

I-14 道路施設管理システムインターフェースへの web3D の応用

AN APPLICATION OF WEB3D TECHNOLOGY TO
ROAD FACILITY MANAGEMENT SYSTEMS

蒔苗 耕司* 伊東 俊明**
Koji Makanae Toshiaki Itoh

【抄録】本研究では、web3D の道路施設管理システムへの応用として、案内標識を対象とした管理システムを構築し、web3D 技術のひとつである VRML を用いた 3 次元インターフェースの有効性について述べた。また属性データベースについては、XML を適用することにより、Web 上で利用可能なデータベースシステムを構築した。

【Abstract】A facility management system for highway guided signs was developed as an application of the web3D technology such as VRML(Virtual Reality Modeling Language). It makes clear that 3 dimensional interface utilizing web3D technologies has some advantages. The property database system of highway-guided signs based on the XML technology, are built.

【キーワード】web3D, 施設管理システム, VRML, XML, 道路標識

【Keywords】web3D, facility management system, VRML, XML, highway guided sign

1. はじめに

土木施設の管理のための情報は、竣工図等の図面がそのベースとなっている。近年では、コンピュータを活用した施設管理システム (Facility Management System) が開発されているが、現状ではその情報のベースが図面情報であることには変わりはない。一方、3 次元 CAD の技術の適用により、設計物の形状情報を図面に依存しない 3 次元のデジタル情報として構築することも実現しつつあり、その施設管理への応用は、図面に依存しない 3 次元のインターフェースを有する施設管理システムの構築を可能とする可能性がある。

本研究では、道路案内標識の管理を例として、web3D とデータ記述言語としての標準化が進みつつある XML(eXtensible Markup Language)の技術を活用した施設管理システムを構築し、3 次元インターフェースの有効性について検討するものである。

2. web3D 技術の現状と本研究の意義

(1)web3D 技術の現状

web3D はインターネット上で 3 次元環境を共有する技術であり、その代表的な標準化技術として

VRML(Virtual Reality Modeling Language)がある。

VRML(Virtual Reality Modeling Language)は、Web 上でインタラクティブな 3 次元のオブジェクトと空間を記述するためのファイルフォーマットであり、1994 年に Version1.0 が発表され、その後、機能拡張された Version2.0 が 1996 年に発表された¹²⁾。1997 年 12 月に ISO(the International Organization for Standardization) /IEC(the International Electrotechnical Commission) 14772-1 として認可され、VRML2.0 から VRML97 に名称変更している。VRML は発表当初、3 次元 CG の標準フォーマットとして、高い注目を集めたが、その後、急速に関心が失われた。この原因として、文献³⁾では当時のコンピュータの処理速度やネットワークの転送速度の不足、描画やファイル圧縮技術が発展途上であったこと、コンテンツを作成するためのオーサリング環境の不足、標準化を追求しすぎたこと等をその原因として挙げている。しかし、近年ではコンピュータ環境上の問題は払拭されつつあり、電子商取引の普及に伴って、再び web3D 技術が注目を集めるようになってきており、商業ベースでの技術開発と普及が進みつつある。また XML の適用も進みつつあり、web3D Consortium では、VRML97 の後継となる X3D での XML の採用を決定している⁴⁾。

* 宮城大学事業構想学部デザイン情報学科 〒981-3298 宮城県黒川郡大和町学苑 1 E-mail: koji@makalab.org

** 岩手銀行

一方、VRMLの応用として、地形情報を表現するためのGeoVRML⁵⁾がweb3Dコンソーシアムのワーキンググループで検討がなされ、バージョン1.0が公開されている。

(2) VRML 技術適用の現状

建設分野におけるVRML適用の可能性について、蒔苗・藤井⁶⁾は、道路の線形設計における遠隔協同作業のツールとしてVRMLの適用の可能性について述べている。景観設計支援のためのツールとしてのVRMLの適用例として、例えば巖⁷⁾による景観スタジオにおける3次元モデルの共有のためのVRMLの適用、禹⁸⁾による橋梁の景観データベースにおける3次元形状モデル表現としての適用がある。また萩原ほか⁹⁾は、VRMLとJAVAを利用し、石炭火力発電所を例に、ネットワークを介した分散景観シミュレーションシステムの開発を行い、情報共有による意思決定の効率化が可能であるとともに、VRMLの適用により高度なユーザーインターフェースをもつ景観情報システムが低コストで可能であることを述べている。榊原・細野¹⁰⁾は、地域景観シミュレーション・データベース・システムにおける3次元CGデータとしてVRMLの適用したシステムの試作を行い、快適な協調設計環境の構築が可能であることを述べている。一方、VRMLの適用の問題に関して、森川・浜嶋¹¹⁾は、遠隔強調設計支援システムにおける3次元モデルのブラウジングのためにVRMLを適用しているが、データが冗長で立ち上げに時間がかかること、ブラウザの操作が一般ユーザーに難しい等の問題を挙げており、後者についてその解決の方策を述べている。

設計段階における3次元ライブラリとしての適用に関する研究として、三上らの研究^{12),13)}がある。これらの研究では、鋼道路橋設計情報について、AP203とVRMLとのクロストランスレータを開発し、AP203データを表現するためのビューワーとしてのVRMLの適用、またVRMLを用いた部材の3次元ライブラリ化と、その干渉チェックとしての適用を考えている。また石倉らは、構造解析や水利計算等の処理をネットワークを通じて行うシステムを開発し、その可視化のためにVRMLを適用し、3次元表現の有効性を述べている¹⁴⁾。

また施工管理へのVRMLの適用例としては、高橋らによる、海上工事における施工管理システムにおける海底状況の3次元表示のためのVRMLの適用¹⁵⁾があげられる。米国のNISTでは、Fire Research Facility Emissions Control System (ECS)の建設にあ

って、VRMLによるモデルを構築し、建築プロセスをWeb上で公開している¹⁶⁾。またブルドーザー、パワーショベル、クレーン等の施工機械のVRMLモデルについても、Web上で公開している¹⁷⁾。

また維持管理へのVRMLへの適用例として、VRMLとJava、Java3D等との組み合わせた橋梁の点検、補修履歴の管理システムの例がある¹⁸⁾。

関連した研究として3次元GISに関する研究がある。杉原ら¹⁹⁾は、GISとCGを統合化した、3次元の都市モデルの自動生成についての研究を行なっているが、その属性データとの関連については述べていない。

(3) 本研究の意義

(2)に示したように、建設分野においてもVRMLの適用について多くの研究が行なわれている。しかし、その多くは景観設計に関するものであり、実際に施設の維持管理に適用した例は少ない。またVRMLは3次元モデルを表現するためだけに使われている場合がほとんどであり、その3次元インターフェースとしての適用に関する研究は行なわれていない。

本研究では、VRMLのもつアクティブリンク機能に着目し、その機能を施設管理システムへ応用することにより、3次元インターフェースをもつデータベースシステムの実現しようというものであり、(2)に挙げた多くのVRMLに関する研究とその目的を異にする。なお、本研究で構築するプロトタイプでは、道路案内標識をその対象とすることとした。

3. VRML を適用した案内標識管理システムの構築

(1) 案内標識管理の現状

道路標識は、設置後においてその効用が損なわれることがないように維持管理を十分に行うことが求められる。道路標識の日常的な維持管理作業としては、適宜、巡回点検を行うことと、異常を認めた場合の速やかな補修があげられる。これらの維持管理を能率よく確実に行うために、道路標識の設置状況を記した道路標識調書の整備が必要とされる^{20),21)}。実際の管理状況について、国土交通省東北地域整備局仙台工事事務所においてヒアリングを行なった。同事務所では「道路標識台帳」として調書の整備が行なわれており、台帳では、標識の設置方式、標識柱、補修履歴、現況写真、標識位置調査などの項目が1標識あたりB4判2枚に記載されている。同事務所

では、宮城県内の国道約 450km を管理していることから、台帳数が多くなり、保管スペースを大きく占有するという問題が生じている。

このような背景のもと、道路標識管理のためのシステムが必要とされており、例えば(財)道路保全技術センターは「標識評価管理システム」を開発している。同システムは、地図上に標識位置、諸元情報、写真を表示するほか、表示地名の連続性・整合性、表示距離などをチェックし、改善すべき標識を抽出し、Excel 上で一覧表示するスタンドアロン形式のシステムである。しかし、システムの開発・導入コスト等の問題から、システムを導入している道路管理者は一部にとどまっているのが現状である。

(2) 道路標識管理システムの構成

道路標識には、規制標識、警戒標識、案内標識等があるが、本研究では道路管理者が管理する案内標識のうち、方面・方向及び距離の予告、方面及び方向の予告（「道路標識、区画線及び道路標示に関する命令」・案内標識番号 106-A, 108-A, 108 の 2-A, 108 の 2-B）をその対象とする。また本研究で対象とする案内標識は、国道 4 号仙台バイパス（黒川郡大衡

村～仙台市太白区）の区間とする。対象区間には 57 基の案内標識が設置されている。

本システムは、当該区間における道路線形及び区間内の道路案内標識と横断歩道橋を VRML によりモデリングし、3 次元の仮想空間内で再現する。そして、仮想空間内で再現される 3 次元の案内標識と標識データベースとを連携させ、3 次元のインターフェースを実現させようというものである。

道路標識管理システムの構成は図-1 の通り表される。

(3) 3 次元形状データモデルの構築

本システムで必要な 3 次元形状データは、道路等の基盤データモデルと管理対象とする案内標識データモデルに分類される。

基盤データモデルについては、管理対象である国道 4 号線のみを作成するものとし、道路中心線の平面座標に基づき簡易な VRML によるモデルを作成した。それ以外の基盤データに関しては、地盤を平面とみなし、ビットマップ化した地図情報をテクスチャマッピングすることにより、俯瞰した場合に、他の道路との接続関係や地名等が把握できるように

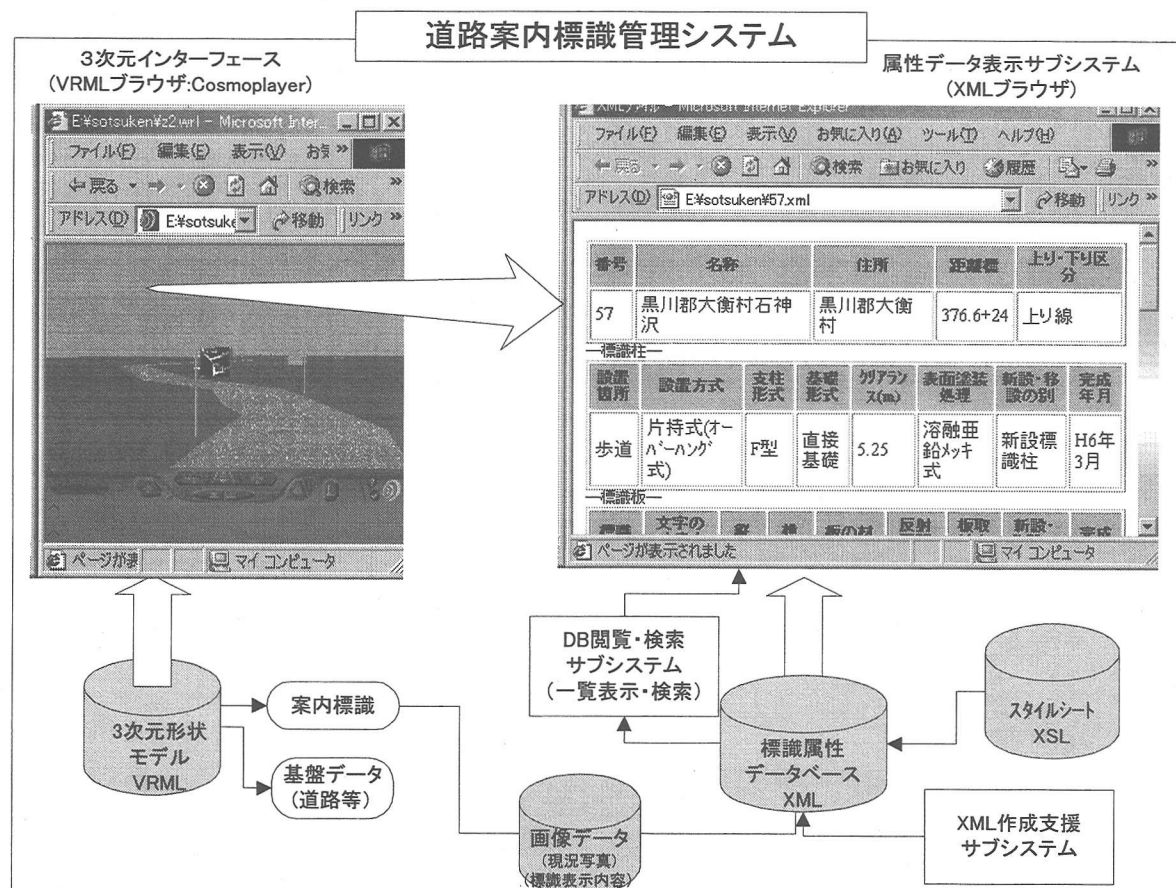


図-1 道路案内標識管理システム

している。

管理対象物である案内標識データモデルは、VRML 上でインスタンスを定義する DEF ノードを用いて標識柱形式（F 型、逆 L 型、T 型、門型）及び歩道橋添架式について基本形状として定義し、それらを標識位置の座標データに基づき、USE コマンドを用いて呼び出すという方法を用いている。標識板については、それぞれの実際の標識データに基づく標識板のモデルを作成し、それを配置している。

標識板の表示内容については、あらかじめ表示内容について画像データ（GIF 形式）として作成し、それをテクスチャとしてマッピングする方式を用いている。

図-2はVRMLにより作成されたF型案内標識の表示例である。

(4) 標識属性データベースの定義

各案内標識に対する属性データベースの項目は、現状の標識台帳の項目に基づき表-1の通り設定した。また現況写真については、標識台帳に貼付された写真をスキャナによりデジタル化し、そのファイル名を入力している。

属性データベースには、XML を採用した。これは、XML を用いることにより、Web ブラウザ上でのデータベース構築を容易に行うことができること、構造化したデータ記述が可能であることなどの理由による。本システム上では、1つの案内標識に対し、1つの XML ファイルが対応するよう、データを構築している。

表-1 属性データ項目及び各項目の入力方法

分類	項目	入力方法	備考（選択肢等）
標識	番号	直接	
	名称	直接	
	住所	選択	仙台市太白区・仙台市若林区・仙台市宮城野区・仙台市泉区 黒川郡富谷町・黒川郡大和町・黒川郡大衡村
	距離標	直接	
	上り・下り区分	選択	上り線、下り線、上下線共通
標識柱	設置箇所	選択	路端（道路端）・歩道・路端（歩道端）・中央分離帯・交通島・その他
	設置方式	選択	片持式・門型式・歩道橋添架式・高架橋添架式・添架式・その他
	支柱形式	選択	F 型・オーバーヘッド型・T 型・逆 L 型・デザイン支柱・その他
	基礎形式	選択	埋め込み型・ベースプレート型・直接基礎・その他
	クリアランス(m)	直接	
	表面塗装処理	選択	亜鉛メッキ式・溶融亜鉛メッキ式・塗装式・静電粉体塗装・その他
	新設・移設の別	選択	新設標識柱・移動標識柱
	完成年月日	直接	
	備考	直接	
標識板	標識種別	選択	106-A, 108-A, 108 の 2-A, 108 の 2-B
	文字の大きさ(cm)	直接	
	縦(cm)	直接	(板の寸法)
	横(cm)	直接	(板の寸法)
	板の材質	選択	アルミニウム合金板・鋼板・その他
	反射照明方式	選択	全面高輝度・全面反射・照明なし・外部照明式・内部照明式・その他
	板取付方法	選択	固定式・吊下式・その他
	新設・移設の別	選択	新設標識板・移設標識板
	完成年月日	直接	
	備考	直接	
補修履歴	補修年月	直接	
	内容	直接	
	備考（原因等）	直接	
現況写真	全景	直接	標識の全景写真の画像ファイル名
	拡大 1	直接	標識の拡大写真の画像ファイル名
	拡大 2	直接	
	拡大 3	直接	

案内標識の 3 次元オブジェクトは対応する XML ファイルに対するアクティブリンクを有している。そのため、ユーザーは任意の案内標識をクリックすることにより、属性データを有する XML ファイルを呼び出すことができる。

(6) データベース閲覧・検索サブシステム

VRML のアクティブリンク機能により呼び出された XML ファイルは、XML ファイルのタグと書式との関連を示した stylesheet ファイル(XSL)を参照することにより、表形式で画面上に表現される(図-4)。また関連する画像データ(現況写真等)も同時に読み込まれ、帳票上に表示されるようになっている。

標識一覧の表示やデータの検索にあたっては、本システムでは 1 つの案内標識に対し、1 つの XML ファイルが対応することから、複数の XML を読み込む必要がある。本システムでは、VB Script 及び html を用いることにより、複数の XML を読み込み、情報の抽出を行い、XML ファイルを再生成することにより、一覧表示(図-5)及び検索結果の表示(図-6)を可能としている。

(7) XML 作成支援サブシステム

標識属性データベースでは、データは XML 形式で記述されるが、データベースへのデータ入力を支援するため、HTML と VB Script を用いた Web ベースの XML 作成支援プログラムを作成した。各項目の入力方式を表-1 の入力方式の欄に示す。

(8) 道路案内標識管理システムの効用

本システムでは、VRML を用いた 3 次元インターフェースを用いている。本手法は、現実世界のミニチュアモデルをコンピュータ上に仮想的に構築しているのと同様であり、管理者はこの 3 次元仮想空間の中で自由に移動でき、それにより対象物の 3 次元形状を瞬時に把握することができるとともに、それに関する情報の取得もマウスのクリックにより可能である。すなわち、より直感的な 3 次元インターフェースを実現している。

本システムは VRML, XML 等の Web ベースの標準技術を適用しており、その汎用性が高いとともに、ネットワーク上での情報共有を容易に実現することが可能である。

4. 施設管理システムへの 3 次元インターフェースの応用

現状の建設プロセスの中で、設計情報の交換は図

番号	名称	住所	距離	上り・下り区分	詳細
1	太白区中田七丁目	仙台市太白区	343.8+43	下り線	1.xml
2	太白区中田町鎌ヶ淵	仙台市太白区	344.1+00	上り線	2.xml
3	太白区郡山八丁目	仙台市太白区	345.6+02	上り線	3.xml
4	太白区郡山七丁目	仙台市太白区	345.9+77	上り線	4.xml
5	太白区郡山五丁目	仙台市太白区	346.5+25	上り線	5.xml
6	太白区郡山五丁目	仙台市太白区	346.6+64	下り線	6.xml
7	太白区郡山四丁目	仙台市太白区	346.8+14	下り線	7.xml
8	太白区郡山字新々田西	仙台市太白区	347.1+17	上り線	8.xml
9	太白区郡山字新々田西	仙台市太白区	347.2+78	上り線	9.xml
10	若林区若林七丁目	仙台市若林区	347.7+17	上り線	10.xml
11	若林区若林四丁目	仙台市若林区	347.8+08	下り線	11.xml
12	若林区若林五丁目	仙台市若林区	348.0+34	上り線	12.xml
13	若林区遠見塚二丁目	仙台市若林区	349.3+42	下り線	13.xml
14	若林区遠見塚三丁目	仙台市若林区	349.9+20	上下線共通	14.xml
15	若林区中倉三丁目	仙台市若林区	350.3+51	下り線	15.xml
16	若林区大和町五丁目	仙台市若林区	350.5+44	下り線	16.xml

図-5 標識属性データの一覧表示

XML検索画面

▼検索条件▼

■住所選択 : 仙台市東区

■上り・下り区分選択 : 上り線

※「詳細」を参照する場合は右クリックから「新しいウィンドウで開く」を選択してください。

番号	名称	住所	距離	上り・下り区分	詳細
39	東区松森住吉	仙台市東区	357.8+87	上り線	39.xml
40	東区松森字神松	仙台市東区	359.1+70	上り線	40.xml
41	東区市名坂字津田	仙台市東区	360.9+27	上り線	41.xml
42	東区市名坂字津田	仙台市東区	360.9+62	上り線	42.xml
43	東区市名坂字津田	仙台市東区	361.8+00	上り線	43.xml

図-6 検索結果の表示

面情報が主となっている。近年の建設 CALS/EC の進展により、設計情報の電子化も進みつつあるが、図面情報をそのまま 2 次元的にデジタル情報に置き換えたものにすぎない。一方、製造業等を中心として 3 次元 CAD システムが普及しつつあり、土木分野でもダム建設等、一部の分野でその導入が試みられている²²⁾。このような 3 次元 CAD 技術の導入は、図面情報を用いることなく、設計情報の交換を可能とすることが期待される²³⁾。一方、現行の施設の維持管理においては、2 次元の図面情報がベースとなっており、設計情報が 3 次元化した場合に、その情報をそのままでは活用できないという問題が生じる。このような問題に対し、3 次元化された設計情報をそのまま維持管理へも応用できるシステムの確立が不可欠である。また近年では、設計情報の 3 次元化に加え、オブジェクト指向の概念を取り入れた製品情報のモデル(プロダクトモデル)の開発も特に自

動車産業や造船業等を中心に進みつつある、これらのモデルの普及も同様に新たな維持管理のためのシステムを要求するであろう。

web3D と XML を用いた施設管理システムの概念モデルを図-7に示す。設計物の形状に関する情報は3次元CADシステムにより3D形状データとして蓄積される。これらの3次元形状データは維持段階で変換プログラムを介して、web3Dデータに変換される。これにより、web3Dブラウザを用いることにより、設計物の3次元形状を仮想的な3次元空間の中で得ることが可能となる。一方、3次元形状モデルに付随した属性データは、変換プログラムによりXML形式のファイルへと変換される。このXML形式のファイルとweb3Dのファイルとのリンクを行うことにより、3次元インターフェースが構築できる。web3D及びXMLデータのデータはネットワークでの情報共有のための中間ファイルとして機能しているが、Webブラウザ側からのXMLの修正は許容するが、web3Dについてはブラウザ側からの修正は不可能とした一方通行の流れとせざるを得ない。それは、現状ではweb3Dで表現できる形状に制約があるとともに、STEP(Standard for Exchange of product data model; ISO10303)のアプリケーションプロトコル²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾のような製造物に応じた独自のデータ構造が規定された場合、汎用的なフォーマットであるweb3Dからの逆変換が困難であるためである。将来的には建設分野でも標準的なプロダクトモデルが規定されることが考えられ、それに適応した3次元ブラウザの開発は中間フォーマットを不要とし、より効率

的な管理システムの構築の実現を可能とすると思われる。

5. むすび

本研究では、web3Dの道路施設管理システムへの応用として、実際に案内標識を対象とした管理システムを構築し、web3D技術のひとつであるVRMLを用いた3次元インターフェースの有効性について述べた。また属性データベースについては、XMLを適用することにより、Web上で利用可能なデータベースシステムを構築した。

web3Dのインターフェースとしての適用は、図面に依存しない施設管理システムの構築を可能とする。将来的な3次元設計技術の普及と3次元モデルの利用技術は、設計、施工、維持管理といった製品のライフサイクルにわたる3次元形状データ及びそれに付随した属性データの流通を促進するものと考えられる。

現状のweb3Dの技術はまだ発展途上の技術であり、データ量や処理速度、表現力等の面でまだ問題が多い。しかしながら、コンピュータ技術の進歩がこれらの問題を払拭することは時間の問題と考えられ、その応用技術についてさらなる研究を進めていく必要がある。

本研究で開発したシステムはプロトタイプであり、実際の運用はなされていない。今後の課題として、実運用可能なシステムへの発展とその検証が必要であろう。

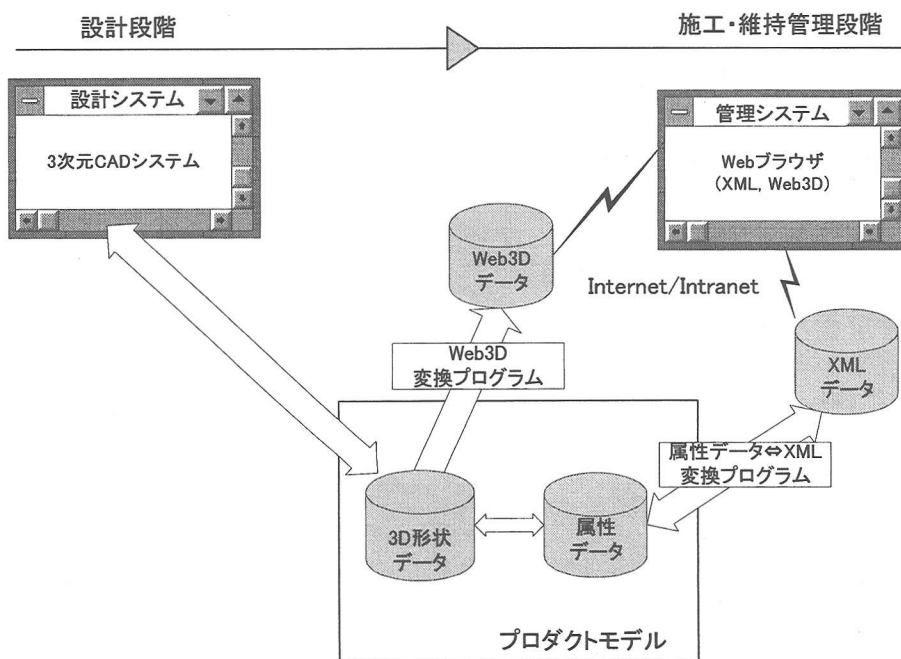


図-7 web3D と XML を用いた施設管理システムの概念モデル

謝辞

本研究を進めるにあたって、宮城大学長 福田 正教授には貴重な議論をいただいた。資料提供及びヒアリング等では、国土交通省東北地方整備局仙台工事事務所交通対策課の方々に多大な協力をいただいた。ここであらためて謝意を表する。

参考文献

- 1) web3D Consortium: <http://www.web3d.org/>
- 2) Hartman, J. and Waernecke, J.: The VRML 2.0 Handbook, Silicon Graphics, Inc, 1996.
- 3) 日経CG: web3Dの復活, 日経CG, Vol.164, pp.52-73, 2000.
- 4) 鳥谷浩志: web3Dの課題と対策を提示・新規ビジネスを展望する, 日経CG, Vol.169, pp.152-159, 2000.
- 5) GeoVRML.org: <http://www.geovrml.org/>
- 6) 蒔苗耕司・藤井章弘: VRMLを利用した道路の線形設計, 第21回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.185-188, 1996.
- 7) 巖 網林・友松貴志: 情報環境での景観デザインに向けて―“景観スタジオ”の構築, 第21回土木情報システム講演集, pp.133-136, 1996.
- 8) 禹 成浩・福田知弘・草間晴幸・笹田剛史: 橋梁環境デザインにおけるVRMLの利用, 土木情報システム論文集, Vol.5, pp. 91-98, 1996.
- 9) 萩原豊・渡辺成子・植良人: VRMLとJAVAによる分散景観シミュレーション, 第22回土木情報システム講演集, pp.167-170, 1997.
- 10) 榊原和彦・細野高宏: 地域景観シミュレーション・データベース・システムの協調設計への利用に関する研究, 第23回土木情報システム講演集, pp.47-50, 1998.
- 11) 森川直洋・浜嶋鉦一郎: B-ISDNによる遠隔協調設計支援システムの高度化実験, 第23回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.129-132, 1998.
- 12) 三上市蔵・田中成典・窪田諭: 鋼道路橋設計情報に関するAP203とVRMLのトランスレータの基礎的研究, 土木情報システム論文集, Vol.8, pp.73-80, 1999.
- 13) 三上市蔵・田中成典・石井由美子: 部材CGライブラリを用いた橋梁設計CGシステムに関する基礎的研究, 第24回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.165-168, 1999.
- 14) 石倉正英・エリック クルーズ, 青野利夫: Java, VRMLを利用したリモート数値解析システムの開発, 第22回土木情報システム論文集, pp.187-190, 1997.
- 15) 高橋宏直・吉村藤謙・重松文治・石川義秀: データコミュニケーションによる海上工事施工管理システム構築, 土木情報システム論文集, Vol.7, pp.9-16, 1998.
- 16) Nation Institute of Standards and Technology: <http://cic.nist.gov/vrml/ecs.html>
- 17) Nation Institute of Standards and Technology: <http://cic.nist.gov/vrml/equip.html>
- 18) 三上市蔵・田中成典・石井由美子: 三次元モデルライブラリを利用した点検・補修履歴の管理システム, 第25回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.21-24, 2000.
- 19) 杉原健一・ハンマード アミン・林良嗣: GISとCGの統合化システムによる都市の3次元モデルの自動生成とその活用, 土木情報システム論文集 Vol.5, pp.91-98, 1996.
- 20) 社団法人日本道路協会: 道路標識設置基準・同解説, 日本道路協会, 1987.
- 21) 菊川滋編著: 道路維持管理ポケットブック, 山海堂, 1999.
- 22) 土木CAD小委員会: 平成9・10年度土木CAD小委員会活動報告書, 土木学会土木情報システム委員会, 1999.
- 23) 蒔苗耕司: 3次元による設計と設計情報のあり方, 平成11年度土木情報システム仙台セミナー'99, (社)土木学会, pp.15-19, 1999.
- 24) EASTMAN, E.M.: Building Product Models: Computer Environments Supporting Design and Construction, CRC-Press, 1999.
- 25) Julian Fowler: STEP for Data Management Exchange and Sharing, プラントCALS研究会訳, 工業調査会, 1997.
- 26) 木村文彦・小島俊雄: 製品モデル表現とその利用技術―STEP, 日本規格協会, 1995.