

3次元 CAD データの利活用及びデータ連携の効果と課題

Effect and Problem about Use and Data Cooperation of 3-Dimensions CAD Data

青山憲明¹・上坂克巳²・平田吉男³

Noriaki Aoyama, Katumi Uesaka, and Yoshio Hirata

抄録： 製造業においては、3次元 CAD を用いて設計し、CAM で製品加工組み立てを行うなど、3次元データの利活用が進んでいる。建設事業では2次元 CAD の利活用が一般的になっているが、業務の高度化、効率化を行う上で3次元データの利活用は不可欠である。本報告では、建設事業に3次元 CAD の利活用を促進するために、効果的な利活用場面を抽出し、さらに道路事業における3次元 CAD データの利活用とデータ連携に関する実証実験を実施し、その効果と課題を明らかにした。

キーワード： 3次元 CAD、CALS/EC、データ連携、道路設計、環境影響評価

1. はじめに

現在、建設事業では CAD 製図基準が策定され、2次元 CAD データの標準による電子納品が全ての業務、工事で実施されている。これによって、異なる組織や CAD ソフト間でも図面の修正、加工が円滑に実施できるようになった。一方、近年、コンピュータの性能が各段に高まり、これまでは WS でしか利用できなかった3次元 CAD ソフトも PC で稼働できるまでになり、3次元 CAD の利用環境が向上している。また、自動車、電気、金属、橋梁やプラントなどの製造業においては、3次元設計や各種シミュレーション、CAM(コンピュータ支援製造)などで3次元 CAD データの利活用が一般的となっている。

このような状況のなかで、建設事業においても今後は3

次元設計、CG、3次元シミュレーションなどに3次元情報の利活用が一般化すると考えられる。そこで、道路事業を対象として、3次元 CAD データの利活用及びデータの連携の効果と課題を検証することを目的として、国土交通省で実施している実際の工事データを用いて、実証実験を実施した。

2. 3次元 CAD データ利用への移行業務検討

実証実験を行う場面の選定にあたって、3次元 CAD データ利用への移行業務を検討した。この検討は、3次元 CAD の効果的な利活用とデータ連携を事業フェーズ全体で

表-1 道路事業における3次元 CAD データ利用への移行業務の例

事業フェーズ	業務	3次元データを活用した業務モデルと想定される効果
計画	路線検討	数値地図や3次元 DM を3次元 CAD に取り込んで、3次元 CAD データにより、路線検討の効率化、高度化を図る。
調査	地形測量	現状は設計精度に応じて縮尺 1/500~1/10000 の範囲で複数の測量を実施しているが、測量技術が向上しているため、最終測量精度にあわせ3次元 DM を作成し、予備~詳細まで活用することで無駄を排除する(予備~詳細まで時間間隔が短いときに有効)。
設計	概略設計	現状は2次元検討を行っており、複雑化している検討内容の対応やより多くの路線比較は困難である。3次元 CAD を利用することで路線検討の効率化、検討内容の向上が図られる。また、1/1000 の精度の3次元 DM を利用した場合に、精度の高い路線選定が可能である。
	環境アセスメント	騒音、振動等の解析は、解析システム化と3次元地形・設計情報との連携を図る。また解析結果の3次元分布のビジュアル化による説明力の向上を図る。
	予備設計	3次元道路設計 CAD の活用により、概略設計段階で詳細な路線検討が出来るため、概略設計との重複作業を排除し、予備設計の効率化が図られる。
	地元説明	現状は2次元図面で説明しているが、3次元 CAD データを利用して CG、動画等を作成することで説明内容がビジュアル化され、景観、利便性等の説明が向上する。
	予備設計修正	2次元 CAD では平面、縦横断面の修正に時間を要したが、3次元 CAD を利用することで線形等を修正しても迅速な対応ができる。
設計	詳細設計	現状では構造物巻き込み部や既存構造物とのすり付け部などの表現が難しいが、3次元 CAD を用いることで、立体的な複雑な形状も表現でき、不明瞭な箇所についても確認可能となる。
用地取得	幅杭打設	幅杭打設位置を連携活用することで、測量機器への座標入力作業の軽減や入力ミスがなくなる。
積算・発注	工事積算	2次元図面では表現が難しい箇所の数値算出精度が向上する。また、施工シミュレーションを実施して詳細な施工計画が可能となり、積算精度が向上する。
工事	施工計画	2次元図面では複雑な箇所は現地合わせで施工していたが、3次元モデルによる施工シミュレーションにより実施工を考慮した施工計画が行える。
	工事準備	丁張り設置のための位置情報の計算、測量機器への入力が煩雑であるが、3次元 CAD から丁張り情報を連携活用することで、入力ミスの防止と時間、コストの削減を図る。
	検査	3次元設計形状と TS による出来形測量とを比較して出来形管理を行うことで、構造物の品質を向上させる。
維持管理	補修、災害復旧	高所、危険箇所の補修、復旧工事が生じた場合、2次元データだけでは施工計画の策定が困難であるが、3次元データを用いてシミュレーション検討を行うことで効果的な検討が行える。
	施設管理	3次元データを用いることで地中埋設管など管理が容易になる。

1 : 正会員 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, Tel :029-864-2211)
 2 : 正会員 工博 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
 3 : 正会員 財団法人計量計画研究所

把握するためのものである。検討は、以下の方法で行った。

- ・ 道路事業における業務内容を調査し、2次元データを用いた業務の課題を抽出し、3次元データを用いた業務への移行で業務改善が図られる内容を検討した
- ・ 先進的な取り組みとして、3次元 CAD、測量機器、情報化施工システム、維持管理システムの事例を資料・文献や HP で調査し、このなかから効率化、高度化に資する業務モデルを検討した

抽出した業務モデルを表-1に示す。表に示したように、道路事業において、3次元 CAD や3次元 DM(デジタルマップ)を活用することで、業務の効率化、高度化が図られる場面が多く存在する。また、3次元データを事業フェーズ間で連携して活用することで、データ作成の労力低減、品質向上につながると考えられる。

3. 道路土工における3次元CAD利用の実証実験

上記検討において、3次元CAD利用による業務改善が見込まれる業務モデルを抽出したが、このうち、道路設計と橋梁設計・製作について、3次元CAD利用と3次元データ連携による業務改善の効果と課題を把握するための実証実験を実施した。本稿では、道路(土工部)における実証実験について報告する。

(1) 道路予備設計

a) 2次元図面による道路設計の現状と課題

現状の道路設計は、平面、縦横断計画を2次元の図面で行うことから、以下に示すような課題が存在している。

- ・ 2次元図面では道路形状の表現と把握が難しい。
- ・ 測点毎の横断面図の作成に手間がかかってしまう。
- ・ 最適な計画を行うために縦断、横断設計のループ作業が生じ、仮図面の作成に時間がかかる。

b) 3次元CAD使用時の業務プロセスモデルの提案

上記課題の解決を図るため、予備設計に3次元CADを利用する業務モデルを検討した。以下に、3次元測量及び3次元CADを利用した業務プロセスモデルを提案する。

- ・ 最終的な精度である1/1000で3次元DMを作成する(事業期間が短く地形改変が少ない場合に有効である)。
- ・ 平面・縦断線形、標準横断、構造物形状や位置情報を作成して入力情報とする。入力情報のうち、概略設計から得られる情報は、データ連携を図る。
- ・ 3次元CADを用いて平面計画、縦横断計画を実施し、結果を平面図、縦横断図として作成するとともに、3次元可視化のための3次元モデルを作成する。
- ・ 必要に応じて3次元モデルを基に事業説明用CG、動画等を作成する。

- ・ 次フェーズへのデータ連携を行うために、標準的なデータ交換方法で電子納品を行う。
- ・ 予備設計の修正が必要な場合にも、3次元CADを用いて修正を行う。

c) 実証実験

実証実験は、圏央道東IC~千葉県県境区間を対象として、以下の手順で実施した。

- ・ 道路設計用3次元DMの作成
- ・ 道路の線形計画
- ・ 縦断図の計画
- ・ 標準断面図を作成して3D平面図に展開
- ・ 横断面の自動生成(範囲、区間指定のみ)、

3次元測量データが存在しないことから、今回の実験では平成7年に実施した1/1000の測量成果をもとに3次元DMを作成した。図化に際しては、道路設計に耐えうるように、道路縁、水路、堰堤などでブレークラインを設定した。そして、Autodesk社Civil3D2005を用いて道路予備設計を実施した。図-1は標準断面を展開して作成した平面図、図-2は作成した平面図に3次元処理を行ったものである。



図-1 標準横断の平面図への展開

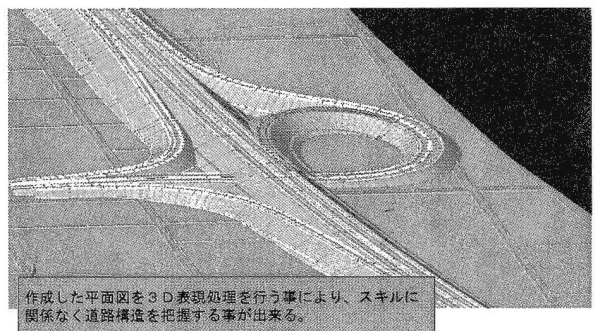


図-2 作成した平面図の3次元表示

d) 3次元データ利用の効果と課題

3次元CADを用いた予備設計を実施した結果、以下の効果が確認された。

- ・ 線形計画が容易になり、平面図、横断図作成時間が2次元CADを用いた場合に比べ、およそ1/10ま

で時間短縮できた。

- ・ 3次元形状での出来形が容易に把握可能なので、スキルに関係なく道路構造の把握が容易になり、また現道、地盤との取り付けが容易に確認できた。

次に、課題は以下のとおりである。

- ・ 道路設計用3次元 CAD ソフトは、まだ民間コンサルタントで十分に普及しておらず、発注が限定される。
- ・ 3次元測量は技術的には問題が少なく3次元 DM の納品も可能である。しかし、今回の実験でも3次元 DM が作成されていなかったように、実際に作成されることは少ない。歩掛がないことにも原因がある。
- ・ 道路設計用3次元 DM 作成では、地形情報を別途ブレークラインで取得する必要があるなど、データ取得、作成に留意しなければならない。このためのデータ取得、作成仕様が必要となる。

(2) 環境影響評価

a) 環境影響評価(自動車騒音)の現状の課題

環境影響評価で自動車騒音の予測・評価に関しては、日本音響学会の ASJ Model による解析ソフトが利用されている。しかし、地形や道路構造データに2次元データを利用していることから、以下のような課題が存在すると考えられる。

- ・ 2次元平面図、縦横断図をもとに地形、道路形状・構造を騒音予測システムにデータを入力していたが、CAD データとの連携は行われていないので、データ入力に時間、コストの無駄が発生している。
- ・ 予測・評価結果が2次元資料にまとめられるので、細部の説明が難しい。

b) 3次元CAD使用時の業務プロセスモデルの提案

上記課題の解決を図るため、自動車騒音予測に3次元データを利用する業務モデルを検討した。以下に3次元データを利用した業務プロセスモデルを提案する。

- ・ 3次元道路設計情報と騒音予測システムとを連携させ、データ入力を省力化する。
- ・ 予測・評価結果を道路形状や周辺施設の状況と重ね合わせて3次元表示し、説明資料とする。

c) 実証実験

実証実験は、予備設計と同じ圏央道東 IC～千葉県県境区間の一部を対象として実施した。使用した3次元道路形状及び周辺地形は、予備設計で作成した3次元道路形状(CAD データ)及び3次元 DM である。

はじめに、騒音予測システムに入力する道路座標の算出を、3次元 CAD より道路中心位置を 20mピッチで指定して、道路横断形状の座標を抽出した。騒音解析システムに道路座標を入力するとともに、交通条件、道路条件、周辺条件、遮音壁などを入力して、騒音解析を実施した。騒音解析には、環境総合研究所の道路交通騒音予測システム SuperNOISE(H)を用いた。3次元での騒音予測結果

は、3次元 CAD を用いて道路形状や周辺地形と重ね合わせて表示させた。図-3は、今回の実験での道路形状と重ね合わせた予測結果を示したものである。

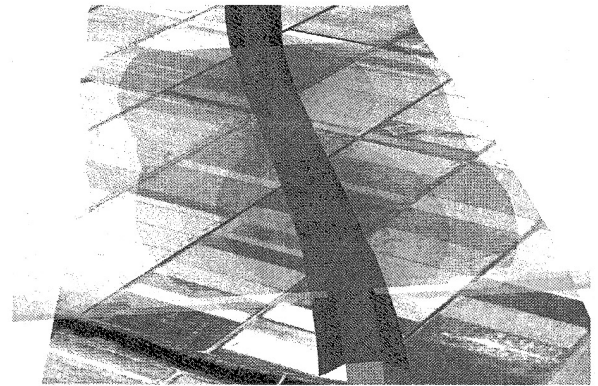


図-3 騒音の3次元分布図

d) 3次元データ利用の効果と課題

3次元 CAD データを用いた騒音解析を実施した結果、以下の効果が確認された。

- ・ 今回の現場は平坦な土地であったために、3次元による評価の必要性は低い。地形が複雑な区間、遮音壁設置区間、ビルと近接する区間などでは3次元評価が有効である。
 - ・ 3次元 CAD データから予測地点の位置や道路横断形状が容易に取得でき、作業負担の軽減につながった。
 - ・ 予測結果を視覚的にとらえることができ、住民説明などの分かりやすい説明資料の提供が可能となる
- 次に、実験で判明した課題は、以下のとおりである。
- ・ 実験では、道路横断形状をシステムに入力する手作業が生じた。騒音解析システムと道路形状データを連携して自動的な道路座標値を入力可能とするために、標準的なデータ交換方法の確立と騒音解析システムのデータ連携強化が必要である。

(3) 3次元道路設計データの連携

a) 3次元道路設計情報の作成、連携の課題

現状の2次元 CAD データ交換は、CAD 製図基準(案)をもとにデータを作成し、SXF 形式のデータ交換フォーマットで異なるシステム間のデータ連携を図っている。しかし、3次元 CAD では、2次元 CAD のような交換標準がなく、データ連携を図ることができない。このため、システムごとに道路設計情報の再入力が必要となっている。

b) 3次元CAD使用時の業務プロセスモデルの提案

上記課題を解決するために、以下の業務プロセスモデルを提案する。

- ・ 道路中心線については、予備設計、詳細設計、工事施工段階で修正されることは少ない。このため、道路中心線(平面線形、縦断線形)を XML データで作成し、フェーズ間でデータ連携する。

- ・道路横断面は、標準横断を XML データとして作成し、フェーズ間でデータ連携を行う。
- ・道路中心線、標準横断 XML データと3次元 DM を3次元 CAD ソフトに取り込んで、3次元道路設計を行い、3次元データを生成する。
- ・異なる3次元 CAD 間のデータ交換のために、道路中心線、測点毎の横断面 XML データを出力し、次フェーズ(例えば設計→施工)に受け渡す。

c) 実証実験

実証実験は、姫路北バイパスを対象として実施した。実験は、道路設計において、3次元 CAD や情報化施工に道路プロダクトモデルを3次元 CAD ソフトで作成し、これを用いて3次元道路設計を実施するとともに、作成したデータモデルを XML データで出力する実験を実施した。実験には、Bentley 社 InRoads を用いた。

はじめに、3次元 DM(縮尺 1/500)から3次元現況地形を取込み、次に InRoads を用いて道路プロダクトモデルを作成した。次に、道路プロダクトモデルを道路設計 CAD に取り込んだと仮定し、これを用いて3次元設計を行った(図-4は測点毎の横断面の抽出結果)。さらに、これをもとに、道路プロダクトモデルを出力した。出力したデータモデルで道路中心線は LandXML1.0 のアライメント要素(図-5)、測点毎の横断面は CSV 形式で出力した。

なお、なお筆者らは LandXML や JHDM (Japan Highway Data Model、高速道路事業に必要なデータ交換仕様)を参考にして、XML データによる道路プロダクトモデル¹⁾を検討しているが、今回の実験ではシステム適応の関係で、作成したデータは LandXML1.0、CSV 形式となった。将来は、著者らが検討している道路プロダクトモデルによる入・出力を実現させ、異なるソフト間でのデータ連携を行う予定であるが、今回の実験からもそれが十分に可能と判断された。

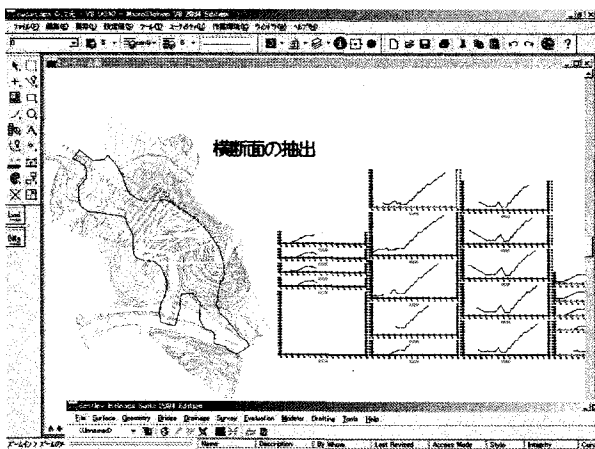


図-4 3次元道路設計(測点毎の横断面抽出)

d) 3次元データ連携の効果と課題

実証実験で道路プロダクトモデルの連携の実現性を検

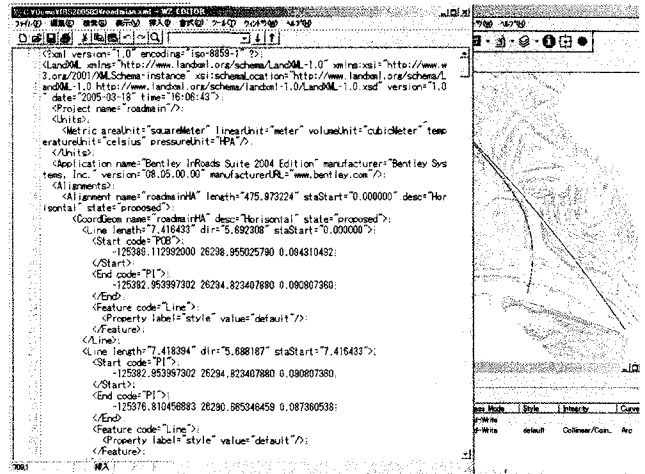


図-5 道路中心線形の XML データ出力

証したが、データ連携の効果は以下のとおりである。

- ・道路設計において道路プロダクトモデルを生成することで、工事施工段階などでのデータ再入力が必要なくなり、データ作成の効率化、データの品質向上が期待できる。
- ・工事施工段階に流通することで、情報化施工の促進につながる。

次に、課題は以下のとおりである。

- ・道路プロダクトモデルの標準化との CAD ソフトの対応が必要である。

4. まとめ

本検討では、道路事業における3次元 CAD の効果的な利用場面を明らかにし、その中で実際の工事情報を用いて、3次元データの利活用とデータ連携の効果を検証した。これまでは、3次元データは利用されたとしても事業の一部にとどまり、フェーズ間をまたいで利用されることはほとんどなかった。今回の検討で、事業フェーズで3次元データを活用した業務改善が可能であり、3次元データの連携によりデータ作成の作業労力軽減が可能であることが明らかになった。また、今回検討した3次元データを効果的に使用する業務プロセスモデルは、今後の3次元データ利用と連携の1つの方向を示したものである。

今後は、データ交換標準や3次元 DM の取得推進などの課題解決を図るために、研究を引き続き実施することとしている。

参考文献

- 1) 有富孝一、松岡謙介、上坂克巳、奥谷正:3次元設計情報を用いた出来形管理技術の提案、建設マネジメント研究論文集、(社)土木学会 建設マネジメント委員会、Vol.11,81～90,2004