

# 立体オルソ画像による下層植生の成長量解析

1220120 西岡 幸亮

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

現在一般的な植物の成長量調査には、層別刈り取り法や、鳥瞰図などがある。XZ 平面または、YZ 平面からの正射投影された画像では、花の開花や実のなり方が確認できるため、そのイベントを観測することができる本研究では任意面でオルソ画像を生成可能にする手法の開発を行い、その後変化を見たい植物を対象とした、非破壊の成長量解析を行うことを目的とした。高知県香美市佐岡にある研究フィールドで行なった。地点 1 では 30cm, 地点 2 では 10cm. 葉面積は地点 1 では 380 cm<sup>2</sup>, 地点 2 では 1737.75 cm<sup>2</sup>成長している。

**Key Words:** SfM, オルソ画像, UAV

## 1. はじめに

現在一般的な植物の成長量調査には、層別刈り取り法や、鳥瞰図などがある。層別刈り取り法は「一定面積内 (0.3~1m<sup>2</sup> の四方枠内) の植物群落をその高さに応じて一定の層 (5~20cm) に分けて刈り取り、葉面積を測定するとともに、同化器官と非同化器官の乾物重を測定し、それらの量の垂直分布を求めるもの」<sup>1)</sup> で 1 度の観測で植物を刈り取ってしまうため継続した調査が行えない。鳥瞰図は、地表面を上空から斜めに見下ろすような図で、全体的に見渡せることが特徴だが長さや高さを測ることができない。そのため XZ 平面または、YZ 平面からの正射投影された画像が必要となる。XZ 平面または、YZ 平面からの正射投影された画像では、花の開花や実のなり方が確認できるため、そのイベントを観測することができる。従来のオルソ画像は、図 2 の平面で示した部分になり、UAV で撮影した写真を使用して作成する。一方、立体オルソ画像は図 2 の立面や側面の部分で、対象の様々な面に対してオルソ画像を生成できることが求められる。本研究では任意面でオルソ画像を生成可能にする手法の開発を行い、その後変化を見たい植物を対象とした、非破壊の成長量解析を行うことを目的とした。解析対象エリア図 1 の高知県香美市佐岡にある研究フィールドで行なった

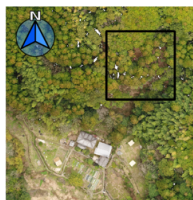


図-1 解析対象エリア

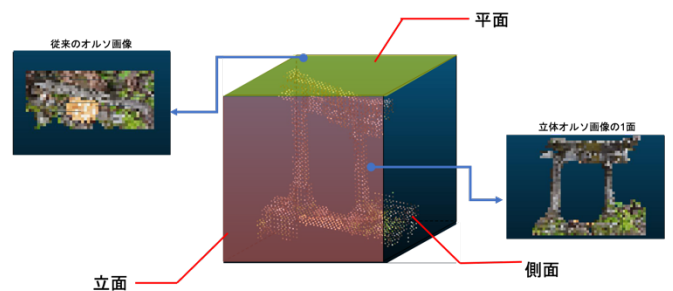


図-2 オルソ画像イメージ

## 2. 撮影結果

樹冠の撮影は自動操縦での UAV を動かし、数秒間隔で直下視の写真を撮る。林内では障害物が多いため手動操作かつ直下視の動画で撮影した。使用した UAV とカメラについて、図-3、表-1 に示す。



図-3 DJI mini2

表-1 カメラの仕様

撮影フォーマット	MP4
有効画素数	12MP
焦点距離	35 mm 判換算 : 24 mm

飛行ルートは図4に示すように複数回に分けて撮影する。分けて撮影するのはUAVのバッテリーが1回につき5分程度で、全体を撮影するには数回に分けて飛行させる必要があるためである。

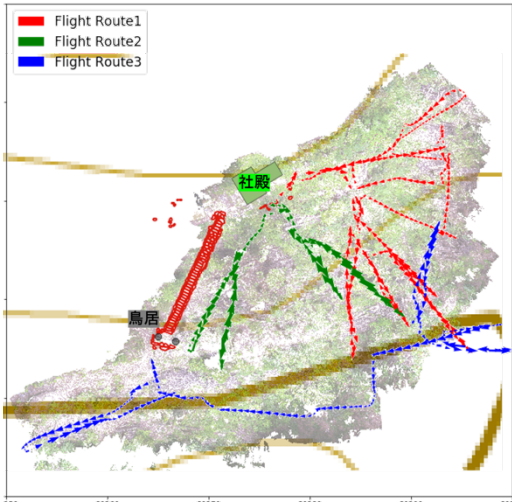


図-4 3月の飛行ルート

3次元点群モデルを作成するには、SfMを用いた。使用したソフトはAgisoft社のMetashapeを使用した。撮影した動画は1フレームにつき1枚の画像にし、SfMに利用する。8月は前視の写真も織り交ぜて撮影したため枚数が多くなり点群密度も多くなった。Metashapeで3次元点群データを作成すると共に、カメラの位置情報(x, y, z)、姿勢情報( $\omega$ ,  $\phi$ ,  $\kappa$ )、カメラパラメータ(焦点距離)を取得する。幾何補正は佐岡研究フィールドに設置したGCP(基準点)を使う。SfMで作成した3次元点群モデルの精度を表2に示す。今回は2020年の3月、5月、8月の立体オルソ画像を作成し、成長量を比較することにした。

表-2 SfMの精度

	枚数	使用した基準点の数	基準点周りの誤差(cm)	密度(point/m <sup>2</sup> )
3月	893	17個	4.12	64329
5月	974	19個	3.91	98647
8月	1524	12個	3.54	152520

### 3 立体オルソ画像作成

図5に示すように研究フィールドにある鳥居を例に立体オルソ画像作成の手順を解説する。まず鳥居に対

して5m×5mの投影面を設定した。投影面にRGB値を格納するために法線ベクトルを伸ばしていく。

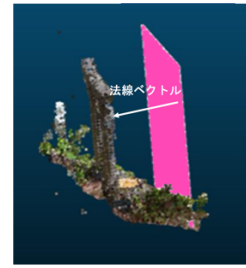


図-5 鳥居と投影面

法線ベクトルを伸ばした時に点群ではぶつからないため、図6のようにSfMから抽出したランダムな3次元点群データをボクセルモデルにする。Surface modelでも可能だが、複雑な形に対して用いるとデータの容量が大きすぎるためボクセルモデルを用いた。間隔は10cmでセルにそれぞれボクセルモデルの中心に当たる地上座標を格納する。

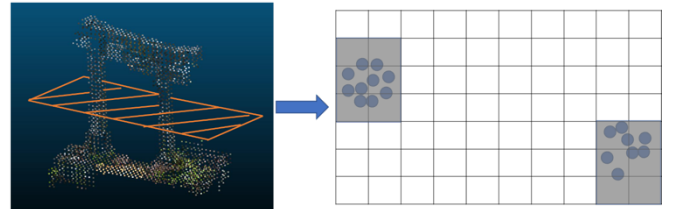


図-6 ボクセル化

図7のように、投影面の写っているRGB値を取得するために投影面から法線ベクトルを伸ばし点群の存在するボクセルに到達した時を投影面の写っている場所とした。また、ボクセルにぶつかった地点までの距離を深度として投影面に格納することで深度マップが作成できる。投影面から1mの深度で法線ベクトルを伸ばしぶつからなかった場合は計算しないように設定した。深度の取り方は対象が決まっている場合は短く設定する。

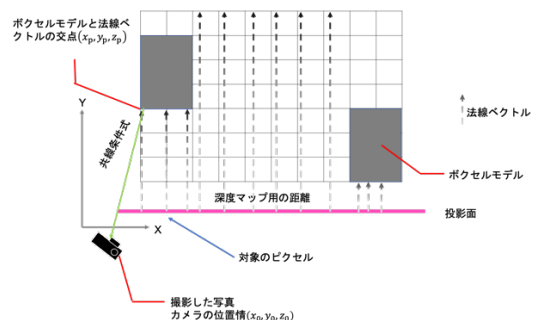


図-7 投影面から法線ベクトルを伸ばす



図-8 原画像のピクセル位置 (u, v)

次にボクセルモデルと法線ベクトルの交点  $(x_p, y_p, z_p)$  , カメラの位置情報  $(x_0, y_0, z_0)$  と SfM から取得した姿勢情報  $(\omega, \phi, \kappa)$  から, 式 (a) (b) を用いて UV 座標に変換する. 求めた UV 座標から共線条件式 (c) を用いて原画像での UV 座標を求め, その地点の色情報を取得し投影面に格納する.

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & -\sin \omega \\ 0 & \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \phi & 0 & \sin \phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi & 0 & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \kappa & -\sin \kappa & 0 \\ \sin \kappa & \cos \kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} u_p \\ v_p \\ w_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_p - x_0 \\ y_p - y_0 \\ z_p - z_0 \end{pmatrix} \quad (b)$$

$$\begin{cases} u = -\frac{c}{w_p} u_p \\ v = -\frac{c}{w_p} v_p \end{cases} \quad (c)$$

$u_p, v_p, w_p$ : カメラの投影中心を原点とする座標

$a_{11} \sim a_{33}$ : カメラ回転行列

$x_p, y_p, z_p$ : 投影面の地上座標

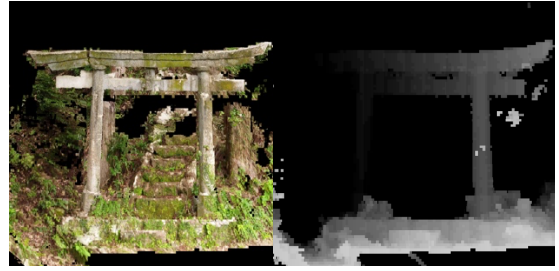


図-9 左: 立体オルソ画像 右: 深度マップ

完成した立体オルソ画像と深度マップを図9に示す.

#### 4. 成長量解析結果

解析を行なった対象エリアは佐岡研究フィールド内の金峯神社前にある鳥居から 20m の範囲で行なった.

ピンク色の部分を投影面に設定した. 長さは高さ 5m, 幅 20m の投影面で 5mm 間隔のメッシュになっている. 投影面のサイズは 4000×1000 ピクセルとなった.

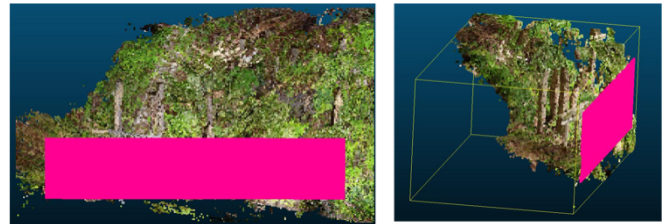


図-10 投影面の設定 (鳥瞰図)

立体オルソ画像を解析する際に, 同じ対象物をとらえられているかどうかを判断するために深度マップを用いた.



図-11 2021年3月4日 立体オルソ画像と深度マップ

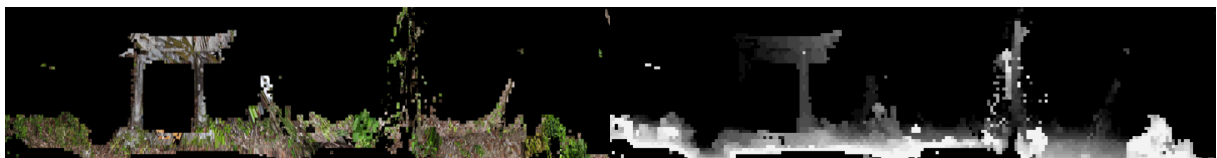


図-12 2021年5月12日 立体オルソ画像と深度マップ



図-13 2021年8月11日 立体オルソ画像と深度マップ

## 5. おわりに

今回の研究で SfM データがあれば立体オルソ画像を作成することができることがわかったが、成長量が実際に正しいかなどを検証できていない。

今後の課題として、今回の立体オルソ画像の作成では SfM の点群データを使用しているため、立体オルソ画像の精度は SfM の精度に大きく依存する。

投影面に映っている場所を計算する際、ボクセルモデルを使用しているため、高さ方向の成長量はでは 10 cm 間隔ごとでの成長量しか測れない。成長量が実際に正しいかなどを検証できていないため、精度がどの程度あるのかわからない。原画像の選び方などの要因で対象物がわからない部分がある。

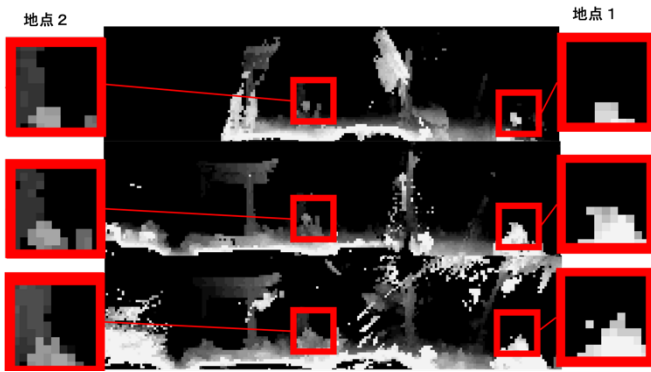


図-14 深度マップ 解析結果



図-15 立体オルソ画像 解析結果

3ヶ月分のオルソ画像から同じ地点の成長量を見るために投影面を  $1 \times 1\text{m}$  ( $200 \times 200$  ピクセル) に設定し移動させてあるボクセルを対象とした。対象となる深度は  $1\text{m}$  に設定した。

表-3 高さ方向 解析結果

	地点1の成長量	地点2の成長量
5月-3月	20cm	10cm
8月-5月	10cm	0cm
合計	30cm	10cm

表-4 葉面積 解析結果

	地点1の葉面積	地点2の葉面積
5月-3月	1587.75 $\text{cm}^2$	225.25 $\text{cm}^2$
8月-5月	150.00 $\text{cm}^2$	154.75 $\text{cm}^2$
合計	1737.75 $\text{cm}^2$	380.00 $\text{cm}^2$

結果は、表-3、表-4に示す。高さ方向は3月から8月にかけて地点1では30cm、地点2では10cm。葉面積は地点1では1737.75、地点2では380  $\text{cm}^2$ 成長している。

### 参考文献

- 1) ”第5回 植物の生育状態の計測と診断(2)”  
<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~yamaharu/syokukei5.htm> (2022年2月6日閲覧)
- 2) 宅永優香：任意投影面での高分解能オルソ画像生成手法 (2020年度学士論文)