

## 複数計測機器による3次元データを用いた道路維持管理システムの検討

西 阜太郎† 窪田 諭† 何 啓源‡

関西大学 環境都市工学部† 関西大学大学院 理工学研究科‡

## 1. はじめに

道路は土工、橋梁、トンネルで構成される。我が国の道路の総延長は約 127.8 万 km、橋梁は約 73 万橋ある。これらの橋梁のうち建設後 50 年以上経過する橋長 2m 以上の割合は、2023 年には 39%、2033 年には 63%になる。トンネルは約 1 万 1 千本であり、建設後 50 年を越える割合は 2023 年には 27%、2033 年には 42%になる[1]。これらの既存構造物は更新されるより維持管理が主となるが、建設後長期間にわたって運用された道路構造物では、設計図や完成図が残っていないことや図面が現在の状況に一致していないことがあり、点検や補修に支障を来す要因となる。従来の維持管理では 2 次元データが用いられたが、高度な維持管理を実現するためには、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。そのため、3 次元データを簡易に計測し作成することが必要である。

本研究では、その実現のために道路維持管理における 3 次元データの活用場面を考案し、地上型レーザスキャナ、UAV (Unmanned Aerial Vehicle) やカメラを用いて構築する 3 次元データの適用可能性を検討する。

## 2. 3次元データを用いた道路維持管理

道路構造物の維持管理における 3 次元データの活用場面の検討において、構造物の空間的な位置把握と情報の統合管理を目的として、CIM モデル作成仕様【検討案】<道路編><橋梁編>[2][3]と土木学会論文集を用いて整理した。その結果、(A) 不可視部分の可視化と地下埋設物の位置把握、(B) 輻輳箇所、作業スペース、経路や検査路の確認、(C) 点検箇所と点検結果の可視化、(D) 損傷箇所とその度合いの可視化、(E) 点検と損傷の情報の一元管理、(F) 斜面の変状の把握、(G) 異なる時期に計測・構築した 3 次元データの重ね合わせによる災害時の状況把握、(H) 地元説明、協議を抽出した。

本研究では、既存の道路構造物を複数の機器に

よって外部から計測するため、活用場面のうち (C) ~ (G) を対象とする。

## 3. 実現場における 3次元データの計測

## (1) 使用機器

本研究では、文献[4]で用いた地上型レーザスキャナとカメラ搭載 UAV に加えて、地上を歩行しながらカメラで撮影した画像から点群データを生成する SfM (Structure from Motion) 技術を用いて 3 次元データを構築する。地上型レーザスキャナとして FARO 社製の Focus3D X 330、UAV として DJI 社製の Inspire2、その搭載カメラは ZENMUSE X5S、歩行で用いるカメラとして GoPro Hero6 Black を用いる。斜面では、文献[4]より UAV を用いる。舗装面は UAV に搭載されたカメラや歩行で用いるカメラでは SfM 処理するための特徴点が得られないため、地上型レーザスキャナを用いる。橋梁は上下部工を計測する必要があるため、上空からカメラ搭載 UAV、地上からレーザスキャナにて計測する。トンネルは安全性を考慮して、歩行にてカメラで計測する。

## (2) 斜面の計測

カメラ搭載 UAV を用いた計測を 2018 年 9 月に長野県軽井沢町の白糸ハイランドウェイの斜面にて行った。UAV 写真測量では動画から得られた写真を SfM 処理した。2017 年と 2018 年に構築したデータを点群データ編集ソフト Cloud Compare により重ね合わせて断面を比較した(図 1)。したがってこの構築された 3 次元データは、維持管理における (F)(G) の場面で活用できる。

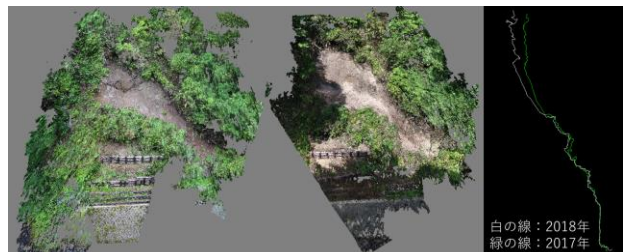


図 1 2018年(左)と2017年(右)の斜面の点群データと断面

## (3) 道路舗装面の計測

地上型レーザスキャナを用いた道路舗装面の計測を 2018 年 9 月に白糸ハイランドウェイにて行っ

Road Maintenance System Using Three-dimensional Data Using Several Measurement Instruments

†Kotaro Nishi and Satoshi Kubota

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

‡Chi Yuan Ho

Graduate School of Kansai University

た。FARO がアスファルトなどの舗装面を高密度に計測可能な範囲は 10m[4]であるため、半径 10m 間隔として 13 箇所計測を行った。計測結果を図 2 に示す。構築したデータの点数は 205,375,900 点で、構築した道路舗装面の延長は約 300m である。なお、計測データの結合にソフトウェアの FARO SCENE を使用した。複数の計測データを結合するためには、データ間で同一と認識できる特徴点が必要であるが、道路舗装面には特徴点が多く、周辺の樹木の特徴的な部分やガードレールをソフトが同一であると認識するまで指定する作業を行った。舗装の計測では、特徴となるサインスタンド（立札）を置く工夫を行う。

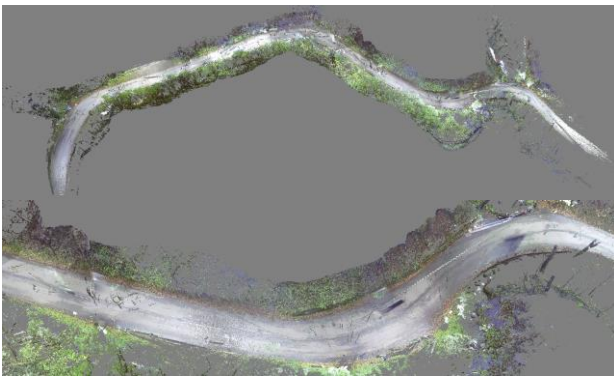


図 2 白糸ハイランドウェイの点群データ

#### (4) 橋梁の計測

地上型レーザスキャナとカメラ搭載 UAV を用いた計測を大阪府泉南市にある童子畑橋にて行った。地上型レーザスキャナによる計測では 5 箇所から計測した複数の点群データの特徴点を合わせて、間引き処理を施し 1 つのデータにした。SfM 処理は斜面の計測と同様で、点群データを生成した。2 つの点群データを Cloud Compare により、各データの特徴点 50,000 点を基準に結合した(図 3)。

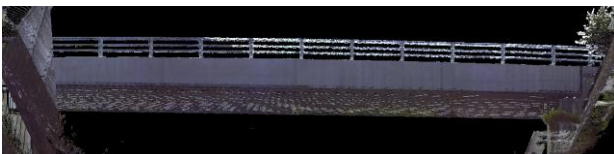


図 3 童子畑橋での地上型レーザスキャナと UAV による点群データ

#### (5) トンネルの計測

トンネルの計測を 2018 年 12 月に童子畑橋付近にて行った。台車に高さ約 1m の三脚を置き、その

上にカメラを正面に向けて固定し、トンネル内の中心を一往復して動画を撮影した。さらに、カメラを右 45 度、および、高さ約 2.5m の延長ポールに右 45 度に固定して、壁面に沿って往復した。SfM 処理では 3 パターンを同時に用いて点群データを生成した。生成結果を図 4 に示す。構築したデータの点数は 15,365,054 点である。なお、3 パターンとも往路の画像しか SfM 処理されなかった。これは往路の途中で奥からの太陽光の影響を受けて、それ以降の画像の連続性を認識できなくなったためと考えられる。以上の舗装面、橋梁、トンネルの 3 次元データは、維持管理において (C)(D)(E) の場面で活用できる。



図 4 トンネルの点群データ

#### 4. おわりに

本研究では、道路構造物の維持管理における 3 次元データの活用場面を検討して、地上型レーザスキャナ、UAV と歩行して撮影するカメラによって、斜面、道路舗装面、橋梁とトンネル 3 次元データを構築した。その結果、データを処理する留意点と活用場面における 3 次元データの適用可能性を示唆した。今後は、小型で携帯可能なレーザスキャナ (LiDAR: Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) から得られたデータに SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を適用して 3 次元データを構築する方法を検討する。

#### 参考文献

- [1]国土交通省：社会資本の老朽化の現状と将来予測、<[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02\\_01.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html)> (入手：2019.1.10)
- [2]国土交通省：CIM モデル作成仕様【検討案】<道路編>，2016.
- [3]国土交通省：CIM モデル作成仕様【検討案】<橋梁編>，2016.
- [4]何啓源，窪田論：道路維持管理のための地上レーザスキャナとカメラ搭載 UAV による 3 次元データの構築，土木情報学シンポジウム講演集，Vol.43，pp.21-24，2018.