作成で十分に利用できないのではない。

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、CG作成の基データとしての利用性が向上することを検証した。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

状表現および防護さく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、CG作成の利用性が向上することを検証した。

図-6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：作成レベル1（図右）の比較を示す。図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。

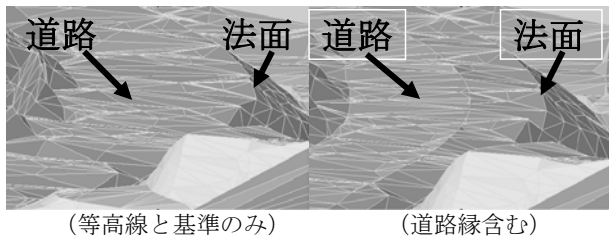


図-6 道路縁有無による道路形状の比較

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、人工斜面などの複雑な形状の地物内に等高線を取得することで、より正確に地形の3次元形状を表現ができ、利用性が向上することが確認できた。

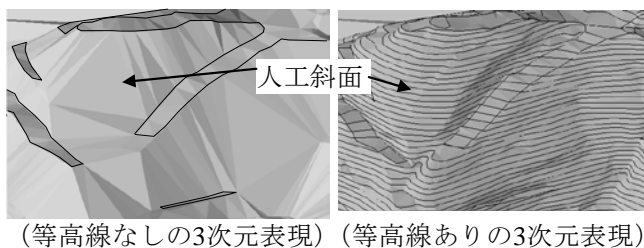


図-7 人工斜面内の等高線有無の3次元形状比較

6. おわりに

本研究では、調査段階での拡張 DM について、道路の 3 次元設計での利用を実態調査し、調査結果をもとに、「道路設計用 DM データ作成仕様」を検討した。また、仕様に基づいて、道路設計における住民説明用 CG の作成を想定した適用性を検証した。その結果、等高線で表す地形データ以外にも、道路や人工斜面等の 3 次元データを取得するデータ作成の仕様の妥当性が検証された。

検証の結果、以下のような新たな課題も発見された。

- 地形と人工構造物とが区別して 3 次元形状を表現することが難しかったことから、区別するための新たなコードを付与した DM データファイル仕様の改定が必要
- CAD ソフトの機能で地物間の高さの整合性を自動的に確保するため、高さデータの修正方法の定義が必要
- 道路縁等のブレイクラインのデータを活かした 3 次元 CAD データが作成できないソフトもあるため、CAD ソフトの機能要件を定めることが必要 等

今後は、本研究の取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、引き続き検討を行っていく。

参考文献

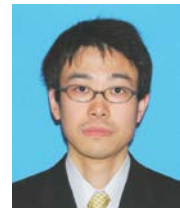
- 1) 国土交通省：測量成果電子納品要領（案）、2004年6月
- 2) 国土交通省国土地理院：拡張デジタルマッピング実装規約（案）、2005年3月
- 3) 国土交通省大臣官房技術調査課監修：国土交通省公共測量作業規程、（社）日本測量協会、2002年6月

青山憲明*



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 主任研究官
Noriaki AOYAMA

渡邊完弥**



三菱電機（株）社会システム第二部計画第一課（前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 交流研究員）
Kanya WATANABE