

レーザスキャナや UAV などによる 3 次元データを用いた 道路維持管理システムの検討

畑 亮輔[†] 西 皐太郎[‡] 窪田 諭[†]

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

高齢化した道路構造物において多くの損傷事例が報告されている。既存構造物は更新されるより維持管理されることが主となるが、建設後長期にわたって運用されている道路構造物では、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きたす要因となる。

適切な道路維持管理を実現するためには、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。国土交通省が推進する i-Construction 政策における UAV (Unmanned Aerial Vehicle) や地上型レーザスキャナ (Terrestrial Laser Scanner : 以下, TLS) の導入により、3 次元データの利用は今後さらに増加する。しかし、TLS 計測は、計測位置の選定が難しく、データの欠損が生じたり、詳細なデータを得ようとして計測回数を増やすと、計測時間やデータ処理の手間が増加したりするといった課題がある。また、作成した 3 次元データについて、使用する機器によってデータ処理ソフトウェアが異なり、データの保管が煩雑になるなど、3 次元データを用いた維持管理システムについては未だ発展途上である。

そこで、本研究では、3 次元データを用いた道路の維持管理の実現を目的として、道路舗装面、橋梁および斜面を対象に、TLS, UAV とカメラによる計測を実施し、既存図面情報が不足している構造物の 3 次元データを構築する手法を考案するために、橋梁においては少ない計測回数でも精度の高い 3 次元データを構築する計測方法とデータ生成を試行する。また、作成した 3 次元データを一括で管理し、3 次元データ上に点検結果を表示するシステムを検討する。

2. 道路維持管理システムの概要

文献[2]より、システムは 3 次元データの計測による情報の収集、ノイズ除去などの処理、複数計測データの組み合わせによる伝達、業務での利用というプロセスが実施され、3 次元空間の任意の箇所に補修すべき座標や点検結果、写真などを 3 次元データと関連付けて管理できるものとする。以下、この定義に従って 3 次元データの計測、処理、複数データの組み合わせを行う。そして情報の利用として、3 次元データ上の任意の座標に点検結果、写真などを登録するプロトタイプシステムを構築する。

3. 実現場の計測と 3 次元データの構築

3. 1 複数計測機器を用いた 3 次元データ計測

本研究では、文献[2]で用いた TLS と UAV に加え、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、それらを組み合わせ高精密な 3 次元データを生成する。使用機器は FARO 社製の Focus 3D X 330, DJI 社製の Inspire2 (搭載カメラ: ZENMUSE X5S), GoPro Hero6 Black である。

3. 2 舗装面と斜面の 3 次元データの構築

TLS, カメラ搭載 UAV を用いた計測を 2019 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。Focus 3D X330 が道路舗装面を高密度に計測できる範囲は約 10m[2]であるため、半径約 10m を基準に 20m おきに 16 箇所計測し、データ処理ソフトウェア FARO SCENE を用いて 3 次元データを構築した。計測の際、結合作業の負担を軽減するため 10m おきにターゲットを設置した。また、2018 年に構築したデータ[3]とも結合し、道路延長約 520m の 3 次元データを構築した。

斜面において、動画から得られた写真に対して、Agisoft 社製 Metashape を用いて SfM 処理を施した。2018 年[3]と 2019 年に構築したデータを点群編集ソフト CloudCompare により重ね合わせ、土砂流出部に着色した (図 1)。その結果、2018 年に構築したデータでは確認できな

Fundamental study of road maintenance management system using 3D data by laser scanner and UAV

[†]Ryosuke Hata and Satoshi Kubota, Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

[‡]Kotaro Nishi, Graduate School of Science and Engineering, Kansai University

かったくぼみを発見し、水流による土砂の流れを可視化できた。今後、着色した箇所を求め、土砂流出量を計測する。

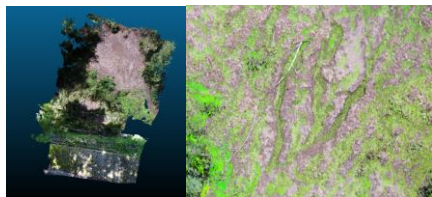


図1 構築した斜面の3次元データ(左)と2018年計測データと2019年計測データの差分(右)

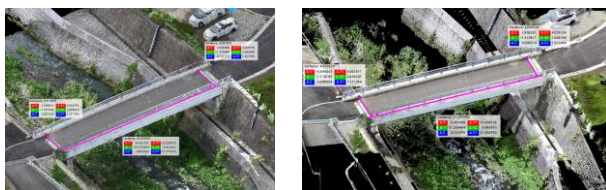


図2 TLSとUAV空中写真測量の組み合わせによる3次元データ(左)とTLSと手持ちカメラ映像から作成したデータの組み合わせによる3次元データ(右)

3.3 橋梁の計測と3次元データの構築

TLS, カメラ搭載 UAV および地上からカメラを用いた計測を2019年7月に大阪府泉南市にある童子畑橋にて行った。TLS計測は橋梁の周囲6箇所で行い、そのうち橋梁を挟んで対角2箇所から計測したデータと、UAVとカメラで撮影した画像をそれぞれ SfM 処理して作成した3次元データを結合した。SfM 処理と結合処理は CPU : Intel core-i9-9900x, RAM : 64GB, NVIDIA GeForce RTX2070 の PC で実施し、UAV から得られた画像の処理時間は橋梁面のみで約40分、カメラ画像の処理時間は橋台と橋梁面合わせて約70分であり、結合時間は TLS データと UAV 画像 SfM 処理データとの結合に約1時間、TLS データとカメラ画像 SfM 処理データとの結合に約2時間を要した。構築したデータを図2に示す。結合の結果、TLSで2箇所計測したデータから構築した3次元データの欠損部分である上部工や橋台の詳細なデータを得ることができ、橋長や幅員を把握できる3次元データが作成できた。TLSでの6箇所計測データから構築した3次元データや現地で実測した数値と比較した結果、橋長と幅員ともに同程度の数値を得た。その結果を表1に示す。

4. 3次元データを用いた道路維持管理システムの検討

道路維持管理システムは、道路管理者が行う平常時の定期点検や災害前後の3次元データの

比較による被害状況の把握などに用いられる。3次元データに Cloud Compare の Aligns two clouds by picking (at least 4) equivalent points pairs 機能を用いて絶対座標を与え、Skyline社の Terra Explorer Pro 内の3次元地図上に表示した。3次元データが地図上に表示され、舗装面のクラックを確認、異なる二時期の3次元データを表示する(図3)。

表1 3次元データの橋長と幅員

	橋長 (m)	幅員 (m)
TLS(6箇所計測)	22.258	4.013
TLS(6箇所計測)+UAV	22.229	4.052
TLS(6箇所計測)+カメラ	22.247	4.024

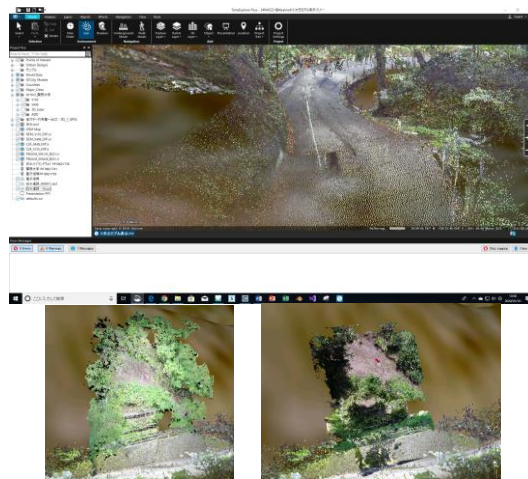


図3 Terra Explorer Pro での3次元データ表示

5. おわりに

本研究では TLS, UAV とカメラを利用して斜面、道路舗装面、橋梁の3次元データを構築し、絶対座標を与え3次元地図上に表示し任意の場所に点検結果を登録、参照できるシステムを検討した。今後は位置情報を持った3次元データを作成し、土砂流出量などを計測することが課題である。

参考文献

- [1]国土交通省道の相談室, 道に関するデータ集 : https://www.mlit.go.jp/road/soudan/soudan_10_b_01.html[accessed January 8, 2020]
- [2]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, Vol.31, No.6, pp.867-875, 2019.
- [3]西臯太郎, 窪田諭, 何啓源: 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, 情報処理学会第81回全国大会講演論文集, Vol.2019, No.1, pp.637-638, 2019.