

RFID を用いた道路維持管理支援システムの実証実験

加藤 誠^{*1} 小田島 直樹^{*1} 米田 信之^{*2} 阿部 昭博^{*2}

^{*1}(株)小田島組 IT 事業部

^{*2}岩手県立大学ソフトウェア情報学部

高度成長期に整備された道路は一斉に老朽化の時期を迎え、さらには行政圏再編による管理エリアの広域化によって、道路維持管理業務の効率化と質向上に対する地域の関心は高まっている。本研究では、道路設備に RFID (Radio Frequency Identification) を付与し、道路維持管理に必要な道路台帳・点検履歴を現場や事務所で共有できる道路維持管理支援システムの実現方法とその効果を検証するための基礎的な実証実験を行う。

Field Experiment of the RFID-based Road Maintenance and Administration Support System

Makoto Kato^{*1} Naoki Odashima^{*1} Nobuyuki Maita^{*2} Akihiro Abe^{*2}

^{*1} IT Division, Odashima-Gumi Co., Ltd.

^{*2} Faculty of Software & Information Science, Iwate Prefectural University

The roads constructed during the years of steep economic growth are aging all at the same time, as a result, local communities are showing growing interest in the improvement of the efficiency and quality of road maintenance and administration. This paper first describes the basic testing attaching RFIDs (Radio Frequency Identification) to road facilities and then discusses the implementation methodology and effect of the road maintenance and administration support system through the field experiment.

1. はじめに

高度成長期に整備された道路は一斉に老朽化の時期を迎え、さらには行政圏再編による管理エリアの広域化によって、道路維持管理業務の効率化と質向上に対する地域の関心は高まっている。くわえて寒冷地である岩手県は、積雪・凍結という定常的な課題も抱えている。

筆者らは、2002年にGPS携帯電話を活用した

グループウェア GLI-BBS の開発に着手以来、道路維持管理における発注者である行政と委託事業者間の情報伝達・共有の効率化と質向上について実証的な取り組みを行ってきた[1][2][3]。これらの取り組みを発展させ、道路の様々な管理対象物の正確な工事履歴や仕様を道路台帳データベース(DB)で管理し、現場から携帯電話を使って簡単に検索・更新できれば、道路維持管

理業務の更なる改善が可能となる。

本研究では、道路設備に RFID (Radio Frequency IDentification) を付与し、道路維持管理に必要な道路台帳・点検履歴を現場や事務所で共有できる道路維持管理支援システムの実現方法とその効果を検証するための基礎的な実証実験を行う。RFID と各種 DB の連携においては、岩手県立大学が開発中の ITAG (Integration server of e-Tag Application and GIS) と呼ばれる連携サーバを用いる [4] [5]。RFID 読み取りのための端末としては、KDDI 製の RFID リーダ付携帯電話試作機 (以下、RFID 携帯電話) [6] を用いる。

ユビキタス社会実現のための中核技術として、RFID の社会応用は様々な分野で試みられているが、公共物管理での報告例は少ない。発電所ダムといった特殊な施設内での点検業務での実用例 [7] など一部を除き、自然環境下での公共物管理では、屋外作業で手軽に RFID を読み取り、遠隔地のサーバに無線接続できるような情報環境を実現できなかったため、いずれも基礎実験レベルに留まっていた。しかし、前述の RFID 携帯電話の開発により、屋外・広域での公共物管理に RFID を用いた実用システムを検討可能な時期にきていると言える。

以下、本論文では、まず第 2 章で、道路維持管理の現状について述べる。次に第 3 章で、RFID を用いた道路維持管理支援システムの在り方を検証するための実証実験について説明する。第 4 章で、実験結果とその考察を行う。

2. 道路維持管理

2.1 現状の問題点

道路維持管理とは、本来持っている道路および付帯施設の機能が経年劣化や交通事故などにより欠如した状況を復旧する業務を指す。厳密には、「維持」は除雪・清掃・散水など道路構造をそのままの状態でも保持すること、「修繕」は工事を伴う復旧と定義されているが、ここではそれらの双方を区別せず「維持」とする。道

路面のほか付帯する設備は以下のものがある [8]。

- ・ 構造物 (橋梁, トンネル, 融雪装置など)
- ・ 公安施設 (標識, 街路灯など)
- ・ 一般施設 (路肩, 街路樹, のり面)

実際の現場作業は、道路を管理する行政 (発注者) が企業 (請負者) に委託することが多いが両者の情報共有が十分ではなく、従来は道路パトロールによって破損箇所を発見して修繕するまで最低 3 日程度を要していた (図 1)。

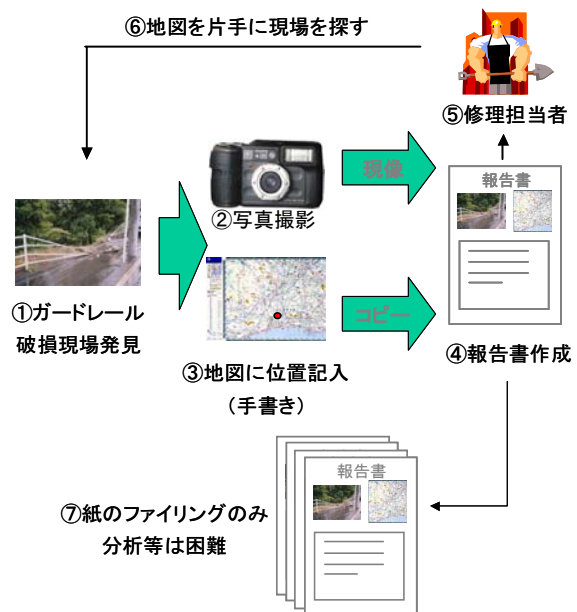


図 1 道路パトロールから修理への流れ

我々は、上記の問題点に対して、GPS 携帯電話を使って破損箇所の場所と状況を写真・地図・テキストで表現し共有するグループウェア GLI-BBS の研究開発を 2002 年に着手し、行政・委託業者間の情報伝達・共有を 1 日に短縮することに成功した。現在は小田島組社内での実用化を経て、機能強化を図った ASP 型システム「位置コミ」[9]として岩手県内主要道の道路維持を支えるに至っている。

上記の取り組みによって、道路パトロールで発見した破損箇所の報告については大幅な改善がなされたが、以下のような問題点が依然残っており、これらを解決することにより一層の業務効率化と質向上が期待できる。

問題点1：道路設備の仕様や施工履歴、場所に関する情報が一元的に電子化されておらず、現場での把握が困難であるばかりか、事務所内での調査にも時間がかかる

問題点2：道路設備の点検履歴が残っていないため、経年変化に伴う破損などを考慮した管理計画を立てることができない

2.2 RFIDによる管理ニーズ

上記の問題点を解決するアプローチとして、道路設備に RFID を付与し、道路台帳や点検履歴、現場地図と連携して検索・更新できることが有効であると思われる。前述の委託企業側の視点にくわえて、更に行政へのヒアリングを通して、RFIDによる管理ニーズの高い道路設備を明確にする。なお、水道・ガス・電気などの道路埋設物の情報は、道路工事で必要となるが、各事業者が管理しており、国土交通省が試験的に神戸に設置した測量用の次世代三角点（インテリジェント基準点）で RFID に位置情報の他、周辺の埋設物情報を付加する構想[10]もあることから、今回の検討から除外した。

ヒアリングの結果、RFIDによる管理ニーズの高いものは2つに大別できることが分かった。

- ・高額でかつ定期的な点検・修繕が必要となる重要構造物（橋梁、融雪装置など）
- ・数が多く修繕も頻繁に行われる公安施設（標識、街路灯など）

3. 実証実験

RFIDを使った道路維持管理支援システムの可能性を検証するために、基礎的な実証実験を二段階に分けて実施する。

3.1 RFID 基礎実験

道路設備の管理に RFID を用いる際に必要となる機器の基本的な機能・性能要件を明らかにするために基礎実験を行った。

(1) RFID リーダ選定

RFID 携帯電話[6]が本研究の呼び水となった。道路維持管理の現場では、携帯電話は必須であ

り、GPS、RFID 機能が一体となって利用できることが現場作業員にとっての理想形といえる。対象物を特定して ID を読み出す利用形態となることから、パッシブ型試作機を選択した（図2、表1）。端末側でのリーダー制御は、Java で記述するため扱いやすい。



図2 パッシブ型 RFID 携帯電話試作機の概観

対応電子タグ仕様	ミューチップ™
電子タグ周波数	2.45GHz
電子タグ ID ビット長	128bit（読取専用）
電子タグ読み取り距離 （周囲条件により異なる）	最大 約5cm
電子タグ読み取りの動作回数・ 時間（動作条件により異なる）	約3,000回 （読み取り回数）
タグリーダ部外形寸法（概略）	38mm×100mm×15mm

表1 パッシブ型 RFID 携帯電話試作機の仕様

(2) RFID の貼付方法

道路維持管理に RFID を用いる場合、屋外の設備に長期に渡って貼り付けるため、耐久性・耐寒性への要件は高い。金属・コンクリート・木材製の設備への貼り付けや、災害時のサーバアクセスが困難な状況下に備えて最小限の基礎データを RFID にローカル蓄積しておきたいという要望もある。上記を考慮しながら、用途に合った RFID を選定することとなるが、パッシブ型試作機で現在サポートしているのは日立製ミューチップだけであり、貼り付け方法で対処することとした。

金属の貼り付けについては、条件を変えながら実験を繰り返し、最終的には対象物と RFID の間に絶縁ゴム（厚さ 5mm, 10cm×1cm サイズ）を挟むことによって、読み取り距離 5cm 前後での安定した読み取りができることを確認した（図 3）。耐水性・耐寒性については、ラミネート加工されたミューチップを選択しておき、後述のフィールド実験での長期間の貼り付けによる状態変化を観察することとした。



図3 ミューチップと絶縁ゴム

(3) GPS 機器選定

RFID を貼り付けた道路設備を地図 DB に関連づけて管理するためには、GPS で位置情報を取得し、RFID に紐付けしておかなければならない。精度レベルの異なる GPS 機器として、VRS (Virtual Reference Station) 測位で誤差数センチを実現する高精度 GPS のほか、GPS デジカメ、ハンディ GPS、GPS 携帯電話の計 4 種類で性能比較を行った。GPS 携帯電話は測位のたびに数 10 メートル単位の誤差が発生するため測地には向かない。GPS デジカメと高精度 GPS では、精度に数メートルの差がある。

今回の実験では、以下の理由から GPS デジカメを選択することとした。本来、道路台帳を GIS で管理する場合の地図は縮尺 1/500 程度が望ましいとされており、RFID で管理する設備の位置情報もそれに対応して高精度 GPS で取得するべきである。しかし、フィールド実験では、

RFID を貼り付ける道路設備はサンプル抽出したものだけであり近接しておらず、地図も縮尺 1/25000 程度で十分である。また、高精度 GPS は可搬性とバッテリー時間の問題もありデータ収集作業の効率が極めて悪い。

3.2 フィールド実験

RFID 基礎実験の結果を踏まえて、2005 年 11 月から 2006 年 3 月までの予定で小規模なフィールド実験を行っている。これは、冬期の道路維持管理における RFID の実用性と、支援システムに求められる機能・運用方法の検証を主たる目的とする。

実験フィールドは、北上市内国道 107 号線 6 キロ区間に点在する岩手県北上地方振興局管轄の道路設備から、2.2 節で管理ニーズがあると判断された 30 点をサンプル抽出した。

- 構造物（橋 2, 陸橋 2, 歩道橋 1, 融雪装置 2, 配電盤 1）
- 公安施設（標識 9, ガードレール 3, 街路灯 6, デリネータ 1）
- 一般施設（街路樹 1, 砂箱 2）

これら設備に RFID を貼りつけ、工事台帳 DB と紐付ける作業を以下の手順で実施した。

- 1) 事前の現場調査によって、対象とする設備の選定
- 2) 設備に関する台帳データの収集
- 3) GPS による位置情報の測定
- 4) 設備に RFID 貼りつけ（図 4～6）
- 5) RFID 携帯電話の台帳管理機能で、2) と 3) の情報を登録

フィールド実験用のシステム環境を図 7 に示す。道路台帳 DB は、試験的に PostgreSQL に格納した。点検履歴 DB は、筆者らが開発し機能拡張のしやすい GLI-BBS の掲示板に蓄積することとした。地図 DB は ASP サービスを活用した。RFID 携帯電話から前記 DB への接続は岩手県立大学が PHP と PostgreSQL で試作した RFID/GIS 連携サーバ ITAG[5]を介して行う。利用者から見た基本的な利用手順を示す。



図4 融雪装置への貼り付け



図6 砂箱への貼りつけ



図5 標識への貼り付け

Step1: 携帯電話側のRFIDリーダを起動する
 Step2: 道路設備のRFIDにリーダを近づけ読み取る

Step3: 初回のITAGサーバアクセス時のみ認証処理を行う。

Step4: ITAGサーバに接続し、読み取ったタグIDを渡す

Step5: 図8のメニュー画面が表れ、データベースへの検索・登録が可能となる。

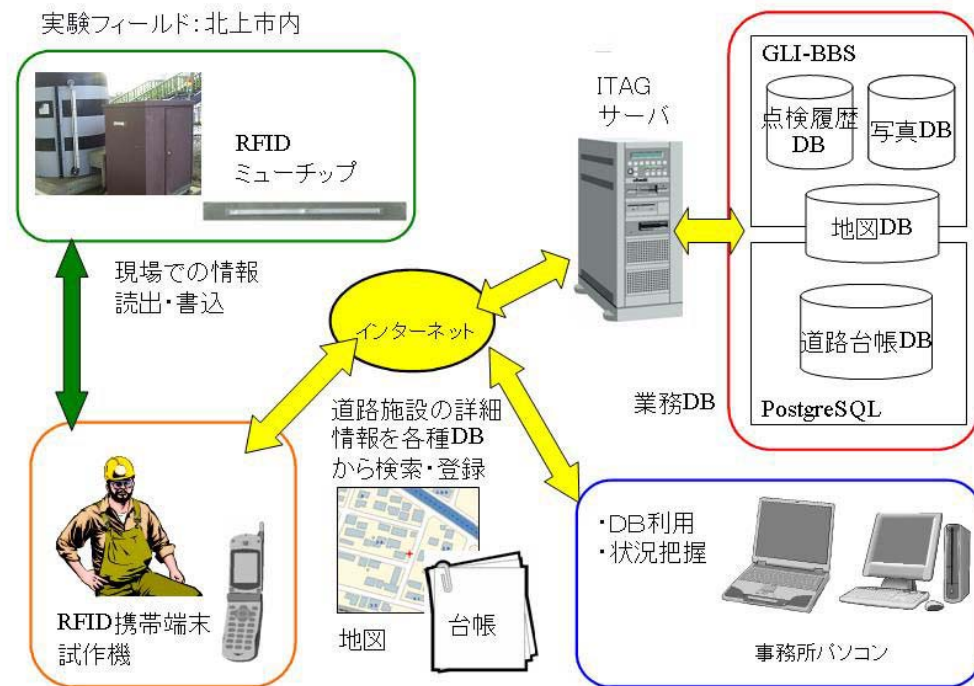


図7 システム環境

「台帳管理」では、道路台帳 DB から RFID に紐付けられた設備の位置情報、管理名称、設置日、設置者、管理者、型番等を検索・更新できる。これにより、2.1 節で示した問題点 1 の解決に繋げる。

「点検履歴」では GLI-BBS の掲示板スレッドが各 RFID に割り当てられ、対応する設備の点検履歴を投稿・検索できる。設備によって点検項目が異なる場合の例として、融雪装置の点検フォーム(図 9)を用意した。装置の計測値(外気温、路面温度、凍結防止剤残量)点検と、道路路面状況の目視結果、天候を簡単に入力できる。これにより、問題点 2 の解決に繋げる。

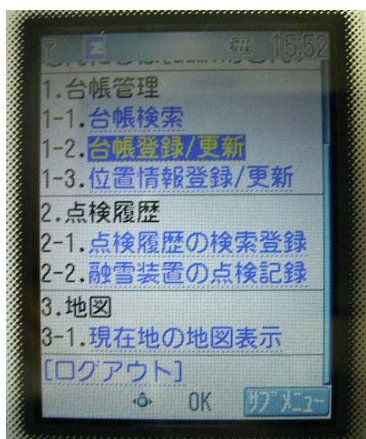


図 8 支援システムトップメニュー

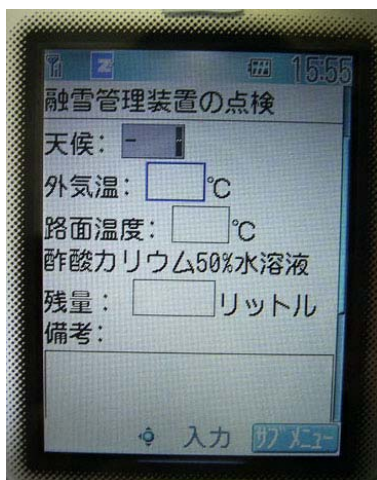


図 9 融雪装置の点検フォーム

システムは、二種類の点検パトロールで試用している。

- 実業務点検

小田島組が業務を請け負っている融雪装置(図 4)の点検パトロールにおいて、担当員が図 9 の専用フォームを使って記録する。

- 試験点検

小田島組が実験目的で 12 月以降、月に 1 度の頻度で点検パトロールを実施し、点検結果及び貼り付けた RFID の読み取り状況を汎用的な報告フォームで記録する。

4. 実験結果と考察

(1) RFID 設置

- 耐寒性・耐水性

ミューチップのメーカー仕様では「保存温度がマイナス 30~75 度、動作周辺温度が結露のないことを条件に 0~40 度」となっており、冬期での動作に当初不安があった。しかし、最低気温がマイナス 10 度で、日中も 0 度を超えない真冬が続く 1~2 月での利用でも問題なく動作しており、岩手の冬でも十分実用に耐えうる。なお、除雪によって歩道に積み上げられた雪の影響あるいは除雪車の接触によって、30 個のうち 1 個が破損した。RFID 設置位置については上記の影響を考慮することになる。



図 10 破損した RFID

- 視認性

今回は短期間の実験での RFID 設置であったため、実験後はがし易く、実験中も目立たない白テープによって貼りつけを行ったが、点検時に雪が背景となり RFID の特定が難しくなるといった弊害がでた。ISO では、物流分野の RFID マークを検討中で、「貼りつけ位置」「用途」「利用周波数」を判別できるデザインになるという。公共物においても同様の議論が必要であろう。

- 網羅性

道路設備は無数にあるため、管理ニーズの高い設備を限定して設置することになる。既存にの設備に後付で RFID を付与するのは手間となるため、工事部材の出荷段階から RFID が付与されていることが前提である。現実的な対応としては、工事終了時や設置許可時に行政の刻印に代えて RFID を付けることが考えられる。その際、RFID 付きと付いていない旧来設備の混在という問題が残る。

(2) RFID 携帯電話

実点検と試験点検の双方で利用しているが、冬期でも動作は安定しており RFID 読み取りにも問題はなかった。使い勝手に関しては、カメラ撮影が使いにくい、リーダ側電源の切り忘れ、雪で手が濡れていても滑らない形状・材質といった点について、改善要望があがった。

歩道に積み上げた雪が邪魔して、設備に近づくことができない場合があった。通信距離はもう少し長いほうが良いが、ミューチップでも実用上問題ない。

(3) ITAG サーバ

本来、RFID 管理情報の登録・管理は、パソコンに接続された RFID リーダと地図インタフェースを用いて行う予定であったが、実装が間に合わず現地での RFID 携帯電話のみから操作することとなり、RFID のデータ設定・調整作業が非効率であった。

(4) 台帳 DB

道路設備の台帳データは電子化されておらず、現場での暗黙知に頼っている実状が明らかになった。そのため管理データ項目は融雪装置など

一部を除き特定できず、実験用としてデモデータを格納するに留まった。岩手県では統合型 GIS の稼働も始まっており、将来的に電子自治体化が進めば台帳データの蓄積も期待できるものの、道路関係部署間の調整に時間がとられる恐れがある。当面は、委託企業側の作業から暗黙知の形式化を進めることのほうが取り組みやすい。

(5) 全体システム

点検履歴の登録・検索は便利であるとの良好な評価を担当者から頂いた(図 11)。点検パトロール遵守のエビデンスともなり、発注者側にとっても好ましい。道路施設ごとに点検フォームを RFID に紐付けすることにより、特定社員に依存していた点検に関する暗黙知の組織共有にも繋がる可能性を秘めている。

一方、台帳検索については道路台帳 DB の実データが揃わなかったことから、システム実現イメージは確認したものの、実際の現場作業で台帳検索を活用することはできなかった。



図 11 融雪管理装置の点検履歴

5. おわりに

本研究では、道路施設に RFID を付与し、道路維持管理に必要な道路台帳・点検履歴を現場や事務所で確認・更新できる道路維持管理支援システムの実現方法とその効果を検証するための基礎的な実証実験を行った。RFID 携帯電話の

開発によって、道路維持管理における RFID 活用が現実味を帯びてきたと言える。

しかしながら、台帳データは予想以上に電子化されておらず、その整備ならびに RFID 設置コストを考えると、次のような段階的な導入が望ましいとの結論を得た。

- まず、道路台帳データ整備の必要がなく、属人的になっている点検知識を形式化できるという点で、融雪装置のような重要構造物に RFID を付けて点検履歴を登録検索できるようにすることは、大きな業務改善効果が見込まれる。また、道路パトロールで目視点検すべき場所に RFID を設置し、点検エビデンスを残すといった簡易な活用も考えられる。
- 中長期的には、行政による道路台帳の電子化と並行して、工事部材の出荷段階から RFID を付与することを業界として推進し、現場の工事管理でも活用できるようにする。

今後は、RFID 導入が容易な道路パトロールの点検エビデンス蓄積から試用し、システムのより実証的な評価を行う予定である。また、道路維持管理以外の公共物管理、たとえば、ガスメータ検針など、類似性の高い業務についても応用の可能性について検討を加えてゆきたい。

謝辞

本研究の一部は、岩手県立大学研究・地域連携本部の助成研究として行われた。「RFID/GIS 連携による道路公共物管理システム研究会」の参加者各位に深謝する。特に、RFID 携帯電話試作機の提供・技術サポートで KDDI 技術開発本部開発推進部の福岡寛之氏・嶋崎佳史氏、RFID 動向調査で電子情報技術産業協会の小橋一夫氏、フィールド実験で岩手県北上地方振興局道路維持課及び小田島組の高橋恵樹氏、GPS 機器提供で NICT 岩手 IT 研究開発支援センターにそれぞれ多大なる支援を頂きました。

参考文献

- [1] Abe.A., Sasaki, T. and Odashima, N.: GLI-BBS: A Groupware Based on Geographical Location Information for Field Workers , Proc. of the 5th ICEIS, Vol.4, pp.41-48 (2003).
- [2] 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, No.1, pp.155-163 (2004).
- [3] 小田島直樹: IT を活用した道路維持業務における作業効率化の検討, 舗装, Vol.4, No.10, pp.3-5 (2005).
- [4] 阿部昭博, 米田信之, 小田島直樹, 加藤誠, 狩野徹: 地域情報化の視点に基づく RFID/GIS 連携方法の考察, 情報処理学会 IS-94, pp.35-42 (2005).
- [5] 米田信之, 阿部昭博, 大信田康統, 狩野徹: RFID/GIS 連携サーバ試作と観光情報 UD 化への適用検討, 情報処理学会 IS-95-16 (2006).
- [6] KDDI ニュースリリース
http://www.kddi.com/corporate/news_release/2005/0302/besshi.html
- [7] 矢吹信喜, 植田国彦, 山下武宣, 嶋田善多: 電子タグ, PDA 及び音声技術を用いた現場点検支援情報システム, 土木学会土木情報システム論文集, Vol. 11, pp. 77-84 (2002).
- [8] 菊川滋(編): 道路維持管理ポケットブック, 山海堂(1999).
- [9] 位置コミ
<http://www.ichi-comi.com/>
- [10] 自律移動支援プロジェクト
<http://www.jiritsu-project.jp/>