

# UAV によるボクセルモデルの生成と 植生の成長量解析

1220125 西山 雄大

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

樹木の高さは樹種によって大きく異なる。また、同じ樹種であっても到達できる高さは周辺環境によって大きく異なることが知られている。樹木にとって樹木の成長には太陽光が必要なため、樹木が密集している箇所では肥大成長よりも樹高成長が優先される。一方で林床の植生は樹冠の隙間から差し込んでくる光が、成長に大きく関わっている。本研究の対象エリアでは、2019年2月と2020年2月に間伐が行われている。本研究は、広範囲のデータが取得できる UAV を用いて樹冠・林床観測を行い、観測した画像から三次元点群データを作成し、成長量を見た。そこで、間伐した箇所と未間伐の箇所での樹冠・林床植生の成長量の違いを考察した。その結果、樹冠・林床のどちらも間伐した箇所付近は、全体的に成長量が大きいことが分かった。

**Key Words** : UAV, 樹冠・林床植生, 間伐, 成長量解析

## 1. はじめに

樹木の高さは樹種によって大きく異なる。また、同じ樹種であっても到達できる高さは周辺環境によって大きく異なることが知られている。樹木にとって樹木の成長には太陽光が必要なため、樹木が密集している箇所では肥大成長よりも樹高成長が優先される<sup>1)</sup>。一方で林床の植生は、樹冠の隙間から差し込んでくる光が、成長に大きく関わっている<sup>2)</sup>。本研究では、リモートセンシングにより多種多様な環境から成り立つ里山を三次元構造で把握するための研究を行ってきた。例えば、広範囲のデータが取得できる UAV を用いた樹冠の植生観測や、小型 UAV を用いた林床の植生観測である。本研究ではこれらの観測が行われている高知県香美市佐岡地区の金嶺神社周辺(東西 50m, 南北 50m)を研究対象エリアとした。黒枠で囲った対象エリアを図-1 に示す。対象エリアでは2019年2月と2020年2月に間伐が行われた。間伐したエリアを図-2 に示す。赤線で囲んだエリアが

2019年に間伐、青線で囲んだエリアが2020年に間伐した箇所である。

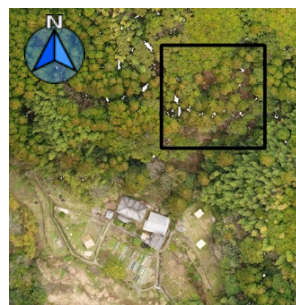


図-1 対象エリア



図-2 間伐エリア

前年度岡嶋ら<sup>3)</sup>は、林床での観測が UAV を用いてできるようになったことから、林床植生の成長量を計測する解析手法を構築した。本研究は、その手法を元にボクセルを作成し、間伐した箇所と未間伐の箇所では、樹冠の成長量と林床の成長量にどのような影響が出るか明らかにすることを目的とする。ボクセルとは、デジタルデータの立体表現において、その最小の立方体(正規格子)の単位を示すものである。

## 2. 使用機材とボクセルモデルの作成手法

### 2.1 使用機材

林床植生観測は、2020年5月から DJI mini2, 樹冠植生観測は、2019年4月から DJI inspire2, レーザ一観測は、2021年10月から DJI MATRICE300 という UAV を用いて行っている. 使用した UAV の写真を図-3 に、各 UAV に搭載したカメラの仕様を表-1 に示す.



図-3 観測で使用した UAV  
(左から mini2, inspire2, MATRICE300)

表-1 UAV に搭載したカメラの仕様

本体	mini2	inspire2	MATRICE300
撮影フォーマット	MP4	JPEG	pnts
有効画素数	12MP	24MP	—

主な機材の特徴として、mini2 は、高性能カメラを搭載しているにも関わらず、手のひらサイズでコンパクトな為、生い茂った林内の撮影に向いている. inspire2 は、飛行時間が長く、自動飛行ができる為安定した観測をすることができる. MATRICE は、LiDAR(対象物にレーザーを照射し、対象物までの距離を測定する技術)で樹冠から林床までの位置情報をポイントデータとして取得することができる.

撮影画像から SfM(三次元形状復元技術)により、三次元点群データを作成した. 使用した SfM ソフトウェアは Agisoft Metashape である. 研究全体のフローを図-4 に示す.

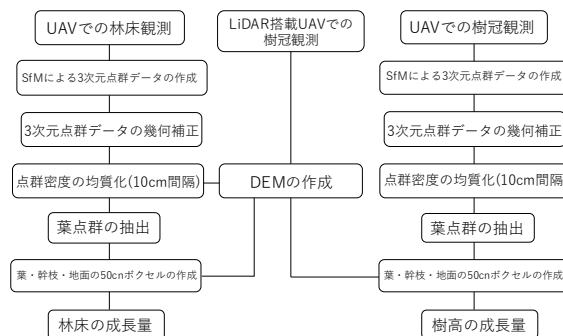


図-4 研究全体フロー

### 2.2 三次元点群データの幾何補正

SfM により三次元点群データを作成する際、対象エリアに設置してある地上基準点を用いて、幾何補正を行った. 観測したデータの幾何補正精度を表-2 に示す.

表-2 幾何補正精度

撮影日	地上基準点の数	基準点周りの誤差(m)
2020/8/21(林床)	12個	0.035
2021/8/11(林床)	20個	0.035

2019/8/10(樹冠)	4個	0.035
2020/8/15(樹冠)	7個	0.026
2021/8/8(樹冠)	7個	0.037

### 2.3 点群密度の均質化

SfM で作成した三次元点群データは、不均質な点群データである. 本研究は点群数で成長量を把握したいため、均質化したデータが必要である. 幾何補正精度より、三次元点群データの点群密度を、精度が十分に保たれる 10cm 間隔に均質化した.

均質化の方法は、不均質な点群を 10cm 間隔の立方体に入れ、点群を 10cm の立方体で代替させた. 属性には、点群の RGB 値の平均値、xy 座標には立方体の中心座標、z 座標には最大標高値が入っている.

### 2.4 地盤高 (DEM) データの作成

林床観測だけでは、データの欠損範囲が存在した. そこで、2021年9月から研究室に導入された MATRICE300 で取得した点群データも使用し、対象エリアの DEM を作成した. 使用したデータは、2020年5月15日の林床観測データ (mini2) と 2021年10月26日のレーザー測量したデータ (MATRICE300) を用いた.

mini2 で観測したデータを均質化すると同時に、均質化したデータのグリッド(10cm×10cm)の最小標高値を抽出した。MATRICE のデータも同様の作業を行った。2つの抽出した最小標高データを重ね、重複した部分は2つの値のうち最小値を採用した。それでもなお欠損となったグリッドは、GIS ソフト(QGIS)で内挿した。

## 2.5 葉点群の分類

樹冠、林床から葉か幹枝か判別するために、10 cm 間隔に均質化した点群から、岡嶋らが採用した葉点群を分類する作業を行った。葉点群を分類するために、緑と赤を用いた緑指数式(a)と緑と青を用いた緑指数式(b)を使用した。

$$\text{緑指数 R} = \frac{G - R}{G + R} \quad (\text{a}) \quad \text{緑指数 B} = \frac{G - B}{G + B} \quad (\text{b})$$

葉か葉以外かを判定する方法として、閾値処理(式(a)は0.05以上、式(b)は0以上)を行った。

## 2.6 50cm ボクセルによる点群数の集計

葉点群を分類したデータと DEM データを用いて、成長量を解析するために、50 cm 間隔のボクセルを作成した。50cm 間隔にした理由は、最小単位である10cm の均質点群を用いて、物理量(体積等)を求めるのに有効な大きさだからである。葉を緑、幹枝を赤、地面を青で色分けをした。属性には、50 cm ボクセルの中心の xy 座標、最大標高値の z 座標、RGB 値、葉・幹枝・地面の点群数、全点群数を与えている。樹冠・林床の50cm ボクセルの断面図を図-5に示す。

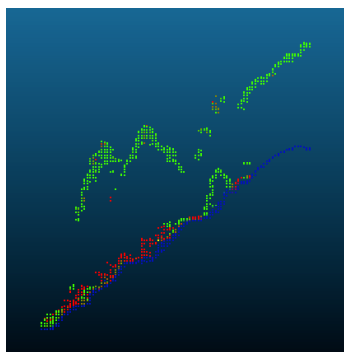


図-5 50cm ボクセルの断面図

## 3. 樹冠の成長量解析

2019年8月から2021年8月までの標高の変化を調べた。樹冠の50cmボクセルに与えている最大標高

値を用いて、2021年から2019年のデータを引き算することで標高の変化が分かるようになった。対象エリアの標高の変化を面的に表した分布図を図-6に示す。

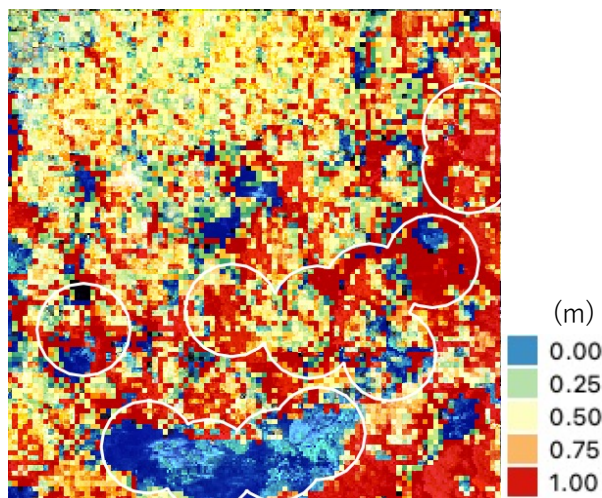


図-6 2019年8月から2021年8月の標高の変化

青い部分は、間伐後の2021年のデータから間伐前の2019年のデータを引いているため、マイナスになっている。間伐エリアと未間伐エリアを比較すると、白線で囲っている間伐エリアの方が、特に変化量が多い。

対象エリアからスギ、ヒノキ、カシの3つの樹種の樹頂点を5つ定めて成長量を調べた。樹種ごとに成長する速度は違うが、間伐したエリアの近くの樹木は、比較的、成長量が大きかった。ヒノキ、スギ、カシの各樹種の調査した樹頂点を図-7に示す。各樹種の2019年から2021年までの成長量のグラフを図-8に示す。間伐した付近の樹木の数字は赤で表している。

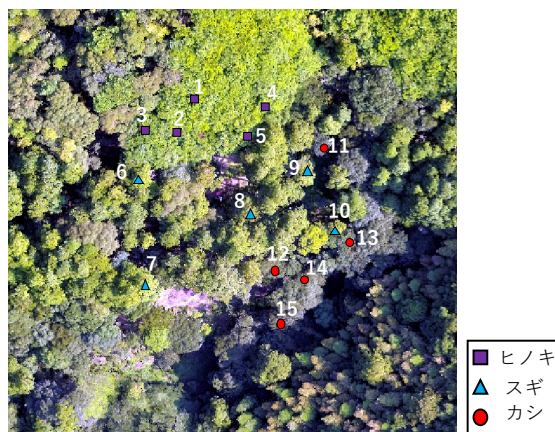


図-7 各樹種の調査した樹頂点

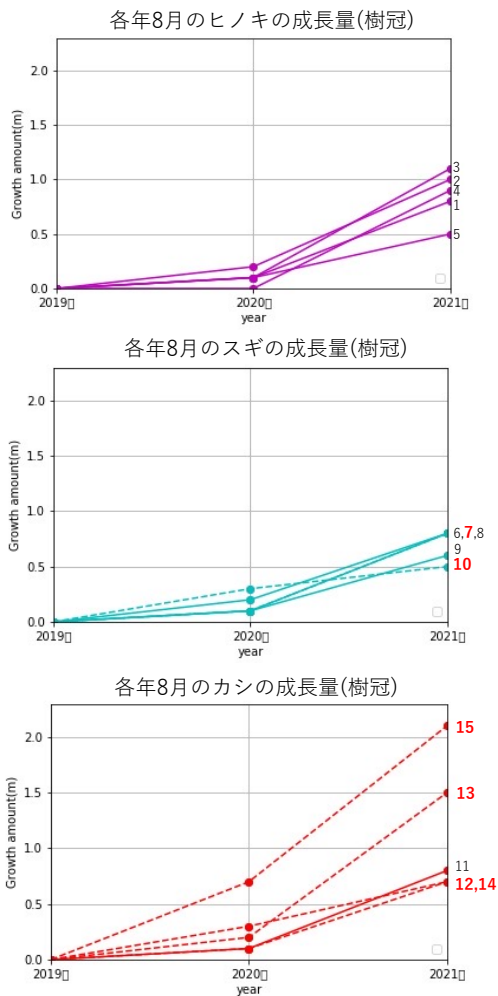


図-8 樹種ごとの2019年から2021年までの成長量

#### 4. 林床の成長量解析

林床の50cmボクセル内の点群数を用いて、樹冠の標高の変化と同様に引き算することで、林床植生の成長量が分かるようになった。用いたデータは、2020年8月と2021年8月のデータである。対象エリアの成長量を面的に表した分布図を図-9に示す。

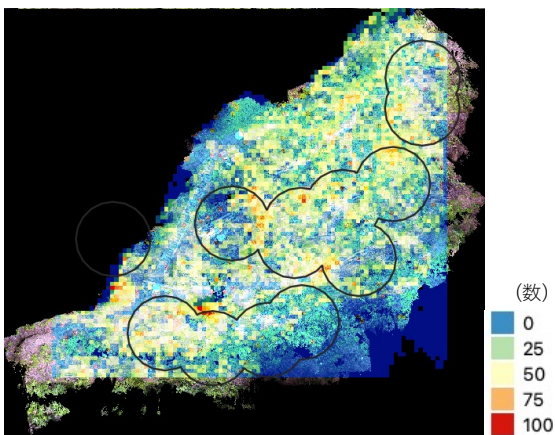


図-9 2020年から2021年の林床植生の成長量

右下の部分は、2020年ではデータがあるが2021年にはデータがない為、マイナスになっている。間伐した周辺(黒線で囲っている部分)は、比較的黄色か赤色になっており、植生が多く成長していることが分かった。

2021年3月から8月の林床の成長量と2021年8月の樹冠の葉点群数の関係を散布図(図-10)に表した。樹冠の葉点群数が少ない所は、林床の成長量が多くなると仮定したが、その関係性はみられなかった。

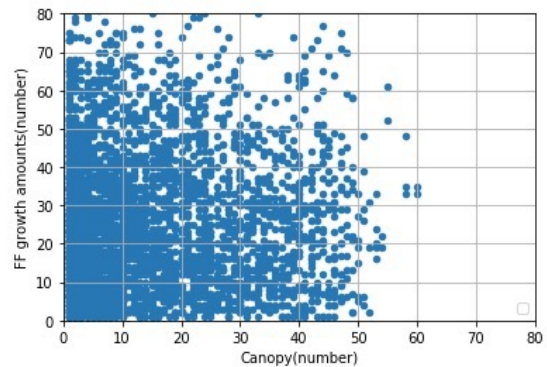


図-10 林床の成長量と樹冠の葉点群数の関係

#### 5. おわりに

2つの解析結果より、樹冠成長量と林床成長量は共に、間伐したエリアがより大きいことが分かった。これは、間伐したことにより光が差し込むようになり、成長したと考えられる。しかし、中には間伐した箇所でも成長量が少ない部分が見られた。土壌や傾斜による光の当たりかたによって、成長量が変化するのもかもしれない。

今後は、間伐している箇所の植生としていない箇所の植生でそれぞれ太陽光がどのくらい当たっているのか検証し、成長量にどのように影響するのか調査する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 鍋嶋絵里, 石井弘明. 樹高成長の制限とそのメカニズム, 日林誌, 90, pp. 420, 2008.
- 2) 齊籐哲. 常緑広葉樹林林床の光環境と主要構成樹種の反応(765), 森林総合研究所, 所報, No. 142, 2000.
- 3) 岡嶋杏奈, 高木方隆. UAVを用いた林内植生の成長量解析(2020年度学士論文), p-11