

異なる UAV レーザスキャナによる計測精度の比較検証について

中日本航空(株) 正会員 ○星野 慎司 水野 洋平 石田 三千男 笠 けやき
(株)熊谷組 正会員 古川 敦 生田 恵己 正会員 北原 成郎 正会員 天下井 哲生

1. はじめに

国土交通省では、ICT 技術を導入し生産性の向上を図る i-Construction を進めている。その取り組みの中で UAV レーザ測量の活用が土木現場等で進んでいる。UAV レーザ測量は、レーザパルスを発射しレーザ波形を解析することで三次元点群データを作成するため、発射されるレーザパルスが植生を透過し、植生下の地表を直接計測することができ、地表面の三次元点群データの取得が可能である。取得できる点密度や地表面への透過率は、レーザスキャナに大きく依存しており、要求される点密度や作業する現地状況に応じて、使用するレーザスキャナを検討する必要がある。本稿では異なるレーザスキャナを使用した計測精度の検証について報告する。

2. 計測方法

本検証では、RIEGL 製の VUX-1LR と Velodyne LiDAR 製の VLP-32 を使用して、沖縄県宮古島市内の植生地（樹林・下層植生）と裸地（砂浜）が存在する場所を対象とした。飛行計画は図 1 及び表 1 に示す通りで、レーザスキャナ以外は全て同一の条件で UAV レーザ測量を実施した。レーザスキャナの計測緒元は表 1 の通りである。レーザ発射回数については、VUX-1LR が 75 万発/秒で VLP-32 が 60 万発/秒であるが、両機材のスキャン角の違いを考慮すると VLP-32 のレーザ発射回数は 55 万発/秒（60 万×330 度/360 度）となる。

また、トータル・ステーションを用いて裸地及び植生地の標高を現地で計測し、精度検証用の検証点とした。検証点の実施箇所は図 3 に示す通りである。

3. 検証方法

- (1) 裸地での取得点数の比較として、1m 四方のエリア（72 箇所）を設定しエリア内で取得された総点数を比較した。
- (2) 植生地での取得点数及びグラウンド（地表面）取得点数の比較として、1m 四方のエリア（20 箇所）を設定しエリア内で取得された総点数とグラウンド点数を比較した。また、グラウンド点数と総点数の百分率をグラウンド透過率として算出し比較した。
- (3) 裸地での標高計測精度の比較として、トータル・ステーションで計測した検証点の標高と検証点を中心とした 1m 四方のエリア内の点群の平均標高との較差を比較した。
- (4) 植生地での標高計測精度の比較として、トータル・ステーションで計測した検証点の標高と検証点の近傍に位置するグラウンド点の標高との較差を比較した。



図 1 計測場所及び飛行コース

表 1 飛行緒元及び計測緒元

飛行緒元		
計測飛行速度	18km/h (5m/s)	
コース間重複率	50%	
対地高度	50m (標準高度)	
計測緒元	VUX-1LR	VLP-32
レーザ安全規格	クラス 1	
レーザ発射回数	75 万発/秒	60 万発/秒
スキャン角度	330 度	360 度
取得ターゲット数	実質無制限 オンライン波形解析	2 リターン ファースト+ラスト
取得 点間隔	単コース	1 点/0.050 m ²
	複数コース	1 点/0.025 m ²



図 2 レーザスキャナ(左: VUX-1, 右: VLP-32)

キーワード UAV, レーザ測量, レーザスキャナ, 三次元計測, i-Construction

連絡先 〒104-0031 東京都中央区京橋 3-7-5 近鉄京橋スクエアビル 7F 中日本航空株式会社 TEL03-3567-6320

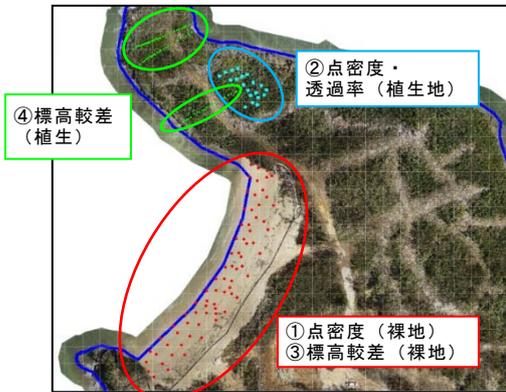


図3 検証エリア及び現地検証点

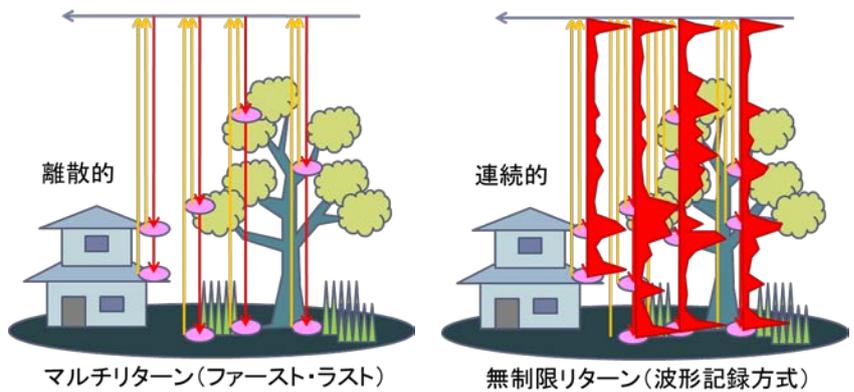


図4 レーザスキャナのデータ取得方式の違い

4. 検証結果

(1) 裸地での平均取得点数で比較すると表2に示す通り VUX-1LRの方が約1.36倍(869点/639点)多い結果となった。同様にレーザー発射回数を比較すると約1.36倍(75万発/55万発)と同じ比率となるため、レーザー発射回数(機材スペック)に依存することが確認できた。

(2) 植生地での平均取得点数で比較すると両機材とも同等の結果となった。グラウンド取得点数で比較すると VUX-1LRの方が2.96倍(24.75点/8.35点)多い結果となった。レーザーの発射回数の違いに加えて、図4に示す通り1パルス(発)あたりのターゲット数(リターンの取得数)の違いが大きく影響したと考えられる。また、グラウンド透過率は VUX-1LRが平均2.27%、VLP-32が0.81%であり両機材とも低い傾向であった。これは今回計測したエリアが樹高の低い樹木や葉が大きく密度の高い草本等の下層植生が目立った場所であり、レーザー測量の苦手とする条件であった事が原因だと考えられる。

(3) 裸地での標高較差を比較すると両機材とも表3及び図5に示す通り平均較差が0.015m以下となり良好な結果となった。しかし、RMS誤差や標準偏差を比較すると VLP-32の方が大きくバラつく傾向が確認できた。

(4) 植生地での標高較差を比較するとレーザー測量が苦手とする場所であったため、両機材とも表3及び図5に示す通り裸地よりも悪い結果となった。平均値を比較すると VLP-32の方が小さい結果となった。しかし、RMS誤差や標準偏差を比較すると VLP-32の方が大きくバラつく傾向が確認できた。VUX-1LRは全体的に地表面より+方向の値を示しているが、VLP-32については、±方向に満遍なくバラついているため、平均値が低くなったと考えられる。

表2 平均点数及び透過率の違い

	①VUX-1LR	②VLP-32	比較 ①/②
裸地の平均取得点数	869点	639点	1.36
植生地の平均取得点数	1149点	1061点	1.08
植生地のグラウンド点数	24.75点	8.35点	2.96
グラウンド透過率	2.27%	0.81%	-

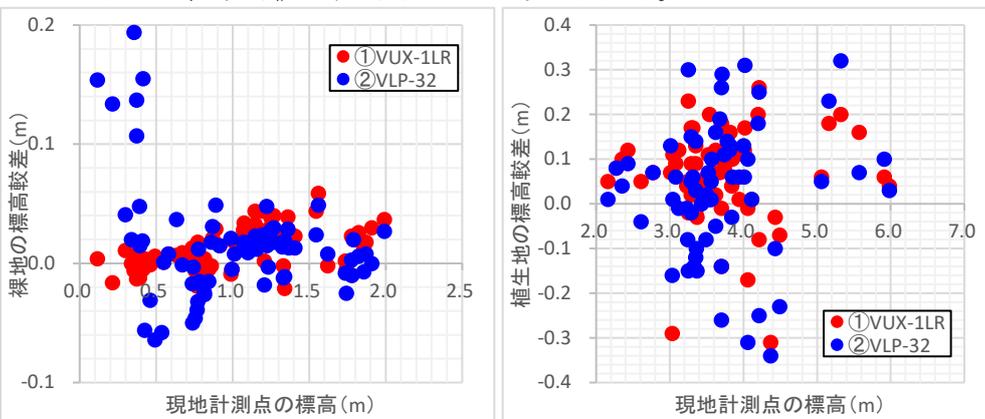


図5 標高較差比較(左:裸地、右:植生地)

表3 検証点での精度検証

	①VUX-1LR	②VLP-32
平均値(m)	0.011	0.015
RMS誤差(m)	0.021	0.050
標準偏差(m)	0.016	0.048
最小値(m)	-0.020	-0.060
最大値(m)	0.060	0.190
最大値-最小値(m)	0.080	0.250
平均値(m)	0.061	0.032
RMS誤差(m)	0.120	0.147
標準偏差(m)	0.104	0.145
最小値(m)	-0.310	-0.340
最大値(m)	0.260	0.320
最大値-最小値(m)	0.570	0.660

5. まとめ

本稿では、異なる UAV レーザスキャナの違いについて、精度検証を行った結果を報告した。今後はさらなる現場検証により計測データを蓄積しレーザースキャナの特長把握に努めるとともに、レーザースキャナの特長及び現地状況に適した飛行計画の検討を行っていく必要があると考える。