

UAV 計測による樹木の成長量と生育環境の関係

1240139 藤原 銀河

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

樹木の成長量を計測することは、森林を評価するうえで重要な指標となる。人工林では、すでに成長量と生育環境の関係を評価されてきた。一方で、放置林を含む森林ではその例は多くない。本研究では、多時期の DSM の差分から放置林を含む森林の成長量を算出した。また、それらと、水系までの距離・日射量・斜面方位という 3 項目を比較することで、成長量と生育環境の関係を考察した。その結果、スギにおいて、水系までの距離が近いほど、樹冠の体積成長量が大きい傾向にあるという結果が得られた。また、同スギにおいて、日射量が少ないほど樹高成長量がやや大きくなる傾向が見られた。斜面方位については成長量との間に明瞭な関係は見つからなかった。

Key Words : 森林計測, UAV, 樹木成長量, 生育環境

1. はじめに

UAV の普及によって、2010 年代より広範囲で森林の計測ができるようになり、森林の成長量や生育環境を評価しやすくなった。樹木の成長量は、その評価指標の中で重要な要素である。整備された人工林では、すでに成長量の違いによって生育環境を評価されてきた。唐澤らの研究¹⁾では、スギ林において、山側よりも沢側のほうが成長量が大きかったことがと報告された。また、宮本らの研究²⁾では傾斜、斜面方位、斜面型といった地形条件が与える影響は、樹幹直径に比べ樹高のほうに影響が大きいことが示された。どちらの研究も計測対象は人工林であった。その一方で、放置林における生育環境と樹高の関係は明らかにされていない。

本研究では、放置林を有する里山研究フィールドを対象として、UAV による写真測量を 2019 年、LiDAR 測量を 2022 年から定期的に行っている。その結果を用いて、同研究室所属の西岡らが炭素固定量³⁾について、村井らが成長量に関する研究⁴⁾を行っているが、成長量と生育環境の関係については評価されていない。里山には放置林が多く見られるため、里山の維持管理を考える上で、放置林の成長量と生育環境の関係を評価することは重要だといえる。

本研究の目的は、UAV 測量によって得られた多時期の放置林の 3 次元点群を用いて、樹木の成長量を算出し、生育環境を構成する要素を比較することで、成長量と生育環境の条件の関係を明らかにする。これにより里山における効率的な土地利用につながると考える。

2. 対象森林・使用機材

2.1 対象森林

本研究の研究対象森林は、高知県香美市土佐山田町後入に位置する里山研究フィールド(佐岡地区、図 1)である。赤枠(250m×250m)内の樹木を対象に調査を行った。

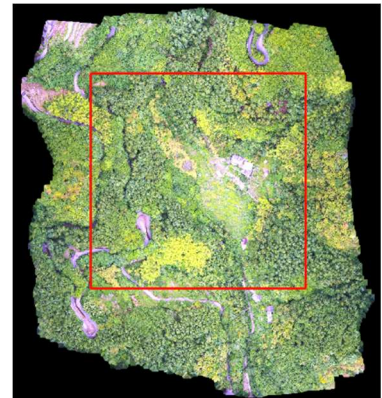


図 1 里山研究フィールド(佐岡)

2.2 使用機材

2019 年度から 2021 年度までの UAV 写真測量には、DJI 社 inspire2 の機体に X5S カメラを使用した。2021 年 10 月頃からの LiDAR 測量には DJI 社 Matrice300RTK の機体に L1 を搭載した。

3. 樹高マップの作成

3.1 点群データの幾何補正

X5S カメラは、得られるデータは写真であるため、SfM(Structure From Motion)によって点群データに変換した。SfM とは複数の画像に写る同地点から 3 次元形状を復元する手法で、UAV 写真測量では

一般的に用いられる.撮影時の飛行設定を表 1 に示す.

表 1 UAV とパラメータ

UAV	inspire2	Matrice300RTK
オーバーラップ率	80%	—
サイドラップ率	80%	80%
点群密度	約 800 点/m ²	約 1300 点/m ²

一方 L1 による LiDAR 測量は,取得データが点群として得られる.ここで,観測フライトごとの位置情報にずれが存在すると,不正確な解析になってしまう.そこで,座標のずれを補正するために,3 次元アフィン変換によって幾何補正を行った.3 次元アフィン変換とは,拡大縮小・原点移動・回転・せん断変形を行うことで,複数のモデルを重ね合わせる手法である.本研究では建造物の屋根や道路上の模様などのように,絶対座標に変化がない点を観測フライトごとに 8 点選び,それらが重なるように幾何補正を行った.また,今回は 2019 年のデータを基準とし,重ね合わせを行った.その結果基準点の平均二乗誤差は 10 cm 以内であった.

3.2 数値地表モデル(DSM)の作成

補正した点群をもとに,数値地表モデル(DSM)と呼ばれる,樹木や建造物などの地物の表面も含んだ 3 次元グリッドデータを作成した.作成した DSM は 2 フライト分であり,2019 年の X5S カメラによる点群データと,2023 年の L1 による点群データから作成した.DSM は,点群を 0.2m×0.2m のグリッドで分割し,グリッド内の点で,最大の Z 座標を持つ点をそのグリッドの位置に割り当てた.(図 2)最大値を選択したのは,樹頂点をサンプリングする必要があるためである.

3.3 数値標高モデル(DEM)の作成

数値標高モデル(DEM)と呼ばれる,地物を無視し,地盤の標高のみを表現した 3 次元グリッドデータを作成した.DEM は,グリッド化した点群のうち,最も標高が低い点の Z 座標をそのグリッドに割り当てることで作成した.ただし,この点群には,樹冠の上から測量したものを使用しているため,林内の地盤を表現した点がグリッドに 1 点もないことがある.DEM に必要となる地盤の標高は年ごとにほとんど変化はないため,4 シーン分の点群同士を重ね合わせることで,点群の総数を増加させた.これには 2021 年 10 月,11 月,2022 年 5 月,2023 年 3 月の L1 による点群 4 シーン分を使用した.グリッドサイズは DSM よりも大きくし,1.0m×1.0m とした.それでも地物の座標を持ったノイズが残ったため,対象のグリッドの標高から,その周囲 8 グリッドの標高の中央値を引き,その差が 3.0m

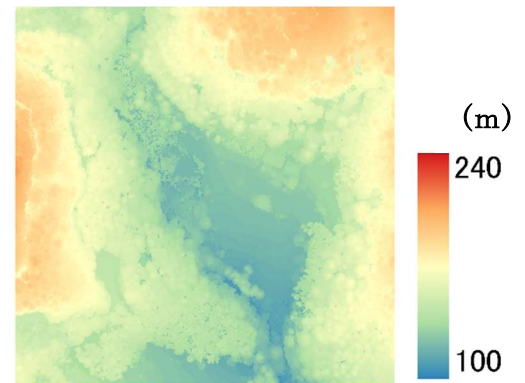


図 2 作成した DSM (2023 年)

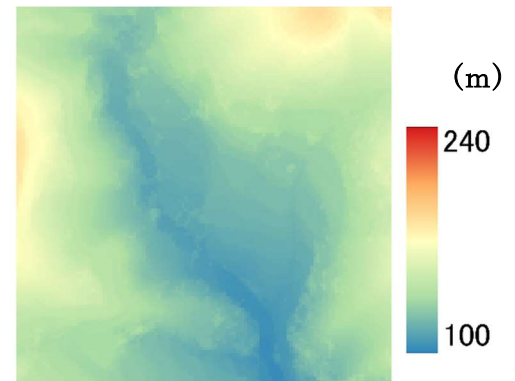


図 3 DEM ('21/10~'23/3,4 フライト分)

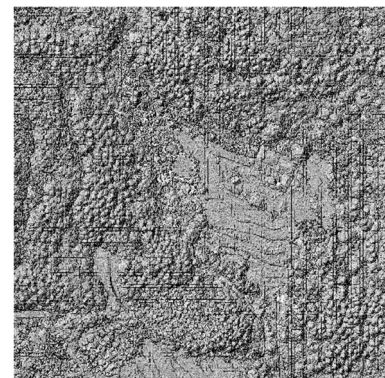


図 4 樹高マップ(2023 年, 陰影図)

以上あれば,対象のグリッドの標高を周囲の標高の中央値に置き換えることでそれを除去した.これを 4 回繰り返すことで,図 3 のような DEM が得られた.

3.4 樹高マップの作成

3.2, 3.3 で作成した DSM と DEM を重ね合わせ,標高差を抽出することで,地物の高さを表現したマップが得られる.これを樹高マップ(図 4)とした.使用したデータは,2023 年の DSM と,3.3 の DEM である.

4. 樹木ごと成長量の算出

4.1 変化量マップの作成

二時期の DSM 同士を重ね合わせ、差を抽出すると、その期間の地物の変化量を表現したマップが得られる。これを変化量マップ(図 5)とした。使用したのは、2019 年と 2023 年の DSM である。赤に近づくほど植生はよく成長したことになる。青い部分は標高が低くなった部分であり、木の衰退、あるいは伐採によるものであると推測される。真赤である部分は、変化量 10m 以上を示しているが、植物の 4 年間の成長量としては異常であるといえる。これは樹木のしなりによる位置ずれや樹冠の広がりによって、樹冠と地面の差が抽出された部分であると考えられる。

4.2 樹頂点の推定

樹頂点における垂直方向の成長量を調査するため、3.4 で作成した樹高マップをもとに、樹頂点を推定した。0.2m×0.2m を 1 グリッドとし、5.0m×5.0m(25×25 グリッド)の中で、中央の標高の値がそれら 625 グリッドの最大値である場合にその中央座標を樹頂点とした。図 6 に、樹高 20m 以上の樹頂点を示す。

4.3 目視による樹冠ポリゴンの作成

次に、平面方向の変化を検証するために樹高マップから樹冠のポリゴン(図 7、スギ 136 個、その他 23 個)を作成した。また、その際、4.1 で示したような異常な成長量が含まれることを回避するため、変化量マップと樹高マップを照らし合わせながら目視によりポリゴンを作成した。作成する際は、目視でも樹冠を確認できるエリアを選定し、その中で、4.2 で推定した樹頂点を含んでいる樹冠を選択するようにした。同様な地形条件を持つ樹木のサンプル数を増やすため群落ごとにポリゴン化を行った。

4.4 ポリゴンごとの成長量の算出

QGIS で変化量マップを用いて、ポリゴン内の樹頂点における垂直方向の樹高成長量を求めた。また、ひとつの樹冠を構成するグリッド全体の成長量である、樹冠の体積成長量も求めた。

5. 成長量と生育環境の関係

5.1 斜面方位との関係

樹高成長量と斜面方位の関係を表した散布図を図-9 に示す。縦軸が樹高成長量、横軸が斜面方位であり、北向き斜面を 0° ,

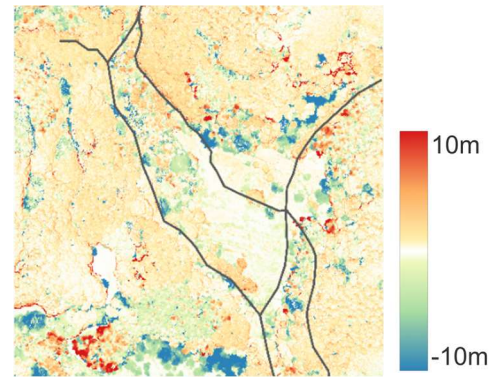


図 5 変化量マップ(2019～2023 年)と水系ラインデータ

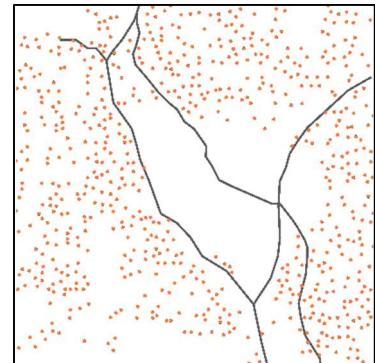


図 6 樹頂点(標高 20m 以上, 2023 年)

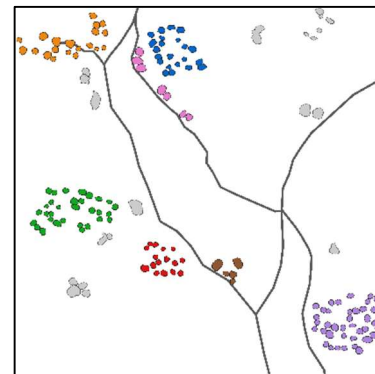


図 7 作成した樹冠ポリゴン(2023 年)

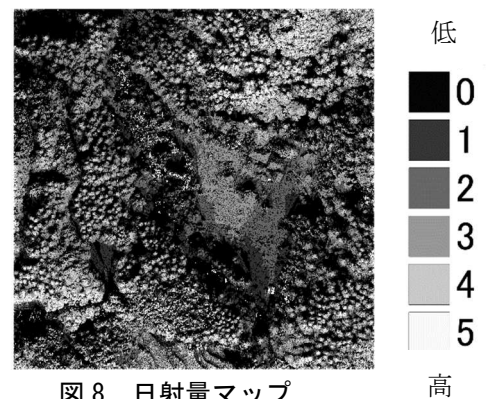


図 8 日射量マップ

南向き斜面を 180° としている。東側と西側の区別はしていない。丸はスギ、三角はその他の樹種でプロットしている。色分けは図-7 における群落ごとの色を表している。成長量と斜面方位の間には明瞭な関係は認められなかった。

5.2 日射量との関係

樹高成長量と日射量の関係を表した散布図を図-10に示す。横軸が日射量である。日射量は QGIS にて求めた。日照を 1、影を 0 とし、冬至の 8,10,12,14,16 時のそれぞれで、ピクセルごとに数値を合計した。(図 8) それらを樹冠ポリゴンごとに割り当て、ポリゴンのピクセル数で割ったものを日射量とした。その結果、日射量が小さいほうが、成長量が大きい傾向がみられた。

5.3 水系との距離の関係

5.2 のような結果が生じたのは、土地の乾燥に起因するのではないかと考え、成長量と水系との距離について解析した。GPS を用いた現地調査により、表面水の流れる河川と水路のラインデータ(図 5, 黒線)を作成した。また、そのラインデータと樹頂点までの最短平面距離を求めた。横軸が水系との平面距離を示しており、縦軸は、図 11 が樹高成長量、図 12 は体積成長量を表している。結果、成長量の大きい樹木は、水系に近いところに分布している傾向がみられた。また、水系までの距離に関して、樹高よりも体積成長量のほうがその傾向は明瞭であった。

6. 考察

スギにおいて、成長量と、水系との距離および日射量の間に、弱い相関がみられた。これは、水系との距離は垂直方向よりも横方向への広がりに影響を与えているのではないかと考察できる。一方で、その他の樹種に関してはほぼ無相関であった。本研究の対象森林では樹種にスギが多く、必然的に取得した樹冠ポリゴンもスギが多かった。サンプル数を増やすことでその他の樹種にも相関がみられたかもしれない。また、今回樹冠ポリゴンを作成するために使用した樹高マップには、2023 年の 1 シーンの DSM しか使われていないため、樹冠ポリゴン自体の大きさの変化は考慮していない。

本研究の課題として、研究対象範囲を広げスギ以外の樹種のサンプル数を増加し、成長量と比較すること、ポリゴンの大きさの変化にも着目することが挙げられる。

7. 参考文献

- 1) 唐澤ら. 2021, 210 年生スギ人工林の成長解析: 三重大学附属平倉演習林藤堂スギ林分の事例, 中部森林研究, 63-66.
- 2) 宮本麻子・天野正博. 2002, 立木の空間分布および生育条件が個体成長に及ぼす影響, 森林総合研究所研究報告, 163-178.

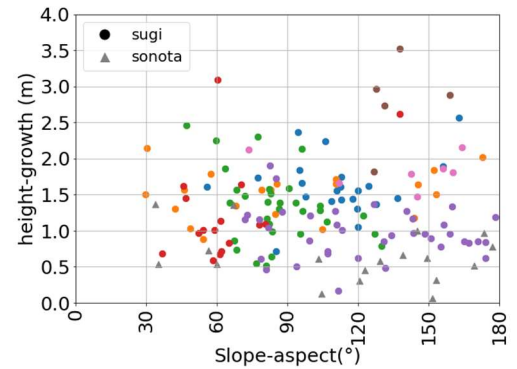


図 9 樹高成長量-斜面方位

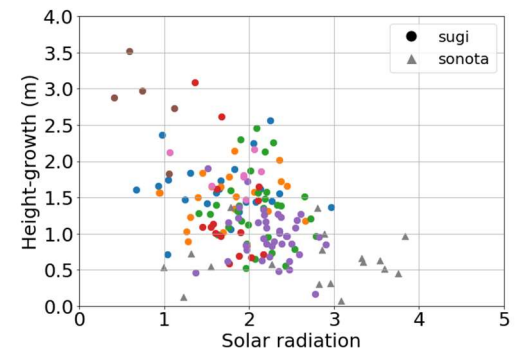


図 10 樹高成長量-日射量

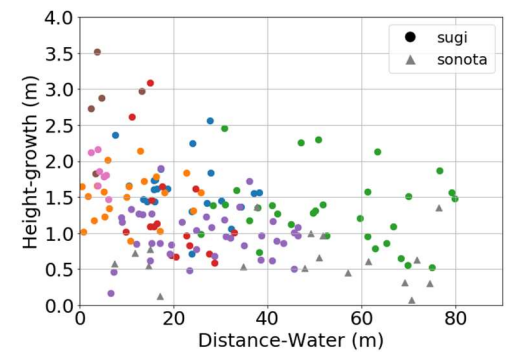


図 11 樹高成長量-水系までの距離

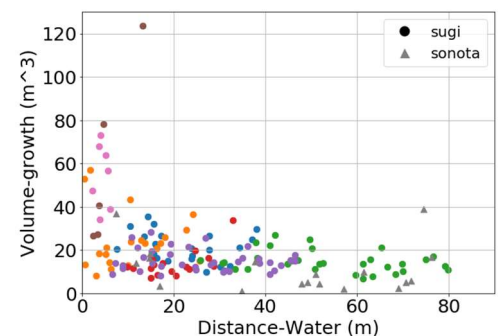


図 12 体積成長量-水系までの距離

- 3) 西岡幸亮ら. 2024, 林床を含む森林のモデル化と樹木成長量の評価, 修士論文.
- 4) 村井亮介・高木方隆. 2022, UAV を用いた写真測量による里山木の成長量解析, 高知工科大学紀要, 73-77.