

LiDAR システムを用いた植生観測におけるレーザスポットサイズの影響

長岡技術科学大学大学院 非会員 ○ 島田康司, 磯野柊二
長岡技術科学大学 正会員 中村健, 高橋一義

1. はじめに

LiDAR は、光を用いたリモートセンシング技術で、地形測量、構造物のモニタリング、災害リスク評価などに加え、植生観測など幅広い用途に使用されている。特に農林業分野においては植生の三次元構造の取得と解析は、食料生産や森林管理の効率化・省力化において重要である。LiDAR システムを用いた植生観測では、観測条件（飛行高度やレーザ入射角など）や機器の性能（レーザ光の発散角など）が取得される 3D 点群の精度や分布を左右する。特に、飛行高度やレーザ入射角の違いにより変化するレーザスポットサイズによる影響は大きい。

本稿では、水稻を対象に異なるレーザスポットサイズを持つ LiDAR システムを用いたレーザ計測により取得した 3D 点群を用いて、水稻群落の点群鉛直分布（以下、点群鉛直分布）とレーザスポットサイズの関係を検討した結果を報告する。

2. 方法

2.1 ドローン LiDAR 計測

新潟県長岡市越路中沢地区の水田を対象とする。作付け品種はコシヒカリである。

ドローン LiDAR 計測には、レーザスポットサイズの異なる 2 つの LiDAR システム、DJI Zenmuse L1 と DJI Zenmuse L2（以下、それぞれ L1 と L2 とする）を使用した。また、L1 と L2 をそれぞれ DJI Matrice 300RTK と Matrice 350RTK に搭載し、水田の 3D 点群を取得した。この時、L1 と L2 のレーザスポットサイズの影響を同一とするため、レーザスポットの長辺サイズ比 4:1 (L1:L2) に基づき（表-1）、L1 の飛行高度は 7.5 m、L2 は 30.0 m とした。また、同一群落の点群鉛直分布を用いて解析するため、飛行経路は同一に設定した。

ドローン LiDAR 計測は、2024 年 7 月 5 日（作付け日より 63 日後）に実施した。

2.2 点群鉛直分布

L1 を用いたドローン LiDAR 計測において、レー

ザ入射角±8度となる領域を解析に用いた。解析領域は3か所指定し、解析領域ごとに階級幅5cmの点群鉛直分布を作成した。

2.3 点群鉛直分布の類似度

取得した点群の計測点高さは計測間でズレが生じるため、高さ合わせを行う。飛行経路直下に設置した2つのマーカーの計測点高さの差（シフト量）を用いて、L1を基準にL2の計測結果をシフトさせる。また、マーカーの高さは、ノイズの影響を少なくするためマーカーの点群の中央値とした。

L1とL2の計測結果を比較するため、シフトした点群鉛直分布を用いて類似度を算出する。

本稿では、点群鉛直分布間の類似度を評価する指標として、L1を基準とした Root mean square error (RMSE: 二乗平均平方根誤差) と決定係数 (R^2) を用いる。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{1i} - z_{2i})^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{\{(z_{1i} - \bar{z}_1)(z_{2i} - \bar{z}_2)\}^2}{\sqrt{(z_{1i} - \bar{z}_1)^2} \sqrt{(z_{2i} - \bar{z}_2)^2}} \quad (2)$$

ここで、 z_{1i} 、 z_{2i} はL1、L2それぞれの各階級の計測点高さの相対度数、 n はL1、L2ともにデータが存在する階級の数、 \bar{z}_1 、 \bar{z}_2 はL1、L2それぞれの計測点高さの平均相対度数である。

表-1 LiDAR システムの諸元

	L1	L2
測距精度	3cm @ 100 m	2cm @ 150 m
発散角[mrad] (水平 × 垂直)	0.5 × 4.8	0.4 × 1.2
レーザスポット サイズ[cm]	0.4 × 3.6 @ 7.5 m	0.3 × 0.9 @ 7.5 m
	1.5 × 14.4 @ 30.0 m	1.2 × 3.6 @ 30.0 m

3. 結果と考察

ドローンLiDAR計測により取得した解析領域から点群鉛直分布を作成し（図-1），点群鉛直分布間の類似度を式（1），（2）より算出した．その結果を表-2に示す．領域AではRMSEが2.8%， R^2 が0.947と高い類似度を示した．一方，領域BではRMSEが4.6%， R^2 が0.843，領域CではRMSEが6.3%， R^2 が0.739と領域Aに比べて低い類似度を示した．

図-1に示す点群鉛直分布の領域Cを見ると，L2の最頻値がL1よりも高く現れ，最頻値の出現位置（高さ）にズレが生じている．領域Cにおいて中央値が現れる高さを合わせるように調整すると，RMSEが1.4%， R^2 が0.986と高い類似度を示した．また，領域Bにおいても同様に調整すると，RMSEが1.7%， R^2 が0.979と高い類似度を示した．なお，マーカーを用いたシフト量は4.46 cmであり，領域B，Cの中央値を用いた調整量は，それぞれ4.30 cm，5.10 cmであった．これらの結果から，L1とL2の当初取得した計測点高さには，領域ごとに4.5 cmから9.5 cm程の位置ズレ（高さ）が生じていることが確認された．

領域B，Cの位置ズレ（高さ）を調整することで点群鉛直分布は高い類似度を示すことから，局所的な位置ズレ（高さ）が存在している可能性が示唆される．局所的な位置ズレ（高さ）が生じた要因として，ドローンの飛行中に生じるRTK測位誤差が考えられる．

局所的な位置ズレ（高さ）を調整することで点群鉛直分布は高い類似度を示すことから，L1とL2の取得した点群には位置ズレ（高さ）が生じるが，得られる点群鉛直分布は類似することが分かった．

これらの結果から，水稻を対象とした場合にはレーザースポットの長辺サイズ比と飛行高度の比を合わせるようにドローンLiDAR計測を行うことで，同様な点群鉛直分布が得られる可能性が確認できた．また，レーザースポットの長辺サイズ比に基づいた飛行高度で計測を行った結果，高い類似度を示したことから，レーザースポットの面積比ではなく，長辺サイズ比が飛行高度の比と対応している可能性が確認できた．

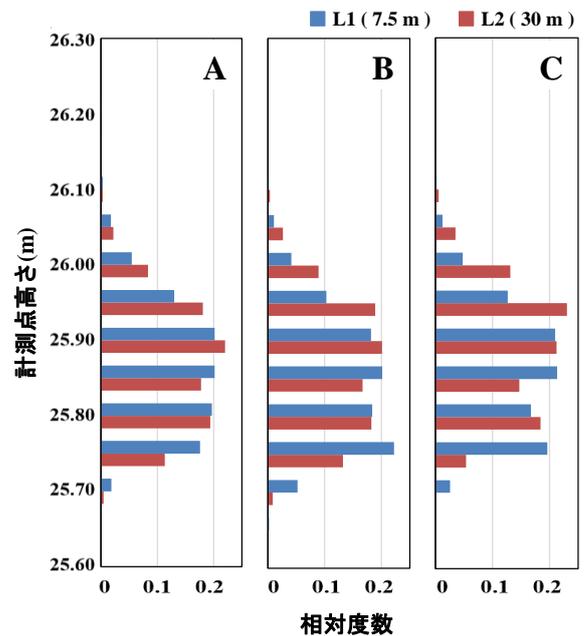


図-1 各領域の点群鉛直分布

表-2 解析領域の類似度

領域	RMSE	R^2
A	0.028	0.947
B	0.046	0.843
C	0.063	0.739

4. まとめ

本稿では，水稻を対象に異なるレーザースポットサイズを持つLiDARシステムを用いてレーザー計測した3D点群を用いて，点群鉛直分布とレーザースポットサイズの関係を検討するため，点群鉛直分布の結果を用いて類似度を確認した．その結果，異なるレーザースポットサイズを持つLiDARシステムを用いた場合，レーザースポットの長辺サイズ比と飛行高度の比を対応させることで同様な点群鉛直分布が得られる可能性が確認できた．

今後は，局所的な位置ズレ（高さ）を調整する方法を検討するとともに，異なる時期で計測を行い，異なる生育状況でのレーザースポットサイズの影響を確認する予定である．

謝辞：本研究の実施にあたり（有）ホープイン中沢様，（株）セキド様より多大なるご協力を頂いた．ここに深謝の意を示す．なお本研究は，JSPS 科研費科21K05846の助成を受けた．