

速報

UAVによる空撮画像を用いたリュウキュウマツの識別手法の検討^{*1}岸本咲紀^{*2}・高嶋敦史^{*3}

岸本咲紀・高嶋敦史：UAVによる空撮画像を用いたリュウキュウマツの識別手法の検討 九州森林研究 77：161－164, 2024 沖縄島北部やんばる地域は世界自然遺産に登録され、森林の保全と利用の両立が求められている。そこで本研究では、やんばる地域の森林の状態を正確に把握するためにUAV空撮画像を用いたリュウキュウマツの識別手法を検討した。まず、季節間の色彩変化を追うため、3月上旬から7月中旬までの5時期の画像を用いてRGB値とHSV値の季節変化を確認した。そしてRandom Forest法を用いたリュウキュウマツの予測モデルの精度評価を行った。リュウキュウマツの識別精度は7月中旬が最も高く81%であった。7月中旬では、R値にリュウキュウマツと広葉樹の四分位範囲にずれが見られ、H値の四分位範囲は全く重複していなかったことから、これらの値が分類精度の向上に貢献していると考えられた。またUAVでの空撮画像は解像度が極めて高いことから、枝などを捉えたセルが精度に影響を与える懸念があった。そこで解像度別で精度評価も行ったが、大きな違いは見られなかった。

キーワード：亜熱帯、やんばる、リュウキュウマツ、UAV、機械学習

I. はじめに

沖縄島北部やんばる地域には、主にイタジイやイジユが優占する亜熱帯性常緑照葉樹林が広がっており、その中にリュウキュウマツ等の人工林が点在している。やんばる地域の森林は、生物多様性の高さが評価され、2021年には脊梁部を中心に世界自然遺産に登録された。そのため、森林を保全して希少種などの生息環境を維持する意識が高まっている。

一方で、やんばる地域は古くから木材の生産が行われており、現在でも沖縄県の木材生産の大半を担っている。やんばる地域において、林業は地域振興に繋がる主要な産業の一つであることから、森林の保全と利用の両立が求められる。そのため、基盤情報としてやんばる地域の森林の状態を広域かつ正確に把握し、適切な森林管理に繋げていくことが必要である。

近年では、広域での林相区分が可能であることから、森林管理においてUAV (Unmanned Aerial Vehicle) の活用が増加している。UAV画像を用いた林相区分の研究では、フェノロジーと呼ばれる植物の季節性の色調変化を利用して里山林の樹種区分を行った事例(瀬戸島ほか, 2002; 友常ほか, 2021)や、針葉樹林において樹種分類モデルを作成し撮影時期が分類精度に与える影響を明らかにした事例(藤平ほか, 2021)などが存在する。

しかしながら、やんばる地域ではUAV画像を用いた林相区分や樹種区分に関する既往の研究は限定的である。そこで本研究では、やんばる地域におけるUAV画像を用いた研究の第一歩として沖縄県の代表的な造林樹種であったリュウキュウマツの識別手法を検討することを目的とする。リュウキュウマツは、第二次大戦後からマツ枯れ被害が拡大する1970年代まで広く植栽され(沖縄県農林水産部森林管理課, 2022)、すでに伐期齢を迎えている。このことから、やんばる地域においてリュウキュウマツ林の正確な分布を捉えることができれば、環境にも配慮したリュウキュウ

マツ資源の適正な利用につながると考えられる。

II. 調査地と方法

1. 対象地

本研究では、沖縄島北部やんばる地域の国頭村に位置する琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールド78～79林班に広がる3箇所のリュウキュウマツ人工林とそれぞれに隣接する天然林を対象地とした。リュウキュウマツ人工林の林齢は60～62年生で、過去にマツ枯れ被害の影響を受けリュウキュウマツの密度は低くなっている。また、イタジイ、イジユ、ホルトノキなどが隣接する天然林で優占し、リュウキュウマツ人工林の中にも侵入している。

2. 使用データ

UAV画像の撮影は、Mavic 3 (DJI) を用いて2023年3月7日、3月28日、4月28日、6月12日、7月15日の5回にわたって実施した。撮影は直射日光のない曇天時に実施し、設定は飛行高度60～110 m、飛行速度7 km/h、フロントオーバーラップ90%、サイドオーバーラップ70%とした。撮影された写真から、SfM (Structure from Motion) ソフトウェアのPix4Dmapper (Pix4D) を用いて、3箇所の対象地について各時点1枚ずつのオルソ画像(2 cm/pixel)を作成した。

次に、地理情報システム (GIS) ソフトウェアのArcGIS 10.8 (ESRI) で、3箇所の対象地のオルソ画像上にそれぞれリュウキュウマツと広葉樹の樹冠を囲うポリゴンを5個ずつ(計15個)作成し、各ポリゴン内にランダムに100点のポイントを発生させ、リュウキュウマツ1,500点、広葉樹1,500点の教師データを作成した。また教師データとは別に各対象地内にランダムに300点ポイントを発生させテストデータを作成した。

^{*1} Kishimoto, S. and Takashima, A.: A study on identification method of *Pinus luchuensis* using UAV aerial images.

^{*2} 琉球大学大学院農学研究科 Grad. Sch. Agric., Univ. Ryukyus, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

^{*3} 琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールド Yona Field, subtropical Field Science Center, Fac. Agric., Univ. Ryukyus, Kunigami, Okinawa 905-1427, Japan

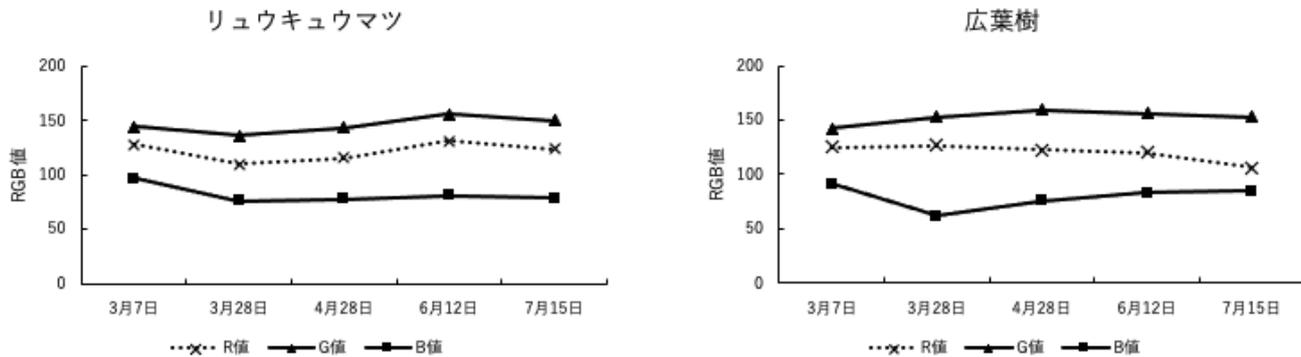


図-1. リュウキュウマツと広葉樹のRGB値の季節変化

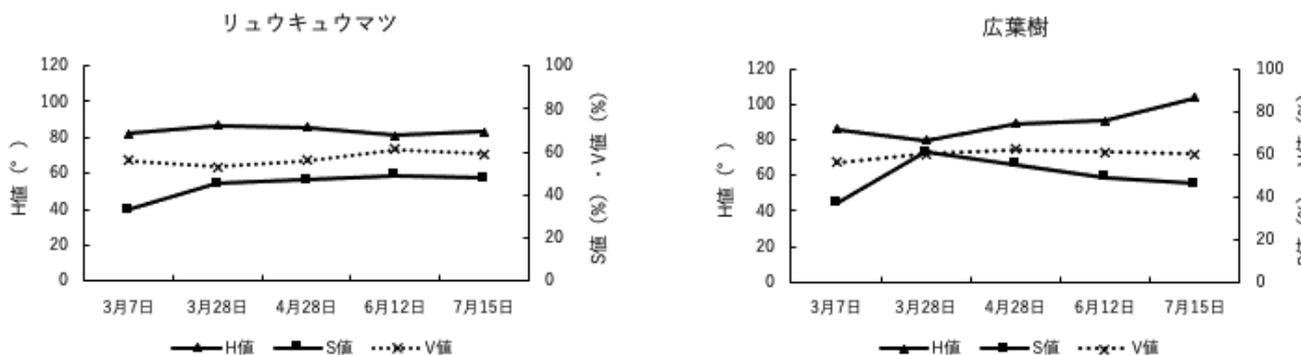


図-2. リュウキュウマツと広葉樹のHSV値の季節変化

作成した5時期分の教師データから各時期のRGB値 (R: Red, G: Green, B: Blue) を抽出した。また、抽出したRGB値は以下の方法で色相: H (°), 彩度: S (%), 明度: V (%) のHSV表色系に変換を行った。

Hは、RGBの3色の中でRが最大の場合は

$$H = 60 \times (G - B) / (MAX - MIN) \quad (1),$$

Gが最大の場合は

$$H = 60 \times (B - R) / (MAX - MIN) + 120 \quad (2),$$

Bが最大の場合は

$$H = 60 \times (R - G) / (MAX - MIN) + 240 \quad (3)$$

となり、Sは

$$S = (MAX - MIN) / MAX \quad (4),$$

Vは

$$V = MAX \quad (5)$$

となる。ここで、MAX: RGB値の最大値, MIN: RGB値の最小値である。各時期のRGB値とこのようにして求めたHSV値について、3月から7月にかけての5時点の季節変化を確認した。

3. 機械学習および精度検証

まず、統計ソフトウェアのR ver. 4.3.0 (R Development Core Team, 2023) を使用して、Random Forest法により各時点で教師データから抽出したRGB値と変換したHSV値を変数としたリュウキュウマツの予測モデルを作成した。次に、テストデータをオルソ画像の目視判読によりリュウキュウマツと広葉樹

に分類して正解データとした。そして、Random Forest法による機械学習で作成した予測モデルをテストデータ300点に適用し、正答率を求めてモデルの精度評価を行った。

また、UAVを用いて撮影した空撮画像は地上解像度が極めて高くなることから、樹冠の中でも枝や空隙など着葉していない部分を捉えたセルが一定の割合で発生する。そのことが分類精度に影響を与える懸念があったため、オルソ画像の解像度を2cmから10cm, 20cmに変更した場合の精度についても検討を行った。

III. 結果および考察

1. リュウキュウマツと広葉樹の色調の季節変化

リュウキュウマツは、RGB値が3月上旬から下旬にかけて低下しているが、その変化はR値とB値において顕著であることから、相対的に緑色成分が強くなって深緑を示した(図-1)。その後、6月中旬にかけてR値とG値が上昇したことから、赤色成分が強い緑(黄緑色)に変化した。HSV値では、3月上旬から3月下旬にかけてS値が上昇していた(図-2)。また、6月中旬ではH値が若干低下し黄緑色の色彩を示しており、V値も上昇していた。

表-1. RGB値とHSV値の分類精度

	3月7日	3月28日	4月28日	6月12日	7月15日
RGB値	68%	65%	74%	77%	81%
HSV値	68%	69%	76%	76%	81%

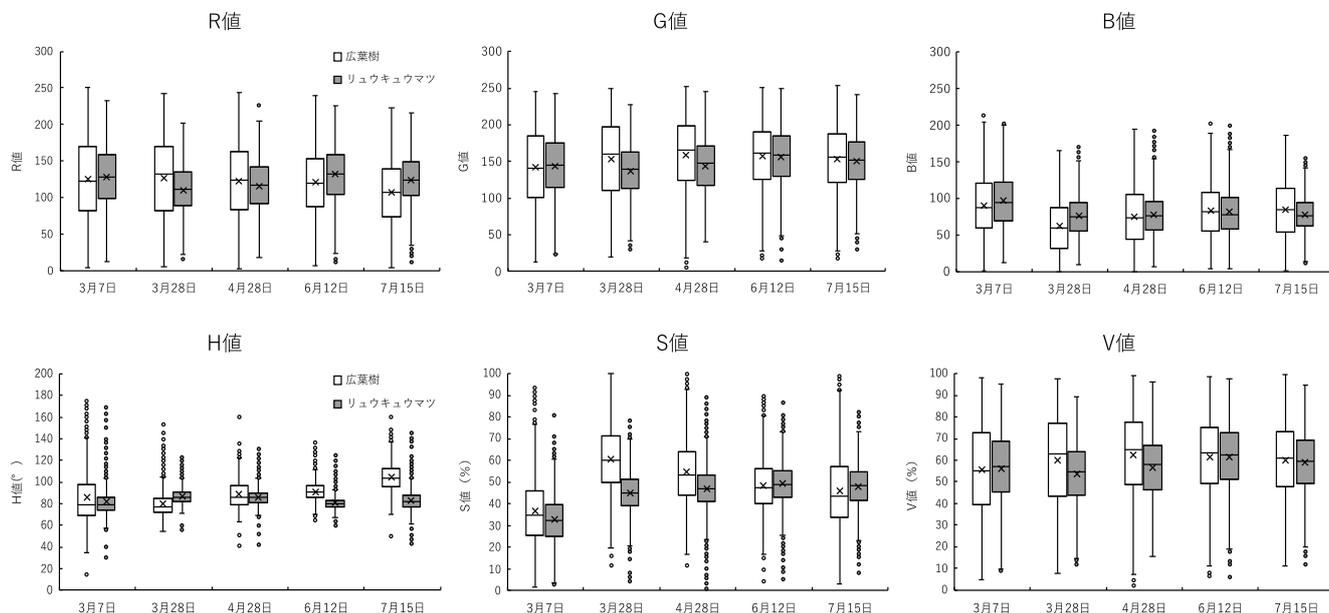


図-3. リュウキュウマツと広葉樹の色調変化の比較

表-2. RGB 値での精度評価における正誤表

	3月7日		予測モデル			3月28日		予測モデル			4月28日		予測モデル	
	目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ		目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ		目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ
3月7日	168	23	72	37	3月28日	148	13	92	47	4月28日	168	14	63	55
6月12日	193	17	52	38	7月15日	192	16	41	51					

表-3. HSV 値での精度評価における正誤表

	3月7日		予測モデル			3月28日		予測モデル			4月28日		予測モデル	
	目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ		目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ		目視	判読	広葉樹	リュウキュウマツ
3月7日	168	23	72	37	3月28日	161	15	79	45	4月28日	171	13	60	56
6月12日	192	19	53	36	7月15日	192	15	41	52					

広葉樹は、RGB 値の中で B 値の変化が大きかった。3月上旬から下旬にかけて B 値が低下し、R 値と G 値はほとんど変化しないことから青色成分と赤色成分が強い緑（くすんだ緑色）から赤色成分の強い緑（黄緑色）に変化した。その後は7月中旬にかけて B 値が上昇し、R 値が低下したことから青色成分が強い緑（深緑色）に変化した。HSV 値では、H 値と S 値に大きな変化が見られた。3月上旬から下旬にかけて H 値が低下し、S 値が上昇することから、鮮やかな緑を示す新緑のピーク時期であったと考えられた。その後は7月中旬にかけて H 値が上昇し、S 値が低下していくことから深緑に近づき、新緑が落ち着いていく色調変化が読み取れた。

リュウキュウマツと広葉樹の色相の季節変化を比較すると、本研究で撮影した期間では総じて広葉樹のほうが変化量が大きかった。

2. リュウキュウマツと広葉樹の識別

RGB 値と HSV 値を変数とする Random Forest 法を用いたリュウキュウマツの予測モデルでは、両者とも7月中旬の精度が最も高く 81% となり、一方で3月上旬から3月下旬の新緑展葉前後では 60% 台後半であった（表-1）。

RGB 値は、撮影時期を通じて広葉樹の四分位範囲の中にリュウキュウマツの四分位範囲が含まれていることが多かったが、

表-4. RGB 値と HSV 値の解像度別の分類精度

RGB 値	3月7日	3月28日	4月28日	6月12日	7月15日
解像度 2 cm	68%	65%	74%	77%	81%
解像度 10 cm	68%	68%	71%	79%	79%
解像度 20 cm	59%	67%	74%	76%	82%
HSV 値	3月7日	3月28日	4月28日	6月12日	7月15日
解像度 2 cm	68%	69%	76%	76%	81%
解像度 10 cm	71%	69%	74%	77%	79%
解像度 20 cm	62%	68%	75%	79%	80%

3月下旬のB値と7月中旬のR値ではリュウキュウマツと広葉樹の四分位範囲にずれがみられた(図-3)。一方でHSV値では、6月中旬と7月中旬のH値でリュウキュウマツと広葉樹の四分位範囲が全く重複していなかった。このことから、H値、次にR値が分類精度の向上に貢献していると考えられる。

また、精度が低かった3月上旬と下旬の誤分類の結果を確認すると、広葉樹をリュウキュウマツに誤分類しやすいことが明らかになった(表-2, 表-3)。リュウキュウマツは広葉樹に比べて3月~7月において色調変化が小さかったことから、広葉樹の色調変化が精度へ直接影響していると考えられた。

同時期での解像度別の精度は大きな変化は見られず、いずれの解像度でも7月中旬の精度が最も高かった(表-4)。UAVでの空撮画像は地上解像度が極めて高いことで、枝などを捉えたセルが精度に影響を与える懸念があり、実際に外れ値も一定量存在したが(図-3)、本研究の結果から解像度の変更は必要ないと考えられた。

これらの結果から、リュウキュウマツの識別には広葉樹の季節による色調変化が大きく影響しており、広葉樹の新緑が展葉する

時期より、新緑の色が落ち着いた時期の方が適切であると考えられた。また、H値、次にR値がリュウキュウマツと広葉樹の区分には有効である可能性が示唆された。

本研究の結果は、新緑の展葉が始まる3月上旬から梅雨明けの7月中旬までの撮影データを用いたものであることから、リュウキュウマツや広葉樹の色調の季節変化や識別精度を通年で捉えるためには秋季や冬季における分析も進める必要がある。また、沖縄島北部やんばる地域の森林には多様な広葉樹が生育しているため、識別の精度をあげるためには優占種を中心に広葉樹を細分化した精度評価も試していくべきであろう。

IV. 謝辞

本研究を行うにあたって、調査に協力いただいた琉球大学農学部亜熱帯地域農学科の学生の皆様と附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター与那フィールドの技術職員の皆様に深く感謝する。また、UAVのオルソ画像作成等にご協力いただいた沖縄県森林資源研究センターにも感謝申し上げます。

引用文献

- 藤平光希ほか(2021) 森林計画誌 55(1): 31-33
 沖縄県農林水産部森林管理課(2022) 沖縄の森林・林業令和4年度版, 17 pp
 R Development Core Team(2023) R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing
 瀬戸島政博ほか(2002) ランドスケープ研究 65: 679-684
 友常満利ほか(2021) 玉川大学農学部研究教育紀要第6: 25-35 (2023年11月10日受付; 2024年2月5日受理)