

## 土工出来形計測を対象とした UAV 搭載型レーザスキャナの基礎的な性能評価実験

安藤ハザマ 正会員○武石学 正会員 澤正樹 正会員 黒台昌弘 正会員 早川健太郎  
朝日航洋 (株) 正会員 中野一也 非会員 鈴木英夫

### 1. はじめに

国土交通省が推進する i-Construction が契機となり、土工事の出来形管理を対象に、UAV に搭載したカメラにより撮影した写真から生成した 3D 点群データを用いる事例が増えてきている。その事例では、多くの利点が明らかになっていると同時に、写真から 3D 点群データを生成する解析処理に多くの時間を費やすといった問題点が指摘されている。昨今、注目が集まっている UAV 搭載型レーザスキャナは導入コストの面で課題があるが、現場の地形の状況を直接的に 3D 点群データとして取得できるため、多くの解析時間を必要としないといった利点がある。しかし、計測事例が少ないことから、土工出来形計測に適用する場合には、UAV に搭載された GNSS や IMU、レーザスキャナといった複数の機器の性能の把握に加え、これらの機器群から取得された個々のデータ間の最適な結合方法や地形計測の最終精度を把握することが重要である。そこで、樹木や法面を含む造成地において、実機によるデータ計測を試み、基礎的な性能評価を実施した。

### 2. 使用機材と実験概要

本実験は UAV に DJI 社の Matrice 600 Pro、搭載型レーザスキャナに LiDAR USA を使用した。レーザスキャナを搭載した UAV の外観を写真-1、UAV とレーザスキャナの仕様を表-1 にそれぞれ示す。

計測範囲は写真-2 に示すように宅地造成中の約 200m×100m の範囲とした。計測範囲には造成された平坦地と法面を含んでおり、平坦地と法面の頂上との高低差は約 35m である。また、写真-2 の上部に確認できるように法面の周辺には樹木が存在し、樹高は約 20m であった。



写真-1 UAV の外観

表-1 UAV とレーザスキャナの仕様

UAV		レーザスキャナ			
ローター数	6	重量	約 2kg	測距範囲	100m
フライトコントローラ	DJI A3 Pro	GNSS/IMU	Applanix APX-15 UAV	FOV	進行方向 : 30° 直交方向 : 360
フライトログ	閲覧可能	ロール、ピッチ	0.025°	精度	±3cm
総重量	約 13kg	ヘディング	0.080°	チャンネル	16
自動航行	計画立案 飛行監視	レーザ	Velodyne VLP-16 Puck	波長	903nm
飛行時間	約 20 分	測定レート	30 万点/秒	レーザクラス	1

性能評価のための実験では、①対空標識（標定点と検証点）の測量（GNSS と TS による）、②UAV に搭載したレーザスキャナによる計測（平坦地を基準面として対地高度を 40m、飛行速度を 3m/sec、3 コース）、③UAV に搭載した一眼レフカメラ（ソニー社製 α6000）による撮影（平坦地を基準面として対地高度を 85m、飛行速度を 2m/sec、6 コース）を実施した。



写真-2 計測範囲

### 3. 実験結果

#### 1) 対空標識を用いた精度評価（標高値について）

GNSS スタティック観測によって実験ヤード内に基準点を設け、

キーワード UAV 搭載型レーザスキャナ 3D 点群データ 土工出来形 精度検証

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1 Tel.029-858-8815 e-mail: takeishi.manabu@ad-hzm.co.jp

63 点の対空標識の座標を TS によって取得した。次に、対空標識の TS による平面座標を中心に半径 10cm に含まれる UAV 搭載型レーザスキャナによる 3D 点群データを抽出し内挿処理した高さの最確値と、TS による高さの観測値から算出した較差を求めた。その結果、UAV 搭載型レーザスキャナによる 3D 点群データの較差は TS に対して $\pm 4\text{cm}$  程度であることが確認できた。その結果に基づき作成した標高の段彩図を図-1 に示す。

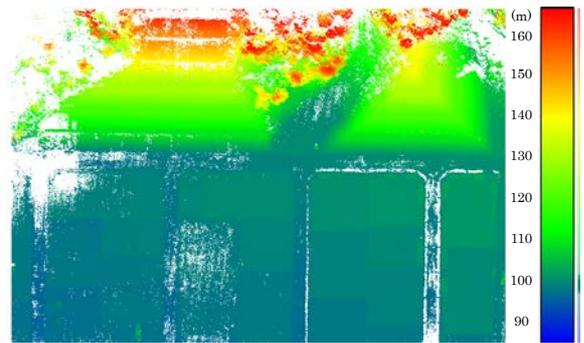


図-1 レーザ点群の段彩図

### 2) UAV 写真からの 3D 点群データとの比較評価

i-Construction で規定されている出来形管理基準に則って撮影した複数の写真を用いて SFM 手法により写真からの 3D 点群データを作成し、63 点の対空標識に対して TS 測量結果との対比による高さ方向の精度評価を行った結果、 $\pm 1.3\text{cm}$  となった。次にこの写真からの 3D 点群データを比較基準として、UAV 搭載型レーザスキャナによる 3D 点群データとを比較した結果を図-2 に示す。図-2 より差分のほとんどが $\pm 10\text{cm}$  以内に収まっていることが確認できる。

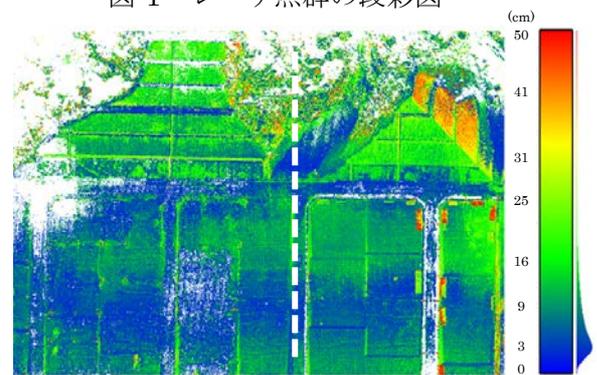


図-2 写真からの 3D 点群と UAV レーザ点群との比較 (差分表示)

### 3) 定性的な評価

レーザスキャナの特徴である樹木部における地形の取得状況を確認するために図-3 に示す断面図 (断面位置: 図-2 中央、縦白点線) を作成した。図-3 の灰色で表した写真からの 3D 点群データと黒色で表したレーザスキャナの 3D 点群データの対比から、レーザが枝葉を透過して地形が取得できていることが確認できる。

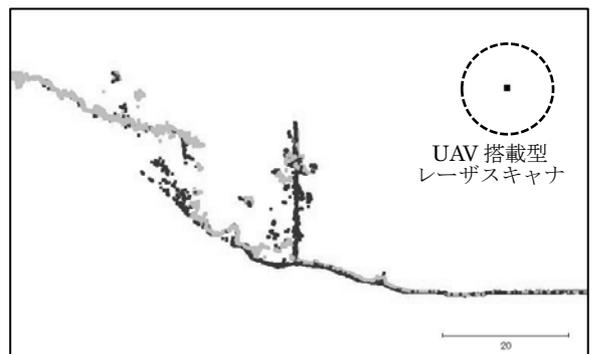


図-3 樹木部を含む断面図

## 4. 実験結果のまとめと考察

本実験で使用した UAV 搭載型レーザスキャナは比較的安価なものであり、測距精度が 3cm 程度であったにもかかわらず、レーザの高さ方向の精度が $\pm 4\text{cm}$  程度であることが明らかとなった。また、レーザスキャナの段採図において、点群の薄い欠測部が確認された。この理由として、計測前日に降雨・降雪があり、計測日にはぬかるみができるような状況であり、例えば、写真-3 (破線丸印) のように水たまりが残っているような場合は、今回用いたクラス 1 のレーザスキャナでは十分な反射が得られなかったことが考えられる。



写真-3 水たまりが残る計測エリア

## 5. おわりに

本稿では、UAV 搭載型レーザスキャナの基礎的な性能評価として、対空標識を用いた測点での定量的な評価や SFM 手法による写真からの 3D 点群データとの比較、断面図を用いた定性的な評価を実施した。その結果、造成工事中の地形形状を高さ方向 $\pm 10\text{cm}$  以内の精度で把握できることが分かった。また、樹木が生い茂っている地帯においても枝葉間をレーザが通過して地表面を計測できていることが判明し、レーザスキャナの有用性が確認できた。

今後は、異なる対地高度でのデータ取得やレーザのマルチチャンネルに対する評価を進める所存である。