

UAV と LiDAR 付端末を利用した写真測量に関する研究

西日本工業大学大学院 ○学生会員 緒方 大樹
西日本工業大学 正会員 松下 紘資
西日本工業大学大学院 非会員 王 仁華

1. はじめに

近年、土木分野において無人航空機（以下、「UAV」と記す）を活用した測量が増加しており、3次元形状復元技術（SfM）を用いた空中写真測量など、その用途は多岐に渡っている。UAVを用いた写真測量は、短時間に広範囲のデータを得ることができるが、多くの場合、垂直に撮影を行う。そのため、地面は問題なく撮影できるが、構造物の側面や樹木などに覆われた地面、階段などの段差は撮影できないため、解析時に点群が生成されづらいといった問題がある。一方、利便性の観点からLiDAR付端末を利用した測量も広く利用されるようになってきている。しかしながら、LiDAR付端末を使用する場合、使用者が端末を手に持った状態で測定を行うため、5m～10m程度の小範囲しか測量することができないといった問題がある。

そこで本研究では、近年 iPad や iPhone などの携帯端末にも搭載されている LiDAR を活用し、UAV を用いた写真測量において点群の欠損が発生した箇所を LiDAR 付端末で補完する新たな手法について検討する。

2. 現地測量

2.1 対象フィールド

対象フィールドは、図-1 に示す西日本工業大学小波瀬キャンパスサッカーグラウンド周辺を選定した。本グラウンドは、人工芝や構造物を含んでおり、サイズはおよそ 105m×80m である。



図-1 サッカーグラウンドおよび標定点

2.2 UAV の撮影条件

本研究での撮影は鉛直直下撮影とした。また、使用した機材は、RTK 測位を行う受信機が一体となった「Phantom 4 RTK（D-RTK2 方式）」（DJI 社製）である。撮影高度について、最適値は使用する UAV に搭載されているカメラのスペックによって決まる。本研究では、式(1)により最適な撮影高度を算出した。

撮影高度 =
$$\frac{\text{画像サイズ(pixel)} \times \text{焦点距離(mm)} \times \text{地上寸法(m/pixel)}}{\text{センサーサイズ(mm)}} \quad (1)$$

UAV のカメラスペックの値を式(1)に代入すると、最適高度 36.48m が得られる。ただし、グラウンド周囲の高い位置に照明が設置されており、事故防止の観点から飛行高度を 50m に設定した。ラップ率は、国土地理院基準が公開している「UAV を用いた公共測量マニュアル（案）¹⁾」を参考に、オーバーラップ率 90%，サイドラップ率 60%とした。

2.3 UAV を用いた測量

図-1 の H1～H5 を標定点とし（標定点 4 点，検証点 1 点），座標計測を行った。計測した座標値を表-1 に示す。測定後，UAV を飛行させ写真測量を行った。解析ソフトには，Metashape（Agisoft 社製）を用いた。本手法は実務での使用を目指していることから，測量誤差の許容値は国土交通省出来形基準である±5cm 未満²⁾とした。表-1 右列に示すように，標定点誤差は±5cm を大きく下回る値となった。解析により得られた 3 次元点群データを図-2 に示す。グラウンドの側面にある直壁

表-1 測定箇所一覧

ポイント名	Y座標	X座標	Z座標	誤差(m)
H1	83536.078	-2397.481	24.031	0.008095
H2	83626.206	-2451.207	23.856	0.002993
H3	83661.015	-2392.825	23.878	0.008695
H4	83570.859	-2339.113	24.057	0.011164
H5	83598.558	-2395.157	24.175	0.008025
標定点誤差(m)	0.008287	検証点誤差(m)	0.008025	

キーワード UAV, LiDAR 付端末, 3次元点群データ, SfM
連絡先 〒800-0394 福岡県京都郡苅田町新津 1-11
西日本工業大学 TEL0930-23-1491

部（楕円で囲った部分）が白く欠損しており，点群作成が不十分であることが確認できる．

2.4 LiDAR 付端末を使用した計測

UAV を用いた写真測量後，LiDAR 付端末を使用してグラウンド側面直壁の欠損箇所の計測を行った．UAV を用いた写真測量の点群データと座標値で重ねるため，予め標定点を 5m 間隔で設置し，座標計測を行った．直壁の撮影は 5m ずつ，計 13 回（65m 分）撮影した．LiDAR 付端末で撮影した点群データの一部を図-3 に示す．

2.5 TREND-POINT による横断比較

UAV と LiDAR 付端末で撮影した点群データについて，TREND-POINT（福井コンピュータ社製）を用いて直壁部の横断を抽出した．それぞれの横断線の例を図-4 に示す．直壁部を見ると，左側の UAV は点の数が少なく上下に変動しており，正しく測量されていないことが確認できる．一方，右側の LiDAR 付端末は上下の変動はなく直壁の横断線が明瞭に作成されている．

3. UAV データと LiDAR 付端末データの合成

UAV の 3 次元点群データに，LiDAR 付端末の 3 次元点群データを組み込み，補完する作業を行った．合成の方法は UAV の点群データ内に LiDAR 測定時に計測した座標値を読み込ませ，一つ一つ手作業で LiDAR 測定 13 回分を合成した．

補完後の 3 次元点群データを図-5 に示す．図-2 で示された直壁部の欠損が解消されていることがわかる．続いて，合成した 3 次元点群データから抽出した横断例を図-6 に示す．補完作業により，直壁の断面線が綺麗に作成されていることがわかる．

4. おわりに

本研究では，UAV 写真測量において点群の欠損が発生した箇所を LiDAR 付端末で補完する新たな手法について検討した．その結果，両者を合成することで欠損部分を保管できることがわかった．ただし，LiDAR 付端末で測定を行った際の標定点マーカーが小さく（10cm×10cm），画像処理時に認識が困難であった．今後は，標定点マーカーの大きさや色などの見直しを行い，精度向上を図る予定である．

参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院：UAV を用いた公共測量マニュアル（案），p.25-26，2017．
- 2) 国土交通省空中写真測量を用いた出来形管理の監督・検査要領(土工編)(案)，p.4，2022．

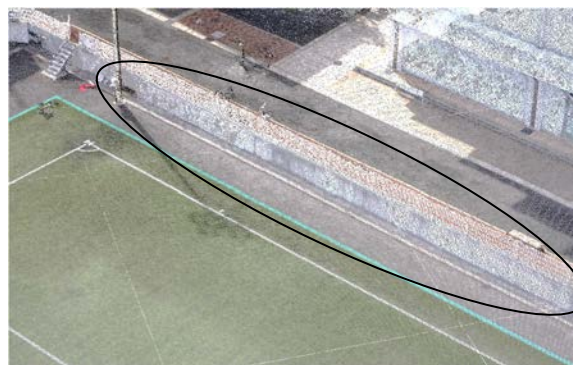


図-2 UAV による 3 次元点群データ

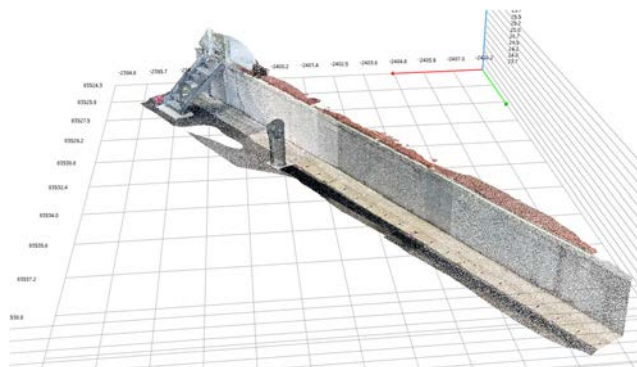


図-3 LiDAR 付端末を利用した 3 次元点群データ

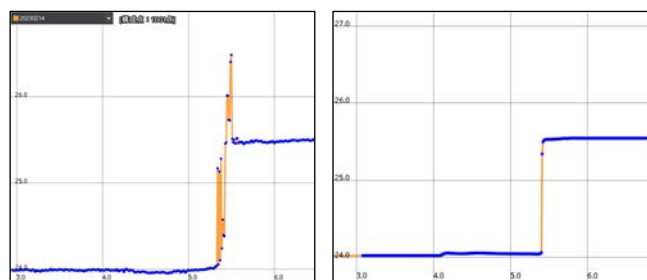


図-4 横断図（左：UAV，右：LiDAR 付端末）



図-5 合成した 3 次元点群データ

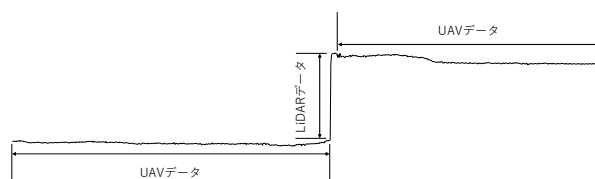


図-6 合成後の横断図