

全天球画像に基づく雲量の推定

原朱音

1 はじめに

気象の決定をする上で雲量は重要な要素である。現在気象庁による雲量観測は目視で行われており、観測頻度が低い・観測地が偏在している・目視観測には熟練した気象庁職員が必要といった問題がある。これにより、雲観測の自動化が強く求められる。本研究では、小型で廉価な全天球カメラ (Kodak PIXPRO SP360) で撮影した画像を解析することにより、雲量の推定を行う。また、得られた解析データと気象庁データの比較を行う。

2 全天球画像の前処理

一般に全天球画像には、空領域以外にも建物等の雲量測定には余分なものが映っている。本研究では、全天球画像の空領域のみを四角くまたは丸く切り出すのではなく、正確な雲量測定を行うために全天球画像に映っている全ての空領域を画像解析に用いる。そのため、まず画像から空領域のみを取り出す処理を行う。

2.1 エッジ検出による空領域の抜き出し

前処理方法として、エッジ検出を用いたところ、図1のように空領域の大部分のみを上手く取り出すことが出来た。

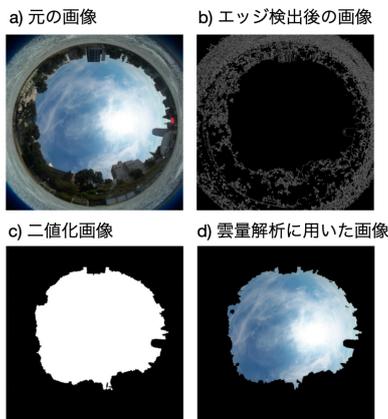


図1: a) 元の画像, b) エッジ検出後の画像, c) エッジ検出後の画像を基に中心部分と外側の部分を二値化した画像, d) 二値化画像と元画像を使って雲量を求める部分のみ抜き出した画像

よって本研究において画像から空領域のみを抜き出すにはエッジ検出が有効である。

2.2 太陽の除去

撮影した画像に太陽がはっきりと映っている場合、太陽の位置の検出を自動で行い、雲量を求める領域から削除する [1]。太陽は全天球画像に白く明るく映っており、RGB の特徴に着目して R 値が閾値 (本研究では 250) より大きい領域を太陽とみなす。

3 雲量の推定

雲と空の色の特徴に着目して雲部分と空部分を分類する。

3.1 SI-BI 法を用いた雲量推定

まず RGB の特徴に着目して、以下二つの天空指標を導入する [2]。

・ Sky Index (以下 SI と略す)

空の青さを表す指標で、値が大きいほど空が青い。

$$SI = (B - R) / (B + R) \quad (-1 \leq SI \leq 1)$$

・ Brightness Index (以下 BI と略す)

空の明るさを表す指標で、値が大きいほど空が明るい。

$$BI = (B + R + G) / (255 * 3) \quad (0 \leq BI \leq 1)$$

R, G, B : Red, Green, Blue チャンネルの値

撮影した画像から目視で抽出した青空部分と空部分の SI, BI の分布を、以下のように天空指標空間にプロットする。SI の分布と BI の分布がそれぞれ指数関数で近似できることから、閾値曲線は、SI の分布関数と BI の分布関数の平均をとることによって指数関数で表すことができる。

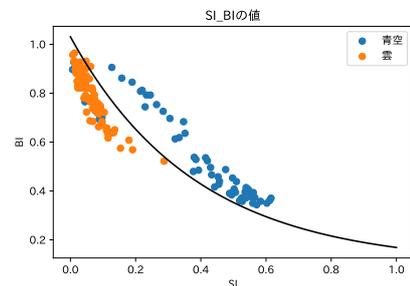


図2: 青空と雲の SI 値, BI 値の分布と閾値曲線

以上より、閾値曲線の下にある点は雲領域、上にある点は空領域と分類して雲量測定を行う。

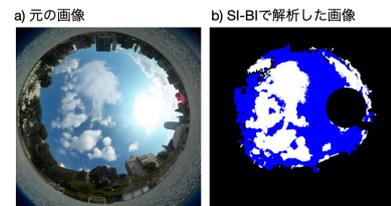


図3: 元の全天球画像 (左) と SI-BI によって雲部分は白、空部分は青に分類した画像 (右)

3.2 HSV を用いた雲量推定

HSV の特徴に着目して、 $S(\text{彩度}) > 90$ かつ $90 < H(\text{色相}) < 130$ ならば空領域、それ以外を雲領域と分類して雲量測定を行う [3]。

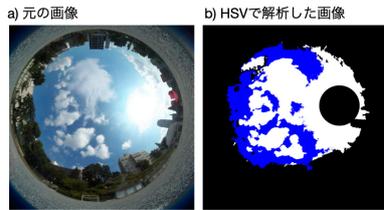


図 4: 元の全天球画像 (左) と HSV によって雲部分は白、空部分は青に分類した画像 (右)

3.3 面積補正

使用するカメラは、等距離射影方式であり、各画素のサイズは画素とレンズ中心との距離に比例する。このため、面積補正処理を施し、等立体角射影方式に変換する [2]。天頂角と画素サイズが比例関係にあることより、天頂角 θ のときの補正係数は以下のように求めることができる。

補正係数 $a_{(n)}$ = 等距離射影による n 個目の画素のサイズ / 等立体角射影による n 個目の画素のサイズ

$$a_{(n)} = (d_{es(n)} - d_{es(n-1)}) / (\pi / 2 / R)$$

$$d_{es(n)} = 2f \sin(\theta/2)$$

n : 等距離射影の画像中心からの任意の画素数

$d_{es(n)}$: n 個目の画素の画像中心からの距離

R : 等距離射影による全天領域の円の半径の画素数

f : 焦点距離

4 結果と考察

4.1 エッジ検出の有無

前処理段階におけるエッジ検出の有無によって、以下のように結果に差が出た。

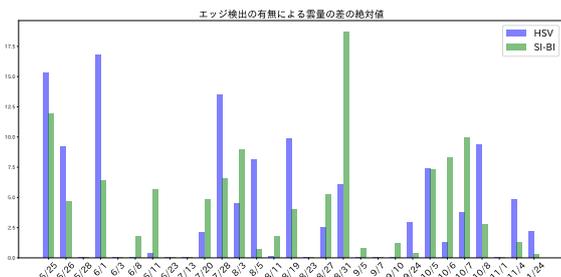


図 5: エッジ検出の有無による測定値の差の絶対値

差がほとんどないものは、雲量が 100 に近いものであった。またエッジ検出をした方が多くが気象庁のデータに近い測定値が出たこと・エッジ検出の有無で測定値に大きな差が出たことがわかった。

4.2 測定値

SI-BI 法により求めた雲量、HSV により求めた雲量、気象庁データ [4] の 3 つを比較する。得られた数値を基に、a) SI-BI と気象庁データの散布図、b) HSV と気象庁データの散布図、c) SI-BI と HSV の散布図、d) SI-BI と HSV の平均値と気象庁データの散布図を描画する。点の横の数字は撮影日時、赤い直線はそれぞれの回帰直線、回帰直線から距離が離れている下位 15% の外れ値を赤い点として可視化する。

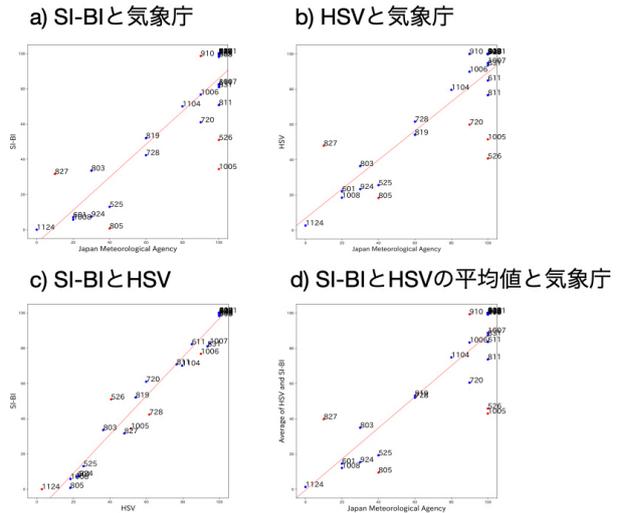


図 6: a) SI-BI と気象庁データの散布図、b) HSV と気象庁データの散布図、c) HSV と SI-BI の散布図、d) SI-BI と HSV の平均値と気象庁データの散布図

図 6a, b より、SI-BI と HSV どちらも同じように気象庁のデータからずれていることがわかった。

図 6c より SI-BI 法と HSV で結果に差が出た画像を見比べてみると、太陽の周りの空が白光りしている部分や薄い雲の部分に SI-BI 法では空と判定して、HSV では雲と判定していた。回帰直線が直線 $y=x$ から系統的にずれている理由もこれによるものと考えられる。

また、図 6d より SI-BI と HSV の平均の結果が気象庁のデータと大きく異なる画像が存在した。これは、撮影している場所と気象庁が雲量を測定している場所が異なること、時間も異なる日があることが大きな理由だと考えられる。

SI-BI 法と HSV で結果に差が出た点においては、HSV における切り出し範囲を調節することで、より正確な判定ができるのではないかと考える。また撮影の自動化を行えば、撮影頻度を上げることができる。更に、多数の場所に設置することで空間的緻密性の高いデータが得られるだろう。また、青空と雲以外が偶発的に写り込んだ際や飛行機雲など瞬間的なノイズの処理などを行うことでデータの信用度が増すだろう。

参考文献

- [1] Github
https://github.com/Soumyabrata/sun-in-image/blob/master/find_sun.py.
- [2] 山下恵, 吉村充則 (2008), 全天カメラを用いた空の状態観測手法の開発, 写真測量とリモートセンシング, **47(2)**, 50-59.
- [3] 櫻井博章, 川人将典, 長谷智紘, 西村晃紀, 森山健, 前田俊二 (2017), 太陽光発電のための天空画像における雲領域の抽出, 精密工学会学術講演会講演論文集, **2017S**, 57-58.
- [4] 気象庁. 過去の気象データ.
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>.