

(25) 道路維持管理における 2次元地図と3次元プリンタモデルの活用

窪田 諭¹・廣田 嘉一²・星加 匡敦²・南 賢樹²

¹正会員 関西大学准教授 環境都市工学部 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

E-mail: skubota@kansai-u.ac.jp

²関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号)

道路維持管理においては、事務所で計画を議論する場と点検現場にて意思共有が困難になることがある。そこで、本研究では、道路管理技術者と点検者の意思共有および道路点検結果の蓄積を図るために、技術者が使い慣れた従来の紙地図と3次元プリンタによって出力する3次元プリンタモデルとを議論の場で活用し、タブレット端末で撮影した写真とRFIDによって現場と情報共有するシステムを開発した。システム評価実験により、紙地図と3次元プリンタモデルを点検に関する議論で活用することの妥当性と有用性が示唆された。

Key Words: road structure, maintenance, three-dimensional printer, RFID, information system

1. はじめに

道路構造物を適切に維持管理するためには、基礎資料となる日常点検の記録、補修データの収集や蓄積が必要不可欠であり、それらを最大限活用することが重要である。さらに、点検結果の信頼性向上のために、経験の浅い技術者と熟練技術者との経験値の差を埋め、情報を共有できる仕組みが求められる。

道路維持管理においては、道路管理技術者が事前に点検計画を策定し、重点的に点検を行う箇所などを議論する。議論した内容は点検計画に反映されるが、反映されるのは点検作業の進捗や点検手順に関する情報であり、各技術者の意思決定に至る詳細な考えは反映されない。また、点検台帳の電子化は進んでいるが、地方の道路ではその更新が追いついていない場合¹⁾があり、未だに紙媒体の台帳が使用されることも多い。

道路点検において紙媒体の資料では、道路管理技術者と点検者の意思共有が困難になることがある。その問題点として、議論時に計画した道路の状況と実際の点検現場の状況に相違があること、点検に関する議論を行う技術者と点検を行う技術者が異なる場合があること、および同じ点検箇所でも現在の点検技術者と次の点検技術者が異なることが挙げられる。これらは、専門的な知識を用いる点検作業において、道路管理技術者と点検者の意思の隔たりとなり、点検業務の効率の低下に繋がると考

えられる。この問題の解決に繋がる研究²⁾があるが、道路管理技術者の詳細な考えの反映はできない。また、これらはWeb掲示板やWebシステムであり、操作性にも課題がある。

そこで、本研究では、道路管理技術者と点検者の意思共有の実現、点検結果の蓄積と維持管理業務の効率化を目指し、従来の2次元紙地図と3次元プリンタによって出力する3次元モデル（以下、3次元プリンタモデルという）を併用し、道路管理技術者の意見を点検時に閲覧できるシステムを開発して実務現場で評価する。紙地図を併用するのは、使い慣れた既存の媒体を用いることにより、作業を円滑に進めることが期待できると考えたためである。研究フィールドは、長野県北佐久郡軽井沢町の白糸ハイランドウェイ³⁾である。

2. システム設計

(1) システム概念

本研究では、道路管理技術者と点検者の意思共有の向上を図り、点検業務の効率化を目的とするシステムを開発する。システム概念を図-1に示す。本システムでは、道路維持管理における点検計画立案、日常点検や補修などの主要作業のうち、道路点検に関する議論と点検現場の二つの利用シーンを対象とし、道路点検に関する議論

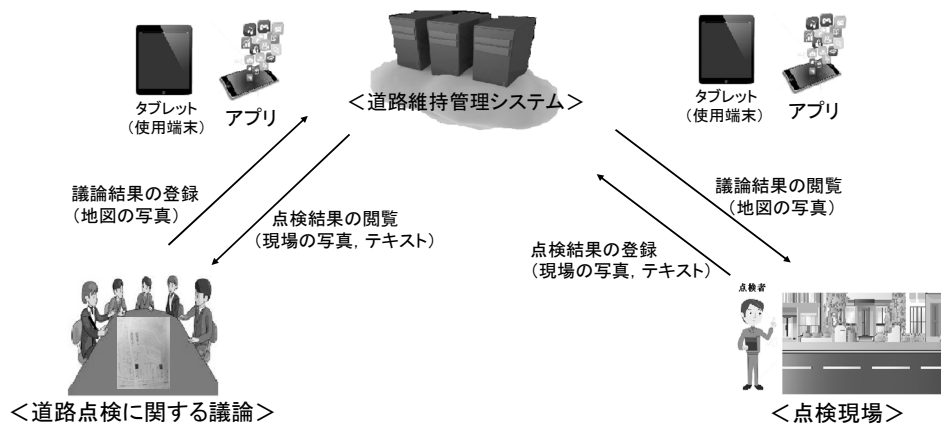


図-1 システム概念

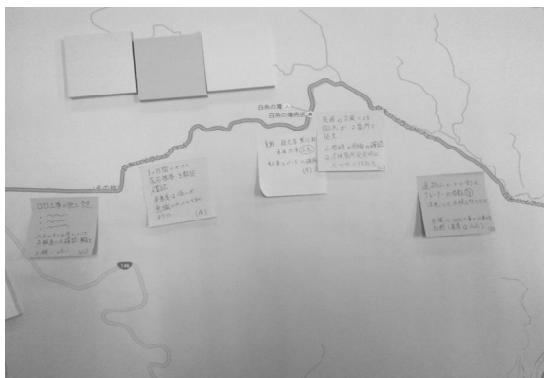


図-2 議論時の紙地図の例

では、2次元紙地図と3次元プリンタモデルを活用する。議論の場と点検現場で必要な情報を迅速に閲覧する方法として、システムに地図を表示し、議論の場で議論した点検位置に配置されたマーカーを基に、過去の点検データや議論後に入力されたデータを閲覧できる機能を実装する。また、点検後に現場で点検結果を入力する。入力データは、点検結果を記したテキストファイルと点検結果を撮影した写真とする。

(2) 道路点検の議論におけるシステム利用

道路点検にあたっては、道路管理技術者が点検計画を策定する際に重点的に点検する箇所などを議論する。本システムを用いる議論時には、A0またはA1サイズの点検対象道路周辺の2次元紙地図、数種類の付箋、点検現場を印刷した3次元プリンタモデル、RFIDタグとスマートデバイスを用いる。道路管理技術者が地図を囲み、ワークショップ形式で議論する。その際に、道路管理技術者が自らの経験を踏まえて、点検時に注意すべき点や見落としがちな点などを付箋に書き込み、2次元紙地図上の該当箇所に貼り付ける。付箋には、ポットホールやひび割れなどの道路の破損に関する内容、倒木や集中豪雨などの自然災害に関する内容などの複数の項目を割り

当て、技術者が意見の内容を理解しやすくする。3次元プリンタモデルには、RFIDタグを貼り付け、現場の状況をより正確に理解することを目指す。議論時の紙地図の例を図-2に示す。図-2では、A1サイズの地図と3色の付箋を用いた。議論終了時に、地図に貼った付箋を一枚ずつスマートデバイスで撮影し、電子地図の対象の箇所に登録する。

(3) 点検現場におけるシステム利用

本システムは、現場で点検する際にも用いられる。スマートデバイスでシステムの地図画面より、点検箇所のマーカーを基に議論データを閲覧する。そこでは、議論の場で入力された付箋の写真を閲覧し、点検の参考とする。点検者は、点検後に結果をシステムに入力し、次の議論時に点検データをフィードバックする。

(4) RFIDの利用

本研究では、道路構造物を出力した3次元プリンタモデル上の点検箇所にRFIDタグを貼り付けて使用する。技術者は3次元プリンタモデルを囲み、携帯端末を用いてRFIDを基に過去の点検情報を出力しながら議論を進めることにより、技術者間の意思統一や点検業務の理解度の向上を図る。RFIDは、バーコードやQRコードではできない情報の追加・書き換えが可能である。通信距離は約1mあり、複数のICタグを一度に読込可能であり、効率的に点検記録を収集できるため使用した。使用するRFIDリーダーとRFIDタグを図-3に示す。RFIDリーダーはCTIA規格のイヤホンジャックを介して動作するPHYCHIPS社のARETE POPを用い、付属のSDKを活用してシステムへ組み込んだ。RFIDタグにはSMARTRAC社のDogBone M4D Wetを用いた。

(5) システム機能

登録機能として、事務所内では、議論後に撮影した紙



図-3 RFID タグとリーダー

地図の写真を議論データとして登録する機能、3次元プリンタモデル上の点検箇所 RFID タグを貼り付け、Android アプリケーションを用いて RFID タグにタグ番号を読み書きする RFID 機能がある。点検現場では、現場で点検後にシステムの入力欄に点検結果をテキストで登録する機能、および道路管理技術者が点検結果として必要と考え撮影した現場の写真を登録する機能がある。登録する際は、電子地図上の点検箇所にマーカを設け登録する。

閲覧機能として、事務所で蓄積された点検データを閲覧する機能、点検現場で GNSS をもとに地図上の現場とリンクする箇所のマーカを特定し、議論データを閲覧する機能、点検箇所のファイル毎の過去の点検情報の閲覧機能がある。検索機能として、任意の議論データまたは点検データを入力された日付で検索する機能がある。

3. システム開発

(1) 3次元プリンタモデルの構築

本研究では、点検対象の構造物を3次元プリンタで出力する。平面図では高低差など、2次元紙地図では表現できない部分があり、注記などで表現しなければならないが、3次元プリンタを用いて3次元で構造物を表現する。本研究で使用する3次元プリンタは、ムトーエンジニアリング製の MF-2000 である。これは熱溶融積層（FDM）方式により、樹脂を一層ずつ積層し造形する方法である。3次元プリンタモデルには、RFID タグを貼り付けて使用した（図-4）。

(2) システムの開発環境

システムは、統合開発環境 eclipse 上で Java 言語を使用し、Android アプリケーションとして開発した。地図部では、Google Maps API v2 を使用して開発した。サーバには、VMware 社の VMware Workstation 12 Player を用いて



図-4 RFID を貼付した3次元プリンタモデル



図-5 システム画面

仮想マシンを用意し、OS には Microsoft 社の Windows Server 2012 R2 を使用した。サーバアプリケーションとして XAMPP を使用して、PHP 言語にて開発し、Apache にてネットワークに公開した。さらに、不正アクセスによりファイルを閲覧、登録できないように Basic 認証を導入した。CTIA 規格のイヤホンジャックを搭載する Android タブレット端末としては、ASUS 社の Nexus 7 (2013) を使用した。システム画面を図-5 に示す。

4. 評価実験

(1) 実験概要

本システムの操作性と有用性を評価するために、2016 年 1 月 19 日に白糸ハイランドウェイにおいて、道路管理者 2 名、道路管理の専門家 1 名が参加する評価実験を行った。事務所内での道路点検の議論では、事前に準備した地図を卓上に広げ、また、点検現場を想定した3次元プリンタモデル上の点検箇所に RFID を貼り付けて議論した。評価者は、タブレット端末（Nexus 7）で議論後の写真をシステムに登録（図-6）するとともに、RFID タグの読み書きと点検記録の登録、過去の点検記録を閲



図-6 道路点検の議論における実験



図-7 点検現場における実験

覧した。次に、点検現場においてシステムを試用した。点検現場における実験の様子を図-7に示す。

(2) 実験結果

実験終了後に、評価インタビューを行った。操作性に関して、アプリ形式で単純な操作が多く、紙地図で議論された場所が電子地図とリンクして使いやすいという意見があった。一方で、ファイル保存が日本語で行えないためファイル整理が難しく、さらに音声入力を行えることが望ましいとの指摘があった。

有用性に関しては、屋内で点検前に議論することが、日常点検で見落としがちな点や他の道路管理技術者が注意している点検事項を現場で確認する契機となり、他の道路管理技術者の考えを知ることができるという意見があった。2次元紙地図上に個々の技術者が持つ知識が書き込まれた付箋をプロットすることにより、知識の共有に期待できて役に立つという意見もあり、従来の紙地図をシステムに活用することの妥当性が示唆された。道路管理者の現場でのコミュニケーションに関する取り組みが推進されており、ワークショップ形式で紙地図と付箋で議論して本システムを活用する方針は、コミュニケーション促進に繋がるというコメントもあった。また、3次元プリンタとRFIDタグを用いることにより、点検現場を視覚的に確認することができ、3次元プリンタモデル上のRFIDタグの場所で点検箇所を把握し、点検情報

を管理することができた。3次元プリンタモデルを用いることにより技術者の関心や興味を惹きやすく、技術者の点検業務の理解度の向上に繋がり、説明が容易になるという意見もあった。

課題として、現場の点検情報を紙地図と3次元プリンタモデルにフィードバックする機能を追加する必要がある。また、点検技術者が、点検結果の中でも、特に次回の議論の際に取り上げるべきと考える点について、議論に参照するように促す表示を当該マークに行い、次回の点検時に閲覧される機能が望まれる。また、3次元プリンタモデルは特定の場所のみを作成したが、エリア全体のモデルを作成すると点検箇所がよりわかりやすく、理解度も向上する。本システムの利用シーンとして、災害時の地形の変化の確認や住民説明会などの合意形成のワークショップが考えられる。その場面に応じた精度の3次元プリンタモデルを作成することが課題である。

5. おわりに

本研究では、道路管理者と点検者の意思共有を目的として、2次元紙地図と3次元プリンタモデルを併用し、道路管理者の意見を点検時に閲覧できるシステムを開発した。システムの操作性と有用性を実務者によって評価し、設計方針の妥当性が示唆された。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、株式会社白糸ハイランドウェイの鈴木泉氏、幸野茂氏、藤原正浩氏、渡邊大介氏、株式会社アイ・エス・エスの丸山明氏と中島権一氏にご協力およびご助言をいただいた。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省社会資本整備審議会・交通政策審議会：今後の社会資本の維持管理・更新のあり方についての答申，2013.
- 2) 国土交通省社会資本メンテナンス戦略委員会：社会資本のメンテナンスの情報に関わる3つのセッションとその推進方策，2014.
- 3) 阿部昭博，佐々木辰徳，小田島直樹：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, pp. 155-163, 2004.
- 4) 山根智，吉村崇，宮本文穂：山口県道路施設維持管理のためのリアルタイム観測・予測システム構築の実証，土木学会論文集F3（土木情報学），Vol. 67, No. 2, pp. II_1-II_15, 2011.
- 5) 渡邊大介：白糸ハイランドウェイにおける道路維持管理について，アスファルト合材，日本アスファルト合材協会，Vol. 112, pp. 46-51, 2014.