

晴れの日の散乱光が デジタルカメラ画像に与える影響

1210096 武内大樹

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、植生観測を UAV に搭載したデジタルカメラで撮影した画像を用いている。しかしデジタルカメラ画像は撮影対象が同じであっても、撮影時の天候によって大きく色が変わる。また、日向と日影では光源が異なり、太陽の直達光が支配的である日向に対し、日影は空と雲の散乱光に照らされているため校正が難しい。加えて、デジタルカメラ画像にはノイズや周辺光量落ちといった問題点もある。本研究では、デジタルカメラ画像のダーク校正とフラット校正の手法を開発し、ボードの日影部分の色の変化を評価した。その結果、観測データは日没1時間前を境界として空と日影の関係が変化した。また、雲の割合が小さいほどボードの色のばらつきが大きくなった。今後は、太陽高度の高い時期との比較や、雲の種類の違いによる影響の検討が必要である。

Key Words: 画像校正手法, 入射光, 反射光, 天空率

1. はじめに

本研究室では、植生観測を UAV に搭載したデジタルカメラ画像で行っている。デジタルカメラ画像には植物の反射光が RGB 値として記録されているが、その反射光は撮影時の天候によって変化する。撮影対象が同じであっても、太陽の位置や雲量の違いで入射光が変化し、反射光も変化するからである。また、日向と日影は光源が異なる。日向は太陽の直達光が支配的であるが、日影は空の散乱光と雲の散乱光、2つの光源に照らされているため校正は難しい。加えてデジタルカメラ画像を計測に使うには、デジタルカメラ画像に含まれるノイズや周辺光量落ちなどの問題も解決する必要がある。

そこで本研究では、デジタルカメラ画像の校正手法の開発と、デジタルカメラで撮影した画像の日影部分の RGB 値の変化を見ることにした。観測は雲量が 0~8 である晴れの日に行った。晴れの日に行くことで、雲量の違いによる画像上の日影部分の RGB 値の変化を見ることができる。

2. 計測概要

本研究ではデジタルカメラを用いて、入射光とし

て空の全天球画像、反射光として観測用ボードを撮影した画像を使用する。観測は高知工科大学地域連携棟の屋上で、晴れの日に行った。また、黒い布を貼りつけたボードを観測用ボードの南側に立てて置くことで、観測用ボードに日影を作った。観測用ボードの大きさは900mm×900mmであり、50mm間隔で基準点を描いて、観測用ボードに地上座標(x, y)を定義した(図-1)。地上座標は、座標ごとの天空率を求める際に使用する。観測は表-1に示したデジタルカメラを使用した。ファイル形式は量子化 bit 数の多い Raw で撮影した。入射光と反射光の撮影は同期して行った。

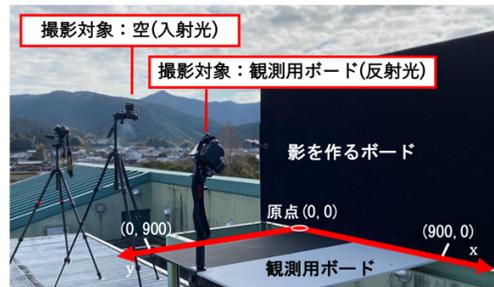


図-1 本研究の観測状況と地上座標

表-1 デジタルカメラの設定

| 撮影対象 | 空(入射光) | 観測用ボード(反射光) |
|-----------|----------------|-----------------|
| カメラ | Nikon D610 | PENTAX K-50 |
| レンズ | Sigma 8mm F3.5 | SMC PENTAX 55mm |
| シャッタースピード | 1/1000 | 1/125 |
| 絞り | 8 | 8 |
| ISO | 100 | 100 |
| 量子化bit数 | 14bit | 14bit |

3. 反射光の計測

本研究では入射光と反射光の関係を見る前に、撮影した画像の校正を行った。反射光の校正は図-2に示したフローで行った。

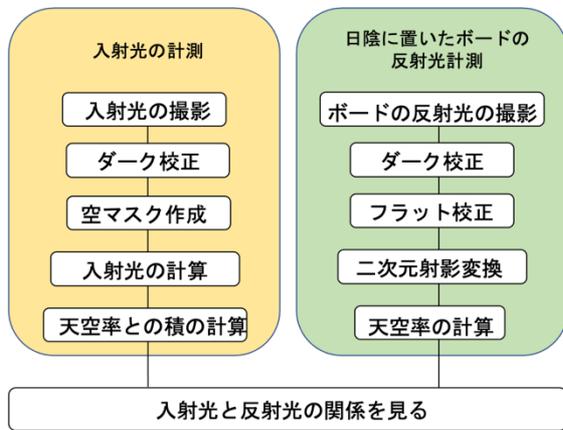


図-2 校正フロー

3.1 ダーク校正

デジタルカメラで撮影した画像には温度や設定した ISO 感度によってノイズが発生する。そこで計測の前に、デジタルカメラのレンズにキャップをした状態で複数枚撮影した(ダーク画像)。複数枚のダーク画像の RGB 値を平均化した画像を作成し、マスターダークと呼ぶことにした。観測したデータからマスターダークを差し引くことで、ノイズを取り除くことができる。本研究では観測直前と観測直後にダーク画像を 10 枚ずつ撮影した。

3.2 フラット校正

デジタルカメラで撮影した画像は周辺ほど暗くなる周辺光量落ちという現象がある。これはレンズと設定した絞り値によって変わる。それを校正するため、発光板にカメラのレンズを押し当てた状態で撮影した。発光板は Viltrox L116T を使用した。撮影時はカメラを少しずつ回転、位置をずらしたものを複数枚撮影した(フラット画像)。撮影したフラット画像全てにダーク校正を行った。各画素の RGB 値の平均値を求め、最大値を 1 としたときの全 RGB 値を求めた。この時、全ての RGB 値は 0 以上 1 以下の値で表される。この値が撮影したレンズ、設定した絞り値の周辺光量落ちの割合である。これをマスターフラットと呼ぶことにした。撮影した画像の RGB 値をマスターフラットで割ることで、周辺光量落ちの校正ができる。

3.3 画像座標の導出

観測用ボードを撮影した画像は撮影日ごとに写る範囲が若干異なる。入射光と反射光の関係を見る際、座標が撮影日ごとで異なっては比較ができない。そこで二次元射影変換を用いた。観測用ボードには 50mm 間隔で基準点が設定してある。基準点の位置を赤丸で示した(図-3)。観測用ボードを撮影した画像は画像座標 (u, v) で位置を表す。この基準点の地上座標 (x, y) と画像座標 (u, v) を二次元射影変換で用いる。

画像座標 (u, v) は地上座標 (x, y) と未知係数 $a_1 \sim a_8$ を使い、式 (a)、(b) で表される。式 (a)、(b) は門田¹⁾より引用した。未知係数 $a_1 \sim a_8$ は地上座標 (x, y) と画像座標 (u, v) を複数選出して求める。

今回は基準点を 8 点選出し、選出した画像座標 (u, v) と、式 (a)、(b) で求めた座標誤差が 2 画素以内になるようにした。

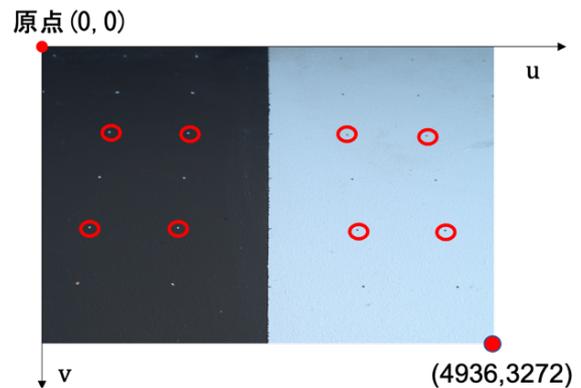


図-3 観測用ボードを撮影した画像における画像座標 (u, v) と基準点

$$u = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{a_7x + a_8y + 1} \quad (a)$$

$$v = \frac{a_4x + a_5y + a_6}{a_7x + a_8y + 1} \quad (b)$$

3.4 放射計とデジタルカメラの比較

放射計により、デジタルカメラ画像が計測に用いることができるか確認した。横軸を放射計 (SEKONIC, C-7000) の値、縦軸を反射光であるデジタルカメラ画像で求めた R のデジタルナンバー (DN) 値の散布図が図-4 である。375nm から 425nm の波長の平均値を R 値とした。G 値と B 値でも同様の傾向が見られたため、デジタルカメラ画像の RGB 値でも非線形回帰により反射光の計測が可能と言える。

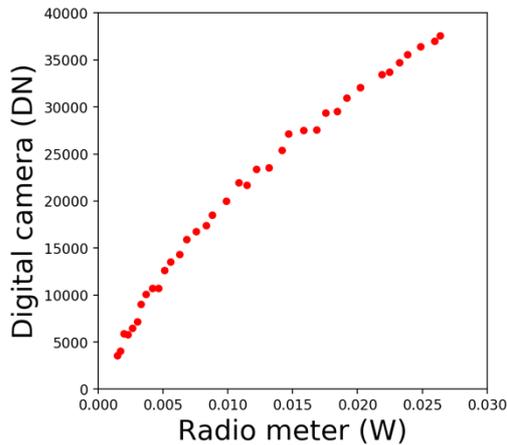


図-4 放射計とデジタルカメラの DN 値の関係(R)

4. 入射光の計測

図-2 で示したフローにおける入射光の計算について解説する。撮影された画像は反射光と同様にダーク校正を行った。

4.1 入射光の平均値の導出

入射光の値として使用する空画像の例が図-5 である。全天球カメラで撮影しているため、撮影した画像には空以外の部分も写り込んでいる。そこで、空以外を取り除くためのマスクを作成した(図-6)。

また、太陽周辺はハレーションが存在し、空を撮影した画像の太陽周辺は過剰に明るくなる。そこで、閾値を決め閾値以上の RGB 値は平均に含めないことにした。閾値は RGB 値すべて 64,000 とした。この閾値によって太陽とハレーションを取り除く(図-7)。これらの処理後の RGB 値の平均値を入射光として使用した。



図-5 空を撮影した画像例

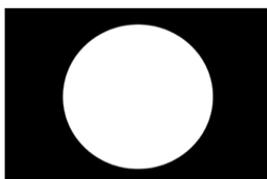


図-6 空マスク



図-7 マスク処理後

4.2 天空率の導出

観測用ボードを用いた画像は影を作るボードに近いほど暗く、遠いほど明るい(図-3)。これは天空率の違いによるもので、観測用ボードの位置によって入射光の光量が異なるからである。入射光と反射光の関係を見る際は、この天空率の違いを考慮する必要がある。

図-8 のように、天空率を求める座標を中心とする単位円を Y-Z 断面で描く。この単位円のうち、観測用ボードと影を作るボードのなす角がその座標における天空率である。この計算を 1° 間隔で 360° の断面で行う。この積分値がその座標における天空率である。入射光(Sky_value)と天空率(Sky_rate)の積を入射光として、反射光との関係を見る際に使用する。

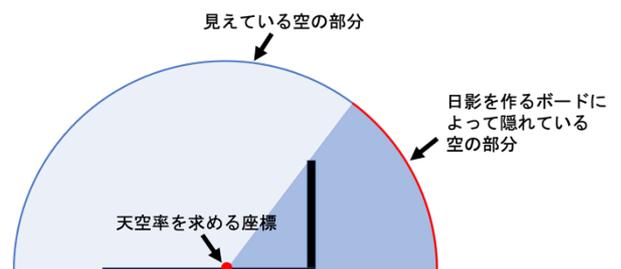


図-8 赤点における天空率

空の RGB 値に天空率をかけた場合の入射光と反射光の散布図が図-9 である。1月21日に13時30分から17時40分まで5分間隔で撮影した画像の RGB 値をプロットした。観測用ボードの RGB 値として座標を6点選出した。この散布図から、RGB 値のうち R 値と G 値は反射光のばらつきが大きい、B 値はばらつきが小さいことがわかる。また、入射光の値が 20,000 付近のときを境に反射光の RGB 値はばらつきが小さくなっている。

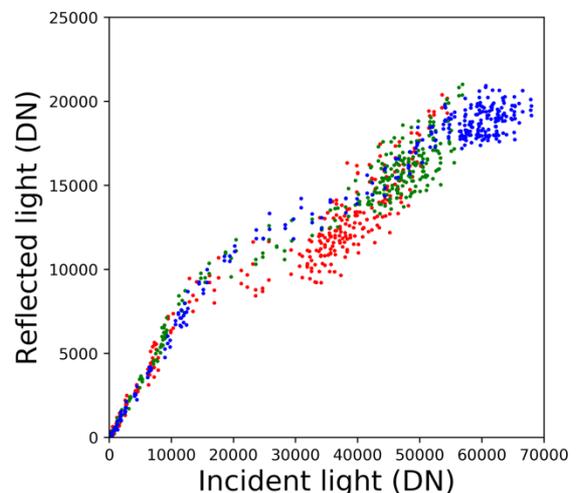


図-9 空の RGB 値に天空率をかけた散布図

5. 結果

5.1 入射光と反射光の関係

4日分の観測データを使用し、散布図を作成した。図-10はR値の散布図である。

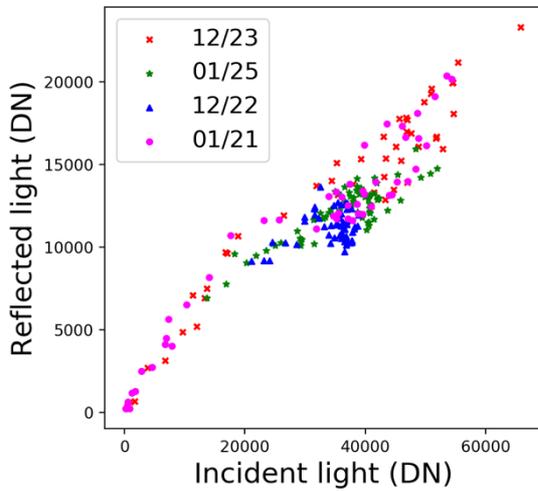


図-10 4日間のデータの散布図(R)

この散布図を見ると、ある時点から傾きが変化していることがわかる。そこで、日没以降のデータのある12月23日と1月21日のデータでR値の散布図を作成した(図-11)。日没1時間前は○、後は×で分けてある。図-11から日没1時間前の時点から傾きが変化していることがわかる。さらに、観測用ボードのRGB値のばらつきもこの時点から小さくなっている。これは日没1時間前から太陽が徐々に沈んでいるからだと考えられる。

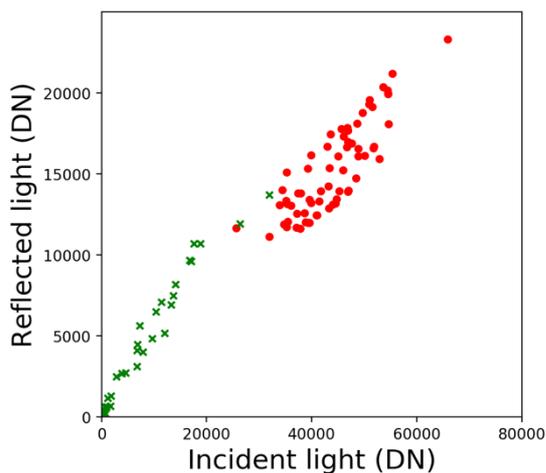


図-11 日没1時間前を境界とした色分け(R)

5.2 雲の割合で見入射光と反射光の関係

雲の占める割合は、空を撮影した画像によって異

なる。そこでマスク後の空の画像のうち、雲が占める割合を求めた。GISソフトウェアであるQGISのラスタ計算機を使い、空のB値からR値を徐算した。徐算後の画像から雲の箇所の閾値を調べ、雲と空の2値化されたマスク画像を作成した。作成したマスク画像から雲と判別されたピクセル数から雲の占める割合を求めた。

1月21日のデータを使い、雲の割合が10%以上を緑、10%以下を赤で表したR値とB値の散布図を作成した(図-12)。雲の割合が10%以上のときは観測用ボードのRGB値が大きい傾向にある。雲のRGB値は青空のRGB値より大きい。そのため雲の割合が高いとき、反射光である観測用ボードのRGB値が大きくなったと考えられる。

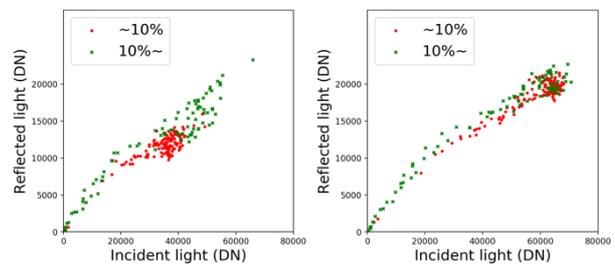


図-12 雲の割合で色付けされたR値とB値の散布図

6. おわりに

本研究ではダーク校正やフラット校正といったデジタルカメラ画像の校正ができた。また、天空率を考慮した入射光と反射光の比較ができた。反射光は雲の割合や太陽の有無によっても変化を見せた。雲の割合が大きいほど、反射光の値は大きくなり、ばらつきも小さい。入射光である雲と青空を比較すると、雲のRGB値は青空のRGB値よりも大きい。そのため、雲の割合が高いときには反射光である観測用ボードのRGB値も大きくなったと考えられる。雲によって色や形が異なるため、その違いも反射光に影響していると考えられる。今後は雲の種類による反射光の違いについて評価する必要がある。本研究では太陽高度が低い12月と1月のデータしかない。そのため太陽高度が高い6月や7月のデータとの比較が必要である。

参考文献

- 1) 門田貴江：高分解能衛星画像における地上基準点の取得方法(2002年度修士論文)，pp. 5-7.