

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

山崎元也¹・本郷廷悦²・高橋広幸³・安達伸一⁴・大友正晴⁵・加藤哲⁶

¹正会員 日本道路公団 試験研究所技術情報課長 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

²日本道路公団 試験研究所技術情報課課長代理 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

³正会員 日本道路公団 試験研究所技術情報課 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

⁴正会員 国際航業株式会社 技術センター技術企画室長 (〒102-0085 東京都千代田区六番町 2)

⁵正会員 国際航業株式会社 東日本事業本部コンサルタント事業部部长
(〒102-0075 東京都千代田区三番町 5)

⁶国際航業株式会社 東日本事業本部空間情報事業部課長 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 3-6-1)

道路設計においてCADを使う際、DMが地形データとして使えないことが課題となっている。これは、DMが必ずしも設計CADでの活用を目的に作成されたものではないことに起因している。

ここでは、測量成果としての地形情報を次の事業プロセスで再利用することを前提に、DMに付加すべき仕様を具体的に提案する。この新しいDM仕様に基づき実際の測量や設計業務を対象に実証フィールド実験を行い、提案の妥当性及び設計業務における具体的な効果について述べる。地形情報をデータとして設計CADに直接取りこむことで、設計業務における地形図電子化作業の省略などの効率化とともに品質の確保を図ることが可能となり、今後は3次元設計への拡張、GIS、CGへの活用などの高度利用への展開が図れることになる。

Key Words: digital photogrammetry, CAD, CALS, GIS, CG

1. はじめに

CALS構想は、業務の各プロセスで扱う情報を標準に基づいて電子化することにより、すべての事業プロセスで共有・再利用し、効率的な事業執行と総事業費の縮減を実現するものである。

建設の分野において地形情報は最も基本的な要素であり、建設CALSの実現にあたっては標準化された空間情報の活用がキーポイントである¹⁾。

地形図のデジタル化は「建設省公共測量作業規程第4編数値地形測量」^{2), 3), 4)} (以下、公共測量作業規程という) の定めに基づき従前より進められてきている。この規程に則り作成されたデジタル形式のデータ (以下、DMという) を直接的に設計CAD上に共有・再利用することは、まさに建設CALSの入り口ともいえる。しかしながら、これまで一般的にはDMを道路設計CADに取り込むことはできない、難しいといわれてきていた。これは主にDMとCAD間のデータ変換方式に起因していた。さらに根本的な原因は、DMの仕様は地図として

の汎用的な利用、表現を目的としており、データを利用する側 (このケースでは道路設計者) からの要求仕様を考慮したものではないことにある。なお、以下論文ではこのDMと区別を明確にするため、新たに提案する電子化された地形情報を「デジタル地形データ」という。

一方、設計での利用を目的に地形図をデジタル化する手法として、数値地形モデル (以下、DTMという) に関する研究が行われている^{5), 6)}。文献5) では、道路設計に利用する上でDTMの有用性が示されているが、公共測量作業規程ではDTMから等高線を生成することを認めていないため、公共の事業の中ではDTMを実用化できない点を問題としてあげている。また、文献6) では、空中写真図化した地形図を補備測量に基づくDTMを使ってコンピュータ上で修正する方法を取り、これを道路設計CADで使用し十分精度の高い成果を得ることは可能である、としている。しかし文献5) と同様に等高線を描き出した平面図を作成できないことが問題として示されている。(ここでの補備測量とは空中写真に写らない箇所、計画上の主要コントロールポイントなどを

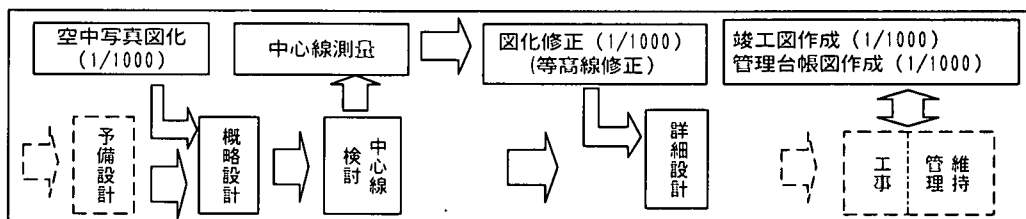


図-1 道路事業における測量成果の流れ

現地で測量することをいう)。

そこで本論文は日本道路公団(以下、JHという)の事業のうち道路設計段階における設計CADでの活用を可能とし、公共測量作業規程の範囲内で作成できるデジタル地形データの仕様を提案する。そのうえで地形図作成から設計業務での実証成果による検証を行う。さらにデジタル地形データを利用した、地理情報システム(以下、GISという)による高度化、コンピューターグラフィックス(以下、CGという)への活用拡大への提案を行うものである。

2. 調査設計段階での地形情報の現状と問題点

(1) 空間情報標準化の動向

a) 国際的動向

国際標準化機構(以下、ISOという)では、1994年にISO/TC211を設置し、地理情報の標準化を検討している。

地理情報標準とは地球上の実世界をコンピュータで扱うことができる模式的な空間データとして表現するためのものである。すなわち、地球上の位置と結び付けられた地物がある基準に基づいて分類・整理し、空間データをその集合ととらえる。さらに、地物に空間参照(空間属性)、時間参照(時間属性)、空間特性(主題属性)などの属性(まとめて「地物属性」という)を与えることで実世界を表現する取組みが、情報処理技術を活用しながらなされている。

b) 国レベルでの取組み

建設CALS/ECを背景に、建設省土木研究所を中心に建設省総合技術開発プロジェクトの場で“調査設計段階”の地形データのあり方が議論された⁷⁾。また国土地理院では平成10年度建設省官民連帯共同研究「GISの標準化に関する調査：1998」により、GIS用地形データの精度標準「地理情報標準(第一版)」等を報告した。

また平成12年度建設省官民連帯共同研究「新しい体系のデジタルマッピング技術に関する研究：2000」において事業分野におけるDMの有効利用に関する規程の

策定を始めている。

c) JHにおける建設CALSへの取組み

JHではこれまで建設CALSへの取組みとして設計図面の電子標準化を進めてきており、「CADによる図面作成要領(暫定案)^{8), 9)}」を定め実証してきた。これは単に製図情報のみの電子化であり、地形情報の電子化は課題として残したままであった。このため、設計データとの交換・連携に重点をおいた。地形情報について検討を加えているところである。ライフサイクルにおいて測量作業は図-1に示すようにその各段階で実施される。上流側の調査段階で取得する地形情報は下流側の設計には最も基礎的で不可欠な情報であり、さらに工事や維持管理段階でも再利用される。地形情報を電子化することにより、計画・設計段階では次の効果を得ることができ

- ①地形の読み取り、転写などによる労力・時間の縮減、ヒューマンエラーの防止
- ②図面の加工が容易でかつ常に精度が確保できる
- ③GISの活用により解析・判断が容易となり設計の高度化が図れる
- ④3次元設計への拡張によるCG等判りやすい視覚的表現が期待できる

(2) DMを道路設計に利用するうえでの問題点

a) DMの特質

公共測量作業規程に則り、一般的に空中写真からDMを作成する際の地形・地物などの数値化とは、図化機を通して読み取った情報を線(等高線、道路線など)や文字・記号(等高線上の標高標記、地名など)として紙の上にコンピュータを用いて描くことを主目的としている。この目的のためにはデータは2次元(X, Yのみ)で十分であり、測量作業者は最終成果作成時にはデータ量削減の意味からも高さの情報は不要としていた。例えばDMでの等高線には線の意味と位置の情報はあるが標高の情報は持っていない。

このようにDMは作図処理の効率化を目的としているため、各線分のデータ処理に関しても十分とはいえない。たとえば同一項目の線分(水田や宅地などの境界線)に非接合部が生じている場合、その構造化(ポリゴン・ポ

リライン化)が行えず、DMを地形データとして活用することに困難が生じる。(ポリゴンとは、閉じられた折線を境目とする面のこと、ポリラインとは、連続した折線のことをいう)

なお、これらのデータは、DMフォーマットと呼ばれるテキスト形式のデータ構造により格納される。DMフォーマットそのものは、データ形式が公開されているため、その内容の加工は行いやすい。

b) データの要求精度

公共測量作業規程では作成する地形データのレベル(縮尺)に応じた精度確保が要求されている。また、地形表現がアナログからデジタルへ移行する中で、新しいかたちの要求精度が考えられつつある。例えば後述する実証実験地区では空中写真図化によりレベル1000(縮尺1/1000)のデジタル地形データを作成したが、基準点(標定点)に必要な精度は、水平位置0.158m、高さ0.1mの範囲内となっている^{10), 11), 12)}。これら公共測量作業規程における要求精度は、地形図作成・地形測量のためのものである。一方、道路など事業分野での利用側からの要求精度の考え方はこれまでなかった。したがって今後事業用に用いる地形データを作成する上では、新たに要求精度を定義し地形の計測手法から考え直す必要がある。

近年測量分野で標準となったGPS(Global Positioning System)を用いた計測手法¹³⁾や、ジオイド値を使った高さ方向の補正等¹⁴⁾は、単独位置の絶対精度の向上を目指している。建設省ではこれら新しい観測技術を法制化・規程化し、より厳密な地形データ取得を目指す方向である。JHにおいてもこれらの情勢を踏まえ、3次元に対応すべく基準点の新たな精度を見据えた位置情報取得方法確立が課題となっている。

c) 設計側から捉えたDM

これまでほとんどの道路設計技術者は、DMには高さの情報がない、設計CADにデータを直接読み込む事は難しいとの判断から、設計に際してDMをデジタル情報としてCADに取り込んで活用することはなかった。これは(2)-a)で述べたDMの特質に対する設計技術者の理解不足や、DMとCADを繋ぐ中間フォーマットの未確立などが原因であった。

道路設計CAD上でDM活用を図ろうとする際には現状では以下のような事が問題としてあげられる。

- ①市販の道路設計CADではDMをそのままの形で読み込むことができない
- ②ペーパーロケーションによる縦横断設計を行うにあたり、地盤を展開するには、地表面を表わす高さの情報をDMに持たせる必要がある
- ③隣接する地物、例えば道路とその脇の側溝を設計上区

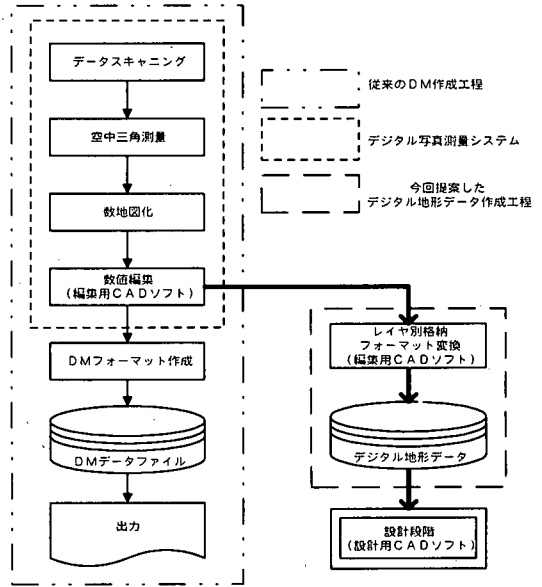


図-2 デジタル写真測量流れ図

分して認識する際、DMでは道路縁と側溝端のどちらか一方の情報が省略されている場合がある

- ④地類別(例えば宅地、水田、林など)に用地面積を求めようとする際、敷地界を表す線が閉じた領域を構成していない場合がある
- ⑤④と同様な設計上の要求に対して、山林と荒地との境など明確に判断できない境界は記号表示により曖昧なまま表現されており、閉じた領域となっていない

3. 道路設計で使うための新しいデジタル地形データ

道路設計では、平面的な地形、地理情報だけでなく縦断、横断方向の現況地形を拾って設計を進める。とくに、設計者は、地形の起伏、急な地形変化や特徴的な地形一崖、法面、道路路面、水路、堤防、棚田、造成地など一の高さ情報を含めて捉えている。なお、このような地形変化の境界線(例えば法肩線、法尻線、道路外縁線など)を「ブレイクライン」という。

JHでは公共測量作業規程を補足し、上記のような設計者の要求を考慮に入れ、道路設計CADでの利用を目的とした主に地形3次元データ取得のための暫定的な仕様「デジタル地形データ作成要領、暫定案: Ver.1.05」(以下、暫定要領という)を定めた。

空中写真測量によるDM作成とデジタル地形データ作成の一般的な工程の流れを図-2に示してある。

表-1 暫定要領におけるレイヤ

レイヤ名称	地図情報レベル	地形区分
DPLN_HICON	1000	等高線(計曲線), ブレークライン
DPLN_LOCON	1000	等高線(主曲線)
DPLN_POINT	1000	標高点
DPLN_EXIST	1000	2次元データ
DPLN_GRID	1000	グリッド線
DPLN_FRAME	1000	図郭
DPLN_EG_RASTER	1000	1/1000 地形図ラスタデータ

(1) デジタル地形データ作成の基本方針

作成にあたり基本的方針を以下のように定めた。

- ①設計CADと完全なデータ互換性を有する
- ②等高線・標高点及びブレークラインなど基本的な地形情報には高さを与える
- ③宅地、田畑などの敷地境界線は閉合するなど、データの取得方法についても新たな規定を設ける
- ④設計での活用を考慮したレイヤ設定を行う

(2) 道路設計が求める要求仕様

暫定要領の内容は以下の通り大きく4つに分けられる。

a) ファイル形式

DMでは、一般的に図-2に示すようにデジタル写真測量システムからDMデータファイルを作成し、以下の工程に引きわたす。一方暫定要領では図-2の右側に示すように、設計CADに直接渡せるようにするため、設計CADデータのファイル形式とした。この場合設計CADで利用できるようにDMのファイル仕様を拡張して渡すことも考えられるが、次の利点から設計CADのデータファイル形式を採用した。

- ・測量工程の数値編集で使用する編集用CADと設計で使用するCADが同じ汎用CADをベースとしている場合、データ変換の必要がない
- ・測量と設計それぞれで使用するCADが異なる場合であっても中間的ファイルフォーマット(DXF)を介してデータの交換が可能である

b) 取得次元

原則として、地形情報の取得に関しては、等高線、標高点は3次元で取得する(高さ情報を与える)。さらに、道路、宅盤、田畑など比較的水平的な土地に関しては等高線の間隔が広がるため、それらの境界線等ブレークラインも3次元データとすることとした。なお、それ以外の家屋、生垣、記号、文字などは2次元とした。

c) レイヤ

暫定要領におけるレイヤ区分は、データ活用での簡便性の観点から最小限に設定し、計曲線とブレークライン、



図-3 デジタル地形データによる平面図の例

主曲線、標高点、2次元データ、グリッド線および図郭それぞれに設定されている。これらのレイヤ設定に関しては、「CADによる図面作成要領(暫定案)」に適合させている。したがって、レイヤに設定される線種および線色に関してはこれを参照させている。レイヤの分類は表-1にまとめた。

d) 座標系

座標系は公共座標系を用い、CAD上でこれを表現する場合の方法に関しては「CADによる図面作成要領(暫定案)」に従うこととした。

なお先に述べた通り、公共座標系自体の精度の問題や、今後、準拠楕円体の変化に伴う成果の改正なども予想されることから、再計算などの後処理に対応した観測記録の保持等を徹底した。

(3) 実証フィールド実験

a) 実証フィールド実験の概要

実証フィールド実験の対象は、以下4地区である。

- ・東北中央自動車道 高島町～上山
延長 11.2km, 幅 500m, 面積 5.6km²
- ・中部横断自動車道 八千穂～佐久南
延長 14.7km, 幅 500m, 面積 7.4km²
- ・中国横断自動車道 新宮～山崎
延長 13.7km, 幅 500m, 面積 6.8km²
- ・東九州自動車道 北郷～日南
延長 8.1km, 幅 500m, 面積 4.0km²

この4地区では、JHの道路概略設計で標準的に使用される縮尺1/1000の地形図を空中写真図化により作成した。実験結果の一例として、中部横断自動車道の平面図を図-3に示す。

以下の事項を主な検証項目とした。

- ①数値図化段階における取得項目の検証
- ②数値編集段階でのアンダー・オーバーシュート等の処

理及び効率化の検証（アンダー・オーバーシュートに関しては（４）-b）に記述）

③取得項目の格納レイヤに関する利便性

④補備測量による地形データ取得とデジタル地形データとの整合（この場合補備測量とは空中写真撮影後の現地経年変化箇所を測量することをいう）

b) デジタル地形データ作成手法

暫定要領を踏まえ、デジタル地形データを道路概略設計用の3次元データとして加工するにあたり、これまでに行われてきたDMデータ作成方法と以下の点で異なる手法をとった。

- ・ 図化段階において、閉じたポリラインとすべき線分（田畑など）を設定しデータ化した
- ・ 編集段階で各線分についてレイヤや線種を分類し、X、Y、Z全てに対してマッチングやスムージングなどの処理を行った
- ・ 高さ方向に関する整合性の検証（等高線の精度・他の地物との相関関係等）についてはポリゴンを発生させる手法を用いて、線分が確実に閉合している事を確認した
- ・ CADでの設計を考慮し、レイヤや線種コードなどをCADソフトに対応した体系とし、さらに格納ファイルフォーマットも同様とした
- ・ 重なり合う線分、例えば垂直の塀上端と下端線などは視点を変えた二重処理をおこなった

暫定要領ではデジタル地形データをこのような方法で取得することにより、縦横断面を直接数値的にCAD上で読み取れることを想定し道路概略設計に有効に活用できる形式としている。

(4) 実証実験結果

a) 数値図化段階での取得項目の検証について

公共測量作業規程に則った従来のDM取得基準（レベル1000）によるデータの取得方法との比較において以下の問題が生じた。

① 記号の処理

記号は平面図には必要不可欠であるが、後工程のデジタルオルソフォトやCG作成時に使用するブレイクラインの対象として認識されてしまう場合がある。この場合地図記号が現実空間の情報と認識され、現地地形との相違が発生する。

今回デジタル地形データ作成時において、記号は上記理由により最小限度にする必要があった。今後デジタル化がさらに進んだ段階では、記号は各線分の属性で処理可能となり排除する方向となりうる。

② 等高線の処理

暫定要領では、等高線は高さを持ったポリラインで作成することと規定している。3次元表記など高さの表現

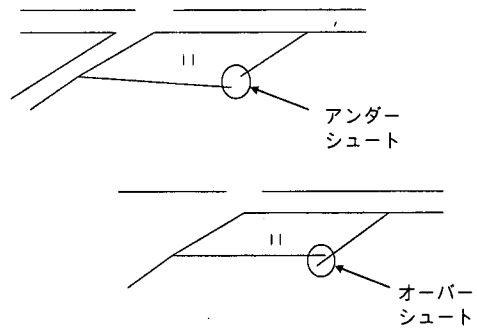


図-4 アンダーシュート・オーバーシュート

が必要な地形データでは、厳密な等高線の精度確保が必要である。さらに等高線が道路など他の地物と交差する点において、そのノードの高さを合致させる必要がある。この場合、図化段階における計測方法を従来の写真・絵柄から判断可能な平面による方法から、高さの基準を切り口とした取得方法も加えることが必要となるため、効率その他、経費面からも不利となる。等高線に関する処理は3次元を念頭に置いたデジタル地形データ作成時における最も考慮しなければならない項目である。

なお、将来的には等高線の高さの精度向上は、レーザープロファイリング技術などにより、精度・費用面から大幅な改善が期待できる。現状では研究段階であり、その実用化が待望される。

③ 閉じたポリライン

暫定要領の定めのうち、新規取得項目は、田畑等の境界を示す高さを持った、閉じたポリラインである。従来田畑は、耕地界や道路などの線分に囲まれた場所に記号によって区分された。デジタル地形データではこれらの判断を記号ではなく線分に持たせるため、田畑を囲む高さを持ったポリラインが必要となる。田については、等高であり囲われた地物であるため判断しやすい。一方、畑は不等高であり、また範囲を示す明確な地物がないことが多いため、閉じたポリラインで囲むことが難しい場合がある。徹底した現地調査や筆情報の活用による改善策で現状は判断した。

b) 数値編集段階における3次元処理及び効率化の検証

数値編集では等高線と他の地物との高さの整合を図ることが課題であった。ここではアンダーシュート・オーバーシュート（以下、UOSという）の処理を行うことを試みた。UOSを図に示すと図-4のようになる。UOSとは他の線分とのリンクがとれておらず、交わるべき線分に未到達（アンダーシュート）や超過してしまう（オーバーシュート）状態のことである。平面投影の2次元平面図であれば大きな問題はなかったが、閉じたポリラインを作成する場合などUOSをなくすことが課題になる。UOSをなくすためには線分の高さを合わせる

ことが重要である。そのためには、リンクする位置の真値を知る必要がある。現状では高さ方向の真値の精度は、写真計測方法では完全にリンクさせるまでには限界があり、道路設計用デジタル地形データ作成における最も困難な課題である。

c) 取得項目の格納レイヤに関する利便性

取得項目の格納時、レイヤの名称及び線種・線号に関しては明確な規程により処理する必要がある。汎用CADソフトでは、レイヤ名称の記述が限定されるものもあり、標準化された編集ソフトが存在しない。現状では、各工程ごとに対応したCADソフトに依存しているため、利便性を欠く結果となっている。

本研究においては、デファクトスタンダードと考えられているAutoCADをベースに考え、AutoCADのフォーマットに適應した形態で地形データの作成を行った。この結果DXF形式で若干の差異が見られたが、AutoCAD本来の形式であるDWGフォーマットでは殆ど問題は生じず、作成段階においては利便性その他に問題はなかった。

d) 補備測量とデジタル地形データとの整合

空中写真測量では影の部分など写真に写らない箇所や、経年変化により地形が撮影時に対し変化している場合等に、現地では補備測量を行う必要がある。補備測量で取得するデータも、デジタルで処理される。フォーマットは現在一般的にJSP-SIMA/DMが使われる。これはDMフォーマットに準拠した地上用測量機器の統一を図るためのものである。このフォーマットのデータをCAD上で編集し航測によるデータと整合させた。

(5) まとめ

暫定要領に従ってデータを作成することは十分可能であることが実証された。新しいデータ項目に対する測量作業の量的増加は、従来作業に比べて大きなものではないことが判明した。但し、等高線とブレイクラインの交差部における高さマッチングの困難さなど、今後技術的に解決すべき課題も残されている。測量作業の効率化を含めた課題解決のためには、作業手順の工夫と変更、データマッチングへの新たな基準づくりや自動化などが不可欠となる。

4. デジタル地形データを使った道路設計の実証実験

(1) 実証実験の概要

デジタル地形データ作成の実証実験対象となった4地区のうち、中部横断自動車道(八千穂から佐久南)を担当するJH佐久工事事務所では、暫定要領に基づき作成

されたデジタル地形データを用いて、「CADによる図面作成要領(暫定案)」に従い道路概略設計を実施した。デジタル地形データ活用により得られた効果、設計の過程で生じた課題については、設計を行ったコンサルタントにアンケート調査を実施した。

(2) デジタル地形データ活用による道路概略設計

実証実験の結果

a) 実験結果の概要

設計時における効率化及び発生した問題点に関する結果をまとめると次のとおりである。

①は設計作業の効率化、②、③は地形データ作成上の課題、④、⑤は設計CAD、交換フォーマットの課題と整理できる。

①設計の前工程で実施していた地形図を電子情報化する作業が省略できた

②地形データに僅かでもエラーがあると読み込み作業及び設計作業に支障をきたした

③橋梁箇所などでは橋面と、橋の下の地表面をデータ上混同し誤認する可能性がある

④市販されている設計CADの中には、3次元地形データを取り扱えないものがあり、必ずしも期待通りの良好な効果が得られていない

⑤道路設計CADの種類によっては、直接デジタル地形データを入力できないものがあつた

①に関して、デジタル地形データ活用の当初の目的は十分達成されたと考えられる。一般にコンサルタントが、道路概略設計時の地形データ作成に関わる作業の内、「地形読み込み」、「ベクターデータへの変換」、「3次元データ入力」、「データのチェック」といった3次元地形データ作成プロセスの削減が確認された。アンケートによると、各社数十万から百数十万円の経費が削減できたことが報告された。コスト削減効果の他に、今まで誤入力や読み込み時にあつたヒューマンエラーが無くなったことで品質の確保が図れたなども確認された。

②に関して、データ量が膨大であることから論理チェック方式の確立など、技術的な改善が望まれる。

③に関して、地形データの取得段階で現況地形を表現するレイヤ、構造物のレイヤに分類することにより、誤認の危険性を回避できる。

④、⑤、に関して、設計CADによっては、2次元と3次元データが混在するファイルやZ座標が同一レイヤに混在するファイルなどを正確に処理できないものがある。これについてはCADで扱う場合にデータを分割するなどの対処方法が考えられるが、個々の設計業務で異なるため基準化することは困難である。

b) まとめ

暫定要領によるデジタル地形データは、道路設計にお

表-2 レイヤ設定の修正案

レイヤ名称(修正後)	レイヤ名称(修正前)	地図情報 レベル	地形区分
DPLN_HICON	DPLN_HICON	1000	等高線(計曲線), 凹地含む
DPLN_HICON_SUB		1000	2次元の対象物と同じ範囲に存在する等高線(計曲線), 出図の対象とならない。
DPLN_HICON_HIDE		1000	ブレイクラインの対象物と同じ範囲に存在する等高線(計曲線), 出図の対象とならない。
DPLN_LOCON	DPLN_LOCON	1000	等高線(主曲線), 凹地含む
DPLN_LOCON_SUB		1000	2次元の対象物と同じ範囲に存在する等高線(主曲線), 出図の対象とならない。
DPLN_LOCON_HIDE		1000	ブレイクラインの対象物と同じ範囲に存在する等高線(主曲線), 出図の対象とならない。
DPLN_POINT	DPLN_POINT	1000	標高点
DPLN_EXIST	DPLN_EXIST	1000	2次元データ
DPLN_GRID	DPLN_GRID	1000	グリッド線
DPLN_FRAME	DPLN_FRAME	1000	図郭
DPLN_EG_RASTER	DPLN_EG_RASTER	1000	1/1000地形図のラスターデータ
DPLN_B-LINE	新規追加	1000	等高線, 標高点を除く3次元データ
DPLN_B-LINE_SUB		1000	上記と重複する箇所の補助データまたは2次元記号と同じ範囲にあり出図の対象とならないもの

いて当初の目的どおりに十分活用可能なことが実証された。道路設計専用のCADの種別にもよるが、多くのケースでは円滑なデータ取り込みが可能であった。その結果、設計作業としては着手段階での前処理作業であった地形図の電子化の工程を省くことでできたため効率化が図れるとともに、転記転写ミスなどによる品質の劣化を防ぐことも可能となった。課題としては、設計作業へのスムーズなデータ連携を図るためにはレイヤ設定の見直しが必要となった。

(3) デジタル地形データ作成要領(暫定要領)の修正 実験結果および考察から、暫定要領については、

- ① 測量作業で取得する対象地物とCADのレイヤの関係が不明確であった
- ② 編集作業の効率を考慮しつつ、設計段階の要求事項を満たすレイヤの細分化が必要である

以上の点を考慮して、レイヤに関しては表-2のように細分化修正し、大縮尺地形図図式で表示される対象地物ごとに線の色、取得次元、レイヤをそれぞれ定めることとした。

これにより、実証実験における暫定要領の問題点として挙げられた事項についての、当面の改善がなされるものと考えられる。

JHでは、以上の実証実験結果より暫定要領の改訂を進めており、設計においてより使い易く、見易いデータと測量段階での作業効率等に配慮すべく鋭意努力中である。また、従来の汎用CADから、3次元の地形データを活かした3次元の設計とその高度利活用を図るべく現在検討を進めているところである。

5. デジタル地形データの高度利用

今回の実証実験により測量調査から設計への連携については一定の成果が得られたと判断され、今後の高度利用への道も開けたと言える。既にGISによる高度な解析や管理、CGでの判り易いプレゼンテーションに使われる新たな地形データが作られており、実業務での有効性が確認されているところである。

(1) GISでの活用

GISは、空間データの管理、解析等を行うものであり、データベースとの連動によりその用途は無限に近いものがある。主要な機能としては、空間解析・分析・統計処理等の処理機能と重ね合せなどの表示機能を持ち、様々なシミュレーションによる予測、評価を行ったり、調査・計画支援ツール、各種管理システムなどとして活用されている。道路事業においても調査、計画段階から設計、施工、維持管理まで事業全般に亘るデータ管理を一元的に行えることから、JHの業務全般にわたって活用が期待できる。

デジタル地形データを、GISでの空間解析に活用するためには、地表面の凹凸、建物・工作物、土地利用、行政界などの構造化を検討し、ポリゴン化を図り、データに属性などの意味付けすることが必要となる。例えば道路計画・設計時周辺にある関連公共事業や公共施設文化財などをGIS上に展開することで、コントロールポイントの管理や協議等の支援に活かすことが可能になり、作業効率向上、人為的ミスの排除、品質の確保など多種多様な効果が期待できる。

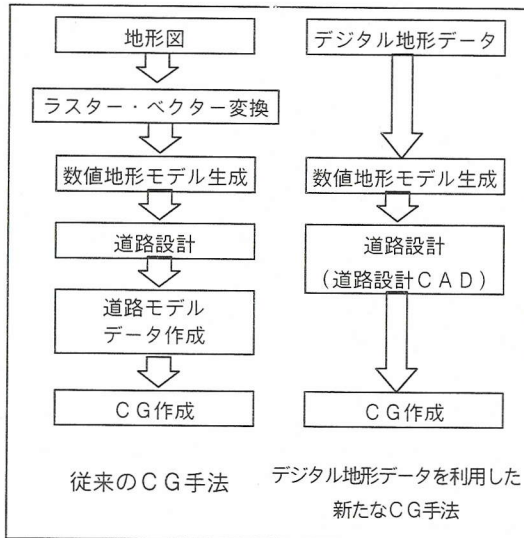


図-5 新たなCG手法

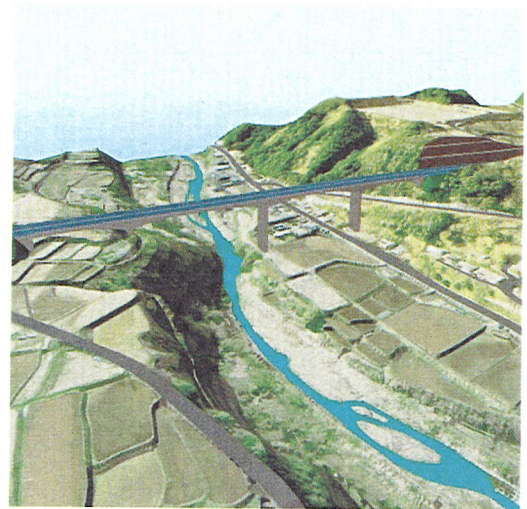


図-6 オルソフォトを用いたCG

(2) CGでの活用

従来のCG作成業務では、地形データをデジタル化するために、アナログの地形図からデジタル化あるいはスキャンしてラスタ・ベクター変換して生成してきた。そのため、多大の時間やコストを必要とし、CG作成費の高額化や製作時間の長期化の主な原因となっていた。しかし、今回生成されたデジタル地形データは、地形を現す3次元のCADデータである。このようなデジタル地形データがあれば簡単に数値地形モデルが生成できるため、設計での有効活用が図れるばかりでなく、CG作成での地形データとして利用することにより経費の削減が可能となり時間も短縮できるなど大きなメリットが享受できる。従来手法との相違を図-5に示す。

地元説明や関係機関協議など内外に説明することの多いJHでは、プレゼンテーションの必要性は高く、重要であると考えられている。しかし、地元住民は大半が土木事業、構造物についての認識は薄いため、より判り易いプレゼンテーションが求められ、CGの有効活用が大きく期待されているところである。

ところで、現在のデジタル地形データは、あくまでも地表面の再現に限っており家屋の屋根の高さまではあつかっていない。また、地表面の表現も従来は人工的あるいは写真からテクスチャーを貼りつけてリアリティな表現に努めていたが、必ずしも現地の色合いと完全に合致するものではない。そこで、より判り易い表現を行うためには、前者についてはデジタル地形データ取得時に建物の高さデータを取得しておきその高さを使って建物を立体的に表現したり、後者については空中写真を地形に貼りつけたオルソフォト画像を用いることにより実際の

現場をリアルに表現することを提案する。これらの手法を使うことにより、路線周辺地域をリアルに表現(仮想現実)することができ、一般住民でも理解を得やすく判り易い説明が可能となる。図-6は、デジタル地形データを利用したJH佐久工事(東京建設局)でのCG事例であり、オルソフォト画像上のCGが現実的であることが判る。

6. 今回提案手法の効果とまとめ

(1) 研究で得られた知見

今回、JHではデジタル地形データを設計CADに活用する目的を持って暫定仕様を定め、データ作成を実施するとともに、道路概略設計での利用実証実験によりその有効性を確認することができた。さらにこの過程で多くの知見を得ることにより、今後の展開する方向が明らかになってきた。

- ・建設CAL S化のもと、JHが暫定ながら初めてデジタル地形データ仕様を定めて実業務で検証した。
- ・デジタル地形データの利用により道路概略設計作業において効率化、コスト縮減、品質確保の実効が立証された。
- ・CGのモデル作成において新規に地形データを作成する必要がなくなり効率化が図れた。従来のCG作成作業では、地形及び背景のデジタル化作業に大きな時間と労力を要してきたが、デジタル地形データを使うことによりこの作業を大幅に省略することが可能となる。地形の複雑さやボリュームによってその作業量は大き

く異なるが、CG作成作業全体コストの2割から場合によっては4割程度のコストダウンが期待できる。

・設計作業ばかりでなく他の業務での活用も図れる可能性がある。

(2) 今後の予定

今後は、デジタル地形データの普及を図り設計CADばかりでなくCG、GISへ向けて利活用することを考えている。

- ・実証実験による知見をもとにJHはデジタル地形データ作成仕様を拡大改訂するとともに、今後全国的展開への方向を明確にする。
- ・今後は3次元設計を行なうことによりCGモデル作成が、迅速且つ簡単に作成可能となり、簡易レンダリング画像による設計確認もただちに行うことができる。
- ・さらにテクスチャマッピングを行うことで、精密かつリアルな仮想現実の世界を容易に作り出すことも可能となる。
- ・GISの分野においては、デジタル地形データの活用性の高さが期待されていることはJHでは周知のことである。今後デジタル地形データのGISでの活用可能性を検証する実証実験を行う予定である。
- ・従来、技術者が読み取って、紙の地図からの情報を理解判断していた内容を、すべてデジタル化のもとでコンピュータにより実施するため、新たに解決を図るべき課題も見えてきた。

7. おわりに

今回提案したデジタル地形データ仕様は、道路設計での利用を目的として、空間情報の一部である地形情報を設計CADで正確に表現し活用するためのものである。これに基づいて航測図化によるデジタル地形データを作成したうえで、道路概略設計を実施し、本案によるデータ作成が設計の省力化・効率化に繋がることを実証した。

今後測量業務で作成された地形データさらには3次元CADを利用することにより、作業がより安価で手軽なものとなり、付加価値の高い設計が行えるものとする。さらにデジタル地形データと図形に属性を与えてGIS、CGで活用するなど次世代のデジタル地形データの高度利用を示唆した。これを将来GIS用デジタル地形データ取得基準に発展させて行きたいと考える。

CGについては従来、紙地形図をデータ化する作業に対するウェイトが非常に大きくコスト増につながってきた。今後JHの測量業務で作成されたデジタル地形データを利用することによりCG作成の省力化・効率化に繋がると考える。

最後に、今までは我々は地形図から、様々な情報を読むと同時に解釈・判断をしてきた。この時、情報の中にあいまいなものがあっても、人間だから故の判断で問題が生じることは無かった。しかし、デジタル化の世界では、このあいまいさは、コンピュータではエラーとなってしまう、計算表現ができない。また、測量精度という許容範囲の概念が、デジタルの世界では大きな課題となり、関係者の理解と方策を早急に図っていくことが必要である。

謝辞：本論文を作成するにあたって、東京大学空間情報科学研究センター、柴崎亮介教授には有益なる議論、示唆をいただいた。ここにあらためて感謝いたします。

参考文献

- 1) 明野和彦：建設CALS/ECアクションプログラム、CALS Expo INTERNATIONAL 1997 論文集、pp.9-13、1997。
- 2) 建設省公共測量作業規程、(社)日本測量協会、1996。
- 3) 建設省公共測量作業規程解説と運用、(社)日本測量協会、1996。
- 4) 建設省公共測量作業規程記載要項、(社)日本測量協会、1997。
- 5) 村上修一、田中克則、加藤潔：JH技術業務におけるDTM(数値地形モデル)の活用に関する調査、日本道路公団試験研究所報告、Vol. 34、pp.191-200、1997。
- 6) 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。
- 7) 建設省土木研究所ほか：総合情報活用による建設事業の高度化技術に関する共同研究報告書、(7分冊の3)調査・設計積算段階の情報活用方策研究、pp.157-194、2000。
- 8) 田中克則、高橋広幸、加藤潔：建設CALSを旨とした道路設計図面の電子標準化に関する研究、土木情報システム論文集、Vol. 7、pp.49-56、1998。
- 9) 高橋広幸、山崎元也、本郷廷悦：橋梁設計におけるCAD図面仕様に関する研究、土木情報システム論文集、Vol. 8、pp.65-72、1999。
- 10) 寺木彰浩：空間情報の平面位置のエラーモデル — 空間情報の平面位置精度の推定 その1—、地理情報システム学会論文集「GIS—理論と応用—」、Vol. 8、pp.83-90、2000。
- 11) 寺木彰浩：最尤法による空間情報の平面位置の精度の推定 — 空間情報の平面位置精度の推定 その2—、地理情報システム学会論文集「GIS—理論と応用—」、Vol. 8、pp.91-98、2000。

- 12) 寺木彰浩：複数の空間情報の重ね合わせによる平面位置精度の推定 —空間情報の平面位置精度の推定 その3—, 地理情報システム学会論文集「GIS—理論と応用—」, Vol8, pp.99-106, 2000.
- 13) 海津優, 大瀧茂, 後藤勝：広基準点測量, 山海堂, pp.173, 1997.10.
- 14) Fukuda, Y., J. Kuroda, Y. Takabatake, J. Itoh and M. Murakami : *Improvement of JGEOID93 by the Geoidal Heights derived from GPS/Leveling Survey*, IAG Symposia, 117, Gra. Geo. and Mar. Geodesy, 589., 1997.

(2000.6.15 受付)

DIGITAL TERRAIN DATA SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY PLANNING AND DESIGN

Motoya YAMASAKI, Teietu HONGO, Hiroyuki TAKAHASHI, Shinichi ADACHI,
Masaharu OTOMO and Satoshi KATOU

Map digitizing has been done in design work, but originally it should be done in surveying work. And it must be carried out based on the rules of map digitizing in the rules of public surveying work under proper control of precision, but there is not clear specification and technique. In this paper, the concrete specification and technique that the geographical information that is a surveying result on the assumption that it is taken over to the next project process and used again is made as the digital data is propose