

晴天時の UAV 画像における日影の色補正手法

1220184 若吉 慧門

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

本研究室では、2019 年から本学の佐岡フィールドにて定期的にデジタルカメラを搭載した UAV を用いた植物観測を行なっている。しかし曇天時か晴天時かによってデジタルカメラ画像の RGB に与える光源の影響が異なるためそれぞれに色補正手法が必要となる。晴天の場合、日影の光源は青空の散乱光によって照らされ、日向の光源は太陽からの直射光によって照らされるため色に違いが生じる。本研究では天空面積と環境光に 0.7 以上の相関を確認できたことから、天空が光源として支配的であることが確認できた。そのため、天空面積による環境光の代用ができ、白画用紙を用いた日影エリアの色補正を行うことができた。今後の課題として、本研究で開発した色補正手法の検証をする必要がある。検証には放射計、標準反射板を使用し、反射率を比較する必要がある。

Key Words : 植生観測, UAV, 色補正, 日影, 天空率

1. はじめに

本研究室では、2019 年から本学の佐岡フィールドにて定期的にデジタルカメラを搭載した UAV を用いた植物季節観測を行なっている。植物季節観測とは季節の移り変わりに伴う植物の状態や変化を観測することである。しかし曇天時か晴天時かによってデジタルカメラ画像の RGB に与える光源の影響が異なるためそれぞれに色補正手法が必要となる。

曇天の場合、光源は雲の散乱光になるため、色に変化が少ない(植物観測に適している)。晴天の場合、日影の光源は青空の散乱光によって照らされ、日向の光源は太陽からの直射光によって照らされるため色に違いが生じる。天候に左右されない植物観測のため、晴天時の画像補正手法を確立しなければならない。これまでに本研究室の村井らによる晴天時の“明度”を用いた植物季節観測手法は確立されつつある。そこで本研究は、晴天時の“RGB”を用いた植物季節観測を行うために晴天時の UAV 画像における日影の色補正手法の開発を行なった。

本研究の色補正は UAV で撮影した原画像ではなく、オルソ画像を対象として行なった。オルソ画像とは、UAV によって撮影された中心投影である数百枚の原画像を用いて、SfM による 3 次元点群データを作成し、その点群データを XY 軸へ正射投影したものである。本研究で使用したオルソ画像の分解能は 20cm である。SfM(三次元形状復元技術)ソフトは Metashape を用いた。

2. 晴天時の日影における光源

2.1 色補正の必要性

日影と日向では同一の手法で色補正を行うことはできない。その理由は、図-1 のように日影と日向の光源の違いにある。日影では大気を構成する分子による散乱光の影響を受けるため白画用紙は青っぽく映る。そして日向では主な光源として太陽の直射光による影響を受けるため白画用紙は黄色っぽく映る。

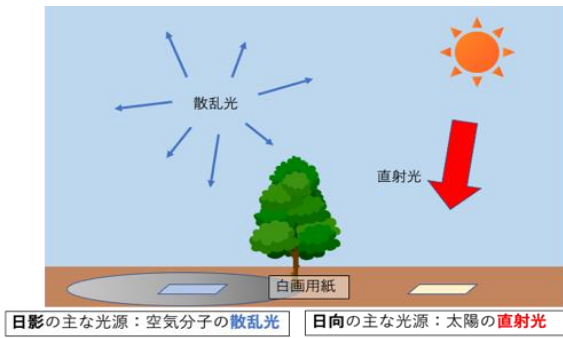


図-1 日影と日向の光源の違い

2.2 日影における天空率の影響

日影の場合, 天空率に応じて散乱光の影響を受ける. 図-2 は武内²⁾による研究で使用した日影に置かれた白ボードである. この図から分かるように白ボードは天空率の大小に応じて RGB の濃さに違いが生じる. 天空率が大きいところほど青空の影響を強く受け, RGB が大きくなる. そのため日影の正確な色補正を行うには天空率について考慮する必要がある.



図-2 日影の天空率による RGB 値の違いと観測風景

しかし日影における光源の影響は天空率だけではなく, 周辺地物の明るさも影響する. そこで天空が光源として支配的なのか確認する必要がある.

2.3 日影の抽出

3次元点群データからオルソ画像と同じ分解能の DSM を作成した. DSM とは地盤の高さだけでなく建物や樹木の高さの情報を含んだデータのことであり(数値表層モデル).

撮影日, 撮影時間, 太陽高度, 太陽方位の情報と DSM を用いてプログラミングによる日影のシミュレーション

を行なった(図-3). このデータを用いることで日影のみの解析が可能となった.



図-3 オルソ画像(左)と日影の抽出結果(右)

3. 白画用紙を用いた環境光の測定

環境光による RGB の関係を確認するために白画用紙を使用した. 本来は白画用紙ではなく標準反射板を用いて天空率との関係を見るのが適切であるが標準反射板は非常に高価なため本研究では白画用紙を使用した. 白画用紙は“キョクトウ, スケッチブック, SK910”を用いた.

白画用紙は UAV 撮影時に日影内の 63ヶ所(図-4)に設置した. 設置と同時に白画用紙と同じ地点で全天球カメラによる環境光の撮影を行なった.



図-4 白画用紙設置地点(赤点)と設置風景

表-1 に全天球カメラの設定を示した. 露出時間と ISO 感度はオートで撮影したため撮影地点により設定が変わる. そこで, 環境光の測定の前に全ての全天球画像が露出時間=0.01, ISO 感度=100 となるように明るさの補正を行った.

表-1 全天球カメラの設定

全天球カメラの設定	
カメラ	RICO THETA
露出時間	オート
ISO感度	オート
F値	2.1
量子化bit数	8bit

撮影した全天球カメラの画像サイズ(図-5)は 3584×1792 ピクセルである。白画用紙への環境光を確認するには、上部の半球でよいため、上半分の 3584×896 ピクセル ($Xsize, Ysize$)を測定に用いた。この時、ピクセルの RGB は 0~255 の 8bit 表現から 0~1 の正規化した値に変換した。

環境光の算出は全天球画像を半径 1 としたときの半球の面積を利用する。撮影した全天球カメラは正距円筒図法で表されているため、半球で表現したとき天頂に近いほど横軸のピクセル間隔は短く、地面に近いほどピクセル間隔は広くなる。そのため行ごとに 1 ピクセルの面積が異なる。1 ピクセルごとの面積 A は式 (a) で求めた。

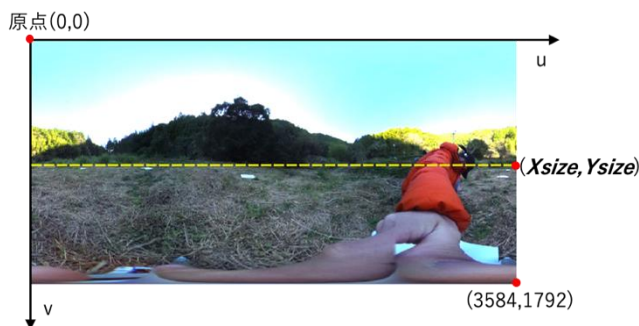


図-5 全天球画像 (正距円筒図法)

画像座標 $[u, v]$

ピクセル数 ($Xsize, Ysize$)

$$A = \left(\frac{\pi}{2 \times Ysize} \right) \times \left[\frac{\pi \cos \left\{ \frac{\pi(Ysize - v)}{2 \times Ysize} \right\}}{Xsize} \right] \quad (a)$$

1 ピクセルの縦の長さ 1 ピクセルの横の長さ

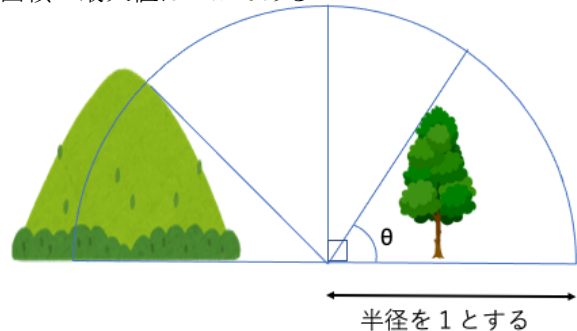
求めた 1 ピクセルごとの面積 A と正規化した値をかけて全ピクセル分足し合わせた値を環境光とした。この計算を RGB それぞれに行なった。この時、環境光の最大値は 2π である。

4. 天空面積と RGB の関係

4.1 天空面積の導出

本研究では天空率についても半球の面積として考えた。そこで DSM をもとに天空面積を算出した。天空面積の求め方は、求めたい地点を中心とし、東西南北

16 方位で青空の见えない範囲の角度を求めた。16 方位それぞれで求めた角度を平均した値を θ (図-6, 式 (b)) とした。 θ を用いて半径を 1 にしたときの青空の面積 S を天空面積とする (式 (c))。この時、天空面積の最大値は 2π である。



16 方位分の角度を求める

図-6 青空の见えない角度 θ

$$\theta = \frac{16 \text{ 方位の角度の合計}}{16} \quad (b)$$

$$S = 2\pi \int_{\theta}^{\frac{\pi}{2}} \cos\theta d\theta \quad (c)$$

4.2 天空面積と環境光の関係

図-7 は天空面積と環境光の RGB を比較した散布図である。RGB それぞれに 0.7 以上の高い相関が確認できる。環境光には天空も考慮されている。そのため、天空面積との相関が高いということは環境光のうち天空の影響が大きいことを示している。

したがって、DSM から作成できる天空面積を色補正に使用することにした。

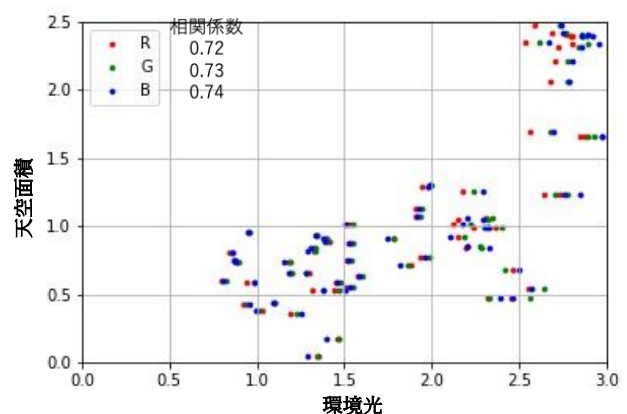


図-7 天空面積と環境光 RGB の比較

4.3 天空面積と白画用紙の関係

DSM から求めた天空面積と白画用紙 RGB それぞれの関係性を図-8 に示す. RGB 全てに相関が見られるため, 天空面積による色の変化が確認できた. この回帰直線を用いて色補正を行う.

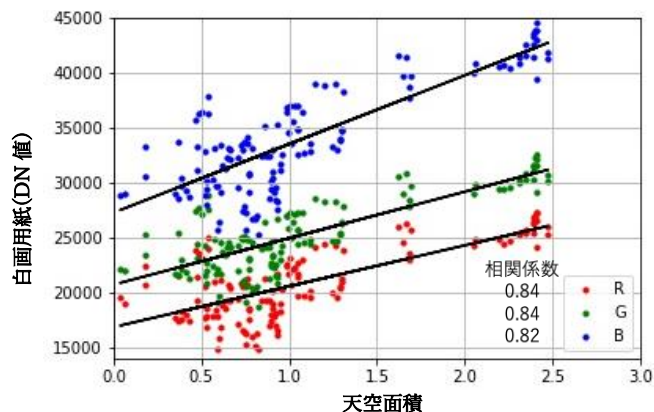


図-8 白画用紙 RGB と天空面積の比較

5. 色補正結果

5.1 色補正の計算

まず色補正後の画用紙の RGB を設定する必要がある. 設定した値を基準値とする. 今回の色補正の基準値は図-8 の回帰直線が示す天空面積最大時の B 値とした. 色補正はオルソ画像 1 ピクセルごとに RGB それぞれで行い, 式 (d) で求めた.

基準値: B_{max}

回帰直線の傾きと切片: a, b

1 ピクセルの天空面積: S

1 ピクセルの RGB: RGB_{before}

補正後の 1 ピクセルの RGB: RGB_{after}

$$RGB_{after} = \frac{B_{max}}{a \times S + b} \times RGB_{before} \quad (d)$$

5.2 色補正結果

色補正前と日影の色補正後を図-9 に示す. この時, 色補正後の日向は黒 (RGB=0) とし, 日向に黒マスクをかけた. 畑において色補正前と色補正後を比較すると色補正前は全体的に土や植物が青っぽく写っている

ことがわかる. 色補正を行うことで土や植物の青みが消えていることが確認できる.

色補正後の畑と日向の境界が畑の中心に比べてかなり明るく補正されていることが確認できる. この原因は木漏れ日による影響があると考えられる. 日影の抽出時点で木漏れ日の影響については考慮せずに影シミュレーションを行なったため, 木漏れ日を含んだ地点が補正された結果, 完全な日影の地点より明るくなっていると考えられる.

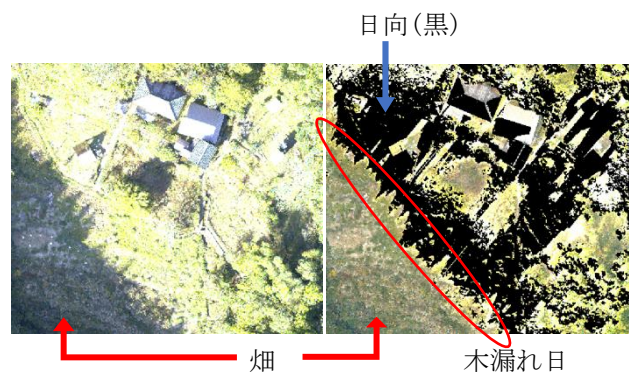


図-9 色補正前(左)と色補正後(右)

6. おわりに

本研究では天空面積と環境光に 0.7 以上の相関を確認できたことから, 天空が光源として支配的であることが確認できた. そのため, 天空面積による環境光の代用ができ, 白画用紙を用いた日影エリアの色補正を行うことができた. 今後の課題として, 本研究で開発した色補正手法の検証をする必要がある. 検証には放射計, 標準反射板を使用し, 反射率を比較する必要がある.

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, 日本写真測量学会, Vo. 159, No. 5, pp. 206-211, 2020.
- 2) 武内大樹, 晴れの日の散乱光がデジタルカメラ画像に与える影響 (2020 年度学士論文), p-7