

(財)日本建設情報総合センター研究助成事業

「道路維持管理分野における建設プロダクトモデルの構築と適用性に関する研究」
(道路維持管理業務におけるプロダクトモデルの利活用効果に関する研究)

報告書

平成17年9月

目次

1	はじめに.....	3
2	CALSとは.....	4
3	日本道路公団（以下 JH）におけるCALS対応についての考え方.....	8
4	道路維持管理業務におけるプロダクトモデルの利活用効果に関する研究.....	10
4 - 1	位置情報からあらゆる情報を参照.....	12
4 - 2	空間データの共有.....	13
4 - 3	データモデルに着目.....	14
4 - 4	スケルトンとプロダクトモデルでライフサイクル.....	15
4 - 5	高速道路の維持管理を目的としたプロダクトモデルを試行するにあたり.....	16
4 - 6	デザインツリーとコンストラクションツリー.....	18
5	G×2 Viewer + Editor とプロダクトモデルの運用による積算数量算出実験.....	19
5 - 1	土工部舗装.....	19
5 - 2	実験環境.....	22
5 - 3	実験結果.....	23

1 はじめに

社会基盤施設の高齢化や設計許容値を超えた運用による劣化の進行とそれに伴う維持管理に係わる問題（費用と技術）が浮上するさなか、行財政改革の一環として、公共工事のコスト縮減が挙げられており、e Japan 戦略の諸施策としての CALS/EC が進行し、建設行政においても、それらに追従、業務改革を通し、質を落とさずにコストを下げることをうたっている。それらは、土木建設業界全体の改革を目指したものになっている。

* 高速道路は維持管理時代へ突入 *

我が国の高速道路においては、既に 9,230 km を供用し、未供用 3,082km におよんでいる。サービス水準を向上させながら、維持管理費の縮減、より一層の安全性向上のため、技術面を含む具体的施策が求められている。

* リバースエンジニアリングに着目 *

本研究にあたっては、製品の「つくる」「つかう」「廃棄する」のライフサイクルの内、「つかう」に着目し、効果的なライフサイクル設計を行うための諸情報を調査計画、設計、施工の各段階にフィードバックする効率的な手法・技法について考察した。

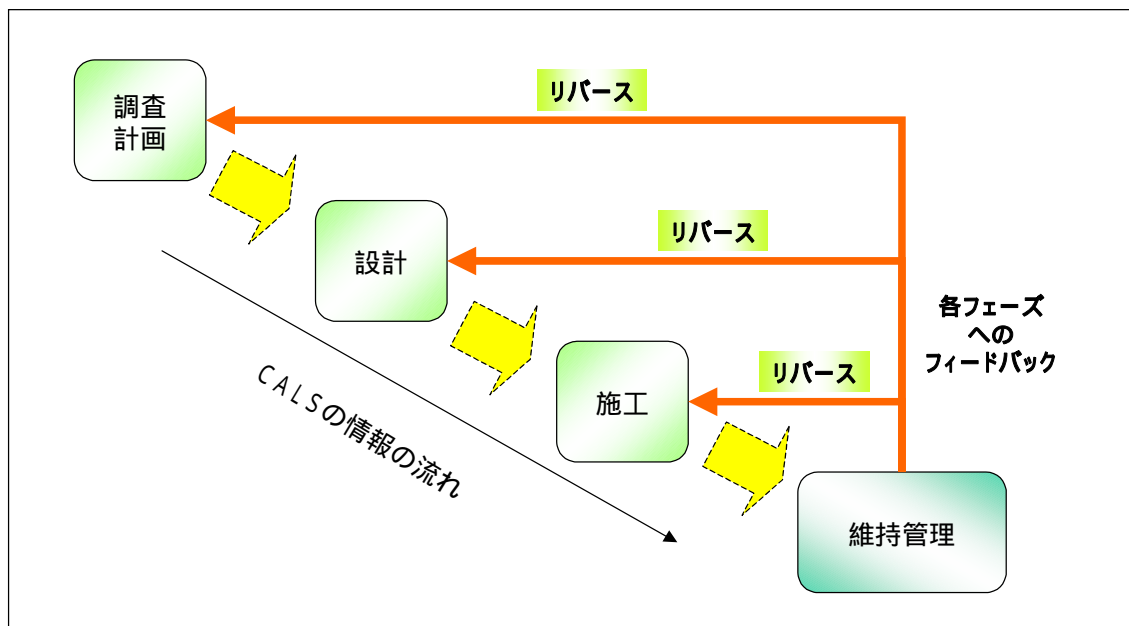


図 1 - 1 ライフサイクルにおける情報の流れ

2 CALSとは

CALSとは、Continuous Acquisition and Life cycle Support（継続的な調達と製品ライフサイクルの支援）とも Commerce/clerical work At Light Speed（電子取引・決済・事務処理におけるスピード化と効率化）と言われ、「公共事業支援統合（交換/共有/連携/再利用）情報システム」のことである。

CALSは、公共工事に絡む従前の業務の進め方を大きく変えるもので、公共事業全般のライフサイクル（調査、計画、設計、積算、入札、契約、施工、維持管理）の電子的支援とその取り組みであり、受発注者間、および発注者内部の情報共有・活用を図るものである。

具体的には、業務過程でのデータを電子化し、文書・図面等のやり取りや保管などへのIT適用により業務の効率化を実現することである。なお、国土交通省を中心に導入が進められている建設CALS/ECにおいては、入札手続の透明化、健全な競争を促進して、品質の向上を目指すとともに、成果物を電子化することで様々な業務を効率化することにもない、コスト削減につなげることを目的としている。

CALSの動向について関係者、各関係各機関においてヒアリングし、その要点を纏め下図に示す。

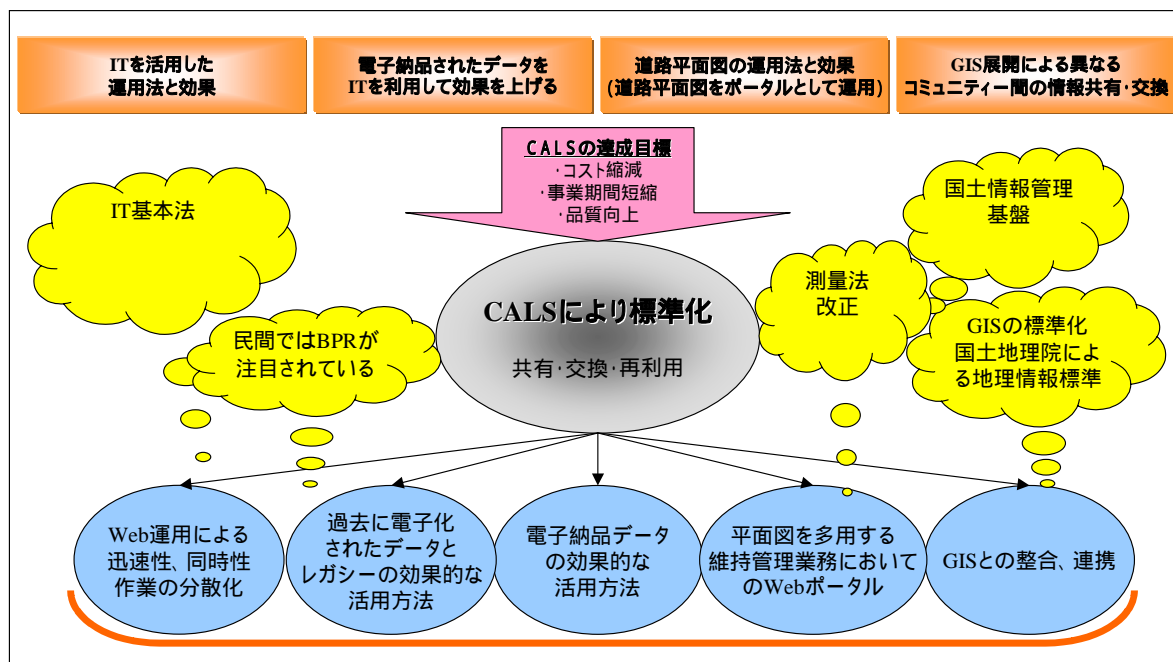


図2 - 1 CALS動向

ヒアリングの一部を下記に記載する。

(1) 電子納品について

図面について

- ・ 道路平面図をそのまま CAD で作図してよいか？
道路中心線情報が GIS との整合が取れていないのでは
- ・ CAD 製図基準を熟知して作図することは困難である！
簡単な作図操作ができるツールが必要なのでは
- ・ 図面を CAD で作図することは高度なスキルが必要
利用するためには、職員の教育や専門業者への委託が必要になるのでは

電子納品要領における文書型定義 (DTD) について

- ・ 管理ファイルに記載されている位置情報が設計、建設 (測点) 時点と維持管理 (距離標) 時点で異なる
業務過程で共有できないのでは
- ・ 現在、各種 XML スキーマ言語が存在するが、DTD を利用しつづけるのか？
データ構造や外部参照、予約文字の取扱いなどの変更が考えられているのでは

SXF について

- ・ 長大橋等の長い距離情報を交換できるのか？
変換後の距離情報が不正確となるのでは
- ・ 土木構造物においては、ビューと設計データ (立体的) をそれぞれ交換、流通させる
ことが必要である
2次元の図情報では足りない場合が多いのでは
SXF レベル4では3次元情報の交換を目指している
- ・ 図面データを交換するには、モデル・データが重要になる
SXF レベル4ではモデル・データが交換できる

(2) 情報の共有・交換・再利用について

ライフサイクルにおける利活用について

- ・ 電子納品されたものが、各フェーズで有効に再利用できないと言われているが！
各フェーズを横断的に連携する為にはデータモデルの考えが有効であるのでは

- ・ デジタル写真の保管では、有効に利活用できないと言われているが！
ライフサイクルにわたって同一の位置情報で管理ができないのでは

ITによる運用とレガシーDBについて

- ・ 蓄積されたデータを有効に活用したのだが
IT 社会基盤整備に併せ、Web ベースでの運用が必要であると言われている
Web ポータルが有効活用的手段として必要と言われている
- ・ マイグレーションやシンクライアント・システム、ASP、エンタープライズ、アプリケーション統合等が必要であると言われているが
TCO が肥大するのでは

(3) GIS 運用について

GISによる統合について

- ・ 国土地理院数値地図を基に、道路台帳（大縮尺地図が必要）を GIS で管理しようとしている
現在、大縮尺地図が入手できないのでは
- ・ CALS では GIS 精度で国土管理基盤と整合を図り、統合化を進めている
属地勢を重要とするものとしては管理できるが、それ以外はどうなのか？
- ・ 地図情報と建設情報の整合が必要とされ、SXF の将来展開や GML、LandXML 等が検討されている
地図のベクター化と構造物の CAD 化したものでは、立地整合が難しいのでは
- ・ 現時点で GIS 運用（OpenGIS とされているけれども）を考えられている
将来にわたり、GIS アプリケーションとその他アプリケーション環境を保持しなければいけないのでは？

ヒアリングの結果から、ビュー・プロセス・データを全て標準化・統一化することはコスト面からみても現実的ではない。それらをライフサイクルに渡った適用しようとするのは難しい面もある。事業資源（プロダクト）のライフサイクルを通して支援を行うことは、複数のシステム、様々なアプリケーション、異なるフォーマットのデータ等を連携し、利用しなければならない。データ共有化による、相互運用（Interoperability）をソフトウェア上で解決できてないということは、いろいろな面で生産性の効率化において問題となっている。そのことは、プロダクトのライフサイクルを通じて、非効率的な作業過程をもたらす結果となっている。

本研究では、ビュー・プロセス・データを何らかの連携メカニズムを介してそれらの問題の解決が出来ないものかと考えた。

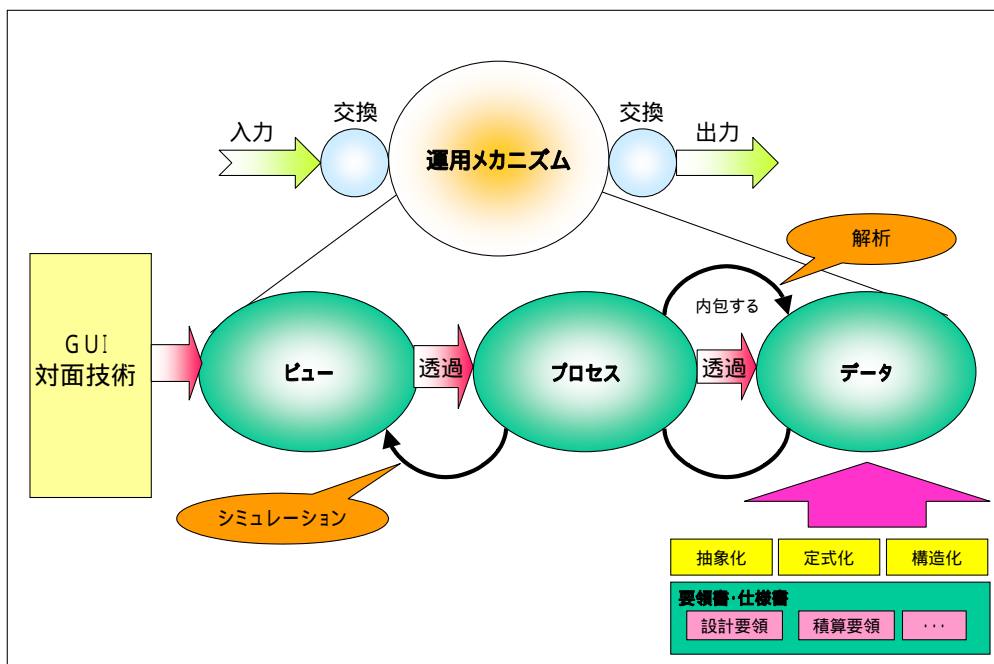


図 2 - 2 運用メカニズム

3 日本道路公団（以下 JH）におけるCALS対応についての考え方

* コスト縮減・事業期間短縮・品質向上 *

社会基盤を事業の資源とする企業（道路管理者）においては、経済環境、時代・社会のニーズ、市場などの変化、ITの革新による事業構造の変革に対応した企業目標の達成が求められる情勢にあると認識している。

そのような認識に基づき、高速道路維持管理現場（事務所等）の職員にCALS対応への考え方についてヒアリングし、その要点を纏め下図に示す。

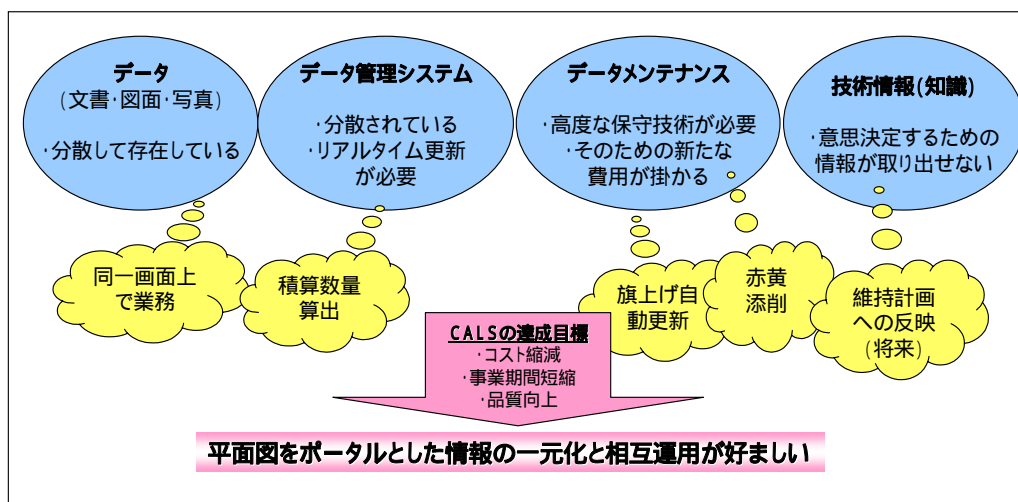


図3 - 1 JHにおけるCALS対応についての考え方

ヒアリングから、維持管理現場では平面図に基づいた、位置の確認、検討、あるいは説明という具合に平面図の使用頻度が多いことが分った。その結果から、平面図をポータルとした情報の一元化と相互運用が望まれていることが判明した。

ヒアリングの内容の一部を下記に示す。

電子化された平面図の運用について

- ・ 平面図上で損傷箇所の特定し、点検情報等とのリンクをしたい
損傷箇所に属性情報および位置情報の付与（オフセット計算による調整）が困難である
- ・ ベクター平面図データに赤黄添削（履歴を自動的に残す）を施したり、改良工事等で新たに作成した図面データを繋ぎ合わせたり、重複併せで業務を行いたい
これらは人手と時間がかかる
- ・ 平面図で延長距離を求めたい
トレース平面図では延長距離が求められないのでは

- ・ 旗揚げの修正・更新については、CAD の修正とデータベースの更新修正の両方同時に
行いたい
ダブルで時間がかかる
- ・ ベクター平面図データに記載されている k p と測点についてマッチングしたい
人手を介して変換を行っている

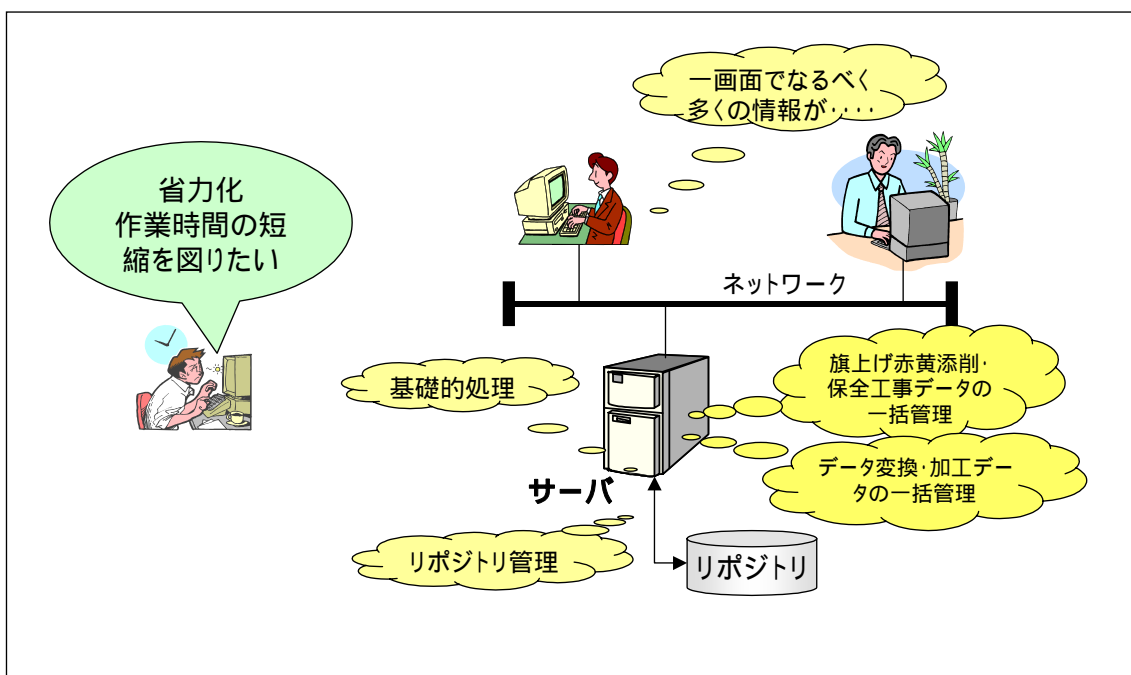


図 3 - 2 維持管理現場における要望

4 道路維持管理業務におけるプロダクトモデルの利活用効果に関する研究

本研究では、事業概要説明（測量・地質調査説明）に始まり、設計、用地の取得、工事、そして完成にいたる「建設のプロセス」と、供用開始で始まる「維持管理のプロセス」とに分け、それら、2つのプロセスを通したライフサイクルプロセスの進展に従ったデータの共有・再利用方法が重要と考えた。特に、土木建設業界では、ライフサイクルマネジメントとライフサイクルデザインに不可欠な供用開始後における性能劣化のプロセスに基礎を置くデータの集積と利活用手法について、十分に考慮する必要があると思われる。

プロダクトデータが自動的に蓄積され、構造化され、維持管理現場における戦術的意思決定で活用するためには、リアルタイムデータ検索が行えるような仕組みと、コミュニケーションのための表現データの加工処理が、手元のパーソナルコンピュータで容易に行えるような仕組みが必要である。

また近年、情報通信システムを中心とした情報技術革新と産業のグローバル化による産業構造の変革の中、一方では、BPR あるいは建設 CALS/EC による業務プロセスの見直し、カスタマー・リレーションシップ、コンプライアンスや CSR、防災、災害対策等、リスクマネジメントの強化、環境保護や資源再利用等々、事業の新たな枠組みは広がっている。

建設業界においても、業務の高度化を目指して業務の質的向上、能動的なサービス提供のため、従来型の業務に代わる抜本的な業務改善にともない、情報通信技術（IT）が多用されるとともに、業務データの電子化も急速に進み、情報ネットワークを介した電子データの交換・共有も急速に普及しつつある。「電子データの利活用」の新たな枠組み（統一化・標準化）の確立へと向かっている。

それら、「新たな枠組み」においては、高速道路構造を表現（設計・建設）し、土木建設業界特有の表現を含んだ情報を交換・共有し相互運用する必要がある。そのためには、3次元プロダクトモデルが主体となり、プロダクトモデルの表現形式はオブジェクト指向で、XML スキーマで実装され、交換するようになると思われる。

そこで本研究では上記の考えに基づき、以下の仕組みについて検討した。

[仕組み] その1

平面図を多用する業務においては、位置情報を管理することが情報一元化の要となる。

しかし、位置情報は、平面直角座標 19 系、測地系、距離標（K P）と管理基準が3つに分かれているおり、一意には決まらない。そこでそれぞれの仮想相関関係を定義し、精度品質の段階的に向上させることが肝要である。そのためには、上記が可能な幾何構造スケルトンへの登録は不可避である。

* 位置情報により一元的に管理された情報（旗揚げ等）は、検索も、修正更新においても、効率的に行える。

[仕組み] その2

プロダクトデータ（ライフサイクルデータ）の効率的な集積、運用にはそれぞれのビュー・プロセス・データを統合しうるインターフェースが必要である。

[仕組み] および考え方

サーバ側での処理を基本とし、基礎的処理及び、リポジトリ管理をサーバ側で行うことにより、システム利用者の負担を軽減する。またマウスクリック、キーストローク、画面遷移の情報だけがネットワークを介してやりとりされる。それにより、理想利用者側パソコンへのインストールソフトウェアやプラグインの作成、及び作業効率を向上させるモジュール拡張の追加などを最低限にとどめ、開発、及び、システム管理コストの低減につながる。

データの散逸を防ぎ、更新を容易に行う為、添削・修正データを一括管理し、履歴を記録する。

サーバ側で旗揚げの赤黄添削、保全工事等のデータを一括管理し、データの散逸を防ぎ、また履歴を記録し、Web ブラウザ表示することにより、簡易な操作で参照・編集を可能にする。

一般に作成される CAD データからのデータ変換、加工には、専門的な技能、知識が必要であり、場合によっては、特殊な処理ソフトウェアをデータ毎に作成しなければならないことも珍しくない。

また添削・修正結果、履歴参照等の簡易操作を可能にするため、Web ブラウザ表示により作業を行う。

* ビジネスアプリケーションを用いての作業の約 50%は、データの並べ替え処理 (SORT 処理) が占めていると言われていることを念頭に考えた。

4 - 1 位置情報からあらゆる情報を参照

幾何構造スケルトン (multi-dimension skeleton) と G×2 Viewer+Editor (wrapping structure)

G×2 (Geography&Geometry): 空間データと幾何構造を仮想空間内で

パラメトリックに符合させる為のインターフェース (ビューアとエディター)

本研究の仕組みを取り入れた幾何構造スケルトンと G×2 Viewer+Editor では、維持管理用 (幾何構造スケルトンを透過して位置情報が読み取れる) 平面図を基として維持管理業務に関わりのある、あらゆる周辺情報 (補修履歴・点検情報の集積も容易) の利活用、道路資産数量 (交通安全施設、遮音壁、排水施設、舗装等) の反映による業務の効率化を促すことが可能である。幾何構造スケルトンと G×2 について下図に示す。

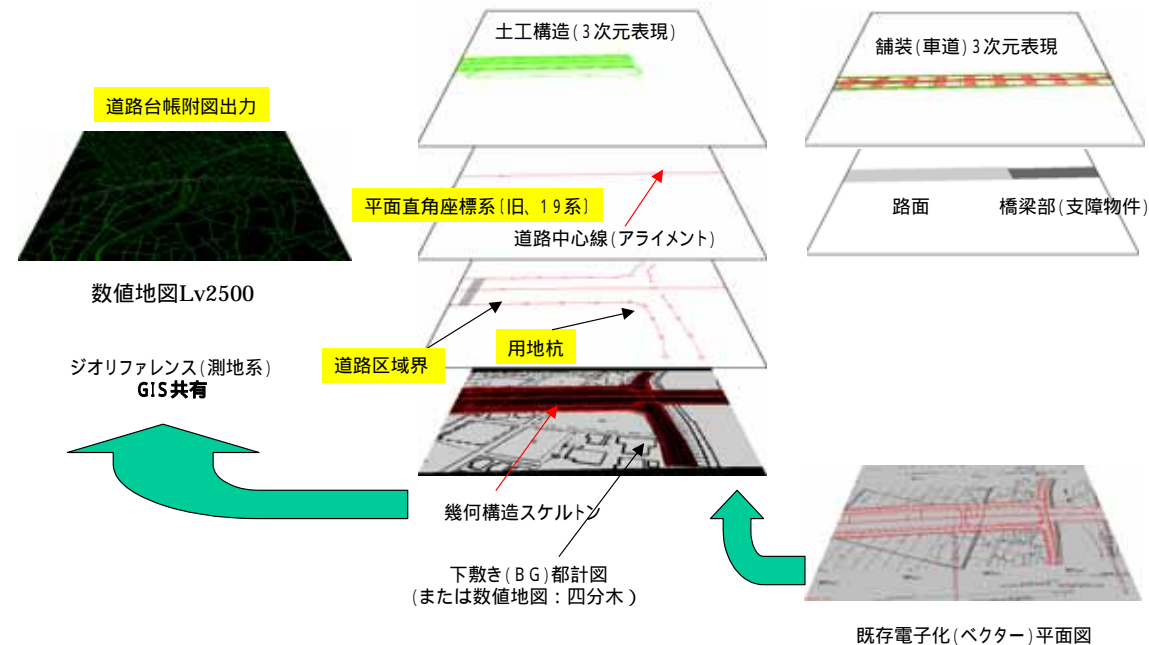


図4 - 1 幾何構造スケルトンと G×2

4 - 2 空間データの共有

GIS によって、環境・防災等の対策はもちろんのこと救急医療や災害医療の支援を行うために、道路 GIS・消防 GIS・警察 GIS および医療機関などとの情報共有が必要であり、また、一般への情報提供も求められている。

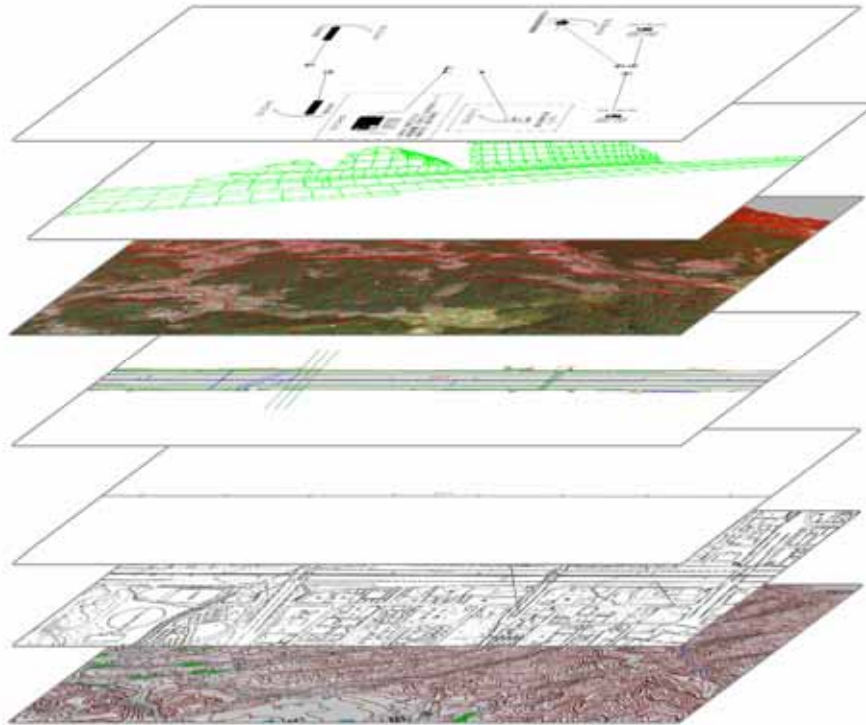


図 4 - 2 空間データとの共有

* 共有オブジェクト名称

GIS および道路台帳（道路法第 28 条・道路法施工規則第 4 条）との共有項目

道路区域界	高速道路区域
道路中心線	中心線
幅員構成	分離帯
	車道幅員
	路肩
	側帯
側道	側道
接続道路	連絡等施設
兼用工作物	鉄道交差部
	道路交差部
	河川交差部
主要支障物件	カルバート
用排水構造物	
橋梁・高架	
トンネル	
休憩施設	
地点標（kp 標）	
料金徴収施設	
道路情報管理施設	

4 - 3 データモデルに着目

データモデルとは、実世界の事物・事象等コンピュータ世界で扱う為に一定の約束や表現規則（抽象化・定式化）に従って写し取ったもの、あるいは、それらの約束や表現規則そのものをいう。

データモデルには、個別オブジェクトを管理するために記述された応用データモデルと呼ばれるデータモデルを指す場合、あるいはデータモデル機能と呼ばれる事業戦略情報システムのデータモデルのように特定データモデルを記述するときに共通に用いられる表現手段またはそれにデータ処理手段も併せて考えたものを指すものの二通りあり、それぞれを区別して使う。

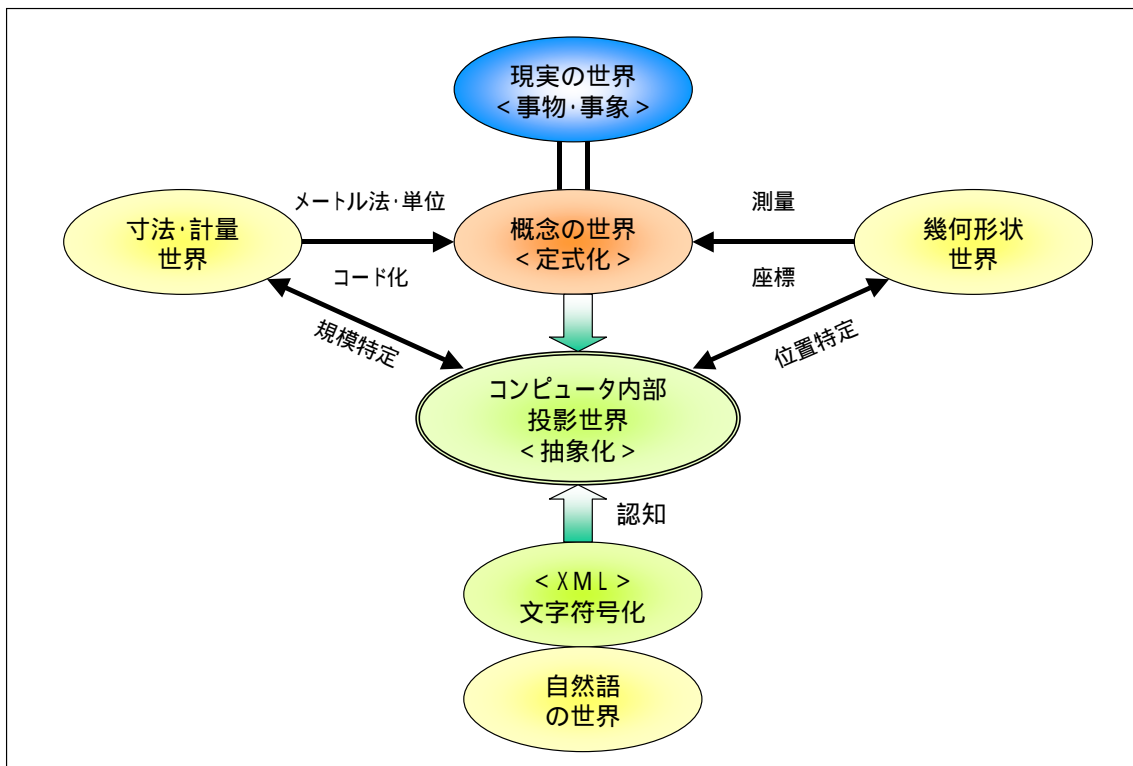


図4 - 3 データモデル

4 - 4 スケルトンとプロダクトモデルでライフサイクル

供用後の道路構造ならび走行空間のライフサイクル支援のためには、線状に展開する高速道路網は非常に広範囲のデータを、長期間、管理体ごとに分散した状態で管理し、運用しなければならない。

維持管理過程においては設計・施工の過程を遥かに凌ぐ数の異なるアプリケーションが用いられる。そして、それらのアプリケーションにより生成されたデータの管理は静的になる。しかし、それらは、再設計（保全計画）過程にリバース出来得る情報として、質的制御を行いながら内在させなければならず、それらデータの処理については専用的で動的に行わざるを得ない。

また、仕様・諸元・組成・機能の異なるプロダクトモデル、あるいは様々に標準化されたプロダクトデータ（データモデル）が流通し、それらに対して非同期的にアクセスを行う必要があり、道路管理者は拡張性を持つ汎用的なプロダクトモデルを定義し、受け皿として保持する必要がある。

このために、

- ・ 立地属性を重視した出し入れ自在な棚構造と階層的に構造化されたオブジェクト機構を基礎として、プロダクトライフサイクルに係わる属性情報とその処理手続きをプロダクトデータ（データモデル）として表現し、プロダクトモデルに付与する。
- ・ 幾何・図形情報にアトリビュートされた属性データの背後にあって、それらの性能評価をパラメトリックに行う事を容易にする注釈（プロパティ：点検・検査情報等）を与えたり、多角的なデシジョンメイキング、あるいはプレゼンテーションのための応用処理を容易に行うための処理手続きをも含め構造化したプロダクトモデルを育成する。

4 - 5 高速道路の維持管理を目的としたプロダクトモデルを試行するにあたり

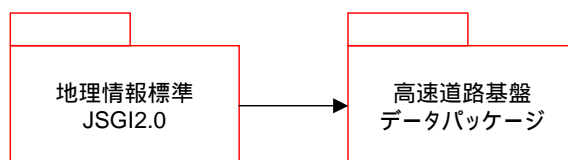
* 「地理空間」と「高速道路空間」

本研究では、高速道路固有、特有の表現、高速道路事業における品質項目（精度・尺度）を考慮（段階的整備）し、道路法第 18 条に基づいて道路管理者が決定した道路の区域、即ち道路区域界を境として道路区域界内は「高速道路基盤データ製品仕様（試案）」に準じ、区域界外を地理情報標準第 2 版（JSGI2.0）に準拠する。

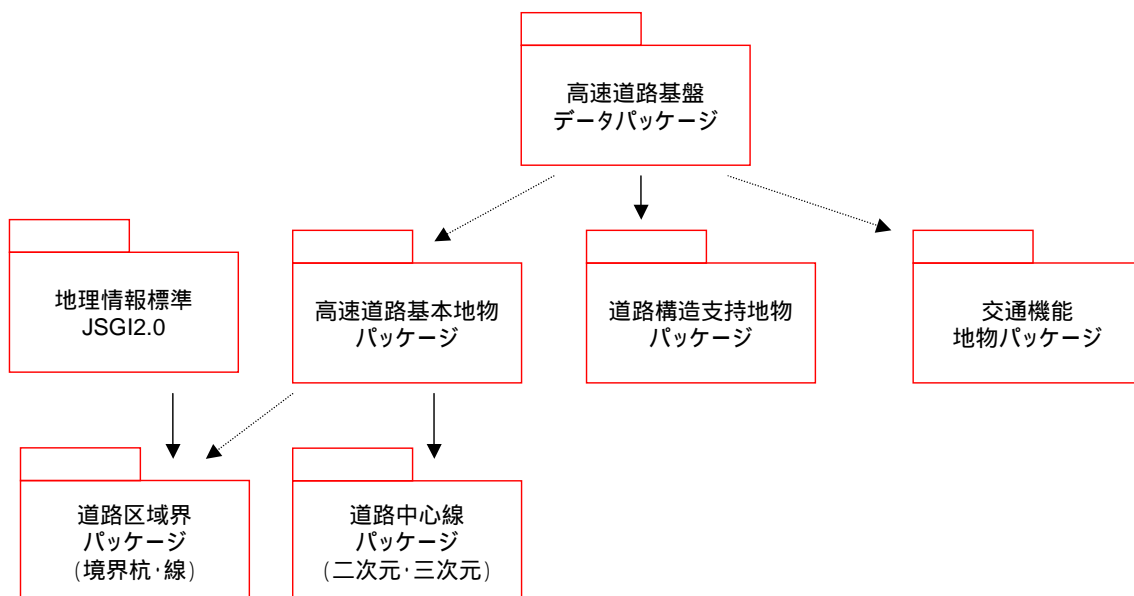
以下に「高速道路基盤データ製品仕様（試案）」について示す。

高速道路空間製品（プロダクト）仕様書（試案）

高速道路基盤データ応用スキーマ



高速道路基盤データパッケージ



道路区域内の地物をプロダクト構造で表現する

プロダクトは、共用・共通性を考慮し、高速道路基本地物・道路構造支持地物・交通機能地物の各パッケージ内に格納する

道路区域内・外ならびフィーチャーを構成するプロダクト間の位相構造を表現する

フィーチャーを構成するプロダクトの機能をモデル化する

により高速道路道路区域内のフィーチャーを製品（プロダクト）モデルとする

プロダクト・モデルはオブジェクト指向言語のクラスとしてモデル化する

プロダクト・モデルの設計・建設に関する「知識」を、クラスの「継承」を利用して定義する

プロダクトの物理的性能・挙動・状態に関する「知識」を「リバース要件」としてモデル化する

また、土工、橋梁、トンネル各々の、高速道路構造を空間データ上のフィーチャー（Feature）とし、フィーチャーは、それぞれの構造を組成する**プロダクト**（各機能）により構成される。

プロダクトは複合して機能を成す為の部品(part)により形成されているものと、それ自体で独立して機能するアパート(apt)とし、プロダクトモデルはパートモデルおよびアパートモデルと、それらのアセンブリから施工までを記したプロセスモデルと属性情報およびプロパティ情報により成立する。

プロダクトモデルは立地属性をもつ固有のもので、「設計要領」「図集」等により参照する標準タイプのもので Type プロダクトモデルと呼称する。

また、高速道路構造は空間データ上の人工地物（Feature）として、その占有（平面形状）に関しての空間定義（道路区域界、道路中心線、兼用工作物、支障物件など等）の表現は地理情報標準に隷属し、道路区域界を挟んで、内は「高速道路基盤データ製品仕様（試案）」に準じ、区域界外を地理情報標準第2版（JSG12.0）に準拠する。

また、属性（位置）読み取りは、測地系および平面直角座標19系双方と距離標（KP）を含めた3つの属性（位置情報）読み取りが行えるものとした。

4 - 6 デザインツリーとコンストラクションツリー

本研究では、プロセスモデルを簡易的に追加・変更が行える様、デザイン（設計プロセス）ツリーならび、コンストラクション（施工プロセス）ツリーを用意した。以下に例を示す。

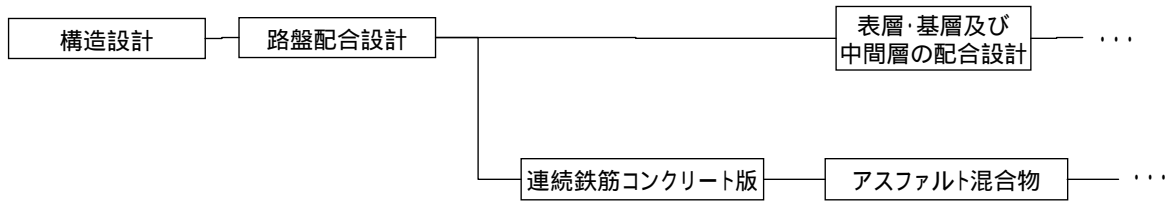


図 4 - 4 デザイン（設計プロセス）ツリー（例）

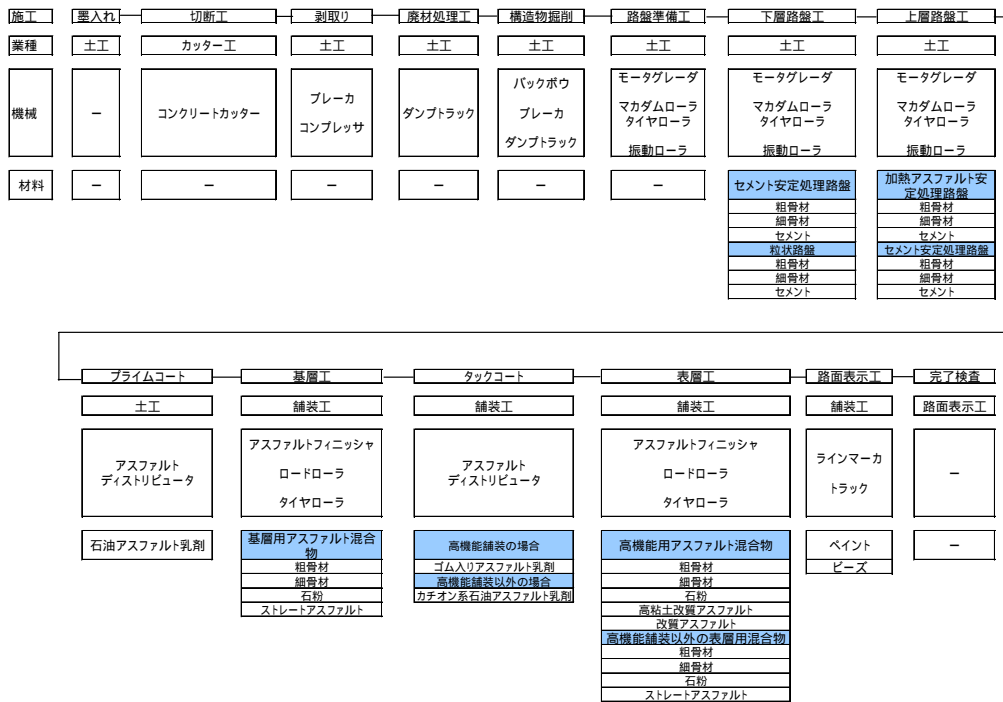
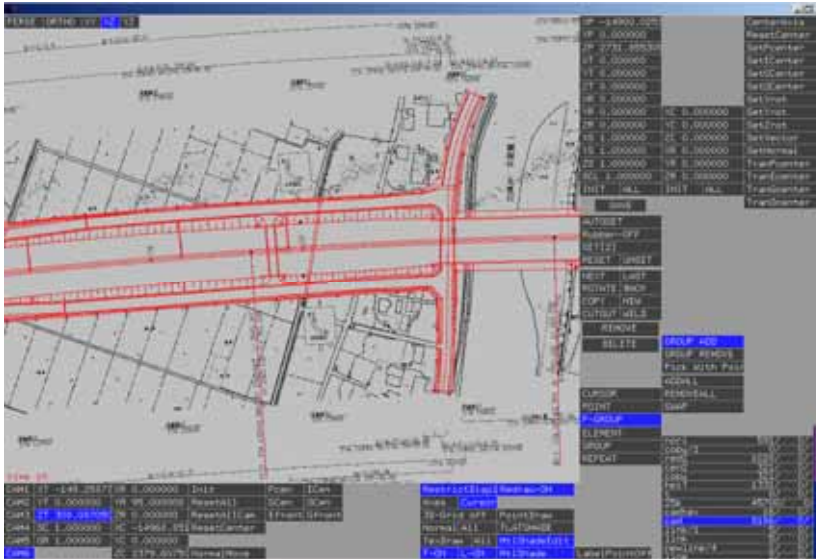


図 4 - 5 コンストラクション（施工プロセス）ツリー（例）

5 G×2 Viewer + Editor とプロダクトモデルの運用による積算数量算出実験

5 - 1 土工部舗装

(1) Viewer に地区(area) 地点(point)順に検索、当該箇所の平面図(ベクター)の読み込み



画面イメージ1

(2) 幾何構造スケルトン上でアライメント(平面・縦断線形)にセットされている片勾配パラメータにより、横断面の生成を行い、3次元道路構造として育成したものを G×2 Viewer にインポート、平面図(ベクター)上に表示、視点位置を移動



画面イメージ2

* 「H14 年度 東北道加須管内 再路線測量成果」引用

- (3) 舗装打換え範囲を選択コマンドにより抽出、3次元舗装モデルの自動生成
 プロダクトデータ参照(「設計要領」等の符号化)
 デザインツリー(設計条件、仕様、諸元)より type プロダクトモデル(標準タイプ)呼び出し、続いてコンストラクションツリー(施工条件、仕様、諸元)を参照



画面イメージ3

* 「H14年度 東北道加須管内 再路線測量成果」引用

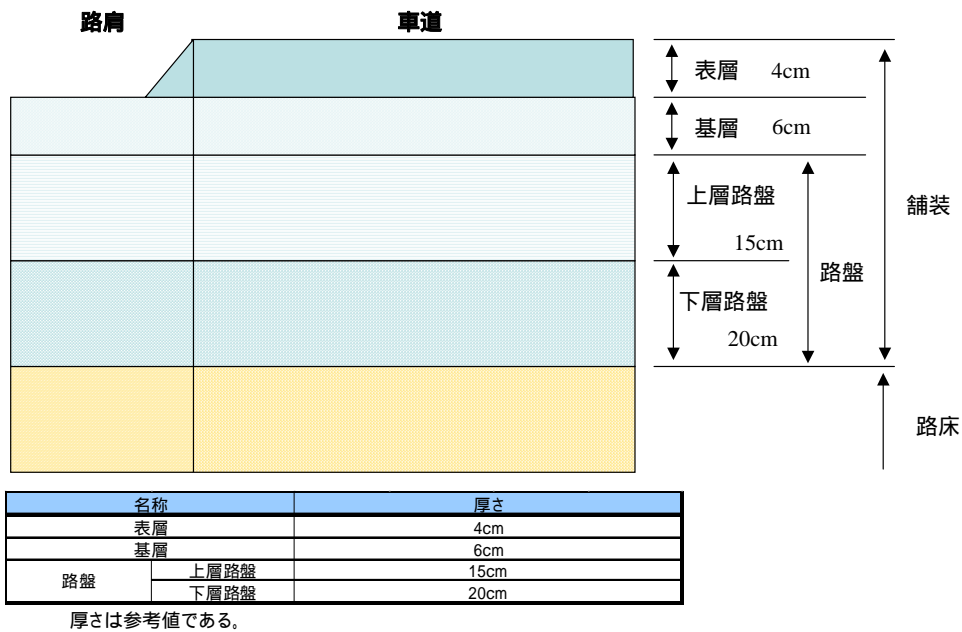
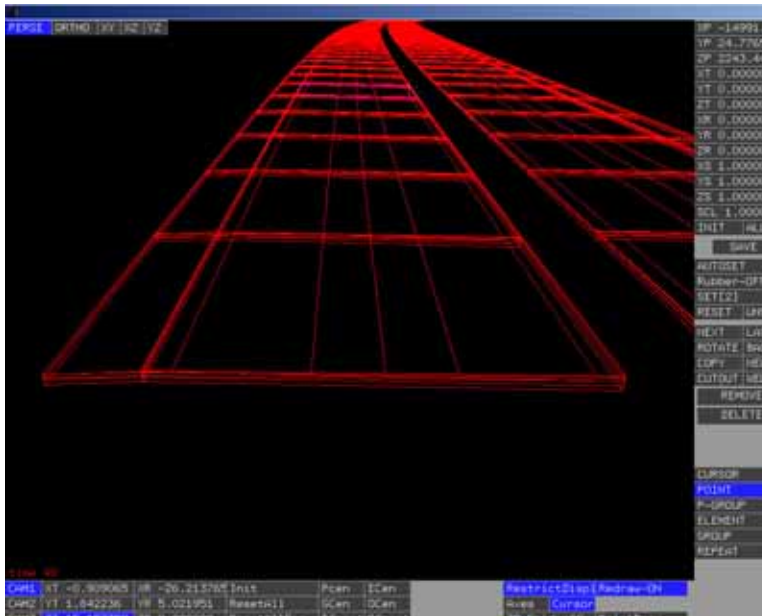


図5 - 1 舗装の構成例

(4) 舗装打換え箇所(車道 + 側帯)の舗装構成情報を含む当該地区プロダクトモデルの自動生成



画面イメージ4

* なおこの後、当該地区プロダクト(3次元計量)モデルとして積算数量を算出する。

また、幾何構造スケルトン上にCADの面データを呼出すことにより寸法などを取得し、当該地区プロダクトモデルから材・工・歩掛など必要な情報を抽出し、積算システムに渡すことにより自動積算を可能である。

G×2 Viewer+Editor(wrapping structure)は個々のデスクトップ上シームレスに必要な情報のエディットを可能としている。以下に特長を示す。

- ・伸縮性：必要なモジュールのコンポーネントのみをビューワーに付加することで、エレメンタルに構築された既存システムの肥大化を未然に防ぐ。
- ・親和性：既存の業務システムに対し、幾何構造スケルトンおよびG×2 Viewer+Editor固有の機能(モジュール拡張・コンポーネント)のみを付与・移植・統合できる。

三次元プロダクトモデルのビジュアライゼーションについては、サーバ処理でXMLパーサにより形状データ、属性データに表現されリポジトリ(Repository)されている符号化情報をXMLインスタンス(DTDタグ)で起動、XSLによりブラウザに変換表示されたものである。

5 - 2 実験環境

本実験環境を下図に示す。

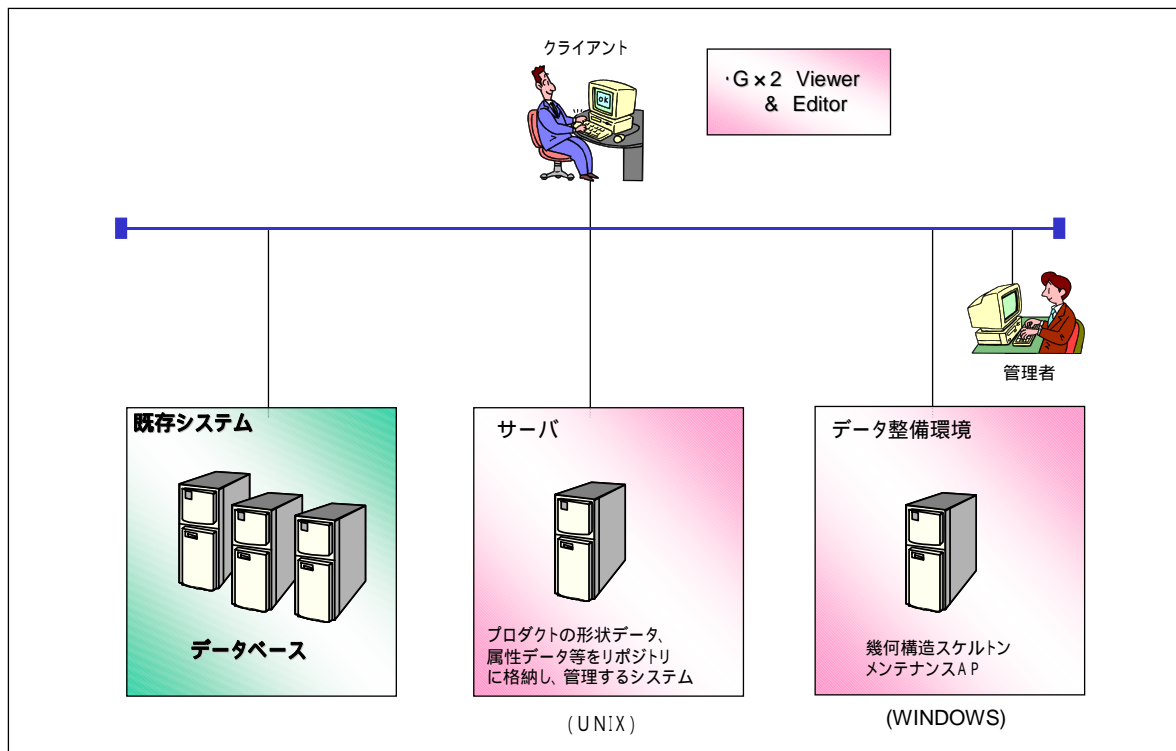


図 5 - 2 実験環境概要

5 - 3 実験結果

幾何構造スケルトンへのパラメトリック入力に始まり、2次元図形（舗装路面）の抽出等の作業結果はビジュアルに効果確認できた。

「設計要領」の舗装構成の図をXMLにより符号化し、それをG*2 Viewer 上で再可視化し、それに幾何構造スケルトンで抽出した2次元図形を構成して、3次元計量モデルとし自動計算させた結果は、期待通りであった。

G*2 Viewer + Editor とプロダクトモデルの運用による積算数量算出実験は確認出来たが、舗装以外の他工種での実験は十分なデータが揃わなかったため、確認することが出来なかった。なお、今後、他の工種についてもデータが整備され次第、実験を続行していく所存である。

尚、本研究は、引き続き「その2」を予定している。

本研究が今後の建設CALSの発展の一助となれば幸いである。

謝辞：

今回の本研究にあたっては、株式会社 東関東 渡辺理事に資料の収集などに多大な協力をいただいたので、謝意を表す。また、研究に際し、JHに資料提供など、多大なる協力を得たので謝意を表す。尚、本研究は、協力者として、東京大学 柴崎教授、関西大学 田中教授、JH 山崎副所長、日本工営 小松センター長、シビルソフト 大野会長、オーエスケイ 大角課長にご協力いただいたのでここに謝意を表す。

参考文献：

- (1) 土木情報ガイドブック、建通新聞社、編集：社団法人土木学会他、2005 年 11 月 7 日
- (2) 建設業界のためのデータモデル、工学社、監修：古田・三上・田中・益倉、2003 年 7 月 15 日
- (3) 建設情報の利活用、工学社、監修：古田・三上・田中・益倉、2004 年 11 月 25 日

助成研究者紹介

ふるた ひとし

古田 均

現職：関西大学総合情報学部

（工学博士）

主な著書：

遺伝的アルゴリズムを用いたコンクリート橋梁群の最適維持管理計画の策定、応用力学論文集、土木学会、Vol.5, pp.919-926, 2002.9.他

トーマス フローズ

Thomas Froese

現職：Department of Civil Engineering, University of British Columbia

(Associate Professor)

主な著書：

"Data Exchange Standards for AEC/FM", Presentation given to various groups in Japan, August, 2001. 他

かわかみ ひとみ

川上 一美

現職：富士電機システムズ(株) 道路・空港施設技術部

(担当部長)

主な著書：

建設業界のためのデータモデル(共著)(工学社、2003年)他