山口県道路施設維持管理のための リアルタイム観測・予測システム構築と実証

山根 智¹・吉村 崇²・宮本文穂³

¹正会員 山口県土木建築部砂防課 (〒753-8501 山口県山口市滝町1番1号)

E-mail: yamane.satoru@pref.yamaguchi.lg.jp

²山口県土木建築部道路整備課 (〒753-8501 山口県山口市滝町1番1号)

E-mail: yoshimura.takashi@pref.yamaguchi.lg.jp

³フェロー会員 山口大学大学院教授 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台二丁目16-1)

E-mail: miya818@yamaguchi-u.ac.jp

安全で安心な社会基盤の要(かなめ)となる道路関連施設の維持管理に情報通信技術(ICT)を積極的に取り入れ、リアルタイムで観測および予測を行うシステムの構築と実際への適用例を具体的に述べる。すなわち、道路関連施設の維持管理において、近年著しい普及をみせているGPS機能付きカメラ携帯電話端末機(以降GPS携帯電話)とWeb-GISに着目し、必要な情報にGPS携帯電話から取得した位置情報を付加し、道路管理事務所へ送信することにより、Web-GIS上で位置と情報(画像含む)がリアルタイムに把握できる道路施設維持管理支援システムの開発と本格導入に向けての操作性向上などのシステム改良を系統的に紹介するものである。

Key Words : Road facility, Maintenance, Real-time, Forecasting, Support system, GPS mobile phone

1. はじめに

道路関連施設は、道路利用者の生活に密着した最も身近な社会基盤施設であり、これらに対する維持管理の要望、苦情など住民からのニーズが多様化している傾向にある。このような状況下、住民の安全・安心な生活を守るためには、今後も道路関連施設を適切に維持管理することが重要であり、より効率的かつ効果的に道路関連施設を維持管理する仕組みが必要である。また、山口県は中国山脈によって山陽側と山陰側に分断され、気象特性などに大きな地域差が見られる上に、平地が乏しく地形が錯綜して急傾斜地が多く存在するため、近年においては豪雨時に甚大な災害が発生し、道路網が寸断されることも多く、災害時における迅速な対応が重要となっている¹⁾。そして、県北部では冬期の積雪や路面凍結などによるスリップ事故、それに伴う道路施設損傷や渋滞などを引き起こしているため、的確な除雪作業、塩カル散布などの冬期対応が望まれている。

このように山口県における維持管理業務は、施設に関する通常の維持管理に加えて、道路利用者からの要望・苦情などの対応、また事業執行に対する説明責任、関係機関との協議・調整さらには、緊急対応を要する災害な

ど業務内容が多岐にわたっており、職員の業務負担は過多となってきた^{2),3)}。そのため、各所の出先事務所(土木建築事務所)での的確な維持管理を遂行するためには業務の効率化、さらには情報の共有化を図ることによって業務負担の増加を可能な限り軽減することが必要となる。

上記のような業務負担増を改善するため、各所の土木建築事務所では、従来の紙ベースの書類による事務処理に代えて、汎用ソフト(Excel/Access など)を一部導入し、またデジタル化した道路台帳とも組み合わせた支援システムの構築によって業務負担増の改善を試みてきた。しかしながら、道路施設損傷の発生位置を把握するのに管内図や道路台帳および市販(例えば、ゼンリン社製)の地図、さらには当該住所などから具体的な案件発生場所を特定する作業に手間が掛かる。そして、維持管理委託業者への作業指示などについても、FAX 等でのやりとりにより時間を要してしまう状況にある。また、災害時には初期対応を迅速・的確に実施することが早期の復旧に繋がり、そのためには早期の状況把握および情報共有が不可欠である。冬期では、路面状況などをリアルタイムに情報提供することにより、除雪ルートを的確に判断・指示することができ、効率的な除雪が行われ、それ

に伴う事故発生抑制、さらには通行止めによる迂回路の検討など効果的な対応が必要である。

以上の背景から、本研究では、道路施設の損傷発生現場などの位置情報と問題案件の画像がリアルタイムに把握できるなどの業務の効率化や災害直後等における関係機関への報告と委託業者に対する指示が迅速に行える伝達・対応の迅速性の向上を図る。そして、問題案件の処理状況および進捗状況が、いつでも、どこでも、だれでも確認できるなどの情報の共有化を図る。これらを目的として、GPS携帯電話とWeb-GISを活用し、道路施設維持管理支援システムの開発を行い、その実用化および導入効果に関して具体的に述べる。

2. 従来の研究と本研究の位置付け

日本で移動可能な電話機が初めて実用化されたのは、1979年の自動車電話である。その後、小型化、軽量化されて行き、1987年にNTTが日本で初めて携帯電話サービスを開始した。2000年代に入り、カメラが内蔵されるなど携帯電話の機能は向上の一途を辿ってきており、また、GPS機能は2007年4月総務省において事業用電気通信設備規則が施行され、その後に発売される3G携帯電話端末機以降は、原則としてGPSモジュールの内蔵が義務付けられ、誰もがその存在を認知している機能となっている。現在、GPS携帯電話の位置情報を利用した地図サービスやナビゲーション(道案内)サービス、地

域情報提供サービス、子どもの居場所を親が把握できるサービスなどが提供されている。また、事故を起こした場合に、位置情報を自動的に送信する緊急通報サービスや、消防や警察への通報時に自動的に位置情報を送信するといったものもある。このGPS携帯電話の位置情報機能とWeb-GISを組み合わせた道路施設維持管理支援システムの開発を行った。これは道路施設の損傷、災害時などインターネットを介し、道路管理者がパソコンで現状を正確に把握でき、そのデータを基に迅速な対応が可能となる。簡単に言えば、GPS携帯電話の位置情報機能および写真機能とメール機能を最大限利用し、現場で発生した道路施設損傷や災害の状況、それに対する対応策などをパソコンとGPS携帯電話とのやりとりで瞬時に情報共有を図ることができるものである。既に、これらに関連するシステム開発^{4),5),6),7)}が行われており、道路維持管理業務はもちろん、災害時など緊急を要する場合でも迅速に対応できるよう行政機関と委託業者とこれまで以上の連携が図られ効果的な維持管理が行われている。

山口県においても、前述したとおり業務の軽減および効率化、さらに災害時における迅速な対応を図るため、道路施設維持管理業務の現状と課題を整理・分析し、既往研究を踏まえ、より効果的な機能(表-1)を付加し道路施設維持管理支援システムの開発を行った。そして、開発にあたりGPS携帯電話を活用した情報提供にはいくつかの課題があることから、それらを解消する手法について、次の3項目について検証を行った：

①GPS携帯電話で取得する位置情報と実際撮影した場所

表-1 主なシステム機能の概要と効果

システム機能	概要	効果
情報区分	提供された情報を「道路損傷」・「災害状況」・「積雪情報」・「苦情・要望」の項目に区分する。	多くの区分を設けることなく、情報が整理されるため容易に状況が把握できる。
位置修正	情報提供された位置が現場条件等によって、異なる位置を示す場合があるため、その位置修正を行うことができる。	位置を示したフラッグをつかみ移動させるだけで簡単に修正が可能となる。もちろん、座標を入力することでも修正可能である。
複数枚登録機能と写真回転修正	情報提供された画像の複数枚の表示を可能とし、さらに画像を360°回転させることができる。	複数枚の画像を添付し送信しても、システムが対応しているので、現場での情報提供する作業の手間が省ける。また、携帯電話で撮影した場合、機種によって、縦や横撮影にばらつきがあるため、写真を回転して修正することができる。
検索機能	蓄積されたデータを案件ごとに検索することができ、案件の状況を素早く簡単に表示させることができる。	担当者以外が案件を取り扱う場合でも検索機能を用いれば、簡単に情報の処理状況が把握できるため、迅速かつ適切な対応が可能となる。
報告書の作成および印刷	情報提供されたものから自動時に報告書が作成され、かつ印刷も簡単に行える。	それぞれの情報をデータベース化しているので、報告書の作成が自動的に行われ、かつ印刷もできる。

と異なる場合があるため、その位置情報がどの程度ずれるのか精度の確認を行い、位置情報の修正機能を付加した。

②GPS 携帯電話で道路施設損傷を撮影し情報提供することとなるが、この場合にどの程度の写真解像度が必要であるのか道路施設維持管理における必要な有効画素数について検証した。

③携帯電話に特有の通信できない地域いわゆる圏外での情報提供の手法について、簡単で安価にできることを主眼とする QR コードを用いた座標の取得方法の一例を示した。

以上、GPS 携帯電話を活用した情報提供について、課題と本研究の取り組みを表-2に取りまとめた。

また、本システムで蓄積された有用なデータを活用し、維持管理におけるハード対策や維持管理パトロールの効率化を可能とする手法について検討した。既往研究では、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⁸⁾やデータマイニングを用いた維持管理における予防保全的なデータとして活用⁹⁾などの研究がなされているが具体的な実用例がない。そこで、本研究では2つの具体的な事例を示し活用手法について提案した。

3. 現状と課題

(1) 道路施設維持管理における現状と課題

山口県内の現在の土木建築事務所における道路施設維持管理業務をいくつかのプロセスに分類して、業務フローを明確(ステップ)化し、それぞれのステップにおける課題を抽出したものが図-1である。

表-2 GPS 携帯電話を活用した情報提供の課題

課 題	課題に対する本研究の取組
① 位置情報を取得する際に、補足する衛星の数が少ない場合には位置の精度が悪い。	3キャリアの携帯電話を用いて、市街地や山間部などで位置情報を取得し、どの程度誤差が生じるのか把握し、位置修正機能の設計に反映させる。
② 携帯電話によって、画素数の上限が異なるため、場合によっては、損傷を確認できるまでの画像が提供されない場合もある。逆に画素数が多い場合はデータ量も多くなるため、通信費が高くなる。	維持管理に必要な有効画素数について、視覚とコストの両面を検証し、最適な情報提供を確認する。
③ 通信不能区間(圏外)では、情報提供および位置情報が取得できない。	圏外における情報提供について、QRコードを活用し位置情報を取得する手法を考案する。

主要課題として挙げられるのは、①報告を受けた職員が位置を把握するのに時間を要する、②管内図、道路台帳などのコピーや画像印刷、報告書作成および委託業者への依頼など様々な作業が一元化されておらず非効率である、③災害などの各種案件に対して情報の共有化が図られていない、④紙での整理であるため、過去の案件を検索するのに時間を要し、収納スペースの確保も必要となる、などである(図-1 右側参照)。

(2) 事務所統廃合による災害時対応の懸念

過去、山口県は14土木建築事務所で道路維持管理や災害時対応を行っていたが、行政組織改革により、広域生活圏ごとに1事務所を基本とする8つの土木建築事務所に再編された(図-2 参照)。

図-1 道路施設維持管理業務フロー

図-2 土木建築事務所配置図(平成23年10月現在)

通常の道路維持管理業務は、支所および分室として存続させ、県民サービスが低下することなく維持管理が行われ、また、災害発生の場合においても土木建築事務所との連携を図りながら対応を行っている。しかしながら、同時多発的な災害が発生した場合、災害情報が土木建築事務所、支所または分室で錯綜することが懸念される。また、道路災害などにより通行止めとなった場合、事務所に戻りたくても戻れない状況も想定され、詳細な状況報告が遅れる可能性も考えられる。

4. 道路施設維持管理支援システムの開発

(1) 本システムの流れと構成

Web-GISは、GISの機能をインターネット上で実現し、誰もが、いつでも、どこからでも地域情報を入力できる、あるいは閲覧できるようにしたものである。これと位置情報を提供するGPS携帯電話との連携を図ることにより、ユーザ（道路管理者）へ位置と画像をリアルタイムに提供することができる。本システムでは基盤地図として、米Google社が提供しているGoogleマップ¹⁰⁾を

図-3 システムの流れ

Web-GISとして利用しシステム構築を行った。システムの流れは、図-3に示すように道路施設損傷を発見した際、GPS携帯電話で撮影し、これを所定のサーバへ送信することにより、道路管理者がWeb-GIS上で位置情報と損傷状況がリアルタイムに把握でき、迅速な対応と情報の共有化が図られ、効率的・効果的な維持管理を行うことができる。そして、システム構成は、情報共有の効率化やシステム利用の常用性を図るため、道路損傷・災害状況・積雪状況・苦情要望の4つの項目に分類・整理できることとした。平時は道路施設、積雪状況、苦情など、異常時は災害と位置付け、平時は利用者の「訓練」、異常時は「発揮」という観点でいつでも、どのような場合でも最大限活用できることを目的として構成した(図-4)。

(2) 本システム概要

本システムのトップページ画面を示したものが図-5である。この画面より、リアルタイムに情報提供されるさまざまな情報に関して、その状況の把握、検索が簡単に行えることを実現するため、先に述べたように大きく4つに分類して情報を整理することとした（以下の数字は画面内の数字と対応している）。

図-4 システムの構成

図-5 本システムのトップページ画面

- ①道路損傷：通常パトロールなどによる道路舗装面などの損傷状況。
 - ②災害状況：大雨、台風等により発生した道路災害の状況。
 - ③積雪状況：冬期における積雪、路面状況の情報。
- ※各土木管内において、事故発生が多い箇所、除雪の目安となる箇所などの定点観測地点を選定し、パトロールを行う業者にその地点での情報を提供してもらう。
- ④苦情・要望：地元などより受けた苦情、要望の情報。その他、以下の機能をトップページ画面内に配置した。
 - ⑤新規登録：事務所で情報を新規登録することができる。
- (現場でデジタルカメラ等を用いて撮影した情報を事務所に戻ってから登録することが可能)
- ⑥新着状況：GPS 携帯電話で提供された情報がリアルタイムに表示される。
 - ⑦設定：登録許可アドレスの設定を行う。

a) 位置情報の付加

道路施設損傷、災害などの現場からの情報提供について

図-6 位置情報の付加

では、道路損傷箇所をGPS携帯電話で撮影を行い、位置情報を画像に付加し、これを所定のサーバへ送信する（図-6参照）。このように、サーバへ新たな情報提供があると、Web-GIS上にマーカーが自動的に表示され、同時に道路損傷などの状況も情報ウィンドウ（図-5参照）により表示されるように工夫を施した。

b) 詳細画面

情報ウィンドウ内にある「詳細」ボタン（図-5 参照）を押すと詳細画面が表示される（図-7 参照）。通常のメール作成時と同様に、件名や本文（コメント）に情報を入力し送信すれば自動的に内容が盛り込まれ表示される。また、情報の修正や削除も行える。

(3) 本システム内の各種機能概要

a) 修正および確認画面

本システムでは、情報提供された内容に対し、修正、追加することができる。すなわち、図-7 に示す詳細画面内にある「修正する」ボタンをクリックすると修正画面が表示される（図-8 参照）。ここで、修正および確認項目の内容をまとめると以下のようになる。

図-7 詳細画面

図-8 修正画面

- ①詳細情報の入力と確認が行える。
- ②位置修正が必要となる場合は、「拡大図」に表示されているマーカーをマウスを使用してつかみ移動させることで位置修正が行える。
- ③写真を追加する場合は、「追加」ボタンを押し、アップロードにより画像が追加添付できる。
- ④携帯電話を横向きや縦向きで撮影された画像に対し、画像を回転させ向きを修正することができる。
- ⑤道路台帳等のPDFデータを追加したい場合は、項目にある資料の「追加」ボタンを押し、アップロードにより追加添付することができる。

b) 一覧表および検索表示画面

本システムでは、前述図-7の詳細画面の内容を一覧表に切り替えることによって、今までに蓄積された情報や経過内容などを適時確認することができる機能を追加している。この機能には図-9に示すように、以下の項目が用意されている：

- ① データ検索画面：登録データの検索が可能で、情報提供された案件の状態が素早く確認できる。
- ② 一覧表画面：図-9上側に示す地図表示と図-9下側に示す一覧表表示の切替えが随時行える。

②一覧表画面

連番	ID	写真	発見日時	件名	路線名/場所	種別	点検	状況	措置	対応状況	対応内容	規制状況	終了区分
21	1936		2011/09/15 16:16:23	右カーブ視認性向上	315号 山口市徳地地帯	道路	安全確認	標識の設置を希望していたところ、支柱の根本に穴があいたため、倒れたところを確認した。	応急処置	未着手	標識の設置を希望していたところ、支柱の根本に穴があいたため、倒れたところを確認した。	無し	経過中
22	1935		2011/09/15 15:15:46	道路狭小化対策	(169)湯野山 山口市徳地地帯	道路	安全確認	安全確認	車との接触による破損。	応急処置	撤去して、道路注意標識を設置。	無し	経過中
23	1926		2011/09/13 13:32:33	強制的に歩行者専用道路	(212)山口阿加東平部峠 山口市徳地地帯	その他	全面確認	強制的に歩行者専用道路	未措置	確認中	撤去して、道路注意標識を設置。	無し	経過中
24	1932		2011/09/13 11:36:03	道路狭小化対策	(26)山口徳地 山口市徳地地帯	道路	安全確認	道路の狭小化対策	応急処置	未着手	道路の狭小化対策	無し	経過中
25	1931		2011/09/13 11:28:41	道路狭小化対策	(26)山口徳地 山口市徳地地帯	道路	安全確認	道路の狭小化対策	応急処置	未着手	道路の狭小化対策	無し	経過中
26	1930		2011/09/13 10:05:24	道路狭小化対策	376号 山口市徳地地帯	道路	安全確認	道路の狭小化対策	応急処置	未着手	道路の狭小化対策	無し	経過中

図-9 一覧表表示画面の例

5. GPS 携帯電話による情報提供の課題

(1) GPS携帯電話情報による位置精度

GPS 信号は、上空約 2 万 km を伝搬して到達するため、衛星の時計、軌道誤差、電波の伝搬に関連する誤差などで誤差を生じる。都市部などの市街地ではビル等により、衛星からの電波が直接受信機に届かず、建物面に反射した電波を受信してしまうことがあり、これによって実際とは異なる位置を表示してしまうことがある。また、山間部など上空の見通しの悪い場合では、同時に捕捉できる衛星の数が極端に減少し、衛星の配置が偏るなどの影響によって、位置情報の精度が大幅に低下する。その結果、図-10 および図-11 に測定誤差の例およびその分布例をそれぞれ示すように、実際に撮影した場所と Web-GIS 上に示す位置が異なる場合が生じる。すなわち、図-10 は、実際の撮影場所と GPS 携帯電話情報（観測 2 回分）に基づく当該位置の誤差を具体的に示したものである。また、図-11 は、このような位置測定の誤差分布を X-Y 座標上にプロットしたものである。これより、GPS 携帯電話情報に基づく位置測定にはかなりの誤差が含まれる場合があることを認識しておく必要がある。

図-10 測位誤差の例

図-11 誤差の分布例

写真-1 山間部(観測地点)

図-12 山間部(誤差)

写真-2 市街地(観測地点)

図-13 市街地(誤差)

そこで、GPS 携帯電話で取得した位置情報がどの程度測位誤差を生じてしまうのか山間部(写真-1 参照)および建物などの障害が無い市街地(写真-2 参照)でそれぞれ測位し、そのばらつきを確認した。この際の検証に使用する携帯電話は、数ある端末機の中から「ドコモ」・「au」・「ソフトバンク (SB)」の3キャリアで実施し、位置情報を1キャリア当たり30個のデータを取得して精度に関する情報の収集を行った。また、緯度・経度情報では、直感的な距離の違いが解らないため、これを平面直角座標へ変換することにより、距離感を数値として把握できるようにした。今回は「XYBLTOOL」¹¹⁾ というフリーソフトを使用してデータ変換を行った。なお、撮影地点の座標は、あらかじめ Google マップより座標を取得し、それを原点として定め、携帯電話で取得した座標と原点座標との差距離を、一例として図-11に示すような誤差の分布図として表した。例えば、原点座標を Google マップで取得した座標は、以下ようになる:

【原点座標】

緯度 34° 9' 26.1"

変換→ $X = -191817$ m

経度 131° 26' 20.4"

変換→ $Y = -39126$ m

【携帯電話で取得した座標】

緯度 34° 9' 25.6"

変換→ $X = -191856$ m

経度 131° 26' 20.0"

変換→ $Y = -39154$ m

ここで、原点座標 (X, Y) - 取得座標 (X, Y)

= 誤差座標 (X, Y) m

以上、位置情報の精度を確認した結果、キャリアによって異なるが山間部で約 60m(図-12 参照:SB は測定不能)、市街地で約 30m(図-13 参照)の誤差を生じていることが確認できた。したがって、Web-GIS 上の位置情報にはある程度の誤差が生じ、また現場状況によっては大幅に精度が悪い場合もあることから、情報を受け取る側は、位置情報に注意し対応することが必要である。

(2) 有効画素数の検討

現在、ほとんど全ての携帯電話にはカメラが標準装備となっており、その性能は、年々アップしている。発売当初は11万画素数であったが、今では1,000万画素数を

超える携帯電話も発売されてきている。しかし、画素数が大きければ、視覚的に見栄えは良く、印刷を行った際でも画像の粗さは目立たないが、一方、データ量が大きくなり、これに伴う送信時間と通信費を要してしまい、処理するサーバへの負担も大きくなる。そこで、道路維持管理上必要と思われる画素数について、データ容量と送信時間及び通信費の相関を検証し、また画質についても最適な有効画素数を視覚的に検証し、必要最小限の情報提供ができることを確認した。

a) 画素数、送信時間および通信費との関係

各画素数のデータ容量、送信時間および通信に伴う料金を算出した。携帯電話料金には基本料金、通話料金およびパケット通信料金とあるが、今回はパケット通信料金のみで比較を行っている。パケット通信料金は、Webサイトやメール、情報サービスなどを利用した時にデータ通信にかかる料金が1KB=8パケットとなっている。1パケット当たりの料金は、携帯電話会社や料金プ

ランによって異なるがドコモの「FOMA」で0.21円となっており、今回はこれに基づき料金を算出した。送信時間は、送信ボタンを押した時間から送信完了画面が出てくるまでの時間を、図-14に示すように計測した。その結果をまとめて表-3に示す。ここで、鮮明な画像はデータ容量が大きいため、時間と費用が掛かることが分かり、これが同時多発的に情報提供された場合、処理するサーバの負担を大きくすることが懸念される。

b) 有効画素数

カメラ付き携帯電話で撮影した画像がどの程度の表示サイズまで視覚的に道路維持管理上、必要な有効画素数であるのか検証した。比較方法は、道路標識(写真-3参照)に記入されている「山口市阿東生雲中」部分のみを切り出し、約120万画素数(1280×960)を原寸画像に設定し、画素数毎にその文字の大きさまで拡大した場合、画像の粗さを視覚的に比較した(写真-4①～⑥参照)。

ここで「山口市阿東生雲中」の文字を写真-4のよう

図-14 携帯電話の送信時間

表-3 データ容量と送信時間の比較一覧表

画素数	データ容量 (KB)	送信時間 (秒)	費用 (円)
1,536 X 2,048 = 3,145,728	552.4	31.4	928
1,080 X 1,920 = 2,073,600	351.4	23.6	590
1,212 X 1,616 = 1,958,592	347.4	17.3	584
1,280 X 960 = 1,228,800	170.2	15.4	286
480 X 854 = 409,920	70.8	7.3	119
640 X 480 = 307,200	52.2	7	88

※1枚の画像を送信した場合を示す。

※データ容量、送信時間は、5回の平均値としている。

※1280×960は、auを用いた情報である。

写真-3 道路標識全体写真

写真-4 原寸画像に対する文字画像の粗さ比較

に「③1280×960(約120万画素数)」を原寸画像とし、写真-4①, ②は拡大、写真-4④, ⑤, ⑥は縮小としたものでそれぞれ比較した。この結果、約120万画素数以上では鮮明度に差異がないため、それ以上の画素数での撮影は必要ない。またそれ以下であっても、位置とある程度の損傷状況が確認できれば、初動対応を迅速に行う上で特に問題はない。

(3) 圏外における情報提供の対応

GPS携帯電話による位置情報取得については、GPSの初期化、および基線解析の計算を基地局で行うため、電波が届かないところ、いわゆる圏外では位置情報の取得は不可能である。そこで、現在のカメラ付き携帯電話の機能にあるバーコードリーダー(バーコード読み取り装置)を活用し、QR(クイックレスポンス)コードを用いて位置情報の取得方法を検討した。あらかじめ、GPS受信機で取得した位置情報もしくは地図上により求めた位置情報をQRコード化し、それを道路附属物(例えば、標識、カーブミラーなど)に貼り付ける。写真撮影後、バーコードリーダーによって、QRコードを読み取り位置情報を取得して所定のサーバへ送信する。しかし、その地点は圏外であることから、送信する場合は圏内へ移動し情報提供することとなる。以下に、QRコードの概要とその作成および活用方法について示す。

a) QRコードの概要

バーコードが普及し、その便利さが広く認識されるに伴い、「より多くの情報を収納できるコード」「より多くの文字種を表現できるコード」「より小さなスペース

で印字」「情報を暗号化したい」等々のニーズが高まってきた。そのため、情報量を多くするためにバーコードの桁数を増やしたり、複数のバーコードを並べたりいろいろな工夫も施されてきたが、一方で表示面積を大きくしたり、読み取り操作を煩雑にしたり、印刷コストを上昇させたりなど問題も見られるようになってきた。こうした中でニーズや問題に 대응するため、2次元バーコードが出現した。その一種であるQRコードは、「リーダーにとって読み取り易いコード」を主眼に1994年に「デンソーウェーブ(開発当時は㈱デンソーの一部門であった)」によって開発された。

QRコードは、当初の一方方向だけに情報を持つバーコードとは異なり、縦、横二方向に情報を持つことで、記録できる情報量を飛躍的に増加させたコードである。現在では、搭載されたQRコードのバーコードリーダーのソフトウェアであるカメラ付き携帯電話の爆発的な普及により情報の入出力やモバイルコンテンツ販売における重要なツールとして用途が広がっている。

b) QRコードの作成

QRコードの作成は、ネット上で作成できるものもあればフリーソフトをダウンロードして作成できるものもあり、ごく簡単に作成することができる。今回は、「psytec QR Code Editor」¹²⁾というフリーソフトにより、QRコードを作成し道路施設に貼り付けた(図-15、写真-5参照)。

c) QRコードの活用(位置情報の取得)

山口市阿東管内にある「一般県道迫田篠目停車場線」で一部圏外区間がある。当該区間はある程度標高があり、

図-15 QRコードの作成

写真-5 QRコードの貼付

縦断勾配も6%程度で急カーブ、S字カーブが混在する区間で、冬期では積雪も多く山間部であることから雪も融けにくく凍結も頻繁に起こる箇所である。軽度であるが事故の発生も見られ、積雪情報を提供する必要な区間である。この区間において、QRコードを活用した情報提供の方法を以下に示す(図-16 参照)：【手順】

- ①携帯電話のバーコードリーダーを使用し、QRコードを読み取る。
- ②読み取り画面より、メールを作成して送信する。
- ③システムにアクセスし画面より、修正画面でコメント欄にある座標で位置修正する。

(4) 考察

今回調査した山間部地域において、誤差の分布は密集しているものの、実際の撮影地点に対し約60m程度の比較的大きな誤差を生じていた。これは、山間部に連なる山々が障害となり、電波を同時に補足できる衛星の数が減少するためなどが原因となっている。一方、市街地においては、上空に障害がないことから、山間部地域に比べて比較的に精度の良い結果が得られた。本システムでは、位置情報だけでなく現場状況の画像も同時に提供されるので、精度が悪くても周辺状況などが画像により確認できるため、おおよその位置は把握できる。なお、山間部地域ではソフトバンク社製携帯電話のみが、圏内となる範囲が他より狭かったためデータ数としては十分な量を取得できなかった。次に、有効画素数の検討結果については、画素数、送信時間および通信費との関係

により、データ容量が大きいほど送信時間が長く、コストも掛かる結果となった。これを画質との関係で考えると、文字を明確に把握できる画素数範囲として、約120万画素数以上ではそれほど視覚的に差はなく、どこまでの拡大が必要なのか現場状況によって異なるが、山口県が行う維持管理業務に関しては、約120万画素数以上は必要ないと思われる、通信費のことを考えればそれ以下でも問題はない。このように維持管理業務で必要となる画素数については、今後いろいろな携帯電話により提供される画像から最適画素数を検討する必要がある。

最後に、圏外における情報提供については、QRコードを用いることによって位置情報を取得できることが分かった。だが、情報発信するためには圏内へ移動しなければならないため、通常の情報提供に比べ、リアルタイム性に若干劣り、また位置修正やQRコードの作成、貼付などの手間も生じてしまう。しかしながら、圏外という条件およびGPS携帯電話を利用する観点から、この問題をクリアしようとする今回のQRコードを用いた手法は、一つの有効な方法と言えることが分かる。

6. 本システムの適用例

(1) 道路施設損傷の情報提供

一例として、写真-6に示すような位置情報と道路施設の損傷状況が提供されるため、電話確認の際に前述の「山口県の道路施設維持管理業務フロー」(図-1左側

図-16 QRコードを活用した情報提供の例

写真-6 道路施設の損傷状況例

参照)で示したステップ2.の位置特定のやり取りが不要となり、素早くどのような対応を行うのか委託業者へ指示を出すことができる。それに伴い委託業者も迅速に対応し、安全性の確保がより早く図ることができた。

また、昨年 2010(H22)年 7 月中旬の集中豪雨により、道路法面が崩壊して土砂が道路を塞いだ道路災害の情報も提供された(写真-7 参照)。このような情報により、発生位置、災害規模、交通規制、復旧方針など一連の作業が効率的に行われ、また情報の共有化が図られたため、迅速な対応が可能となり、被災後、翌日には交通解放(仮復旧)することができた(写真-8 参照)。

(2) 冬期路面の情報提供

冬期における積雪や路面状況の情報提供については、事故発生確率の高い個所などに絞り込み、情報提供を行った。現在、山口県では、9 個の定点カメラが設置されており、期間限定で道路利用者に対し積雪状況を提供している(通称：山口県道路情報 道路見えるナビ)。今回、GPS 携帯電話を用いた情報提供は、これと比べてリアルタイム性には少し劣る。しかしながら、定点カメラ

以外の情報として、路面状況(写真-9 参照)の補足情報により除雪作業のルート検討などの情報として有効なものであった。また、事故発生箇所や大雪に伴う車両渋滞箇所(写真-10 参照)の位置と現場状況がリアルタイムに把握できたので、通行止め区間や迂回路選定などの検討に役立てることができた。

7. システムの評価と導入効果

(1) システムの評価

GPS 携帯電話を使用することにより、位置情報取得と画像送付などの作業が追加されることになるが、その後のステップでの位置確認や報告書作成および委託業者への依頼など、本システムによって様々に異なる作業が一元化されることとなる。これより、前述 3. の図-1 に示した現状の「山口県の道路施設維持管理業務フロー」に比べて情報通信技術(ITC)を積極的に取り入れることによって、リアルタイムで各種データの効率的な共有化を可能としたと言える。以上により本システム

写真-7 被災直後

写真-9 積雪の路面状況例

写真-8 仮復旧後

写真-10 積雪による車両の渋滞例

図-17 導入後の道路施設維持管理業務フロー

表-4 導入効果の一覧

項目 (ステップ)	導入効果
発見・報告	GPS携帯電話を使用し情報提供する手間が追加されるが、後作業に対する効率化が図られる。
位置特定	位置と状況がリアルタイムに把握でき、迅速な対応と判断が可能となる。
現地調査・記録	現場から画像情報が提供されるので、入力作業の一部が簡素化される。
報告書の作成	全ての作業の一元化が図られ、報告書作成等の効率性が向上する。
上司への報告	全ての作業の一元化が図られる。
委託業者に依頼	正確・迅速・効率的に伝達が可能となる。
書類整理	処理後の案件が容易に検索でき、蓄積データの活用も行える。

を導入した後の道路施設維持管理業務フローを図-17 左側のステップと対応させて示すと、図-17 のようになる。

(2) 導入効果

現場から位置情報と案件の画像がリアルタイムに把握できるので、上司への報告と委託業者に対する指示が迅速に行える効果がある。また、事前に状況を把握することができるため、重要案件の場合では、事務所内で事前協議を行い、あらかじめ方針を確認した上で現場が確認できるため、適切な判断と指示が行える。もちろん、情報の共有化が図られるため、担当者不在等の場合でも、案件の処理状況、進捗状況がいつでも、どこでも、だれでも確認することができる。また、データベースで管理しているので、過去の案件の検索が容易にできる。そして、事故の発生箇所、落石が多く見られる箇所、苦情が頻繁している箇所などのデータが蓄積されることによって、これらの案件を予防保全的に対処する維持管理業務も可能となると考えられる。以上のような本システムの導入効果をステップごとに特徴をまとめたものが表-4である。

(3) 県職員および委託業者からの意見徴集

本システムを活用した評価について、県職員および委託業者に意見を聴取したので以下に要旨を示す。

【効果】：位置と画像が一度に把握でき、しかも、情報

がリアルタイムに確認できるため、素早く業者に指示が行え、損傷発見から補修まで効率的に対応できた。また、位置修正が簡単にできることや、携帯電話で撮影した画像が縦横で逆に写し出された場合でも、写真を回転できる機能があるので助かる。道路管理者に対し、位置説明や現場の損傷度合いも簡単に説明できるため、お互いの意思疎通が確実に行えるので対応が早い。

【改善点】：GPS 携帯電話での位置情報取得及びメールの打ち込みが少々面倒である。維持管理の専用アプリを作成し、携帯電話の操作性 (写真撮影→位置情報取得→メール作成) の向上を図ってほしい。

8. 蓄積データの活用事例

(1) 蓄積データを活用した効率的な道路施設維持管理の試案

本システムを活用し、道路施設損傷および災害、また住民からの苦情、要望などさまざまな情報が提供され、その対応状況や道路施設損傷状況などのデータの蓄積が行われる。一方、それに伴うデータ量の増大や乱雑な取り扱いなどが予想されるため、適切なデータの整理整頓が必要であり、また災害などの過去の大量の案件から業務の補足情報を取得するなどデータを有効に活用することが重要である¹³⁾。そこで、本システムにより蓄積され

た大量のデータの整理および活用手法について2例を挙げ提案する。

a) 維持管理におけるハード対策例

自動車事故によるガードレール破損箇所や落石箇所などにおいて、繰り返し発生した箇所の頻度を整理、分析を行う。マップ上の図-18のように、過去に発生したガードレール破損箇所群(集合体①)と落石箇所群(集合体②)を「集合体」として地図上で確認することができる。これに基づいて、検索システムを活用し、集合体の内容を確認できる発生頻度の一覧表を作成する(表-5参照)。それらの内容と発生原因を分析し、繰り返し行われる事故発生個所については、局部線形改良(図-19参照)や安全施設の強化、また落石が多い個所については、現地調査し落石防護柵などの設置(図-20参照)を行い、重大な事故に至る前に対症的措置として対策を講じることができる¹⁴⁾。

図-18 地図上での発生箇所の集合体①、②

表-5 発生頻度一覧

路線名	市町名	場所	日時	損傷分類	集合体	対策工事
●●●線	▲▲市	●●	H21.8.1	ガードレール	1	局部線形改良
		●●	H21.9.2	ガードレール	1	
		●●	H21.11.15	ガードレール	1	
		●●	H21.12.15	ガードレール	1	
		●●	H21.12.23	ガードレール	1	
		●●	H22.1.25	ガードレール	1	
		●●	H22.2.1	ガードレール	1	
■■■線	▲▲市	●●	H21.6.3	落石	2	落石防護柵設置
		●●	H21.9.2	落石	2	
		●●	H21.11.15	落石	2	
		●●	H21.12.10	落石	2	
		●●	H21.12.18	落石	2	
		●●	H22.1.25	落石	2	
		●●	H22.2.20	落石	2

図-19 局部線形改良対策例

図-20 落石防護柵設置対策例

b) 道路施設維持管理パトロールの効率化

山口県内の道路は国道、主要県道および一般県道ごとに路線が分けられ、各土木建築事務所の管内ごとに、維持管理パトロールの計画を立て効率的に日常巡視が行われている¹⁵⁾。従来のパトロール計画を踏まえ、蓄積された損傷データを利用することにより、さらに効率的かつ効果的に維持管理パトロールを行うことが可能となる。図-21に、道路損傷箇所から各路線における損傷頻度を分析し、効率的な維持管理パトロールルートの再設定を行う流れの検討手順を示す。図-21に示す事例では、マップ上で確認できる道路施設損傷箇所(図-21の左上参照)をデータ検索システムの活用によって蓄積されたデータを路線区間ごとに、道路損傷が発生している件数を集計する(図-21の右上一覧表参照)。この一覧表から、各路線区間における損傷頻度が多い路線、すなわち損傷発生危険度が高く、しかもヒヤリハットも含まれる

パトロール区間別損傷発生頻度集計表

路線名	市町名	区間	損傷分類	損傷数	頻度順位
主要県道	●●●線 ▲▲市	●-●	舗装	40	1
		●-●	舗装	23	
		●-●	安全施設	32	
		●-●	安全施設	13	
一般県道	■■■線 ▲▲市	●-●	舗装	21	2
		●-●	安全施設	10	
		●-●	安全施設	3	
		●-●	安全施設	3	
一般県道	●●●線 ▲▲市	●-●	舗装	20	3
		●-●	舗装	21	
		●-●	安全施設	10	
		●-●	安全施設	5	
一般県道	■■■線 ▲▲市	●-●	舗装	5	4
		●-●	舗装	1	
		●-●	舗装	5	
		●-●	舗装	1

図-21 パトロールルート効率化の検討手順

路線として位置付けられる。これにより、従来の維持管理パトロールルート（図-21 の左下参照）から、各路線の頻度順位を参考に、パトロールルートや路線ごとのパトロール頻度の検討に基づいて再設定する（図-21 の右下参照）。これにより、効果的なパトロールの実施が行われ、より安全・安心な道路利用の向上を図ることができる。

9. まとめ

本論文の結論は、次のようにまとめることができる：

- ①GPS 携帯電話の位置情報機能と Web-GIS を活用した道路施設維持管理支援システムの開発を行った。これにより、位置情報と道路施設損傷状況がリアルタイムに把握でき、迅速な対応と情報の共有化が図られ、効率的な維持管理を行うことができ、より安全で安心な社会基盤の構築を図ることができるものと考えられる。
- ②GPS 携帯電話における位置情報の誤差については、検証試験でおおよその誤差を確認することができ、それを踏まえた情報確認が必要であることを認識した。
- ③携帯電話で撮影する有効画素数については、鮮明な画像ほどデータ容量が大きく、通信費も高く、サーバへの負担も大きい。道路施設を維持管理する上では、状況と規模がある程度判るものであれば、画素数が少なくても特に問題はない。
- ④圏外区間の対応については、QR コードを用いた位置情報の取得方法を紹介した。QR コードの作成、貼付の手間は掛かるが、簡単に安く誰でもできること、また位置情報の取得も GPS 携帯電話により容易にできることから、その有効性を確認できた。
- ⑤本システムにより蓄積されたデータを単に履歴として残すのではなく、データを維持管理におけるハード対策の検討や維持管理パトロールの効率化が図れるなど、各対応における蓄積データを有効に活用した手法を提案した。今後、運用を繰り返すことによって、さらにデータ量が増大し乱雑な取り扱いなどが予想されるため、適切なデータの整理整頓が必要であり、これら大量のデータを有効に活用できるシステム展開が必要である。すなわち、データに対症療法（事後保全）的対応と予防保全的対応に分類し、蓄積されたデータを有効に活用する道路施設管理アセットマネジメントを展開する予定である。

謝辞：このシステム構築及び試験運用にご協力頂いた山口県旧山口土木建築事務所維持管理課職員並びに山口県土木建築部道路整備課職員の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 西村亘：災害から学ぶ～防災文化と危機管理～ 2011.3.28
- 2) 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 F, Vol.64, No.4, pp.381-393, 2008.11
- 3) 大堀勝正,森地茂：道路維持における行政需要に応じた人員配置の最適化手法,土木学会論文集 F, Vol.66, No.3, pp.412-431, 2010.8
- 4) 古畑貴志,吉澤憲治,小野孝司,寺田守正,吉田和正,矢野高一,中村喜輝,佐野嘉紀,井上明,金田重郎,「Web-GIS を用いた道路管理システム「京都道守くん」の開発」,情報処理学会,第 69 回全国大会,3ZA-9.3 月,2007 年.
- 5) 吉澤憲治,古畑貴志,小野孝司,寺田守正,吉田和正,矢野高一,中村喜輝,佐野嘉紀,井上明,金田重郎,「Web-GIS を用いた道路管理業務支援システム「京都道守くん」の開発」,情報処理学会研究報告・2007-IS-99,pp.39-44,3 月,2007 年.
- 6) 位置コミ
<http://www.ichi-comi.com>: 2011.10 現在
- 7) 荒木孝彦：GPS 携帯による災害情報共有システムの構築：建設マネジメント技術 2009 年 9 月号
- 8) 窪田論,小澤田貴泰,加藤誠,小田島直樹,阿部明博,岩手県立大学ソフトウェア情報部,小田島 I T 事業部：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 2009-IS-107,pp.71-76, 2009.3
- 9) 一瀬邦継,中西正樹,寺田守正,藤澤裕樹,吉澤憲治,金田重郎：道路維持管理業務支援システムにおけるデータマイニングの適用,情報処理学会研究報 2009-IS-108, No.5, 2009.6
- 10) Google マップホームページ
<http://maps.google.com/maps>: 2011.10 現在
- 11) XYBL TOOL ホームページ
<http://www.n-survey.com/xybl/index.htm>: 2011.10 現在
- 12) Psytec QR Code Editor ホームページ
<http://www.psytec.co.jp/docomo.html>: 2011.10 現在
- 13) 蒔苗耕司：土木における情報の意義と役割,土木学会論文集 F, Vol.64, No.2, pp.148-162, 2008.5
- 14) 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, 2010.3
- 15) 貝戸清之,小林潔司,加藤俊昌,生田紀子：道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク,土木学会論文集 F, Vol.63, No.1, pp.16-34, 2007.2

(2011.10.20)

DEVELOPMENT OF A REAL-TIME FORECASTING SYSTEM FOR ROAD FACILITIES IN YAMAGUCHI PREFECTURE AND ITS PRACTICAL APPLICATIONS

Satoru YAMANE, Takashi YOSHIMURA and Ayaho MIYAMOTO

Maintenance strategy for road facilities on the road network which is an essential lifeline supporting our life is becoming a major social concern in safety and securer civil societies for not only Yamaguchi prefecture but also other prefectures in recently. This paper describes a road facilities maintenance management support system combined with the latest information and communication technologies, such as the information function at the position of the GPS cellular phone with web GIS, etc. By using the system, because information can be shared by using location information function, photograph function, e-mail functionality, and web GIS of the GPS cellular phone to its maximum, an efficient, effective maintenance management can be done. From the comparison of the results of applying the system to an actual road network in Yamaguchi prefecture area, the road administrator can in real time confirm the position and the situation of the facilities damage of the road from the Internet, and a quick mending can be done.