

道路維持管理のための3次元点群データの計測と精度評価

関西大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○何 啓源
関西大学 環境都市工学部 正会員 窪田 諭

1. はじめに

日本の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必要がある。道路維持管理では2次元データの利用が主流であったが、それでは点検や補修の箇所などを管理するためには不十分である。近年の地上設置型レーザスキャナ(TLS:Terrestrial Laser Scanner)やMMS(Mobile Mapping System)などの計測機の技術発展により、これらで計測した3次元点群データを用いて、道路維持管理の高度化に期待できる[1]。例えば、舗装面の亀裂や破損がある箇所の状況を正確に把握できる。

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3次元点群データを計測し、計測機器を現場に適用するための留意事項を整理する。そして、点検の記録や写真を3次元データ上の正確な位置で管理する維持管理システムを検討する。社会基盤施設の3次元データを作成するためには、航空レーザ測量、MMS、TLSのレーザ計測機器とUAV(Unmanned Aerial Vehicle)による空中写真測量で用いられるカメラが利用される。対象の構造物や状況により、適切な計測技術を組み合わせて、様々な場面で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。本研究では、道路と橋梁の計測にTLSとUAVを用いる。

2. 道路舗装面の計測と3次元データの生成

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場合にはそれを利用し、MMS計測の時間間隔がある場合や局所的なデータを所得する場合には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る。また、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の点群データとを組み合わせることで斜面全体の詳細なデータを取得する。

本研究では点群データを計測するため、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、TLSとUAVを用いて計測を行った。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。斜面上部をカメラ搭載UAVで計測してSfM処理により点群データを生成し、TLSによる点群データと組み合わせた結果を図1に示す。点群データ編集ソフトCloud Compareを使い、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。構築した点群データの点数は、11,255,300点である。クラック幅を計測できる箇所では、約0.0077mのクラックを計測できた。

TLSによる計測を実施した結果、二つの制約条件が明らかになった。一点目は、現場の環境による制約である。計測中に自動車や歩行者などの通行があるとともに、山道では路肩がなく、地面の勾配が高いため、計測機器を設置する箇所が限られ、複数回の計測が困難なことがある。そのため、計測者と機器の安全確保、データ取得範囲や精度に留意が必要である。二点目は、計測機器のスペックによる舗装面の計測可能範囲の制約である。TLSが舗装面を高密度で計測できる範囲は、半径約10mであることが分かった(図2)。舗装面のデータを広範囲に取得するためには、計測範囲である10mを目安に移動して、複数回作業することが必要である。

3. 橋梁の計測と精度評価

橋梁の上下部工の3次元データを構築するため、2017年11月に大阪府南部の樫井川(泉佐野市)と金熊寺川(泉南市)を対象にUAV空中写真測量とTLSによる計測を行った。UAV空中写真測量では、高度30mで飛行し、撮

キーワード 点群データ, 地上設置型レーザスキャナ(TLS), UAV(Unmanned Aerial Vehicle), 道路維持管理
連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町3丁目3番35号 関西大学環境都市工学部 窪田諭 TEL: 06-6368-1629



図1 斜面部における TLS と UAV のデータ組合せ

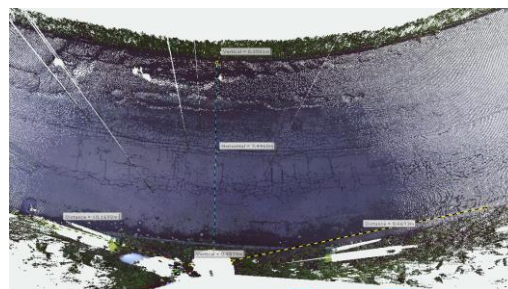


図2 路面の点群データ



図3 童子畑橋の結合データ

表1 SfMデータの精度検証結果

SfMデータの精度検証結果		
誤差 (m)	xy方向	Z方向
検証点	0.199	0.349
検証点	0.232	0.082
検証点	0.414	0.211
検証点	0.185	0.120
平均	0.258	0.191
RMSE	0.272	0.216

影した動画を写真に変換し、PhotoScanでSfM処理を行い、3次元データを構築した。樫井川の河川空間のSfMデータの精度を評価するために、基準点としてターゲット3点にGNSS測量による絶対座標を与え、検証点を4点用いた。その結果、RMSEはxy方向0.272m、z方向0.261mであった(表1)。計測時に風が強かったため、機体とカメラが安定しなかったことが精度に影響を与えた。一方、TLSでは、樫井川の女形橋と金熊寺川の童子畑橋を対象に、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。

SfMによる3次元点群データは、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データとを結合した。そこでは、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空中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)。3次元データの精度を検証するため、童子畑橋の結合した点群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、点群データの橋長は22.212m、有効幅員は4.019mである。したがって、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。

道路舗装面と橋梁の3次元点群データを用いることにより、点検結果や補修情報を3次元上に蓄積、参照する道路維持管理システムに展開できる。システムでは、3次元データの「計測」、ノイズ除去等の「処理」、複数の計測機器データの組合せによる「伝達」、業務での「利用」という情報システムの定義に沿った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備考、写真などを点群データと関連づけて管理できる。

4. 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、現場での舗装面と橋梁のデータ計測を実施した。その結果、現場条件と計測機器のスペックによる制約条件を明らかにした。そして、TLSとUAV空中写真測量の成果を結合したデータの精度検証を行った。

参考文献

[1]田中成典，窪田諭他：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。