

道路維持管理の効率化等に向けた道路維持管理 情報基盤としての全方位映像の活用の可能性

坂井 康一¹・大石 岳史²・岡本 泰英³・影澤 政隆⁴・大口 敬⁵

¹正会員 国土交通省関東地方整備局千葉国道事務所 (〒263-0016 千葉市稲毛区天台 5-27-1)

E-mail: sakai-k8311@mlit.go.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@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp

³非会員 株式会社アスカラボ (〒155-0031 東京都世田谷区北沢 1-20-7-102)

E-mail: okamoto@asukalab.co.jp

⁴非会員 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: kagesawa@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp

⁵フェロー 東京大学教授 生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

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

近年の財政制約の強まりの中、老朽化した道路施設への対応や増加する災害への対応等、道路維持管理業務が増大する中、生産年齢人口の減少に伴う担い手不足等から、道路維持管理の省力化、効率化、高度化がこれまで以上に必要とされてきている。効率的・効果的な道路維持管理の実施に当たって、効果的・効率的な道路維持・補修計画の立案のためには、道路維持管理情報の集約化・可視化を通じた業務の改善が求められている。また、映像情報は道路維持管理の現状の把握、計画の立案に当たって有用な情報である。

本稿では、近年撮影が容易化してきた全方位映像に着目し、撮影した全方位映像に道路維持管理情報を重ね合わせる仕組みを開発し、道路維持管理への活用とともに道路維持管理情報の集約基盤としての活用の可能性について、国道事務所での実際の適用を通じて検討を行った。

Key Words: road management and maintenance, efficiency, omnidirectional video, information infrastructure, database

1. はじめに

近年の財政制約の強まりの中、担い手不足等から、道路維持管理の省力化、効率化、高度化が求められている状況において、道路施設の現場状況の把握に当たって職員が現地に向いて確認することは難しい。コロナ禍の中、在宅勤務も増えている状況下では、事務所や在宅時でも現場状況の把握ができる必要がある。

また、道路維持管理に関する情報は種々あり、それらを素早く的確に取り出すことは、道路維持管理業務や道路維持管理計画立案の効率化、高度化において求められている。

本稿では、近年撮影が容易となった全方位映像を活用し、映像の中に道路維持管理情報を表示させるシステムを構築し、道路維持管理への活用とともに、道路維持管

理情報の集約基盤としての可能性等について、国道事務所での実際の適用を通じて検討を行った。

2. 研究の背景と目的

(1) 国道（国管理）の維持管理を取り巻く情勢

2020年5月に公表された「国道（国管理）の維持管理等に関する検討会 中間取りまとめ」¹⁾では、今後の維持管理の取組の方向性として「道路デジタルメンテナンス戦略（案）」が示され、ICT・AI等の新技術の積極的な活用を進め、効率的なメンテナンスオペレーション体制の構築を図ることとされている。また、維持・修繕計画の重点分野として、「道路の情報統合化、維持管理計画立案の分野」が指摘され、情報の統合化・可視化で業務プロセスの改善等を図ることとされている。

また、新型コロナウイルスをきっかけとして、社会のデジタル化が進展し、インフラ分野においてもデータとデジタル技術を活用して、国民のニーズを基に社会資本や公共サービスを変革すると共に、業務そのものや、組織、プロセス、建設業や国土交通省の文化・風土や働き方を変革し、インフラへの国民理解を促進すると共に、安全・安心で豊かな生活を実現するインフラ分野の DX（デジタルトランスフォーメーション）²⁾の検討も始まっている。

これらの最新の動きからも、道路維持管理分野において、最新の情報通信技術等を活用した効率化、高度化がこれまで以上に求められている。

(2) 映像等の活用

道路維持管理における映像等の活用は大きく 2 つの流れがあると言える。

1 つは、映像情報である。路側に設置した CCTV 映像により、現場に行かずとも現地の状況がリアルタイムの映像で把握できる。その活用は道路維持管理業務では一般化し、特に災害発生時の現地の状況把握においては有効活用されている。パトロールカーに搭載した車載カメラの活用^{3,4)}も実用化されつつある。

最近では、360 度の映像を撮影できる全方位映像が、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^{5,6,7)}が進み、誰でも手軽に撮影できるようになった。その映像に道路維持管理情報を重ね合わせたシステム^{8,9,10)}の開発も進んでいる。

もう 1 つは、三次元レーザー計測技術を用いた 3D 点群データの活用である。これらは測量分野を中心に利用が進んだものであり、道路を走行しながら道路及びその周辺の三次元座標データを取得できるモバイルマッピングシステム (MMS)¹¹⁾を用いた道路維持管理システム¹²⁾が開発・実用化されている。その他にも、道路周辺から見えない場所の三次元座標データを収集できる航空レーザー測量¹³⁾や、航空レーザー測量より低い高度から三次元座標データを取得できる無人航空機 (UAV) を用いた UAV レーザー測量¹⁴⁾がある。

三次元座標データは、路面や高架橋・橋梁・トンネル等の道路構造物の正確な位置情報を持つことができ、路上工事における支障物となる道路構造物等の位置関係の把握や、コンクリートの浮きや路面の凹凸等の道路構造物の小さな変状の把握ができる。また、航空レーザー測量や UAV レーザー測量は、樹木をはじめとする植生下の地表面の把握が可能であり、道路法面の危険性の把握等に活用できる。さらに、映像とは異なり、ドライバ視線や俯瞰した視点等、視点の高さを容易に変えることができる。一方で、データ取得のコストが高い課題がある。

(3) 道路維持管理情報の集約基盤

道路維持管理情報の集約基盤の事例としては、二次元の地図を基盤に位置情報で紐づける地理情報システム (GIS) がある。国土交通省で整備を進めている、道路工事完成図の電子成果品を活用した、道路を構成する地物のデータ構造を持つ 1/500~1/1,000 の大縮尺の道路地図である道路基盤地図情報を用いたもの¹⁵⁾の他、近年は webGIS を活用したものが多く、行政が持つハザードマップ等の情報を web 上で提供しているもの^{16,17)}がある。

(4) 本研究の位置づけ

全方位映像と三次元座標データは、視覚情報としての道路の周辺情報が得られる特徴がある。一方で、道路の沿道状況は民家や農地等も多いため、人工的な法面だけでなく自然法面も多くあり、また、季節による植生の変化もあることから、それらの変化を把握する上でも、高頻度で容易に撮影ができることが望ましい。このことより、撮影やデータ処理に高い技術を必要とせず、維持管理業務の担当者でも対応できるような手軽さと、撮影費用の安価な、全方位映像の利活用が効果的と考える。

筆者らは、これまで、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、Callieri¹⁸⁾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、GIS のような地図情報に代わり、全方位映像をプラットフォームとして道路維持管理業務に必要な距離標をはじめ、道路構造物情報等を紐づける新たなシステム (図-1) を提案、開発してきた^{8,9)}。

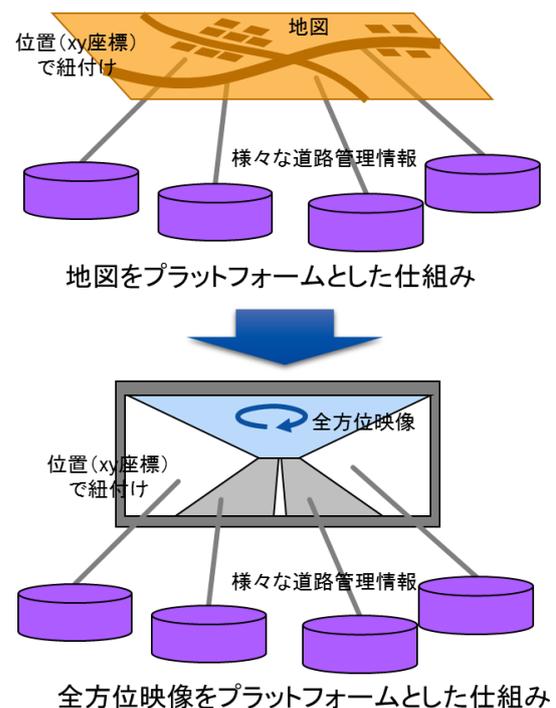


図-1 プラットフォームの違いの概念図

本稿では、これまで用いてきた研究者向けの高価な全方位映像の撮影機材に代えて、一般に市販されている安価な機材を用いて撮影した全方位映像を用い、新たに道路維持管理に必要となる情報等を追加し、ユーザーインターフェイスに改良を加えた。また、本システムの活用可能性について、検討を行った。

3. 提案システムと実践

(1) システムの概要

本システムは、筆者らが開発したシステム^{8,9)}を用いている。現場や外出先からのアクセスも可能とするため、デスクトップパソコンの他、タブレットやスマートフォンからも閲覧できるよう、web ブラウザでの閲覧を基本としている。

全方位映像と道路維持管理情報は緯度経度情報で紐づけされている。全方位映像は、撮影時のGPS軌跡データを記録したものをを用いている。道路維持管理情報は、汎用性のある、GISでも利用可能な、緯度経度情報を含むCSVファイルを利用している。そのため、オープンデータとして公表されているGIS用データでもCSVファイルに変換することで利用可能である。

道路維持管理情報の位置情報は、緯度経度ではなく、道路管理に用いられる距離標を用いている場合がある。距離標(100mピッチ)と緯度経度情報の変換表を用いることにより、距離標の位置情報のみ持つ道路維持管理情報でも利用可能である。

また、道路維持管理情報を筆者ら⁹⁾が分類した点情報、線情報、面情報に分けることで、システム上で全方位映像と重ね合わせる際のルール化を可能としている。

(2) 全方位映像の撮影

全方位映像は、国土交通省千葉国道事務所管内で2019年10月に撮影したものをを用いた。撮影に当たっては、市販化されているGoPro Fusion(表-1)を用い、製作した架台により車両に取り付けた(図-2)。また、車両内でのカメラ遠隔操作のためのタブレット(iPad)、バッテリー持続時間が約1時間であることから複数個のバッテリーを用意した。高い技術を必要とせず、事務所職員により撮影を実施した。

(3) 重ね合わせた道路維持管理情報

重ね合わせた道路維持管理情報は、公開されているデータ(オープンデータ)、既存資料、独自作成データを活用した。オープンデータや既存資料では、管内全区間のデータが存在するが、独自作成データについては、災害が発生しやすい急峻な自然法面が多く存在する区間があり、沿道開発が進んだ地方都市部のバイパス区間もあ

表-1 GoPro Fusion 仕様

項目	仕様
解像度	5.2k30
寸法	74×75×40mm
重量	230g
GPS	連動
通信機能	WiFi, Bluetooth

表-2 撮影に必要とした付属品

項目	仕様
メモリーカード	microSD カード 256GB 2枚
バッテリー	2620mAh 5個
その他	撮影時の遠隔操作用タブレット (iPad) 全方位映像カメラ架台 (製作)



図-2 撮影機材 (GoPro Fusion) と架台

る、延長約55kmの国道127号において整備した。

道路維持管理の実施に当たって必要となる基本情報の1つが、距離標(地点標とも言う)である。国管理の国道において、起点からの一定間隔の距離を示すものであり、道路台帳附図(1/500)上に記載し、道路維持管理において位置を示す情報として用いている。また、1km毎の距離標の近傍(原則、下り線側)に設置した道路基準点の緯度経度を公共測量により測量したものが、道路基準点として公開されている¹⁹⁾。これには緯度経度情報が付いているため、そのまま本システムに活用可能である。道路維持管理上、1km毎では間隔が大きすぎるため、道路台帳附図に記載されている距離標のうち、100m毎の位置(緯度経度)情報について、道路台帳附図とGoogleマップ²⁰⁾の衛星写真を用いて取得した。なお、トンネル区間は衛星写真では確認が難しいため、前後の区間から直線補完でおおむねの位置を設定した。

道路維持管理において、防災関連の情報はニーズが高い分野の1つであるため、CCTV情報、テレメータ(雨量等)情報、及び防災カルテ情報を対象とした。

CCTV情報については、緯度経度情報が付与された既存情報を活用した。CCTV名称、所在地住所、道路空間位置、管理者等の他、リアルタイムの静止画を表示する

表-3 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	データ出典
道路基準点情報(1km 毎)	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	オープンデータ(国土交通省 道路基準点案内システム ¹⁹⁾)
距離標情報(100m 毎)	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	独自作成
CCTV 情報	点	緯度・経度	3Dアイコン	CCTV 名称, 所在地住所, 道路空間位置, 管理者, 静止画情報(イントラネットへリンク)等	既存資料(緯度・経度情報入り)
テレメータ情報	点	緯度・経度	3Dアイコン	テレメータ名称, 所在地住所, 雨量等情報(イントラネットへリンク)等	既存情報(緯度・経度情報入り)
防災カルテ情報	点	緯度・経度	3Dアイコン	施設番号, 点検対象項目, 所在地住所, 位置情報(距離標起点・終点), 点検条件, 評価結果, 防災カルテの保存場所(共有フォルダのパス)等	既存情報(緯度・経度情報入り)を元に csv ファイルを独自作成
道路構造物点検結果情報(橋梁, トンネル, シェッド, 大型カルバート, 門型標識等, 横断歩道橋)	点	緯度・経度	3Dアイコン	施設名, 延長, 完成時期, 管理者, 点検年度, 点検結果(4段階)等	オープンデータ(国土交通データプラットフォーム ²⁰⁾)

イントラネットの URL が含まれる。

テレメータ情報については、緯度経度情報が付与された既存情報を活用した。テレメータ名称、所在地住所等の他、リアルタイムの雨量等を表示するイントラネットの URL が含まれる。

防災カルテ情報については、既存情報に緯度経度情報を独自に付与したデータを活用した。施設番号、点検対象項目、所在地住所、位置情報(距離標起点・終点)、点検条件、評価結果等の他、防災カルテのファイルが保存されている共有フォルダのパスが含まれる。

また、道路管理者が5年に1回、近接目視を原則として行っている、橋梁、トンネル、シェッド、大型カルバート、門型標識等、横断歩道橋の道路構造物点検結果情報も対象とした。この情報は、国土交通データプラット

フォーム²⁰でデータが公開されており、そのデータを利用した。点検結果情報には、施設名、延長、完成時期、管理者、点検年度、点検結果(4段階)等が含まれる。

重ね合わせた道路維持管理情報を表-3に示す。情報種別は、筆者ら⁹⁾が分類した、点情報、線情報の別である。

(4) ユーザーインターフェイス

本システムのユーザーインターフェイス(図-3)は、これまでに筆者らが開発したもの⁹⁾をベースとしている。ユーザーはwebブラウザ上にて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。新たに、全方位映像上に、再生・コマ送り(順/逆)のボタンを表示するとともに、マウスホイールを回すことにより拡大、縮小を可能とした。また、同時に表示する



図-3 表示画面

地図 (Google マップ²⁰) 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、地図上の任意の点への移動もできる。後述する全方位映像に重ね合わせる道路維持管理情報の位置も表示する。

全方位映像に重ね合わせる形で、距離標をはじめとする道路維持管理情報について、登録されている緯度経度の位置に 3D アイコンや平面パネル等で表示される。そのアイコン等をクリックすると、当該道路維持管理情報に登録された詳細情報が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、当該箇所の道路台帳附図の PDF がダウンロードできる機能があるが、今後当該 PDF ファイルを整備予定である。

また、全方位映像の連続再生・停止の他、住所による現在位置の設定、距離標による頭出し再生、全方位映像の解像度設定 (高・低の 2 段階)、各道路維持管理情報の表示・非表示設定等が可能である。

さらに、トップページでは、閲覧したい映像の日付設定、閲覧したい区間の選択画面 (地図上及び区間名による選択) を配置し、映像のアーカイブ機能を持たせている。

4. 考察

本システムの道路維持管理への活用可能性を考える上で、以下の 2 つの要素が重要と考える。1 つは、全方位映像そのものの利活用、もう 1 つは、全方位映像をプラットフォームとした、道路維持管理情報の集約基盤としての利活用の可能性である。また、上記 2 つの要素が組み合わさることで、道路維持管理効率化や、道路維持管

理計画への活用可能性があると考えられる。

(1) 全方位映像の道路維持管理への活用可能性

これまで筆者らが指摘⁹してきたような、通常の状態、あるいは災害・事故・劣化前の健全な状況が、昼間などの明るく見通しが良い時に日付とともに記録可能であるような、「ある時点での道路・沿道状況の記録」、現場に行かずとも、事務所内での映像の確認により現場状況の把握が可能であるような、「机上での現場状況の把握」、新たな担当者の道路パトロールの OJT のツールのような、「教育・人材育成への活用」の他、「災害時等の事前事後映像の比較による被災状況の把握」が挙げられる。

(2) 道路維持管理情報の集約基盤の可能性

本システムは、全方位映像をプラットフォームとして、道路維持管理情報の位置情報を元に、全方位映像に 3D アイコン等の形で情報の存在を表示し、詳細情報を 3D アイコン等のクリックにより表示させるものである。GIS に比べ、CSV ファイルで保存された情報のみの表示に限られるものの、多くの情報を重ね合わせる事が可能である。

本システムでは、一部の道路維持管理情報のみ重ね合わせたが、他にも重ね合わせが可能な情報が多くあると考えられる。道路基盤地図情報で定義された 103 地物²¹や、防災・老朽化対策等で必要となる情報のうち、本システムに搭載可能と考えられる情報について、表 4 に取りまとめた。情報種別は、筆者ら⁹が分類した、点情報、線情報等の別である。103 地物のうち、車道部、歩道部、車道交差部、停止線、横断歩道、車線、路肩、側帯、副道、歩道、自転車歩行者道、自転車道、島、交通島、植

表 4 全方位映像に重ね合わせることが可能と考えられる道路維持管理情報

情報種別	道路管理者物件	維持管理・防災関連	占用物件
点情報 (1点で定義)	道路基準点★ 距離標★ CCTV★ テレメータ★ 道路構造物(橋梁・トンネル等)☆ 道路表示板(LED表示等を行うもの) 道路案内板 道路標識 道路照明施設 地下道(地下横断施設) 建築物(備蓄倉庫等)等	防災カルテ★ 過去の被災履歴(箇所) 道路構造物点検結果(橋梁・トンネル等)★ 等	信号機 道路標識 電柱 道路案内板 路面電車・バス等停留所 地中横断管(概略位置) 等
線情報 (起点・終点等の 2点で定義)	道路台帳類(道路台帳, 道路台帳附図(1/500地図)☆, 橋梁台帳, トンネル台帳等) 道路構造物(橋梁・トンネル等)(区間)等	浸水区間(津波・高潮・洪水) 急傾斜地警戒区間 事前通行規制区間 舗装修繕履歴 舗装劣化状況調査結果 過去の被災履歴(区間)等	

★重ね合わせ済 ☆一部の情報と重ね合わせ済

樹帯、植樹ます、通路、斜路、路面標示等、面的な詳細情報が必要な地物は、本システムへの重ね合わせは難しいと考えられるものの、その他の多くの道路維持管理情報は重ね合わせが可能と考えられる。GIS には及ばないところはあるものの、本システムの道路維持管理情報の集約基盤としての活用可能性は十分あると考えられる。

(3) 道路維持管理効率化の可能性

本システムの道路維持管理効率化の可能性としては、これまで筆者ら⁹⁾が指摘した全方位映像の利活用による作業効率化の他、情報集約基盤としての情報検索機能による作業効率化が挙げられる。

ユースケースとして、災害時、ある斜面が崩壊した際、当該斜面の災害履歴、防災点検の実績・その結果、災害発生前の画像等の情報収集が必要となるが、従来はそれらの情報が別々に保存されており、その情報収集に時間を要する（半日程度）が、本システムの活用なら、当該位置の全方位映像で、災害発生前の画像があり、かつ、防災カルテ情報がすぐ取り出せるため、数分の作業で対応可能である。

異常気象時等において、現地の（通常時）の状況に加え、リアルタイムの映像情報を確認したい場合、通常は、CCTV の閲覧システムから当該 CCTV を探して閲覧する必要があるが、本システムの活用なら、当該位置の全方位映像で通常時（撮影時）の映像があり、かつ、CCTV の閲覧システムの URL からリアルタイムの静止画を容易に閲覧が可能であり、これも数分の作業で対応可能である。

(4) 道路維持管理計画への活用の可能性

本システムは、道路維持管理計画への活用のための基礎資料ともなり得る。

ユースケースとして、防災点検箇所について、全方位映像を四半期に1度每などで撮影し、経年変化の状況を記録し、重ね合わせた防災点検結果と見比べることで、今後の早急の対応の有無の判断等が容易となる。

舗装状況について、全方位映像を上記同様、四半期に1度每などで撮影し、舗装の変化状況を記録し、舗装修繕履歴情報を重ね合わせることで、劣化速度の推定や次回の修繕が必要な時期の推定等が容易となる。

(5) 課題

全方位映像で閲覧した際、対象とする地物について、映像上の位置と緯度経度情報から想定される位置とのずれが生じる場合がある。

原因として、撮影時の GPS の位置情報のずれや、GPS と撮影映像の同期ずれ、姿勢推定の精度不足などが挙げられる。GPS の精度は特に高さ方向の精度が低く、トン

ネル内や高い建物が連続する区間では得られた位置情報の信頼性は極端に低くなる。また、映像と GPS データは正確に同期されていないため、時間のずれは走行方向への映像のずれとして現れる。これらの対応として、三次元点群¹¹⁻¹⁴⁾や映像情報を用いた GPS 補正²⁵⁾や姿勢推定手法などを取り入れていく必要があると考えられる。

もう1つの原因として、既存情報の緯度経度情報の精度のばらつきがある。本来の位置を正しく示しているものがある一方、本来の位置から20~30mほど離れた位置を示すものや、明らかに誤った位置を示すものもある。既存情報の緯度経度情報を作成した時の経緯に関わると考えられるが、既存情報の緯度経度情報を修正する必要があるため、修正に当たっては、既存情報の管理者との調整等を踏まえて実施する必要があると考える。

5. おわりに

本稿では、一般に市販されている安価な機材を用いて撮影した全方位映像を用い、これまで構築してきた全方位映像の中に道路維持管理情報を表示させるシステムに、その映像及び当該区間の道路維持管理情報を重ね合わせた。また、その活用可能性について、全方位映像そのものの活用と、全方位映像をプラットフォームとした道路維持管理情報の集約基盤としての利活用、及び上記2つの組み合わせによる道路維持管理効率化や道路維持管理計画への活用の可能性を示した。

今後は、全方位映像の撮影の継続や、重ね合わせが可能な道路維持管理情報を充実させ、情報集約基盤としての可能性の更なる検証を行うとともに、実際の適用場面における効果検証を行うこととしている。

参考文献

- 1) 国土交通省 国道（国管理）の維持管理等に関する検討会：国道（国管理）の維持管理等に関する検討会 中間取りまとめ（案），2020.5.
- 2) 国土交通省：第1回国土交通省インフラ分野のDX推進本部資料2，2020.7，
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000074.html (2020.9.25 閲覧)
- 3) 東日本高速道路（株）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.enexco.co.jp/pressroom/press_release/kanto/h28/0121/ (2020.9.25 閲覧)
- 4) 首都高技術（株）：InfraPatrol/インフラパトロール，
<https://www.shutoko-eng.jp/technology/patrol.php> (2020.9.25 閲覧)
- 5) Ricoh THETA，<https://theta360.com/ja/> (2020.9.25 閲覧)
- 6) GARMIN VIRB360，<http://www.garmin.co.jp/products/intosports/virb-360/> (2020.9.25 閲覧)
- 7) GoPro MAX，<https://gopro.com/ja/jp/shop/cameras/max/CHDHZ-201-master.html> (2020.9.25 閲覧)

- 8) 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.70, No.2, pp.101-106, 2018.
- 9) 坂井康一, 大石岳史, 岡本泰英, 小野晋太郎, 平沢隆之: 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, 土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2018.10.
- 10) 東日本高速道路(株): スマートメンテナンスハイウェイ(SMH) 動画「全周囲道路映像の維持管理業務基盤としての活用」, <https://www.enexco.co.jp/activity/safety/smh/> (2020.9.25 閲覧)
- 11) 国土交通省国土地理院: 車載写真レーザ測量システムを用いた三次元点群測量マニュアル(案), 2019.12
- 12) 首都高技術(株): InfraDoctor/インフラドクター, <https://www.shutoko-eng.jp/technology/infradoctor.php> (2020.9.25 閲覧)
- 13) 国土交通省国土地理院: 作業規定の準則, 2020.3.
- 14) 国土交通省国土地理院: UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案), 2020.3
- 15) 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 Vol37, pp5-8, 2012.9.
- 16) 千葉県: ちば情報マップ, <http://www.pref.chiba.lg.jp/jousei/chibamap/index.html> (2020.9.25 閲覧)
- 17) 国土交通省: 重ねるハザードマップ, <https://disaportal.gsi.go.jp/maps/> (2020.9.25 閲覧)
- 18) M. Callieri, P. Cignoni, F. Ganovelli, G. Impoco, C. Montani, P. Pinci, F. Ponchio, R. Scopigno, "Visualization and 3D data processing in David's restoration", In journal of IEEE Computer Graphics & Applications, Vol. 24(2), 2004.
- 19) 国土交通省: 道路基準点案内システム, <http://www.road-refpoint.jp/kijunten/> (2020.9.25 閲覧)
- 20) Google LLC: Google マップ, <https://www.google.co.jp/maps/?hl=ja> (2020.9.25 閲覧)
- 21) 一般社団法人 社会基盤情報流通推進協議会: 国土交通データプラットフォーム, <https://www.mlit-data.jp/platform/> (2020.9.25 閲覧)
- 22) 国土交通省: 道路基盤地図情報製品仕様書(案), 2008.8.
- 23) A. Kumar, Y. Sato, T. Oishi and K. Ikeuchi, "Identifying Reflected GPS Signals and Improving Position Estimation Using 3D Map Simultaneously Built with Laser Range Scanner," 13th ITS Asia-Pacific Forum, Auckland, New Zealand, April 2014.

**POSSIBILITY OF UTILIZING OMNIDIRECTIONAL VIDEO AS A ROAD
MANAGEMENT AND MAINTENANCE INFORMATION INFRASTRUCTURE
FOR EFFICIENT ROAD MANAGEMENT AND MAINTENANCE**

Koichi SAKAI, Takeshi OISHI, Yasuhide OKAMOTO, Masataka KAGESAWA and
Takashi OGUCHI