

II-3 3次元地形・地質データ交換標準に関する検討

Study on three-dimensional data standardization for terrain and geological survey data

青山憲明¹・神原明宏²・遠藤和重¹・宮本勝則³

Noriaki Aoyama, Akihiro Kanbara, Kazusige Endo and Katsunori Miyamoto

抄録: 国土交通省では、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」のなかで、工事生産性の向上、維持管理の効率化を図る観点から、ICT 技術を活用した建設生産システムを構築することを目標としている。このなかでは、3次元データを全ての事業フェーズで流通、高度に利用するシステムの構築をめざしている。本研究は、建設事業で広く利用する地形、地質データを3次元で利用するためのデータ交換標準の検討を行っている。本報告では、その取り組みを紹介する。

キーワード: CALS/EC, データ交換, 3次元データ, 地形, 地質

Keywords : CALS/EC, data exchange, three-dimensional data, terrain, geological survey

1. はじめに

国土交通省では、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008¹⁾」のなかで、工事生産性の向上、維持管理の効率化を図る観点から、ICT 技術を活用した建設生産システムを構築することを目標としている。このなかでは、3次元データを全ての事業フェーズで流通し、高度に利用するシステムの構築をめざしている。本研究は、建設事業で広く利用する地形、地質データを3次元で利用するためのデータ交換標準の検討を行っている。本報告では、その取り組みを紹介する。

2. 研究の方法

3次元地形地質データのモデル構築の基本方針を決定するために、

3次元・地形地質モデルの利用場面の検討

既存モデル調査

関連するソフトウェアを調査

の調査、検討を実施した。すなわち、モデルの作成にあたっては、データの利用場面を明確にして利用場面に適合するモデルとする、既存モデルから参考となるモデルや考え方を利用していき、既存ソフトウェアとの親和性を確保する、という観点で調査を実施し、基本方針を策定していくことにした。

3. 3次元地形・地質モデル利用場面検討

データ交換標準の策定にあたっては、データモデルの対象範囲を設定するために、利用場面を明確にしておく必要がある。また、データモデルの流通、利用によって、業務プロセスが改善されることが目標であることから、利用場面に適合するデータモデルの策定が求められる。このため、3次元地形・地質モデルの利用場面、利用ニーズの検討を行った。

3次元地形・地質情報を利用する業務プロセスを分析した上で、3次元地形・地質モデルの利用場面、利用ニーズを検討した。また、3次元地形・地質モデルが利用されているソフトウェアと、そのなかで扱われる情報の種類、形式、利用方法等を、公表されているソフトウェアの技術資料、国土交通省の情報化施工等の公表資料²⁾等から調査した。初めに、3次元地形データの利用場面に関する調査結果を表-1に示す。

計画、設計段階では、住民説明用のCG、VR作成、景観検討、設計図の自動作成、土工量計算などに、3次元地形地質情報が利用されている。施工段階では、丁張り位置の計算、出来形計測、情報化施工(マシンコントロール、出来形計測、丁張り位置計算)、施工計画作成(施工シミュレーション)などに、利用されている。これらの利用場面では、CADソフト等が用いられるが、3次元CADやCGでは、拡張DMや数値地形図から得られる等高線やグリッドデータをもとにTINのデータに変換し、3次元道路設計、CG作成等を行うソフトが多い。

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: 029-864-7476, E-mail: aoyama-n92qr@nilim.go.jp)

2 : 非会員 (株)ニュージェック (元国土交通省 国土技術政策総合研究所)

3 : 正会員 (財)日本建設情報総合センター

表 - 1 3次元地形データ利用場面の調査結果

利用段階	利用場面	参考とした事例等
計画	勾配(急傾斜)解析, 流域面積計算	AutoCAD Civil3D
	3次元CG, パーチャルリアリティ(VR)の作成 ・住民説明等プレゼンテーション ・景観検討・パース図の作成 ・CGアニメーションの作成	UC-win/Road AutoCAD Civil3D
設計	設計図の自動作成 ・計画平面図(法面形状)の自動作成 ・縦断面図の自動作成 ・横断面図の自動作成	AutoCAD Civil3D BLUETREND V
	土工数量の自動算出	AutoCAD Civil3D
	3次元CGの作成 ・ドライバーの視点からの設計評価 ・日照シミュレーション ・標識の配置検討	UC-win/Road AutoCAD Civil3D
施工	出来形管理 ・丁張り位置の計算 ・出来形計測	AutoCAD Civil3D TS による出来形管理要領(案)
	情報化施工	情報化施工推進戦略
	3次元CGの作成 ・重機の配置等に関する施工計画	UC-win/Road

表 - 2 地質に関するソフトウェア

会社名	ソフト名	概要	入出力データ
K社	土質試験データ処理, 電子納品ファイル作成システム	電子納品に対応した土質試験データを作成するシステム	土質試験データからデータシート交換用データファイルを作成
	ボーリング柱状図作成システム	JACIC様式の土質柱状図を作成するシステム	ボーリング交換用データファイル(XML)への変換 地質情報管理ファイル(BORING.XML)等の作成 柱状図のDXFファイルの作成
	岩盤ボーリング柱状図作成システム	JACIC様式の岩盤柱状図を作成するシステム	ボーリング交換用データファイル(XML)への変換 地質情報管理ファイル(BORING.XML)等の作成 柱状図のDXFファイルの作成
	断面図作成システム	建設CALS(地質調査資料整理要領(案))対応	ボーリングデータから断面図をSXFファイルおよびDXFファイルの作成
O社	3次元地質解析支援システム	地質情報・物性データなどから3次元地質構造モデルを構築するための解析支援システム	地形データ, ルートマップ情報, ボーリングデータ, 検層・探査・試験データなどから断面図, 平面図等の作成および3次元モデルの表示
I社	3次元土木地質CAD/GISシステム	3次元的に整合性の取れた地質図面の作成・管理, および3次元地質モデルの構築システム	ボーリングデータや数値地図等の読み込み, 断面図, 平面図等の作成および様々な形式で3次元モデルを作成

このように, 3次元CAD間でのデータ交換, 共有にあたっては, 表現の自由度とコンパクトなデータサイズより, TINが最も使いやすいデータと考えられる。

次に, 3次元地質データの利用場面に関する調査結果について述べる。

一般的な業務では, 地質情報は, ボーリング, 地盤調査, 土質試験などの調査によって取得され, ボーリング柱状図, 地質断面図, 地質平面図などが作成される。求められている情報は, 地質構造と地盤構成であり, 地盤を構成する境界が表現された情報が必要である。また, 地質構造, 地盤構成以外では, 利用目的によって, 物理特性, 化学特性, 力学特性, 地下水や透水性など, 必要な属性は異なる。

一方, 現状の地質調査業務で作成され, 設計, 施工で利用されている情報は, 地質図, 地質平面図, 地質断面図, ボーリング柱状図, ボーリングデータであり, 地質構造や地盤構成を2次元図面として作成し, 流通している。しかし, 2次元図面では, 任意の位置での地盤構成を把握することは難しい。このため, 地中を層に分け, 3次元の電子データとして誰でも参照できるようにすることは非常に有効と考えられる。

4. 関連するソフトウェアの調査

本研究では, 既存のソフトでの利用可能なモデルの構築をめざしており, 関連するソフトウェアを調査した。ここでは, 地質データを取り扱うソフトウェアについて記述する。

地質に関するソフトウェアの調査結果を表-2に示す。地質データの電子納品で利用するソフトとしては, 電子納品要領に適合する電子成果品(ボーリング交換用データ)作成ソフト, ボーリングデータから地質平面図, 地質断面図をCADデータとして作成するソフトがあり, 一般的に利用されているソフトウェアである。無理なく, 地質情報を作成, 流通していくためには, これらのソフトウェアから3次元データの元になるデータを生成していくことも, 考慮しなければならない。

一方, 3次元データを取り扱うものとして, 3次元地質データ構築・解析支援ソフトがある。このソフトウェアは, 3次元地質データを作成し, 3次元解析を行えるものであり, ボーリングデータ, 地質断面図を入力して, 3次元で整合性のとれたパネルダイヤグラムを作成し, 3次元のモデルを生成するものがある。さらに, 3次元モデルを利用して, 地盤情報(地質構造)の3次元可視化や, 3次元数値解析システムでの地下水分布, 浸透流解析, 地盤の応力変形, 安定解析, 構造物の耐震(振動)解析等が実施されている。また, 設計用CADソフトに取り込んで, 3次元設計, 土量計算に利用される。

また, 3次元地質解析支援ソフトでシステム概要が公開されているI社の3次元土木地質CAD/GISシステムを調査した。調査結果を整理した結果を以下に示す。

- ・各種データファイルが扱える
- ・ボーリングデータや地質断面図等の幾何データと,

それに付加される地質データ，及び推定に必要な境界面の優先度を示すデータをもとに，3次元の地質境界面を推定する

- ・追加の調査結果が後で追加された場合には，今までの入力データをもとに再構築して，推定することが可能な仕組みとなっている．このため，推定の根拠となるデータも保持している．
- ・3次元数値解析，数量計算に必要なFEMメッシュデータやボクセルデータの出力が可能である．

5．既存モデル調査

本研究では，新規にモデルを構築するのではなく，既存モデルを調査し，利用可能なモデルがあれば，それを利用していくことにしている．

そこで，3次元地形・地質プロダクトモデルに関係する既存の研究や取り組みを，公表されている資料をもとに調査し，わかりやすく整理する．また，調査のなかで，3次元地形・地質に関する内容があれば，できるだけ詳細に検討し，モデルの概要・特徴，適用範囲，構造，データ項目，データ形式等を整理する．また，調査結果をもとに，利用目的に適した3次元地形・地質モデルについて検討する．

【調査対象とした既存モデル】

- ・ JHDM 【旧日本道路公団】³⁾
- ・ LandXML 【LandXML.org】⁴⁾
- ・ シールドトンネルプロダクトモデル(案) 【IAI 日本(土木分科会)】⁵⁾
- ・ 拡張DM 【国土地理院】⁶⁾ 等

調査結果を整理すると，次のことが判明した．

JHDMは，設計・施工・維持管理に渡る高速道路事業に必要な情報の交換，共有を行うためのデータ交換仕様として策定したものである．モデルの1つとして，地形・地質データのクラス群をもっている．地質構造，地盤構成のモデル化は，地質断面を表す2次元の境界線，または3次元のモデルとなる3次元の境界面によって層を表すようになっている．3次元の境界面は，地表，地層区分，水面を表すことができ，地理情報標準の空間スキームで定義されるサーフェスがデータ形式として利用されている．

LandXMLは，土木分野における設計・測量データのオープンなデータ標準をめざしたものである．3次元地形測量データを設計，施工で利用可能とするために，3次元地形モデルをもつ．3次元地形の表現として，3次元座標をもつ点の集合，3次元曲面，ブレイクラインや等高線等を用いた数値地形モデルが予め定義されている．しかしながら，3次元地質モデルは定義されていない．

シールドトンネルプロダクトモデル(案)は，シールドトンネルをモデル化したもので，地盤や仮設，シールドマシン等を対象としている．地形・地質モデルは，地盤を境界面で分割し，各面に地層や地下水の情報を付加してい

る．

拡張DMは，国土交通省公共測量作業規程で定められたデータ形式である．3次元地形の表現としては，等高線に加えて，数値地形モデルがある．

調査結果をもとに，既存モデルの取り扱う情報を整理すると，表-3の通りとなる．既存モデルは，3次元地形に関しては複数のモデルを保持していることがわかる．また，3次元地質に関しては，境界面をモデル化しているものが多い．

6．3次元地形・地質モデル策定の基本方針

上記3章，4章，5章の検討結果から，3次元地形・地質モデル策定の基本方針を検討する．

利用場面を明確にして，それに適合するデータモデルを構築するという観点では，3次元地形データは，3次元設計，CGやVR作成，情報化施工等での利用用途が高く，利用ニーズも明確である．これらの利用場面では，3次元データを取り扱える3次元CAD，CG作成ソフト等がある．これらのソフトウェアでは，TINやグリッドデータなど汎用的な3次元のデータモデルであれば，既存のソフトウェアとの親和性は高い．また，TINのもととなる等高線，ブレイクラインやグリッドデータも作成，流通し，保持するものとする．TINの元となるデータを共有させることによって，ある地点においてより正確な情報を得た場合には，再計算させることが可能となる．また，これらのデータは，TINに共有できるだけでなく，単独で利用することも可能である．

3次元地質データは，地形データと同様に調査，設計，施工，管理・防災の各段階で広く利用するデータである．3次元データを扱えるものとして，3次元地質データ構築・解析支援ソフトウェア等があり，ソフトウェアとの親和性を考えた場合に，これらで利用可能な3次元のデータモデルの策定が必要と考えられる．

関連するソフトウェアの調査から，図-1に示すように，ボーリング結果等を地形・地質データを作成する専用ソフトウェアに入力し，そこから，利用目的にあったデータ形式に変換してデータ交換を行い，利用することが想定される．複数のモデルが取り扱えること，3次元境界面を推定するデータも合わせて保持できることが必要である．

表-3 既存モデルにおける地形・地質データの対象範囲

対象項目	JHDM	LandXML	IFC シールドトンネル(案)	拡張 DM
点データ				
等高線				
ブレイクライン				
断面形状				-
グリッドデータ			-	
TIN				
地層境界				-
地質	-	-		-

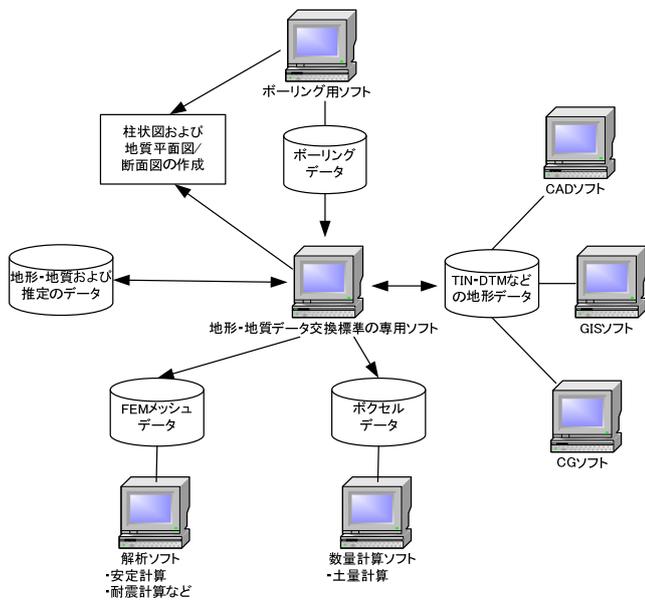


図 - 1 地形・地質データとソフトウェアの利用場面

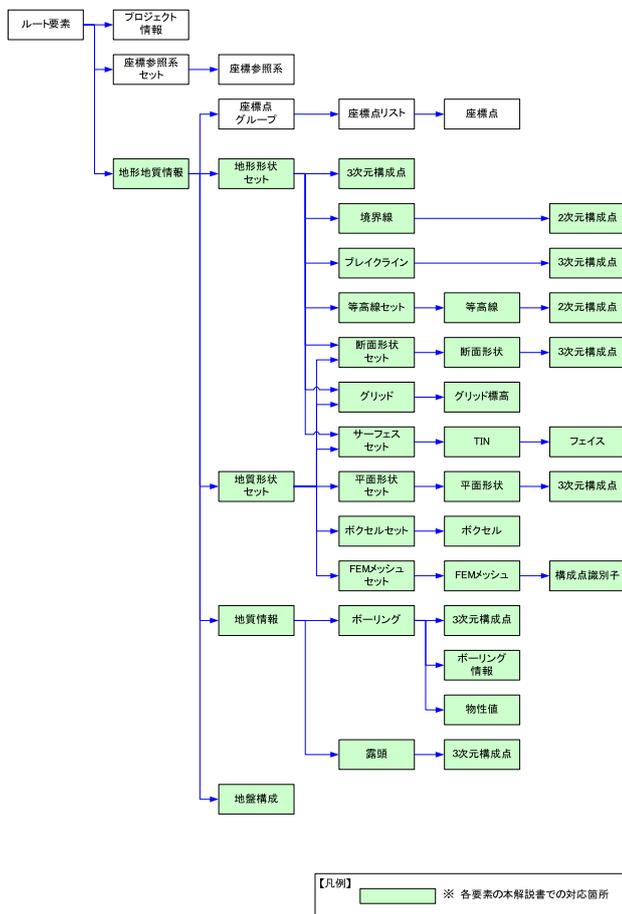


図 - 2 地形・地質データ交換標準の全体構成

既存モデルを利用するという観点からは、既存モデルは、地形、地質データを1つのモデルに絞るのではなく、複数のモデルを構築している。いずれも汎用的なモデルを保持していることから、JHDM, LandXML, 拡張 DM などの既存モデルを利用することで、ソフトウェアとの親和性確保、

モデル構築の効率化につなげる。

上記の検討結果をもとに、以下に示す基本方針を策定する。

- ・ 地表面の地形形状データは、複数のモデル（3次元構成点、等高線、ブレイクライン、断面形状、グリッド、サーフェス）を構築し、どのモデルを交換・共有するかは運用によって決定する。
- ・ 地質形状データも、複数のモデル（境界面を表すグリッド、サーフェス、境界面の形状から得られるボクセル、FEMメッシュ、境界面の推定に利用する露頭、断面形状、平面形状、地盤構成のデータ）を構築し、どのモデルを交換・共有するかは運用によって決定する。
- ・ 地質の属性は、地質を表す形状データと関連づける。必要とする地質の属性は、汎用的に与えられるように定義し、実際の利活用時に具体化する。
- ・ データの記述形式は、特定のソフトウェアに依存しないXML形式とする。

上記の基本方針をもとに、地形・地質データ交換標準の全体構成を図 - 2 に示す。

7. まとめと今後の方向性について

本研究では、3次元地形・地質データの交換標準のモデル構築の基本方針を検討した。データモデル策定の検討は、これまで著者らが実施した道路中心データ交換標準等のモデル策定にならって、データモデルの利用場面、利用ニーズを検討し、早期にデータの流通、利用が実現できるように既存ソフトウェアとの親和性を図り、またモデル作成を効率的に、しかも実績に基づく品質を確保するために既存モデルを参考にして、モデル策定の基本方針を策定した。

今後の予定として、XMLスキーマによるデータモデルを作成するとともに、実データを用いてモデルの妥当性を検証し、成案を作成することとしている。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008, 2009年3月。
- 2) 情報化施工推進会議：情報化施工推進戦略, 2008年7月。
- 3) 日本道路公団：Japan Highway Data Model 仕様書（構成本案）, 2004年3月。
- 4) LandXML.org: LandXML-1.2, <<http://www.landxml.org/>>, (入手 2008.12.10)
- 5) 矢吹信喜, 東谷雄一郎, 秋山実, 河内康, 宮亨：シールドトンネルのプロダクトモデルの開発に関する基礎的研究, 土木情報利用技術論文集, Vol.16, pp.261-268, 2006年10月。
- 6) 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) 国土地理院技術資料 A・1-No.291 2005年3月。