

3次元設計データ交換標準の開発

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 室長 金澤 文彦
Fumihiko Kanazawa

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 青山 憲明
Noriaki Aoyama

1 はじめに

ICTの急速な進展により、製造業などでは3次元CADによる設計・製造（CAD・CAM）が進められている。3次元設計データは製品の形状や構造をわかりやすく表現するとともに、3次元CADデータを用いた設計解析、シミュレーション、ファクトリーオートメーション（FA）等に活用されている。建設事業においても、業務の効率化、高度化をもたらす3次元設計、コンピュータグラフィックス（CG）、情報化施工等の導入が進められており、3次元設計データの交換、連携のための環境整備が必要となっている。

このような背景をもとに、国土交通省CALIS/ECアクションプログラム2005¹⁾（以下、AP2005という）では、18の実現目標の一つとして、「3次元情報の利用を促進する要領整備による設計・施工管理の高度化」を目標に掲げている。また、国土交通省では、2008年度以降の新たなアクションプログラム（以下、AP2008（仮称）という）を検討しているところであるが、このなかで、前述したAP2005の目標を継続し、「3次元データを使い流通させることで設計業務や工事施工管理を高度化する」を目標に設定している²⁾。

国土技術政策総合研究所（以下、国総研という）では、AP2005の目標に基づき、さらにAP2008（仮称）の検討に沿って、3次元設計データ交換標準の開発やそれを利用した設計・施工高度化の検討に取り組んでいる。本稿では、その取組みを紹介する。

2 3次元設計データの利用場面

製造業では、3次元CADによる設計、デザイン検討、ロボットによる部品の加工、組み立て等が行われている。建設事業でも、製造業と同様に、3次元CADによる設計自動化や創造性の高い設計、自動化された施工による事業プロセスの高度化、効率化が期待できる。このため、具体的な3次元設計データの利用場面について、先進的な取組み事例をもとに調査を実施している。

図-1は、3次元CADを用いた道路設計事例である。従来の道路設計では、地形図から地形形状を読み取り、地形を考慮した平面設計、縦断設計、横断設計を順次実施し、最適な設計になるまでに繰り返し実施するという作業が必要であった。一方、道路設計用3次元CADソフトを活用した設計では、平面設計、縦断設計が実施できれば、標準断面を適用して横断設計を自動で実施できるので、最適化されるまでの繰り返し作業の労力が大幅に低減している。また、3次元の設計データをCGソフトに入力し、CG用データ（歩道や路面表示等のテクスチャや自動車等の部品）を付加して、図-2に示すような3次元CGを作成し、住民説明などにも活用している。さらに、積算では、3次元データから自動で土工数量、コンクリート構造物の数量算出も可能となり、積算作業の大幅な労力削減にもつながる。

施工段階では、3次元設計データを測量機器に入力し、丁張り設置や出来形管理に利用している。また、図-3に示すように、盛土材料の撒き出し、敷

き均し、転圧等の作業を自動化された建設機械を利用して行う技術が導入されており、そのマシンコントロールのための入力データとしても期待されている。

さらに、維持管理段階になると、図-4に示すような構造物の3次元データに点検結果や補修結果を連携させることにより、施設状況を一元的に管理することも可能となる。

国総研では、以上のような3次元設計データの利用場面を明らかにしながら、建設事業で必要となる3次元設計データの項目、データ構造等の標準化検討を進めている。

3 3次元データのデータ交換標準の必要性

2. で示したように、3次元設計データは、設計、積算、施工、維持管理と事業フェーズ間を跨いで利



図-1 道路設計用3次元CADソフトによる道路設計のイメージ

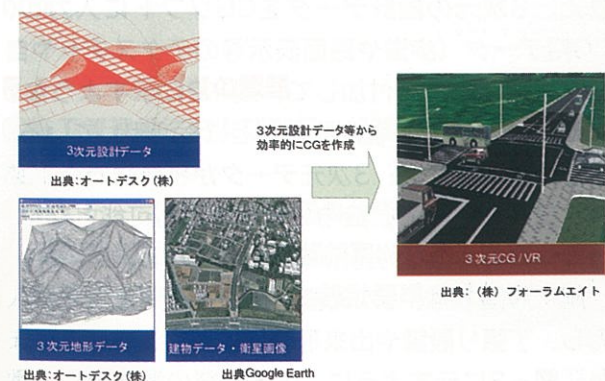


図-2 3次元データを活用したCG作成のイメージ

用されるデータである。このため、一度作成された3次元地形データや設計データを事業フェーズ間で交換、連携していくことが重要となっている。また、3次元データを扱うソフトウェアにデータの互換性はないため、せっかく作成した3次元データを交換しても、異なるソフトウェアでの利用は困難である。異なるソフトウェア間でもデータを利用していくために、3次元設計データの交換標準が必要である。これまでも、3次元データの交換標準に関するいくつかの活動があるものの、現場での運用や多くのソフトウェアへの実装等を考慮した実施可能な標準の策定までに至っていないことから、現時点で利用可能な標準の策定が必要となっている。

このため、国総研では、主に道路を対象に、設計で利用する地形測量成果の仕様としての「道路設計用拡張DMデータ作成仕様」、設計施工で必要とな

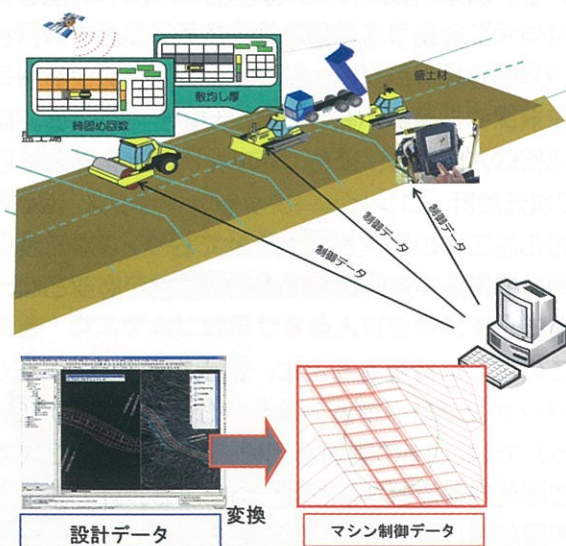


図-3 3次元設計データによるマシンコントロールのイメージ

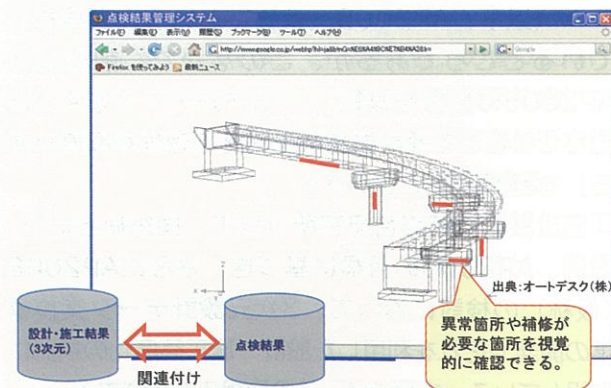


図-4 3次元データと点検結果などを関連つけた管理のイメージ

る3次元形状に関する情報をモデル化した「道路の3次元プロダクトモデル」や3次元設計データを施工段階で利用を進めるための「トータルステーションを用いた出来形管理」について、研究開発を進めている。

4 道路設計用拡張DMデータ作成仕様

道路概略・予備設計においても、業務の効率化のために、3次元設計が導入され始めている。3次元設計では、地形やコントロールポイントとなる既存構造物（既存の道路、河川堤防、橋梁等）の3次元データの取得が必要不可欠となる。しかし、地形や既存構造物の高さ情報は、測量業務で計測されているにもかかわらず、電子データで流通されていない。このため、道路設計業務において、地形や既存構造物の高さ情報の作成に労力がかかっており、3次元設計の導入が必ずしも設計業務の効率化に繋がらないことが課題である。

国総研では、道路設計に必要な高さ情報を調査し、

表-1 高さを取得する地形、地物（分類・項目の一部を抜粋）

分類	項目	データ取得方法	レベル1	レベル2	レベル3
道路	真幅道路 ^{※1}	縁線	必須	必須	必須
法面	人工斜面 ^{※2}	上端線 下端線	必須	必須	必須
建物	普通建物	外形線	任意	必須	必須

※1 地図の縮尺で道路の両端が表現できる道路
 ※2 盛土および切土により人工的に作られた急斜面
 レベル1：3次元道路設計に利用される場合の作成レベル
 レベル2：レベル1に加えて、面積の自動算出や建物の立体表現に利用される場合の作成レベル
 レベル3：レベル2に加えて、測量可能な地物の立体表現に利用する場合の作成レベル

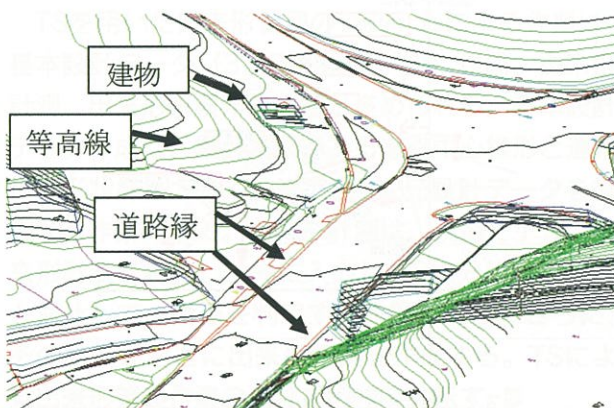


図-5 道路設計用拡張DMデータ作成仕様で作成された地形

測量成果として電子納品するための「設計用拡張DM データ作成仕様【道路編】(素案)」を検討している。本仕様は、空中写真測量に基づいて作成される地形データを道路設計における概略設計や予備設計(A)で利用することを想定している。また、本仕様のデータフォーマットは、「測量成果電子納品要領(案)」で地形測量成果のデータフォーマットとして認められている拡張DM (Digital Mapping) 形式とした。

本仕様には、測量業務で、高さ情報を取得すべき地形、地物（ここでいう地形、地物とは、自然または人工に限らず、地上に存在するもの。斜面、法面、河川、道路、建物、植生など）の項目（表-1）や取得方法を定義することにした。表-1に示すとおり、測量業務の効率化も考慮して、測量業務で取得すべき高さ情報は、設計業務での利用場面（用途）に応じて3つの作成レベルを設定している。レベル1は、3次元道路設計に利用されるデータであり、レベル2、3では、GISやCG作成などでの利用が追加される。また、表-1による高さ情報の取得のほか、田畑、宅盤等、単一の面として広がりを持つ地物は、境界の高さ情報を線で取得する。

本仕様にて試作したデータの3次元イメージ（作成レベル3）を図-5に示す。図に示すとおり、等高線だけでなく、道路縁や建物（外形）などの地物の高さ情報が作成されている。このように道路設計に必要な高さ情報が作成されているため、3次元道路設計やCGなどに利用することができる。

今後は、これまでの取組みで得た知見を基にして、実フィールドでの効果検証や運用課題抽出に取組み、本仕様の適用に向けて、引き続き検討を行っていく。

5 道路の3次元プロダクトモデル

3次元プロダクトモデルとは、設計、施工で必要な3次元形状に関する情報を、コンピュータで利用するのに最適化したデータモデルである。国総研では、このような設計段階で作成できる3次元プロダクトモデルの検討を、3次元ソフトが普及し始めている道路を対象に、検討に着手した。

道路の3次元プロダクトモデルとして、道路の骨格をなす道路中心線形と道路横断形状の検討を実施している。道路中心線形は、道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線形編Ver.1.0³⁾（以下、道路中心線形データ交換標準という）を平成19年1月に策定し、公表した。さらに、道路中心線形データ交換に基づく道路中心線形データが利活用されるように、平成20年4月に「道路中心線形データ交換に係わる電子納品運用ガイドライン（案）」⁴⁾を策定した。これを受けて、平成20年10月以降に契約を締結する業務のうち、平面線形、縦断線形の両方、あるいはいずれかを設計、変更した道路設計業務に適用することで、公表している⁵⁾。

さらに、道路中心線形と組み合わせて道路の3次元プロダクトモデルを構成する、道路横断形状についても検討を実施している。データ交換標準作成にあたっての基本方針は、次のようにした。

- ・道路中心線形データと組み合わせて3次元道路形状が再現できること（図-6参照）
- ・既存ソフトウェアとの親和性を確保したモデルであること
- ・設計者、施工者が従来から行っている作業手順を尊重したモデルであること
- ・既存の設計、施工に必要な道路横断形状データ交換が可能なこと
- ・設計思想を含むデータを交換可能なこと

上記の基本方針を元に道路横断形状データ交換標準を検討した。道路設計においては、道路規格、設計速度、設計交通量により道路の横断構成要素（中央帯、車道、路肩等）の幅を決定し、さらに平面線形に基づき横断勾配を決定し、これらをもとに各測点の道路横断形状を求める作業を繰り返す。また法面も同様に、地質条件により勾配および法高が決定し、これをもとに測点ごとの法面の横断形状を求める作業を繰り返す。このように、道路や法面の横断形状は、構成要素の幅、高さ、横断勾配を設定することで形状が確定されることから、道路横断形状のデータ交換標準は、道路の中心から外側に向かって構成要素の順番に幅、高さ、勾配で定義することとした（図-7参照）。

また、道路中心線形と道路横断形状から3次元形

状を再現するために、道路横断形状を道路延長方向に連続して繋ぐためのモデルを定義する必要がある。このモデルとして、2つのパターンのモデルを設定した（図-8参照）。1つは、設計図面の横断図のように、作成した横断面ごとに道路横断形状の構成を定義し、隣り合う測点や断面変化点ごとに構成する点の繋がりを関係づけるモデルである。2つめは、横断形状を構成する車道や法面などの帯状の構成要素（ゾーン）ごとに幅・勾配・高さを定義するモデルである。

今後は、道路横断形状データ交換標準に基づく道路横断形状データについて既存ソフトウェアに対する適用性確認で、ソフトウェア間でのデータ交換実証実験を行うことを考えている。また、道路横断形状データ交換標準を運用するための課題を分析することにより、実務への適用性について検証を行い、道路横断形状データ交換標準および電子納品のための運用ガイドラインの策定を行っていく予定である。

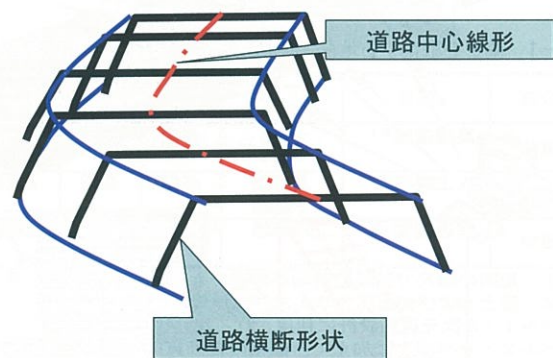


図-6 中心線形と横断形状との関係

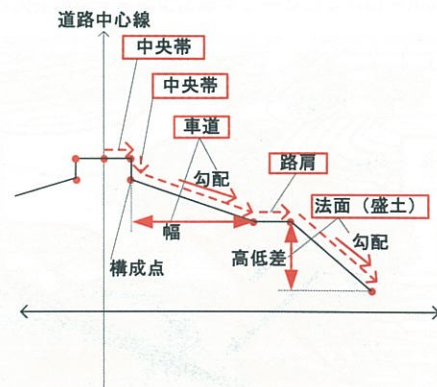


図-7 横断構成の考え方

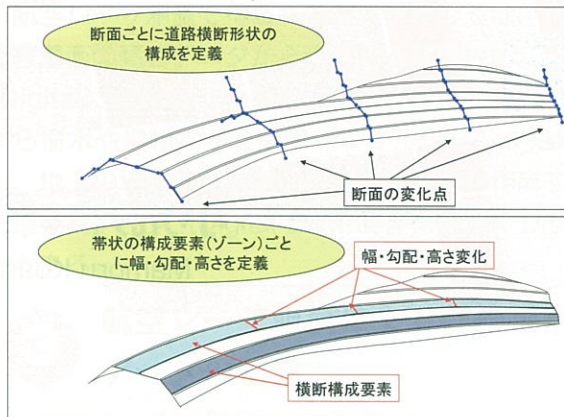


図-8 3次元形状を再現させるためのモデル



図-9 TSシステムによる出来形管理の流れ

6 トータルステーションを用いた出来形管理

3次元設計データを利用した設計、施工の高度化の取組みとして、トータルステーション（以下、TSという）を用いた出来形管理を紹介する。

従来の出来形管理は、巻尺、レベルを用いて、構造物の寸法、基準高さ等を計測する。この方法は、確実ではあるものの手間がかかる。このため、施工管理の効率化、品質向上のためにICT（情報通信技術）を利用した施工管理の施策の一環として、測量現場で一般的に利用されているTSを活用するシステムを検討している。

TSを用いた出来形管理のシステムによる作業は、基本設計データ（3次元設計データ）作成、出来形計測、出来形帳票作成の順に進められる。基本設計データ作成は、設計成果である道路中心線形と道路横断形状を入力して、道路の3次元設計データを構築する作業である。出来形計測は、現場でTSの出来形計測を実施し、先に入力した3次元設計データと対比して、合否を判定する作業である。さらに、その結果をもとに出来形帳票を作成する。TSによる出来形管理作業の流れを図-9に示す。

国総研では、土工の出来形管理について現場試行を重ね、「施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（案）」⁶⁾を策定し、TSによる出来形管理の運用方法を定めた。

今後は、TSを用いた出来形管理が道路に付随する工種などにおける適用性について検証し、施工現場でTSを用いた出来形管理が普及していくものと考えている。

7 あとがき

本稿では、CALS/ECアクションプログラムで設定された3次元情報を利用した設計、施工の効率化の目標に対して、国総研の取組みを紹介した。読者の方は、CALS/ECアクションプログラムの目標などから、直ちに3次元CADを利用した設計、施工に移行するのではと思われ、現場での対応を懸念されるかもしれない。しかし、現在検討している3次元データは、これまで道路設計用CADソフトがデータを作成し、また施工で利用しているデータをモデル化したものである。現在普及している情報システムや測量機器でも十分に利用でき、業務の効率化につながる取組みである。このように、現状でも実現可能な取組みを着実に実施することから始めて、将来は、製造業で利用されているような高度な3次元の生産システムの構築をめざしている。

参考文献

- 1) 国土交通省通省CALS/ECアクションプログラム2005、
<http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/13/130315/01.pdf>
- 2) AP2008（仮称）の目標（素案）の作成について、第2回国土交通省CALS/EC推進本部作業部会資料、
http://www.cals-ed.go.jp/index_denshi_working.htm
- 3) 国土技術政策総合研究所資料第371号 道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線形編Ver1.0、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、
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0371.htm>
- 4) 「道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン（案）」、国土交通省大臣官房技術調査課、
<http://www.cals-ed.go.jp/calsec/rule/roadcenter1unyou.pdf>
- 5) 「道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン（案）」の策定について（記者発表資料）、国土交通省大臣官房技術調査課、
http://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000005.html
- 6) トータルステーションを用いた出来形管理 情報提供サイト、国土技術政策総合研究所、
<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/std.html>