

I-4 道路設計のための3次元地形データ作成仕様の有効性検証

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

東耕吉孝¹・渡辺完弥²・青山憲明³・坂森計則³・遠藤和重³・小早川雅行⁴

Yoshitaka Toko, Kanya Watanabe, Noriaki Aoyama, Kazunori Sakamori, Kazushige Endo and Masayuki Kobayakawa

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公共測量標準図式数値地形図データ形式に着眼し、3次元地形データの流通のため、「設計用数値地形図データ(標準図式)作成仕様【道路編】(案)」を検討している。

本研究では、本仕様に即した3次元地形データの測量業務から設計業務への流通が道路事業全体として有効か検証した。加えて、3次元地形データを利用したCG作成において、リアリティが向上するか検証した。

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 numerical process map data format used in geographical survey of public and examined the "numerical process map data creation specification for road design" for 3 dimensional terrain data.

In this study, the effectiveness of the circulation of 3 dimensional terrain data from the measurement phase to the design phase was examined. Additionally, the effectiveness of the improvement of the reality etc. when CG was made by using 3 dimensional terrain data was examined.

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、現状は道路設計に必要な地物(例えば、既存道路、鉄道、河川堤防など)に高さ情報が含まれていないことが多いため、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が考えられる(図-1)。図に示すとおり、測量業務において、設計業務の用途に即した3次元地形データを作成し流通させることで、設計業務における3次元地形データ作成作業の省力化や3次元地形データを用いた道路設計成果の可視化による表現力向上に寄与することが考えられる。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、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「設計用数値地形図データ(標準図式)作成仕様【道路編】(案)⁹⁾」(以下、「本仕様」という)を示した。

さらに、著者らは、本仕様の普及を目指して、測量業務におけるデータ作成作業への適用性を検証に加え、設計業務におけるデータの実用性を確認し、その内容を報告した¹⁰⁾。この報告では、本仕様が、測量業務におけるデータ作成作業に適用でき、設計業務において実用性があることを確認できた。

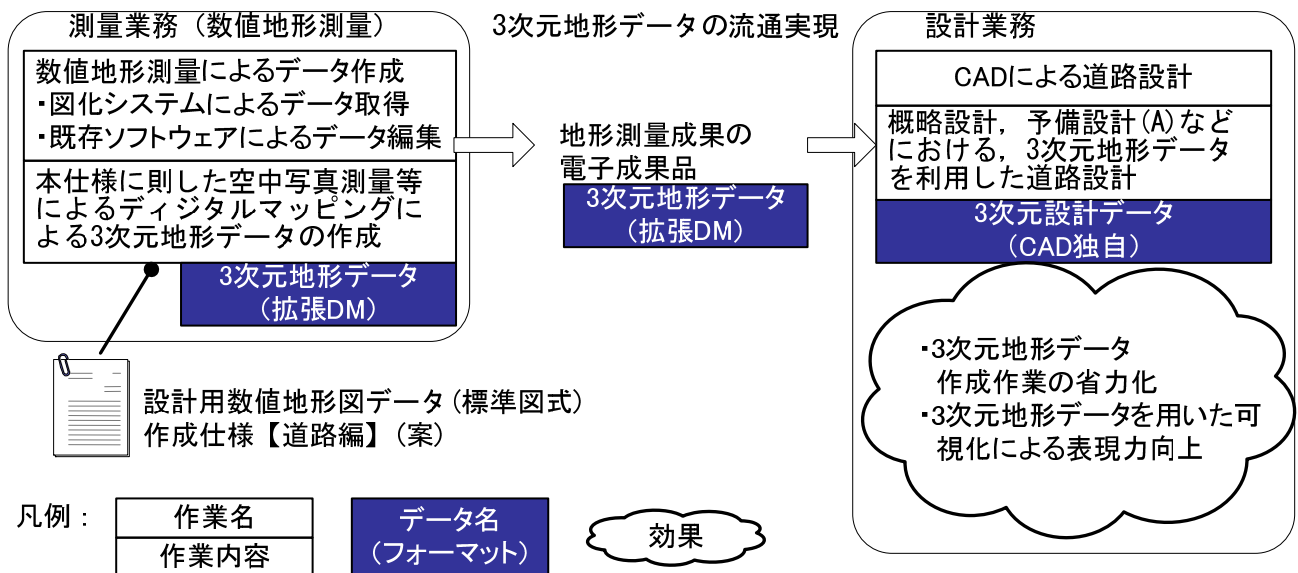
しかしながら、これまでの研究では、測量業務や設計業務といった個別の業務ごとにその適用性や実用性を確認しただけで、3次元地形データの流通により、測量業務および設計業務を合わせた道路事業全体の業務量を削減し、効率化に寄与できるかの検証を行っていない。さらに、これまでの研究では、3次元地形データを利用したCG作成を効率的に行うことができるか、あるいは作成したCGの表現力に違いがあるかの検証を行っていない。測量業務で作成した高さ情報がCG作成の業務場面で有効に利用されるかについて検証する必要がある。

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, E-mail : toukou-y924a@nilim.go.jp)

2: 正会員 元 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
(現 三菱電機株式会社 神戸製作所(本社駐在) 社会システム第二部 計画第一課)

3: 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

4: 非会員 財団法人日本建設情報総合センター 建設情報研究所 GIS 研究部



図－1 3次元地形データの流通概念図

そこで、本研究では、道路設計業務の効率化に向けて、検討した本仕様に基づいた3次元地形データの測量業務から設計業務への流通が道路事業全体として有効か検証する。具体的には、道路予備設計Aや付随する測量業務における実際の業務場面を想定し、測量業務において3次元地形データを作成するために発生する新たな業務量と3次元地形データを利用することで省力化できる設計業務の業務量を費用換算し比較することで、本仕様に基づく3次元地形データ流通の有効性を検証する。

さらに、3次元地形データを利用することで、よりリアリティの高いCGが効率的に作成でき、住民説明資料の作成を想定したCG作成において有効かを検証した。

検証に際しては、より実際の業務に近い検証とするため、実際の業務データや条件に基づいて検証する。加えて、本検証を実施するにあたり、3次元地形データの流通促進に向けた課題と対応方針を整理する。

なお、“拡張DM”の用語は、「公共測量作業規程の準則⁹⁾」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。そこで、本論文においては、以下、「拡張DMデータ」を「数値地形図データ（標準図式）」と表記する。

2. 本仕様の特徴

本章では、著者らが、これまでの研究で検討した本仕様の特徴について述べる。既往の研究において提案されている3次元地形データの作成方法は、道路設計のうち、縦横断面図作成のための地表面の形状抽出に主眼を置いているが、本仕様は建物のCG作成を含む道路設計全般に着目していることに特徴がある。

想定する用途が多様であるため、本仕様は、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）。

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（CG）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（CG）作成に利用

3. 検証目的

本仕様を道路設計に付随する測量業務に導入することで、これまで地形図データとして作成していなかった高さ情報を測量業務において作成する必要がある。このため、新たな作業が発生する。本仕様に基づいた3次元地形データの流通が、測量業務と設計業務を含めた道路事業全体として業務量を削減し、効率化に寄与するためには、測量業務で新たに発生する業務量を、3次元地形データが流通することで得られる設計業務の省力化効果が上回る必要がある。そこで、本研究では、本仕様に基づいた3次元地形データが流通し、目論見どおりの効果を楽しむことを確認するため、3次元地形データ流通の効果検証を行う。

さらに、本仕様では、作成した3次元地形データの利用途として、住民説明のためのCG作成を想定しているが、リアリティの向上や作業の効率化といった有効性

の検証を行っていない。そこで、本仕様に即した3次元地形データを利用することで、CG作成における効果が目論見どおり現れることを確認するために、その有効性の検証を行う。

4. 検証内容

本章では、以下に示す3つの検証・調査の内容を述べることで、具体的な方法は次章5.にて述べる。

- ① 3次元道路設計の効果検証
- ② 3次元CG作成の効果検証
- ③ 3次元地形データ流通の有効性評価

(1) 3次元道路設計の効果検証

道路事業における概略設計では、3次元道路設計を行うことが多いが、等高線や標高点の高さ情報だけでも、求められる道路設計の成果を作成できる。現状の道路予備設計Bおよび詳細設計では、繰り返し設計する頻度が少ないことから、現状では、3次元道路設計導入の効果が少なく、3次元道路設計があまり普及していない。道路予備設計Aは、等高線や標高点の他に必要な高さ情報が必要で、かつ道路線形の試行錯誤を繰り返す頻度も高く、3次元道路設計が普及している。そこで、本研究では、効果の享受が比較的早い段階で見込まれる道路予備設計Aに着目し、省力化される業務量を調査した。

道路予備設計Aにおいて省力化される業務量を詳細に把握するためには、本仕様に即した3次元地形データの利用が道路予備設計Aの実務のうち、作業ごとにどの程度の省力化効果があるか調査する必要がある。そこで本研究では、道路予備設計Aの業務場面を設定し、道路予備設計Aの作業項目ごとに削減割合を調査した。

検証は、本仕様に即したレベル1のデータを利用して道路予備設計Aの作業を想定し、従来成果（数値地形図データ（標準図式）形式）による作業との比較を行った。ここでいう従来成果とは、以下の2つのデータを指す。

- ①数値地形図データ（高さ情報あり）
数値地形図データ（標準図式）で等高線や標高点に高さ情報があるもの
- ②数値地形図データ（高さ情報なし）
数値地形図データ（標準図式）であるが、全く高さ情報が含まれていないもの

通常、測量成果として納品される数値地形図データ（標準図式）は、等高線・標高点に高さを入力する必要があるが、道路設計に利用される測量成果には、これらの高さ情報がないものが多く見られることがこれまでの研究で明らかになっている⁸⁾。このような現状を考慮して今回の検証では、従来成果としての2つ

の数値地形図データ（高さ情報あり・なし）を利用した場合と本仕様に即した3次元地形データを利用した場合の作業量を比較し、削減効果を作業項目ごとの削減割合として調査した（表-2）。作業項目ごとの削減割合は、設計業務における費用削減割合として把握した。

(2) 3次元CG作成の効果検証

3次元地形データがCG作成において有効か検証するためには、比較条件を設定してCGを作成し、リアリティの向上や省力化効果があるか比較により検証する必要がある。本仕様は、3次元地形データの利用場面ごとに3つの作成レベルが設定されている。そこで、CG作成の利用場面を作成レベルごとに設定し、3次元地形データを利用することで、作成したCGのリアリティが向上するか、あるいは省力化効果を検証した。検証項目について表-3に示す。表に示すとおり、レベル1データでは、通常の数値地形図データ（標準図式）を利用した場合と比較して、リアリティの向上に対する効果と法面や平地等の地形表現を行う際の効率が上がるか検証した。

レベル2及びレベル3データでは、作成レベルが1段階下のデータと比較して、リアリティの向上に対する効果があるか検証した。

表-2 作業費用の比較条件

利用データ	高さ情報	
	等高線・標高点	各種地物
本仕様に即した3次元地形データ	あり	あり
数値地形図データ（等高線・標高点に高さ情報あり）	あり	なし
数値地形図データ（等高線・標高点に高さ情報なし）	なし	なし

表-3 作成レベルと検証項目

利用するデータ	検証項目
作成レベル1のデータ	・法面・平地等の表現の効率化 ・リアリティが向上した表現（指定箇所）
作成レベル2および3のデータ	・リアリティが向上した表現（指定箇所）

(3) 3次元地形データ流通の有効性評価

先に述べたとおり、3次元地形データの流通が道路事業全体として有効であるためには、測量業務において新たに発生する業務量を本仕様に即した3次元地形データが流通することで得られる設計業務の省力化効

果が上回る必要がある。

そこで、本仕様に即した3次元地形データを作成し、測量業務において新たに発生する業務量を調査した。新たに発生する業務量は、設計業務での省力化効果と比較するために3次元地形データ作成のための測量業務における費用増加割合として把握した。

以上をふまえて、新たに発生する業務量と設計において省力化される業務量の比較を行うことで3次元地形データ流通の有効性を評価した。

5. 検証方法

(1) 3次元道路設計の効果検証

3次元地形データの流通による、設計業務の費用削減割合の調査方法を図-2に示す。

まず、検証を効率的におこなうため、検証する作業の絞込みを行った。具体的には、道路予備設計Aの中でも3次元地形データとの関わりがある作業のみを検証対象とし、道路予備設計Aのうち3次元地形データと関わりのある作業全体の費用割合を把握した。

次に、削減効果を詳細に把握するために、歩掛規定の作業項目ごとに道路予備設計Aに占める費用割合を調査した。予備設計Aに占める歩掛規定の作業項目ごとの費用割合は、標準積算基準からも求めることができるが、現状の歩掛規定の作業項目である「路線選定」、

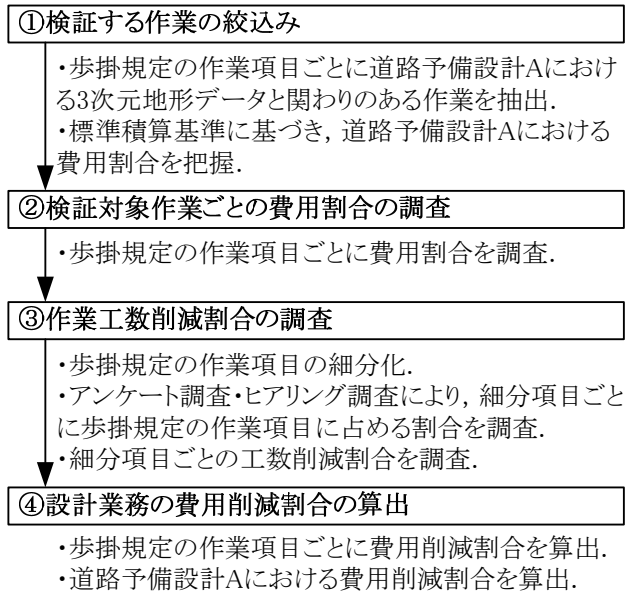


図-2 設計業務の費用削減割合の調査方法

「設計図の作成」、 「概算工事費の算出」は、3次元道路設計においては、CADの機能により支援されるため、これまでの道路設計に基づいた標準積算基準と異なる可能性がある。そこで、アンケートにより、検証対象とする歩掛規定の細分項目ごとに費用割合を調査した。

さらに、3次元地形データの流通による作業費用削減割合を把握するために、アンケートによる調査を行

作業項目	細分項目	(A) 作業項目の割合			(D) 具体的な作業内容	(E) 効率化以外の効果
		3割	(B) 細分項目の割合			
			1割	2割		
路線選定	地形データの取り込み・編集	3割	1割	2割	平面図の法面の修正作業が減る...	設計精度の向上...
	設計条件・コントロールポイントの設定		2割	1割		
	平面線形・縦断線形の検討		5割	1割		
	比較表の作成(概算工費の算出等)		2割	1割		
	その他作業		0割	1割		
設計図及び関連機関との協議資料作成	平面図の作成	5割	3割	1割		
	縦断図の作成		1割	1割		
	横断図の作成		3割	1割		
	その他図面の作成		2割	1割		
概算工事費の算出	概算数量算出	2割	6割	2割		

予備Aにおける各項目の削減割合 = 52% × (A) × (B) × (C)

図-3 アンケート項目(抜粋) ※網掛けが回答項目を示す

った。作業費用削減割合については、

- ① 数値地形図データ（等高線・標高点に高さ情報あり）
- ② 数値地形図データ（等高線・標高点に高さ情報なし）

を利用した場合の作業と比較した場合の削減割合をそれぞれ調査した。

以上の調査の実施方法については、図-3に示すようなアンケート項目に従って、作業の細分項目ごとに作業割合および作業費用削減割合を回答いただくこととした。回答者には作成した3次元地形データと、国土交通省で実際に発注された道路設計条件を参考に設定した道路設計条件を合わせて提示し、実際に設計を行うか、可能な場合は模擬的に設計業務を想定することで、アンケートに回答をいただいた。

アンケート調査は、(社)建設コンサルタンツ協会を通じて、同協会 CALS/EC 委員会に所属する道路設計業務に従事する会社7社(8名)に対して実施し、5社(6名)からの回答を得た。アンケート回答が不明であり、さらに調査が必要な場合には、追加でヒアリング調査を行った。

設定した道路設計条件の概要として、コントロールポイント及び起点、終点を図-4に示す。道路設計時、CG作成時に効果があることが明らかになっている法面、田畑、既存道路面などを取得できるように、既存の業務成果を参考に配置した。また、市道の機能を補償することを設計条件とした。

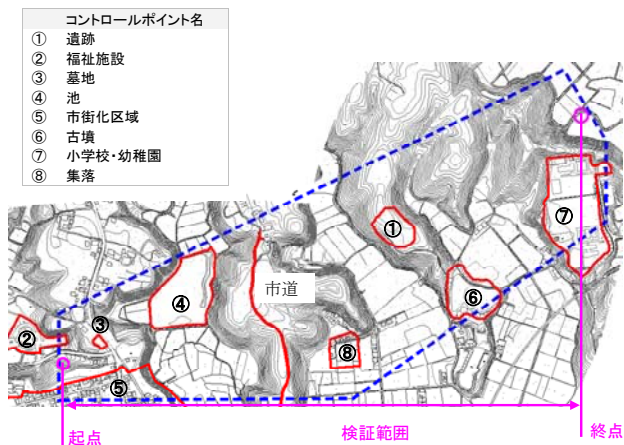


図-4 道路設計条件の概要

(2) 3次元CG作成の効果検証

3次元CG作成の効果検証は、(社)オープンCADフォーマット評議会を通じて、同協会に所属するCG作成業務に従事する会社(2社)に対し、アンケート調査を実施した。アンケート調査に先立ち、作成した3次元地形データを貸与し、CG作成場所を指定しCG作成を依頼した。指定箇所を図-5に示す。

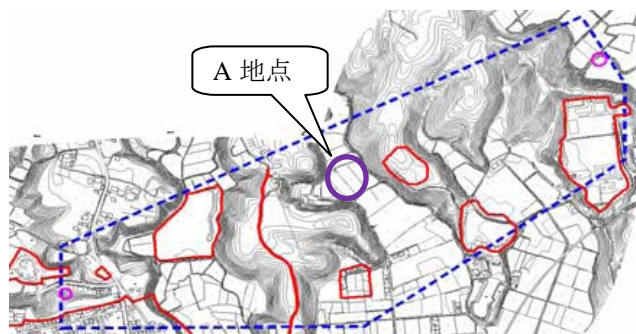


図-5 CG作成における指定箇所

図に示すとおり、指定箇所は、レベル1データと数値地形図データとの差が顕著になるとと思われる、道路面や法面及び田などが存在する箇所を検証箇所(図-5のA地点)として指定した。

アンケート調査は2社からの回答を得た。

(3) 3次元地形データ流通の有効性評価

3次元地形データの作成にあたっては、本検証が実際の測量業務に近い条件になるように、国土交通省が発注した国道工事の業務成果をもとに検証用の3次元地形データを新規作成した。参考とする測量業務の選定にあたっては、電子成果が揃っている業務のうち、高さ情報を取得する地物がある地域の業務を選定した。図-6に利用した測量成果を示す。図に示すとおり、選定した測量成果には、高さ情報を取得すべき、法面、田、既存道路などの地物が存在する。

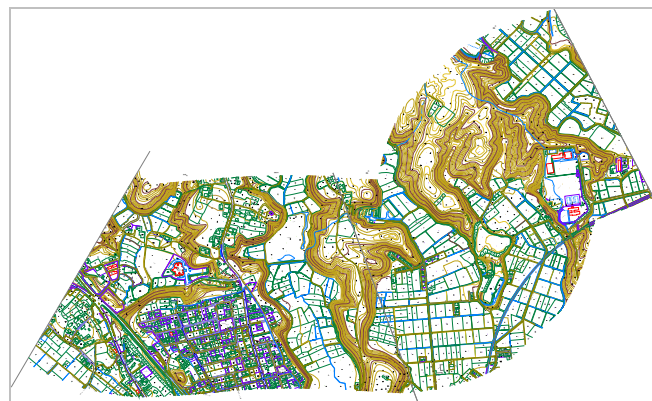


図-6 参考とした測量成果(地図情報レベル:1000)

これら3次元地形データの作成作業はこれまでの数値地形図データ作成に比べて追加の作業が発生する。そこで、作成者にヒアリングを行い、新たに発生した作業量の調査を実施し、費用増加割合を算出した。

以上の結果と「(1)3次元道路設計の効果検証」で把握した費用削減割合を比較するために、図-7の通り、道路予備設計Aと3次元地形データ作成のための測量業務の業務価格を求め、これらを併せた費用を100%とした場合の費用増加割合および費用削減割合

を算定した。費用増加割合と費用削減割合の比較により 3次元地形データの流通における有効性を評価した。
 費用削減割合と費用増加割合を求める計算式は以下
 のようになる。

- Ca = 本仕様に即した 3次元地形データ利用により道路予備設計 A で削減される費用
- Cb = 本仕様に即した 3次元地形データ作成により増加する費用
- Ct = 全体費用
 = 道路予備設計 A の費用 + 数値地形図データ作成のための測量業務の費用

としたとき、

$$\text{費用削減割合 } C_{\Delta a} = Ca / Ct$$

$$\text{費用増加割合 } C_{\Delta b} = Cb / Ct$$

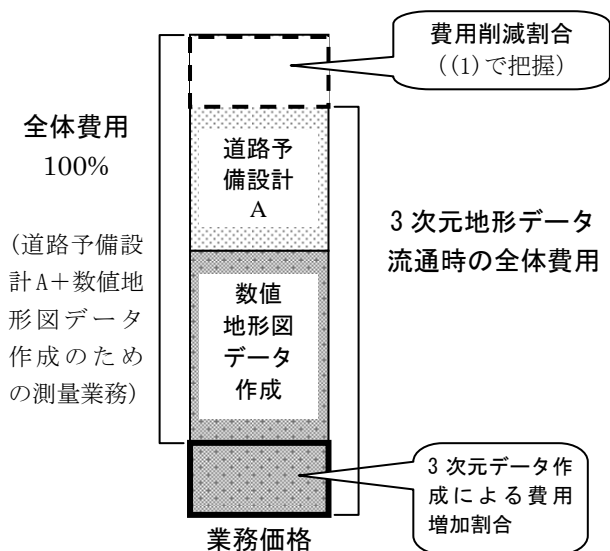


図-7 3次元地形データ流通における効果検証方法

6. 結果

(1) 3次元道路設計の効果検証

アンケート調査結果より、「路線選定」、「設計図の作成」、「概算工事費の算出」の各作業項目について、「設計用業務等標準積算基準における道路予備設計Aに係る歩掛」を参考に、道路予備設計A全体に対する費用削減効果を算出した。

a) 検証する作業の絞り込み

設計用業務等標準積算基準による予備設計Aの費用全体に対する各作業項目の割合を算出した。結果を表-3に示す。

このうち、本仕様に基づくデータによる効果が望める作業は「路線選定」「設計図および関連機関との協

議資料作成」「概算工事費」であり、これらの作業項目を検証対象とする。検証対象項目の費用割合を合計すると52%となった。

表-3 道路予備設計に係る歩掛

作業項目	費用割合
設計計画	24%
現地踏査	7%
路線選定	9%
設計図および関連機関との協議資料作成	30%
概算工事費	13%
照査	6%
報告書作成	11%
合計	100%

} 52%

b) 検証対象作業ごとの費用割合の調査

アンケート調査により、検証対象とする作業項目ごとに費用割合を調査し、標準積算基準による値と比較した。結果を表-4に示す。

表-4 作業項目ごとの費用割合比較

作業項目	費用割合	
	アンケート結果(平均)	標準積算基準
路線選定	36%	18%
設計図および関連機関との協議資料作成	43%	57%
概算工事費	21%	25%
合計	100%	100%

「アンケート結果(平均)」は図-3の(A)について全回答者の平均をとった値である。表に示すとおり、路線選定と設計図の作成に10%以上の差が現れている。高さ情報を用いた道路設計の場合、路線選定の線形検討時に横断図等一部図面の自動生成等がCADやその他ツールの機能によって可能となっている。アンケート結果ではこの作業が路線選定の作業分として含まれている可能性が考えられる。

c) 作業工数削減割合の調査

アンケート調査・ヒアリング調査により細分項目ごとの作業項目に占める割合を調査した結果を表-5に示す。

次に、これらの細分項目について3次元地形データを利用した場合の工数削減割合を調査した結果を図-8、図-9に示す。図中の削減割合は図-3における(B)×(C)の値を回答者ごとに算出し、全回答者の平均値あるいは最大値をとったものである。

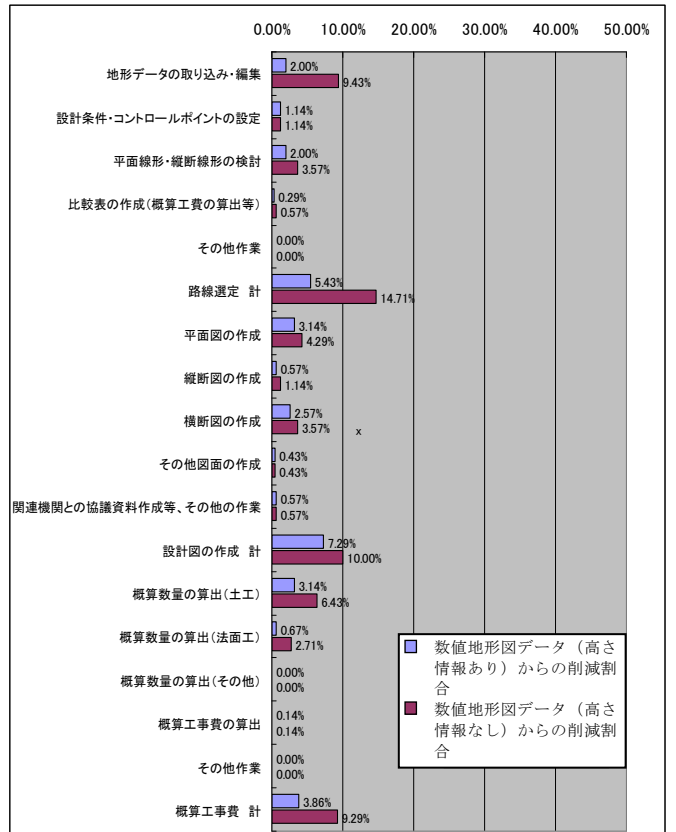
表－5 細分項目の作業割合

項目	細分項目	アンケート結果 (平均)
路線選定	地形データの取り込み・編集	11%
	設計条件・コントロールポイントの設定	17%
	平面線形・縦断線形の検討	46%
	比較表の作成 (概算工費の算出等)	19%
	その他作業	7%
	路線選定 計	100%
設計図及び関連機関との協議資料作成	平面図の作成	34%
	縦断図の作成	11%
	横断図の作成	29%
	その他の図面の作成	13%
	関連機関との協議資料作成等、その他の作業	13%
	設計図及び関連機関との協議資料作成 計	100%
概算工事費	概算数量算出	
	土工	47%
	法面工	23%
	その他	10%
	概算工事費 (事業費) 算出	14%
	その他作業	6%
概算工事費 計	100%	

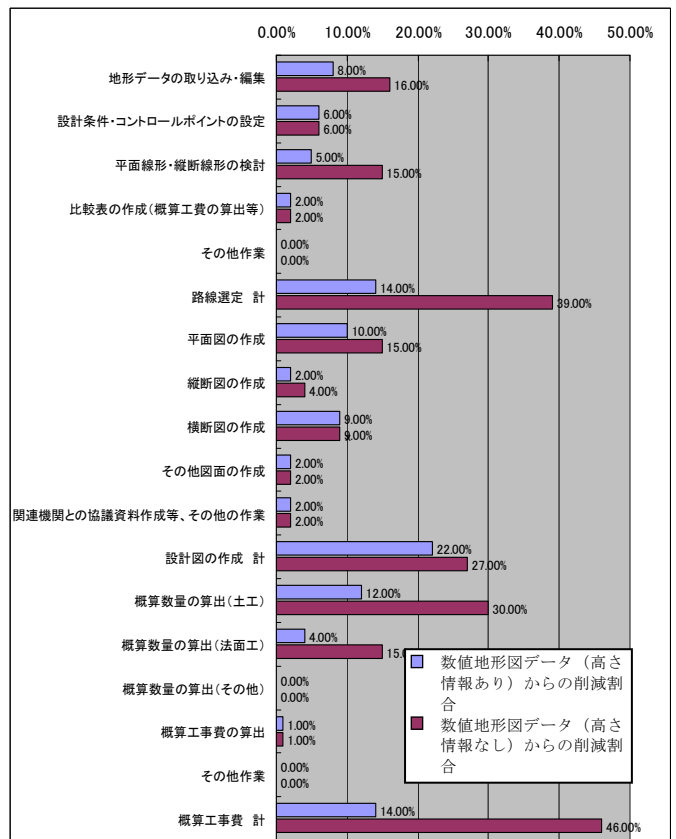
数値地形図データ (等高線・標高点に高さ情報あり) と数値地形図データ (等高線・標高点に高さ情報なし) についてはどちらも削減割合が大きい作業が共通であり、地形データの取り込み・編集、平面線形・縦断線形の検討、概算数量の算出について、等高線・標高点に高さ情報の無い数値地形図データ (標準図式) で顕著な削減効果 (15%~30%程度) が見られる。ただし、同じ数値地形図データ (標準図式) でも等高線・標高点に高さ情報がある場合とない場合ではその削減率に差異がある。

工数削減割合のアンケート調査において、効率化につながった具体的な作業についても以下の通り確認した。

- ① 路線選定
 - ・ 地形データ取り込み・編集時の高さ情報付与が不要となる。また、道路の縦断線形の検討作業において現況高さの把握が容易となるため作業量が削減される。
- ② 設計図及び関連機関との協議資料作成



図－8 各作業工数の削減割合 (平均)



図－9 各作業工数の削減割合 (最大)

- ・ 平面図作成にて、数値地図データ（標準図式）では法面形状を自動生成した後、道路、河川等の地物の形状に合わせて追加で入力作業が必要であったが、本仕様に即した3次元地形データの適用により不要となる。
- ・ 横断面図や縦断面図作成にて、数値地図データ（標準図式）では形状を自動生成した後、道路、河川等の地物の形状に合わせて追加で入力作業が必要であったが、本仕様に即した3次元地形データの適用により不要となる。

③ 概算工事費

- ・ 土工や法面工にて地形編纂、修正作業が少なくなる。

さらに、業務量削減以外の効果についてもアンケートを行った。その結果、ミスの低減についてほとんどの回答者から効果があるという回答を得た。

d) 設計業務の費用削減割合の算出

以上の結果から道路予備設計A全体に対する費用削減効果を算出した。図-10、図-11に費用削減効果の平均値と最大値を示す。図中の削減効果は、図-3における $52\% \times (A) \times (B) \times (C)$ の値を回答者ごとに算出し作業項目ごとに合算した値に対して、全回答者の平均値あるいは最大値をとったものである。ここで、52%とは6. (1) a)で示した路線選定～概算工事費の費用割合を示す。

図に示すとおり、設計図作成に係る削減費用が最も大きく、最大で約7%程度の削減効果が見られた。

等高線・標高点に高さ情報のある数値地形図データからの削減割合と高さ情報の無い数値地形図データからの削減割合を比較した場合、路線選定と概算工事費の差が顕著である。このうち、路線選定では地形データの取り込み・編集、概算数量の算出では土工と法面工の算出が大きな割合を占めるが、これらの作業については等高線や標高点の有無が効率化に大きな影響を与えるものと考えられる。

設計図の作成では、高さ情報がある数値地形図データに対しても大きな費用削減効果が認められる。これは等高線や標高点だけの情報では自動生成した法面形状や横断面形状に地物の形状が反映されないため、結局修正作業に時間を要していたのが、本仕様に基づくデータを利用することで改善されることを示している。

(2) 3次元CG作成の効果検証

a) 法面・平地等の表現の効率化検証

レベル1データについては今回回答を得た2社ともに、以下のような回答であった。

- ・ 3次元CGにおいても道路設計と同様に、レベル1で必要とされる地物に高さ情報を付与している。
- ・ レベル1データを利用することにより、3次元CG作成作業が効率化される。

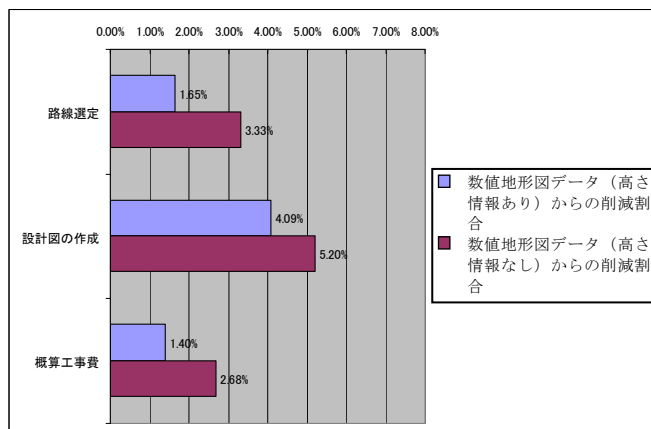


図-10 予備設計Aの費用削減効果(平均値)

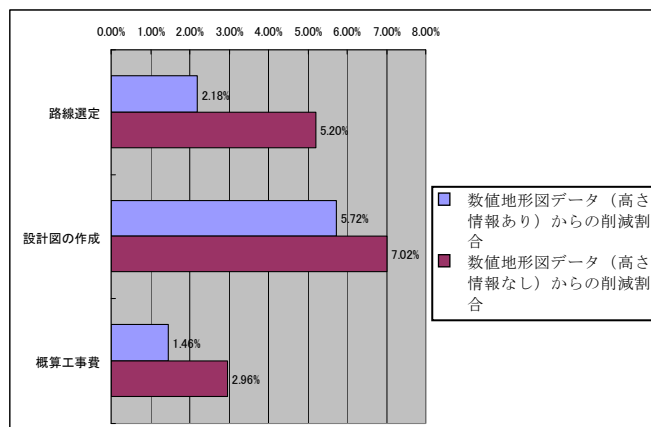


図-11 予備設計Aの費用削減効果(最大値)

高さ情報を付与する地物について確認したところ、表-6の通り2社とも高さ情報を付与しないのは湖・池のみであった。

表-6 高さ情報を付与する地物

地物	アンケート結果
道路、橋、鉄道、用水路	2社とも高さ情報を付与すると回答
河川、法面、急斜面	2社のうち1社が高さ情報を付与すると回答
湖・池	2社とも高さ情報を付与しないと回答

以上より、レベル1データについては3次元CG作成において作業の効率化に寄与するものといえる。また、レベル1で高さ情報を付与する地物は3次元CG作成においても全般的に有用であることが分かった。

b) 指定箇所におけるリアリティ向上の検証

従来の数値地図データおよび本仕様（レベル1）にて作成したCG画面のキャプチャを図-12、図-13に示す。レベル1データの適用により道路や田畑など平地部分の表現に改善が見られ、地形の高さの変化

箇所が明確に表現されるようになったことが分かる。

CG 作成者側からもレベル 1 相当のデータがあることで表現の改善が可能との指摘があった一方で、ソフトウェア側で地物の分類ごとに CG 用の属性を付加すれば、地形の種類に応じたテクスチャを貼り付けが可能となり、よりリアリティのある表現が可能となるとの意見もあった。このためには、ソフトウェア側で 3 次元地形データを取り込む際の工夫が必要となる。

以上より、レベル 1 データについては、道路や田畑など平地部分の表現におけるリアリティの向上に寄与し、道路設計の資料作成等に利用価値があることが分かった。また、ソフトウェア側の対応によっては、現在のレベル 1 データでも、更なるリアリティの向上を図ることが可能と考えられる。

次に、本仕様のレベル 2 とレベル 1 で作成した CG 画面のキャプチャを図-14 に示す。なお、レベル 2 データについては、1 社は建物高さの取り込みに対応していなかったため、残りの 1 社のみ検証が可能であった。

レベル 2 データ適用により、建物の形状が表現されており、景観の表現において違いが見られる。しかし、ソフトウェア側で高さを垂直に立ち上げる表現を行っていないためリアリティの面では課題が残る。

ヒアリングを実施した結果、建物の表現の精度向上には、以下の情報の追加が必要であるとの意見を得た。

- ・ 建物の軒下の高さ情報
- ・ 建物の屋根形状（手作業によるモデル修正）

以上より、レベル 2 データについては、道路設計における住民説明資料など、景観の把握などに有用である可能性があるが、ソフトウェア側の対応（建物の高さの読込への対応、高さを垂直に立ち上げる処理）や情報の追加が必要であり、課題が残る結果となった。

レベル 3 データについても同様の比較を行ったが、レベル 2 と比べて表現がやや詳細になったものの、顕著な違いは見られなかった。また、CG 作成者からは記念碑や立像などの複雑な形状の地物については、CG のサーフェスを作成することが困難であるとの指摘があった。

（3）3 次元地形データ流通の有効性評価

a) 3 次元データ地形作成による業務増加量の検証

本仕様に基づいて 3 次元地形データを作成した場合の業務量増加割合を調査するにあたり、まず「平成 20 年度 設計業務等標準積算基準書」より数値地形図データファイル（地図情報レベル 1000）作成の作業項目と作業割合を算定した。算定結果を表-7 に示す。

検証用の 3 次元地形データを作成した際に、これらの作業項目に対する業務増加割合を調査した。調査結果を表-8 に示す。

表-7 数値地形図データファイル作成の作業項目

作業項目	作業割合
作業計画	7.9%
現地調査	16.5%
数値図化	29.7%
数値編集	29.8%
補測編集	12.1%
データファイル作成	4.0%
合計	100.0%

表-8 3 次元地形データ作成の業務増加割合

作業項目	業務増加割合		
	レベル 1	レベル 2	レベル 3
作業計画	33%	33%	33%
現地調査	0%	0%	0%
数値図化	38%	56%	88%
数値編集	35%	47%	59%
補測編集	29%	29%	29%
データファイル作成	0%	0%	0%
作業全体	26.8% (12.0%)	35.1% (20.2%)	46.6% (31.7%)

(注) 斜体は実作業者が工数を想定で回答したもののカッコ内は改善見込みの値

ヒアリングの結果、業務量増加の要因として以下の要因を確認した。

- ・ 数値図化
実データ区分の取得、および直壁の被覆、河川堤防、建物などの高さ情報の取得のために業務量が増加する。
- ・ 数値編集
等高線またはブレイクライン、橋梁等の下となる地物などの編集、および 3 次元地物の連続性確保のための編集のために業務量が増加する。

このうち、データ新規作成時のヒアリングにより、実データ区分の取得については作業手法、テーブル作成など必要な準備ができれば、図化・編集工程で各レベルとも技師、技師補、助手の作業量削減が見込まれることが分かった。改善見込みを反映した値を表-8 にカッコ書きで示す。

b) 3 次元地形データ流通の有効性評価

前項の結果のうち道路予備設計 A で使用するレベル 1 の費用増加割合、および「(1) 3 次元道路設計の効果検証」で把握した費用削減割合を、5. (3) に記述の数式にしたがって全体に対する割合に換算して比較した結果を表-9 に示す。

実費においてはデータ作成費用の増加割合が削減割合をやや上回るが、作業の効率化を見込むことで削減割合が増加割合を上回る。また、数値地形図データ（高さ情報あり）と比較した場合より数値地形図データ（高

表-9 業務量比較結果 (※網掛け: 削減割合が増加割合を上回るケース)

No	データ名称	数値地形図データ作成		道路予備設計 A			差分 (平均)	差分 (最大)
		データの作成レベル	増加割合	比較対象	削減割合 (平均)	削減割合 (最大)		
1	新規作成データ (実費)	レベル 1*	8.4%	高さ情報あり	4.9%	6.5%	+3.5%	+1.9%
				高さ情報なし	7.7%	10.5%	+0.7%	-2.1%
2	新規作成データ (効率化見込)	レベル 1*	3.7%	高さ情報あり	4.9%	6.5%	-1.2%	-2.8%
				高さ情報なし	7.7%	10.5%	-4.0%	-6.8%

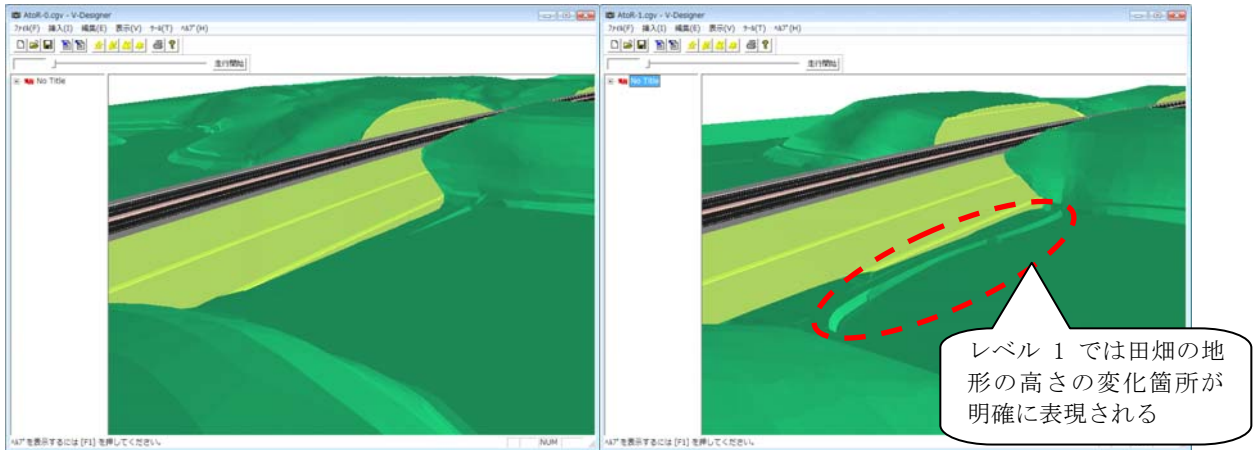


図-12 『A地点』から道路を見た場合のキャプチャ画像
左: 数値地形図データ, 右: 本仕様によるデータ (レベル1)

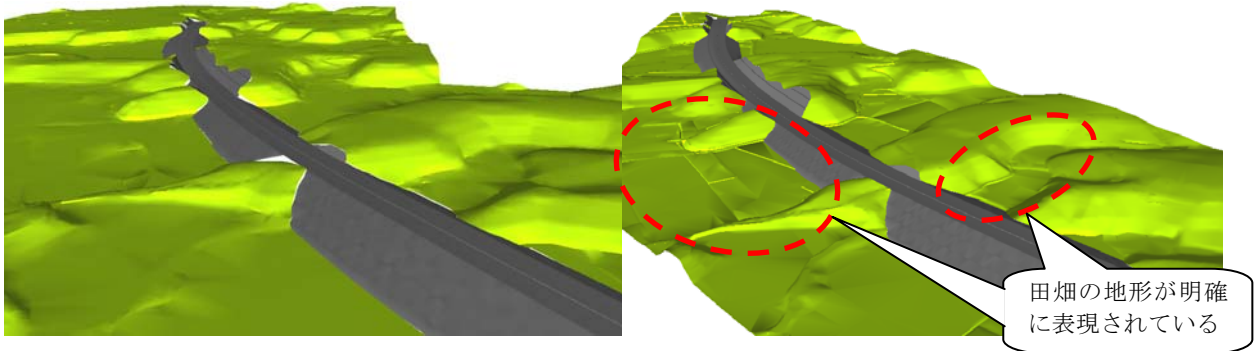


図-13 全体図のキャプチャ画像
左: 数値地形図データ, 右: 本仕様によるデータ (レベル1)

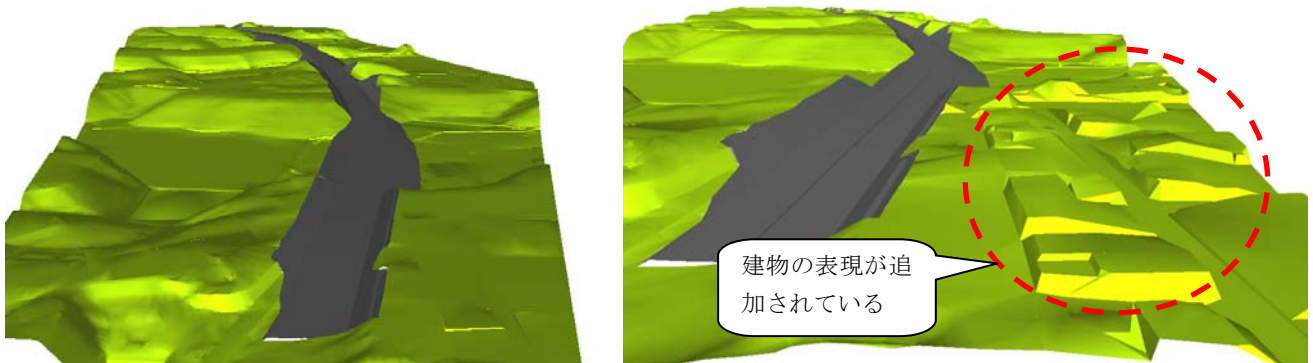


図-14 全体図のキャプチャ画像
左: レベル1, 右: レベル2

さ情報なし)と比較した場合の方が全体の業務削減効果は大きくなっている。

以上の結果より、レベル1においては3次元地形データを作成することで増加する業務量よりも、道路予備設計Aにおける業務削減量が大きいことが見込まれることが分かった。この他、道路予備設計A以外に道路概略設計、CG作成などに対する効果など道路設計業務全体で考えると、レベル1については作成費用に係る負担よりも業務量削減効果によるメリットの方が大きくなると考えられる。

7. 課題の整理

これまでの検証および調査の結果をふまえて、3次元地形データの流通促進に向けた課題と対応方針を以下の通り整理した。

(1) 効果検証

本研究では道路予備設計Aにおける効果を想定して3次元地形データ作成により新たに発生する作業量との比較を行ったが、アンケート調査の対象が7社(8名)と多くない。このため、結果が対象者の技術レベルに左右されている可能性がある。また、一部設計業務を想定した検証であるため、今後、実データを用いて実際に道路予備設計Aを行うなどのさらなる検証が課題である。

さらに、道路予備設計A以外に概略設計等でも本仕様に即した3次元データを適用することが想定されるため、これらの作業における効果の検証を行い、道路設計業務全体での業務量削減効果やメリットを明らかにすることが必要である。

CG作成した場合のリアリティについても検証を行ったが、回答を得たのが2社と少ないため、引き続き検証が必要である。また、レベル2以上についてはソフトウェアの対応、情報の追加の両面で引き続き検討を行い、これらの要因によりリアリティがさらに増すかどうかを確かめる必要がある。

(2) 高さ情報の作成における運用課題

3次元地形データを測量業務で実際に運用していくためには、データ作成者が確実に必要十分な品質をもって本仕様に即した高さ情報を作成する必要がある。そのためには、以下のような検討課題がある。

a) 標準歩掛について

作成仕様に基づくデータ作成のための標準歩掛が作成されていないため、費用の見積もり等を行うことが困難である。これまでに行った検証結果をもとに運用の対象とする作成レベル(1~3)を決定した上で、各レベルで標準歩掛を作成する。

b) 詳細な運用規定

測量業務で実際に運用していくためには、作業者が

本仕様の内容を参照し確実に実施する必要がある。

そのためには、各種仕様書などで本仕様適用を義務付けるための仕組みが必要となるため、詳細な運用規定を明示する必要がある。

また、測量成果を電子納品する際にも同様の運用規定を策定し、設計業務に3次元データが確実に流通できるようにする。

c) データの品質確保

データの品質検査においては、目視検査と論理検査が必要である。目視検査では、高さ情報が3次元の情報として表示することができるCADソフトもしくはビューアなどを使用して検査を行なう必要がある。論理検査では、検査用の論理プログラムを用いた検査を要する。これらの手法についての検討を行う。

また、データの品質を確保するために第三者機関による検定を受けることが考えられる。この場合の対応方法についても検討する。

(3) データ流通環境の整備

本研究においても、3次元地形データを正しく読み込むことができない、もしくは、活用できないソフトウェアが存在した。今後、本仕様を普及推進することで、対応するソフトウェアが普及することを期待する。

8. あとがき

本研究では、道路設計業務の効率化に向けて、本仕様に即した3次元地形データの測量業務から設計業務への流通が道路事業全体として有効か検証した。具体的には、道路設計およびCG作成における実際の業務場面を想定し、測量業務において3次元地形データを作成するために発生する新たな業務量と3次元地形データを利用することで省力化できる設計業務の業務量を比較することで、作成仕様に基づく3次元地形データの流通の有効性を検証した。

その結果、本仕様に基づいた3次元地形データと数値地形図データ(等高線・標高点に高さ情報あり)との比較では、レベル1で若干の削減効果があり、数値地形図データ(等高線・標高点に高さ情報なし)との比較では、レベル1で数%程度の削減効果があることがわかった。

住民説明を想定したCG作成においては、レベル1でリアリティ向上の効果や、作業の効率化が見込まれることが分かったが、一方で、レベル2以上のリアリティ向上については課題が残り、引き続き研究が必要である。

今後は、本研究の取り組みで得た知見を基にして、本仕様の試行的導入や、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，社会基盤情報標準化委員会 電子成果高度利用検討小委員会 設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】運用検討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，（社）建設コンサルタンツ協会，（中）オープンCADフォーマット評議会には，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，国際航業㈱の森貴之氏には，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，pp.269-280 2007年10月
- 9) 国土交通省国土技術政策総合研究所：設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】(案)，
<<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/cals.htm>>，2007年10月。
- 10) 渡辺完弥，青山憲明，金澤文彦：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，土木情報利用技術論文集，Vol.17，pp.143-152 2008年10月。