

## (71) 3次元点群に可視化した道路損傷データを用いた維持管理システム

村上 篤志<sup>1</sup>・窪田 諭<sup>2</sup>・安室 喜弘<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 関西大学大学院 理工学研究科環境都市工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)  
E-mail: k909118@kansai-u.ac.jp

<sup>2,3</sup> 正会員 関西大学教授 環境都市工学部都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)  
E-mail: {skubota, yasumuro}@kansai-u.ac.jp

我が国の社会インフラの多くは高度経済成長期に集中的に整備され、老朽化に伴う維持管理の需要増大が懸念されている。また、技術者の高齢化や人手不足も問題である。そのため、より効率的かつ戦略的な維持管理が求められている。従来の道路維持管理では2次元データを用いた管理が主流である。しかし、橋梁や法面の詳細構造、点検箇所を把握しづらいことや、点検者と補修担当者が異なる場合や経験の浅い技術者の場合に現場の状況を正しく理解できないという課題がある。そこで、本研究では、維持管理業務の効率化とデータの蓄積を目的として、道路の損傷を視覚表現に優れ情報共有が容易な3次元点群データとして可視化し、これを損傷の概要とともに2次元Web地図上に可視化するシステムを提案する。

**Key Words:** road maintenance, inspection, three-dimensional data, point cloud data, information system

### 1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に集中的に建設された道路構造物が多く存在する。今後、それらの高齢化により、劣化、損傷などの不具合が多く発生することが予想されており、適切な道路維持管理の重要性が認識されている<sup>1)</sup>。既存構造物は更新より維持管理されることが主となるが、建設後長年にわたって運用されている道路構造物では、過去の点検、補修記録などの資料が散在していることがあり、点検や補修に支障をきたす要因となり、適切な維持管理の実現には課題がある。

そこで、本研究では、道路維持管理業務の効率化とデータの蓄積を目的として、道路の舗装面と構造物の損傷を視覚表現に優れ、情報共有が容易な3次元点群データとして計測し、これを損傷の概要とともに2次元地図上に可視化するWebシステムを提案する。ここでは、3次元点群データの取得・処理方法、損傷の位置を地図上に可視化する方法を考察し検証する。本研究における道路の損傷は、ひび割れ、ポットホール、ガードレール損傷を対象とする。

### 2. 道路維持管理システムの設計

#### (1) 道路維持管理の現状と課題

現状の道路維持管理は、大量採用世代の退職や道路管理に携わる技術職員の減少、不足が指摘されている中で、膨大な施設を点検し、運用することが要求されている。道路維持管理では、道路管理者が点検計画を策定し、点検する。ひび割れ、ポットホールなどの損傷が、住民からの通報、あるいは、職員によるパトロール点検によって発見された際に、補修工事が行われる。損傷は、写真として保管・管理され、職員によって閲覧される。最近では、スマートフォンによって取得した画像から深層学習を用いて道路点検を行う仕組みが提案<sup>2)</sup>されている。しかし、2次元の写真では、現場で撮影した角度の決まった視点からしか損傷を確認することができず、損傷を複数の視点から確認するためには、複数の2次元データが必要となる。また、2次元データを用いた管理では、橋梁や法面の詳細構造や点検箇所を把握しづらいことや、点検者と補修担当者が異なる場合や経験の浅い技術者の場合に点検者が現場の状況を正しく理解できないことがある。適切な維持管理を行うためには、道路管理者の間で情報を共有することが重要であり、視覚表現に優れ、

情報共有が容易な3次元データの利用が有効である。道路維持管理において、MMS (Mobile Mapping System) や地上型レーザスキャナによる3次元点群データを用いる手法<sup>3)4)</sup>が提案されている。ただし、これらの手法では、データを構築する時間コストや機器が高価であることなどの課題がある。国土交通データプラットフォーム、My City Construction や東京都の PLATEAU などでは3次元点群データが公開されているが、我が国全域のデータは整備される途上である。

## (2) システム設計方針

本研究では、我が国全域のデータが整備されていない3次元データを基盤とした地図を用いるのではなく、既存の2次元地図を基盤に道路損傷の位置を管理するシステムを提案する。損傷を写真ではなく、1つのデータで複数の視点から閲覧して、詳細な凹凸を確認できる3次元点群データとして計測し、道路管理者がこれをWeb上で閲覧する。損傷を3次元点群データで計測すると、周辺状況を把握することが困難であるため、将来的には全域の3次元データが整備され、それを基盤とすることを目標とする。

## (3) 3次元点群データの取得と処理

3次元点群データの計測方法としては、地上型レーザスキャナを用いる手法、カメラから映像または画像データを取得し SfM/MVS (Structure from Motion/Multi View Stereo) 処理により計測する方法、携帯型 LiDAR (Light Detection and Ranging) スキャナを用いて計測する方法などが挙げられる。地上型レーザスキャナを用いる方法は、正確な3次元点群データを計測できるが、1つのデータを計測するために15分から30分ほど時間がかかる。また、機器についての専門的な知識が必要である。携帯型 LiDAR スキャナを用いる方法として、LiDAR が搭載されたスマートフォンやタブレット端末からアプリケーションを用いて3次元点群データを計測する方法を検討した。予備実験より数十秒でデータを取得できるが、点群データの密度が低く使用することができないと考えた。そこで、本研究では、アクションカメラやスマートフォンなどで撮影した損傷の動画あるいは画像を用いて、Agisoft社製の Metashape を用いて SfM/MVS 処理により3次元点群データを構築する。

SfM/MVS 処理による3次元点群データは、点間の相対的な距離しか保持していないため、実寸に変更する。そこで、撮影時に長さの目印となるマーカを設置することを考えた。中心間の距離が 0.5m であるマーカと損傷の動画を撮影する。マーカは、長さを計測でき、画像に明確にうつる標尺や巻尺でもよい。3次元点群データにうつるマーカを基に点群データ編集ソフト CloudCompare で

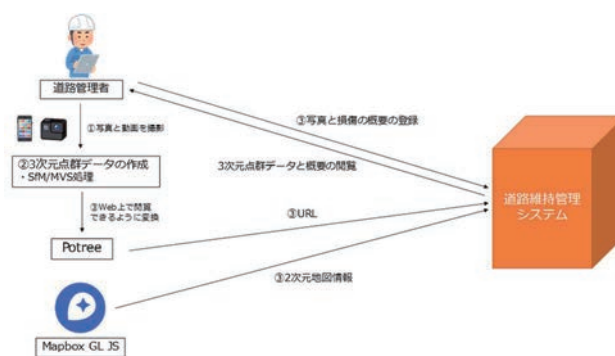


図-1 システム構成

縮尺を変更する。

3次元点群データの閲覧には、既存の CloudCompare や Web で利用可能な 3D Point Studio などのビューが用いられる。しかし、これらのビューは、開発する Web システムに組み込むことができないので、本研究では Web 上で3次元点群データを閲覧でき、システムに組み込むことができる点群データのビューの Potree を用いる。Potree で3次元点群データを閲覧するためには、Las ファイル形式の3次元点群データを PotreeConverter を用いて変換する。

## (4) 損傷の位置を地図上に可視化

3次元点群データとして計測した損傷と損傷の概要を2次元地図上に可視化するために、損傷を発見した位置を特定する必要がある。そこで、GoPro で GPS 機能をオンにして撮影した画像の EXIF 情報から、画像解析ツール GetGPSInfo によって緯度・経度情報を取得する。

## 3. システム開発

### (1) 開発環境

本システムは、2次元地図に Mapbox GL JS を用いて、XAMPP 上に開発する。Mapbox GL JS は、Web ブラウザ上で、2次元および3次元の自由にカスタマイズ可能な地図を生成することができる JavaScript ライブラリである。本システムは、2次元の地図として OpenStreetMap を用いて開発した。

### (2) システム構成

本システムの構成を図-1に示す。道路管理者がシステムにデータを登録する流れは次のとおりである。

- ①パトロールで発見した損傷の動画を撮影する。
- ②動画データから3次元点群データを作成する。
- ③3次元点群データを PotreeConverter を用いて変換する際に設定するディレクトリと、アップロードする Web サーバのドメインから構成される URL と写真、損傷の



図-2 システム画面

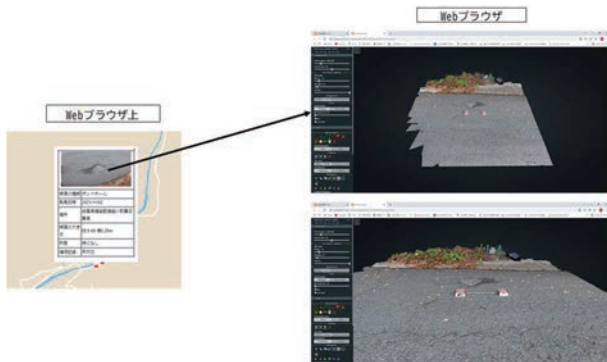


図-3 3次元点群データの表示

概要を Mapbox GL JS を用いた 2 次元地図を表示したシステムに登録する。

道路管理者が、Web ブラウザからシステムにアクセスし、上記の手順で登録したデータを閲覧する。本研究では、筆者がデータを登録した。

### (3) システム機能

本システムの画面構成を図-2 に示す。本システムの機能を次に開発する。

#### a) 3次元点群データと損傷の概要の閲覧機能

撮影した写真に付与された EXIF 情報を解析した緯度・経度を基に、損傷を発見した位置をマーカーを用いて 2 次元地図上に可視化する。これをクリックすると図-3 に示すポップアップが表示され、写真と損傷の概要を閲覧できる。ポップアップに表示される写真をクリックし、3次元点群データを Potree で閲覧する。

#### b) ソート機能

Mapbox GL JS では、地形情報、構造物情報、道路情報などを保持した Layer を重畳して 2 次元地図が描画される。Mapbox GL JS 内の Symbol Layer をひび割れ、ポットホール、ガードレール、補修済みに対してそれぞれ 1 つずつ作成し、既存の地形情報などを保持した Layer に重畳して、2 次元地図上にマーカーを可視化する。Symbol Layer の表示・非表示の切り替えにより、2次元地図上に表示される損傷の種類を変更する。

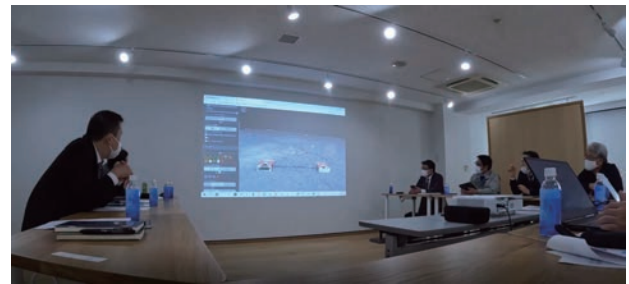


図-4 評価実験の様子+

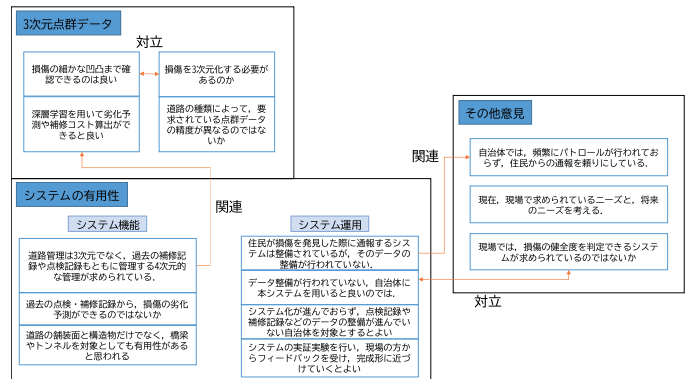


図-5 KJ法による分析結果

### c) 住所検索機能

住所検索機能は、Mapbox GL JS の Mapbox Geocoder を用いて実装した。検索ボックスに、地名もしくは施設名を入力し検索すると、その地点にマーカーが表示され、マーカーを中心とした地図が描画される。

## 4. システム評価

### (1) 評価概要

本システムの有用性を評価するために、元地方公共団体職員 1 名、道路舗装会社 3 名、建設コンサルタント 2 名、橋梁点検会社 2 名の計 8 名を対象に評価実験を行った (図-4)。システムに登録したデータは、ひび割れとガードレール損傷が各 1 箇所、ポットホールが 2 箇所の 3 次元点群データと損傷の概要である。評価では、筆者がシステムの概要を説明した後、システムにアクセスし、画面操作を閲覧してもらった。そして意見交換を行った。

### (2) 評価結果

意見交換の結果を KJ 法により分析した。KJ 法は、多様な事柄が渾然と並ぶ場でその内容を整理し、その構造、課題を見つけていくための手法である。KJ 法 A 型図解法による分析結果を図-5 に示す。ここでは、意見を付箋に記述し、類似する付箋をグループごとにまとめて図解して、叙述することにより結果を整理した。KJ 法による分析を基に、計測された 3 次元点群データとシステ

ムの有用性の観点から優位点と課題を抽出した。

#### a) 3次元点群データについて

計測した3次元点群データに関して、3次元点群データから、深層学習などを用いて劣化予測や補修にかかるコストを算出できるとよいという意見を得た。一方で、維持管理において損傷を3次元化する必要があるのかとの指摘もあった。これについては、3次元点群データを多角的に動作させる画面を閲覧してもらい、損傷の細かな凹凸まで確認できるのは良いという意見を改めて得た。

#### b) システムの有用性について

システム機能の観点については、道路管理は3次元に加えて、過去の補修記録や点検記録とともに管理する4次元的管理が求められているという意見を得た。また、道路の舗装面と構造物だけでなく、橋梁やトンネルを対象とすると、地方公共団体ではより有用性があるという意見も得た。システム運用に関しては、静岡県浜松市や島田市などでは、住民が損傷を発見した際に通報するシステムの整備はされているが、通報されたデータの蓄積が行われていないので、本システムを用いると良いという意見があった。今後は、システム化が進んでおらず、点検記録や補修記録などのデータの整備が進んでいない地方公共団体を対象とし、システムの実証実験を行い、現場の方からフィードバックを受け、より完成形に近づけていくとよいという意見もあった。

### (3) 考察

#### a) 3次元点群データによる損傷の可視化

3次元点群データを用いて道路構造物の損傷を可視化する方針について、評価実験では、損傷を3次元化することに疑問が呈された。しかし、3次元点群データを多角的に動作させる画面を閲覧してもらった結果、損傷の細かな凹凸まで任意の角度から確認できるのは良いという意見を得て有用性が示唆された。本研究では、損傷を3次元点群データとして計測し、それを蓄積することを目的とする。この蓄積した3次元点群データから差分解析を行えば、経年変化を確認することができる。また、意見にもあるように計測した3次元点群データから深層学習を用いて劣化予測や補修コストを算出できる可能性がある。このように、損傷を3次元化するだけでなく、過去の3次元点群データとともに管理する4次元的管理について検討する。

#### b) 道路維持管理システムの展開

本システムは、道路維持管理業務の効率化とデータの蓄積を目的として開発した。評価実験で、住民が損傷を発見した際に通報するシステムは整備されているが、通報されたデータの蓄積が行われていないので、本システムを用いると良いという意見があり、データを蓄積する有用性が示唆された。道路維持管理業務の効率化につい

ては、小規模かつデータの整備が進んでいない地方公共団体を対象として、本システムを用いて維持管理の実践を行い、改善を行って有用性を高める。評価実験から、道路は3次元でなく、過去の補修記録や点検記録とともに管理する4次元的管理が求められているという意見があった。現在のシステムは、1つのマーカに対して、1つのポップアップが表示される仕組みであるが、今後は過去の点検記録を登録できるように複数個ポップアップが表示される仕組みを追加する。また、本システムは、データベースを使用せずに開発を行ったため、地図上に可視化する損傷が多くなると、ソースコードが煩雑になり、データを登録する際に時間がかかる。そのため、今後は、データベースを用いたシステム開発について検討する。さらに、1つのWebブラウザでシステム画面とPotreeが表示され3次元点群データを閲覧する方法とツールを使用せず、システム上で緯度・経度情報を取得することができる仕組みについても検討する。

### 5. おわりに

本研究では、道路維持管理業務の効率化とデータの蓄積を目的として、2次元地図上に道路損傷位置を可視化し、その3次元点群データと損傷の概要を閲覧するシステムを開発した。道路維持管理の専門家による評価実験を行い、道路損傷を3次元点群データとして計測し、データを蓄積する有用性が示唆された。一方で、過去の補修記録や点検記録とともに管理する4次元的管理が要求され、新たなニーズが明らかになった。今後は、データベースを用いたシステム開発と4次元の維持管理の方法について検討する予定である。

### 参考文献

- 1) 国土交通省：社会インフラの維持管理の現状と課題、<<https://www.mlit.go.jp/common/001016260.pdf>>、(入手 20 21.11.24)。
- 2) 前田紘弥、樫山武浩、関本義秀、瀬戸寿一、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各特徴量の重要度比較、交通工学論文集, Vol.4, No. 3, pp.A1-A9, 2018。
- 3) 窪田諭、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、日本知能情報ファジィ学会, Vol.31, No.6, pp.867-875, 2019。
- 4) 土橋浩、長田隆信：インフラデータプラットフォームの活用インフラマネジメントから防災情報システムへ、AI・データサイエンス論文集, Vol.1, No.J1, pp.17-24, 2020。