

# 集配車両のセンシングデータと3次元データを用いた 道路維持管理に関する研究

西阜太郎<sup>1</sup> 木下広翼<sup>2</sup> 窪田 諭<sup>2</sup>

**概要**：地方公共団体による道路パトロールでは、高齢化に伴う技術職員不足、道路の経年劣化や老朽化の急速な進展により、その需要に対応できない課題があり、道路損傷箇所を効率的かつ早期に発見することが要求される。そこで、本研究では、道路損傷の情報を効率的に把握するために、道路を利用する宅配便事業者の集配車両にGNSSとカメラを取り付け、それらのセンシングデータを活用して路面の損傷を抽出し維持管理することを考えた。本稿では、そのための要件を整理し、2017年と2018年に収集したGNSSとカメラのデータから舗装の損傷を発見する手法を検証した。そして、発見した損傷の情報を効率的に管理する基盤として道路空間の3次元データを構築し、その利用可能性を示唆した。

**キーワード**：道路維持管理, 集配車両, GNSS, 地上型レーザスキャナ, 3次元データ

## 1. はじめに

もっとも重要な社会インフラである道路においては、人口密集地の市街地から過疎地域の中山間地域までを対象とし、国道、主要地方道の幹線道路から生活道路まで多様な種別があり、管理上の課題も多種多様である。地方公共団体は、一般的には維持管理業務を委託し、その業者が定期的にパトロールを行い、応急処置や補修作業を行う。一方、維持管理費が少なく、維持管理業務を委託できない地方公共団体は、職員自らが道路パトロールを実施し、クラック、ポットホール、陥没などの損傷を発見し、補修作業を行う。地方公共団体では、高齢化に伴う技術職員不足や道路の経年過や老朽化の急速な進展により、維持管理需要に対応できないため、道路損傷箇所を効率的かつ早期に発見することが要求される。国土交通省は、維持管理業務の高度化に向けて「道路デジタルメンテナンス戦略」[1]を策定しており、道路の情報収集・状況把握の分野において、ICTを活用した道路巡回の効率化やAIによる舗装損傷の自動検知により道路の情報収集・状況把握の効率化・高度化を図っている。

道路損傷箇所を効率的に発見する方法として、千葉市の「ちばレポ」[2]や鯖江市の「さばれぼ」[3]などの市民の声を元に道路損傷箇所を発見する住民参加型の取り組みがある。そして、住民参加型で投稿された写真を元に路面損傷判定を機械学習によって行う研究[4][5]がある。しかし、住民参加型による道路損傷の発見では、人口の多い地域に市民の声が集まっており、人口の少ない地域では市民の声が非常に少ないことが指摘[6]されている。また、これらは、市民がサイトに情報を投稿するが、年月の経過とともに投稿数が減少するという課題[6]もある。一方、道路舗装の簡易な劣化診断を目標とする取り組みとして、カーブローブ

データの挙動履歴を用いた研究[7]や同じくカーブローブデータを用いて舗装劣化箇所を抽出する研究[8]-[10]がある。以上のことから、人口密集地から過疎地域、幹線道路から生活道路のすべてのエリアを網羅してデータを収集し、道路損傷箇所を効率的に発見することが要求される。

また、国土交通省は「道路デジタルメンテナンス戦略」[1]の道路の情報統合化・維持管理計画立案の分野において、道路基盤地図をベースとしたGISプラットフォームの構築や維持管理データを共有、解析、可視化し施設補修計画を効率的に作成できる環境を構築することにより、点検から補修までの業務プロセスの改善を図っている。道路の維持管理費や更新費が増大する中、適切な維持管理を行うためには、関係者間で情報を共有することが重要であり、視覚的表現に優れ、情報共有が可能な3次元データの利用が有効である。

そこで、本研究では、道路損傷箇所を効率的に発見して維持管理することを目的に、全国規模で事業展開する宅配便事業者の集配車両にGNSS (Global Navigation Satellite System) とカメラを取り付け、それらから収集するデータを基に道路損傷箇所の抽出可能性と、抽出した損傷の情報を効率的に管理する基盤として、道路空間の3次元データの活用可能性を検討する。本研究には、センサにより日々の走行車両データを蓄積し利用する技術を提案する点に新規性がある。集配車両を用いてデータを取得する利点は、定期的に路面性状調査が行われる幹線道路路ではない市道などのデータを取得できることにある。本研究では、浜松市を対象に集配車両によるセンシングデータを収集し、GNSSにより車両の動きを可視化して、その特異な動きにより道路の異状箇所を特定できるかどうか、また、カメラ映像から道路の損傷箇所を見付け出すことができるかどうかを分析する。これらの抽出率を向上して、地方公共団体

1 関西大学大学院理工学研究科

2 関西大学環境都市工学部都市システム工学科

のパトロールの代替となる損傷発見の一次スクリーニング情報として利用することを目標とする。また、3次元データを用いた舗装の維持管理の環境を構築するために、道路空間を計測するための従来のMMS (Mobile Mapping System)に加えて、地上型レーザスキャナの計測によって路面の点群データを取得し、維持管理の基盤となる3次元データを構築する。

## 2. 本研究の概要

### 2.1 集配車両によるデータ収集と分析・活用戦略

集配車両によるセンシングデータを舗装維持管理に活用するための概略を図1に示す。本研究では、集配車両として、全国展開する宅配便事業者の車両を対象とし、将来には当該事業者一社が保有する約36,000台[11]によってセンシングデータを収集することを目指す。

全国に事業を展開する宅配便事業者の集配車両にGNSSとカメラを取り付け、集配業務を行うために走行中にセンサでデータを取得する。GNSSセンサでは地理的な車両の特異な動きを、カメラでは映像データから路面の異状を見付け出す。特異な運転経路とは、路面の水溜まりあるいは窪み、ポットホールや山道での落石・倒木などを避けて運転した経路である。以上によって収集したデータを地理空間分析し、車両の特異な動きからポットホールや水溜まりなどの損傷を抽出し、その位置、場所と内容を基盤となる道路空間の3次元データに示す。

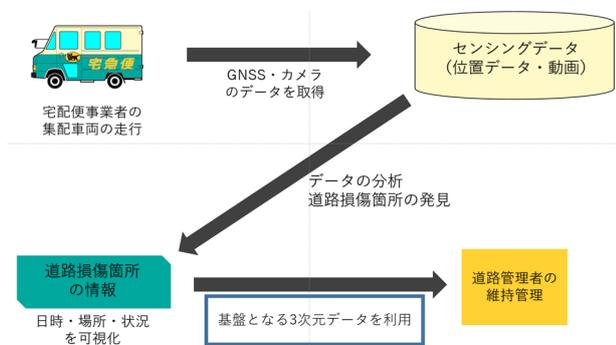


図1 本研究の概略

### 2.2 集配車両に搭載するセンサ機器

車両には、経緯度により走行経路と車両の動きを計測するためのGNSSと、路面や道路付属物の映像を撮影するためのカメラを搭載する。集配車両にドライブレコーダであるDriveman GP-1を取り付け、GNSSデータと映像データを収集する。GNSSデータと映像データはそれぞれNMEAファイル、MOVファイルとして得られる。

### 2.3 対象とする道路損傷

本研究で対象とする道路損傷を表1に示す。損傷の種類は、舗装診断士による意見を参考に列挙した。本研究では、

これらの損傷をセンシングデータから抽出する可能性を分析する。

表1 対象とする道路損傷

対象物	分類
路面の状態	
車線	白線の濃淡
横断歩道	白線の濃淡
路面表示	オレンジ線の濃淡
	白線の濃淡
舗装	水溜まり
	ポットホール
	ひび割れ
山道	落石・倒木などの有無
道路付属物等の状態	
カーブミラー	破損箇所の有無
防護柵	破損箇所の有無
標識	破損箇所の有無
ガードレール	破損箇所の有無
踏切	破損箇所の有無
高架橋	状態
消防設備	破損箇所の有無
側溝	破損箇所の有無
工事現場	状況、転倒物などの有無
通行者	安全性

### 2.4 集配車両のセンシングデータを維持管理に活用するための要件

道路損傷の情報を効率的に把握し管理するために、宅配便事業者の集配車両から取得したセンシングデータを活用して路面の損傷を抽出し維持管理するための要件として、次の(A)~(G)を検討した。これは、実証実験を踏まえた浜松市土木部からの意見を参考に整理した。

- (A) 対象エリアにおける車両の走行網羅率が高いこと
- (B) 大量のデータを自動的に処理可能なこと
- (C) 損傷箇所を抽出する精度が高いこと
- (D) 対象とする道路損傷を設定レベルに従って検出可能なこと
- (E) 集配車両からのデータの回収と分析結果の伝達までの時間が短いこと
- (F) 経年の変化を検出可能とするための膨大となる記録されたデータを保存可能なこと
- (G) 分析結果を3次元データ上で可視化できること

(A)網羅率が高く、(B)大量のデータを自動的に処理して(C)高い精度で道路損傷を抽出できれば、映像データを目視

を確認することなく目視点検の代替となり、地方公共団体のパトロールの負担が軽減される。(D)損傷を設定レベルごとに検出できれば、危険度の判定や予防保全が可能となり事後対応よりコストを削減できる。(E)データの回収から分析結果の伝達までの時間が短いことで、補修するまでの時間が短縮されることや落下物の確認、積雪や大雨による交通規制の判断に使用できる。(F)記録される膨大なデータを保存しておくことにより、現場の状況を時刻と位置情報と併せて映像として確認でき、道路構造物の劣化の経過観察や災害発生時に被災前後の状況などの経年的な変化を確認できる。(G)分析結果を3次元データで可視化することにより、点検と損傷の情報を一元管理すれば、点検した舗装面の補修履歴や各属性情報を3次元データに紐付けて全体的な管理が可能となる。

### 3. 路面損傷箇所の抽出

#### 3.1 集配車両によるデータ収集

本研究では、浜松市天竜区二俣地区(図2)を対象として、宅配便事業者の集配車両1台にGNSSとカメラを設置し、2017年12月21日から12月27日までの7日間および2018年11月9日から11月27日の19日間にデータを収集した。

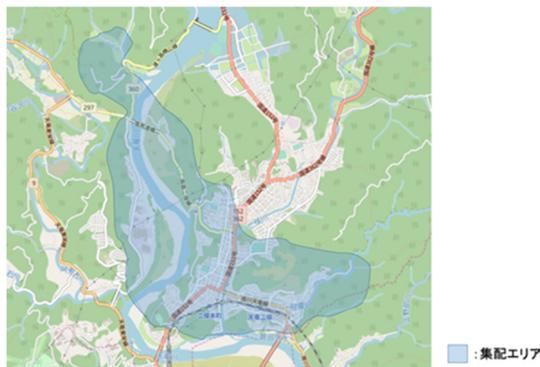


図2 研究フィールド(地図: OpenStreetMap)

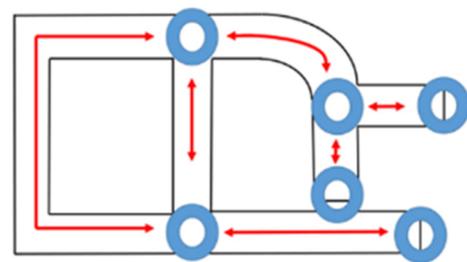
#### 3.2 集配車両による走行の網羅性

##### (1) 2017年度走行データを用いた分析

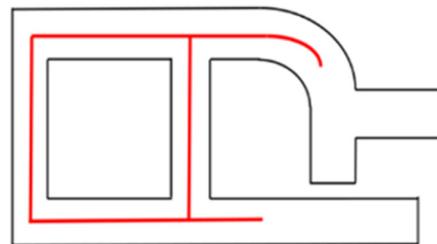
センサ機器を搭載した集配車両が集配エリアである二俣エリア内において走行した路線を網羅率として分析する。網羅率は、浜松市が管理する国道、県道および市道を対象として、エリア内の全路線に対する走行路線を表す。路線数と路線長を図3に示すように定義し、走行による地域の網羅率を次式で算出する。路線数は、道路の交差する点をノードと定め、ノードとノードを結ぶリンク上を少しでも走行するとそのリンクをカウントし、その合計本数(単位: 本)を計算する(図3(a))。路線長は、実際に走行した距離のみをカウントし、その合計距離(単位: m)を計算する(図3(b))。

- ・路線数の網羅率 (%)  
= (走行した路線数/全路線数) × 100
- ・路線長の網羅率 (%)  
= (走行した路線長/全路線長) × 100

分析の結果、路線数では88.3%、路線長では82.5%であった。この結果は、集配車両が地域内の路線を比較的高い網羅率で走行することを示し、道路パトロールの一次スクリーニングとして利用できる可能性があると言える。一方、GNSSの走行軌跡から車両走行の特異データを抽出し、劣化箇所を抽出するためには、網羅率の高い路線においてGNSSデータを蓄積し、高精度なGNSSを利用することが要求され、多くの集配車両に搭載して運用するための安価な機器を検討する必要がある。



(a) 路線数の定義



(b) 路線長の定義

図3 路線数と路線長の定義

##### (2) 2018年度走行データを用いた分析

宅配便集配車両により、2018年11月9日から11月27日に浜松市二俣地区(図2)においてGNSSデータ(NMEAファイル)と映像データ(MOVファイル)を収集した。当該エリアにおける路線数は667本、路線長は83,145mであった。その収集したGNSSデータ(NMEA形式)より、1週間分の走行経路をGPSログ活用ツール「轍 wadachi」を用いて、OpenStreetMap上に可視化した結果を図4に示す。

網羅率の算出結果を表2に示す。分析結果より、路線数はリンクを一部でも走行すればカウントされるのに対し、路線長は走行した距離のみをカウントするため、路線数の網羅率が低くなった。主要道である国道152号線や主要道に隣接する道路では、網羅率96%以上であった。

以上の分析より、路線数と路線長ともに1週間分のデータで80%以上の網羅率があり、2017年度走行データによる

分析においても 1 週間で 80%以上の網羅率であったため、各地域 1 週間分のデータがあれば道路損傷箇所を発見するための基となるデータを収集できると考える。一方、集配車両がデータ計測期間に走行していない道路が、路線数のうち約 20%あった。そこには、道路幅員が狭い道路、工場地裏の道路や住宅のない山道があった。これらの道路は、集配の需要がない道路であるため、集配車両が走行していないと考えられる。道路管理者は、これら集配車両が走行しない道路をパトロールする必要があるが、その時間と作業量を短縮できる可能性がある。

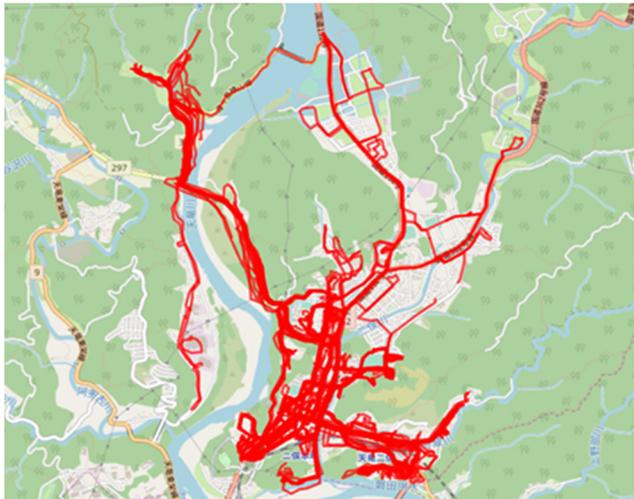


図 4 集配車両の走行経路 (2018 年)  
(地図 : OpenStreetMap)

表 2 集配車両による走行網羅率

	路線長(%)	路線数(%)
1 日分網羅率	67.0	67.4
1 週間分網羅率	81.0	84.4
全データ網羅率	86.5	89.9

### 3.3 路面損傷箇所の抽出方法の考案と検証

計測データから路面の損傷箇所を抽出し、その位置情報と時刻を抽出するために、次の 2 つの方法を考えた。

#### (3) 方法 1 : GNSS データによる損傷箇所の抽出

GNSS データにより集配車両の走行経路を地図上で可視化し、走行経路から集配車両の特異な運転経路を見付け出す。特異な運転経路とは、表 1 に示した路面の水溜まりあるいは窪み、ポットホールや山道での落石・倒木などを避けて運転した経路を指す(図 5)。続いて、特異な運転経路の時刻と同時刻の映像データを調べ、その位置の道路状況を確認し、損傷箇所を抽出する。GNSS データを OpenStreetMap 上に可視化して目視したところ、位置情報が道路データ上を通らず、特異な運転経路かどうかを判断できなかった。そこで、Driveman GP-1 の GNSS の値と都

市再生街区基準点の座標値とを比較した結果、平均約 5m の誤差が生じたため、本研究で使用した GNSS センサから集配車両の特異な動きを抽出することは難しいと判断した。

#### (4) 方法 2 : 映像データによる損傷箇所の抽出

映像データを用いる場合には、映像データのうち損傷箇所を発見した時刻と一致する GNSS データの位置情報を特定する。対象とする道路損傷は、表 1 に示した車線、横断歩道と路面文字(白線、オレンジ線)の濃淡、道路舗装面の水溜まり(路面の窪み)、クラック、ポットホール、および、山道での落石・倒木などの有無とする。

映像データから路面の状態を確認し、破損箇所を発見する可能性を検討するために、映像データを目視し、ポットホール、クラックや白線の濃淡を見付け出すことを分析した。その結果、車線の濃淡、路面標示(白線、オレンジ線)の濃淡、路面の水溜まり(路面の窪み)、クラック、ポットホール、および、山道の落石・倒木の有無を見付け出すことができた。映像データ中の損傷箇所の時刻を元に、それに一致する GNSS の位置情報を特定した。映像データを目視により、路面と道路付属物の状態を抽出し、その位置を特定することができるが、その作業に時間を要するため、映像データから自動で損傷箇所を発見する技術が望まれる。

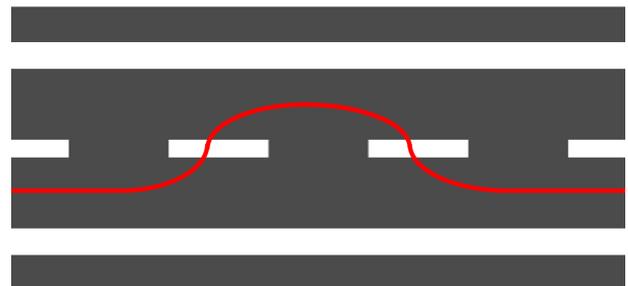


図 5 GNSS における特異な運転経路のイメージ

### 3.4 映像データによる路面損傷の抽出方法の効率化

前節の検証結果より、路面損傷箇所を抽出することができた方法 2 を効率化するシステムを考案した。前節では、計測した全ての映像データを目視で確認しなければならなかったため、時間を要するという課題が挙げられた。そこで、機械学習により道路損傷を抽出することを考える。本研究では、機械学習による損傷発見の可能性を見出すため、クラックとポットホールのみを対象とした。映像データによる損傷箇所発見の効率化の流れを図 6 に示す。

まず、機械学習によって映像データより道路損傷箇所を検出する。このとき、映像データからは時刻と現場の写真を抽出する。機械学習では、映像データから画像データに変換し、YOLO (You Only Look Once) v3 を用いる。YOLO は、深層学習を利用した一般物体検出アルゴリズムである。本研究では、動画データから画像データに変換し、画像データ 547 枚の教師データを用いて機械学習を試行した。しか

し、学習データを整備しておらず、教師データを用いて一致率が約 70%であったため、画像データより損傷を検出できるとはいえない。画像データは、撮影速度、気象条件および日照角度の影響を受ける。つまり、走行速度が遅い、あるいは、停車する場合には、同一の損傷が複数の画像に撮影されるため、多くの画像を抽出してしまう。また、雨天時や日照が映り込んだ画像からは損傷を抽出できない。

そして、抽出された現場の写真と、道路損傷箇所を検出した時刻から GNSS データにより位置情報を特定し、道路管理者が現場の写真と位置情報を閲覧できるようにする。

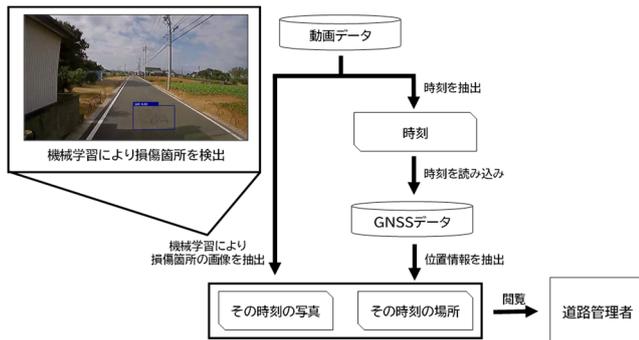


図 6 映像データによる損傷抽出の効率化

## 4. 道路路面の計測と 3 次元データの構築

### 4.1 3 次元データの活用

検討した要件(G)において、点検した路面の補修履歴や属性情報を 3 次元データに紐付けて管理することを目的に、3 次元データを構築する。

### 4.2 地上型レーザスキャナによる計測

本研究では、地上型レーザスキャナとして FARO 社製の Focus3D X 330[13]を用いて道路舗装面の 3 次元データを構築する。

路面の計測を集配車両によるデータ収集をした浜松市天竜区二俣地区にて 2020 年 9 月に行った。FARO がアスファルトなどの路面を高密度に計測可能な範囲は約 10m[13]なので、半径約 10m を基準に 20m おきに 10 箇所計測を行った。計測したデータを結合した結果を図 7 に示す。構築したデータの点数は 220,534,965 点で、道路舗装面の延長は約 120m である。計測データの結合にはソフトウェアの FARO SCENE を使用した。複数の計測データの結合には、ソフトウェアの自動登録機能を用いた。

### 4.3 既存の 3 次元データとの結合

本研究では、道路構造物の 3 次元データの取得方法として、MMS による 3 次元点群データが存在する道路ではそれを利用し、過去に計測した MMS データとの時間間隔があり、一部を更新する場合や局所的なデータを取得する場

合には、地上型レーザスキャナを利用することを想定して、前節で構築した路面の 3 次元データと、オープンデータサイト「Shizuoka Point Cloud DB」[12]に公開されている MMS により取得された点群データとを点群編集ソフト Cloud Compare において 2 つの点群データの共通する特徴点を指定して結合した。計測した場所において、重複する箇所の計測された時期が異なっているため道路標示が異なっていた (図 8)。過去に計測された 3 次元データの重複する箇所を Cloud Compare を使用して切り取り、最新の状態に更新した (図 9)。



図 7 構築した 3 次元データ

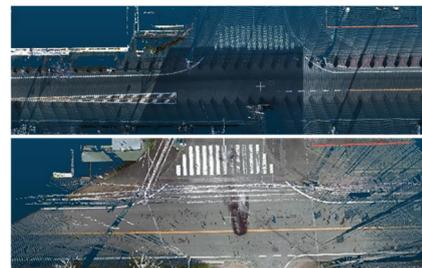


図 8 (上) 2015 年の MMS による点群データ  
(下) 本研究で計測した点群データ

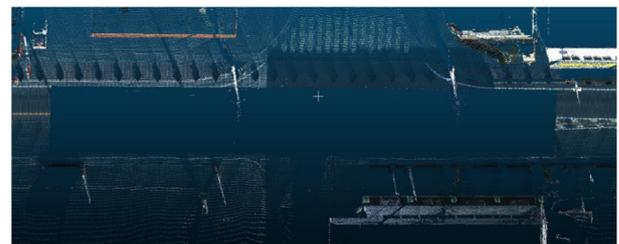


図 9 重複する箇所を切り取った点群データ

## 5. おわりに

本研究では、道路損傷箇所を効率的に発見して維持管理することを目的として、宅配便事業者の集配車両に GNSS とカメラを取り付け、それらから収集するデータを基に道路損傷箇所の抽出可能性とそのための要件を整理して、抽出した損傷の情報を効率的に管理する基盤として、道路空間の 3 次元データの活用可能性を検討した。

道路データを収集する網羅性については、関連研究の課

題にあるデータ収集の地域の偏りを無くし、走行網羅率は80%以上であり、路面の状態を把握できる可能性を示すことができた。センシングデータから路面損傷を抽出する方法として、GNSS データと映像データを元データとする 2 つの方法を考案し、センシングデータを分析した。GNSS データを元に損傷箇所を抽出する方法では、GNSS の精度向上が課題となった。映像データを元に損傷箇所を抽出する方法では、映像データから車線の濃淡、路面標示（白線、オレンジ線）の濃淡、路面の水溜まり（路面の窪み）、クラック、ポットホール、および、山道の落石・倒木の有無を見付け出すことができた。今後、映像データからの損傷の自動認識を実現するために、機械学習を適用する。映像データからの損傷を抽出するシステムにおいては、道路損傷を検出した画像データと位置情報を時刻同期することと、機械学習による道路損傷検出の精度が課題となる。

構築した 3 次元データにおいては、MMS により過去に計測した 3 次元データと本研究で計測した 3 次元データとを結合することにより維持管理の基盤となる 3 次元データを取得して状況が異なる重複する箇所を更新した可能となった。今後は、3 次元データ上に損傷などのデータを可視化する手法や維持管理において要求される品質を設定し精度を検証する必要がある。

**謝辞** 本研究の一部は、オートレースの補助と一般財団法人日本デジタル道路地図協会令和 2 年度研究助成により行った。また、本研究を遂行するにあたり、浜松市土木部およびヤマト運輸株式会社のご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1]国土交通省:道路デジタルメンテナンス戦略～道路のインフラの「安心・安全」を守りつづける！～, <<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001345973.pdf>>, (入手 2020.11.12)
- [2] “ちばレポ (ちば市民協働レポート)”, <<https://www.city.chiba.jp/shimin/shimin/kohokocho/chibarepo.html>>, (入手 2020.11.12)
- [3] “さばれぼ”, <[https://www.city.sabae.fukui.jp/about\\_city/it\\_nomachi/app/android\\_sabarepo.html](https://www.city.sabae.fukui.jp/about_city/it_nomachi/app/android_sabarepo.html)>, (入手 2020.11.12)
- [4]前田紘弥, 関本義秀, 瀬戸寿一: Lightweight Road Manager: 深層学習を用いた路面損傷自動判定スマートフォンアプリ, 土木情報学シンポジウム講演論文集, Vol. 41, pp. 163-166, 2016.
- [5]前田紘弥, 関本義秀, 瀬戸寿一, 榎山武浩, 小俣博司: 機械学習とスマートフォンを用いた道路の損傷画像のリアルタイム検出と修繕対応基準における角特微量の重要度比較, 交通工学論文集, Vol. 4, No. 3, pp. A1-A9, 2018.
- [6]本田正美: オープンデータ化された「ちばレポ」の登録者情報を基にした行政アプリケーションの浸透過程の推定, 情報知識学会誌, Vol. 26, No. 2, pp. 187-194, 2016.
- [7]吉武俊章, 溝部和広, 安村成史, 宮本文穂: 走行映像と車内走行音および車両振動を用いた舗装路面簡易評価システムの開発, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 69, No. 1, pp. 12-31, 2013.
- [8]今井龍一, 松井晋, 松島敏和, 池本智, 中西良成: カープロープデータ及び MMS を用いた道路劣化分析の効率化に関する

- 一考察, 第 33 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会, pp. 411-414, 2017.
- [9]今井龍一, 石田大輔, 松島敏和, 池本智, 中西良成: カープロープデータを用いた舗装劣化箇所抽出手法の検証, 第 34 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会, pp. 637-638, 2018.
- [10]今井龍一, 松島敏和, 松井晋, 池本智, 中西良成: カープロープデータを用いた道路舗装点検の効率化手法の提案, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 75, No.2, pp. I\_40-I\_47, 2019
- [11] “ヤマト運輸が全集配車両に新たな車載端末を搭載”, <[https://www.yamato-hd.co.jp/news/h29/h29\\_80\\_01news.html](https://www.yamato-hd.co.jp/news/h29/h29_80_01news.html)>, (入手 2020.11.12)
- [12] “静岡県 PCDB” <<https://pointcloud.pref.shizuoka.jp/lasmap/ankendetail?ankenno=27XXX00010011>>, (入手 2020.11.12)
- [13]窪田論, 何啓源: 複数の計測機器を用いた道路維持管理のための 3 次元データの構築, 知能と情報, Vol. 31, No. 6, pp. 867-865, 2019