

F1-13

UAV レーザによる橋梁点群データと VRS による地上検証点座標及び橋梁実測寸法との比較検証 Comparison and Verification of Bridge Point Cloud Data Measured by UAV Laser with Ground Verification Point Coordinates Measured by VRS and Actual Bridge Dimensions

白河拓己¹, 室井和弘², 本郷恵莉², 岩上弘明³, 佐田達典⁴, 加藤創大⁵

Takumi Shirakawa¹, * Kazuhiro Muroi¹, Eri Hongo², Hiroaki Iwatani³, Tatunori Sada⁴, Soudai Kato⁵

Abstract: UAV laser is the technology for acquiring three-dimensional point cloud data in the surrounding space. In this experiment, the UAV laser used to measure bridge shape, and the accuracy of the point cloud was verified using actual measurement data of a bridge. The UAV flight route included routes that passed under the bridge and routes that flew over the bridge, and the measurement points were set around and over the bridge. As a result, it was confirmed that there was no significant difference between the observed coordinates by UAV laser and VRS and that the route flying over the bridge provided the most accurate measurements. The accuracy of deviation from reference value of the X, Y, and H components measured by UAV laser were within 0.05 m.

1. はじめに

UAV レーザ (Unmanned Aerial Vehicle laser measurement) とは, UAV に搭載されたレーザスキャナにより, 飛行することで周辺の空間を 3 次元点群データとして取得するシステムである. 点群データとは, レーザスキャナによる 3 次元測量によって得られた 3 次元座標を持った点の集合であり, 位置情報 (X, Y, H) と反射強度, 計測された時間などを含んでいる.

既存研究として田中ら^[1]は UAV レーザで計測した点群を地上レーザによる点群と比較することによる精度検証を行なった. そこで本研究では, ネットワーク型 RTK 測位の仮想基準点方式 (以下, VRS) を用いて得たデータと UAV レーザによる橋梁計測データの比較を行い, UAV レーザの精度検証を行った.

2. 実験概要

本実験は 2024 年 8 月 8 日に福島ロボットテストフィールド (以下, 福島 RTF) において計測を行った. 本実験で使用したレーザスキャナは RIEGL 社製 VUX-1HA, 計測レート 1,017,000 点/秒, 測定精度 10mm である. 使用した UAV は ATOP 社製 ATP-SL3 である. 本実験の飛行ルートを図 1 に示す. 1, 2, 3 の青線は橋梁上空を飛行しながら計測を行なったルートである. その際の実験条件は, 高度 15m, 速度 4m/s とした. 4, 5, 6 の黄色の線で示されたルートは橋梁下部を通過しながら計測したルートである. その際の実験条件は, 高度 3m, 速度 4m/s とした.

精度検証として対空標識 (400mm×400mm) を設置した. 設置位置は図 2 に示す. 本研究の検証に使用する検証点は, 橋梁上の点 3 と橋梁の周りを囲む点

8, 9, 10, 11, 12 とした.

3. 解析手法

UAV レーザで取得された点群データから対空標識の中心点を点群処理ソフト CloudCompare にて手動で計測した. Figure 3 に南東方向から標定点を確認している様子を示す. また, 実験時には対空標識の中心を VRS で計測した. VRS によって得られた検証点座標を参照値とし, 点群データの検証点座標との較差を算出した. 次に, 橋梁の設計図面に示された実寸法と点群による寸法を比較した.

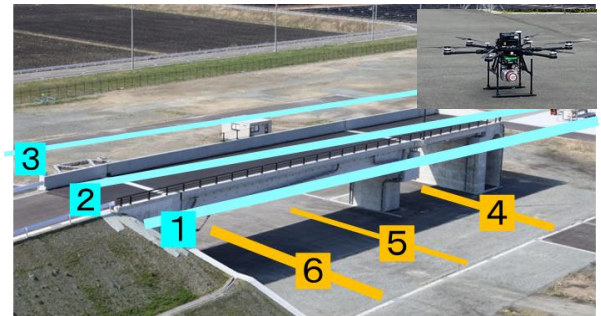


Figure 1. Flight route (Source: Created by processing facilities and ancillary^[2])

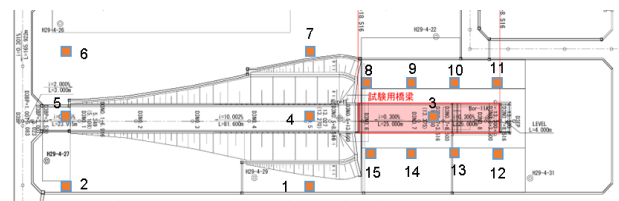


Figure 2. Location of verification points (Source: Created by processing test bridge drawings^[3])

Table 1. Difference of measured coordinates from VRS results

| 標定点 番号 | X 座標 較差 | Y 座標 較差 | H 標高 較差 | 3次元 較差 |
|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| 3 | -0.022 | 0.015 | 0.029 | 0.040 |
| 8 | 0.020 | 0.009 | 0.015 | 0.027 |
| 9 | -0.039 | -0.008 | -0.005 | 0.040 |
| 10 | -0.026 | -0.006 | 0.013 | 0.030 |
| 11 | -0.019 | 0.026 | 0.003 | 0.032 |
| 12 | -0.023 | 0.009 | 0.001 | 0.025 |
| 13 | -0.001 | 0.006 | -0.040 | 0.041 |
| 14 | 0.005 | 0.011 | -0.009 | 0.015 |
| 15 | -0.018 | -0.007 | -0.026 | 0.032 |

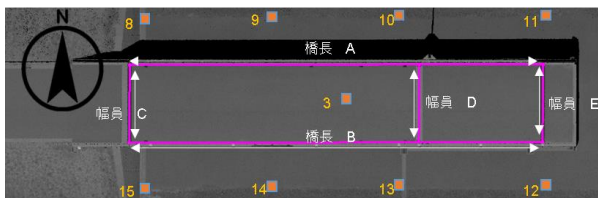


Figure 3. Locations where bridge length and width are acquired

4. 実験結果

Figure 3.に示す検証点の X 座標較差, Y 座標較差, H 標高較差を Table 1.に示す. UAV レーザと VRS の 3 次元較差の最大較差は点 13 の 0.041m, 最小較差は点 14 の 0.015m であった. 各標点の 3 次元較差を見てもバラツキは少ない.

Figure 3.に示す区間の寸法について橋長の寸法較差を Table 2., 幅員の寸法較差を Table 3.に示す. 飛行経路 3~6 は欠測が生じ, 正確な計測が行えなかったため, 飛行経路 1, 2 のみでの精度検証とする. 橋長は A と B の 2 方向, 幅員は C, D, E の 3 方向での計測を行なった. 幅員は西側から東側に向かうにつれて精度が低下した.

5. おわりに

本研究では橋梁を対象に計測データの精度検証を行なった. その結果, 国土交通省国土地理院の UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案)⁴⁾において示されている出来形測量での要求精度が X, Y, Z の各成分の精度が 0.05m 以内であれば出来形管理に用いることができるとされているため, 出来形管理に用いることができる精度であることが示された.

Table 2. Difference of bridge length measurement between actual dimensions and UAV laser measurement

| ルート 番号 | 区間 | 実寸法(m) | 計測値 (m) | 較差(m) |
|-----------|----|--------|------------|--------|
| 1 | A | 50.004 | 50.016 | -0.012 |
| | B | 50.004 | 49.979 | 0.025 |
| 2 | A | 50.004 | 49.905 | 0.099 |
| | B | 50.004 | 49.910 | 0.094 |

Table 3. Difference of width measurement between actual dimension and UAV laser measurement

| ルート 番号 | 区間 | 実寸法 (m) | 計測値 (m) | 較差(m) |
|-----------|----|------------|------------|--------|
| 1 | C | 8.980 | 8.983 | -0.003 |
| | D | 8.990 | 8.943 | 0.047 |
| | E | 9.000 | 8.896 | 0.104 |
| 2 | C | 8.980 | 9.010 | -0.030 |
| | D | 8.990 | 8.974 | 0.016 |
| | E | 9.000 | 8.947 | 0.053 |

今後は, 計測に使用した GNSS 衛星電波受信の影響などについてさらに検討を進めていく予定である.

6. 参考文献

- [1]田中成典, 窪田諭, 今井龍一, 中村健二, 山本雄平, 塚田義典, 谷口寿俊, 中原匡哉: 土工の施工管理における UAV 搭載型レーザスキャナによる計測方法と計測誤差に関する研究, 土木学会論文集 F3, 2018.
- [2]福島イノベーション・コースト構想: 施設・附属設備 - 福島ロボットテストフィールド (fipo.or.jp), < <https://www.fipo.or.jp/robot/facility>>, (入手日付: 2024.9.22).
- [3]福島イノベーション・コースト構想: 試験用橋梁図面.pdf (fipo.or.jp), < <https://www.fipo.or.jp/robot/facility/detail>>, (入手日付 2024.9.22).
- [4] 国土地理院: UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル (案), <<https://www.gsi.go.jp/common/000198899.pdf>>, (入手日付: 2024.9.20).