

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05658

研究課題名（和文）UAVを用いた立体的なフェノロジー観測のための立体オルソ画像マッピングの開発

研究課題名（英文）Development of 3D orthoimage mapping for 3D phenology observation using UAV

研究代表者

村井 亮介（Murai, Ryosuke）

高知工科大学・地域連携機構・助教（プロジェクト）

研究者番号：70773810

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：立体的に植生のフェノロジー観測を行うために、観測データの補正手法と立体オルソ画像の生成手法の開発に取り組んだ。補正手法では曇りの観測データに対する天空率補正手法と観測方向と太陽方向に依存する色情報の補正手法を確立した。立体的なオルソ画像の生成手法では、立面や円筒といった立体的な投影面へ元画像の色情報を付与する技術を確立した。また多方向から撮影できるUAVの特性を活かして、任意の角度から撮影したシミュレーション画像を生成する手法を確立した。これにより、従来のUAVによるフェノロジー観測手法精度の向上、立体的なフェノロジー観測に必要な要素技術の確立を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

デジタルカメラを搭載したUAVを用いたフェノロジー観測の実現には、カメラや光源による影響を補正する技術開発が必要であり、写真測量技術を、観測技術へ昇華させる意義がある。一方人類の歴史の中で人が狩りや農業・林業を継続的に効率よく行うためにフェノロジー観測がこれまで行われてきており、以前として植物のフェノロジー観測は現在も現地調査による目視で行われている。植生は昆虫や動物へ、栄養や営巣環境などを提供しているため、低コストで機動力のある観測手法を実現することは、植物とさまざまな生物の相互作用や気候変動の影響を評価するために意義がある。

研究成果の概要（英文）：To conduct three-dimensional phenological observations of vegetation, this study focused on developing correction methods for observation data and techniques for generating three-dimensional orthoimages. The correction methods established include a sky view factor correction method using cloudy observation data and a color correction method dependent on the phase angle between the observation direction and the solar direction. The method for generating three-dimensional orthoimages was established by projecting the original image's color information onto three-dimensional surfaces, such as facades and cylinders. Additionally, by leveraging the multi-directional imaging capabilities of UAVs, we established a method to generate simulated images taken from any desired angle. This has led to improvements in the accuracy of traditional UAV-based phenological observation methods and the establishment of essential techniques for three-dimensional phenological observations.

研究分野：写真測量

キーワード：UAV 植生観測 オルソ画像 BRF

1. 研究開始当初の背景

植生のフェノロジー観測（生物季節観測）は、植物の状態が季節に応答し変化するイベントを観測することで、土地被覆の分類や、気候変動による影響評価、生物多様性評価などの基礎データに用いられる。

近年、広範囲の植生フェノロジー観測を行うには、人工衛星や航空機が用いられているが、運用が簡易な観測プラットフォームとして UAV（無人航空機）の活用が期待が寄せられている。UAV は低高度空撮であるため、観測範囲は狭くなるが、高解像度の撮影画像が低コストで得られる特徴がある。しかし撮影画像は、図1で示す光源や地形による影響を補正する必要がある、これまで UAV の画像補正手法は確立されていなかった。そこで村井・高木 (2020) [1] が、UAV による植生観測のための新たな画像補正手法を開発し、UAV を用いたフェノロジー観測手法を確立した。これにより、植物の開花や展葉、紅(黄)葉や落葉といった植物イベントを捉えることが可能となり、植生のフェノロジーを単木単位で観測できるようになった。

しかしフェノロジー観測の成果は正射投影であるオルソ画像を元にしており、フジやクヌギの花、アケビやグミの実など、横方向からの観測に適した植生イベントは観測が困難であることがわかった。



図 1: 先行研究成果

2. 研究の目的

本研究の目的は「立体的なフェノロジー観測手法を実現する」ことにあり、目的を達成することで、多方向から観測が行える。また研究課題は、先行研究では実現できていない、色情報を用いたフェノロジー観測などを実現する上で必要な補正手法の確立や、立体オルソ画像の生成などが挙げられた。

3. 研究の方法

- (1) UAV から得られた複数の元画像は、同地点を多方向から撮影している。任意の立体投影面に幾何補正された元画像の輝度値を付与することで、立体面のオルソ画像を取得できる。元画像に遡ることで、点群から生成されるオルソ画像よりも、高解像度が実現できる。
- (2) 撮影画像が影響を受けている、観測方向と太陽方向の位相角による影響を、多方向撮影画像から輝度分析により明らかにし、補正手法を確立する。

4. 研究成果

(1) 色情報を用いたフェノロジー観測手法

先行研究では色情報を用いたフェノロジー観測が実現していなかったため、曇りの日の観測データを用いて、色情報 (RGB 値) によるフェノロジー観測を実現した。オルソ画像から天空率を用いた補正を行うことで、曇りの日の光源である散乱光の影響を軽減した。図2は補正前のオルソ画像と補正後のオルソ画像を示している。補正後、樹木単位で時系列に色情報を取得することで樹種ごとのフェノロジーを解析した。フェノロジー解析では、葉は緑と赤の関係から着葉時期と落葉時期を推定できた。また花は3バンドの色情報から何色にいつ変化があったのか推定することができた (村井・高木/2022[2])。

天空率補正

補正前



補正後



RGB で見える樹種ごとのフェノロジー

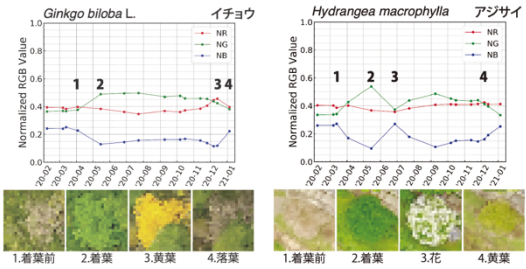


図 2: 天空率補正とフェノロジー解析結果

(2) 立体オルソ画像の生成

立体的なフェノロジー観測のために、図3のように立面や円筒面を投影面とした立体オルソ画像の生成手法を確立した。立体オルソ画像は、点群から生成される従来のオルソ画像と異なり、元画像から色情報を、共線条件式を用いて付与しており、点群よりも高い解像度を実現できる。また観測対象物を立体的に取られることが可能であるため、フェノロジーだけではなく非破壊による成長量の解析にも応用が期待できる。

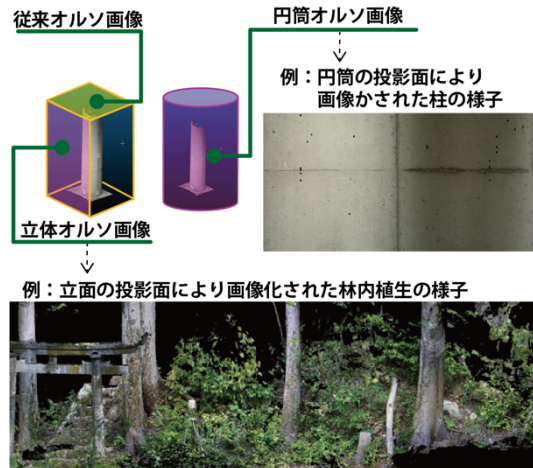


図 3: 立体オルソ画像の生成

(3) 観測方向を考慮したオルソ画像の補正技術

植物の観測データは、太陽と観測方向の二方向の影響を受けており、地物を多方向から撮影する UAV の元画像は二方向性の影響を受けている。そこで、数値標高データのから元画像に遡り、観測方向と太陽方向の関係を全ての地点・全ての元画像より解析を行い、二方向性による影響を明らかにした。解析結果より観測方向と太陽方向における任意の位相角の撮影結果をシミュレーションできるようになった。図4に示したオルソ画像は全ての地点で同じ位相角に撮影される色情報を示しており、0度の時は最も影の影響が少ないオルソ画像になる (村井・高木, 2023[3])

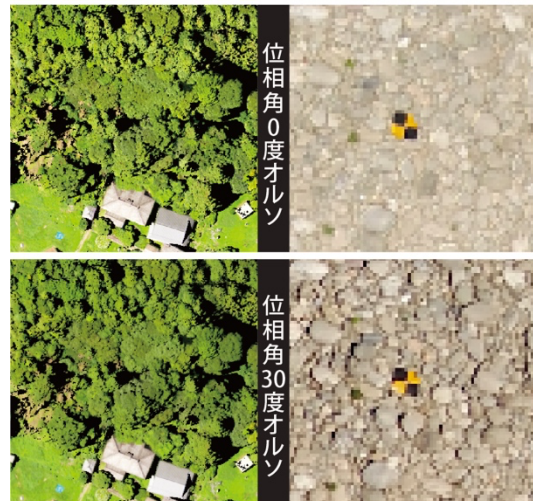


図 4: 任意角度のオルソ画像

参考文献

- [1] 村井亮介・高木方隆, UAV 画像における植生観測のためのカゲ補正手法, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 59, No. 5, pp. 202-213, 2020.
- [2] 村井亮介, UAV に搭載したデジタルカメラによる植生の生物季節解析, 高知工科大学 学位論文, pp. 0-112, 2022.
- [3] 村井亮介・高木方隆, UAV を用いた BRDF を考慮したオルソ画像生成手法, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 62, No. 1, pp. 22-29, 2023.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 村井亮介, 高木方隆	4. 巻 62
2. 論文標題 UAVを用いたBRFを考慮したオルソ画像生成手法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 写真測量とリモートセンシング	6. 最初と最後の頁 22-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 村井亮介, 高木方隆	4. 巻 32
2. 論文標題 UAVに搭載したデジタルカメラによるRGB値を用いた植生のフェノロジー観測手法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 応用測量論文集	6. 最初と最後の頁 33-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村井亮介, 高木方隆, 米富源一郎
2. 発表標題 UAV搭載デジタルカメラを用いた植生のBRF解析
3. 学会等名 日本写真測量学会年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西岡幸亮, 高木方隆, 村井亮介
2. 発表標題 立体オルソ画像による植物の成長量解析
3. 学会等名 日本写真測量学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 若由慧門, 高木方隆, 村井亮介
2. 発表標題 デジタルカメラによる植生観測に向けた明度計測手法の検討
3. 学会等名 日本写真測量学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村井亮介, 高木方隆, 大原麻美
2. 発表標題 マルチバンドパスフィルターを用いたデジタルカメラ画像によるRGB計測手法
3. 学会等名 日本写真測量学会年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村井亮介, 高木方隆
2. 発表標題 UAVに搭載したデジタルカメラによるRGB値を用いた植生のフェノロジー観測手法
3. 学会等名 日本測量協会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井 亮介, 高木 方隆, 米富 源一郎
2. 発表標題 UAV搭載デジタルカメラを用いた植生のBRF解析
3. 学会等名 一般社団法人 日本写真測量学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高木 方隆 (Takagi Masataka) (50251468)	高知工科大学・システム工学群・教授 (26402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------