

# 佐岡研究フィールドにおける 多時期 UAV 画像を用いた樹種分類

1200008 浅沼 祐介

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

フェノロジーのモニタリングは長期的な観測が必須である。しかし、長期的観測は精度やコストが課題である。UAV によるフェノロジー観測が行えると、人工衛星による観測データの精度向上に繋がるのではないかと期待される。本研究では、曇りの日の UAV 画像の明度補正手法を構築した。また、標準木の RGB 値を基準とし、様々な樹木の色変化を解析できる補正画像を作成した。多時期の撮影データの RGB 値の樹種ごとの時間変化に着目した。その結果、R-G, R-B, G-B の相関から樹種の特徴を得ることができた。この相関係数を用いて樹種分類を試みたが、分類精度は高くなかった。これは、樹木を構成する pixel は一種類ではないことが原因だと考えられる。

**Key Words:** フェノロジー, UAV, 画像, 明度補正, Shade シミュレーション

## 1. はじめに

温暖化などの気候変動に対する植物の反応の中で、フェノロジーの変化は最も観測しやすい現象である。フェノロジー観測には多時期のデータが必要である。フェノロジーのモニタリングは地上型 LiDAR などのレーザー測量が行われてきた。しかし、地上における観測は撮影範囲、撮影時間（期間）、機材の運搬コスト等コストがかかる。現在では、人工衛星を用いたリモートセンシングが主流である。また航空機 LiDAR を用いた森林観測はコストが問題である。UAV を用いた写真測量による観測は、撮影を行うコストを除けば、対象範囲、撮影時間、撮影回数を自ら決めることができる。また、飛行高度も設定が可能であるので、5cm という高分解能なデータを得ることができる。本研究では 2019 年度より佐岡研究フィールドの森林を対象に、毎月数回のフライトを行い撮影している。

森林におけるフェノロジー観測を行うためには、樹種を分類する必要がある。単木レベルでフェノロジー観測が行えると対象とした樹種の平均的な展葉周期、また対象地域における森林の経年変化の傾向が把握することができる。本研究は多時期 UAV 画像を用いて、樹種分類を行うための手法構築を目的とする。UAV 画像は 8 ビットの RGB 値、位置、高さの情報が付与されている。本研究では多時期の撮影データの RGB 値の樹種ごとの時間変化に着目した。

## 2. 研究対象地・使用データ

### 2.1 研究対象地

研究対象地は、高知県香美市土佐山田町中後入に位

置する佐岡研究フィールド図-2 である。主な樹種としてスギ、ヒノキ、タケなどが自生している。



図-2 研究対象地（佐岡研究フィールド）

### 2.2 使用データ

2019 年度は、本研究室の村井助手は全 40 シーンの UAV 撮影を行なった。直達光のある晴れの日データは影補正が困難なため、曇りの日の画像 10 シーンを用いた。

## 3. 樹種分類フロー

本研究で行なった樹種分類のフローを図-3 に示す。

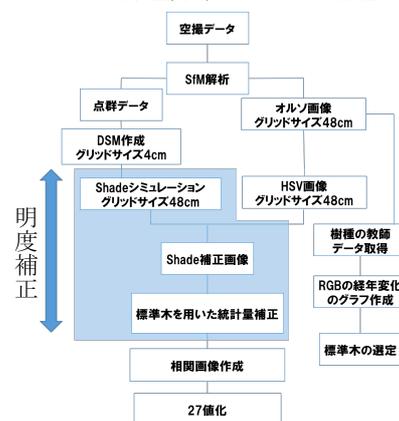


図-3 樹種分類フロー

## 4. SfM 解析

### 4.1 オルソ画像, DSM 作成

UAV 画像より 3 次元モデルを作成した. Agisoft 社の Metashape という SfM (Structure from Motion) ソフトウェアを用いた. SfM 解析より, オルソ画像と点群データを取得した (表-4). 取得した点群データより建物や樹木を含んだ地表面の高さのモデル, DSM (デジタルサーフェイスモデル) を作成する. SfM 解析の最小のグリッドサイズである 4cm とした. しかし, グリッドサイズが小さすぎると樹木間隔にノイズが発生する. また, 単木に対して教師データを取る際に最小 3×3pixel 以上は取得したい. ヒノキの最小樹木間隔 QGIS (地理情報システム) の閲覧, 編集を行うソフトウェア) で計測すると約 150cm であった. そのため, オルソ画像のグリッドサイズは約 150/3=約 50cm, よって, 48cm にて解析を行なった.

表-4 曇りの日の空撮データ

画像ID	date	SfMによる解析結果	
		点群数	幾何補正誤差(m)
1	2019/04/12	143,858,443	0.031
2	2019/05/31	202,551,409	0.023
3	2019/06/21	220,206,926	0.017
4	2019/07/05	232,185,503	0.016
5	2019/08/16	233,430,403	0.018
6	2019/09/05	229,592,726	0.006
7	2019/10/18	231,019,642	0.005
8	2019/11/07	58,993,602	0.007
9	2019/11/22	55,758,096	0.003
10	2019/12/06	104,486,197	0.014

### 4.2 樹種教師データと標準木の選定

落葉樹が着葉前の 4 月のオルソ画像より, 目視にて ①ヒノキ②クロバイ③落葉樹④アラカシ⑤タケ⑥スギの樹種教師データを設定した (図-4). 樹種教師データのうち R, G, B それぞれにおける経年変化が少なく樹間の狭い①ヒノキを, 標準木として選定した.



図-4 樹木教師データ取得位置を示したオルソ画像

## 5.1 Shade 補正

今回使用した UAV 画像は曇りの日に撮影されているため, 直達光による影はないが, 散乱光による影が存在する. 本研究では (岡田, 2018) の手法より, Shade 補正を行う. 影は, 各 pixel における天空の面積に反比例する. そこで天空の面積割合を DSM により推定し, その逆数を Shade ratio とした. これを全 pixel に適用させ画像化した (図-5.1.1).

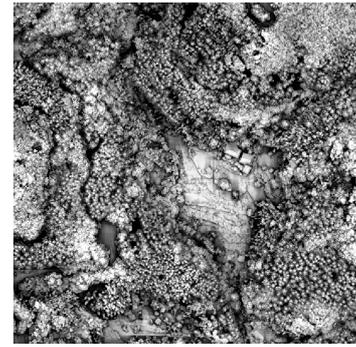


図-5.1.1 Shade シミュレーション

オルソ画像の RGB を HSV に変換させ, 明度 V のみを抽出した画像と, Shade シミュレーションを比較するため, Shade 教師データを作成した. Shade 教師データは, 対象エリアの Shade の割合を把握するために影が均質的である人工林のスギを対象とした. (図-5.1.2)



図-5.1.2 Shade 教師データ取得位置

Shade 教師データのオルソ画像明度 V と Shade シミュレーションの散布図を (図-5.1.3) に示す. Shade ratio と明度 V は逆相関の関係にある. そこで回帰分析により式 (a) を用いて明度の補正を行った.

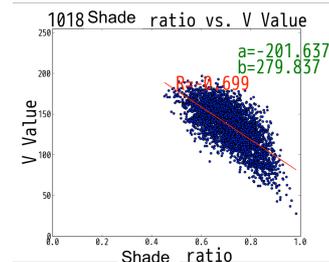


図-5.1.3 Shade と明度の関係

## 5. 明度の補正

$$V' = \frac{V - a \times S + b'}{2} \quad (a)$$

V' = 補正後の明度 V = オルソ画像明度

a = 傾き b' = Shade ratio が 1 の時の V の値

S = Shade ratio

補正後の明度 V' を用いた HSV' 画像を RGB 画像に変換した. この画像が Shade 補正画像 (図-5.1.5) である.



図-5.1.5 オルソ画像と shade 補正画像

## 5.2 標準木を用いた明度補正

撮影日によってシャッタースピードを調整していることからオルソ画像全体の明度が異なる. また, 樹木ごとの色の变化を解析する必要がある. そこで常緑樹で色の变化の少ない標準木を設定し, その標準木の RGB 値が年間を通じて一定となるような補正を行う. 標準木はヒノキとし, 10月の明度を基準とした. 標準木 90pixel の RGB 値それぞれの平均と標準偏差同じになるように式 (b) を用いて補正を行った.

$$Y = \frac{S_y}{S_x} X + (\bar{y} - \frac{S_y}{S_x} \bar{x}) \quad (b)$$

$S_y$ : 基準データの標準偏差  $S_x$ : 対象データの標準偏差  
 $\bar{y}$ : 基準データの平均  $\bar{x}$ : 対象データの平均  
 $Y$ : 補正後のデータ  $X$ : 対象のデータ

## 6. RGB の変化を用いた分類

### 6.1 樹種教師データにおける R-G, R-B, G-B の相関関係

明度を補正したので色の時系列変化を解析できる状態となった. そこで, 各樹種の時間的変化より得られる R, G, B それぞれの相関係数を用いて色の变化の解析を行なった. 10 シーンの統計量補正画像より, 樹種教師データから取得した RGB 値より, R-G, R-B, G-B のグラフを作成した. (図-6.1 樹種ごとの相関関係のグラフ). RGB 値は JPEG 画像のため 0-255 である.

グラフに示した色は 4, 5, 6 月のデータをピンク色, 7, 8, 9 月のデータを青色, 10, 11, 12 月のデータを黄色に色分けしている. 樹木ごとの相関には特徴があり, 相関による樹木の分類の可能性が示唆された.

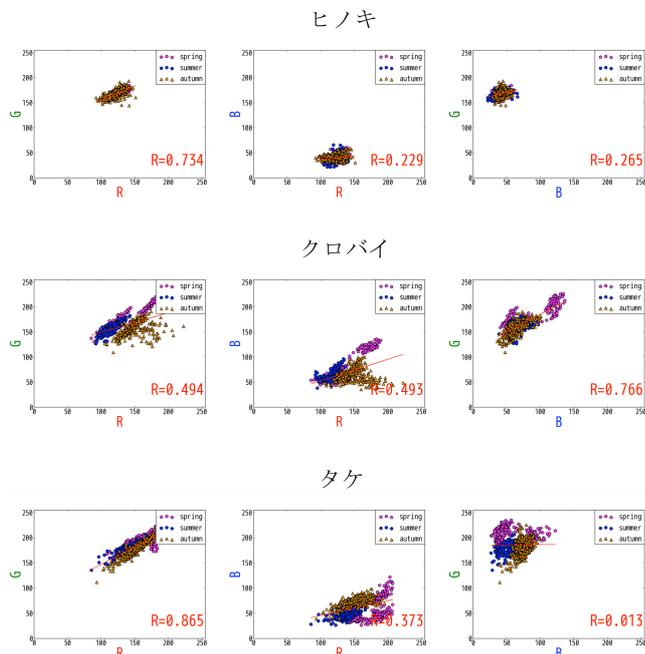
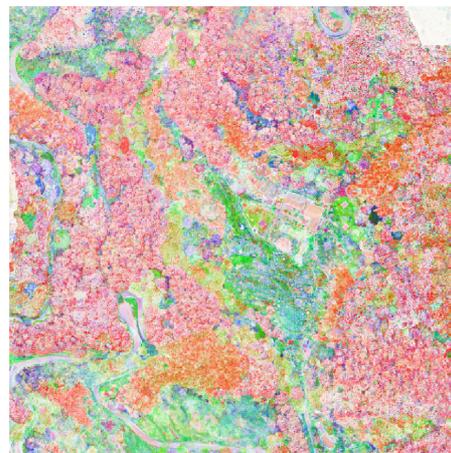


図-6.1 樹種ごとの相関関係のグラフ

### 6.2 各 pixel における R-G, R-B, G-B の相関画像による樹種分類

10 シーンの補正されたオルソ画像の R-G, R-B, G-B の相関係数を順に, R, G, B のバンドに割り当てた画像を作成した. 相関係数は-1~1 の範囲なので, それを 0~255 に変換して表示させた画像が (図-6.2) である.



Red band R,Gの相関係数      Green band R,Bの相関係数      Blue band G,Bの相関係数

図-6.2 相関画像

(図-6.1) グラフより相関係数の閾値を 0.2, 0.6 の

とし相関画像の3バンドそれぞれに対して3値化、計27値化を行った(図-6.3分類画像と凡例).分類された27値のうち、(図-6.1)により樹種が特定できるものについては、その樹種を凡例に示している。

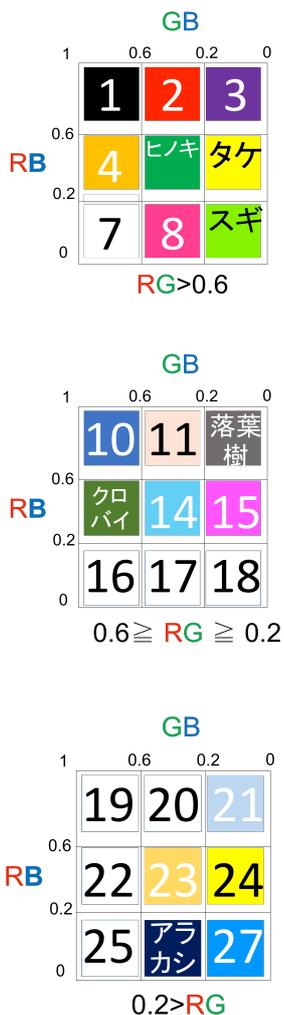
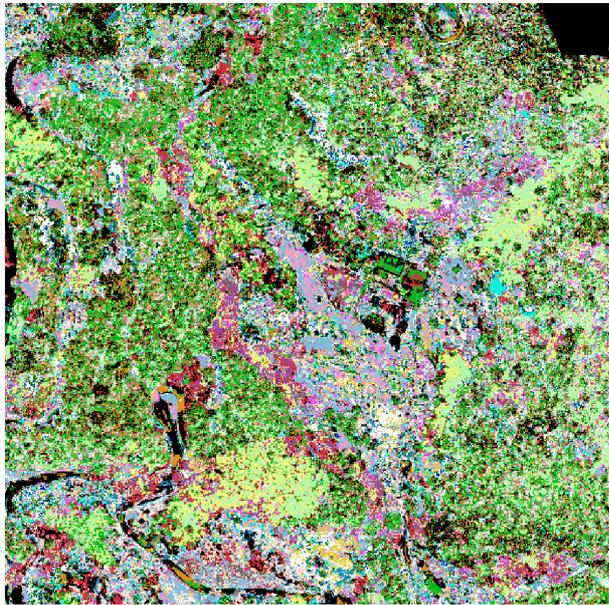


図-6.3 分類画像と凡例

なお、いくつかの分類番号については全 pixel 数の1%を満たさずに樹種を特定できなかった.そのような分類番号については白で示した.樹種教師データがどの分類番号であったか集計した(表-6 分類結果).

表-6 分類結果

凡例番号	樹種名					
	タケ	スギ	アラカシ	落葉樹	クロバイ	ヒノキ
1		3			12	9
2	10	5		5		4
3	2			6		
4		1			8	14
ヒノキ	4	29				15
タケ	48	9		2		5
7						1
8		14				13
スギ	26	25				8
10				2	7	
11				10		
落葉樹		1		30		
クロバイ		1	5		23	5
14		1	1			2
15				11		1
16			1		1	2
17		1	4			6
18			10	2		2
19						
20				1		
21				9		
22			18		18	
23			8			1
24			1	3		1
25			12		3	
アラカシ			18			1
27			12			
計pixel数	90	90	90	81	72	90
精度	53%	28%	20%	37%	32%	17%

樹種ごとに複数の分類番号が与えられている結果となったが、特定の分類番号を有しており樹木の色の変化の特徴を表している.また、全てのRGBの関係において相関の高い場所、つまりは気象条件や撮影条件などの外的要因によってのみ変化を起こす分類項目1が画像全体に分布していた。

## 7. 考察

曇りの日に取得された UAV 画像の明度補正手法を構築した.明度補正にはDSMを用いたShadeシミュレーションが有効だった.標準木のRGB値を基準とし、様々な樹木の色変化を解析できる補正画像を作成した.色の時系列変化について、R-G, R-B, G-Bの相関を利用したところ、樹種ごとの特徴を得ることができた.この相関係数を用いて樹種分類を試みたが、分類精度は高くなかった.一つの画素が樹木全体を表しているとは言えないことが原因と考えられる。

## 8. 参考文献

- 1) 高木方隆：国土を測る技術の基礎
- 2) 東京大学出版会：新編 画像解析ハンドブック
- 3) 岡田康平, 高木方隆, 2018, UAVによる植生観測のためのカゲ補正手法開発