

複数計測機器の特性を考慮した道路構造物の3次元データの構築と活用検討

何 啓源† 窪田 諭‡

関西大学大学院 理工学研究科† 関西大学 環境都市工学部‡

1. はじめに

道路構造物は、災害対策、災害発生時の応急・復旧対策、破損防止や補修強化などの理由から、維持管理を効率的かつ高度に実施することが求められる。従来の道路維持管理では2次元データでの管理が主流であったが、それでは橋梁や法面の管理に十分とは言えず、点検者にとっても2次元のみの情報だけで理解することは難しい。効率的な維持管理を行うためには、視覚的表現に優れ、情報共有が容易な3次元データの利用が有効である。近年では、Mobile Mapping System (MMS) を用いて道路の3次元点群データを取得することが多い。MMSは対象物の高精度かつ高密度な点群データを取得可能であるが、導入に手間がかかり、コストが高いため、地方道路では導入が難しい。また、レーザスキャナを車両上部に搭載するため、車両が走行できない場所では使用できないという課題がある。

そこで、本研究では、道路構造物の3次元維持管理を実現するために、実現場にて地上型レーザスキャナ (Terrestrial Laser Scanner: TLS) と UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いて道路舗土工部と橋梁を計測し、3次元データを構築する。そして、3次元データを維持管理で活用する方策を検討する。

2. TLS と UAV の特性分析

道路においては、対象の構造物や状況により、複数の計測機器を組み合わせることによって、3次元データを取得することができる。そのため、計測機器の特性を理解するとともに、特性に基づき計測データの選択やデータ融合を行うことが必要である。TLS と UAV によって計測する点群データの特性を表1に示す。表より、計測範囲(可視不可視領域)に特徴があり、異なる機器のデータの融合が効果的である。本研究では、対象道路

において MMS による 3 次元点群データが存在する場合にはそれを利用し、MMS 計測を行った後に長期間データを更新していない場合や局所的なデータを取得する場合には TLS を、小規模災害時には TLS と UAV を併用することを提案する。舗装面の老朽化による亀裂やポットホールなどの狭域のデータが必要な場合に、TLS は有効であると考ええる。

表1 計測機器による点群データの特性

	TLS	カメラ搭載UAV
計測コスト(時間)	可搬の時間	小型。ただし、天候と風速に考慮が必要
測距範囲	狭域	やや広域
計測可能範囲(可視領域)	設置可能な箇所から可視化できる範囲	飛行可能なエリア全域を計測可能
計測不可見範囲(不可視領域)	構造物の上面等の計測は困難	オーバーハング箇所は計測できない
測距精度(理論値)	誤差:数mm	ソフトウェアに依存
点の密度	非常に高い	高い
測距分布	非一様分布。近距離ほど密度が高い	ソフトウェアに依存
地面に対する計測角	10~90°程度	90°程度
エッジの計測	計測されている場合	エッジが曖昧になる
地表面の計測	ノイズ含む	ノイズ含む
構造物の計測	側面計測可能	全てのエリアを計測可能
構造物・樹生・移動体などのノイズ	有り	有り
取得可能な情報	ローカル座標系のXYZ座標値、反射強度、輝度値	基準点指定することで平面直角座標系のXYZ座標値、輝度値

3. 道路構造物の計測と3次元データの構築

(1) 道路土工部

本研究では点群データを取得するため、長野県北佐久郡軽井沢町の民間管理道路である白糸ハイランドウェイにおいて計測を行った。TLSにはFARO社のFocus3D X330を、UAVの空中写真測量にはDJI社のInspire2を用いた。舗装面をTLSによって計測した結果を図1に示す。土砂崩れなどが起きた際、TLSではレーザの入射角の問題で路面から斜面の上部を計測することが困難である。そこで、TLSとUAVを併用し、TLSによる点群データと、斜面の上部を計測したUAV写真測量からSfM (Structure from Motion) によって、生成した点群データとを組み合わせると斜面全体の詳細なデータを取得する。その結果を図2に示す。TLSとカメラ搭載UAVによる点群データの組み合わせには、点群データ編集ソフト Cloud Compare を用いて、特徴点 50,000 点を抽出して結合し、一つの3次元データを構築した。その際、距離データを持ち、精度が高い TLS による点群データを基準にカメラ搭載 UAV による点群データを合わせた。

Construction and Usage of Three-dimensional Data for Road Structures Considering Characteristics of Measurement Instruments

†Chi Yuan Ho

Graduate School of Kansai University

‡Satoshi Kubota

Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

構築したデータの点数は、12,716,700点である。これにより、地上レーザスキャナのみでは取得できなかった斜面上部の3次元データを得ることができ、道路の3次元維持管理に必要な道路空間データを構築する可能性を示した。

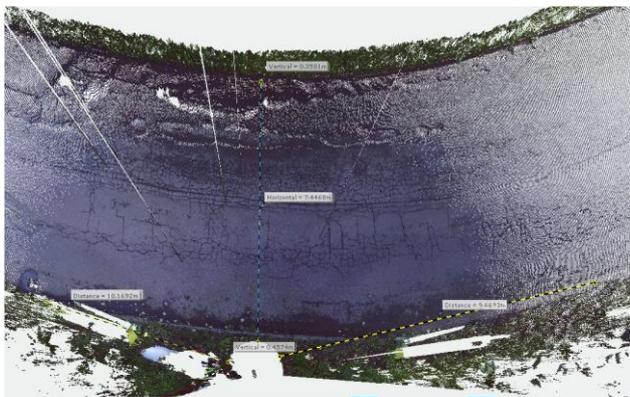


図1 路面の点群データ



図2 斜面部におけるデータの組合せ

(2) 橋梁上下部工

橋梁の上下部工の3次元データを構築するため、大阪府南部の童子畑橋（泉佐野市）と女形橋（泉南市）を対象に UAV 写真測量と TLS による計測を行った。UAV 写真測量では、高度 30m で飛行し、撮影した動画を写真に変換し、点群処理ソフト PhotoScan で SfM 処理を行い、3次元データを構築した。計測時に風が強く、機体とカメラが安定しなかったため精度に影響を与えた。一方、TLS では、女形橋は 6 箇所から、童子畑橋は 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、一つのデータにした。

UAV 上空からの計測であり、橋梁側面や下部工の3次元データを構築できないため、SfM データと TLS データとを組み合わせた。TLS データの精度が SfM データより高いため、重複する SfM データは、結合前に削除する。Cloud Compare により、各データの特徴点 50,000 点を基準に結合し、UAV 写真測量では取得できなかった橋梁の側面や下部工を3次元データとして表現できた（図3）。デー

タの精度を検証するため、3次元データと設計条件とを比較する。設計条件における橋長は 22.20m、有効幅員は 4.00m であり、点群データにおける橋長は 22.212m、有効幅員は 4.019m である。誤差は、橋長が 12mm、有効幅員が 19mm であり、3次元点群データは橋梁の構造を高精度に表現できる。

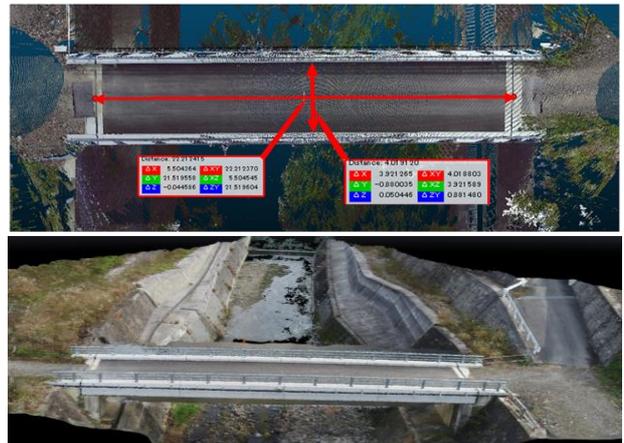


図3 3次元データと橋梁設計条件との検証

4. 3次元データの活用検討

本研究では地方道路でも3次元データを用いた維持管理を実現するために、処理した点群データをそのまま利用する。道路維持管理システムでは、点群データからの亀裂などの把握、現場で撮影した写真の重ね合わせなどの機能を提案する。また、現場でのモバイルデバイスにおいて2次元地図上の事象を点群データに反映することも要求される。3次元データの利用には、道路の表現精度は高くなるが、膨大なデータ量を処理する工夫が必要である。

5. おわりに

本研究では、道路構造物の3次元データを構築し、TLSとUAVによる点群データを道路維持管理に利用することを考え、現場での計測を実施し、3次元データを高精度に構築できることを示した。

今後、TLSとUAV写真測量は、それぞれ計測範囲、精度や点密度などの特性を有するため、それらを組み合わせて効率的に広範囲かつ高精度な3次元データを構築する方法を検討する。そして、3次元データを用いた道路維持管理システムを開発する予定である。

参考文献

- 1) 田中成典, 辻光宏, 伊藤俊秀, 窪田諭, 今井龍一, 中村健二: レーザスキャナと UAV 等の計測機器を用いた社会基盤施設の3次元データの計測と活用に関する研究, 情報処理学会研究報告, Vol. 2017-IS-142, No.3, pp.1-5, 2017.