

ドローン LiDAR 点群を用いた林内光環境の推定に関する研究

今井勇魚 高橋一義

1. はじめに

林野庁によると¹⁾ 森林には、水源かん養機能、国土の保全、地球温暖化、林産物の供給などの多面的機能を有していると言われている。これらの働きを維持するために間伐などの管理を行い、林内環境の整備が行われている。森林整備が行われない場合、林内に光が差し込まず、下層植生が消失する。それによる表土の著しい流出が発生し、水源かん養機能の低下によって脆弱な森林の形成されてしまうと言われている。

整備の指標を定めるために、森林を対象にモニタリング調査を行っており、樹木の混み具合や、開空率、等の 14 項目の調査を行っている²⁾。しかし、現在の調査手法では、現地赶赴の測定が必要であり、急斜面や危険地域の調査が行えない。それによって広い範囲での測定が難しいと言われている。

森林状態を知るための研究もおこなわれており、相浦ら³⁾ は、林内光環境が下層植生に与える影響について、平ら⁴⁾ はラジコンヘリと LiDAR データを用いた森林構造の把握、佐々木ら⁵⁾ は、小型 UAV を用いた海岸マツ林の林床光環境の推定、などが行われている。

本研究では LiDAR レーザー光によって得られる LiDAR 点群を用いて開空率の算出を行うことによって、林内から測定した開空率と近い値が得られると考え、ドローン LiDAR 点群を用いた開空率の推定を目的とし研究を行った。

2. 方法

2.1 開空率計測実験方法

車上に 360 度カメラ、姿勢情報測定器、位置情報測定を取り付け、五辺の水辺の道路上を速度 10km/h で走行しながら測定を行った。計測されるデータは、空撮写真、姿勢情報、位置情報の 3 つである。

2.2 LiDAR 点群計測方法

ドローンに LiDAR システム (DJI ZENMUSE L1⁶⁾) を取り付け、対象地域の高度 55m からピッチ角 90 度と 60 度、飛行速度 10m/s で測定を行った。

使用した LiDAR の性能を表-1 に示す。

表-1 ZENMUSE L1 性能

| | |
|--------|---------------------------------------|
| 測定距離 | 190 m @ 反射率10%, 100 klx |
| レーザー波長 | 905nm |
| FOV | 反復スキャンパターン： 70.4° (水平) × 4.5° (垂直) |
| 測距精度 | 3 cm @100 m |

2.3 開空率の算出

開空率とは、林内の明るさを示す指標であり、林冠がどれだけ空いているのかを表す数値の事である。

本研究では、解析ソフトは CanopOn2⁷⁾ を使用し、LiDAR レーザー光が多く入射し、下草の影響が少なくなると考えられる天頂角 60 度範囲での開空率の算出を行った。開空率の算出方法は、全天写真を細かい区画に分割し、それぞれの区画の空隙率によって算出される。区画の分割時にカメラの射影方式によって分割方法が変わる。測定時に使用したカメラでの射影方法は不明であったため、射影方式による投影位置の差を検討したところ、天頂角 60 度範囲まででは大きな差は無いため、等距離射影方式で開空率の算出を行った。

2.4 開空度指数の算出

開空率の算出方法と同じ考え方で算出を行う。カメラ位置を基準点とし、基準点から上空を見たときに、樹冠によって、どれだけ光が遮られているか算出を行った。基準点から視野に入ると考えられる点群を展開し、微小領域で点群の分割を行い、微小領域に観測点がある場合、光が地面まで到達していないと考え、その領域の個数 (count sky voxel) を、分割された領域の総数 (all voxel) で除した値を開空度指数 (sky openness) とし算出を行った (式-1)

$$\text{sky openness} = \frac{\text{count sky voxel}}{\text{all voxel}} \dots (\text{式-1})$$

3. 結果と考察

3.1 開空率計測実験及び、LiDAR 点群計測結果

図-1 を開空率の算出結果とし、QJIS で表示させた。色が赤いほど開空率の値は低く、青になるほど値が高くなるように表示させた。カメラの傾きによる補正を行うために姿勢情報を測定したが、カメラの傾きは、平均で-1.57 度となったため、誤差は発生しないと考

え傾きによる補正は行わない。



図-1 開空率算出結果

3.2LiDAR 点群による開空度指数と開空率の対応関係
voxel サイズ 0.2m で開空度指数を算出し、開空率との対応関係を図-3 に示す。

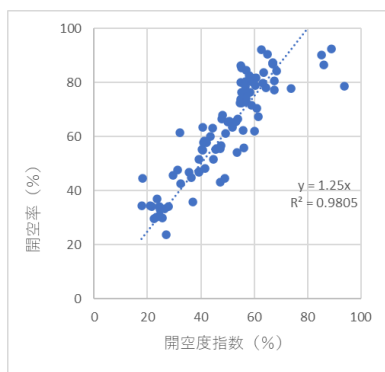


図-3 voxel サイズ 0.2m での対応関係

voxel サイズを 0.2 とした理由は、樹冠の枝や葉などに一番大きさが似ていると考え、0.2m として算出を行った。図-3 の結果では、RMSE の値は 16.0 となり、正の相関も見られることが分かる。

次に voxel サイズ 0.5m で開空度指数を算出した場合での開空率との対応関係を図-4 に示す。

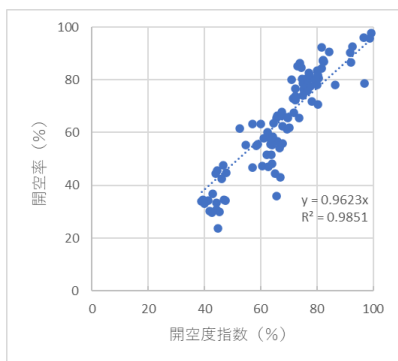


図-4 voxel サイズ 0.5m での対応関係

Voxel サイズ 0.5m での RMSE の値は 8.6 となり、voxel サイズ 0.2m での値よりも良い値となった。考えられる理由としては、voxel サイズが大きくなったことで、多くの点を 1 つの voxel で読み込むことができ下草などの影響が減少したためだと考えられる。

voxel サイズ 0.1m で算出した結果を図-5 とする。

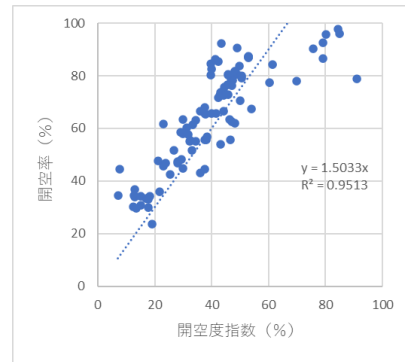


図-5 voxel サイズ 0.1m での対応関係

voxel サイズ 0.1m では RMSE の値は 26.5 となり、最も外れた値になった。voxel サイズが小さいため、光が入射しないと考えた voxel が多くなり、開空度指数が実測値よりも低い値となったため、大きな差が生じたと考えられる。

4.まとめ

本研究ではドローン LiDAR 点群を用いて算出した開空度指数によって、林内の光環境の推定が可能かどうかの検討を行った。結果より、RMSE8.6 から、16.0 程度の精度で、林内の開空率の測定が可能だといえる。

ドローン LiDAR 点群を用いた開空率の推定に関する今後の検討案としては、樹冠が繁茂している点で、データ取得数を増やしての検討、針葉樹林などの、植生の違いによる開空度指数の検討、適した voxel サイズの検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 林野庁 森林の有する多面的機能森林整備の必要性閲覧日 2023 年 2 月 8 日
2022/12/7<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/keieikanri/attach/pdf/kentoukai-19.pdf>
- 2) 林野庁 森林・山村多面的機能発揮対策交付金モニタリング調査のガイドライン 令和 4 年 4 月
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/sanson/attach/pdf/tamenteki-18.pdf>
- 3) 相浦英春 大宮徹 スギ林の強度間伐が林内の光環境と下層植生に与える影響 2010 年 閲覧日 2023 年 2 月 8 日
https://taffrc.pref.toyama.jp/nsgc/shinrin/webfile/t1_7121451b26ae31ba3bdabda8c7cc158a.pdf
- 4) 平 春 後藤慎太郎ラジコンヘリと LIDAR データを用いた森林構造把握の基礎的研究 2013 年閲覧日 2023 年 2 月 8 日
http://risgeo.jp/pdf/publication/204_ronbun_BORJIGIN_GOTO.pdf
- 5) 京都学園大学バイオ環境学部 佐々木剛 丹羽英之 徳島大学大学院社会産業理工学研究部 朝波史香 鎌田磨人 小型 UAV を用いた海岸マツ林の林床光環境の推定 2017 年 閲覧日 2023 年 2 月 8 日
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjsrt/43/1/43_51/_pdf
- 6) DJI Zenmuse L1 User Manual 閲覧日 2023 年 2 月 8 日
https://dl.djicdn.com/downloads/Zenmuse_L1/20220119UM/Zenmuse_L1%20User%20Manual_JP_v1.2.pdf
- 7) CanopOn2 竹中明夫 2023 年 2 月 8 日
<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>