

2 時期多点 LiDAR を用いた 森林のボクセルモデルにおける樹木 ID 付与

1200056 後藤 海

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

森林内の3次元構造を把握することは、森林生態系の維持や管理を行う上で重要となる。本研究では、3次元点群データからボクセルモデル化を行い、樹木の葉面積指数推定、バイオマス量の算出や林床部での日射量の推定などを行ってきた。須内¹⁾は地上型 LiDAR で取得される反射強度と法線ベクトルの物理量から、葉、地面、樹木位置の抽出を行い、森林内のボクセルモデルを作成した。単木ごとの変化量が分ればボクセルモデル内での樹木ごとの3次元構造や間伐による評価が可能となる。そこで本研究では、点群データから作成したボクセルモデルに樹木 ID を付与することで、単木の抽出手法を構築し、樹木ごとの3次元構造の変化量抽出を行った。その結果、樹木 ID ごとに、幹材積が計算でき、間伐の効果を評価できるようになった。

Key Words: 地上型 LiDAR, ボクセルモデル, 幹材積, 葉面積指数

1. はじめに

森林内の3次元構造を把握することは、森林生態系の維持や管理を行う上で重要となる。本研究では、3次元点群データからボクセルモデル化を行い、樹木の葉面積指数推定、バイオマス量の算出や林床部での日射量の推定などを行ってきた。その際、3次元点群データから葉を抽出する手法が必要となる。須内¹⁾は、地上型 LiDAR で取得される反射強度と法線ベクトルの物理量から抽出する手法を構築した。さらに、単木ごとの変化量が分ればボクセルモデル内での樹木ごとの3次元構造や間伐による評価が可能となる。

本研究の目的は、点群データから作成したボクセルモデルに樹木 ID を付与することで、単木の抽出手法を構築し、樹木ごとの3次元構造の変化量を抽出することである。

2. 対象地区

本研究では、高知県香美市佐岡地区の金峯神社周辺の一部範囲を対象地区とした。対象地区は、2019年2月に間伐が行われた範囲を含む南北に50m、東西に70mの350m²である。対象地区を図-1に示す。



図-1 対象地区

3. 点群データ取得

3.1 使用機材

本研究で使用される点群データの取得には、TOPCON社製の地上型 LiDAR を使用した。森林内の地上型 LiDAR の仕様は表-1に示す。使用データは、取得した点群データの内、XYZ座標、RGB値、反射強度、法線ベクトルの属性データを用いた。

表-1 地上型 LiDAR 仕様

項目	GLS-1500
有効計測距離	500m
計測視野	70° × 360°
測距精度	±4mm(150m内)
計測密度	最大1mm(20m内)
最大測点数	100,000,000点
計測原理	Time of Flight法
レーザー波長	1535nm(近赤外線)

3.2 地上型 LiDAR 設置位置

地上型 LiDAR の設置位置を図-2に示す。2018年度はQ1地点からQ6地点、2019年度はP1地点からP6地点までの各計6点で計測を行った。なお高度角、水平角ともに0.1°間隔の精度で点群を取得した。今回使用するデータは、地上型 LiDAR からの距離が20m以内の点群のみとした。点群密度は、2018年度で最大2462点/cm³、2019年度で最大2710点/cm³であった。密度の中央値は、2018、2019年度共に5点/cm³であった。

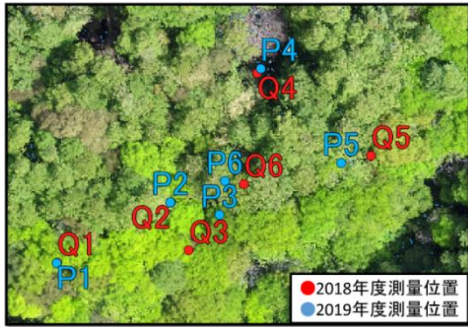


図-2 対象地区における地上型 LiDAR 設置位置

4. 点群の分類

4.1 点群の画像化

点群の分類では、須内¹⁾の用いた分類手法を参考に葉以外点群の抽出を試みた。まず、各計測位置で取得した点群データの XYZ 座標から高度角と水平角を算出し、画像化を行った。3次元点群を画像化することで空間解析、処理の高速化が見込める。画像に変換する際、RGB 値の R に反射強度、G に内積、B に法線ベクトルの Z 成分を付与した。図-3 に 2019 年 P1 地点で取得した点群を点群画像化したものを示す。

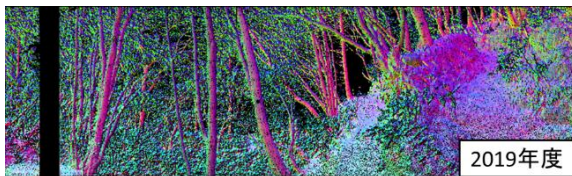


図-3 P1 地点で取得した点群画像

4.2 点群の分類結果

P1 地点における点群の分類結果を図-4 に示す。葉以外点群の抽出を行ったのち、P1 から P6 の 6 地点で精度検証を行った。精度検証は、作成した点群画像から確実に葉である点を 50 点、確実に葉以外である点を 50 点の計 100 点を目視にて検証点として設け、分類結果と比較した。その結果、精度は 95.3% となった。2018 年度との比較の結果、日射条件や計測場所が変わっても分類可能なことが示された。表-2 に検証結果を示す。

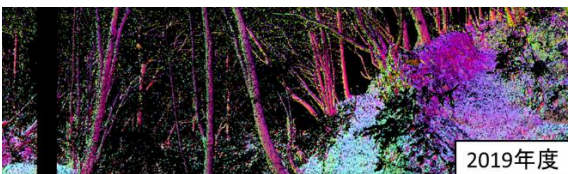


図-4 P1 地点での葉以外点群の分類結果

表-2 検証結果

2018年度		抽出結果			Producer's accuracy(%)
		葉	葉以外	合計	
検証点	葉	269	31	300	89.7
	葉以外	27	273	300	91.0
	合計	296	304	600	
User's accuracy(%)		90.9	89.8		90.3
2019年度		抽出結果			Producer's accuracy(%)
		葉	葉以外	合計	
検証点	葉	281	19	300	93.7
	葉以外	9	291	300	97.0
	合計	290	310	600	
User's accuracy(%)		96.9	93.9		95.3

5. 点群データの幾何補正

5.1 反射板を用いた LiDAR 設置箇所ごとの幾何補正

LiDAR から取得したデータを設置箇所ごとに反射板を基準点として幾何補正を行った。反射板の最大の誤差は 3cm であった。RSME は 2018 年度が X 軸方向 0.4cm、Y 軸方向 0.4cm、Z 軸方向 0.3cm、2019 年度が X 軸方向 2.0cm、Y 軸方向 1.3cm、Z 軸方向 0.7cm であった。しかし、基準点から離れるほど誤差が大きくなり、目視で最大約 20cm の誤差があるところが確認された。幾何補正の精度が悪いと森林内で単木を抽出する際、別の木を抽出するリスクがある。

5.2 目視による LiDAR 設置箇所間の調整

P6 地点を基準に目視での特徴点を基準点とし、基準点周りの残差が 2cm 以内になるように三次元アフィン変換を行った。残差を 2cm 以内としたのは、本研究では 1 辺が 10cm のボクセルを使用するため、1/5 以上の精度を確保するためである。

6. ボクセルモデル作成

6.1 ボクセル化

ボクセルとは、3次元空間を微小立方体に区切り、その微小立方体それぞれに属性を与えたデータモデルである。点群データを均質にし、データ量を軽減させることができ、用途に応じた様々な属性を付与することが可能である。本研究では 1 辺が 10cm のボクセルを使用した。今回付与した属性は、中心座標、樹木 ID、葉面積、幹材積である。ボクセル化の概念図を図-5 に示す。

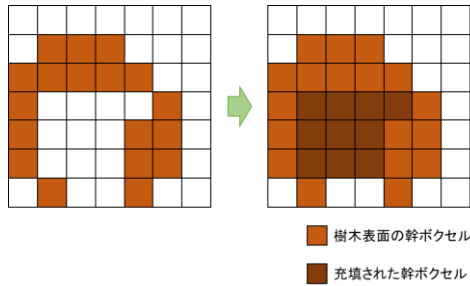


図-9 幹充填の概念図

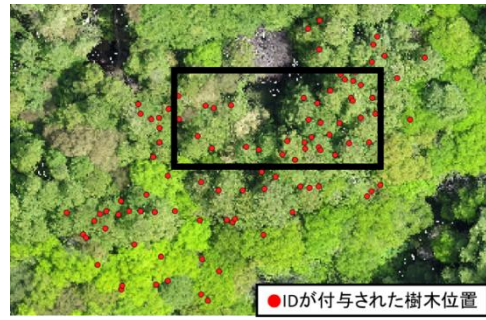


図-10 検証範囲

7. 樹木の3次元構造の解析

7.1 樹木ごとの幹材積とその変化

樹木 ID が付与されたボクセルの内、対象地域で間伐が行われた 15m×30m の範囲に絞り検証を行った。検証範囲を図-10 に示す。検証は間伐前後でボクセルがなくなっている樹木と現地測量で得た間伐樹木位置との比較により行った。結果 26 本すべてが問題なく抽出された。検証に用いた表を表-3 に示す。なお、現地測量で得た間伐樹木位置の値には、間伐樹木に 1、その他に 0 を与えている。幹材積は樹幹内部の充填後、ID ごとにボクセル数と 1 ボクセルの体積である 1000cm³ を掛け合わせることで求めた。結果、総計 2.15 m³ の材積が間伐により失われたことになる。

表-3 樹木ごとのボクセル数と幹材積

樹木id	2018年度ボクセル数	2019年度ボクセル数	T5測量間伐樹木位置	2018年度幹材積(cm ³)	2019年度幹材積(cm ³)
1	162	1067	0	165000	1295000
2	293	380	0	310000	420000
3	71	0	1	71000	0
4	166	44	0	166000	45000
5	204	527	0	224000	608000
6	377	1390	0	501000	1481000
7	191	1698	0	248000	1564000
8	118	598	0	138000	770000
9	50	120	0	50000	129000
10	356	1364	0	387000	1714000
11	89	312	0	95000	378000
12	40	756	0	42000	862000
13	163	1005	0	201000	1212000
14	253	220	0	269000	220000
15	87	484	0	97000	553000
16	97	0	1	97000	0
17	594	1126	0	669000	1305000
18	366	0	1	350000	0
19	258	0	1	267000	0
20	280	0	0	285000	0
21	193	0	1	220000	0
22	98	0	1	99000	0
23	317	0	1	325000	0
24	86	0	1	91000	0
25	97	0	1	98000	0
26	240	0	1	245000	0

7.2 葉面積指数推定

最後に、須内¹⁾ の手法を用いて葉面積を算出し、葉面積指数の推定を行った。葉面積指数とは、地表の 1m×1m の面積に対してその上方に存在する全ての葉の総面積のことである。推定結果を図-11 に示す。推定結果から、間伐により葉面積指数が低下したことが確認できた。

$$Leaf Area = A \times Pv + B \times Mv \quad (a)$$

Leaf Area : 10cmボクセルに付与する葉面積(cm²)
 A:25.0(cm²)
 B:12.5(cm²)
 Pv : 葉点群のボクセルの個数
 Mv : 葉以外点群のボクセルの個数

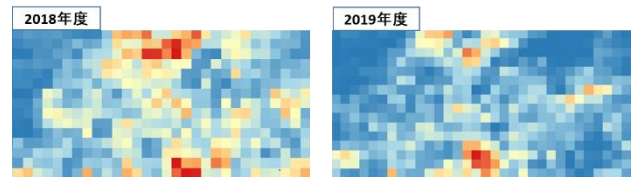


図-11 葉面積指数(LAI)

8. 考察

本研究では、地上型 LiDAR で取得した 3次元点群データから構築したボクセルモデルに、樹木 ID を付与することで単木の抽出手法を構築した。

本研究の抽出手法により、樹木 ID ごとに、幹材積が計算でき、間伐の効果を評価できるようになった。

今後は、全ての対象範囲で単木の抽出ができるよう、幾何補正精度の向上や点群データを取得する場所を検討していく必要がある。

9. 参考文献

- 1) 須内洗介：ボクセルモデルを用いた佐岡実験フィールドにおける森林の3次元構造の把握
- 2) 兼子瞭介：ボクセルモデルによる森林構造の表現手法の構築, 2016年度修士論文