Vol.2011-IS-116 No.1
2011/6/6

道路維持管理のための WebGIS を用いた情報ポータルの開発

窪田　諭[†]　　菅原 貴衡[†]　　橋本 忠義[††]
市川　尚[†]　　阿部 昭博[†]

道路における施設補修や苦情対応などを行う維持管理業務を適切に行うためには，点検や補修などの情報を最新かつ品質の確保された状態で利用できる環境が必要である．本研究では，道路維持管理において道路管理者が必要な情報を共有し参照するために，Web GIS を用いた情報ポータルを開発した．ここでは，道路維持管理に必要な情報に対応するために，道路データモデルに基づくシステムとした．道路データモデルは構造物情報と業務情報から構成され，時間属性と空間属性を有するモデルである．システムを岩手県県南広域振興局土木部北上土木センターで運用して評価を行い，道路データモデルを核とする情報ポータルという方針と業務でのシステム利用可能性について考察した．

Development of Information Portal using Web GIS for Road Maintenance

Satoshi Kubota[†]　Takahira Sugawara[†]
Tadayoshi Hashimoto[††]　Hisashi Ichikawa[†]
and Akihiro Abe[†]

Roads should be safe and kept in good condition. In order to carry out effective road maintenance, the use of spatial and temporal information is necessary. As research in this field, a web-based road maintenance support system has been in long-term operation. However, in the existing system, the accumulated data is not intended for use in future work. The maintenance information produced over the life cycle of a road is instead distributed among multiple computers and management offices. In this paper, a prototype of information portal system using Web GIS is proposed and evaluated in terms of its practicality for project participants to retrieve and to share information. Road data models containing structural and work information are constructed for use in the system, which have spatial and temporal attributes.

1. はじめに

道路における施設補修や苦情対応などを行う維持管理業務は，住民にとって重要なサービスである．維持管理業務を適切に行うためには，点検や補修などの情報（以下，維持管理情報という）を最新かつ品質の確保された状態で利用できる環境が必要である [1)]．維持管理業務では，維持管理に係わるシステムの長期運用によってデータが蓄積され，これを評価や判定の根拠として利用できることが求められ，既往の調査結果に基づいて構築されたデータベースが必要である．しかし，維持管理システムの長期運用データが蓄積された事例はきわめて少ない．

岩手県では，道路損傷・事故の位置や写真，補修状況などを電子掲示板に掲載する道路維持管理システム（以下，位置コミという）[2)]が運用されている．2004 年度からのシステム運用により，データ（以下，位置コミデータという）が大量に蓄積されているが，現場対処での利用に留まっており，再利用や連携が行われていない．また，位置コミの対象外である施設台帳，交通事故データ，マニュアルや要領類などの維持管理情報は電子データや紙媒体で存在し，事務所内に散在しているため，維持管理担当職員（以下，担当職員という）が情報を共有して利用することが難しい．これらの課題解決のために，著者らは Web GIS を用いて維持管理情報を共有・参照するポータルシステム [3),4)]を提案した．これを担当職員によって評価した結果，実業務で利用するためには，データ分類のより詳細な項目設定，直感的な操作，過年度の損傷や苦情を同時期に知らせる情報提示という課題が残った．

そこで本研究では，これらの課題を解決し，完成度を高めた情報ポータルを開発する．ここでは，道路維持管理に必要な情報に対応するために，道路データモデルに基づくシステムとする．システムを岩手県県南広域振興局土木部北上土木センターで運用し，業務での利用可能性の観点から考察する．なお，提案システムで対象とする維持管理情報は，北上土木センターで 6 年間蓄積された位置コミデータ 4,549 件，交通事故データと要領類である．

2. 道路維持管理業務

2.1 業務内容

道路は計画，調査，設計，施工，維持管理というサイクルで運用されている．このうち維持管理は機関によって様々に定義されているが，その業務内容は「維持」と「管理」に大別される [5)]．道路維持とは，道路の維持修繕および災害防除・復旧を指し，

† 岩手県立大学ソフトウェア情報学部
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University
†† 岩手県県南広域振興局土木部北上土木センター
Kitakami Civil Engineering Center, Iwate Prefecture

ⓒ2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-IS-116 No.1
2011/6/6

状況把握のためのパトロールや施設台帳管理などを含む．一方，道路管理は，許認可や法令事務を行うことを指す．維持管理業務は，一般的に計画的維持管理と対症的維持管理に分類される[6),7)]．計画的維持管理は将来起こりうる事態を予測し，選択された計画に基づき行われる．対症的維持管理は既に生じた問題に迅速に対応するものである．対症的維持管理は，住民による通報あるいはパトロールによる損傷発見，現地調査，対応検討，業者への補修委託，補修，完了報告のプロセスで実施される．本研究では，位置コミと同様に対症的維持管理を対象とする．

2.2 関連研究

岩手県における道路維持管理システムは，岩手県立大学と小田島組の共同研究開発をもとに，2004 年度より「位置コミ」[2)]として県全域の県管理道路を対象に実運用されている．これは，日常の道路維持管理業務においてパトロールや通報によって発見する道路破損の補修や清掃などの案件を対象とする．担当者が携帯電話やデジタルカメラで撮影した画像と状況を Web 上で管理職員と共有し，指示・報告を行う電子掲示板システムである．位置コミの画面例を図 1 に示す．これはグループウェア機能を有しているので，担当者以外の職員が情報を共有することができる．位置コミには，案件タイトル，投稿日，投稿者名，写真，位置情報（地図，緯度・経度）が登録され，各案件について進捗状況（指示，作業開始，途中報告，終了）が報告される．システムは次の流れで利用される．道路パトロール中の作業員が道路や河川における破損個所などを発見した場合，携帯電話やデジタルカメラを使って現場の写真を撮影し，その画像を道路維持管理システムに投稿する．道路管理担当職員は破損箇所の写真と地図で現状を把握し，修理担当者に修復を指示する．指示を受けた担当者が修復作業を行う．損傷発見者，指示者，作業者がリアルタイムで情報を共有することにより，現場の状況確認や位置特定にミスがなくなり作業終了までの業務を円滑に行える．

道路維持管理を支援する研究として，京都道守くんは京都府の道路維持管理を対象に，Web 上で GIS を用いて情報を管理し，位置情報を視覚化している[8)]．また，論理思考プロセスと概念データモデリングに基づく維持管理業務の分析を行っている[9)]．その他，道路舗装の維持管理を対象としたシステム[10)]や RFID と GIS を用いた道路施設管理支援システム[11)], 電子国土 Web システムを用いた図面データ管理システム[12)], 道路台帳と走行画像を用いた点検作業支援システム[13)]がある．これらのシステムでは，道路維持管理の情報を定義して体系化した道路データモデルを考慮して開発されていない．本研究では，長期にわたる道路維持管理における情報を扱うために，道路データモデルを核とする実データを用いた情報ポータルを開発する．

2.3 現状業務の課題

研究フィールドにおける維持管理業務と位置コミデータの分析[3)]より，以下の課題を抽出した．

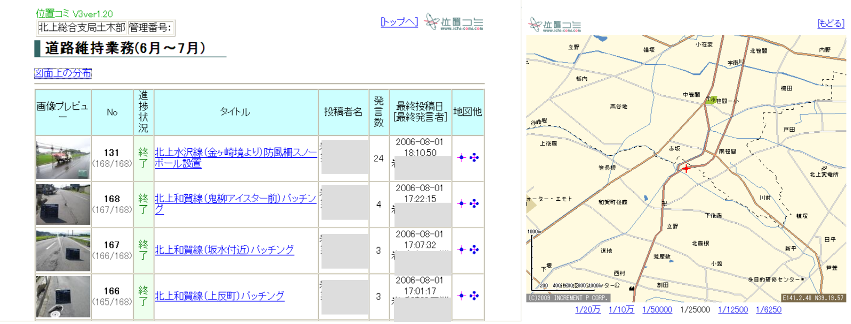

図 1　位置コミの画面例

（1）道路台帳，位置コミデータ，交通事故データ，点検要領などの維持管理情報は電子データや紙媒体で存在し，事務所内の保管庫やサーバ，担当者の PC などに散在しているため，担当職員が情報を共有し，迅速に利用することが難しい．
（2）位置コミでは案件毎に位置図を表示して内容を確認するため，担当職員が俯瞰して地域毎や交差点，路線の特性を掴むことが困難である．
（3）担当職員は定期的に異動し，前任者からの業務知識の引継ぎの機会が乏しい．そのため，担当職員は試行錯誤しながら，業務の流れや要領などを習得し業務を行っており，業務効率が悪い．

また，先行研究において道路管理情報ポータルを提案し，評価した結果[4)]より，以下の課題が残った．
（a）位置コミデータを整理し Web GIS で可視化するために補修，災害処理，事故処理，清掃などの 10 種類に分類したが，実用性を高めるためにより詳細な分類項目を設定する．
（b）パソコン操作に不慣れな技術者でも情報をスムーズに取得できる直感的な操作が必要である．
（c）過年度の損傷や苦情の内容を同時期に知らせる情報提示が必要である．

3. 道路データモデル

3.1 プロダクトデータモデル

製造や建設分野では，構造物の情報を定義しモデル化したものをプロダクトデータモデル（Product Data Model）という．プロダクトデータモデルは，構造物の計画，設計，施工，維持管理において生じる 3 次元形状情報と属性情報を併せ持ち，これらを定義し体系化したものである．社会基盤構造物のライフサイクルで発生する情報は，

©2011 Information Processing Society of Japan

Vol.2011-IS-116 No.1
2011/6/6

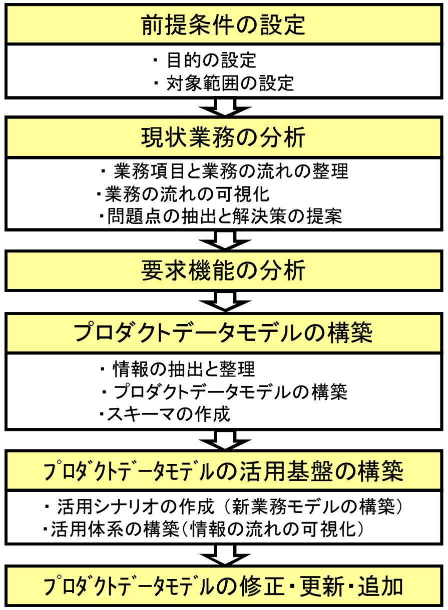

図 2　プロダクトデータモデルの構築手順

多くの利用者やシステムによって利用される情報を抽出して分析することによってプロダクトデータモデルで表現することができる．従来までの社会基盤構造物に係わるシステムでは，システム毎に異なる情報形式が利用されてきたために，関係者間やシステム間で情報を交換・共有することが困難であった．また，現状の情報交換は，それぞれのフェーズでの個別の情報交換が主となっており，計画，調査，設計，施工，維持管理へと続く社会基盤構造物のライフサイクルでの真に利用可能な形態での情報流通については十分に考えられていない．プロダクトデータモデルを活用した業務を行うことは，現行の業務プロセスを変革し，新しい業務を実現とすることである．プロダクトデータモデルの構築にあたっては，複数の業務に共通して利用できる情報を定義し設計する必要がある．著者らは，これまでに社会基盤構造物のデータモデルのあり方を提案し，データモデルを構築してきた[14),15)]．プロダクトデータモデルの構築は，前提条件の設定，現状業務の分析，要求機能の分析，プロダクトデータモデルの構築，プロダクトデータモデルの活用基盤の構築，プロダクトデータモデルの修正・更新・追加という手順で実施される．プロダクトデータモデルの構築手順を図 2 に示す．

- 前提条件の設定：プロダクトデータモデルを構築する目的を設定し，分析すべき事業および組織などの対象範囲と重視すべき箇所を決定する．
- 現状業務の分析：組織，担当者および情報システムの活動・責任の範囲を明らかにし，業務項目を整理する．業務項目を網羅するように業務の流れを整理し，分析手法を用いてその流れを可視化する．そして，対象業務の問題点を抽出し，解決策を提案する．
- 要求機能の分析：対象とする業務に携わる関係者の視点から，業務面における要求機能を抽出する．ここで問題の解決策を設定する．
- プロダクトデータモデルの構築：業務分析の結果から重要度の高い情報を抽出する．分析手法に従って情報を整理し，プロダクトデータモデルとして構築する．
- プロダクトデータモデルの活用基盤の構築：プロダクトデータモデルを対象範囲で活用するために，これを用いた業務の流れを活用シナリオとし，活用シナリオにおいて情報の流れを時系列で定義したものを活用体系として可視化する．
- プロダクトデータモデルの修正・更新・追加：作成したプロダクトデータモデルを業務の変化や情報の追加によって修正，更新する．

社会基盤構造物の運営プロセスでは，設計・施工段階に発生する CAD データ，設計解析結果，数量計算結果，維持管理段階に発生する点検，補修・補強の結果などの膨大な情報が取り扱われる．さらに，環境情報，施設の利用情報，点検や維持補修の情報が多くの事業主体に分散して蓄積，利用されており，これを将来の計画や対策の立案と評価などに利用する必要がある．プロダクトデータモデルを核とする道路維持管理の概念を図 3 に示す．

3.2　道路データモデルの構築

本研究では，道路データモデルを構築し，これを核とする情報ポータルを提案する．本稿では，道路というプロダクトを対象とするため，道路データモデルという．情報ポータルが取り扱う情報には，道路点検や補修の結果だけでなく，設計や施工の情報もある．道路のライフサイクルにわたる情報を対象とする必要性，および地域特性を踏まえた情報ポータルとするために，変化に柔軟に対応できる必要がある．情報を標準化した道路データモデルを構築することにより，道路管理者内および施工業者との間で情報を共有することができる．また，道路管理者と施工業者が道路データモデルによって業務と情報を理解するとともに，位置コミに記述すべき内容を把握して記述のバラツキを抑えることができる．

本研究で提案する道路データモデルでは，幾何形状を含む構造物情報と道路維持管理業務で生成される業務情報を分離して構築する．提案する道路データモデルを図 4 に示す．構造物情報では，対象構造物について設計・施工後の道路管理に必要となる諸元情報と道路維持管理に活用するために蓄積すべき情報を定義する．道路の維持管

©2011 Information Processing Society of Japan

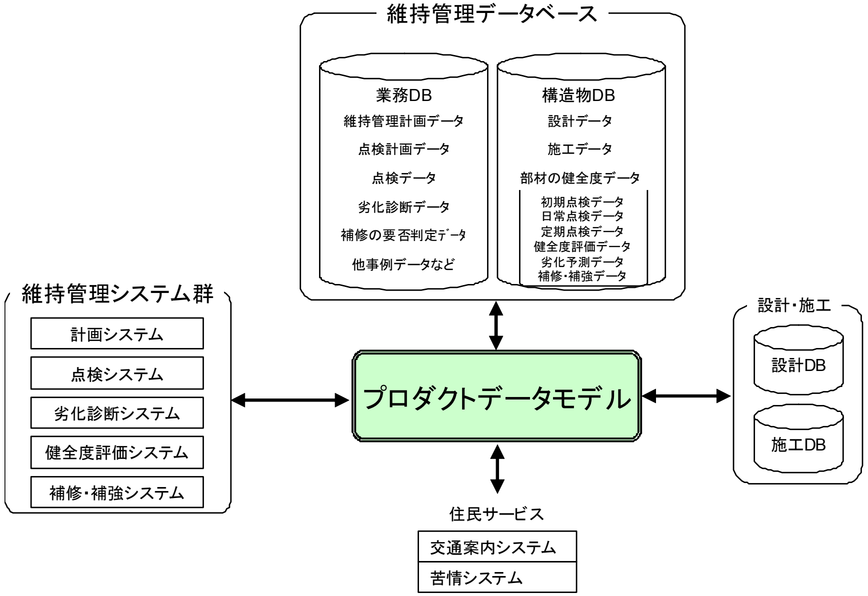

図 3　プロダクトデータモデルを核とする道路維持管理の概念

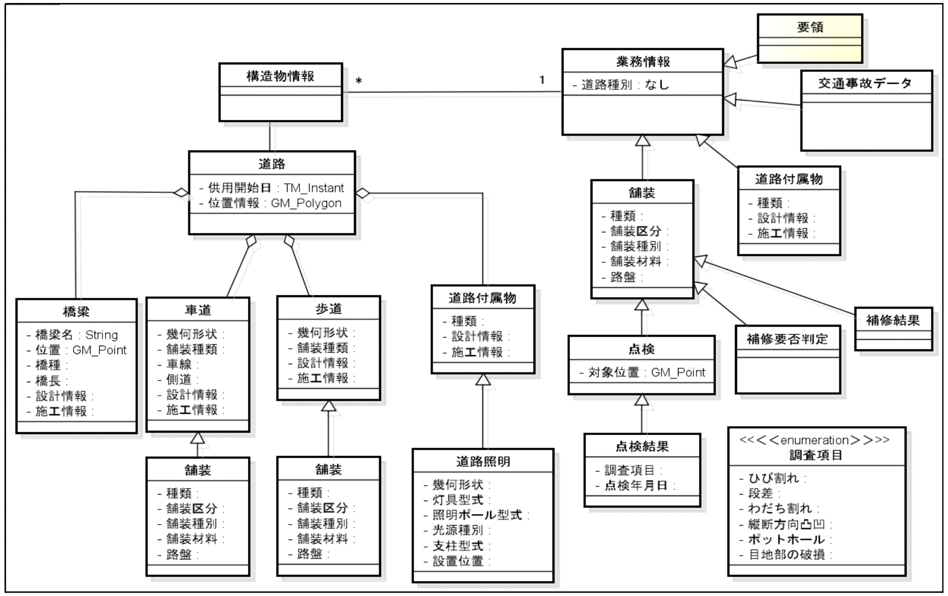

図 4　道路データモデル

理計画立案，点検，劣化診断，補修・補強を行う際には，部材の構造形式や材料の情報などの諸元情報が必要である．設計・施工後に維持管理業務に流通すべき情報に部材に関するすべての情報を保持することができるが，一つのモデルに膨大な情報を付与することはモデルの操作性に支障をきたすことになるため，構造物情報としては設計，施工後の維持管理業務に必要な情報のみを保持する．CAD データや設計解析結果，数量計算結果などの情報については，設計，施工のデータベースに蓄積された情報と設計，施工情報を連携することによって，維持管理業務の関係者が要求する情報を参照できるようにする．構造物情報はシステム開発時に全て整備される必要はなく，将来，設計・施工データが流通することを想定したものであり，可能な項目から段階的に整備する．データモデルでは，GoogleMaps 以外の基盤地図を利用することを想定し，位置情報の表現（GM_ Point または GM_Polygon）を用いて地図情報と道路データモデルを関連付ける．また，維持管理情報は作業の時間と案件が発生した位置を持つ時空間情報であるので，構造物情報と業務情報はそれぞれ時間属性（TM_Instant）を有する．

業務情報では，点検，補修要否判定，補修の概要と結果を保持し，維持管理の各業務で利用すべき入力情報と業務の結果として発生する結果情報から構成される．これは位置コミデータの内容と同様であり，既存データを利用する．また，道路データモデルでは道路管理者が保有する交通事故データや業務要領といった，参照するニーズの高い情報を保持する．

4. システム開発と評価

4.1 システム設計方針

道路情報ポータルの開発にあたり，2.3 節に述べた現状業務の課題に対応して，以下のシステム設計方針を定めた．

(1) **道路データモデルを核とする情報ポータル**

点検・補修の位置コミデータなどの維持管理情報を管理し，設計や施工の情報を将来扱うために，維持管理情報を定義し，体系化した道路データモデルをシステムの核とする．維持管理情報を体系化して利用することで，標識台帳，照明台帳など各種台帳などの情報がシステムに追加，更新されても対応できるようにする．作成された道

ⓒ2011 Information Processing Society of Japan

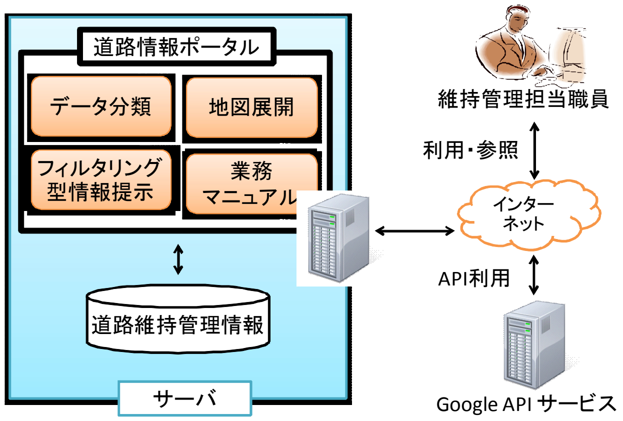

図 5　システム構成

図 6　地図展開機能

路データモデルをもとに，維持管理情報を共有・利用するデータベース設計を行う．

(2)　**Web GIS の利用**

本システムをはじめとする様々なシステムを長期間に渡って活用するためには，担当職員が異動したとしても，システムを使い続けるための仕組みが必要である．そのため，維持管理情報を参照する Web GIS のインタフェースとして，担当職員が日常的に使い慣れている Google Maps を利用し，直感的に操作できるようにする．また，これを過年度の損傷や苦情を同時期に知らせるインタフェースとして利用する．

(3)　**業務支援の仕組み**

担当職員は定期的に異動するが，前任者からの業務知識の引継ぎがあまりなく，後任の担当職員は試行錯誤しながら業務を行っているため，経験の浅い担当職員を支援する必要がある．新任や異動してきた担当職員の業務支援を行うために，業務プロセスと要領などを業務マニュアルとして可視化する．

4.2　システム構成

本システムの構成を図 5 に示す．本研究にて対象とする維持管理情報は，位置コミデータ（2004～2009 年度，4,549 件），交通事故データ（710 件，岩手県警より借用），パトロール実施要領と道路巡回要領である．開発では，道路データモデルとデータベースを並行して構築した．画面表示に HTML，API や動作処理に JavaScript と PHP 5.2.9，データベースは MySQL 5.0.27 を利用した．

4.3　機能開発

本システムは次の 4 機能から構成される．

(1)　**データ分類**

位置コミデータを既存の住民通報システムの 44 項目と予算費目にて自動で分類する．これは先行研究 [4)]の課題 (a)に対応する．住民通報システムの 44 項目は道路維持関係，通行規制，道路管理関係，道路工事関係，道路事業要望，用地補償関係，その他に大分類され，それぞれ細分類される．例えば，大分類：道路維持関係には，パッチング，クラック，路面の汚れ，動物の屍骸駆除などが細分類とされる．

(2)　**地図展開**

年度，月，データ分類結果をもとに位置コミと交通事故のデータを先行研究 [4)]の課題 (b)に対応して Google Maps で一元的に表示する．Google Maps を利用するために，Google Maps API を利用する．マーカーには年度を表示し，最新の年度を強調するデザインとした．情報ウィンドウにはタイトル，時間，大分類項目，細分類項目と画像を表示する．地図展開画面を図 6 に示す．

(3)　**フィルタリング型情報提示**

先行研究 [4)]の課題 (c)に対応し，システムログイン時に，その前後一週間に起きた位置コミデータの過去案件を地図上に表示し，パトロールの注意箇所の参考にする．ここでは，位置コミデータのタイトル内に細分類のキーワードが含まれている場合に検索する．

(4)　**業務マニュアル**

業務マニュアル機能では，業務で利用する要領類や業務プロセスを可視化し，業務

©2011 Information Processing Society of Japan

支援を行う．新任や異動してきた職員が，住民からの通報あるいはパトロールによる案件対応の流れ，パトロール実施要領などを確認する．

4.4 評価

システムは北上土木センターにおいて2010年10月20日から11月30日まで運用され，担当職員3名に利用された．業務での利用可能性を分析するため，職員に対して質問票に基づく半構造化インタビューを実施した．評価結果については文献[16]に示す．本評価では対象者が3名と少なく，同じ事務所で同様の業務を行っている担当職員という狭い範囲であった．「情報システムの有効性評価手法分科会」[17]では，システム評価に統計手法を適用する場合には，狭い範囲で被験者を募らない，一人の被験者を何度も採用しない，被験者の層別化を考慮する，としている．本システムは道路維持管理業務を支援するためのものであり，対象範囲を拡大することは難しいが，岩手県の広域振興局土木部4カ所と土木センター10カ所を評価対象とすること，被験者の業務経験を考慮すること，民間企業の担当者も対象とすることによってより正確な評価を行えると考える．一方で，安定した環境で一定量のデータを取得することは難しいため，質的アプローチとしてGrounded Theory Approach（GTA）を採用し，少数の担当職員に対する半構造化インタビューによって，システムの価値として業務への有効性，業務知識の継承や住民満足度の向上などを見出すことを考えている．

5. 考察

5.1 道路データモデルを核とする情報ポータル

本研究では，道路維持管理業務において道路データモデルを核とする情報ポータルを提案した．道路データモデルは，本研究の対象である点検や補修の情報だけでなく，設計や施工を含めた幅広い情報を対象とする．提案システムでは，既存の点検や補修の情報を対象とするに留まっており，道路のライフサイクル全般の情報を有効活用するまでには至っていない．今後は，道路維持管理を実施するために必要となる住民からの通報データや，道路台帳や照明台帳など施設管理台帳などの情報を道路データモデルとシステムで扱う必要がある．また，道路データモデルを概念レベルのモデルとして改善していくことによって，担当職員の業務知識の継承に利用できると考えられる．

道路データモデルを核とする情報システムにすることによって，他の構造物管理への適用が考えられる．特に道路と密接に関連する地下埋設物の維持管理においては活用できる可能性が高いので，この点を考慮するデータモデルの検討が必要である．

5.2 システムの利用可能性

担当職員へのインタビューにおいて維持管理情報や業務マニュアルの一元化は役に立つという意見があったので，各機能が利用可能なレベルにあるといえる．システムの利用場面として，過去の案件検索や要領類の確認が挙げられ，情報ポータルを参照することで，業務で必要な情報を入手できる環境が役に立つと考える．ただし，本システムが業務で日常的に利用されるためには，維持管理業務での利用頻度の高い情報である住民通報システムのデータや道路台帳，施設管理台帳を対象とすることが望ましい．次年度の位置コミデータや新たに施設台帳などの情報が追加，更新されることを想定し，情報を簡単に登録できる機能が必要である．

道路維持管理における対症的維持は，道路利用者による通報を受けて実施されることが多いことから，道路管理者と道路利用者の数少ない接点の一つである[6),7)]．道路の損傷発見までの所要時間短縮，通報までの待ち時間短縮，補修完了までの待ち時間短縮を改善目標として設定し，システムを活用することが想定される．既存の位置コミは対症的維持管理を対象としており，これらの改善目標に効果を発揮している．道路情報ポータルは過去の案件を検索し，その対策を参照することにより，補修完了までの待ち時間短縮に活用できると考える．この定量的な評価測定が課題である．

一方，道路維持管理における大量の蓄積データは，計画的維持にあたるアセットマネジメントの実現に必須である．ここでいうアセットマネジメントは，構造物を資産と捉え，その建設・点検・維持管理・更新を含めた費用や便益を総合的に評価する方法論である[18)]．社会基盤構造物のアセットマネジメントは，点検・対策，構造物（資産）マネジメント，資産会計マネジメントにより構成される．ここでは，構造物の性能水準に対する現在の状態の把握が必要であり，点検や劣化予測の情報が重視される．提案した情報ポータルはアセットマネジメントの実現に十分な情報を有していない課題があるが，これを核として必要十分な情報を蓄積し活用できる環境を構築していく一助になると考える．

さらに，道路情報ポータルは道路の諸元データ，点検データなどを一元的に管理することを想定しているため，地震や洪水など災害時に利用される可能性がある．この検討にあたって，土木技術者へのヒアリングを行い参考にした．地震災害を時間軸でみると，災害発生前の準備期，発災後の応急対応期，その後の復旧・復興期に区分される．震災後に道路維持管理を考察した文献[19)]では，管理図に道路諸元，点検，損傷履歴を加えた一元管理が必要とされ，準備期に道路情報を蓄積するために情報ポータルが有効であると考えられる．応急対応期には停電によりコンピュータ機器やインターネット，携帯電話が使用できないこと，および損傷した道路を迅速に修復することが優先され，ホワイトボードによって情報共有されることから，システムを利用することは少ない．この場合，ホワイトボードの記録を写真などで情報ポータルに残し，復興期に参照する利用が考えられる．復旧・復興期には，設計・施工情報，日常的に蓄積した維持管理情報や震災で修復した状況を情報ポータルによって確認することができると考えられる．位置コミを用いて住民参加型により道路の損傷箇所を通報する「e みちつくり隊」[20)]の活動においては，復旧期に東日本大震災に関する情報が蓄積

ⓒ2011 Information Processing Society of Japan

された．以上より，道路情報ポータルは，災害の準備期における情報蓄積と復旧・復興期における情報利用の場面で役立つ可能性があると考える．ただし，東日本大震災のような大規模災害では，応急対応期と復旧期が長期にわたり道路寸断や橋梁破壊などの大規模な補修，再構築が膨大に発生する．位置コミは舗装やガードレールの損傷，動物の死骸処理など路面に係わる小規模な案件を対象とするため，復旧期であっても位置コミとその情報を蓄積する情報ポータルは利用されないことが想定される．これらの点を踏まえて，道路情報ポータルの利用可能性と課題を分析することが必要である．

6. おわりに

本研究では，散在する維持管理情報を共有し，利用するために Web GIS を用いた情報ポータルを開発した．ここでは，道路データモデルを核とする情報ポータルとし，構造物情報と業務情報によって構成され，空間属性と時間属性を有する道路データモデルを提案した．そして，北上土木センターでシステムを運用し評価を行った．今後は，情報ポータルとして実用するために住民通報データと各種台帳データなどの情報を充実するとともに，質的アプローチによるシステムの有効性評価を行う．

参考文献

1) 土木学会メインテナンス工学連合小委員会：社会基盤メインテナンス工学，東京大学出版会 (2004).
2) 阿部昭博，小田島直樹，佐々木辰徳：位置情報を用いて地域コミュニティ活動を支援するグループウェアの開発と運用評価，情報処理学会論文誌，Vol.45，No.1，pp.155-163 (2004).
3) 窪田諭，小澤田貴泰，加藤誠，小田島直樹，阿部昭博：道路維持管理システムの長期運用によるデータの整理と分析，情報処理学会研究報告，IS-107，pp.71-76 (2009).
4) 窪田諭，菅原貴衡，小澤田貴泰，阿部昭博：WebGIS を用いた道路維持管理のための情報ポータルの検討，地理情報システム学会講演論文集，Vol.19，4C-2 (2010).
5) 大堀勝正，森岡弘道，森地茂：道路維持体制の人員配分手法と適用事例，土木学会論文集 F，Vol.64，No.4，pp.381-393 (2008).
6) 吉田武：道路維持管理における対症的措置のパフォーマンス指標としてのレスポンスタイム，土木学会論文集 F，Vol.64，No.1，pp.110-114 (2008).
7) 吉田武：道路構造物維持管理における対症的維持の意義と改善，土木学会論文集 F，Vol.66，No.1，pp.208-213 (2010).
8) 井上明，金田重郎：実システム開発を通じた社会連携型 PBL の提案と評価，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.2，pp.930-943 (2008).
9) 吉澤憲治，金田重郎，芳賀博英，井上明：論理思考プロセス（TOC）と概念データモデリング（CDM）に基づく業務分析手法の提案，情報処理学会論文誌，Vol.50，No.2，pp.659-674 (2009).
10) 草野成一，山崎元也，堀隆一，保田敬一：保全情報精緻化を目指した舗装支援システムの提案，情報システム学会誌，Vol.4，No.2，pp.70-81 (2008).
11) 深田秀実，米田信之，阿部昭博：RFID と GIS による道路施設管理支援システムの実証実験と評価，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.6，pp.1844-1858 (2008).
12) 有川正俊，鍛冶秀紀，光安皓，清水知子，秋山實：公共事業における図面位置表示・管理 Web サービスの提案と実装，地理情報システム学会講演論文集，Vol.18，pp.193-198 (2009).
13) 吉武俊章，長岡克典，宮本文穂：道路維持管理における走行映像と道路台帳を利用した協同点検作業環境の開発，土木学会論文集 F，Vol.66，No.1，pp.214-219 (2010).
14) 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).
15) Kubota, S. and Mikami, I., Information and Process Models for the maintenance of Concrete Highway Bridges, *Proceedings of the Fifth International Conference on Engineering Computational Technology*, Civil-Comp Press, ECT.83 (2006).
16) 菅原貴衡，窪田諭，橋本忠義，市川尚，阿部昭博：WebGIS を用いた道路維持管理における情報ポータルの開発と運用，情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集，4ZF-7 (2011).
17) 児玉公信，新目真紀：情報システムの有効性評価と統計手法の適用における問題について，情報処理学会研究報告，Vol.2011-IS-115，No.15，pp.1-7 (2011).
18) 宮川豊章，保田敬一，岩城一郎，横田弘，服部篤史：土木技術者のためのアセットマネジメントーコンクリート構造物を中心としてー，土木学会論文集 F，Vol.64，No.1，pp.24-43 (2008).
19) 島尻清昭，林山俊矢：能登半島地震から知る道路維持管理への考察と提案，平成 19 年度国土交通省北陸地方整備局管内事業研究会，http://www.hrr.mlit.go.jp/library/kenkyukai/h19/kenkyuu_g.html（参照 2011.5.2.）.
20) e みちつくり隊：http://ichi-comi.cocolog-nifty.com/emichi2010/cat21894441/index.html（参照 2011.5.2.）.

ⓒ2011 Information Processing Society of Japan