

道路維持管理の効率化に資する 全方位映像を活用したシステム開発とその評価

坂井 康一¹・大石 岳史²・岡本 泰英³・小野 晋太郎⁴・平沢 隆之⁵

¹正会員 東京大学准教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: kosakai@iis.u-tokyo.ac.jp

²非会員 東京大学准教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: oishi@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp

³非会員 東京大学特任助教 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: okamoto@cvt.iis.u-tokyo.ac.jp

⁴非会員 東京大学特任准教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: onoshin@its.iis.u-tokyo.ac.jp

⁵正会員 東京大学助教 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

E-mail: hirasawa@iis.u-tokyo.ac.jp

道路維持管理業務の多くは現場状況の目視が基本であり、視覚情報が重要な役割を果たしている。現場状況の目視確認においては、定期的な道路巡回の走行車両からの確認や、必要に応じて現場に赴いての確認など、現場の職員に大きな負担をかけており、コストや効率面において課題である。これらへの対応として映像情報の活用が効果的であり、これまでもCCTV等の活用が進んでいる。

本稿では、近年撮影が容易となった一度にあらゆる方向の撮影が可能な全方位映像に着目し、全方位映像上に距離標、道路照明柱、埋設横断管をはじめとする道路維持管理に必要な情報を重ね合わせたシステムを開発し、国道事務所での活用を通じて、いくつかの道路維持管理業務において省力化、合理化が図られる可能性が示された。

Key Words : road management and maintenance, omnidirectional video, database, evaluation

1. はじめに

道路の異常、道路利用状況等を確認する道路パトローカーによる道路巡回、落下物・障害物への対応、苦情対応（騒音、振動、雑草繁茂等）、災害時の対応等、道路維持管理業務¹⁾の実施内容は多岐にわたり、その多くは現場での目視確認が基本となっている。近年は、道路構造物等の老朽化対策として、定期的な近接目視²⁾の他にも通常時の道路巡回での目視確認³⁾も大切である。

一方で、財政制約の強まりやインフラストックの増加による維持管理費用の増加、生産年齢人口減少等の課題⁴⁾もあり、道路維持管理においても業務の省力化、合理化が求められている。

そのような中、路側に設置されたCCTV映像の道路維持管理への活用が進んでいる。平常時、緊急時・災害時等の道路状況について、現地に行かなくとも事務所内で

リアルタイムでCCTV映像を通じた把握⁵⁾が可能となっているとともに、映像を記録・保存することで業務の効率化が図られ、道路維持管理業務に役立っている。それらの映像は静止画等でリアルタイムにwebサイトに一般向けに公開⁶⁾されている。また、道路パトローカーに搭載したカメラの映像の道路管理への活用⁷⁾も可能となってきており、静止画を含めた映像の活用に期待が高まっている。

最近の映像技術の発展は著しく、ドライブレコーダーの他に、一度にあらゆる方向を撮影できる全方位映像は、主にエンターテインメント関係での活用を中心に、機材の小型化・軽量化・価格低下⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾が進んでおり、高価な撮影機材や高度な撮影技術を持たなくとも、手軽に撮影できるようになってきている。全方位映像は、閲覧者が見たい方向を映像として自由に見ることができる特徴を持っているため、道路状況の把握には効果的なツールで

あると考えている。

また、道路管理者が所有する施設等に関する情報として、道路上での位置を表現する基礎的情報である距離標（キロポスト）情報をはじめ、橋梁、トンネル、大型カルバート、横断歩道橋、照明施設、防護柵、道路情報板等の道路施設や道路付属物の情報、舗装路面の劣化状況等の舗装路面性状情報、舗装の修繕履歴情報、道路法面等の防災点検情報、災害・復旧履歴情報等、多数存在している。他にも、道路管理者以外が所有し、道路上を占有している施設等である、道路標識、電柱、電線、上下水管等の地下埋設物等にかかる情報も多くある。これらの情報は、道路維持管理業務において必要不可欠なものであるが、それぞれのデータベースでの蓄積や紙ベースでの蓄積など、ばらばらであることも多く、維持管理の現場職員がこの情報にアクセスに時間を要することも多い。これらの情報は、視覚情報との結びつけは必ずしもなされておらず、道路巡回で通常見ている道路施設がいつ点検していたか等を把握することも容易でない場合が多い。

本研究では、撮影した全方位映像の閲覧と可能とし、全方位映像に道路維持管理情報を紐づけるシステムを開発するとともに、実際に国道事務所の管理区間を撮影し、道路維持管理作業の効率化が図られる内容を具体的に示すとともに、実際に活用してもらい、効率化の可能性を確かめた。

2. 既存システムと本研究の位置づけ

(1) 映像を活用した既存システム

道路上の全方位を閲覧できる既存システムの代表としては、Googleのストリートビュー¹²⁾が挙げられる。しかし、ストリートビューの道路維持管理作業への活用には、最新の映像ではないこと、撮影した時期が不明かつ撮影時期が統一されていないこと、路面や上空ではつなぎ合わせ誤差（スティッチングエラー）が顕著であること、プライバシー保護の観点での道路管理上必要な情報（照明灯番号等）が削除されていること等の課題があるとの指摘がある¹³⁾。ドライブレコーダーの映像の活用も始まっているが、道路法面をはじめとする道路の沿道に位置する構造物については見づらいという課題の指摘がある¹⁴⁾他、映像の閲覧に当たっては、撮影された映像の位置の表示方法や、閲覧したい場所の頭出し方法等、ユーザインターフェイスの工夫が必要である。

(2) 道路維持管理情報を取りまとめた既存システム

道路維持管理業務における必要な情報を取りまとめるシステムとして代表的なものは、GIS（地理情報システ

ム）を用いたものである。インターネット上でGISを利用できるwebGISを用いたもの¹⁵⁾¹⁶⁾や、国土交通省で整備を進めている大縮尺の地図である道路基盤地図情報を用いたもの¹⁷⁾等がある。苦情・通報情報や道路施設・点検情報の他にも、道路占用許可申請、道路占用物件管理等の行政手続きにかかる道路維持管理情報を扱うもの¹⁸⁾もある。これらは、地図という2次元情報に道路維持管理情報を位置情報で紐づけて、レイヤーとして管理するものであり、広く活用されている。

また、三次元レーザー計測（モバイルマッピングシステム：MMS）による道路及びその周辺の三次元座標データ¹⁹⁾の取得が実用化され、この三次元座標データを活用した道路・構造物の維持管理業務を支援するシステム²⁰⁾が開発されている。同システムは、全ての三次元座標データが緯度・経度・高さのxyz位置座標を持っており、全方位映像とも連動している。高架橋、橋梁、トンネル等の道路構造物が多く存在する首都高速道路においては、非常に有益なものである。しかし、三次元座標データの取得費用が高額であることや、道路周辺の状況が民家や農地等、精密な位置座標を必要としない区間が多い路線では、要する費用に比して三次元座標の取得の必要性が低い場合がある等の課題がある。

既存の複数の業務目的毎のシステムを連携し、多様な情報の取得を容易にして、情報の見える化を行うことで道路維持管理業務を支援するシステム²¹⁾の開発も行われており、同システムでは位置情報を用いて各種情報の取得が可能である。しかし、システム自体が大規模なものであり、導入費用は高額になることが想定される等の課題がある。

(3) 本研究の位置づけ

筆者らは、これまでに目視確認を基本とする道路維持管理業務における、静止画を含めた映像の活用による道路維持管理業務の省力化・合理化への期待から、全方位映像に着目し国道事務所が管理する道路について実際に全方位映像を撮影し、ストリートビューをはじめとする映像を活用した既存システムよりも優れている点を明らかにしてきた¹⁵⁾。また、現在は一般的と画像や映像中にテキスト情報やリンクなどを埋め込む技術や、Callien²²⁾らによって提案されている3Dモデルに情報へのリンクを埋め込む技術等を活用し、全方位映像をインターフェイスとして道路維持管理業務に必要な距離標等の情報を紐づける新たなシステム（図-1）を提案し、開発してきた²³⁾。

本研究では、より利活用できるよう、上記システムに道路台帳附図、橋梁・トンネル諸元情報、埋設された横断管情報等、新たな道路維持管理情報を追加するとともに、雑草等が繁茂している夏季の映像と雑草が枯れて法

3. システム概要

(1) システムの特徴

本研究にて利用するシステムは、坂井ら²⁹⁾が開発したものを利用しており、ユーザはウェブブラウザ上で道路の全方位映像が閲覧でき、マウス操作で360度自由な方向を表示できる。同時に表示する地図（Google Mapを利用）上の位置と対応した地点の全方位映像が表示できるとともに、地図上の任意の点に移動させることもできる。

その全方位映像に重ね合わせる形で、距離標や道路施設、路面性状等の道路維持管理情報をその位置に表示できる。これらの情報は、全方位映像中に3Dアイコン又は平面パネルで表示し、視覚的に把握できる。それらのアイコン、パネルをクリックすると、そこに登録された詳細情報が情報内容の表示部にテーブル形式で表示される。数値、テキストデータ、別ページへのリンク等も表示可能である。また、関連ファイルのダウンロードが可能であり、新たに、当該箇所の道路台帳附図のPDFがダウンロードできる仕組みを追加した。

操作ユーザインターフェイス部では、全方位映像の連続再生・停止、全方位映像の解像度設定（高・低の2段階）、住所による現在位置の設定、各道路維持管理情報の表示・非表示設定が可能である（図-2）。

また、新たにトップページを設定し、閲覧したい映像の日付設定、全方位映像の解像度設定（低解像度かどうか）、閲覧したい区間の選択画面（地図上及び区間名に

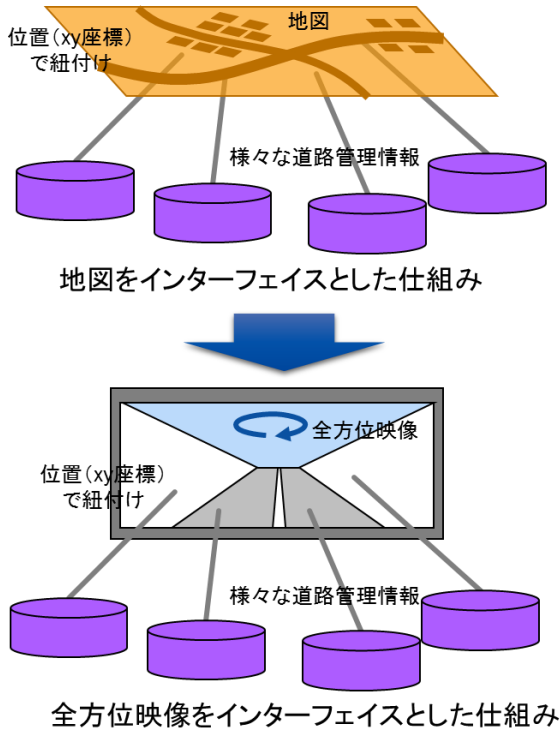


図-1 インターフェイスの仕組みの違いの概念図²⁹⁾

面等の状態が分かりやすい冬季の映像を撮影し、上記システムで両方の映像の閲覧を可能とした。

全方位映像

地図



図-2 表示画面

よる選択)を配置した(図-3)。

(2) システム構成

本システム²³⁾は、サーバーとクライアントの2つのシステムから構成される(図-4)。サーバーは、全方位映像データを管理するデータベース、道路維持管理情報を管理するデータベース、必要なデータを取り出してWebサーバーを介してクライアントへ提供するサーバープログラムから構成される。クライアントはサーバーから提供されたデータをブラウザ上で表示するための表示プログラムで構成される。

また、本システムは、全方位映像データや道路維持管理情報をアップロード、更新する機能も有する。全方位映像データは、撮影時のGPS軌跡データとともにアップロードすることで、道路の各地点と全方位映像の各フレームが正確に対応する形でデータが追加される。道路維持管理情報は、既存の電子データ(Microsoft Excel形式のデータ)を自動的に読み込みするアップロードシステムを有している。

(3) 道路維持管理情報の分類

本システムでは、距離標や道路施設、路面性状等の道路維持管理情報を全方位映像に重ね合わせるために、坂井ら²³⁾の検討を踏まえ、道路維持管理情報を点情報、線情報、面情報の3つに分類(表-1、図-5)した。これにより、新たに重ね合わせる道路維持管理情報について、点、線、面のいずれかの情報に分類し、表示方法をルール化することができる。

(4) 使用した全方位映像及び道路維持管理情報

全方位映像は、国土交通省磐城国道事務所の平維持出張所管内の区間を、夏季は2016年7月21日、冬季は2017年2月16日に撮影したものをを用いた。

今般、全方位映像に重ね合わせた道路維持管理情報としては、よく利用されている情報、電子データとして位置情報を含めエクセル形式等ですでに整備されている情報、点情報及び線情報に該当する情報として、距離標情報(点情報)、照明柱情報(点情報)、路面性状情報(線情報)、構造物(橋梁・トンネル)情報(線情報)、埋設横断管情報(点情報)を対象とした。詳細な内容を表-2に示す。

4. 本システムの活用可能性

本システムの活用にあたって、国土交通省磐城国道事務所の道路管理担当職員にヒアリングを行い、坂井ら²³⁾での検討を踏まえ、道路維持管理作業への活用可能性



図-3 トップページ画面

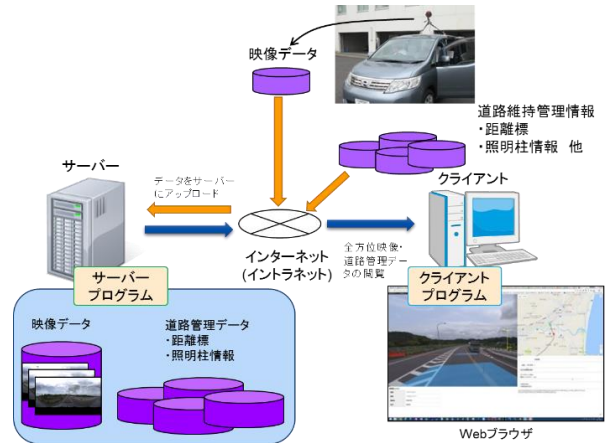


図-4 システム構成概要図²³⁾

表-1 道路維持管理情報と点、線、面情報の定義^{*}

分類	定義	与えられる位置情報	関連する道路維持管理情報	表示方法
点情報	道路上のある一点を表す情報	位置情報(1点で定義)	距離標、照明柱等	・点 ・線(道路横断方向)
線情報	道路の一定範囲(道路延長方向の2点間等)を表す情報	起点と終点の位置情報(2点で定義)	路面性状等	・面(起点・終点方向と道路横断方向)
面情報	道路の一定範囲(道路延長方向の2点間等)に加え、高さ等を加えた範囲を表す情報	起点と終点の位置情報及び高さ情報等の追加情報(3点で定義)	道路法面、トンネル壁面等	・面(起点・終点方向と高さ方向等)

^{*}坂井ら²³⁾を修正

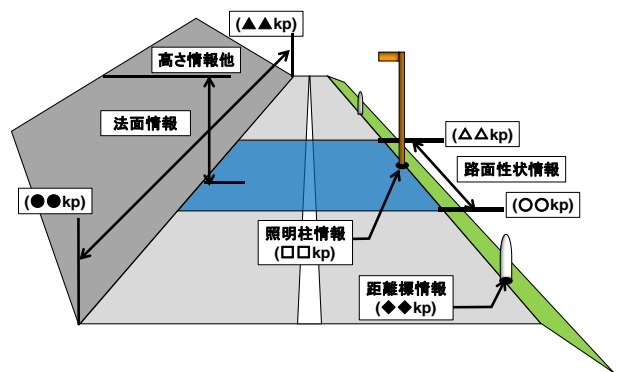


図-5 点情報、線情報、面情報のイメージ²³⁾

表-2 全方位映像に重ね合わせた道維持管理情報*

道路維持管理情報	情報分類	全方位映像と紐付する位置情報	全方位映像での表示	情報内容表示部の主な内容
距離標情報	点	緯度・経度	道路横断方向に板状の3Dアイコン, 距離標の数字	緯度・経度
照明柱情報	点	緯度・経度	照明柱を模した3Dアイコン, 照明柱番号	照明柱番号, 施設名(車道照明, 歩道照明等), 形式(直線型, 逆L型, Y型等), 位置情報(緯度・経度, 距離標), 設置年, 設置場所(住所), 点検時期等
埋設横断管情報	点	距離標	埋設横断管を模した3Dアイコン	位置情報(距離標), サイズ, 延長等
路面性状情報	線	距離標(起点・終点)	起点・終点間の路面上の着色を模した図形	起点・終点の位置情報(緯度・経度), 路面種別(アスファルト舗装, コンクリート舗装), 最新補修年度, MCI (Maintenance Control Index: 舗装の維持管理指数), ひび割れ率, わだち掘れ量, 平坦性等
橋梁・トンネル情報	線	距離標(起点・終点)	起点・終点間の道路両側の着色を模した図形, 橋梁・トンネルを模した3Dアイコン(起点部のみ)	橋梁・トンネル名称, 起点の位置情報(距離標), 延長, 幅員, 設置年次等
道路台帳附図	線	距離標(起点・終点)	道路台帳附図ボタン	なし(道路台帳附図ボタンをクリックすると, 当該映像の位置の道路台帳附図(PDF)が別ウインドウで表示. ダウンロードも可)

*坂井ら²⁹⁾を追記, 再構成

について検討した。

(1) ある時点での道路・沿道状況の記録としての活用

まずは, ある時点での道路状況の記録としての活用が挙げられる。撮影時期が明確であるオンデマンドでの全方位映像撮影による定期的な撮影等, 時系列での連続した映像記録が有効と考えられる。

災害, 事故, 劣化前の健全な状況が日付とともに記録されていることにより損傷の把握, 復旧時の責任の明確化等に寄与することが期待される。具体的には, 舗装や道路付属物, 道路構造物の劣化状況や劣化進行の度合いの把握等の他, 夜間時における昼間の状況の映像との比較による道路周辺の状況の把握等が挙げられる。

不法占用については, ある時点での不法占用状況が記録されていることにより, 指導の頻度や強度の確定に寄与することが期待されるとともに, 定期的に複数回記録されていれば, 不法占用の期間の把握への寄与にも期待される。ある時点での不法占用状況や, 時系列的な不法占用の状況の把握が可能となる。

従前は, 健全な状況の映像等での記録がないことが多く, 例えば損傷事故等が起きた場合, 健全な状況の把握のために, 道路パトロールでの記録やパトロールの職員からの聞き取り等, 多大な時間を要するが, ある時点での記録としての全方位映像があれば, その箇所の状況を容易に把握することが可能となる。

(2) 机上での現場状況の把握への活用

また, 現場状況が記録されていることで, 事務所において机上で現場状況の把握が可能となる。従来なら, 実際に現場に職員を派遣し, 目視により確認すべきところ

を, 現地に行かずとも事務所にいたまま, 映像の確認で状況の把握が可能となる。

例えば, 従来は徒歩での確認が主である占用物件の一次調査への活用や, 従来は道路台帳附図や現場での確認が必要となる災害時等を踏まえた路肩や路側帯の状況等の把握等を含む雨量規制区間・除雪優先区間等における道路状況等の把握の他, 従来はその都度現場確認が必要となるような, 雑草繁茂による視距阻害解消のための除草箇所確認, 道路構造物の定期点検後のフォローアップ, 国道上空を横断する他管理者構造物の状況確認等が挙げられる。その他にも, 一般の方からの通報等による路上障害物, 苦情・問合せがあった場合の場所特定に当たって, 通報者が目印とするランドマークや道路沿道にある物の把握が事務所側の受信者が容易になることが期待される。

(3) 道路維持管理情報と全方位映像中の道路構造物等との紐付けによる情報検索への活用

さらに, 道路維持管理情報と全方位映像中に写っている道路構造物, 付属物や占用物件等の紐付け結びつけによる, 道路維持管理情報の映像からの検索の活用も考えられる。

例えば, 道路パトロールで気になった道路構造物・付属物等の点検履歴の確認, 全方位映像で確認した場所の道路台帳附図の取り出し, 道路管理者の管理物と占用物の区別表示による道路パトロール内容の事前把握(あらかじめ道路パトロール中に確認すべきものを事前に把握可能)等が挙げられる。いずれも, 従来は視覚情報と道路維持管理情報がばらばらであり情報検索に時間を要していたものが, 時間短縮につながることを期待される。

これにより、道路パトロール業務をはじめとする現場作業での情報検索の省力化・合理化や、事務所での情報管理の省力化・合理化等が期待される。

(4) 教育・人材育成への活用

上記の他にも、全方位映像が道路パトロールの目線とほぼ同じであり、あらゆる方向を見ることが可能であり、同時に距離標や道路構造物、附属物の存在が映像上に分かりやすく表示されることから、職員向けの教育・人材育成への活用も期待される。

具体的には、新たな担当者が道路パトロールを実施する場合のOJTのツールとしての活用、学生インターンを含む研修生の道路巡回疑似体験における活用等が挙げられる。

OJTにおいては、現場に行かずとも机上でできることから時間短縮が見込まれる他、新たな担当者と同じ全方位映像画面を経験者が見ること、確認すべきもの・内容等についての的確な指導ができること、再生速度を遅くしたり繰り返したりすることで、確認すべきもの・内容等の確認の練習が繰り返し可能であること等、効果的なOJTの実現が期待される。

研修生の道路パトロール疑似体験では、机上で行うことから研修生の安全に配慮できること、指導者と見ること、確認すべきもの・内容等、道路パトロールで実施すべき内容について、効果的に理解することが可能である等の効果が期待される。

これ以外にも、新たに当該道路の管理担当職員になった場合の他、当該道路を管理する事務所へ異動した職員が、当該道路の種々の状況や情報を理解、認識する必要があるが、本システムを活用することで、現場に行かずとも現場の状況や関連する道路維持管理情報の理解を効率的に行うことが期待される。

5. 国道事務所での具体的な活用事例とその効果

国土交通省磐城国道事務所に協力をいただき、本システムを活用してもらい、いくつかの活用事例及びその効果について検証を行った。

(1) ある時点での道路・沿道状況の記録としての活用

ある時点での道路状況の記録としての活用としては、以下のような事例があった。

道路管理区間内で縁石損傷事故が発生したが、原因者から元から壊れていたとの主張があり、全方位映像を確認した結果、事故以前からの損傷であったことが確認できた。また、道路法面に法面管理用の階段が設置してある箇所、車両が単独で法面に衝突、転倒した事故があ

り、階段の転倒による事故の可能性があったが、事故以前の全方位映像を確認した結果、車両が階段に衝突して破損したことが警察により断定された。

いずれの事例も、過去の健全な状態の映像記録が残っていない従来の場合、過去の道路パトロール日誌や道路パトロール実施者等からの聞き取りなどを通じて確認を行うほか無く、数日は要するが、本システムの活用では、確認に要する時間は数分もあれば可能であり、時間短縮効果は非常に大きい。それに加え、従来の場合、調査を行っても、過去の健全な状態がどうであったかは推測に過ぎず、確定的な判断は難しいところであるが、健全な状態の映像が記録されている本システムでは、確実な判断を可能とするものであり、時間短縮以上の効果があった。

(2) 机上での現場状況の把握への活用

机上での現場状況の把握への活用事例としては、以下のようなものがあった。

支障移転物件（通信線）について、トンネル情報板の下を占有している通信線の状況を確認すると共に、ケーブル種別（電力線又は電話線）について、現地に行かずとも、机上で確認することができた。

従来なら、現場に職員を派遣し、目視確認、写真撮影等を行うため、半日程度の作業が必要だが、本システムの活用により、数分で確認が可能であり、時間短縮効果は非常に大きい。それに加え、従来は派遣できる職員の確保や天候等の考慮が必要であり、現場の職員派遣不要という点は、時間短縮以上の効果があった。

6. おわりに

本研究では、道路維持管理の効率化に資することを目的とした、全方位映像に地図の他、距離標をはじめとする道路維持管理情報を重ね合わせたシステムの開発を行った。既存の道路維持管理情報を最大限に活用できるよう、情報更新を容易にし、必要な情報をサーバーにアップロードし保存するシステム構成とするとともに、道路・沿道状況等の記録保存機能と道路維持管理情報検索機能を併せ持つ、全方位映像をインターフェイスとするシステムとした。

本システムの利用場面について、道路・沿道状況等記録保存機能として、ある時点での道路の状況の記録としての活用及び机上での現場状況の把握への活用、道路維持管理情報検索機能として、道路維持管理情報と全方位映像中の道路構造物等との紐付けによる情報検索への活用、これらの組合せとして、教育・人材育成への活用に分類し、具体的な活用場面及び期待される効果について国道事務所の管理担当者のヒアリングを通じて明らかに

した。

また、実際に国道事務所の管理担当者に本システムを利用してもらい、いくつかの道路維持管理業務において省力化、合理化が図られる可能性が示された。

今後は、引き続き国道事務所の管理担当者に活用してもらうとともに、全方位映像の撮影や、撮影した映像及び道路維持管理情報の作成・サーバへのアップロード方法等の簡素化及びその評価の実施を通じて、より使い勝手の良い、業務の省力化、合理化につながるシステムの開発を進めていきたい。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国土交通省東北地方整備局磐城国道事務所及び平維持出張所の職員の方々には、多大なご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局：国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案），2013.
- 2) 国土交通省道路局国道・防災課：橋梁定期点検要領，2014.
- 3) 国土交通省編：国土交通白書 2014 平成 25 年度年次報告，pp.15-45，2014.
- 4) 奥谷正，平城正隆，大入直輝，国土交通省における映像情報共有化システムの構築に関する研究：国総研資料 第 187 号，2004.
- 5) 石井康雄，藤本幸司，上坂克巳：国土交通省における映像情報共有化システムについて，映像情報メディア学会技術報告 30(14)，41-45，2006.
- 6) 国土交通省道路局：冬の道路情報 雪みち情報リンク集，<http://www.mlit.go.jp/road/fuyumichi/fuyumichi.html>，(2018.7.30 閲覧)
- 7) 国土交通省東北地方整備局道路部：東北地方降雪・路面情報，<http://pdasv1.thr.mlit.go.jp/romen/>，(2018.7.30 閲覧)
- 8) NEXCO 東日本関東支社：道路管制センターリニューアルオープンについて，2016.1.21，http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/press_release/kanto/h28/0121/ (2018.7.30 閲覧)
- 9) Ricoh THETA，<https://theta360.com/ja/> (2018.7.30 閲覧)
- 10) GARMIN VIRB360，<http://www.garmin.co.jp/products/intosports/virb-360/> (2018.7.30 閲覧)
- 11) GoPro Fusion，<https://jp.shop.gopro.com/APAC/cameras/fusion/CHDHZ-103-master.html>，(2018.7.30 閲覧)
- 12) Google ストリートビュー，<http://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/> (2018.7.30 閲覧)
- 13) 坂井康一，大石岳史，小野晋太郎，平沢隆之：道路管理における全方位映像の活用の可能性，生産研究 Vol.1.69，No.2，pp.67-71，2017
- 14) 吉田和正，中村喜輝，寺田守正，吉澤憲治，古畑貴志，矢野高一，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の開発，日本社会情報学会 第 22 回全国大会，pp.114-119，2010
- 15) 窪田諭，菅原貴衡，橋本忠義，市川尚，阿部昭博：道路維持管理のための WebGIS を用いた情報ポータルの開発，情報処理学会研究報告，Vol.2011-IS-116，No.1，pp.1-7，2011
- 16) 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・予測システム構築と実証，土木学会論文集 F3(土木情報学)，Vol.67-2，II_1-15，2011
- 17) 横地克謙，今井龍一，井星雄貴，佐々木洋一，重高浩一：大縮尺の道路地図を用いた道路管理の効率化に向けた取り組み，土木情報学シンポジウム講演集 Vol 37，pp5-8，2012.9
- 18) 一般財団法人道路管理センター：道路管理システムの構成，<http://www.roadic.or.jp/systemimage.html> (2018.7.30 閲覧)
- 19) 国土交通省国土地理院：移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル（案），2012
- 20) 首都高技術株式会社：InfraDoctor/インフラドクター，<http://www.shutoko-eng.jp/technology/infradoctor.php> (2018.7.30 閲覧)
- 21) 東日本高速道路株式会社：スマートメンテナンスハイウェイ，<https://www.e-nexco.co.jp/effort/aging/smh/> (2018.7.30 閲覧)
- 22) M. Callieri, P. Cignoni, F. Ganovelli, G. Impoco, C. Montani, P. Pingi, F. Ponchio, R. Scopigno, “Visualization and 3D data processing in David’s restoration”, In journal of IEEE Computer Graphics & Applications, Vol. 24(2), 2004.
- 23) 坂井康一，大石岳史，小野晋太郎，岡本泰英，平沢隆之：全方位映像を活用した道路維持管理業務支援に関する研究，生産研究 Vol.1.70，No.2，pp.101-106，2018

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF THE SYSTEM USING OMNIDIRECTIONAL VIDEO THAT CONTRIBUTES TO EFFICIENCY OF ROAD MANAGEMENT AND MAINTENANCE

Koichi SAKAI, Takeshi OISHI, Yasuhide OKAMOTO, Shintaro ONO
and Takayuki HIRASAWA