

道路事業を対象とした3次元データの流通 による業務プロセスの設計に関する研究

岩手県立大学 ソフトウェア情報学部
講師 窪田 諭

平成21年9月

助成研究者紹介

窪田 諭 (くぼた さとし)

現職：岩手県立大学ソフトウェア情報学部 講師 (博士 (工学))

主な論文

窪田 諭, 栢村一保, 梶川正純, 碓井照子, 吉川 眞：空間基盤データの整備と利活用における官民協働の実証研究, 土木学会論文集 D, Vol.64, No.4, pp.464-477, 2007.12.

窪田 諭, 栢村一保, 山内 徹, 梶川正純：道路管理における空間基盤データの利活用システムと運用モデル, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.15, pp.139-146, 2006.10.

窪田 諭, 森井 拓, 三上市藏, 石川知憲：四次元情報を整備した道路マネジメントシステムの構築に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.15, pp.87-96, 2006.10.

窪田 諭, 三上市藏, 君嶋三恵：コンクリート橋における維持管理業務の To-be モデルの構築に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.13, pp.143-150, 2004.10.

目次

第 1 章	まえがき	1
1-1	研究背景.....	1
1-2	研究目的.....	2
第 2 章	3次元データの利用場面	3
2-1	はじめに.....	3
2-2	利用事例.....	3
2-2-1	調査.....	3
2-2-2	測量.....	4
2-2-3	設計.....	5
2-2-4	施工.....	6
2-2-5	維持管理.....	8
2-3	3次元データの今後の利用場面.....	9
2-4	おわりに.....	15
2-5	参考文献.....	15
第 3 章	業務プロセスモデルの構築	18
3-1	はじめに.....	18
3-2	道路事業のプロセスモデル.....	18
3-3	道路設計のプロセスモデル.....	20
3-3-1	道路の設計業務に係わる問題点.....	20
3-3-2	道路の業務に係わる問題の解決策.....	21
3-3-3	情報モデルの構築.....	23
3-3-4	道路の設計業務におけるプロセスモデル構築.....	30
3-4	3次元データを用いた道路情報マネジメントシステムの提案.....	35
3-4-1	システム概要.....	35
3-4-2	システム構成.....	35
3-4-3	システムの利用場面.....	35
3-4-4	システムの設計開発.....	36
3-5	おわりに.....	40

第4章	業務プロセスモデル実現のための制度設計・データ交換標準	44
4-1	はじめに	44
4-2	情報の流通に係わる標準	44
4-3	必要な制度	49
4-3-1	設計フェーズ	49
4-3-2	施工フェーズ	50
4-4	データ交換標準	51
4-5	おわりに	52
第5章	3次元データの流通を実現するためのロードマップ	53
5-1	はじめに	53
5-2	関連施策の整理	53
5-3	ロードマップ	53
5-4	おわりに	54
第6章	地方への適用可能性の検討	55
6-1	はじめに	55
6-2	地方自治体の電子納品の状況	55
6-3	適用可能性の検討	57
6-4	おわりに	58
6-5	参考文献	58
第7章	あとがき	59

第1章 まえがき

1-1 研究背景

我が国の社会インフラストラクチャにおいては、限られた予算で増大する維持管理需要を賄いつつ、公共サービスの水準を維持しなければならないという厳しい課題に直面している。ICTによる公共事業のイノベーションを推進するためには、構造物に係わる3次元データを効率かつ円滑にライフサイクル上に流通させる環境を整備する必要がある。また、「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」や「第三次建設情報標準化三箇年推進計画」でも3次元データの流通環境の整備に重点を置いている。「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」では、目標③として「調査・計画・設計・施工・管理を通じて利用可能な電子データの利活用」を掲げている。その効果として、3次元データの利活用により、工事の一層の品質向上とコスト縮減及びスピードアップ化を図るなど建設生産システムの生産性向上が可能となる（CADデータの利活用）としている。そのために、実施項目として、

- 3次元データへの交換標準の策定
 - 3次元データを活用したモデル設計・施工の実施
 - 3次元データを活用した維持管理情報の可視化
- を挙げている。

建設分野のIT活用については、CADデータ交換標準フォーマットであるSXFが開発され、国土交通省直轄事業の電子納品での利用や各社の商用製品に実装されるなど、2次元CADが主に利用されている。現状の公共事業は、電子データの運用に可能な業務から着手する部分最適化がなされており、ライフサイクルにおける全体最適化の観点からは取り組まれていない。そのため、3次元データを流通させることによる効果を楽しむ具体的な利用場面（数量計算の具体的な作業手順など）や流すべき下流工程（数量計算ソフトの入力作業など）を明確にしたユースケースを抽出し定義することが必要である。さらに、そのユースケースに基づく業務プロセスを設計し、必要に応じて制度設計やデータ交換標準（対象領域の3次元データの構造や形式）を整備する必要がある。したがって、今後は、公共事業の特性や関係者のニーズを十分に踏まえた業務特性のアプローチにも重点を置いて整備していく必要がある。しかしながら、業務特性のアプローチとして実施項目や手順が混沌としており、具体的な作業内容などを指南したロードマップは、著者の調査した限り

では見あたらない。

1-2 研究目的

本研究では、公共事業における3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を明らかにし、計画的に整備を進めるためのロードマップの提言を目的とする。本研究が捉える3次元データの流通基盤では、国土交通省のみならず、市町村を含んだ自治体や中小規模の民間企業でも利用できる環境を想定し、現実的かつ具体的な成果を出す点に意義がある。

本研究では、道路事業を対象として、3次元データの流通によって効果享受する具体的な利用場面を抽出し、その結果を作業単位で構成される業務プロセスモデルとして構築し提案する。また、業務プロセスモデルを実現するために必要となる制度設計や整備すべきデータ交換標準も取りまとめる。これらの成果に基づき、今後、3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を抽出し、計画的に整備を進めていくための指南書となることを目指したロードマップとして提言する。地方自治体や中小規模の民間企業でも利用できる業務プロセスモデルとするために、岩手県をフィールドとして、地方自治体と建設業者への適用可能性を検討する。本研究によって得られる成果は、3次元CAD開発などの機能要件定義や設計の基礎資料に資するものである。

第2章 3次元データの利用場面

2-1 はじめに

建設分野においては、国内向けの汎用 3 次元 CAD が存在しないため、道路事業においても 3 次元データや 3 次元 CAD が利用されている場面は少ない。そのため、各ドメインにおける 3 次元 CAD や 3 次元データの利用状況と今後の利活用場面を明確にすることが、将来の 3 次元データの流通を考える上で必要である。

本章では、道路事業に係わる 3 次元データの利用場面を既存の調査報告書や研究論文、3 次元データを利用した実務から整理し、3 次元データの流通により利益を享受できる場面と今後の 3 次元データの利用場面を整理する。

2-2 利用事例

本節では、道路事業のフェーズ毎に 3 次元データの利用場面を調査し整理する。ここでは、既存の報告書や学术论文を中心に調査する。

2-2-1 調査

道路分野における調査段階での 3 次元データの活用は、3 次元データ収集（3 次元測量）および設計協議や地元説明に用いる 3 次元 VR モデルなどが挙げられる。3 次元測量は、3 次元航空機による測量と地上測量の二通りに分類できる。3 次元航空機による測量としては、航空レーザー測量、空中写真測量（DM）がある。地上測量としては、GPS 測量、TS（トータルステーション）地形測量、3 次元レーザー測量、デジタルカメラによる数値地形測量が存在する。

また、トンネルを対象に 3 次元データを利用している事例として、Web 上の報告を調査した結果、岩盤の 3 次元可視化の事例が報告されていた。岩盤を 3 次元で可視化するソフトウェア¹⁾は、掘削によって露出した岩盤の詳細を地図化する。このソフトウェアは現在、カリフォルニアで行われているトンネルの建設現場で利用されている。掘削中にトンネルの内側からレーザーシステムを使ってデータを取得して 3 次元化し、最大 10m 先のトンネル地質を 3 次元で見ることができる。重要な地質情報収集の迅速化、岩盤に関するデジタル記録の作成、作業員の安全確保が利点として挙げられる。本事例のサンプル画面を図 2-1 に示す。

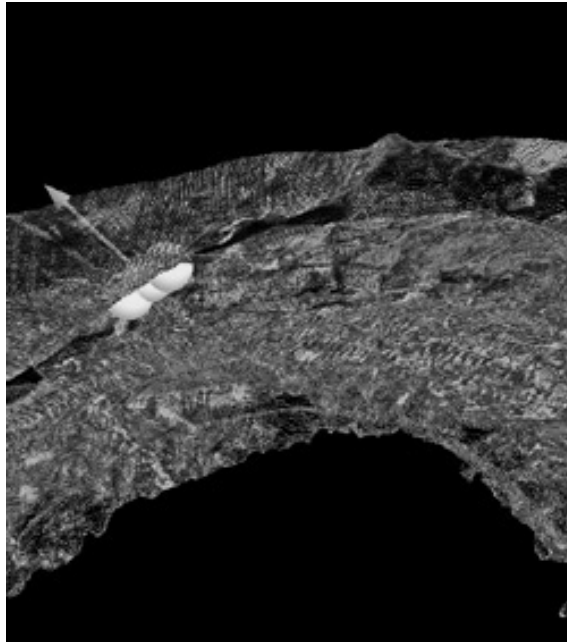


図-2.1 トンネルの3次元可視化の例¹⁾

2-2-2 測量

測量段階における3次元データの活用としては、3次元測量が挙げられる。3次元航空機による測量としては、航空レーザー測量、空中写真測量（DM）がある。地上測量としては、GPS測量、TS（トータルステーション）地形測量、3次元レーザー測量、デジタルカメラによる数値地形測量が存在する。

(1) 3次元航空機による測量

1) 航空レーザー測量

航空レーザー測量の特徴として、広範囲を短時間で測量でき、現地測量が困難な山岳や丘陵のデータが取得できることが挙げられる。しかしながら、樹木が密生する地域では樹冠で反射するため、地表面を計測できないといった問題点が挙げられる。

2) 空中写真測量（DM）

空中写真測量の特徴として、3次元データの取得が可能であること、広範囲を短時間で測量できること、デジタルの場合、工期短縮が可能になることが挙げら

れる。

(2) 地上測量

1) GPS 測量

GPS 測量では、天候の影響を受けにくいという特徴があるが、地下や樹木などの障害物の下では測量できないという問題がある。

2) TS（トータルステーション）地形測量

TS 地形測量の特徴として、ほとんどの業者に普及していることが挙げられる。常にミラー位置の三次元座標（ x ， y ， z ）を取得することができる。

3) 3次元レーザー測量

3次元レーザー測量の特徴として、崩落直後の危険な斜面の計測に適しているということが挙げられる。ただし、樹木・車両なども計測してしまうという問題がある。

4) デジタルカメラによる数値地形測量

デジタルカメラによる数値地形測量では、複数枚の写真から写真測量ソフトで作成することができる。

2-2-3 設計

道路分野における、設計での3次元データの活用は、3次元設計 CAD を用いた道路設計、橋梁設計で行われている。しかし、製造業の分野（自動車・電気・金属等）では設計段階（設計 CAD）の3次元化が進んでいる状況に対して、土木分野での活用は進んでいないと言える。

3次元データの導入の効果としては、空間上の重なりを設計者が確認でき、品質向上が可能等多くの利点が考えられる。さらに、数量連携等評価に用いることで、効率的に設計が可能となる。具体的な効果としては、以下の3点が考えられる。

- 標準断面を展開することにより、法面等を考慮した平面図を短時間に作成することができ、平面計画における用地などの検討が容易にできる。
- 作成した平面図を3D表現処理することにより、スキルに関係なく道路構造を

把握することができる。

- CAD 上による施行作業（シミュレーション）が容易になり，本来の計画検討時間を十分にとることが可能となる。

2-2-4 施工

(1) 情報化施工

道路分野における施工での 3 次元データの活用は，情報化施工や主に橋梁などで活用されているプロダクトモデルから製造への 3 次元データ引き渡しなどが挙げられる。情報化施工推進戦略²⁾では，「情報化施工による施工内容確認・出来形管理」を実施するとしている。ここでは，3 次元設計情報を基にした施工計画，出来形管理等を実施する。ICT を用いて建設機械の自動化を図る機能と施工で得られる情報を現場で実務に携わる技術者の判断の高度化に利用する機能を実現するために 3 次元データが利用されている。その他の例として，自動追尾トータルステーションや GPS を用いた盛土の締固め管理がある。このような管理により，情報収集により締固め回数の確認を行い効率化することができる。また，第 2 東名高速道路の工事においても，情報化施工が行われており，盛土の土砂搬入管理，土量管理などが行われている。

情報化施工については，国土交通省がその普及に向けて 2008 年度に試験施工³⁾を行っており，今後ますます 3 次元データの活用が増えると考えられる。試験施工の対象工種は，「河川土工」，「道路土工」および「舗装工」などの工種を含む工事を対象としている。対象工事件数は 27 件（河川土工 8 件，道路土工 10 件，舗装工 5 件，ダムなど 4 件），情報化施工技術件数は 41 件（マシンコントロール／マシンガイダンス技術 13 件，TS・GNSS による締固め管理技術 16 件，TS による出来形管理技術 12 件）である。試験施工における TS による出来形管理技術を図 2-2 に示す。

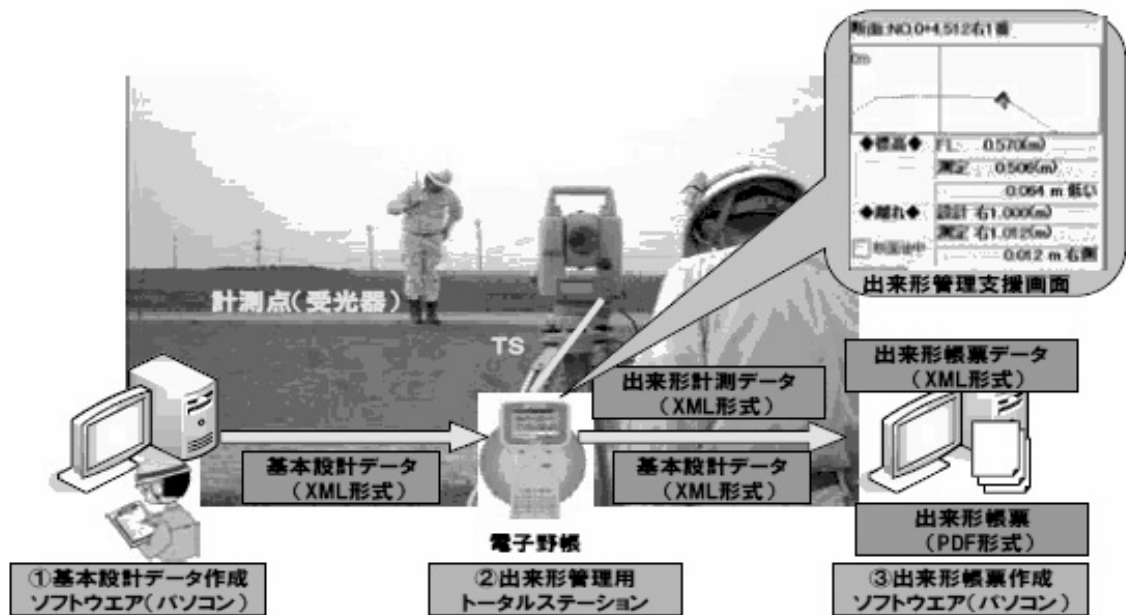


図-2.2 TSによる出来形管理技術³⁾

(2) 建設機械のマシンコントロール技術

製造業における数値制御技術（NC加工など）を土木施工の分野に応用した技術の開発・実用化が進んでいる²⁾。例えば、ブルドーザやグレーダなどに3次元設計データを入力し、TSやGNSSを用いた計測技術により排土板の位置（施工状況）と設計値（施工目標）との差異を数値的に算出し、所要の施工精度となるようにオペレータに指示（モニタ表示等）する「マシンガイダンス技術」が実用化されている。最近では、掘削作業や法面整形など、より複雑な作業で用いられる油圧ショベルに対しても、マシンガイダンス技術の研究・開発が進められており、欧州を中心に導入が進んでいる。さらに、マシンガイダンス技術に建設機械の油圧制御技術を組み合わせることで、3次元設計データに従って排土板を自動制御する「マシンコントロール技術」が実用化され、施工の効率化や施工精度の確保を実現している。

- ブルドーザや油圧ショベルなどのマシンガイダンス技術
- グレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術（敷均し）

(3) 施工情報の統合管理技術

プロダクトモデルの概念を建設施工に応用し、3次元設計データ、計測データ、

品質管理データ，建設機械の現在位置や稼働履歴を統合管理する技術や CAD 上で工事のプロセスをシミュレートして時系列に管理する 4 次元化技術が開発されている²⁾。

(4) 3次元 CAD による統合管理技術

大規模土工現場における品質・土量等の情報をその他の施工管理情報と共に 3次元 CAD を基盤とするシステムにて一元的に集約・把握・管理できる技術であり，大規模土工現場（ダム堤体工，ダム上部調節池工事，空港造成，高速道路インターチェンジ造成等）において活用されている²⁾。

(5) 現場作業の効率化（工期短縮・省人化）

現場の詳細地形データや 3次元設計データを用いて，機材配置の確認や施工手順のシミュレーションを実施することによって，初期設計ミスの事前修正や施工手順の確認が可能となり，現場作業を効率的に行うことができる。

路盤整形においては，通常は敷均しと検測を何度も繰り返しながら作業を行う必要があるが，グレーダやブルドーザの排土板が 3次元設計データに合わせて自動制御されるため，1回～数回の作業で確実に所定の敷均し厚が得られ，検測の省力化と施工スピードの大幅な向上が実現する²⁾。

(6) 品質検査

3次元 CAD を用いたトンネルの品質検査として，山岳トンネルの品質検査に Autodesk Civil 3D をカスタマイズし，トンネル内側の覆工コンクリートの検査結果を Autodesk Civil 3D で整理し，そのデータを社内で管理する一方，そのまま出力して発注者にも提出できるようにしている⁴⁾。

2-2-5 維持管理

道路における維持管理の現状では 3次元データでの管理はほとんど無い。3次元化による効果としては，塗装，景観などでの活用，舗装などでの 3次元データの活用による維持管理の効率化・高度化がある。課題としては，将来的には設計時の 3

次元データを維持管理データとして活用すること、今後の活用場面の検討が必要であることなどが挙げられる。また、GIS との連携も非常に重要である。

2-3 3次元データの今後の利用場面

本節では、文献調査を元に、3次元データを今後利用できる場면을整理した。

(1) 3次元CADを用いた設計

3次元での設計を実現することにより、精度・品質向上、データ連携による効率化などに期待できる。土量計算の実施や住民説明への適用も可能になり、ニーズが高い。3次元CADを用いて設計する場合の利用場面と内容⁵⁾を表-2.1に示す。

表-2.1 3次元CADを用いた設計

利用場面		実現内容	想定効果
道路概略設計	計画ルート の検討	3次元地形データを3次元CADに読み込み、計画ルートに対して3次元設計データ（平面図、縦断図、横断図）を作成する。	<ul style="list-style-type: none"> 地形データの再入力、確認作業の短縮 設計時間（図作成時間）の短縮 ケース数を多く設定することが可能 図面の整合照査時間の縮減 図作成修正時間の短縮
	数量算出	3次元地形データと3次元設計データを基に土量を算出する	<ul style="list-style-type: none"> 土量の数量算出時間の短縮 図面と数量の整合照査時間の短縮 数量算出の精度向上
道路予備設計（A）	計画ルート の検討	概略設計時の3次元設計データを読み込み、精度が上がった3次元地形図に差し替えた上で、3次元設計データ（平面図、縦断図、横断図）を作成する。	<ul style="list-style-type: none"> 地形データの再入力、確認作業の短縮 設計データの入力時間の短縮 設計時間（図作成時間）の短縮 ケース数を多く設定することが可能 図面の整合照査時間の短縮

利用場面	実現内容	想定効果
主要構造物の検討	3次元設計データに主要構造物の3次元部品を追加し、構造物を計画する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図作成修正時間の短縮 ・ 地形データの再入力、確認作業の短縮 ・ 設計データの入力時間の短縮 ・ 設計時間（図作成時間）の短縮 ・ ケース数を多く設定することが可能 ・ 図面の整合照査時間の短縮 ・ 図作成修正時間の短縮

文献 6)では、プロダクトモデルを活用して橋梁設計を支援し、標準データフォーマットで情報交換を図る研究を行っている。文献 7)では、拡張現実の IT 技術を用いて配筋設計を支援する研究を行っている。また、文献 8)および文献 9)では、3次元データを利用して設計フェーズの情報化を図り、設計システムを開発している。ここでは、自由通路、市電停留所、駐輪場、道路、駅舎、鉄道橋を一体として対象とし、3次元設計システムの適用性を検証している。文献 10)では、地形が複雑である道路計画や地域計画を対象として、景観と土量計算の検討がシームレスに可能なシステムの構築を目指し、環境デザインを検討する3次元 VR システムを拡張して、ビジュアル表現が可能な土量計算機能を開発している。文献 11)および文献 12)では、シールドトンネルを対象としたプロダクトモデルを構築し、3次元 CAD システムとの間でデータ交換を実施している。これは、シールドトンネルの設計・施工データを保存・交換する仕様を定めることを目的としている。

また、道路ではないが、河川においては、文献 13)では、市販の3次元 CAD ソフトをカスタマイズして利用し分水路設計に適用するシステムを開発し、実証している。文献 14)では、河川工事の出来形検査において3次元データを利用する実証実験を行っている。文献 15)では、河川土工（掘削工）の高度化に向けて ICT 技術を活用する方法を提案し、検証している。

(2) 3次元データを用いたシミュレーション

3次元CADによる3次元データが流通することにより、積算（土工量等）、環境、災害の各シミュレーションを実施できる。既に走行シミュレーションや景観シミュレーションが実現しているが、データの再整備・再入力が行われているため、3次元CADによりデータの流通を実現することによる効果がある。また、景観に係わる3次元データの利用場面として、住民説明、教育・啓発、広報がある。3次元で可視化することにより、住民理解の向上に期待できる⁵⁾。3次元データを用いたシミュレーションの利用場面と内容を表-2.2に示す。

表-2.2 3次元データを用いたシミュレーション

利用場面	実現内容	想定効果
シミュレーション	3次元設計データと3次元地形データを基に、シミュレーション用CGを作成する。	<ul style="list-style-type: none">・ 住民や地権者の理解を得るまでの時間の短縮・ 視覚的に理解しやすい資料の提供による満足度の向上
道路防災	3次元設計・施工情報を防災のための分析に活用する。	<ul style="list-style-type: none">・ 路面の標高データを想定氾濫区域と重ね合わせ、道路の脆弱性を評価できる・ 地形、地質、法面の構成および勾配情報などを元に異常気象時の対策を検討できる

文献16)では、都市の3次元モデルを自動的に作成し、建物倒壊や道路閉塞などの3次元シミュレーションを行うことのできるシステムを開発している。文献17)および文献18)では、Web3Dテクノロジーを用いて、インターネット上で多数の人々がいつでもどこからでも自由に参加し、多視点から景観を評価できる景観評価システムを開発している。提示された3次元CGに対する評価だけでなく、インターネット上で市民が計画案を簡単に修正し、3次元CGで提示できるインタラクティブな評価システムとしている。また、文献10)も景観を意識したシステムを開発している。

(3) 道路中心線形データ交換標準¹⁹⁾の活用

国土交通省の道路事業に関する設計及び工事において電子納品成果として提出される道路中心線形の情報について、その内容及びデータ構造・形式を定めたものである。道路中心線形データの円滑な交換によって、以下のような利活用を実現することを目指している。

1) 設計、工事の電子納品成果としての利活用

道路中心線形データは予備設計 B 以降ほぼ不変であり、工事完成後も保管すべき情報である。そこで電子納品成果 (XML) としての仕様を定め流通させることにより、詳細設計、施工、維持管理業務の効率化と転記ミスの防止を図る。

2) プロダクトモデル検討の基礎資料としての利活用

現在、道路の 3 次元形状を表現するプロダクトモデルが複数の機関から提案されているが、用途の違い等によりモデル全体の標準化は困難であり、実務での利用も進んでいない。そこで、各種のプロダクトモデルの最も基本的な共通要素である道路中心線形の 3 次元形状データを標準化することにより、プロダクトモデル検討の基礎資料を提案し今後の検討を活性化する。

3) 将来の ITS での利活用

ITS での利活用については、本項 (6) で述べる。

(4) 情報化施工

情報化施工技術を導入するためには、3 次元設計データを入力する必要がある。しかし、この入力用データは、発注者から提供される設計図書 (平面図、縦断図、横断図など) から読み取り、手作業で作成している非効率な状況にある。3 次元データを数値データとして施工者に提供するための環境を整備する必要がある。情報化施工の利用場面と内容⁵⁾を表-2.3 に示す。

表-2.3 情報化施工の利用場面と内容

利用場面	実現内容	想定効果
施工計画の立案	3 次元地形データと 3 次元設計データを基に、造成計画、仮設構造物設計、排水計画などを行う。また、3 次元情報を	<ul style="list-style-type: none">設計データの入力時間の短縮設計時間 (図作成時間) の短縮図面の整合照査時間の短縮

利用場面	実現内容	想定効果
	用いて施工シミュレーション（資材搬入など）を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施工期間の短縮（手戻りの縮減） ・ 施工時の安全性向上 ・ 資機材置き場の削減
情報化施工	3次元設計データを現場位置へと展開できるため、施工位置を算出できる。3次元設計データを入力データとして、ブルドーザやバックホウの制御（MC：マシンコントロール）を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 幅杭打設時の測量作業の短縮 ・ 施工期間の短縮 ・ 作業人員の削減 ・ 施工時の品質向上
出来形管理	TSなどを用いて現場で取得した出来形値と3次元設計データをモデル上で比較する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 出来形管理のための測量作業の短縮 ・ 出来形管理のための入力・報告資料作成時間の短縮 ・ 出来形管理の測量精度の向上
品質管理	3次元設計データや出来形値を3次元表示することにより、出来形の確認が容易になり、関係者で認識を共有する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 関係者間が内容を合意するまでの時間短縮 ・ 状況確認精度の向上

(5) Web3D を用いた施工支援

文献 20)および文献 21)では、3次元データを用いてビジュアルな表示画面による施工段階の監督業務を支援するシステムの開発や3次元 CAD データと TS を用いた出来形管理システムの取得データを利用した業務を提案している。このシステムは道路工事を対象に検証されている。

(6) 維持管理での3次元データ活用

管理データ（台帳等）の3次元化、3次元データを活用した検査など3次元データを活用した維持管理が行えるようになる²⁾。3次元 CAD を開発し普及することにより、3次元 CAD データを用いた施設管理・履歴等の情報管理を実施し、さらに補修対策、補修工法の検討にも利用できる。

維持管理における3次元データの利活用は3次元センシング技術を用いた監視の高度化、3次元データ蓄積による管理の高度化、シミュレーションによる評価・対策などの検討、VRモデルなどによる可視化が挙げられる。また、都市部においては地下空間の活用が高度になされている状況から、埋設物の管理におい

でも 3 次元データで管理する必要性も高くなっている。

地下埋設物である上下水道管，ガス管，共同溝は 3 次元 CAD と 3 次元データを利用して管理することにより，これらの輻輳状況を可視化して管理することができる²²⁾。しかし，現状では実例は見あたらず，汎用 3 次元 CAD エンジンの実用により，将来，地下埋設物管理を 3 次元空間で実施することが想定される。3 次元データによる地下埋設物管理の画面例²²⁾を図-2.3 に示す。



図-2.3 地下埋設物管理の画面例

文献 23)および文献 24)では，PC 上に構築した 3 次元の仮想地下空間を自由に移動し，適切なデータにアクセスすることのできるデータ管理方法を提案している。

(7) ITS での利活用

現在，デジタル道路地図は，カーナビでの経路誘導に用いられているが，将来的には地図の精度を向上させ走行支援に活用することが，ITS の取り組みでは 1 つの目標となっている。そこで，道路設計情報のうち ITS での利用に必要な最低限の情報を盛り込んだ形で標準化しておくことにより，将来の活用が期待される。ITS での利用場面と内容⁵⁾を表-2.4 に示す。

表-2.4 ITS での利用場面と内容

利用場面	実現内容	想定効果
カーナビデータ活用	3次元設計・施工情報をカーナビデータとして利用し，新たなサービスを行う	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たなサービスが展開でき，ビジネスチャンスが拡大する ・ 新たなサービスが普及することにより，道路利用者の利便性が向上する

2-4 おわりに

本章では，3次元データの利用場면을学術論文や参考文献によって調査し，整理した．ここでは，道路事業の調査，測量，設計，施工，維持管理の各フェーズで現在利用されている場面と今後利用されると考えられる場면을整理した．利用場面としては，設計と施工で3次元データや3次元CADを用いた設計やシミュレーション，情報化施工としてデータ流通を図る場面での利用が多かった．今後の利用場面は幅広くあるため，道路事業の上流から下流に渡って3次元データを流通し，これらの利用を実現することが求められる．

2-5 参考文献

- 1) トンネル工事中に岩盤を3次元可視化：
<http://www.transtex.jp/gf/show/440> Virginia Polytechnic Institute and State Univ リリース記事より（2009.3.30.確認）
- 2) 国土交通省情報化施工推進会議：情報化施工推進戦略，2008.7.
- 3) 情報化施工の本格普及を目指した試験施工を実施します～「情報化施工推進戦略」の実現に向けて～：
http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000013.html（2009.2.12 確認）
- 4) Autodesk Civil 3D 導入事例：
http://www.kensetsu21.com/usecase/okumuragumi_3/page1.html（2009.3.30.確認）
- 5) 社会基盤情報標準化委員会（旧建設情報標準化委員会）資料，日本建設情報総

合センター

- 6) 矢吹信喜, 李占涛: 日仏橋梁プロダクトモデルの統合化による新 IFC-BRIDGE の開発と CAD コンバータの改良, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.15, pp.59-66, 2006.10.
- 7) 矢吹信喜, 李占涛: 拡張現実感技術を用いた配筋施工支援に関する基礎的検討, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.16, pp.99-106, 2007.10.
- 8) 小林一郎, 池本大輔, 竹下史朗, 坂口将人: 3D-CAD を基盤としたトータルデザインシステムの提案, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.17, pp.171-182, 2008.11.
- 9) 小林一郎: 相互に影響する構造物間のトータルデザインへの 3D-CAD の適用に関する実証的研究, JACIC 研究助成報告書, 第 2007-03 号, 2008.9.
- 10) 福田知弘, 加賀有津子, 呂煜鉉, 河口将弘: 環境デザインを支援する三次元 VR システムでの土量計算機能の開発, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.15, pp.167-172, 2006.10.
- 11) 矢吹信喜: セマンティック Web を用いたシールドトンネルのデータモデルに関する研究, JACIC 研究助成報告書, 第 2006-02 号, 2007.9.
- 12) 矢吹信喜, 東谷雄一朗, 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, 土木学会, Vol.16, pp.261-268, 2007.10.
- 13) 朝重亜紀子, 小林一郎, 松尾健二, 竹本憲充: 3D-CAD を用いた分水路設計検討に関する実証的研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.17, pp.161-170, 2008.11.
- 14) 柿本亮大, 野間卓志, 小林一郎: 河川工事の出来形検査における 3次元データ利用へ向けた実証実験, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.16, pp.253-260, 2007.10.
- 15) 篠原雅人, 竹内清二, 竹本憲充: 河川土工(掘削工)の高度化に向けた ICT 活用手法の提案, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.17, pp.135-142, 2008.11.
- 16) 杉原健一, 林良嗣: 3次元都市モデルを活用するまちづくり支援システム, 土木情報利用技術講演集, 土木学会, Vol.32, pp.33-36, 2007.10.

- 17) 林恩美：GIS データと Web3D テクノロジーを利用したインターネット上での
景観可視化・評価システムの開発，JACIC 研究助成報告書，第 2004-05 号，
2005.9.
- 18) 林恩美：Web3D テクノロジーを用いたインターネット上での景観評価システ
ムの開発と実用化，JACIC 研究助成報告書，第 2005-03 号，2006.9.
- 19) 金澤文彦，青山憲明，阿部寛之，今井龍一，上坂克巳：道路中心線形データ交
換標準(案)基本道路中心線形編 Ver.1.0，国土技術政策総合研究所資料，No.371，
2007 年 1 月
- 20) 椎葉祐士，小林一郎，藤島崇，西本逸郎，松尾健二：Web3D 技術を用いた施
工支援システムの一提案，土木情報利用技術論文集，土木学会，Vol.16，
pp.107-116，2007.10.
- 21) 小林一郎：VR 技術を用いた施工支援ツールの開発，JACIC 研究助成報告書，
第 2006-12 号，2007.9.
- 22) ジオスケープ WebPage：http://www.geoscape.jp/?cat=11 (2009.3.30.確認)
- 23) 板倉賢一：Web3D と RDBM を援用した大規模地下開発支援システムの開発，
JACIC 研究助成報告書，第 2006-03 号，2007.9.
- 24) 板倉賢一：柔軟な時間管理概念を導入した四次元 GIS による大規模地下開発
支援システムの構築，JACIC 研究助成報告書，第 2007-02 号，2008.9.

第3章 業務プロセスモデルの構築

3-1 はじめに

道路事業において 3 次元データを利用した業務を実現するためには、現行の業務プロセスを変革し、3 次元データの流通を実現できる業務プロセスとする必要がある。本章では、道路事業において 3 次元データの流通により効果が大きいと考えられる設計業務における業務プロセスモデルを構築する。ここでは、3 次元データを道路設計で利用するために現状の課題とその解決策を提案する。そして、流通する 3 次元データとして必要な情報モデルを定義する。さらに、その情報モデルを利用して実施する業務プロセスモデルを構築する。

3-2 道路事業のプロセスモデル

本節では、新たな業務プロセスモデルを構築する前に、現状の道路事業ライフサイクルのプロセスモデルを整理する。整理結果は、UML のアクティビティ図によって記述し、プロセスの全体像を概観できるようにする。現行の道路事業のプロセスモデルを図-3.1 に示す。

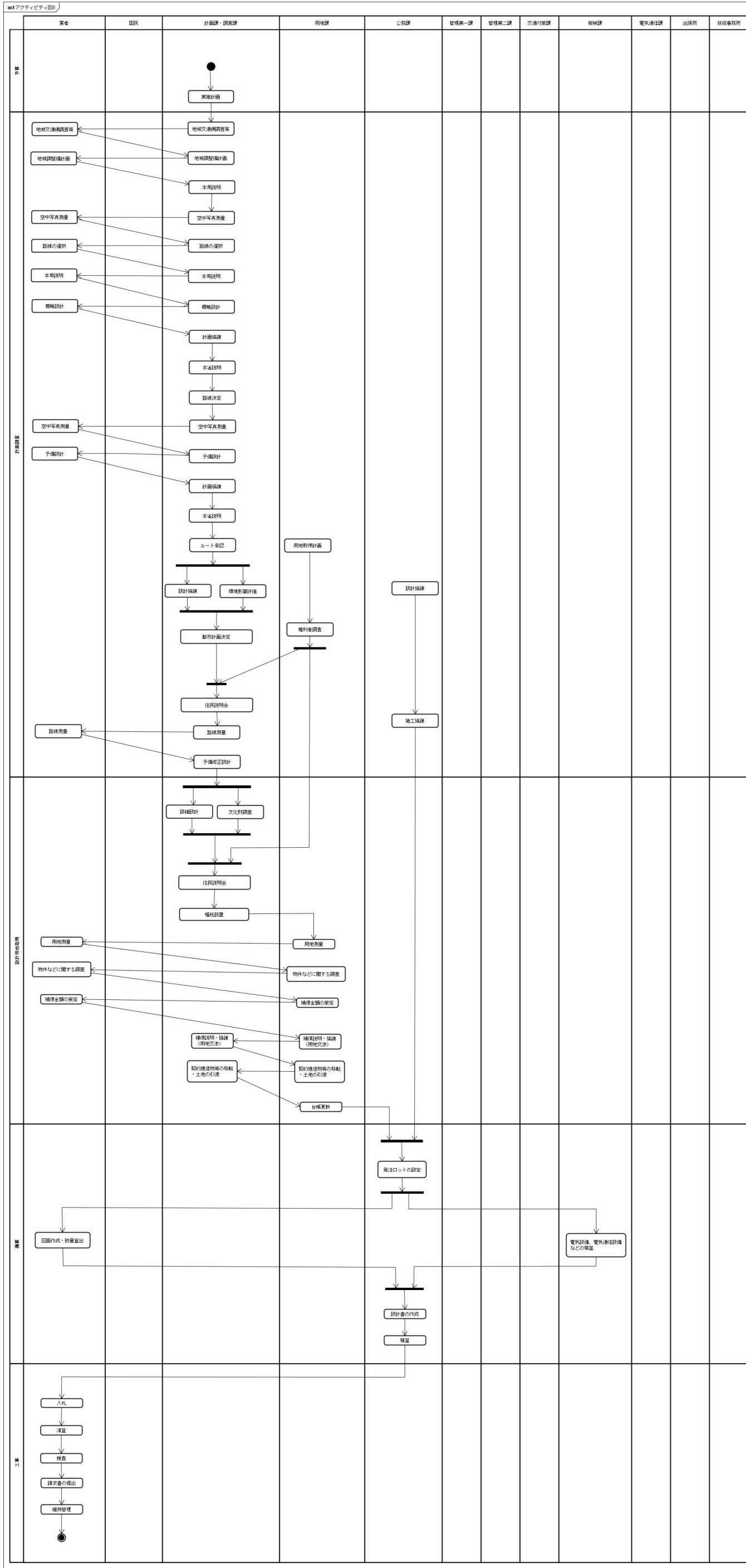


図-3.1 現行の道路事業のプロセスモデル

3-3 道路設計のプロセスモデル

現状の道路設計は、その進展によって地形情報を段階的に取得するというプロセスである。このような業務プロセスにおいて、設計業務の初期段階から大縮尺の詳細な地形情報を利用することによる業務プロセスモデルの改変を検討した。

3-3-1 道路の設計業務に係わる問題点

道路の設計業務の現状プロセスをモデル化し、現状業務モデルを構築した。業務分析の結果として、現状の業務プロセスにおいて 3 次元の地形図データを道路設計で利用するための問題点を以下に整理する。

(1) 測量業務が重複している

道路の概略設計(A)，(B)，予備設計(A)業務およびそのための測量業務を分析した結果、設計段階における測量業務のプロセスは、地形図作成の発注、空中写真測量、地形図作成、納品、発注、コントロールポイントの調査・確認、路線の設計、納品であった。ただし、設計時に使用する地形図は設計が進むに従って大縮尺レベルが必要とされるため、地形図の縮尺を変更して測量が行われている。各設計業務のために測量を行っているため、現状の道路の概略設計(A)，(B)および予備設計(A)業務では、測量業務を重複して実施していることがわかる。したがって、地形図データを再利用して、測量回数を削減することが必要である。

(2) 測量成果を設計業務で再利用できない

道路設計業務のための測量業務の成果は、設計システムや CAD ソフトなどで再利用することが難しい。DM データや拡張 DM データを SXF 形式の CAD データに変換するための仕様は作成されているが、設計業務に必要な空間データを明確に規定した成果は存在しない。

また、DM データによる電子納品があまり行われておらず、3 次元データが流通していない。これは、DM データを利用できる設計 CAD が少なく、DM データの納品のメリットや必要性を感じないためであろう。

(3) 道路設計での利用に必要な地形データが作成されない

道路設計において3次元データを利用するためには、等高線の他に、道路、田畑などの境界線に高さ情報が必要である。DMデータは全ての図形について3次元でも表現できる仕様となっているが、等高線、基準点、数値地形モデルについて3次元で作成することが規定されている以外、高さ情報の記述は行われない。したがって、等高線と基準点以外に3次元データは作成されない。

(4) 制度による作業の制約が存在する

公共測量は、使用する機器と手順を規定した公共測量作業規程[国交省 2002]に基づいて実施される。公共測量作業規程では、新しい測量技術の採用は第16条によって認められている。ただし、新技術の使用にあたっては発注者および国土地理院の技術的助言が必要であるため、業務においてこれを即座には使用できない。新技術を利用しようとする、従来の測量手法に比べて作業時間および業務を遂行するためのコストの負担が大きくなる。

3-3-2 道路の業務に係わる問題の解決策

(1) 測量業務の合理的な業務プロセスモデルを構築する

道路設計業務では、発注者が主体となって業務を遂行しており、業務毎に業者に発注しているという「棲み分け」が発生している。そのため、ライフサイクルにおいて業務を跨った合理化は難しい。本研究では、設計業務のための測量業務における棲み分けを排除するために、プロジェクトマネジメント（PM：Project Management）を適用する。プロジェクトマネジメントでは、政府や地方公共団体などの発注者は国民の要求と予算の把握のみを行い、プロジェクトマネージャが発注者の代わりに計画・調査・設計・施工・維持管理の業務プロセスを総括して行う。プロジェクトマネジメントは測量・設計業務の一括発注や施工業務で行われているが、測量回数を削減するために空間データを再利用することを目的としてプロジェクトマネジメントを適用した研究や事例は見当たらない。また、プロジェクトマネジメントの適用によるコスト面での具体的な効果を算出した事例はあまり存在しないようである。プロジェクトマネージャは事業に関する専門知

識を駆使し、限られた予算で要求する機能を最大限に満たすための合理的な業務計画を立て、業務を実施する。プロジェクトマネジメントの適用により、ライフサイクルにおいて業務と関係者の棲み分けをなくし、測量業務の合理的な業務プロセスモデルを構築する。

(2) ISO/TC211 に基づく空間データの標準化と活用

本研究では、測量成果である空間データを設計システムや CAD ソフトなどで円滑に再利用するために、これを ISO/TC211 に準拠して空間データを標準化する。標準化により、異なるシステム間や業務間で空間データを流通することができる。まず、設計業務で必要とされる地物を抽出し、ISO/TC211 において応用スキーマの規則を定めた ISO19109 (Rules for application schema : 応用スキーマのための規則)、地理情報に関する幾何形状と位相形状を定めた ISO19107 (Spatial Schema : 空間スキーマ)、さらに、地理情報の時間属性を定めた ISO19108 (Temporal Schema : 時間スキーマ) に準拠して構造化し、応用スキーマを構築する。次に、応用スキーマを基に、符号化仕様を定めた ISO19118 (Encoding : 符号化) に準拠した XML スキーマを構築する。これにより、測量・設計業務の受発注者は、ISO/TC211 に準拠して XML データを受け渡すことができる。測量業務の受注者は、本研究で構築した XML スキーマに基づいた XML データで空間データを納品し、設計業務の受注者はそれを利用して業務を遂行する。XML 形式で空間データを受け渡すことにより、測量業務の受注者が、概略設計(A)業務の測量時に予備設計(A)業務に必要な位置の精度・範囲などを満足する地形図を作成すれば、設計業務が進んでも同じ地形図を繰り返し使用できる。

(3) 3次元地形データの仕様として DM データの作成方法を定める

DM データの作成方法として、等高線に加えて、3次元データとして取得する地物を定め、その作成における留意点などを記述する。旧日本道路公団「デジタル地形データ作成要領(案)」では、等高線、法面、道路、鉄道、河川を3次元データの対象としている。

(4) ISO/TC211 に基づく性能規定の概念を導入する

道路設計業務のための測量業務を効率的かつ安価に実施するために、作成手順を定めた作成仕様による測量方法を見直し、先端測量技術を活用でき、かつ、空間データの品質を確保できる業務体系を構築する。本研究では、作成仕様ではなく性能規定の概念を導入する。ISO/TC211 における空間データを作成するためのガイドラインに関する ISO19106 (Profile : プロファイル) では、性能規定の概念を採用している。発注者が要求する空間データの内容を明確にするために、製品仕様書を作成する。製品仕様書に記載する項目 [国土地理院 2002a] として、製品の目的、地理的範囲、空間的範囲、品質評価方法、応用スキーマ、符号化仕様、参照系、品質要求がある。本研究では、プロジェクトマネージャが空間データの内容を定義する製品仕様書を作成する。測量技術者は、先端測量技術や空間情報基盤を活用して測量業務を遂行し、作成した空間データが発注者の要求する品質を満たしていることを評価する。製品仕様書を利用することによって、設計業務で必要とする地物のみ取得すれば良いため、プロジェクトマネージャは発注金額を縮減できる。また、測量技術者は先端測量技術を活用できるため、測量業務に係るコストを縮減できる。ただし、ISO/TC211 では、各設計業務に必要な空間データの地物に対する要件を定義していない。そこで、本研究で設計業務のための地物要件を定義した製品仕様書を作成する。これにより、プロジェクトマネージャは性能規定に基づいて作成された空間データを設計業務に利用できる。

3-3-3 情報モデルの構築

本研究では、道路設計業務に必要な地物情報の情報モデルを ISO/TC211 に準拠して構築する。道路設計業務で必要とされる地物を ISO19109 (Rules for application schema) に従い、地理情報に関する幾何形状、位相形状を定めた ISO19107 (Spatial Schema) および地理情報の時間属性を定めた ISO19108 (Temporal Schema) を参照して構造化し、応用スキーマを作成する。構造化の表現には、UML のクラス図を用いる。次に、符号化方法を定めた ISO19118 (Encoding) に基づいて、構造化した XML スキーマに変換する。これにより、関係者は、ISO/TC211 に従った XML データを受け渡すことができる。

(1) 概略設計(A),(B)業務のための情報モデル

道路の概略設計(A),(B)業務では、同一の地物項目を取得する。概略設計(A),(B)業務のための測量業務の情報モデルである応用スキーマを表現したクラス図を図-3.2と図-3.3に示す。図-3.2は概略設計(A),(B)業務において取得すべき地物(道路(Road)、鉄道(Railway)、河川(River)、海岸(Coast)、水路(Waterway)、湖沼(Lake)、土地(Land))および基準点(ControlPoint)、等高線(ContourLine)を表現している。等高線は属性を主曲線や計曲線などを示す種別(Type)および三次元の空間座標を表現できる空間座標における曲線形状(GM_Curve)で表現する。行政界(PublicBoundary)は、都道府県界、市区町村界、大字界、字丁目界を面(GM_Surface)で表現する。これらの面は、お互いに境界を共有するため、位相の属性(TP_Surface)を与える。図-3.3は道路地物の応用スキーマを表現している。道路地物を道路構造物(RoadStructure)と付属物(RoadAttachment)に分類し、各々をさらに詳細に定義した後、空間座標における幾何形状の属性を与える。

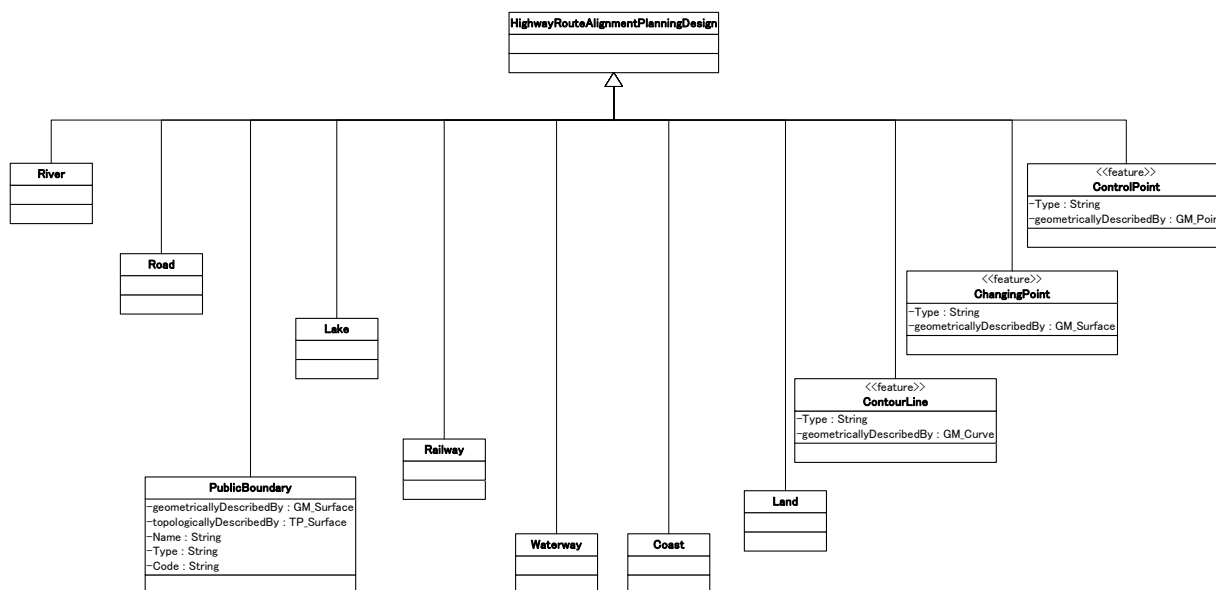


図-3.2 概略設計(A),(B)業務に必要な地物

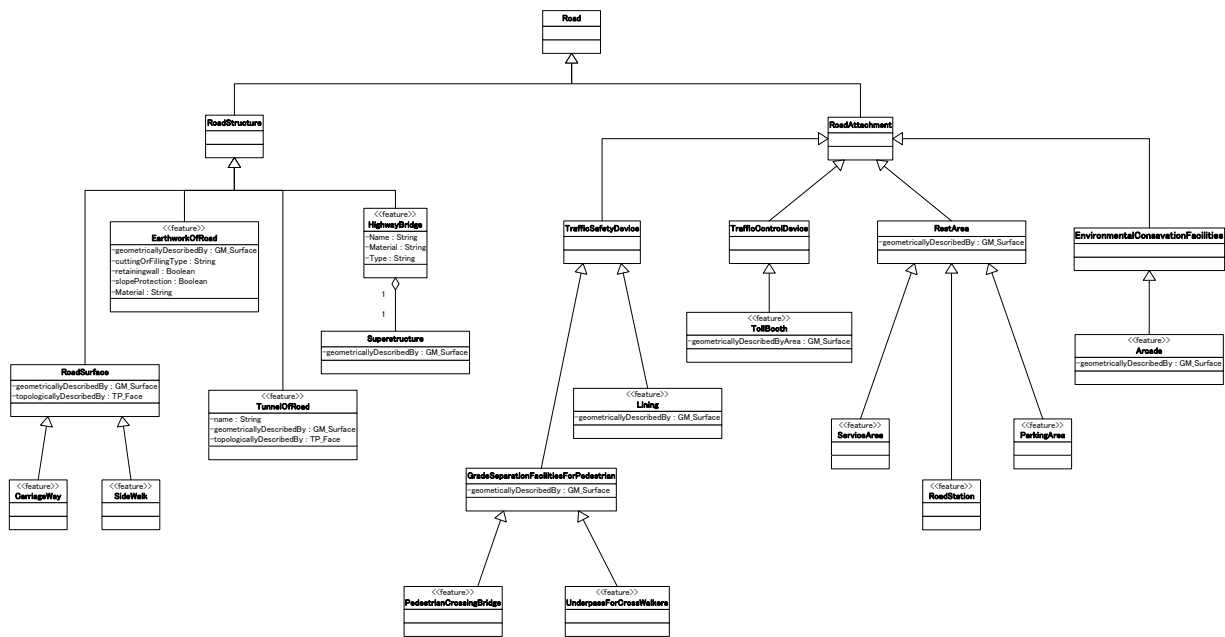


図-3.3 概略設計(A),(B)業務に必要な道路地物

(2) 予備設計(A)業務のための情報モデル

予備設計(A)業務のための情報モデルである応用スキーマを図-3.4 と図-3.5 に示す。図-3.4 は予備設計(A)業務で取得すべき地物の大項目を表現している。なお、基準点は概略設計業務で取得しているため省略する。図-3.5 は道路地物の応用スキーマを表現している。ここでは、橋梁の下部工 (Substructure) やトンネルの入り口 (EntranceOfTunnel) の形状など詳細な地物を要求する。

以上のように、予備設計(A)業務における応用スキーマを作成した。測量技術者は、これらの応用スキーマに従って業務に利用する空間データを作成する。

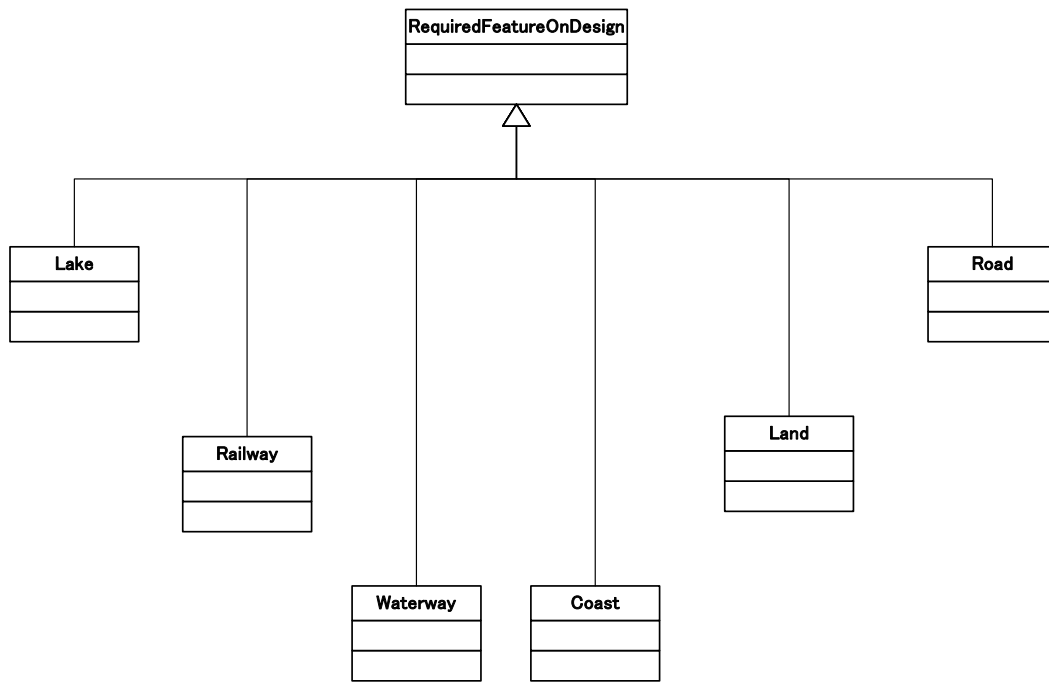


図-3.4 予備設計(A)業務に必要な地物

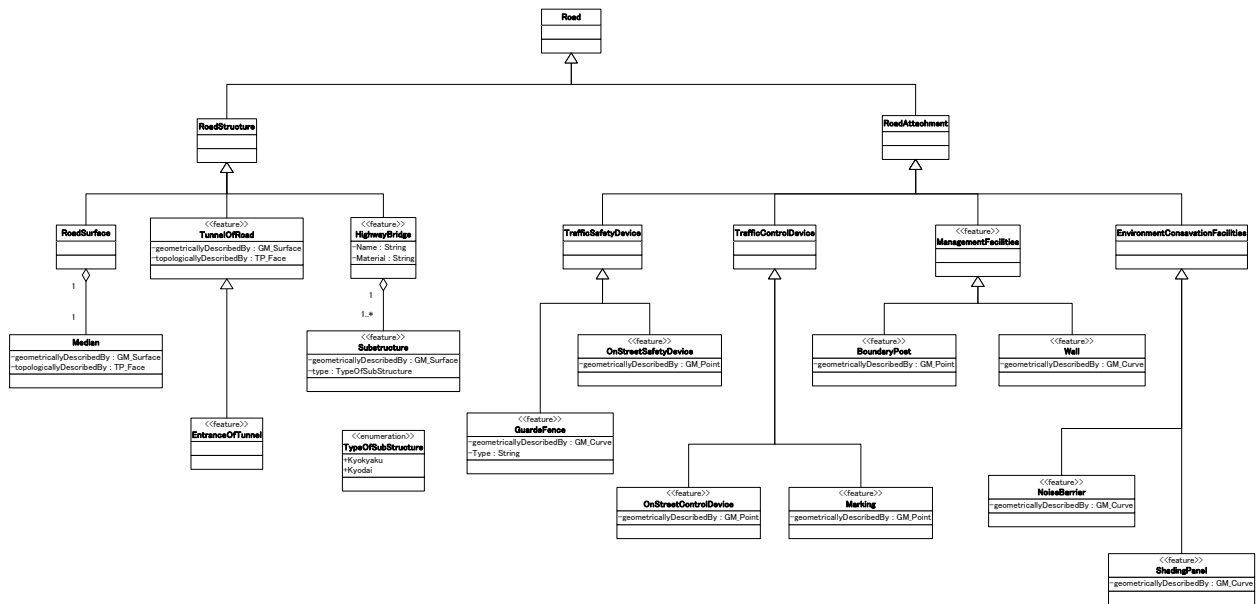


図-3.5 予備設計(A)業務に必要な道路地物

(3) 予備設計(B)業務のための情報モデル

予備設計(B)業務のための路線測量業務の応用スキーマを図-3.6に示す。路線測量業務は地形を計測することを目的としており、取得する地物は基準点(ControlPoint)、水準点(BenchMark)、杭(Pile)、中心線(Centerline)および横断線(Crossline)である。基準点は、GM_Pointを用いて点で表現する。条件点(ConditionalPoint)も基準点と同じ属性を持つため、汎化で表現する。水準点も基準点と同様にGM_Pointで表現する。仮BM(PreBenchMark)では、基準点としての役割を持つため、水準点および基準点に対して汎化で表現する。杭は、GM_Pointで表現する。杭では、中心杭(CenterPile)、主要杭(MainPile)、IP杭(IP)、見通し杭(ViewPile)、中間見通し杭(MiddleViewPile)、引照点杭(ReferencePoint)を用途別に使い分けているため、これらを汎化で表現する。これらの中でも主要杭は緩和曲線の始点(BeginningOfTransitionCurve)・終点(EndOfTransitionCurve)、曲線の中心(CenterOfCurve)、交点(CrossPoint)、起点(BeginningPoint)、終点(EndPoint)、円曲線の始点(BeginningOfCircularCurve)・終点(EndOfCircularCurve)、クロソイド曲線の始点(BeginningOfClothoidCurve)・終点(EndOfClothoidCurve)と区別できるため、これらを汎化で表現する。中心線は、主要杭と中心杭を結ぶため、これらに関連付けており、線(GM_Curve)で表現する。横断線は主要杭と中心杭の一意および見通し杭と中間見通し杭を結ぶ線であるため、これらに関連付け、中心線と同様にGM_Curveで表現している。

以上のように、予備設計(B)業務のための路線測量業務の応用スキーマを作成した。ここでは、取得する地物は少ないが高い位置正確度が要求される。

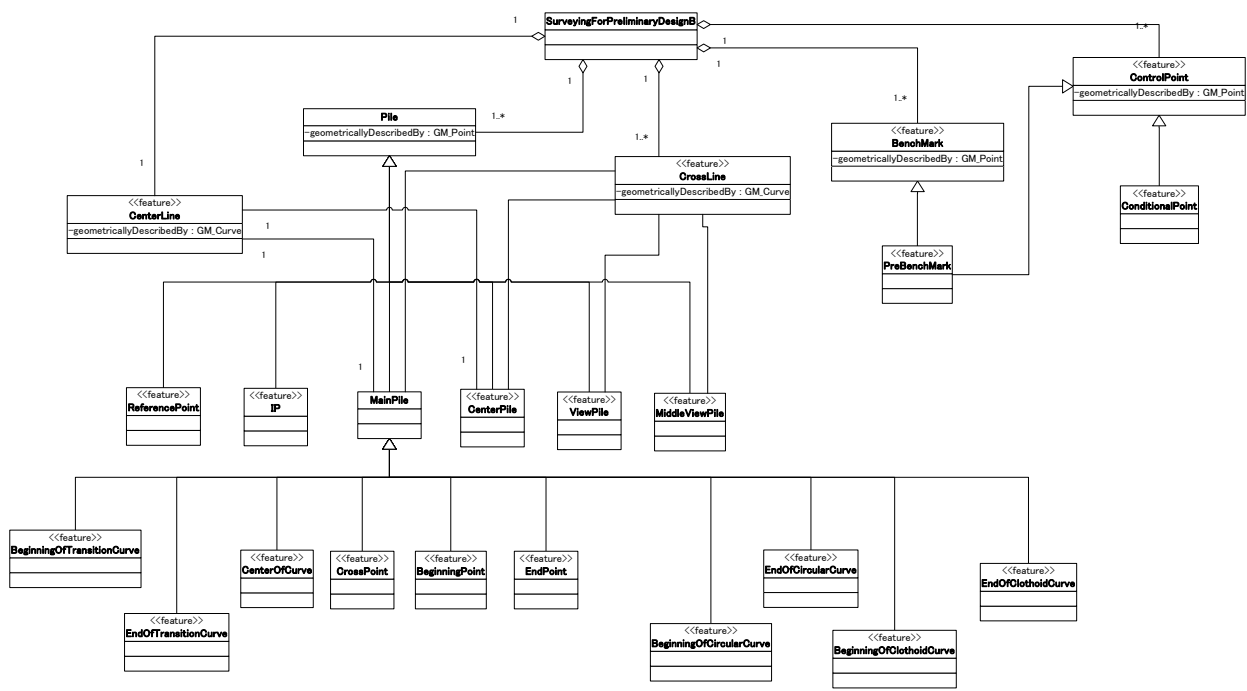


図-3.6 予備設計(B)業務に必要な地物

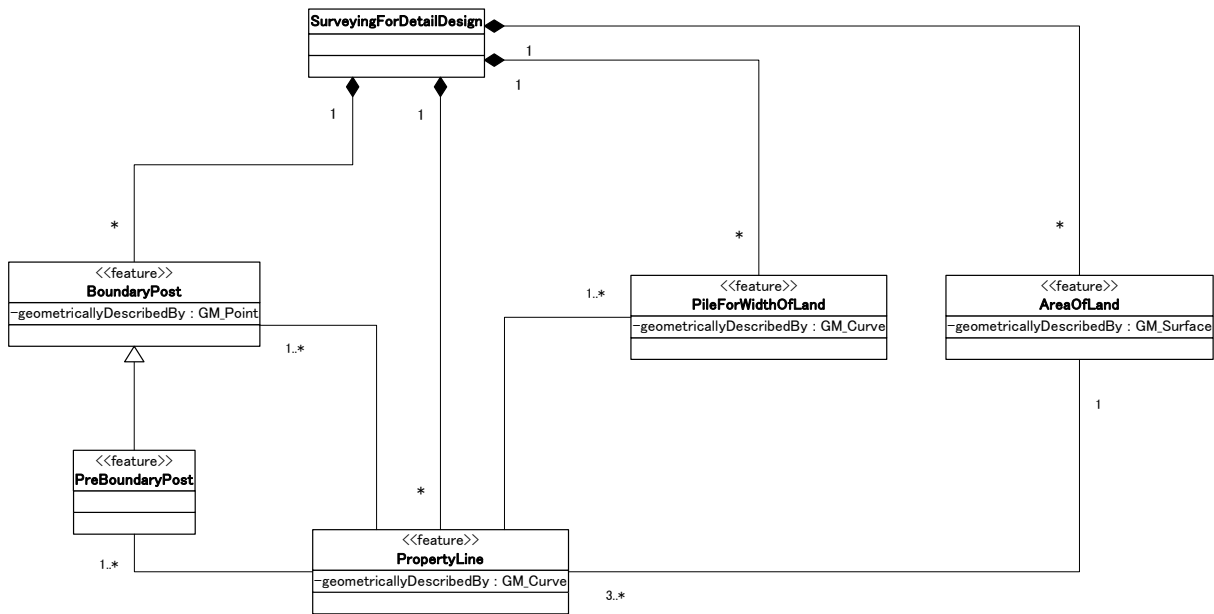


図-3.7 詳細設計業務に必要な地物

(4) 詳細設計業務のための情報モデル

詳細設計業務のための用地測量業務の応用スキーマを図-3.7に示す。用地測量業務では、官民境界と民民境界を決定するための杭を設置しているため、取得地物は境界杭（BoundaryPost）、仮境界杭（PreBoundaryPost）、用地幅杭（PileForLandOfWidth）、それらを結ぶ境界線（PropertyLine）、用地面積（AreaOfLand）がある。これらは詳細設計業務に必要不可欠な地物であるため、合成で表現する。境界杭は点（GM_Point）で表現する。仮境界杭は境界杭と同じ属性を持つため、これらの関係を汎化で表現する。用地幅杭はGM_Pointで表現する。境界線は線（GM_Curve）で表現し、境界杭、仮境界杭、用地幅杭を利用して表現されるため、関連で表現する。用地面積は面（GM_Surface）で表現する。境界線と用地面積は三つ以上の境界線で用地面積を表現するため、関連で表現する。

以上のように、詳細設計業務のための用地測量業務の応用スキーマを作成した。測量技術者はこれらの応用スキーマに従って空間データを作成し、設計技術者はその空間データを利用する。

3-3-4 道路の設計業務におけるプロセスモデル構築

道路の設計業務における情報モデルの活用を考慮して、業務プロセスモデルを構築した。構築には、UMLのアクティビティ図を使用した。

道路の計画・調査・設計・施工・維持管理のライフサイクルにおいて、地形に関する情報を取得するための測量を実施する。計画段階では、路線を複数選定するために小縮尺（1/50,000 から 1/25,000）の地形図を取得する測量を行い、設計段階では、路線を決定するために縮尺 1/5,000 あるいは 1/2,500 の地形図を取得する測量を行う。施工段階では、切土・盛土の出来形管理や橋脚の設置位置の特定などのために測量を行い、出来形図を作成する。維持管理段階では、道路台帳を調製するために測量を行う。特に、道路設計業務においては、概略設計(A),(B)および予備設計業務(A)業務のための測量が重複して行われており、コスト縮減を実現するために測量回数を削減し、測量業務を合理化することが必要である。測量業務におけるコストだけでなくライフサイクル全体に渡ってコストを縮減するためには、発注者と受注者があるべき業務プロセスモデルによって業務を行う必要がある。道路のライフサイクルにおける測量業務プロセスを改善し、効率的な測量業務を実現するために、GPS 測量を活用した業務プロセスを構築する。道路設計業務のための測量業務プロセスの変革にまで踏み込んだ新しい業務プロセスの構築にはほとんど取り組んでおらず、測量業務の合理化とコスト縮減に取り組んだ成果は存在しない。そこで、道路の設計業務における情報モデルの活用シナリオとして、設計業務のための測量業務を合理化するための業務プロセスを構築する。活用シナリオでは、第二節における現状業務の分析と解決策の提案より、プロジェクトマネジメントを適用し、ISO/TC211 に基づく情報モデルを活用して合理的な業務プロセスを構築する。概略設計業務に必要な情報モデルに従って地物情報を測量によって取得し、データを作成する。これを後工程である予備設計業務で利用し、測量回数の削減を図る。道路の設計業務における活用シナリオを図-3.8 と図-3.9 に示す。図-3.8 は概略設計と予備設計(A)業務の活用シナリオを、図-3.9 は予備設計(B)業務と詳細設計業務の活用シナリオを示す。

(1) プロジェクトマネージャが道路整備事業を受注する

活用シナリオでは、発注者は道路に対する国民の要求を把握し、予算を配慮した上で道路整備事業を発注し、受注者であるプロジェクトマネージャが設計・施工業務を全て管理する。専門技術を要する業務において、プロジェクトマネージャのみで処理することが困難な場合は専門技術者に業務委託する。

(2) プロジェクトマネージャが概略設計で必要な空間データの品質を確認する

プロジェクトマネージャは、概略設計業務の前に品質要求を満足する対象区域の空間データが存在するかどうか確認する。空間データが存在すれば、それを利用して概略設計業務を行う。空間データが存在しない場合、プロジェクトマネージャは測量業務を実施する。

(3) プロジェクトマネージャが製品仕様書を作成する

プロジェクトマネージャは、要求を満足する空間データが存在しない場合、概略設計業務に必要な空間データの要件を示す製品仕様書を作成する。

(4) 測量技術者が測量業務を実施する

プロジェクトマネージャあるいは測量技術者が、空間データ作成のための測量業務を実施する。測量技術者が測量を実施する場合、プロジェクトマネージャは製品仕様書を測量技術者に貸与する。測量技術者は先端測量技術を活用して現在の地形を計測し、空間データを作成する。従来通りの方法で公共測量作業規程に従って作業できるが、要求する品質を確保できれば、安価な先端測量技術を利用することも可能である。ここで作成する空間データは ISO/TC211 に基づく XML 形式であるため、これを後工程で再利用することができる。

(5) 測量技術者が空間データを評価する

測量技術者は、作成した空間データが製品仕様書に記述されている品質を満足していることを品質評価手順書に従って評価する。もし品質を満足していなければ、補測あるいは再測を実施する。

(6) 設計技術者が概略設計業務を実施する

プロジェクトマネージャが設計技術者に作成した空間データを貸与し、概略設計業務を委託する。設計技術者は、空間データからコントロールポイントを抽出して比較ルートを設計する。活用シナリオでは、空間データが XML 形式であるため、入力可能な CAD ソフトを利用すれば、受注者は直接空間データを取り込んで三次元設計を行うことができる。

(7) 予備設計(A)業務に必要な空間データの品質を確認する

プロジェクトマネージャは、予備設計(A)業務を遂行するために必要な空間データとして概略設計時に作成された空間データを利用できるかどうか確認する。この空間データを利用できる場合は、これを利用して予備設計(A)業務を行う。これを利用できない場合は、空間データを取得するための測量業務を実施する。

(8) 設計技術者が予備設計(A)業務を実施する

プロジェクトマネージャは、設計技術者に予備設計(A)業務を委託する。貸与資料として、空間データを設計技術者に渡す。設計技術者は、空間データから道路中心線を決定するための資料（道路の平面図・縦断面・横断面の構成など）を作成する。概略設計と同様に、空間データは ISO/TC211 の応用スキーマに基づいた XML 形式であるため、受注者はこれを入力可能な CAD ソフトを利用すれば、空間データを取り込んで三次元設計を行うことができる。

(9) 発注者が成果品を実施計画として承認する

プロジェクトマネージャが予備設計(A)業務の成果品を発注者に提出する。この内容が認められれば、受注者には発注者から実施計画としての予算が渡される。そして、路線測量業務を実施する。

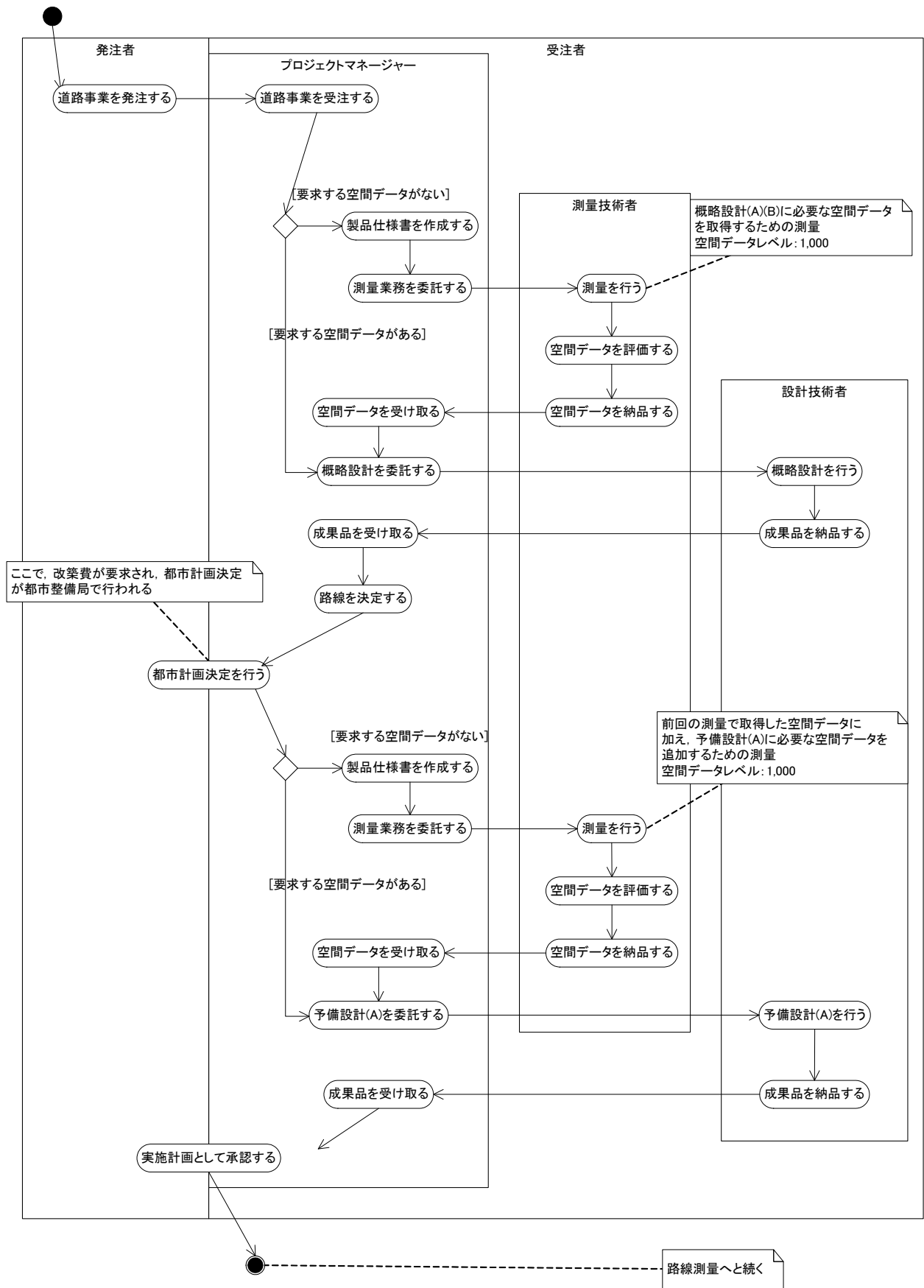


図-3.8 概略設計・予備設計(A)業務におけるプロセスモデル

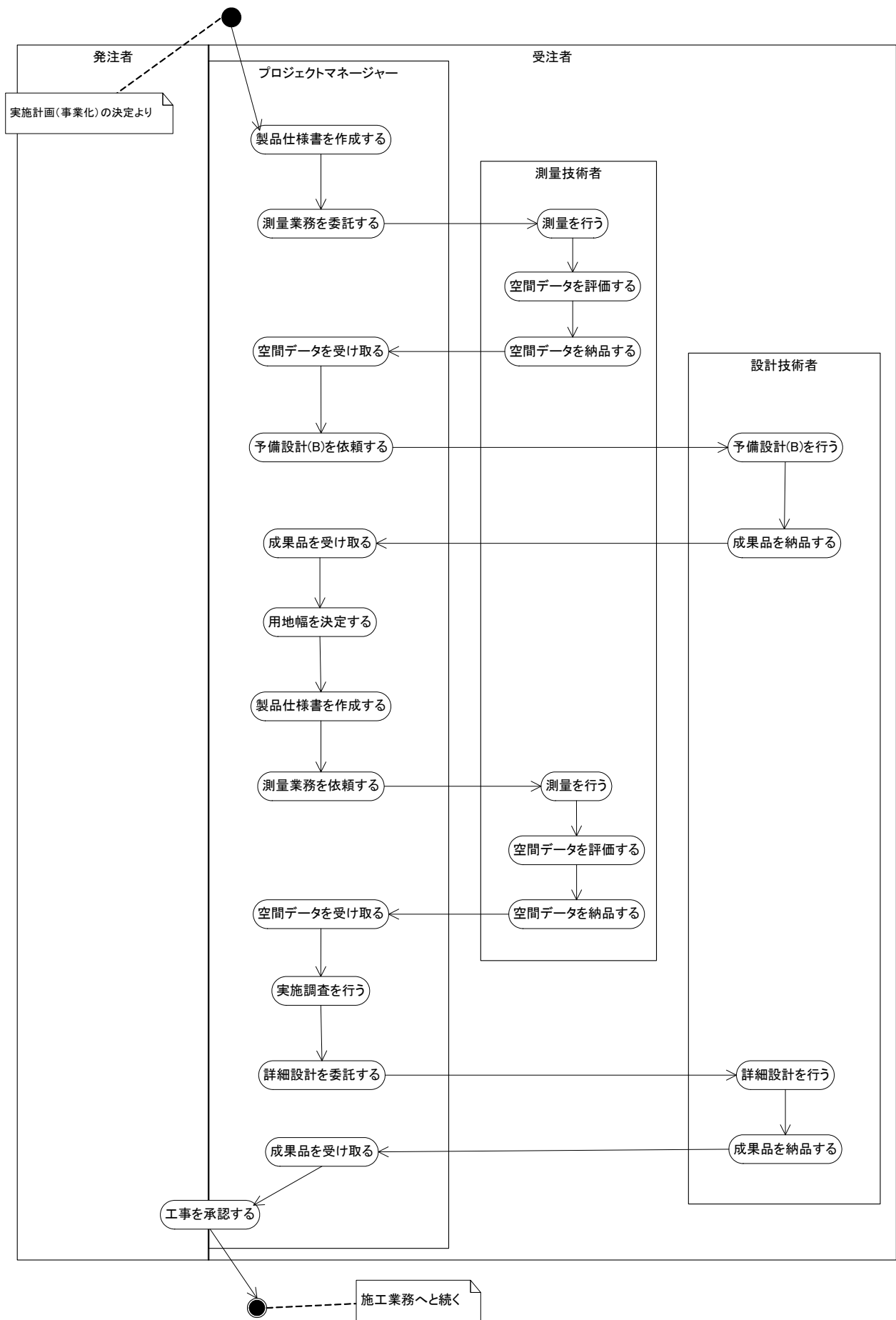


図-3.9 予備設計(B)・詳細設計業務におけるプロセスモデル

3-4 3次元データを用いた道路情報マネジメントシステムの提案

3-4-1 システム概要

道路管理の関係者間で3次元データを管理，流通，活用するために，3次元データを処理する道路情報マネジメントシステムを提案する．ここでは，3次元データを取り扱うシステムとして，検索や登録などのシステム共通機能と3次元データの表示やシミュレーション支援などの機能を開発する．本研究で対象とする道路構造物は，道路本体の法面および舗装，橋梁，トンネル，道路付属品である．

3-4-2 システム構成

道路情報マネジメントシステムは空間情報基盤，道路データベース，道路情報モデル，情報モデルライブラリ，共通インタフェース，システム共通機能，道路アプリケーションシステムから構成される．道路データベースには，本研究では，プロトタイプシステムとして一部のデータを道路データベースに蓄積する．道路アプリケーションシステムは道路の計画，設計，施工，維持管理の各段階で業務を支援するための機能を持ち，本研究では空間属性と時間属性の表示機能，シミュレーション支援機能，進捗管理機能を開発する．本システムは，社会基盤施設管理システムのシステムアーキテクチャに則って開発し，システム共通機能と共通インタフェースによってシステム機能とデータの受け渡しと連携を実現する．

3-4-3 システムの利用場面

道路情報マネジメントシステムの活用場面を図-3.10に示す．道路のライフサイクルで流通する3次元データを収集し，これを道路データベースと空間情報基盤に蓄積する．道路管理者は道路データベースに蓄積された情報を工事や維持管理業務の関係者と共有し，補修計画の立案時には更新前と更新後の3次元形状をシミュレーションによって比較することができる．また，道路管理者は補修工事情報を構築し，工事のスケジュールと内容を工事関係者や住民に視覚的に説明するとともに，共有することができる．

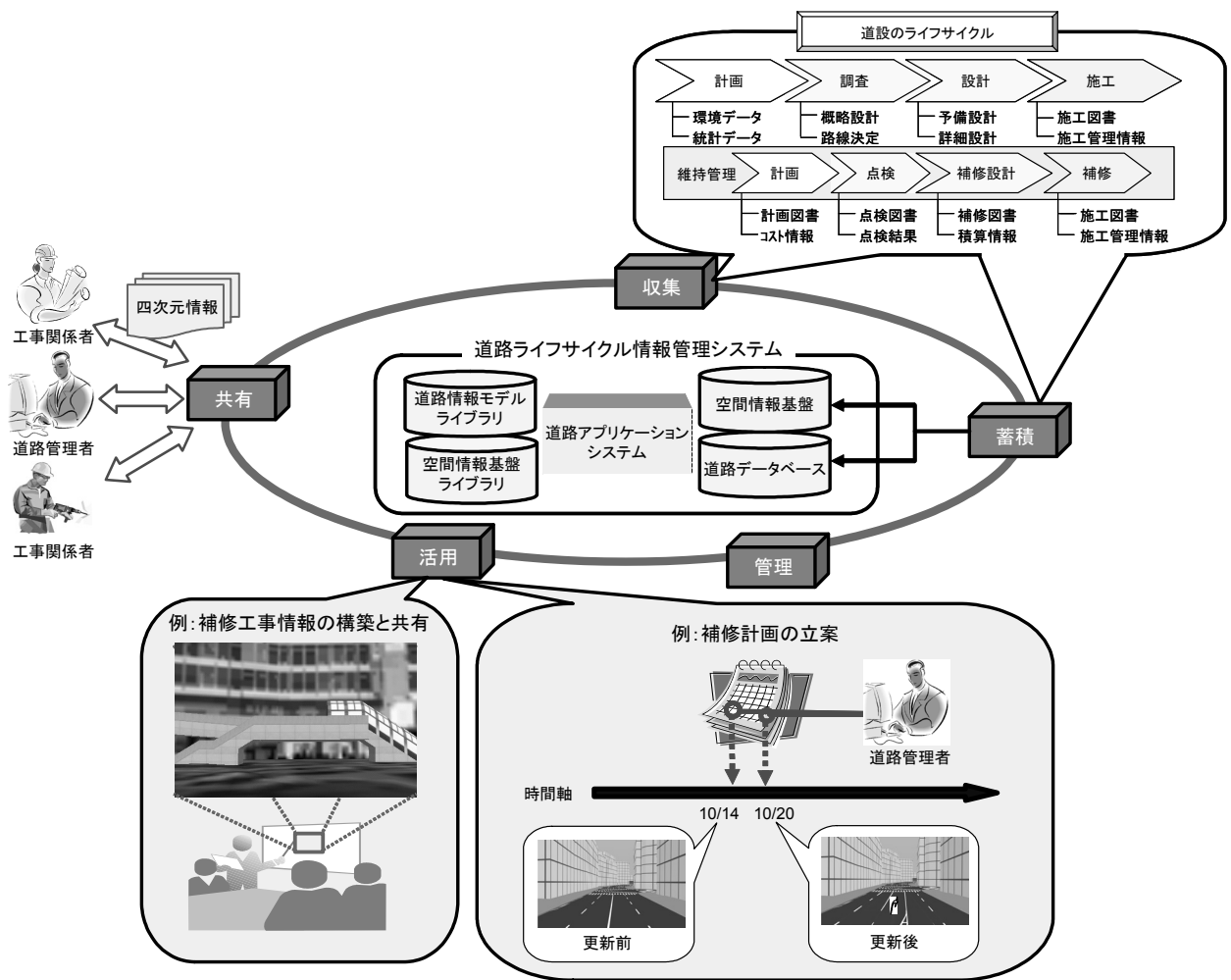


図-3.10 道路情報マネジメントシステムの活用場面

3-4-4 システムの設計開発

(1) システム共通機能

システム共通機能は、道路データベースと空間情報基盤に対する操作機能を標準化し、これは情報の検索機能と蓄積機能から構成される。

1) 情報の検索機能

検索機能では、データベースから情報を検索する機能をモジュール化し、これを将来の様々なデータベースとの連携に利用できるようにする。情報検索機能をシステム共通機能として開発することにより、社会基盤施設に係わるシステムの開発者は異なる機能を開発することなく、システムを開発することができる。情

報検索機能には、空間検索と時間検索がある。空間検索は検索したい路線を選択する方法であり、空間情報基盤に整備されている路線の位置情報や諸元情報を基に検索する。空間検索は、地域検索、道路検索、区間検索、道路施設検索の順に行い、対象とする道路施設の諸元を検索する。時間検索は検索対象期間を指定する方法であり、空間情報基盤および道路情報モデルに付加された時間属性を基に検索する。空間検索では、地域検索として都道府県と市町村、路線検索として道路種別と路線名称、道路施設検索として道路施設種別を選択する。時間検索では、空間検索の項目を入力後、表示したい期間を選択する。部材情報検索では、舗装、法面、トンネル、橋梁、道路付属品の構成部材を選択し、各部材情報に設定された項目を選択する。検索結果表示画面では、検索結果を視覚的に確認するとともに、諸元情報、道路種別凡例、レイヤを確認することができる。

2) 情報の蓄積機能

蓄積機能では、データベースに情報を蓄積するための機能をモジュール化し、これを将来の様々なデータベースへの蓄積において利用できるようにする。情報蓄積機能をシステム共通機能として開発することにより、社会基盤施設に係わるシステムの開発者は異なる機能を開発することなく、システムを開発することができる。

(2) 機能の設計開発

道路情報マネジメントシステムの機能として、四次元情報表示機能、シミュレーション支援機能、進捗管理機能を開発する。道路アプリケーションシステムの機能構成を図-3.11に示す。道路情報マネジメントシステムは、共通インターフェースを使って道路データベースの検索を実行し、その結果をXMLデータで取得する。そのデータを四次元情報表示、シミュレーション支援、進捗管理の各機能によって処理する。これらの機能は空間情報基盤や情報モデルを利用して共通インターフェースとシステム共通機能の上で開発しているため、システム開発者は、新たな機能を容易に追加することができる。

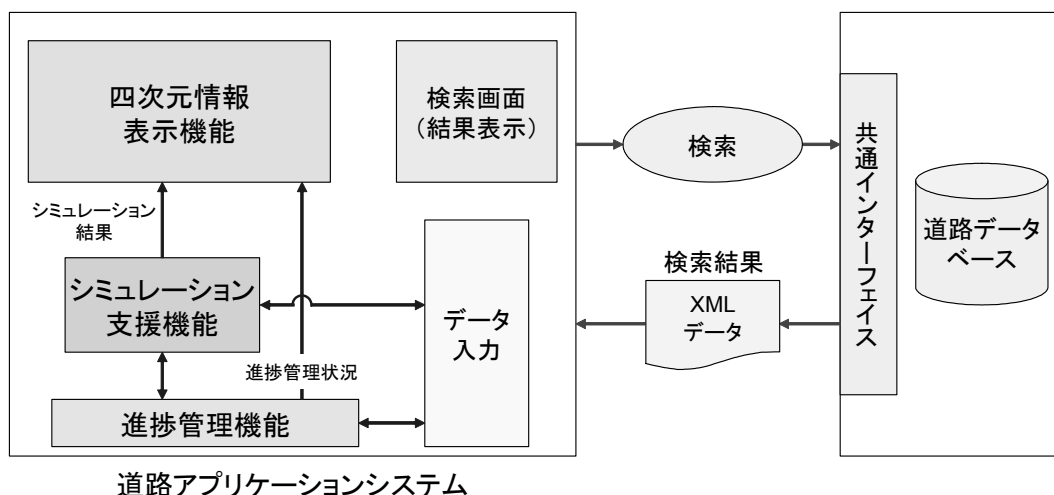


図-3.11 道路情報マネジメントシステムの機能構成

1) システムの画面構成

道路情報マネジメントシステムの画面構成は利用者の操作性を考慮して設計し、道路管理の状態遷移と属性情報などを四次元で確認できるようにした。構築した画面構成を図-3.12に示す。アプリケーション機能のフィールドにメニューとして、登録、検索（空間検索、時間検索）、シミュレーション、進捗管理のボタンを設置する。画面操作ツールとして、地図情報表示画面でマウスによって三次元の空間属性を見る位置を操作するナビゲート、鳥瞰、移動、全体表示、拡大、縮小、属性情報のボタンを設置する。時間属性の操作フィールドにはカレンダーと時系列バーを設置する。関連情報の表示フィールドには、地図情報のレイヤ、道路工事情報の凡例を表示する。地図情報表示画面では、時系列バーを操作することにより画面上で道路の状態遷移をシミュレーションすることができる。さらに、メニューや画面操作ツールを活用することにより位置や時間を指定することができる。

2) 四次元情報表示機能

四次元情報表示機能は、道路情報マネジメントシステムが道路データベースと空間情報基盤を検索した結果を受け取って四次元で表示する。道路情報マネジメントシステムの利用者は道路データベースと空間情報基盤の検索を Web によって実施し、検索結果をダウンロードしハードディスクに保管する。道路情報マネ

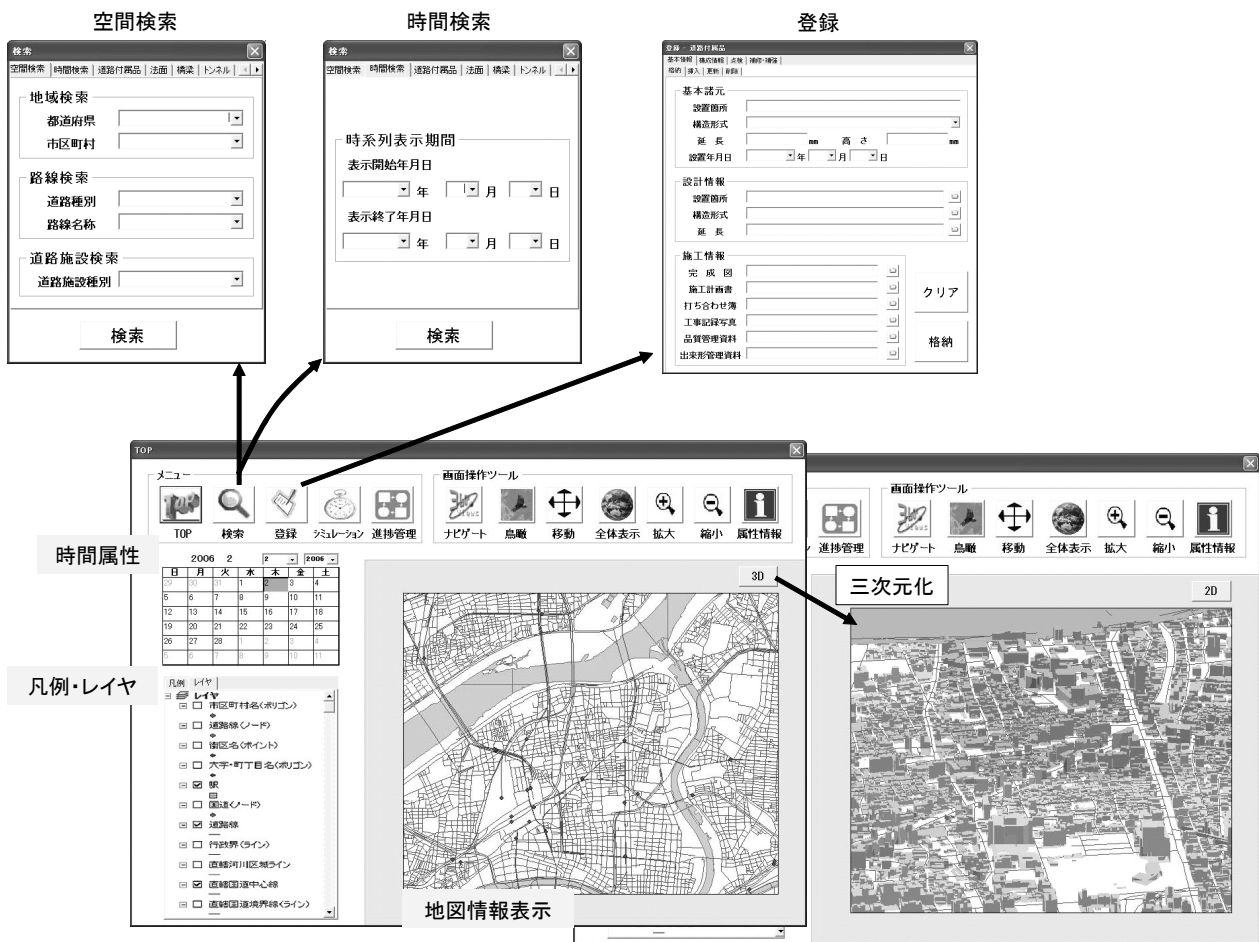


図-3.12 道路情報マネジメントシステムの画面構成

ジメントシステムからの Web を介した検索には、HTTP を利用する。道路情報マネジメントシステムはデータベースに格納されているデータ交換・流通用の XML データを地図表示形式（Shape 形式）に変換し、四次元情報に付加された時間属性 TM_Instant を操作して空間情報を地図情報表示画面（図-3.12）に表示する。

3) シミュレーション支援機能

シミュレーション支援機能は蓄積した過去の情報を活用して道路管理の将来予測を支援し、四次元情報による時系列表示を行う。空間検索機能により対象路線を選定した上で、道路データベースから時間属性と関連情報を抽出し、表示期間とシミュレーション項目を設定する。シミュレーション結果を四次元情報表示機能によって表示し、時系列バーによって設定表示期間内の対象路線の状態遷移を確認する。道路工事状況を視覚的に画面で確認することにより、全ての道路管理

の関係者が画面上で道路工事計画を確認することができる。

本研究では、シミュレーション支援機能を実道路のデータで検証する。ここでは、道路拡幅、案内標識の状態遷移を示す。情報検索機能によりシミュレーションを行う対象地域を選択する。シミュレーション登録画面で所定の項目を入力する。ここでは、案内標識の基本諸元と構成情報を入力する。時系列バーの操作によって登録した情報を変化させ、道路の状態遷移を表現する。ここでは、表示開始年月日と表示終了年月日をカレンダーによって登録する。シミュレーション支援機能を利用した画面遷移を図-3.13 に示す。上図は表示開始日を示し、道路管理の内容を反映する前の状態である。中図は道路拡幅が反映された状態である。下図は表示終了日を示し、案内標識を設置した状態である。これにより、道路管理者は、道路工事の内容を道路利用者や工事関係者に視覚的に説明することができる。

4) 進捗管理機能

進捗管理機能は道路補修工事の進捗状況を予定の工程と比較する機能である。四次元情報は工事の進捗状況の視覚的な検証に利用される。進捗管理機能はライフサイクルの各段階で発生する情報を利用して、道路管理の進捗状況を画面上に表示する。工事の進捗状況が四次元情報表示画面にシミュレーション支援機能による結果として表示される。道路管理業務の関係者がこれとグラフ化した進捗状況を目視によって確認し、工事の進捗状況と予定を把握する。進捗管理機能に実データを導入した例を図-3.14 に示す。これより、道路アプリケーションシステムの進捗管理機能の実現性を検証することができた。

3-5 おわりに

本章では、道路設計業務において 3 次元データが流通することによる業務プロセスモデルを構築した。ここでは、3 次元データを道路設計で利用するために現状の課題とその解決策を提案した。そして、流通する 3 次元データとして必要な情報モデルを定義した。さらに、その情報モデルを利用して実施する業務プロセスモデルを構築した。3 次元データを流通することのメリットを可視化するために、3 次元データを用いた道路情報マネジメントシステムを提案した。

3次元データを流通する業務プロセスモデルにより，以下の効果が想定される．

- ・データ作成費用の削減
- ・設計期間の短縮
- ・設計業務の品質向上
- ・道路事業の高度化

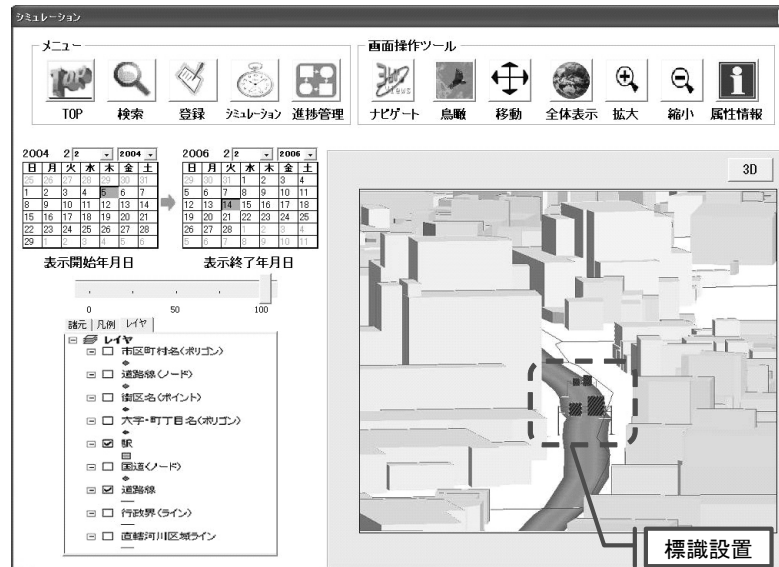
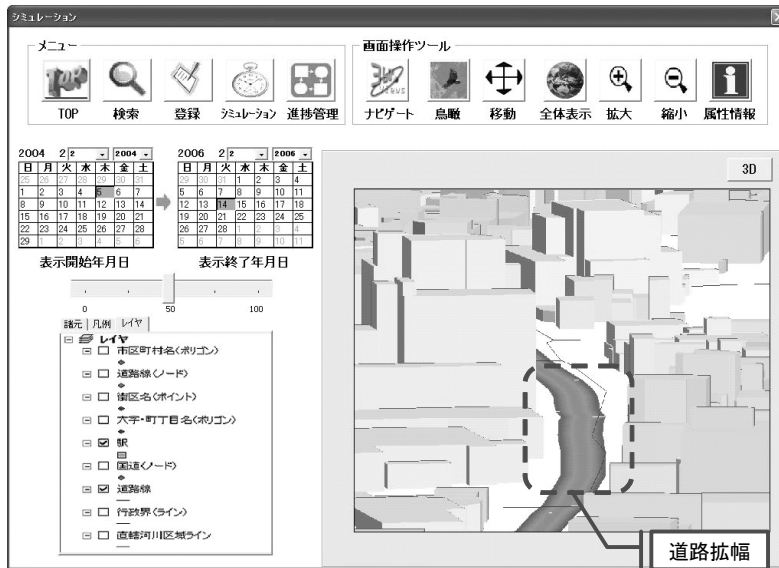
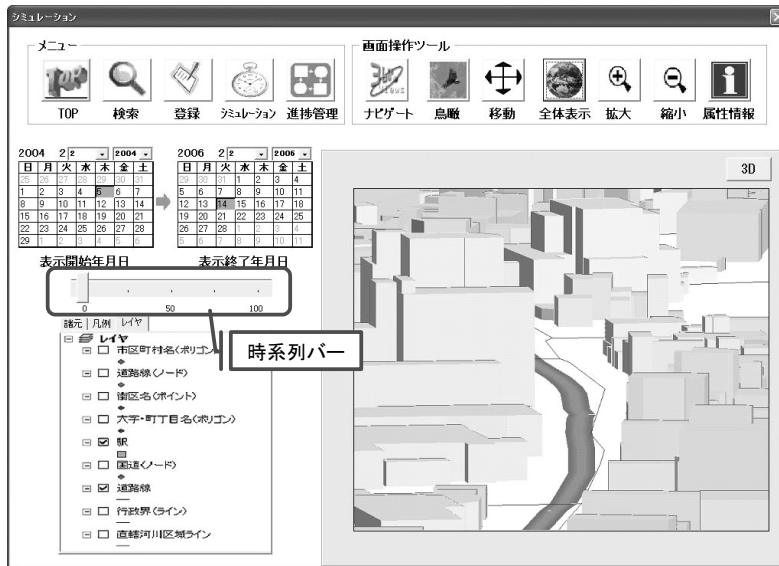


図-3.13 シミュレーション支援機能による状態遷移



図-3.14 進捗管理機能

第4章 業務プロセスモデル実現のための制度設計・データ交換標準

4-1 はじめに

第3章の業務プロセスモデルを実現するためには、現行の制度を変更することや新たにデータ交換標準が必要になると考える。本章では、3次元データを流通し業務プロセスを改革するために必要となる現行の制度を調査し、将来に向けた変更や3次元データ交換標準を提言する。

4-2 情報の流通に係わる標準

社会基盤施設のライフサイクルに係わる情報を交換、共有するためには、情報の相互運用性と互換性が重要である。これらの実現には、情報に関する既存の公開された標準や規格を活用し、交換・共有のルールを定めることが有効な手段である。また、業務そのものにおいても各関係者が業務プロセスを標準化する必要があるが、その際にも公開された規程や標準があれば参考にすることができる。本研究では、情報の流通に係わる標準として、「CALS 実践ガイド及び CALS システム構築ガイド」を参考に、業務プロセス標準、情報基盤標準、情報共有標準を取り上げ、情報の定義にあたって必要な標準を整理する。

(1) 業務プロセス標準

業務プロセス標準は、業務プロセスやプロトコルに関する取り決めと複数の企業や事務所が当該業務の情報を共有するための情報管理や情報作成に関する一般的な取り決めなどである。主として、業務を支援するアプリケーションシステムの要件と関係する。業務プロセス標準には次の領域を設定する。

1) 業務プロセス

業務プロセスに関する標準または規程の体系の最上位には、業務の定義、実施方針、業務処理全般に関する規定、規約、ガイドなどがある。これらは業務の種類毎に異なるものであり、一般的な標準は存在しない。道路に関しては、道路構造令や道路橋示方書が業務プロセスの一つと考えられる。コンクリート橋に関し

では、コンクリート標準示方書が業務プロセスの一つと考えられ、本研究ではこれを利用して情報を抽出する。

2) セキュリティ・環境管理・品質管理

情報とシステムの保護、環境管理、品質管理など業務全般の遂行に際して前提となる標準や規程である。ISO では、セキュリティにはセキュリティマネジメントシステム (ISO27001)、環境管理には ISO14000 シリーズ、品質管理には ISO9000 シリーズがある。標準化の対象とすべき主要な事項には、次のものがある。

- 建設事業におけるセキュリティの原則を確保し、防護を必要とするデータや技術内容の選択基準およびその防護組織を確立し標準化すること。
- 複数の契約者間でのデータの受け渡しがあるため、データの重要度に応じたセキュリティ管理を実現する仕組みを確立すること。
- ISO14001 をベースとする環境配慮の骨子と管理システムを確立し、これを基礎として供給側に対する要求事項について標準化すること。
- ISO9000 をベースとする製品の品質に対する基本的な考え方を確立し、これを基礎として供給側に対する要求事項について標準化すること。

3) ライフサイクル管理・プロジェクト管理

ライフサイクル管理とプロジェクト管理は、対象構造物のライフサイクルに渡る管理のための方法論や業務の分析手法などに関する標準である。標準化の対象とすべき主要な事項を次に示す。

- ライフサイクルコストなどの評価計画を作成する際、各プロセスの性能目標を設定する必要があるため、それらの性能目標項目と各項目に必要なデータを決定し標準化すること。
- プロジェクト管理のために、各作業アクティビティを選定し、その関連を定義する場合の規準を決定し、標準化すること。
- プロジェクト管理において、スケジュールの組み立て方、目標（マイルストーン、性能、コストなど）に対する評価パラメータやパラメータの評価規準を確立し標準化すること。

4) 情報管理・データ管理

情報管理とデータ管理は、業務を遂行するために作成されるデータや文書、図面の作成基準や作成規定、管理規定などである。我が国では、国土交通省などが CALS/EC において ISO に基づく電子納品要領・基準類を整備し利用している。標準化の対象とすべき主要な事項には、次のものがある。

- 情報セキュリティを考慮して、情報管理の全体体系を確立すること。
- 性能仕様、詳細仕様などの仕様書について、記述範囲、データ記述仕様、文書識別化、文書タイプなどの文書作成規則を決定し標準化すること。
- 図面について、CAD 製図基準に基づいて、交換時の形式や CAD を用いて作成する場合の要件、タイトル作成規則、番号付け、コード化、一意化手順などの図面作成規則を決定し標準化すること。
- 調達者がライフサイクルコスト評価や設備機器の構成管理を実施する際に、契約者が提出しなければならないデータ項目やその形式を決定し標準化すること。

(2) 情報基盤標準

情報基盤標準は情報の交換、共有を行うための情報システムの基盤に関する標準であり、セキュリティ、データベース、通信ネットワーク、情報交換媒体などの規格類を含む。この標準は主としてミドルウェアやプラットフォームの要件と関係する。情報基盤標準には次の領域を設定する。

1) セキュリティ

セキュリティは、データと情報システムの保護に関する標準である。

- エンティティ認証：情報システムやネットワーク資源を利用する利用者の権限を認証する。
- 電子署名：受け取ったメッセージが真のものであることを証明するもので、データの完全性を保証する。
- 否認拒否：メッセージを発信した事実の発信者による否認と送達した事実の受信者による否認、送信受付の事実の配送責任者による否認の防止を行い、

安心して情報を交換できるようにする。

- セキュリティ評価基準：セキュリティ機能，保証要件の評価規準を明確にし，セキュリティポリシー策定の指針となる。

2) データベース

データベースは，データベースとアクセス手段に関する標準である。データベースは情報システムの構築に不可欠であり，その多くは関係型データベースである。関連技術として，データ辞書，リポジトリ，SQL (Structured Query Language) などがある。

- データ辞書：データの内容や構成を定義し，記録している。
- リポジトリ：情報を受け渡すために必要なメッセージ，項目の定義，メッセージの受け渡しにおける手順などを格納する仕組みである。
- SQL：構造化照会言語であり，リレーショナルデータベースを運用し，データの挿入，検索，更新，削除の操作を行う。

3) OS・ミドルウェア

OS とミドルウェアは，分散処理体系と OS とのインタフェースに関する標準である。

4) 通信ネットワーク

通信ネットワークは，通信ネットワークのアプリケーションサービスとアプリケーションプロトコルである。SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) は電子メールの配送を行うためのプロトコルであり，OSI 参照モデルの第七層 (アプリケーション層) の機能である。FTP (File Transfer Protocol) は二台のコンピュータ間でファイルの転送を行うためのプロトコルである。TCP (Transmission Control Protocol) は OSI 参照モデルの第四層 (トランスポート層) に対応しており，通信当事者間に存在するネットワークの構成に関係なく，両者が直接回線で結ばれているかのように通信を行うことができる。IP (Internet Protocol) は OSI 参照モデルの第三層 (ネットワーク層) に対応しており，複数のネットワークを統合して一つのインターネットを構築する役割を

果たす。

(3) 情報共有標準

情報共有標準は、企業相互あるいは受発注者間で交換あるいは納品され共有される情報と情報共有のための情報システムに関する標準である。この標準は情報の電子化の基本ともなるものである。主として情報共有を実現するアプリケーションやミドルウェアの要件と関係する。情報共有標準には次の領域を設定する。

1) 情報共有システム

情報共有システムは、情報交換または情報共有のための情報システムに関する標準である。建設事業では、受発注者間の情報共有システムが構築されつつある。情報共有システムは異なる組織間で情報の範囲や利用方法を事前に合意することにより、特定の利用者がその合意内容に応じて技術情報を利用できるサービスであるべきである。

2) 情報パッケージ

情報パッケージは、同一の対象に関する多様な形態のデータや情報を統合的にまとめる際に使われる標準である。交換・共有される情報は、複数のデータや図面、画像などのファイル、文書ファイルなどの集まりで構成されることがある。それぞれのデータが分散することは許されないため、データ集合をパッケージ化する。パッケージはその内容を示す付加情報を持っている必要がある。STEPでは、AP232で技術データパッケージの基準を作成している。

3) 文書型情報

文書型情報は、情報やデータを文書形式に取りまとめる手段に関する標準である。一般的にHTMLやXMLが利用される。

4) アプリケーションデータ

アプリケーションデータは、製品情報などの統合的な情報やデータであって、それぞれのアプリケーションシステムの枠組みの中で生成し利用するものにつ

いての標準である。電子データ交換（EDI：Electronic Data Interchange）は企業間で取引のためのデータやメッセージを事前に合意した標準的な規約を用いてコンピュータ間で交換するものである。建設業界では、CI-NETが電子データ交換の標準規約として策定されており、関連のソフトウェアが開発されている。一方、STEPは、製品モデルデータの全てを標準化し、製品の企画、設計、評価、生産準備、設計・保守・変更のサイクルを通じてデータ交換・共有を可能にする標準規格である。建設事業のCADデータ交換標準であるSTEPのAP202に準拠している。

5) 基本データ表現

基本データ表現は、テキスト、図面、画像、動画像、音声など基本単位データの表現に関する標準である。

4-3 必要な制度

道路事業において3次元データを流通させるために、制度や運用上の課題について、現行の制度や運用と照らし合わせて検討し、課題の解決策を取り纏める。

4-3-1 設計フェーズ

(1) 設計業務等共通仕様書（図面の作成方法）

3次元データを流通させるためには、設計図面を3次元で作成することが必要である。設計業務における図面の作成方法については、「設計業務等共通仕様書 第1編 共通編 第2章 設計業務等一般 第1211条 設計業務の成果」に記載されている。ここでは、図面の具体的な描き方に関する記載はなく、特記仕様書に示す方法により作成することが記載されている。今後、3次元データを流通させるためには、3次元で図面を作成することを設計業務等共通仕様書に規定することが必要である。また、例えば、「3次元CADデータ交換標準」のようなデータ交換標準に基づいて作成した電子データを納品する運用に変更することが必要と考えられる。

特に道路に関しては、「設計業務等共通仕様書 第6編 道路編 第4章 道

路設計」において、設計図の作成方法に関する記載がある。ここでは、2次元図面を前提として記載されているため、3次元CADや3次元データの導入を考慮した記載に改訂することが望まれる。

(2) 設計業務等共通仕様書（数量算出）

3次元データを利用することの効果に、数量算出の自動化が考えられる。ただし、現状では2次元図面から数量を算出することを前提とした規定となっている。設計業務等共通仕様書では、土木工事数量算出要領（案）により数量を算出することを記載されている。今後、3次元データの流通により数量算出を自動化するためには、以下の2点の対応が必要であろう。

- 土木工事数量算出要領（案）に3次元CADから数量算出が可能であることを規定する。これには、3次元CADにより算出した数量が正確であることを保証する仕組みが必要である。
- 数量を算出できる3次元データを納品することにより、数量集計表の提出を不要とする規定にする。ただし、これには3次元データの納品要領や受け取り側のスキル向上が必要である。

(3) 設計業務等共通仕様書（設計業務の検査）

3次元データを流通するためには、品質の確保されたデータを生成するための検査が必要となる。電子納品時の検査については、電子納品運用ガイドライン（案）、現場における事前協議ガイドライン（案）が利用される。今後は、これらガイドラインに3次元データの設計業務成果を検査する方法を記載することが求められる。

4-3-2 施工フェーズ

(1) 土木工事施工管理基準（工程管理）

土木工事施工管理基準には、工程管理に関する規定がある。この規定に3次元データを活用した施工シミュレーションや情報化施工を対象とする内容にすることで、3次元データの流通を促進できると考える。

(2) 土木工事施工管理基準（出来形管理）

土木工事施工管理基準には出来形管理に関する規定があり，設計値と実測値を対比して記録した出来形成果表または出来形図を作成し，管理するものとしている．3次元の設計データが流通する際には，この設計データを活用し，3次元で出来形比較を実施することが考えられる．

4-4 データ交換標準

(1) 3次元データ交換標準の策定

道路事業で3次元データを流通するために，3次元データを電子納品するためのデータ交換標準を策定することが必要である．3次元に関する交換標準としては，「道路中心線形データ交換標準（案）」があり，道路横断形状・舗装などのデータ交換標準が検討されている．今後，各分野で利用できる線形構造物汎用モデルを構築することが必要である．

(2) 電子納品要領（案）・CAD製図基準（案）の改訂

現行の電子納品要領（案）・CAD製図基準（案）を3次元データに対応した要領・基準類に改訂することが必要である．現行の電子納品要領（案）・CAD製図基準（案）は，2次元図面を前提とした要領・基準であり，3次元データに対応した要領・基準類に改訂する．3次元データを対象とするため，データの作成・納品方法だけでなく，データの検査方法についての記載も必要である．

(3) 3次元CADエンジン・ソフトの開発と普及

3次元データを作成するためには，3次元CADエンジンやCADソフトが必要である．現状では，安価な3次元CADエンジンが存在しないため，建設分野では未だ3次元CADデータが利活用されていない．そのため，国産の安価な3次元CADエンジンの早急な開発が切望されている．国産の3次元CADエンジンを早急に開発し，これに対応したCADソフト（ドメイン機能）を民間企業が開発できるようにすることが望ましい．また，現在は2次元CADソフトを利用することが主流であるため，3次元CADソフトには利用者が操作にとまどわない

よう操作性の良さが求められる。

3次元 CAD エンジン・ソフトの要件は、第2章の3次元データの利用場面より、以下のものが考えられる。

- 3次元地形データを入力し、各種属性を確認できる。
- 入力した計画ルートに基づき、3次元地形データを作成できる。
- 3次元設計データと3次元地形データを元に、CGを作成できる。これが住民説明に利用できる。
- 3次元地形データと3次元設計データから縦断線形の設計ができる。
- 3次元標準部品を入力でき、道路付帯構造物および用排水の計画を行うことができる。
- 3次元地形データと3次元設計データから土工量を算出できる。
- 積算システムで利用できる数量データを出力できる。
- 3次元設計データを読み込み、マシンコントロールのためのデータを出力できる。
- 3次元設計データを表示できる。

4-5 おわりに

本章では、3次元データを流通し業務プロセスを改革するために必要となる現行の制度を調査した。道路設計においては、設計業務等共通仕様書で3次元データを利用した図面作成、数量算出、検査に関する規定に追加・変更することが必要である。また、道路施工においては、土木工事施工管理基準で工程管理や出来形管理に関する規定を変更することが必要である。さらに、3次元データを流通するために3次元データ交換標準を策定することが求められる。

第5章 3次元データの流通を実現するためのロードマップ

5-1 はじめに

本章では、3次元データを流通するために、必要な制度やデータ交換標準の開発の優先順位を検討する。

5-2 関連施策の整理

3次元データ流通のためのロードマップに関連する施策を以下に示すように整理した。

- CALS/EC アクションプログラム 2008
- 国土交通分野イノベーション推進大綱
- 情報化施工推進戦略
- 地理空間情報活用推進基本法

5-3 ロードマップ

国土交通分野イノベーション推進大綱では、国土交通分野の将来像と今後の戦略を定めている。ここでは、以下の項目のスケジュールを作成している。

- 次世代型 CAD データの標準化
- 施工プロセスの各作業工程を管理するシステムの開発・普及
- 3次元機械制御建設機械の普及促進
- リアルタイムに施工状況を把握するシステムの開発普及
- ICTに対応した管理，監督等基準の策定
- 計画から施工，維持管理にわたる建設生産全体で使用する生産管理の共通基盤ソフトの開発普及
- 建設施工におけるロボット技術の開発普及

これらから、3次元データ流通のロードマップで実施する項目を表 5-1 に考える。

表-5.1 中長期的な実施項目（ロードマップ）

実施項目	検討内容
3次元データ交換標準の策定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元データ交換標準 ・ 3次元データ作成要領の作成 ・ 国際標準との連携
プロダクトモデルの作成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造物のモデル構築 ・ 幾何・位相フィーチャ仕様の作成
業務プロセスモデルの実現	<ul style="list-style-type: none"> ・ 業務プロセスモデルの効果検証 ・ 業務プロセスモデルの普及
SXF レベル 3・4 の策定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体像の作成 ・ 幾何・位相フィーチャ仕様の作成 ・ 上記モデル以外の構築
3次元 CAD エンジンの開発普及	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元 CAD エンジンの開発 ・ ドメイン 3次元 CAD ソフトの開発 ・ エンジン・ソフトの効果検証 ・ エンジン・ソフトの普及
3次元データ利用環境の整備	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3次元ビューワの開発 ・ 地方自治体への普及・展開

5-4 おわりに

本章では、3次元データを流通するためのロードマップを検討した。ここでは、ロードマップに係わる関連施策を整理し、中長期的に整備する項目を抽出した。

第6章 地方への適用可能性の検討

6-1 はじめに

道路事業において3次元データの流通による業務プロセスモデルを実現するためには、地方自治体や地方の民間企業が適用できるようにすることが必要である。本章では、業務プロセスモデルの地方への適用可能性を検討する。ここでは、地方自治体の電子納品の状況を整理し、その適用のための基礎となる電子納品運用ガイドラインや仕様書を調査した。そして、地方自治体関係者や民間企業担当者にヒアリング調査を行った。

6-2 地方自治体の電子納品の状況

著者の所属大学がある岩手県において、業務プロセスモデルを実現することができかどうか検討するために、電子納品と情報共有の状況を調査した。岩手県の事業においては、電子納品および情報共有について、平成19年4月1日以降に岩手県が発注する全ての建設関連業務及び県営建設工事を対象に全面運用している¹⁾。そこでは、電子納品に関する運用方針²⁾を以下のように定めている。

- 業務における電子納品は、受発注者ともに多岐にわたってメリットがあると考えられるため、原則として全て「義務」とする。ただし、電子納品が馴染まないと判断されるものについては、受発注者の「協議」により実施する。
- 工事における電子納品は、将来の利活用に資するものに限って「義務」とし、それ以外については受発注者間の「協議」により実施する。工事における電子納品は、メリットが認められる反面、今後の利活用の必要性が少ないものもあることや、現時点では電子納品の実施が難しい受注者の方もいると見込まれることから、発注者において利活用が見込まれるものに限って「義務」とし、それ以外については、受注者自らが電子納品のメリットを勘案して自主的に取り組むよう「協議」として取扱うこととしている。

電子納品の取り組みは、原則となっているので、どの案件で実施するかどうかは曖昧なようである。業務毎・工事毎に対象を判断していると考えられ、実際に電子納品を行われていないことがあると想定される。また、自治体職員のスキルレベ

ルが課題であると考えられる。

また、情報共有に関する運用方針を以下のように定めている。

- 業務及び工事の施行中における受発注者間の情報共有については、受発注者双方が通信環境を整えることが可能な場合に、積極的に電子メールを利用した情報交換を行うこととしている。
- 業務及び工事の施行中の情報共有に電子データを用いることは、従前の方法よりも多くの情報を交換できるメリットがある反面、工事現場など高速通信環境を整備することが困難なところもあることから、受発注者双方が通信環境を整えることができる場合に限って、電子メールを利用した情報交換を行うこととする。

情報共有に関しては、電子メールの利用を前提としており、情報共有システムなどの利用は想定していないようである。

さらに、岩手県では、業務および工事における電子納品等を円滑に実施するため、「岩手県電子納品ガイドライン」³⁾を定めている。また、電子納品と情報共有を実施するために、業務関係特記仕様書⁴⁾と工事関係特記仕様書⁵⁾を整備するとともに、事前協議チェックシートを整備している。

以上の取り組みにおいて、国土交通省直轄事業で電子納品や情報共有を推進し、実行している現状と比較すると、数年単位で取り組みは遅れているようである。

岩手県では、道路維持管理業務を効率化するために、情報共有型の道路維持管理支援システム「位置コミ」が導入されている。このシステムは、道路の陥没や設備の故障などを発見した情報を携帯電話から写真とともにシステムに登録し、システムを利用して自治体担当者から企業の補修担当者に指示を行い、作業後に報告するシステムである。ただし、システム利用はある程度進んだが、地方自治体および建設業者双方の担当者による利用方法に依存している。担当者が変更するとシステムを使わなくなる可能性がある。特に、担当者の意識やスキルに大きく依存しており、担当者によって利用の可否が分かれる点が問題となっている。

6-3 適用可能性の検討

3次元データの流通による業務プロセスモデルを地方に適用できるか検討するために、民間建設企業の担当者にヒアリングを行った。その結果の概要は以下のとおりである。

- ・ 電子納品に関しては、自治体職員と民間企業ともに積極的に実施しておらず、業務や工事毎に実施を検討しているようである。
- ・ 現場の担当者に電子納品のメリットが伝わっておらず、あまり実施していない。
- ・ 写真の電子納品については、デジタルカメラが普及したことにより、多く行われている。
- ・ 情報共有に関しては、前節で述べた位置コミシステムにより道路維持管理において一部の情報が共有されている。しかし、道路事業のライフサイクルにおいて電子納品と関連して情報共有を推進していることはない。

以上より、地方においては電子納品や情報共有といった情報の電子化がまだ進んでおらず、本研究で提案する業務プロセスモデルを実現するためには、多大な努力と時間を要することが考えられる。2次元データのCAD利用や流通が進んでいないため、3次元データの流通を行うことは将来の課題である。業務プロセスモデルの実現のために、以下のことを考える必要がある。

- ・ 電子納品や情報共有の必要性とメリットを受発注者に理解してもらう。紙媒体の内容を単に電子化するだけでなく、ライフサイクルにわたって情報を流通することのメリットを強調することが重要である。
- ・ 蓄積されたデータを他のデータと関連付け、容易かつ多角的に分析するための仕組みがない。道路事業で発生するデータを蓄積し、将来の業務に利用できる仕組みが必要である。
- ・ 3次元データの利用場面や利用によるメリットを明らかにし、普及促進する。
- ・ 全県レベルで同時に業務プロセスモデルを実現することは不可能であるため、特定の先進地域から少しずつ業務プロセスを変更していく。
- ・ 業務プロセスモデルの実現に必要な標準やソフト（3次元CADエンジンやソフトなど）を整備し、普及に努める必要がある。

6-4 おわりに

本章では、業務プロセスモデルの地方自治体と建設業者への適用可能性を検討した。地方自治体では、電子納品や情報共有に対する意識がまだ高くなく、即座に 3 次元データを流通することは難しい。業務プロセスモデルの変更についても、現状では担当者レベルの業務プロセスが存在するため、これをある程度標準化することが必要である。今後は、道路事業における 3 次元データの流通によるメリットを明らかにし、業務プロセスモデルの実現につなげていくことが必要である。

6-5 参考文献

- 1) 岩手県「電子納品及び情報共有の全面運用について」:

<http://www.pref.iwate.jp/view.rbz?of=1&ik=0&pnp=14&cd=5591>

- 2) 岩手県 CALS/EC 整備基本計画・電子納品及び情報共有の運用方針
- 3) 岩手県電子納品ガイドライン
- 4) 岩手県業務関係特記仕様書
- 5) 岩手県工事関係特記仕様書

第7章 あとがき

本研究では、公共事業における3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を明らかにし、計画的に整備を進めるためのロードマップを提言することを目的とする。本研究が捉える3次元データの流通基盤では、国土交通省のみならず、市町村を含んだ自治体や中小規模の民間企業でも利用できる環境を想定し、現実的かつ具体的な成果を出す点に意義がある。

本研究では、以下の内容について研究を行った。

- (1) 道路事業を対象として、3次元データの流通によって効果を享受する具体的な利用場面を抽出した。ここでは、道路事業の調査、測量、設計、施工、維持管理について、既存の学術論文や報告書、Web ページに掲載されている利用場面を対象として調査した。
- (2) 前項の調査結果を受けて、道路の測量と設計業務を取り上げ、3次元データの流通による業務プロセスモデルを構築した。モデルの構築にあたっては、UML のアクティビティ図を利用し、3次元データが流通することにより、変革すべき業務プロセスを明らかにした。
- (3) 業務プロセスモデルを実現するためには、現行の制度や標準を整理し、制度の変更や新たなデータ交換標準が必要となる。制度として、設計業務等共通仕様書と土木工事施工管理基準において、3次元データの利用を前提とする制度設計が必要であると提言した。また、データ交換標準として、3次元データ交換標準の策定と電子納品要領案・CAD 製図基準案の改訂が必要であることを提言した。さらに、我が国には国産の3次元 CAD エンジンが存在しないため、早急にこれを開発することが望まれる。
- (4) これらの成果に基づき、今後、3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を抽出し、計画的に整備を進めていくための指南書となることを目指したロードマップを提言した。
- (5) 3次元データの流通とそれによる業務プロセスモデルを地方自治体や中小規模の民間企業でも利用できるようにするために、岩手県をフィールドとして、自治体と建設業者への適用可能性を検討した。地方自治体では、電子納品に対する意識が高くない場合もあり、道路事業において3次元データを流通した業務プロ

セスを実現することはまだ難しいようである。3次元データの流通によるメリットを広く公開することが重要である。

RESEARCH INTO DESIGN OF WORK PROCESSES USING THREE-DIMENSIONAL DATA DISTRIBUTION APPLIED TO ROAD PROJECTS

Satoshi KUBOTA
Iwate Prefectural University

In order to promote innovation in public works by ICT, it is necessary to provide an environment for efficiently and smoothly distributing three-dimensional data for structures throughout the life cycle. Also, in both the “Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism CALS/EC Action Program 2008” and the “Third Construction Information Standardization 3-Year Promotion Plan”, importance is placed on the development of the distribution environment for three-dimensional information.

In public works at present, there has been partial optimization starting from that work that can make use of electronic data, but this has not been undertaken from the viewpoint of total optimization in the life cycle. Therefore it is necessary to identify and define specific situations of use where an effect can be obtained by distributing three-dimensional data (specific work procedures for quantity calculation, etc.) and situations of use with clear downstream processes (such as the work of inputting to quantity calculation software). Furthermore, it is necessary to design work processes based on these situations of use, and if necessary design systems and develop exchange standards (structure and format of the three-dimensional data in the field under consideration).

Therefore, the objectives of this research were to clarify the work items that should be carried out in order to realize a distribution platform for three-dimensional data in public works, and to provide a road map for proceeding with its planned development. The three-dimensional data distribution platform that was the subject of this research was envisaged to be an environment that could be used not only by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, but also by local governments including cities, towns, and villages, as well as by medium and small size private corporations, and is significant from the viewpoint of achieving practical and specific results.

The following research was included in this project.

- (1) Identification of specific situations of use where an effect can be achieved by the distribution of three-dimensional data. Here, the situations of use described in existing academic theses, reports, and web pages relating to road surveys, measurement, design, construction, and maintenance were investigated.
- (2) Based on the survey results of the previous item, road surveying and design work were considered, and a work process model using the distribution of three-dimensional data was constructed. In constructing the model, UML activity diagrams were used, and the work processes that should be transformed as a result of three-dimensional data were identified.
- (3) In order to realize the work process model, re-organization of the existing systems and standards, transformation of systems, and new data exchange standardization are necessary. Regarding systems, it was proposed that system design based on the use of three-dimensional data is necessary for standard specifications for design work, etc., and standards for construction management of civil engineering construction. Also, it was proposed that for standardization of data exchange, it was necessary to establish three-dimensional data exchange standards and to amend the draft requirements for submission of deliverables in electronic form and CAD drawing preparation standards. Furthermore, in Japan there is no domestic three-dimensional CAD engine, so it is desirable that this be developed as soon as possible.
- (4) Based on these results, the work items that should be carried out in order to realize a distribution platform for three-dimensional data were clarified, and a road map intended to be an instruction manual for proceeding with its planned development was proposed.
- (5) In order that the distribution of three-dimensional data and the work process model based on it can be used by local government bodies and small and medium size private corporations, the possibility of application to local government and construction companies was investigated, using Iwate Prefecture as the field of investigation. In local governments the awareness of submission of deliverables in electronic form is not high in some cases, so it seems that it is still difficult to achieve work processes with the distribution of three-dimensional data in road works. It is important that the merits of distribution of three-dimensional data are widely disclosed.

KEYWORDS: *3-D Information, Business Process Modeling, 3-D CAD.*

研 究 成 果 の 要 約

助成番号	助成研究名	研究者・所属
第2008-5号	道路事業を対象とした3次元データの流通による業務プロセスの設計に関する研究	窪田 諭・岩手県立大学
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>ICTによる公共事業のイノベーションを推進するためには、構造物に係わる3次元データを効率かつ円滑にライフサイクル上に流通させる環境を整備する必要がある。また、“国土交通省CALIS/ECアクションプログラム2008”や“第三次建設情報標準化三箇年推進計画”でも3次元データの流通環境の整備に重点を置いている。</p> <p>現状の公共事業では、電子データの運用に可能な業務から着手する部分最適化がなされており、ライフサイクルにおける全体最適化の観点からは取り込まれていない。そのため、3次元データを流通させることによる効果を楽しむ具体的な利用場面（数量計算の具体的な作業手順など）や流すべき下流工程（数量計算ソフトの入力作業など）を明確にした利用場面を抽出し定義することが必要である。さらに、その利用場面に基づく業務プロセスを設計し、必要に応じて制度設計やデータ交換標準（対象領域の3次元データの構造や形式）を整備する必要がある。</p> <p>そこで、本研究では、公共事業における3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を明らかにし、計画的に整備を進めるためのロードマップを提言することを目的とする。本研究が捉える3次元データの流通基盤では、国土交通省のみならず、市町村を含んだ自治体や中小規模の民間企業でも利用できる環境を想定し、現実的かつ具体的な成果を出す点に意義がある。</p> <p>本研究では、以下の内容について研究を行った。</p> <p>(1) 道路事業を対象として、3次元データの流通によって効果を楽しむ具体的な利用場面を抽出した。ここでは、道路事業の調査、測量、設計、施工、維持管理について、既存の学術論文や報告書、Webページに掲載されている利用場面を対象として調査した。</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>(2) 前項の調査結果を受けて、道路の測量と設計業務を取り上げ、3次元データの流通による業務プロセスモデルを構築した。モデルの構築にあたっては、UMLのアクティビティ図を利用し、3次元データが流通することにより、変革すべき業務プロセスを明らかにした。</p> <p>(3) 業務プロセスモデルを実現するためには、現行の制度や標準を整理し、制度の変更や新たなデータ交換標準が必要となる。制度として、設計業務等共通仕様書と土木工事施工管理基準において、3次元データの利用を前提とする制度設計が必要であると提言した。また、データ交換標準として、3次元データ交換標準の策定と電子納品要領案・CAD製図基準案の改訂が必要であることを提言した。さらに、我が国には国産の3次元CADエンジンが存在しないため、早急にこれを開発することが望まれる。</p> <p>(4) これらの成果に基づき、今後、3次元データの流通基盤を実現するために取り組むべき実施項目を抽出し、計画的に整備を進めていくための指南書となることを目指したロードマップを提言した。</p> <p>(5) 3次元データの流通とそれによる業務プロセスモデルを地方自治体や中小規模の民間企業でも利用できるようにするために、岩手県をフィールドとして、自治体と建設業者への適用可能性を検討した。地方自治体では、電子納品に対する意識が高くない場合もあり、道路事業において3次元データを流通した業務プロセスを実現することはまだ難しいようである。3次元データの流通によるメリットを広く公開することが重要である。</p> </div> </div>		