

I - 30 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

A study on circulation of three dimension geographical data for road design

青山憲明¹・今井龍一¹・渡辺完弥¹・金澤文彦¹・森貴之²

Noriaki Aoyama, Ryuichi Imai, Kanya Watanabe, Fumihiko Kanazawa, and Takayuki Mori

抄録: 道路事業においても 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、設計段階での利用に即した 3 次元地形データが作成されていないことや測量段階から設計段階に 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、設計段階で、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。

本研究では、これまで利用環境などの制約から利用されていなかった拡張 DM に着眼し、3 次元地形データの流通について検討した。まず、現状の拡張 DM の 3 次元 CAD 利用環境、利用ニーズおよび利用実態を調査して妥当性を評価した。その結果を踏まえ、3 次元地形データの流通に関する課題を抽出し、改善策として利用場面に応じた道路設計用 DM データ作成仕様を作成した。

Abstract: The design by three-dimensional CAD begins to be used in the road business. However, three dimensional terrain data doesn't circulate from the measurement phase to the design phase, and also those data that wants to be used by the design phase might not be made. Therefore, three dimensional terrain data is made by the hand input in the design phase, and that not leading necessarily to the efficiency improvement of the business becomes a problem.

In this study, we focused on the enhancement DM that not used from the restriction such as the use environment until now, and examined the circulation of three dimensional terrain data. First of all, we confirmed the adequacy of the enhancement DM by investigating the use environment, the use needs, and the use actual condition of current state. Next, we extracted the problems concerning the circulation of three dimensional terrain data based on the result, and made the DM data creation specification for the road design according to the use scene as an improvement plan of the problem.

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

Keywords: Road design, The design by three-dimensional CAD, three dimensional terrain data, CALS/EC

1. まえがき

(1) 研究の背景

道路事業において 3 次元設計を導入することにより、作業の省力化効果を楽しむことができるが、これまでの報告の中で、明らかになっている¹⁾⁴⁾。また、設計段階の業務のうち、概略設計などでは、3 次元 CAD による 3 次元設計事例も報告されている⁵⁾。

しかしながら、現状は、設計段階で利用したい 3 次元地形データが作成されていないことや測量段階で作成可能である 3 次元地形データが設計段階に流通していないことが多い^{1),2)}。このため、設計段階では、新たに 3 次元地形データを作成していることがあり、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⁵⁾。3 次元地形データを測量段階から設計段階へ流通させることで、設計段階における 3 次元地形データ作成作業の省力化に寄与するとともに、転記ミスの回避や地形データの精度維持、2 次元では表現しにくい地形が表現できるなど、品質向上の面でも効果が期待できる。

既往の研究では、3 次元地形データの作成方法²⁾や作成仕様³⁾⁵⁾を検討しており、地形測量成果であるデジタルマッピングデータファイル（以下 DM データファイルと記載）を設計段階へ流通させることが最終的には望ましいと報告している²⁾⁴⁾。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⁾⁵⁾。ここで DM とは地形測量の結果を用いて、地形図をデジタル形式で作成する作業であり、作成されたデータを DM データファイルと呼ぶ。

一方、国土交通省においては、測量成果の電子納品として、「測量成果電子納品要領（案）⁶⁾」を策定し、測量成果の事業フェーズ間の流通の促進を図っている。「測量成果電子納品要領（案）」の中で、地形測量結果は、コンピュータが再利用可能な拡張 DM で納品することが定められている。さらに、(財)日本建設情報総合センター建設情報標準化委員会では、測量成果のデータ流通促進の検討を積極的に進めており、その

1：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)

2：国際航業株式会社 国土情報基盤事業推進部
(〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1)

成果として、「拡張 DM-SXF 変換仕様（案）⁷⁾」を作成している。これにより、拡張 DM ファイルを CAD フォーマットに変換するソフトウェアの開発を支援している。ここで拡張 DM とは、応用測量などのデータファイル仕様を DM データファイル仕様に追加した地形測量成果のデータフォーマットである。したがって、拡張 DM は、DM データファイル仕様を踏襲しており、応用測量などを追加した仕様部分を除けば、互換性が確保されている。拡張 DM の仕様は、「拡張デジタルマッピング実装規約（案）⁸⁾」として公開されている。

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を踏まえると、測量段階から設計段階へ拡張 DM による 3 次元地形データを流通させることで、3 次元 CAD による道路設計の効率化が期待できる。しかしながら、これまでの研究では、拡張 DM ファイルの流通や利用を検討している事例は見受けられない。このため、CAD フォーマットを介さずに拡張 DM ファイルを測量段階から設計段階へ直接流通させることの妥当性を評価する必要がある。

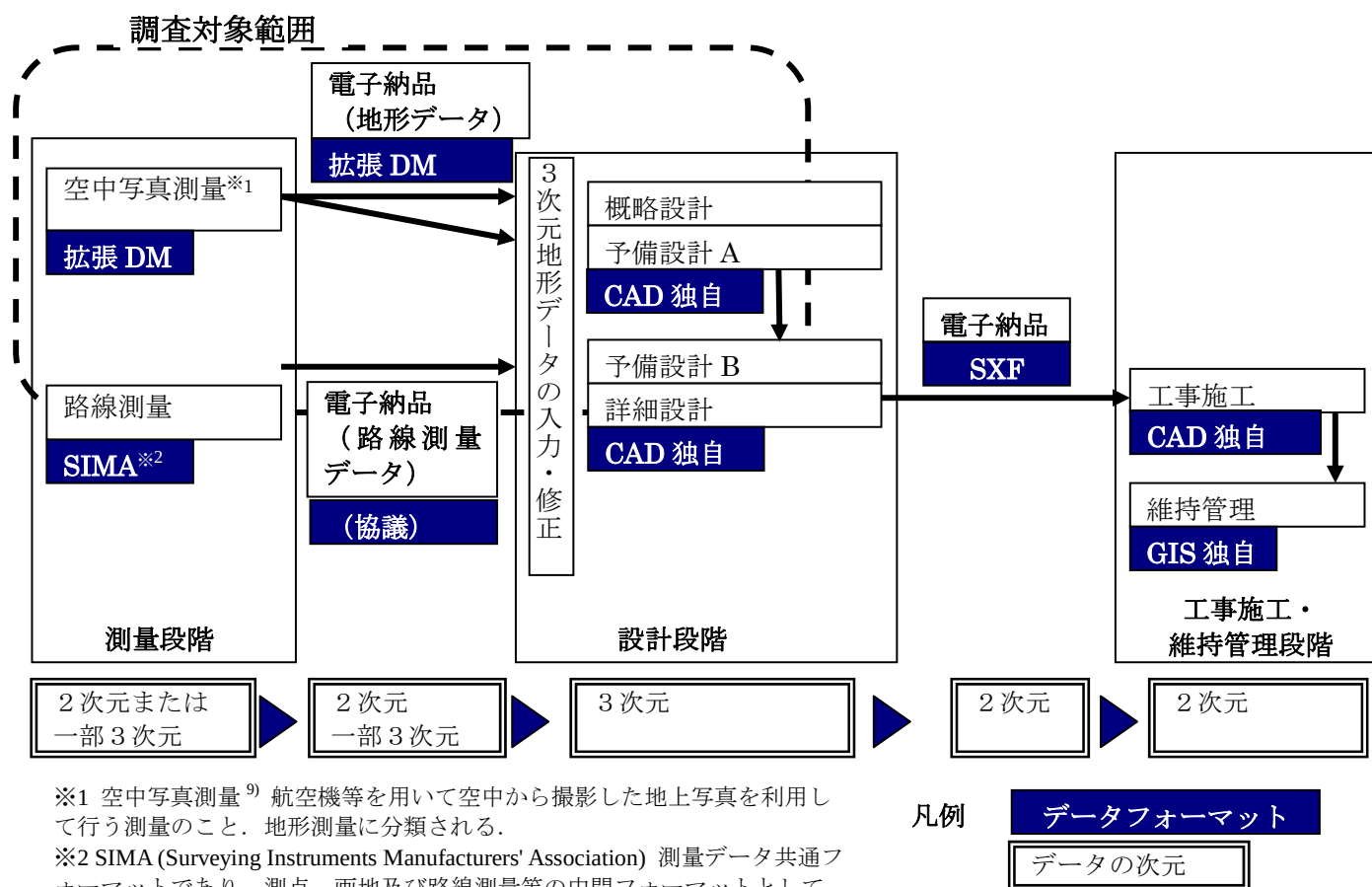
（２）研究の目的

本研究では、3 次元地形データを測量段階から設計段階に流通させることを目的に、3 次元地形データの流通および利用の実態を調査し、流通フォーマットを「測量成果電子納品要領（案）」に定められた拡張 DM とすることの妥当性を評価する。また、調査結果を踏まえ、現状の 3 次元地形データの流通に関する課題を抽出し、解決策を検討する。さらに、解決の一方策として、設計段階のデータの用途に着眼し、測量段階で効率よく 3 次元地形データを作成する基準となる「道路設計用 DM データ作成仕様」を取りまとめる。

2. 3 次元地形データの流通および利用の実態調査

（１）調査目的

道路事業における 3 次元地形データを中心としたデータの流れを図－１に示す。図に示すとおり、測量段階で作成された 2 次元もしくは一部 3 次元の地形測量成果品（拡張 DM）は、設計段階に流通する。設計段



図－１ 現状の道路事業における 3 次元地形データを中心としたデータの流れ

階では、3次元設計を実施する際、貸与された2次元もしくは一部3次元の地形データを用いて編集する。また、3次元設計により作成した3次元CADデータを2次元化(SXF)して電子納品している。その後、工事施工および維持管理段階に引き継がれている。

しかしながら、現状では、測量段階から設計段階へ3次元地形データが流通していない状況である。この状況を解決するには、実態を十分把握した上で、原因を究明し、適切な措置を講ずる必要がある。

そこで、拡張DMによる3次元地形データの流通の妥当性を評価するため、上述のデータの流通の実態を調査した。具体的には、測量段階から設計段階への地形データ流通に着眼し、次の3つの切り口から実態を調査・分析した。

- ・3次元CADの利用環境
- ・設計者の利用ニーズ
- ・実際に流通している地形データの内容(品質)調査

また、3次元設計の利用範囲が予備設計Bや詳細設計に拡大することも視野に入れて、路線測量(縦横断面)データの利用実態も調査した。

(2) 調査内容

本研究では、測量段階から設計段階の地形データの流通や利用の実態および路線測量データの利用の実態を明らかにするため、表-1に示す調査を実施した。表に示すとおり、調査目的を達成するために、“3次元CADの利用環境調査”、“設計者のニーズ調査”、“流通している地形データの内容(品質)調査”、“路線測量(縦横断面)データの利用実態調査”の4つの調査を実施した。以下に調査内容を示す。

表-1 調査内容と調査方法

調査方法 調査内容	設計者へのアンケート調査	道路設計用3次元CADの対応フォーマット調査	電子納品された地形データの分析
3次元CADの利用環境調査	○	○	
設計者のニーズ調査	○		
流通している地形データの内容(品質)調査	○		○
路線測量(縦横断面)データの利用実態調査	○		

a) 3次元CADの利用環境の調査

拡張DMファイルの流通による3次元CADを用いた道路設計の効率化を図るには、拡張DMに対応したソフトウェア(道路設計用3次元CAD)の普及状況を把握する必要がある。

本研究では、3次元CADの利用環境として、道路設計用3次元CADの対応フォーマットおよび道路設計における3次元CADの導入普及状況を調査した。

b) 設計者の利用ニーズの調査

3次元地形データが流通するには、設計者側が3次元

地形データの流通を要望している必要がある。

本研究では、設計者における3次元地形データの利用ニーズを調査した。

c) 流通している地形データの内容(品質)調査

3次元地形データが設計段階で流通していない原因を究明し、課題を抽出するには、実際に流通している地形データの内容(品質)や設計に即した3次元地形データを明らかにする必要がある。

本研究では、実際に電子納品された地形データを分析して課題を抽出した。また、設計者から流通している地形データの課題を収集した。

d) 路線測量(縦横断面)データの利用実態調査

3次元設計の利用範囲が予備設計Bや詳細設計へ拡大することを考慮すると、予備設計Bや詳細設計にて必要となる路線測量データの流通が望まれているか調査する必要がある。

本研究では、路線測量データの利用状況や利用場面、道路線形と関連付けた縦横断面データ提供のニーズについて調査した。

(3) 調査方法

各調査の調査方法については、表-1に示すとおり、“設計者へのアンケート調査”、“道路設計用3次元CADの対応フォーマット調査”、“電子納品された地形データの分析”の3つの方法を組み合わせ実施した。以下に調査方法を示す。

a) 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のCALS/EC委員会(15社)を対象とした。(社)建設コンサルタンツ協会CALS/EC委員会に対して、保有するソフトウェア、3次元地形データへのニーズおよび利用実態に関するアンケート調査を実施し、11社(12回答)からの回答を得た。

b) 道路設計用3次元CADの対応フォーマット調査

市場に流通している道路設計用3次元CADの仕様を収集し、対応フォーマットなどを整理した。また、不明点については、適宜ベンダに問い合わせを行った。

c) 電子納品された地形データの分析

地方整備局における電子納品・保管管理システムから、本研究に係る業務成果として抽出した16業務の地形測量成果を用いて、流通している拡張DMファイルの内容(品質)を分析した。

3. 調査結果

(1) 3次元CADの利用環境調査

a) 調査結果

3次元CADの利用環境調査では、道路設計用3次元CADの機能要件を次のように定義して調査した。

- ・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

機能要件を満足する道路設計用3次元CADとして12種が該当した。その道路設計用3次元CADに対し、それぞれ入出力が可能であるフォーマットを調査した結果を表-2に示す。表に示すとおり、12種のうち、オプション追加による対応を含めると8種の道路設計用3次元CADで拡張DMに対応していることが分かった。

表-2 道路設計用3次元CADの対応フォーマット

製品名	対応フォーマット	DM/ 拡張DM	DXF	SXF
A		○	●	●
B		●	●	
C		●	●	
D		○	●	●
E		○	●	
F		○		●
G				●
H		●	●	
I		○	●	●
J			●	●
K			●	●
L			●	

凡例：●取り込み可能 ○オプションによる対応
※各社より1製品を選定

3次元CADの導入普及状況調査結果を図-2に示す。図に示すとおり、回答者の90%以上が3次元CADを保有していることが分かった。

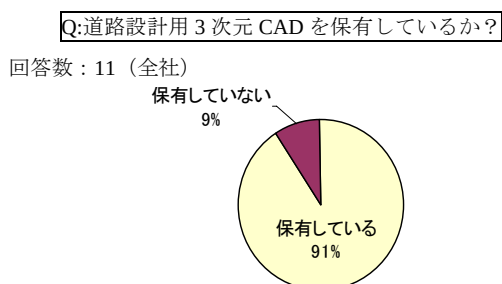


図-2 道路設計用3次元CADの保有状況

b) 考察

3次元CADの対応フォーマット調査結果と3次元CADの導入普及状況調査結果より、拡張DMファイルに対応した3次元CADは多く存在し、普及している。このことから、流通データのフォーマットとして拡張DMを採用することは、利用環境上問題ないと言える。

一方、表-2に示すとおり、3次元CADはDXFやSXFのCADフォーマットにも対応しており、既往の研究²⁾⁵⁾の提案のとおり、3次元地形データをCADフォーマットで測量段階から設計段階にデータを流通させる方法もある。しかし、DXFやSXFはどちらも文献6)で定められている地形測量成果の電子納品のフォーマットではない。特にDXFは、固有のCADのフォーマットであり、公共事業で利用する標準にはなじまない。SXFver.3.0は、地図記号に十分対応できておらず、かつ任意属性情報として地物に高さ情報を付加できるものの、任意属性情報を用いて作成された高さ情報に対応したCADが普及していないため、現時点では採用が難しい。

以上より、利用環境や地形測量成果の電子納品のフォーマットを考慮すると、3次元地形データのフォーマットにCADフォーマットではなく、拡張DMを採用することが、妥当であると言える。

(2) 設計者の利用ニーズ調査

a) 調査結果

図-3に“3次元道路設計により、どのような作業が効率化するか”のアンケート調査結果を示す。図に示すとおり、3次元道路設計を行うことにより、回答者の全員が“路線選定等の線形検討”を効率化できると回答しており、“設計図（平面図、縦断面図、横断面図）の作成”についても回答者の60%以上が効率化できると回答している。図-4に“3次元道路設計における作業効率化以外のメリット”のアンケート調査結果を示す。

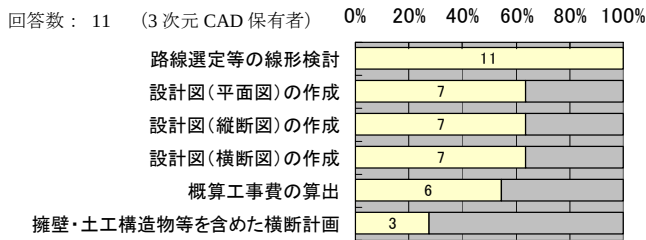
3次元設計における作業効率化以外のメリットとして回答者の80%以上が“3次元描画によるわかりやすい説明資料の作成”に効果があると回答している。

図-5に“3次元道路設計の実施促進のための意見”に関するアンケート調査結果を示す。図に示すとおり、回答者の全員が3次元道路設計の実施促進には、“3次元地形データの流通”が必要であると回答していることが分かった。

b) 考察

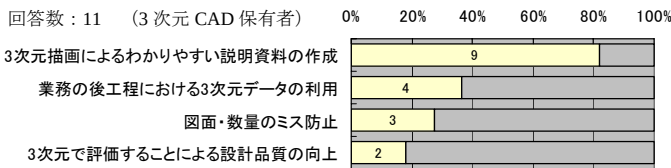
これらのことより、道路設計者は、3次元道路設計を導入することで効果があると感じており、3次元道路設計は、道路設計者にとって、利用ニーズがあると言える。また、道路設計者は、3次元道路設計の実施促進のために、3次元地形データの流通が必要であると考えおり、3次元地形データの利用ニーズも高いことが確認できた。

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？



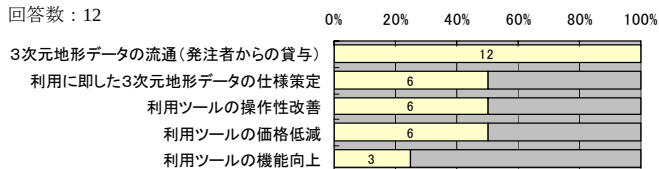
図－3 作業効率化の効果

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－4 作業の効率化以外の効果

Q:3 次元道路設計促進のための意見



図－5 3次元道路設計促進のための意見

(3) 実際に流通している地形データの調査

本研究では、実際に流通している地形データの実態を明らかにするため、データの流通実態、利用実態お

よび3次元地形データへの要件を調査した。表－3に電子納品された拡張DMファイルの分析結果を示す。

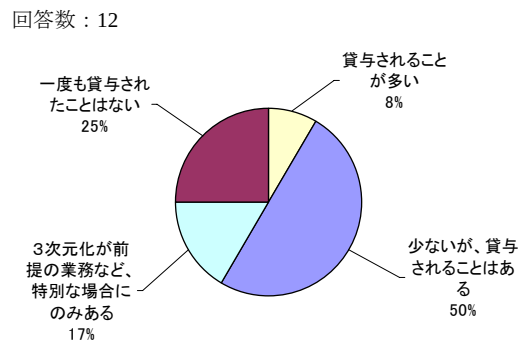
本研究に関係する業務成果として、地方整備局の電子納品・保管管理システムから抽出したところ地形測量成果16業務が該当した。このうち本研究で検討している拡張DMファイルが収録されていたのはそのうち8業務であった。

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。

a) 3次元地形データの流通実態調査

図－6に“3次元地形データ(すべてのフォーマット)が貸与されることがあるか”のアンケート結果を示す。図に示すとおり、現状でも3次元地形データが少ないが貸与されている場合があることが明らかになった。

Q:3 次元地形データが貸与されることがあるか？



図－6 3次元地形データの貸与状況

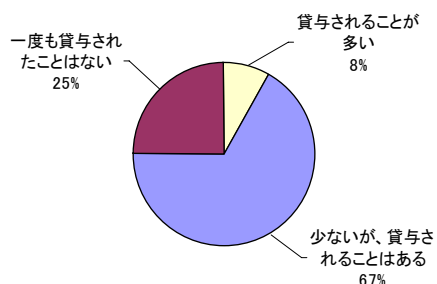
表－3 電子納品された拡張DMファイルの分析結果

No	業務年度(平成)	測量分類	3次元化実施レベル				備考
			標高点	等高線	法面	境界杭等(点地物)	
1	17	デジタルマッピング	3次元	3次元	2次元	2次元	
2	17	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	17	TS地形測量	3次元	3次元	2次元	3次元	
4	17	TS地形測量	—	—	—	—	不完全なデータ
5	16	デジタルマッピング	3次元	3次元	2次元	3次元	
6	16	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(全て“9999”)
7	16	TS地形測量	—	—	—	—	図面表題欄しか図形が無いデータ
8	15	デジタルマッピング	3次元	3次元	2次元	2次元	

図－7に“拡張 DM ファイルが貸与されることがあるか？”のアンケート結果を示す。図に示すとおり、現状でも少ないが地形データが拡張 DM で貸与されていることが明らかになった。

Q:拡張 DM ファイルが貸与されることがあるか？

回答数：12



図－7 拡張 DM での貸与状況

これらの調査結果から考察すると、3次元地形データは、少ないが流通しているものの、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の徹底が必要である。

b) 地形情報（地形データ、紙図面）の利用実態調査

図－8に“3次元設計実施における課題”のアンケート調査結果を示す。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。

図－9に“各道路設計業務における3次元設計の実施頻度（地形図が紙図面での入手の場合）”のアンケート調査結果を示す。図に示すとおり、概略設計および予備設計Aで3次元設計を実施する頻度が高いことが明らかになった。

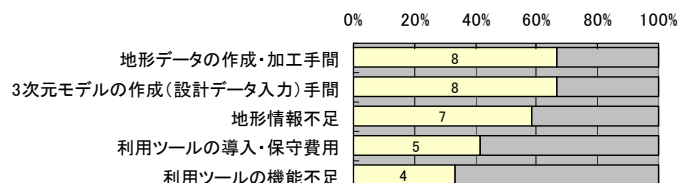
図－10に“利用に即した3次元地形データを入手した場合の3次元設計利用拡大”のアンケート結果を示す。図に示すとおり、利用に即した3次元地形データを入手することで、3次元設計利用の拡大に繋がると回答者の80%以上が考えていることが明らかになった。

これらの調査結果から考察すると、紙、データのいずれも、3次元設計を行うには、地形情報に不足が多く、3次元地形データの編集作業や新たな入力作業に労力がかかっていると想定される。また、概略設計や予備設計Aでは、地形図（紙図面）での入手にもかかわらず、3次元設計を実施頻度が高い理由として、3次元地形データの作成編集の手間よりも、3次元設計の効率化効果が大きく、また、概略設計や予備設計Aに対応し

た道路設計用3次元CADが多く普及しているためと考えられる。さらに、3次元設計の利用に即した拡張 DM ファイルを測量段階で作成し、設計段階に流通させることで、3次元道路設計が促進されると考えられる。

Q: 3次元設計実施における課題

回答数：12

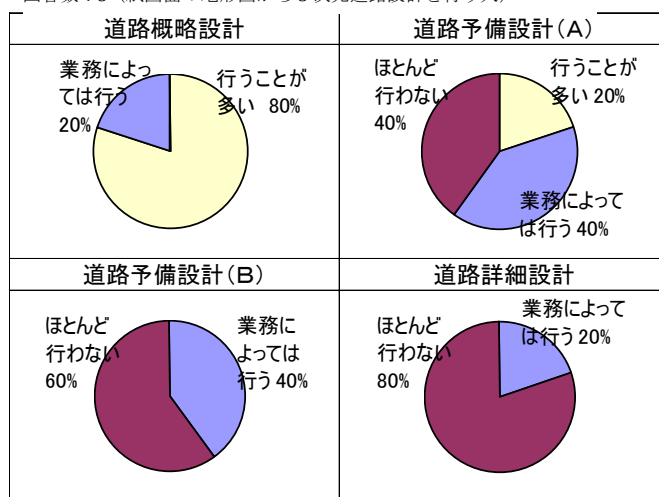


図－8 3次元設計実施における課題

Q:地形データが紙図面での入手の場合における各道路設計業務の

3次元設計実施頻度について

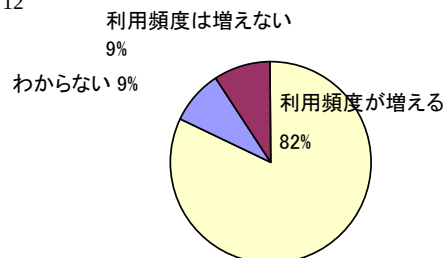
回答数：5（紙図面の地形図から3次元道路設計を行う人）



図－9 各道路設計業務における3次元設計実施頻度（地形データが紙図面での入手の場合）

Q:利用に即した3次元地形データがある場合、利用頻度は増えるか

回答数：12



図－10 3次元地形データ入手による利用拡大

c) 道路設計のための3次元地形データの要件調査

図－11に“入手した3次元地形データの加工内容”のアンケート調査結果を示す。回答者の85%以上は、3次元地形データに必要な高さ情報が不足（等高線・標

高点以外) しているため、形状が急激に変化する地形の特徴的な線であるブレイクラインなどを追加入力している。また、回答者の 70%以上が、線が途切れている場合や明らかに間違っているデータを加工していることが明らかになった。

図-12に“3次元設計を行うにあたり、どのような高さ情報が必要か”のアンケート調査結果を示す。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は、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方策として、データ作成仕様を定めることが考えられる。

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)

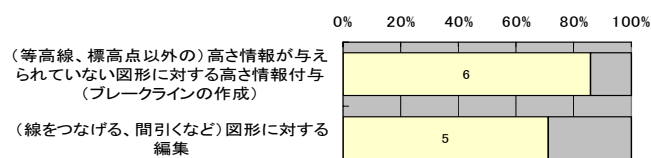
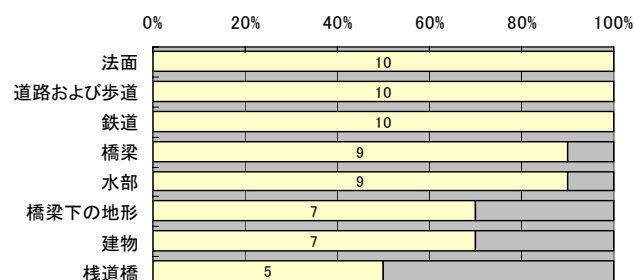


図-11 3次元地形データの加工内容

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-12 道路設計に必要な高さ情報

(4) 路線測量(縦横断面)データの利用実態調査

本研究では、地形データの利用実態の他に、路線測量(縦横断面)データの利用実態も調査した。国土交通省の電子納品要領では、路線測量における縦断測量成果表(数値データ)は、詳細なデータ形式を決めないテキスト形式としている。一方、有限責任中間法人日本測量機器工業会において、詳細なデータ形式を定めたテキスト形式の業界標準フォーマットとして、

SIMA を公開している¹⁰⁾。

a) 調査結果

図-13に“設計作業における SIMA の利用状況について”を示す。図に示すとおり、回答者の 50%が設計作業に SIMA を利用していることが明らかになった。

そこで、路線測量(縦横断面)データの流通が望まれているかを把握するため、SIMA の利用実態などについて調査した。

図-14に SIMA を利用している設計者が“どのような場面で SIMA を利用しているか”アンケート調査した結果を示す。SIMA を利用している回答者の 80%以上が縦断図の作成や横断図の作成に利用していることが明らかになった。さらに、図-15に“道路線形と関連付けた縦横断データを提供した場合、設計が効率化されるか”のアンケート調査結果を示す。回答者の 55%以上が設計を効率化できると考えていることが明らかになった。

図-16に“道路中心線形と関連づけた路線測量(縦横断面)データにより効率化される作業”のアンケート調査結果を示す。図に示すとおり、道路線形と関連付けた縦横断データを提供した場合、設計が効率化されると回答した者のうち 70%以上が縦断図の作成と横断図の作成が効率化されると考えていることが分かった。

b) 考察

これらの調査結果から、道路中心線形と関連付けた路線測量(縦横断面)データの流通は、ニーズがあることが分かった。路線測量(縦横断面)データの流通を促進するためには、データの標準化を行う必要がある。

Q:設計作業における SIMA の利用状況について

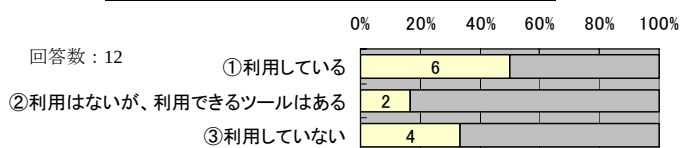


図-13 SIMA の利用状況について

Q:どのような場面で SIMA を利用しているか

回答数: 6 (SIMA を利用している人)

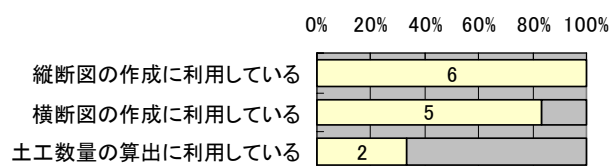
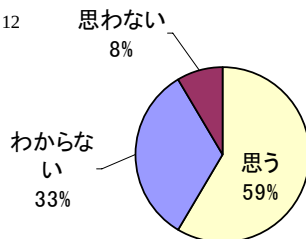


図-14 SIMA の利用場面について

Q:道路線形と関連付けた縦横断データにより設計が効率化されるか

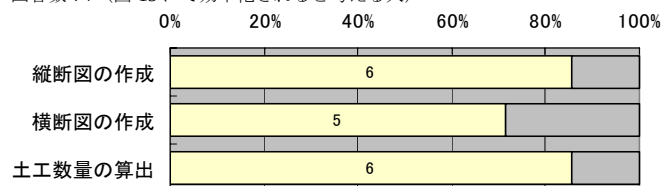
回答数：12



図－１５ 道路線形と関連付けた縦横断データ提供による設計効率化

Q:道路中心線形と関連付けた路線測量データで効率化される作業

回答数：7 (図-15 にて効率化されると考える人)



図－１６ 道路中心線形と関連付けた縦横断測量データにより効率化される作業

(5) 調査結果のまとめ

拡張 DM による 3 次元地形データの流通の妥当性を評価するために、3 次元 CAD の利用環境調査、設計者の利用ニーズ調査、流通している地形データの内容調査、路線測量データの利用実態調査を行った。その結果、データの流通促進には、課題があるものの、拡張 DM で 3 次元地形データを流通させることの妥当性は高いことが分かった。

4. 3 次元地形データ流通にむけた課題整理

本研究では、地形データの実態調査結果を踏まえ、3 次元地形データの流通促進にむけた課題を整理した。

(1) 課題 1 3 次元地形データの流通に関する課題

地形測量成果フォーマットの拡張 DM による測量段階の電子納品が徹底できていない。また、設計者に測量成果が貸与されていないことがある。このことから、地形データが流通していない。

(2) 課題 2 3 次元地形データの作成に関する課題

道路設計の利用に即した 3 次元地形データが現状の測量成果に含まれていない、品質に関する課題が顕在している。これらのことが、設計段階における測量成果の 3 次元地形データの利用促進の障害となっている。

(3) 課題 3 路線測量データに関する課題

現状では、国土交通省において、路線測量成果（縦横断面図）の電子納品フォーマットが定められていない。このため、3 次元 CAD などを用いた高度なデータ利用ができない。予備設計 B や詳細設計への 3 次元設計の利用拡大を想定すると、路線測量データを設計で高度

利用できるデータとして流通させる仕組みが必要である。

5. 課題を解決するための提言

本研究では、3 次元地形データを流通させ、設計段階の効率化を図るために実態を調査した。その結果を基に、測量段階から設計段階へ拡張 DM で 3 次元地形データを流通させることの妥当性を評価し、3 次元地形データの流通における課題を整理した。これらの課題を解決することで、拡張 DM による 3 次元地形データの流通の促進に寄与する。

本研究では、3 次元地形データ流通の課題の解決に向けて、次の 3 つのことを提言する（図－１７）。

- 提言 1 3 次元設計を意識した電子納品ルールの徹底
- 提言 2 3 次元地形データ作成仕様の策定
- 提言 3 路線測量データの標準化

(1) 3 次元設計を意識した電子納品ルールの徹底

拡張 DM は、地形測量における電子納品のデータフォーマットとして文献 6) に定められている。また、設計段階で利用する 3 次元 CAD にも対応している。そこで、地形測量の成果は、拡張 DM ファイルで必ず電子納品する。設計段階で発注者が拡張 DM で作成された 3 次元地形データを設計者に確実に貸与する。電子納品および資料貸与の規則による運用の徹底が肝要である。

(2) 3 次元地形データ作成仕様の策定

流通させるデータフォーマットに関係なく、3 次元地形データに不足やエラーがある場合は、設計者からデータ自体の信頼性を得ることができず利用されない。

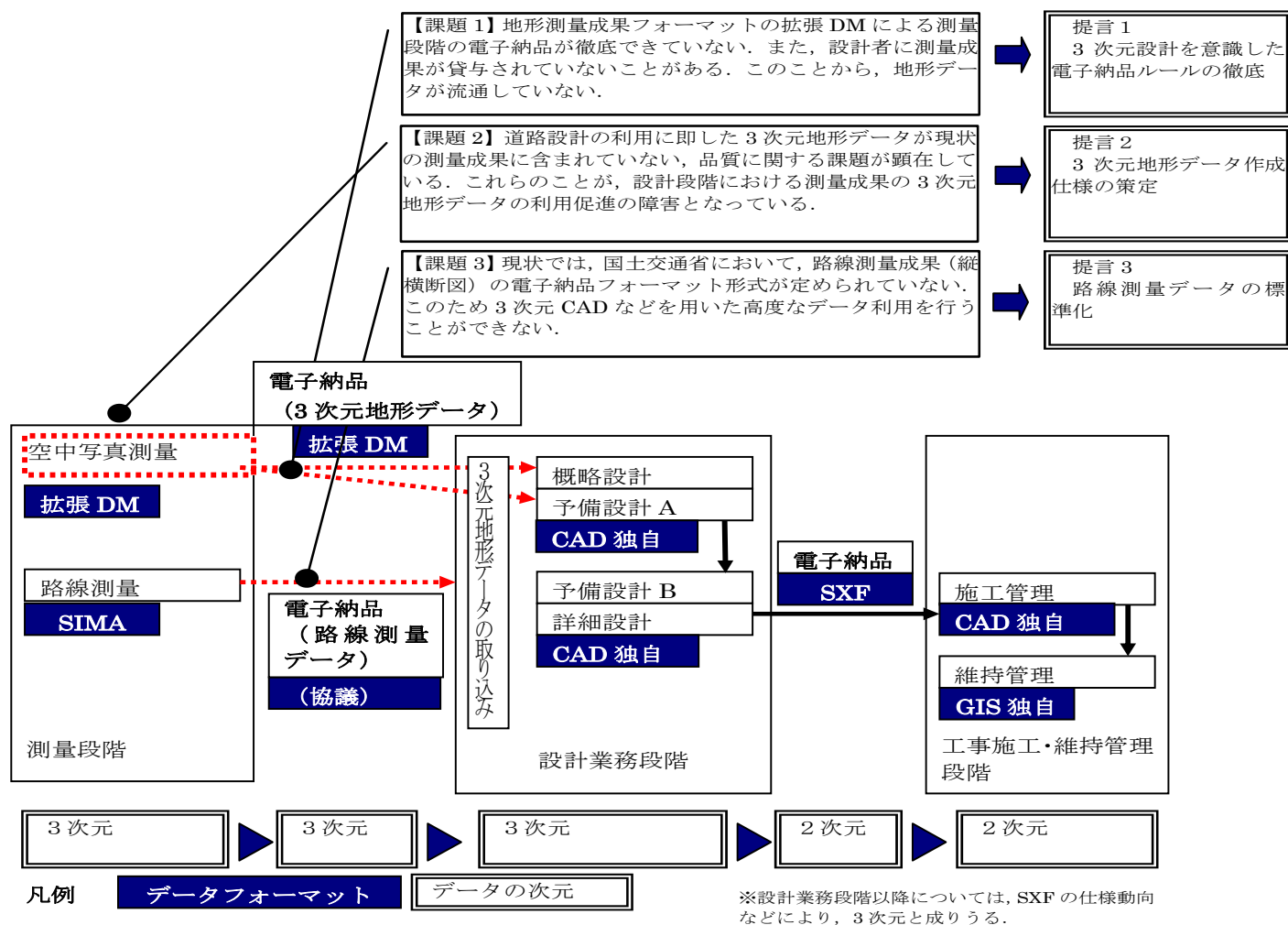
そこで、道路設計に利用するための 3 次元地形データを作成するための方法、手順の規定化やエラーをチェックするツールの開発が必要である。

(3) 路線測量データの標準化

路線測量による縦横断面データを標準化し、電子納品フォーマットとして規定する必要がある。3 次元 CAD などでデータを高度利用するためには、道路中心線形と関連付けて定義される必要があるが、筆者らが研究している「道路中心線データ交換標準¹¹⁾」との連携も考慮して標準化することで、より効率的な 3 次元設計が可能となる。

6. 3 次元地形データ作成仕様の検討

本研究では、前章にて述べた提言 2 の具体策として、道路設計のための 3 次元地形データの作成方法や手順を定めた「道路設計用 DM データ作成仕様」を検討した。



図－１７ ３次元地形データの流通に関する課題と提言

(１) 拡張 DM による地形データの流通

既存の取り組みとして、旧日本道路公団では「デジタル地形データ作成要領（案）¹²⁾」を作成している。この要領では、CAD フォーマットである SXF での提出を前提としている。

一方、本研究では、拡張 DM を前提にしたデータ流通に着眼している。CAD フォーマットと比較して、拡張 DM をフォーマットとした場合、分類・区分コードを用いて地形や地物を表現できる利点がある。例えば、CAD のフォーマットでは、等高線で表現しにくい急斜面や崩土などの変形地を、地図記号としての 2 次元の図柄で表現するが、拡張 DM では、変形地を分類コードで表現できる他に、上端線、下端線等の区分コードを設定することで変形地の高さを表現でき、必要な地形の 3 次元形状を正しく設定し、流通させることができる。

(２) ３次元地形データ作成の要件

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検討し、次の結論を得た。

- ・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。

(３) 道路設計用 DM データ作成仕様の検討

本研究では、これまでの検討成果を基にして、「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－４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。

設計段階からの重要な要件である高さ情報の規定については、表－５のとおりである。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⁹⁾」および「拡張デジタルマッピング実装規約（案）⁸⁾」

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。

7. あとがき

本研究では、道路設計の効率化に向けて、地形測量成果である拡張 DM ファイルを設計段階へ直接流通させることによる妥当性を評価した。具体的には、現状の 3 次元地形データの“3 次元 CAD の利用環境”や“設計者の利用ニーズ”、“地形データの内容”の実態、および路線測量データの“データ利用状況”の実態を調査した。

その結果、測量段階から設計段階へ流通させる 3 次元地形データのデータフォーマットとして、拡張 DM を採用することは、妥当であることが明らかになった。

さらに、3 次元地形データの流通促進のための課題を調査結果から抽出し、解決策として 3 次元設計を意識した電子納品ルールの徹底、3 次元地形データ作成仕様などの検討、路線測量データの標準化に関する提言を行った。

これらの提言に基づいて取り組むことで、3 次元地形データに関する課題が解決していくと考える。その結果、3 次元地形データが測量段階から設計段階へ流通し、設計段階における 3 次元地形データの入力作業や修正作業の省力化に繋がる。また、道路設計における 3 次元設計の利用範囲が広がり、さらなる設計業務の効率化に寄与する。

さらに本研究では、提言の一つである 3 次元地形データ作成仕様などの策定の具体策として、「道路設計用 DM データ作成仕様」を検討した。作成仕様の検討にあたっては、測量業務の効率化を目的に、本研究にて調査した 3 次元地形データの利用場面（用途）から 3 つの作成レベルを設定した。この作成仕様に基づいて運用することにより、設計段階の要件に応じた 3 次元地形データが測量段階にて作成することができる。

今後は、本研究の取り組みで得た知見を基にして、道路設計用 DM データ作成仕様の標準化や路線測量データの標準化検討を引き続き行っていく予定である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、国際航業（株）鈴木亘氏、大日本コンサルタント（株）新井伸博氏、朝日航洋（株）津留宏介氏には、貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

表－4 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（形状が急激に変化する道路外縁線や勾配が急に変わる地形の稜線など、地形の特徴的な線）として取得する。	・ <u>3 次元 CAD を活用した道路設計</u> ・ 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）。	・ <u>家屋の 3 次元表現</u>による、より高度な CG 作成の基礎データとして利用 ・ <u>GIS を活用した道路設計</u> ・ 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。 ただし、次の項目は取得対象外とした。 1.境界（都道府県界など） 2.記号（建物記号など） 3.線形図、用地の三斜線 4.トンネル内の道路・鉄道 5.地下横断歩道、地下通路など 4.および 5.は、可能であれば高さ情報を取得しても良い。	・ <u>現実感のある CG 用データ</u>として利用 ・ 土地利用区分を考慮した 3 次元地形表現

表－５ 高さ情報を取得する地形・地物

大分類	分類	分類コード	項目	図形区分	デ→	高さ情報（○は必須）			参考 JH 要領 ※1	
						レベル1	レベル2	レベル3		
境界等	境界	1101	都府県界	(境界線)	線	—	—	—	—	
		1102	北海道の支庁界	(境界線)	線	—	—	—	—	
交通施設	道路	1103	郡市・東京都の区界	(境界線)	線	—	—	—	—	
		1104	町村・指定都市の区界	(境界線)	線	—	—	—	—	
		2101	真横道路(街区線)	(緑線)	線	○	○	○	○	
		2102	軽車道	(中心線)	線	○	○	○	—	
		2103	徒歩道	(中心線)	線	○	○	○	○	
		2106	庭園路等	(緑線)	線	○	○	○	○	
		2107	トンネル内の道路	(緑線)	線	任意	任意	任意	—	
		2109	建設中の道路	(緑線)	線	任意	任意	—	—	
		道路施設	道路橋(高架部)	(緑線)	線	○	○	○	区分無	
	21 (高欄)			面	任意	任意	○	○		
	22 (橋脚)			線	任意	任意	○	○		
	23 (親柱)			面	任意	任意	○	○		
	2204			木橋	(緑線)	線	任意	任意	○	—
	2205			徒橋	(中心線)	線	任意	任意	○	—
	2206			栈道橋	(緑線)	線	○	○	○	区分無
	22 (橋脚)			線	任意	任意	○	○		
	2211			横断歩道橋	(外周)	面	任意	任意	○	—
	2212			地下横断歩道	(外周)	面	任意	任意	任意	—
	2213		歩道	(車道との界)	線	任意	任意	○	—	
	2214		石段	(緑線)	線	任意	任意	○	—	
			11 (上端部)	線	任意	任意	○	○	—	
			12 (下端部)	線	任意	任意	○	○		
			99 (階段線)	線	任意	任意	○	○		
			99 (階段線)	線	任意	任意	○	○		
	2215		地下街・地下鉄等出入口	(外周)	面	任意	任意	○	—	
			99 (階段線)	線	任意	任意	○	○	—	
			2219	道路のトンネル	(真形 極小)	面・線 方向	任意	任意	○	—
2221	バス停		(位置)	点	任意	任意	○	—		
2222	安全地帯		(外周)	面	任意	任意	○	—		
2226	分離帯		(外周)	面	任意	任意	○	—		
2227	駒止		(緑線)	線	任意	任意	○	—		
2228	道路の雪覆い等		(外周)	面	任意	任意	○	—		
2231	側溝 U 字溝無蓋		(緑線)	線	任意	任意	○	—		
2232	側溝 U 字溝有蓋		(緑線)	線	任意	任意	○	—		
2233	側溝 L 字溝		(緑線)	線	任意	任意	○	—		
2234	側溝地下部		(緑線)	線	任意	任意	○	—		
2235	雨水井	(外周)	面	任意	任意	○	—			
2236	並木井	(外周)	面	任意	任意	○	—			
2238	並木	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2239	植樹	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2241	道路情報板	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2242	道路標識案内	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2243	道路標識警戒	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2244	道路標識規制	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2246	信号灯	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2247	信号灯専用ボールのないもの	(位置と向き)	方向	任意	任意	○	—			
2251	交通量観測所	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2252	スノーボール	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2253	カーブミラー	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2255	距離標(km)	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2256	距離標(m)	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2261	電話ボックス	(外周・位置)	面・点	任意	任意	○	—			
2262	郵便ポスト	(位置)	点	任意	任意	○	—			
2263	火災報知器	(位置)	点	任意	任意	○	—			
鉄道	2301	普通鉄道	(レール)	線	○	○	○	○		
	2302	地下鉄地上部	(レール)	線	○	○	○	○		
	2303	路面電車	(レール)	線	○	○	○	○		
	2304	モノレール	(中心線)	線	○	○	○	○		
	2305	特殊鉄道	(レール)	線	○	○	○	○		
	2306	索道	(中心線)	線	任意	任意	○	—		
	2309	建設中の鉄道	(外周)	面	任意	任意	○	—		
	2311	トンネル内の鉄道・普通鉄道	(レール)	線	任意	任意	任意	—		
	2312	地下鉄地下部	(レール)	線	任意	任意	任意	—		
	2313	トンネル内の鉄道・路面電車	(レール)	線	任意	任意	任意	—		
2314	トンネル内の鉄道・モノレール	(レール)	線	任意	任意	任意	—			
2315	トンネル内の鉄道・特殊鉄道	(レール)	線	任意	任意	任意	—			
鉄道施設	2401	鉄道橋(高架部)	(緑線)	線	○	○	○	○		
	22 (橋脚)	線	任意	任意	○	○	区分無			
		(外周)	面	任意	任意	○		○		
	2412	地下通路	(緑線)	面	任意	任意	○	—		
	2419	鉄道のトンネル	(真形 極小)	面・線 方向	任意	任意	○	—		
	2421	停留所	(外周・位置)	面・点	任意	任意	○	—		
	2424	プラットホーム	(外周)	面	任意	任意	○	—		
	2425	プラットホーム上屋	(外周)	面	任意	任意	○	—		
	2426	モノレール橋脚	(外周)	面	任意	任意	○	—		
	2428	鉄道の雪覆い等	(外周)	面	任意	任意	○	—		
線形図	2501	IP (IP杭)	(位置)	点	—	—	—	—		
	2502	IP方向線	(方向線)	線	—	—	—	—		
	2503	主要点(役杭)	(位置)	点	—	—	—	—		
	2504	中心点(中心杭)	(位置)	点	—	—	—	—		
	2505	中心線	(直線区間)	線	—	—	—	—		
			(円弧区間)	円弧	—	—	—			
			(クワッド区間)	線	—	—	—			
	2506	その他の路線結線	—	線	—	—	—	—		
	2507	役杭引出線	—	線	—	—	—	—		
	建物等	建物	3001	普通建物	(外形)	面	任意	任意	○	—
31 (中庭)			面	任意	任意	○	○			
32 (棟割線)			線	任意	任意	○	○			
33 (階層線)			線	任意	任意	○	○			
34 (階段)			面	任意	任意	○	○			
99 (階段線)			線	任意	任意	○	○			
35 (ボーナ 最上部 ^(※))			属性	任意	任意	○	○			

表－５ 高さ情報を取得する地形・地物（続き）

大分類	分類	分類コード	項目	図形区分	データ	高さ情報（○は必須）			参考JH要領※１
						ℓ' # 1	ℓ' # 2	ℓ' # 3	
水部等（続き）	水部に関する構造物（続き）	5227	せき	11（上流部） 12（下流部） 99（非越流部）	線 線 線	任意 任意 任意	任意 任意 任意	○ ○ ○	—
		5228	水門	（外周・位置）	面・点	任意	任意	○	—
		5231	不透過水制	（直じ） 11（上端線） 12（下端線）	線 線 線	任意 任意 任意	任意 任意 任意	○ ○ ○	—
		5232	透過水制	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5233	水制水面下	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5235	根固	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5236	床固陸部	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5237	床固水面下	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5238	蛇籠	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5239	敷石斜坂	（外周）	面	任意	任意	○	—
		5241	流水方向	—	方向	—	—	○	—
		5255	距離標	（位置）	点	任意	任意	○	—
		5256	量水標	（位置）	点	任意	任意	○	—
土地利用等	法面	6101	人工斜面	11（上端線） 12（下端線）	線 線	○ ○	○ ○	○ ○	○
		6102	土堤	11（上端線） 12（下端線）	線 線	○ ○	○ ○	○ ○	○
		6110	被覆	（直じ） 11（上端線） 12（下端線）	線 線 線	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○
		6111	コンクリート被覆	（直じ） 11（上端線） 12（下端線）	線 線 線	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○
		6112	ブロック被覆	（直じ） 11（上端線） 12（下端線）	線 線 線	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○
		6113	石積被覆	（直じ） 11（上端線） 12（下端線）	線 線 線	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○	○
		6121	法面保護（網）	（外周）	面	○	○	○	○
		6122	法面保護（モルタル）	（外周）	面	○	○	○	○
		6123	法面保護（コンクリート柵）	（外周）	面	○	○	○	○
	構囲	6130	さく（未分類）・かき	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6131	落下防止さく	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6132	防護さく	26（ガードレール） 27（ガードパイプ）	線 線	任意 任意	任意 任意	○ ○	—
		6133	遮光さく	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6134	鉄さく	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6136	生垣	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6137	土圍	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6140	へい（未分類）	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6141	堅ろうへい	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6142	簡易へい	（中心）	線	任意	任意	○	—
	諸地	6201	区域界	（界線）	線	任意	任意	○	—
		6211	空地	（記号位置）	点	—	—	—	—
		6212	駐車場	（記号位置）	点	—	—	—	—
		6221	噴火口・噴気口	（記号位置）	点	—	—	—	—
	場地	6222	温泉・鉱泉	（記号位置）	点	—	—	—	—
		6223	陵墓	（記号位置）	点	—	—	—	—
	植生	6301	植生界	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6302	耕地界	（中心）	線	任意	任意	○	—
		6311	田	（記号位置）	点	—	—	—	—
		6312	はす田	（記号位置）	点	—	—	—	—
		6313	畑	（記号位置）	点	—	—	—	—
	等高線	7101	等高線（計曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7102	等高線（主曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7103	等高線（補助曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7104	等高線（特殊補助曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7105	凹地（計曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7106	凹地（主曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7107	凹地（補助曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7108	凹地（特殊補助曲線）	（等高線）	線	○	○	○	○
		7199	凹地（矢印）	（記号位置）	方向	—	—	—	—
	変形地	7201	土がけ（崩土）	11（上端線） 12（下端線） （記号位置）	線 線 点	○ ○ —	○ ○ —	○ ○ —	—
		7202	雨裂	11（上端線） 12（下端線）	線 線	○ ○	○ ○	○ ○	—
		7203	急斜面	11（上端線） 12（下端線）	線 線	○ ○	○ ○	○ ○	—
		7206	洞口	（記号位置）	点	任意	任意	○	—
		7211	岩がけ	11（上端線） 12（下端線） （記号位置）	線 線 点	○ ○ —	○ ○ —	○ ○ —	—
		7212	露岩	（界線）	線	任意	任意	○	—
		7213	散岩	（界線・位置）	線・点	任意	任意	○	—
		7214	さんご礁	（界線）	線	任意	任意	○	—
	基準点	7302	水準点	（位置）	点	○	○	○	○
		7303	多角点等	（位置）	点	○	○	○	○
		7304	公共基準点（三角点）	（位置）	点	○	○	○	○
		7305	公共基準点（水準点）	（位置）	点	○	○	○	○
		7306	公共基準点（多角点等）	（位置）	点	○	○	○	○
		7307	その他の基準点	（位置）	点	○	○	○	○
		7308	電子基準点	（位置）	点	○	○	○	○
		7309	公共電子基準点	（位置）	点	○	○	○	○
		7311	標石を有しない標高点	（位置）	点	○	○	○	○
		7312	図化機測定による標高点	（位置）	点	○	○	○	○

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．
- 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) 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．
- 4) 山崎元也，本郷延悦，高橋広幸，安達伸一，大友正晴，加藤哲：デジタル地形データの道路設計CADへの活用と今後の展開，土木計画学研究・講演集，Vol.23-2，pp.821-824，2000年11月
- 5) 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
- 6) 国土交通省：測量成果電子納品要領（案），2004年6月
- 7) 建設情報標準化委員会：拡張DM-SXF変換仕様（案），2006年6月．
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 日本測量機器工業会：SIMAフォーマット，測量データ共通フォーマットver.04，2006年8月
- 11) 国土交通省国土技術政策総合研究所：道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線形編 Ver.1.0，国土技術政策総合研究所資料，No.371，2007年1月
- 12) 日本道路公団：デジタル地形データ作成要領（案），2005年4月．

（2007.5.18受付）

※1 文献12）デジタル地形データ作成要領（案）における取得が必要な高さ情報