全天球画像に基づく雲量の推定

鈴木遥香

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．現在に至るまで，雲量の観測は目視にて行われてきたが，目視観測には熟練した気象庁職員が必要なこと，夜間の観測が難しいこと，観測頻度が低いこと，観測地が少なくまた偏りがあること等が問題点としてあげられる．これにより，雲観測の自動化が強く求められる．既存技術でも自動化を行うことはできるが，より簡便なものにすることで多くの個人や民間会社を巻き込み，空間的緻密性の高い雲量データを取得することが可能となる．本研究では一般向けに販売されている廉価な小型全天球カメラ (Kodak PIXPRO SP3600) 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　空の状態の識別

2.1　天空指標の導入

全天球画像には主に青空，雲，太陽が映し込まれている．基本的に，青空は青く，雲は白色や灰色に見える．このことを光の三原色 RGB を用いて表す．青空の領域は，Blue チャンネルの値が相対的に大きく，Red チャンネルの値が小さい．雲の領域は，Red，Green，Blue チャンネルそれぞれの大きさに大差はなく白くて明るい領域ほど RGB の合計値は大きく，灰色で黒い領域ほど RGB の合計値は小さい．そこで光の三原色の特徴に着目して以下二つの天空指標 [1] を導入する．

・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．

$$SI = (B - R)/(B + R) \qquad (-1 \leqq SI \leqq 1)$$

・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．

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

R，G，B：Red，Green，Blue チャンネルの値

2.2　画素ごとの面積補正

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，補正係数処理を施し，等立体角射影方式に変換する．天頂角と画素サイズが比例関係にあることで，天頂角 θ のときの補正係数は以下のように求める．

補正係数 $a_{(\mathrm{n})}$ = 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）

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

n：等距離射影の画像中心からの任意の画素数
$d_{\mathrm{es(n)}}$：n 個目の画素の画像中心からの距離
R：天球画像に写り込む空と地面の境界によりできる円の円弧上に 4 つの点を取り，2 本の垂直二等分線の交点から円の中心を求める．円弧上の点と中心との距離，すなわち等距離射影による円の半径の画素数を R とする．本研究では R=1354.

2.3　青空と雲の領域区分

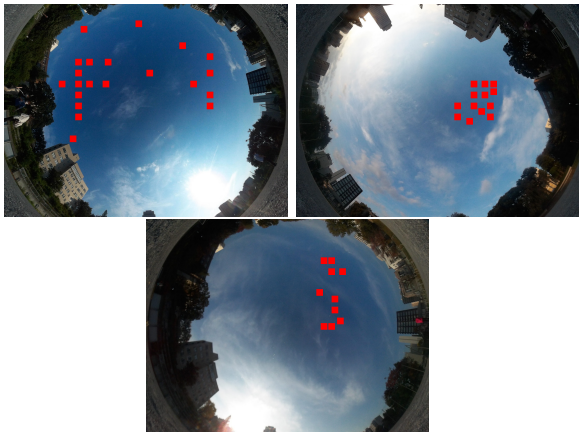


図 1: 青天領域を抽出

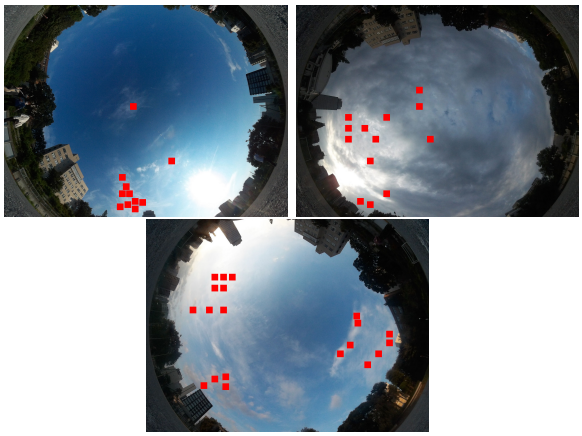


図 2: 雲領域を抽出

青空と雲それぞれが天空指標空間上でどのように分布するかを調べる．図 1,2 の赤い正方形部分は，青空領域，雲領域を目視で抽出したものである．それぞれの SI，BI は以下のように分布する．青空、雲それぞれの点について指数関数にフィットして近似線を引く．

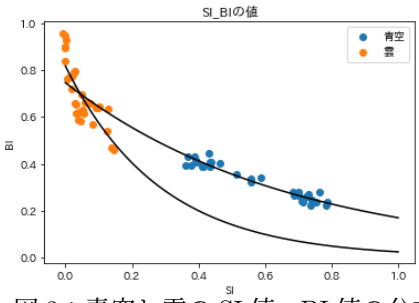


図 3：青空と雲の SI 値，BI 値の分布

青空：BI = e**(-1.47918536*SI) - 0.29353533
雲：BI = e**(-3.51952081*SI) - 0.20259537
2 曲線の中間を取ることで境界線を求める．

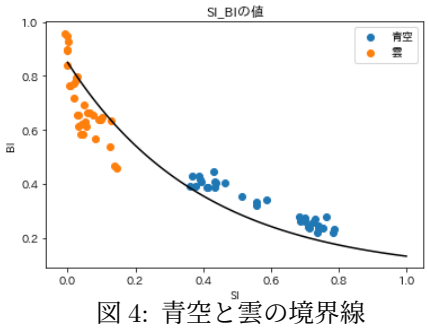


図 4: 青空と雲の境界線

その結果，境界線は，
BI = e**(-2.4993530869*SI) - 0.178065352331
となった．

以上より，SI,BI 空間上で境界線の下にある点は雲領域，上にある点は空領域である。

3　全天球画像の解析

3.1　雲量測定

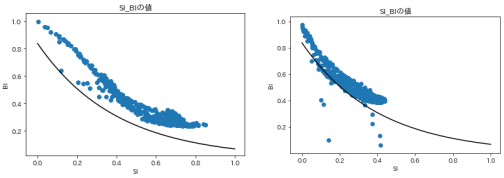
下記 6 枚の画像の赤枠で囲われた画素数 1200 × 1200 の領域について，60 × 60 の領域（計 400 領域）に区切り，それぞれの領域ごとに SI，BI の値を求める．

10/20 15 時　10/27 15 時　10/28 15 時

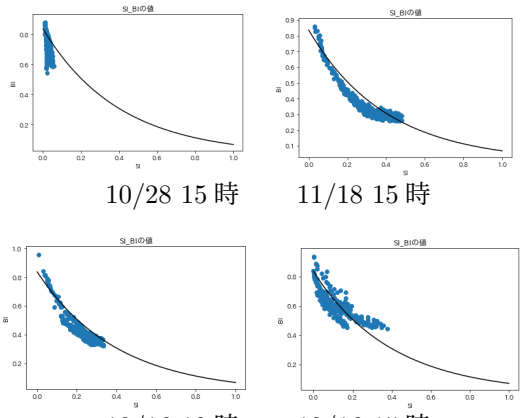
11/18 15 時　12/16 12 時　12/16 15 時

図 5：雲量測定を行う全天球画像

これと境界線を SI-BI 空間にプロットしたものが下図である．全プロット数に対する境界線の下側にあるプロット数の割合を求めることで雲量を測る．雲量は気象庁と同様に 0-10 の値で表す．



10/20 15 時　10/27 15 時



10/28 15 時　11/18 15 時

12/16 12 時　12/16 15 時

図 6：各全天球画像の SI,BI 値の分布

3.2　実験結果と考察

画像解析による雲量測定結果と気象庁観測データの比較を行う．画像は，お茶の水女子大学グラウンドの定位置で撮影したものであり，気象庁データは東京のものを扱う．

日時	気象庁観測データ	測定値
2020/10/20 15:00	1	0
2020/10/27 16:00	8	7
2020/10/28 15:00	10	6.2
2020/11/18 15:00	9	8.4
2020/12/16 12:00	7	7.6
2020/12/16 15:00	9	9.3

表 1：測定値と気象庁データの比較

10/28 15 時を除き気象庁による雲量の ± 1 の範囲内の値を測定することができた．観測値と大きく差のあった画像は全体的に明るく白い雲で覆われている．SI の小さい水色の青空と BI の大きい明るい雲との識別力が足りていないと考えられる．境界線を考える上でデータ数を増やすことでより精度を上げることができるだろう．

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] 山下恵, 吉村充則 「全天カメラを用いた空の状態観測手法の開発」,J-STAGE(2008)

[2] 気象庁．過去の気象データ．
https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/.