

# 雲画像の解析による風速の推定

坂田百合絵 (指導教員:神山翼)

## 1 はじめに

雲の存在とその変動は、天気を代表とするさまざまな空の状態を形成している。雲の地上観測は、観測基準や項目の定義が気象庁により確立されているが、いまだに機械に置き換えた観測が困難で、目視により判断されている部分が多くある。目視による観測は、即時性があることや機械では判別が難しい雲形や雲の状態を判断できることなどの長所がある。その一方で、観測頻度が低いことや観測点が限定されること、観測者の主観が判別結果に含まれてしまうことなどが問題点となっている。そのため、目視に代わる簡易な全天球カメラを用いることで、利便性もよく、太陽・雲・青空それぞれの状態を画像処理によって識別・区分し、さらに数値化して客観的に分類することができる。

雲の動きで風の動きを見ることができるので、本研究ではこれらから雲の動きを撮影し解析し、雲の動いた距離から風速を推定することができるのではないかと考える。現時点では、雲の高さを厳密に求められていないため、中層雲のみに注目して上空の風速のオーダーが妥当に求められるかを検証した。

## 2 推定方法

### 2.1 撮影をする

全天球カメラを用いて、空の写真を撮影する。一定の時間で空の写真を撮り、雲がどのくらい動いているのかを確認する。具体的には、全天球カメラを用いて10秒間隔で撮影する。Fig.2.1のように、雲の動きがわかるように60秒写真を撮る。



Fig.2.1:撮影した空の画像

### 2.2 マッチング

撮影した写真から、雲のある部分を探して動きを判断するため、まず画像の中の雲のある部分抜き出す(Fig.2.2.1)。雲の特徴点を抽出する為に、画像中の特徴点の特徴量に基づいてマッチングするアルゴリズム(特徴点マッチング)を使っていく。(Fig.2.2.2)

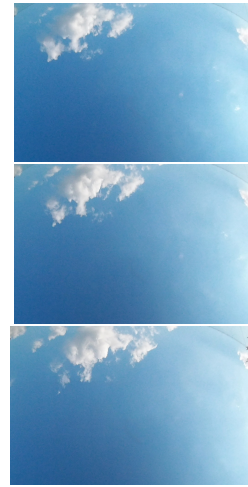


Fig.2.2.1:雲を抜き出した画像

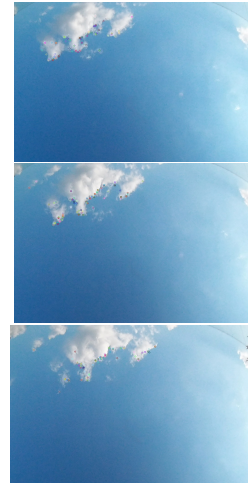


Fig.2.2.2:特徴点をとらえた画像

### 2.3 オプティカルフロー

オプティカルフローとは画像における物体の見かけの速度の分布のことである。類似する二つの画像の間でどのように遷移するのが最も移動コストの少ない方法であるかを見積もり、物体の速度を測定することができるアルゴリズムである。オプティカルフローはStructure from Motion(動きを基にした3次元復元)や動画の圧縮、動画の安定化(Stabilization)など様々なアプリケーションで使われている。本研究ではこのアルゴリズムを用いて雲の速度を測定する。(Fig.2.3)



Fig.2.3:オプティカルフローで動いた画像

### 3 結果

#### 3.1 距離の算出

全天球カメラの射影法補正を考慮して距離を算出する。使用したカメラは等距離射影方式を用いているので(Fig.3.1.1) 画像中心からの距離を  $d_c$ 、焦点距離を  $f$  として、天頂角  $\theta$  との間に

$$d_c = f\theta$$

の関係がある。

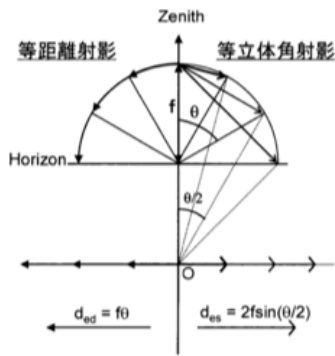


Fig.3.1.1:等距離射影

上記のマッチング手法を用いて、抜き出した雲の部分全天球カメラの画像とマッチングさせ (Fig.3.1.2)、射影法により距離を求める。(Fig.3.1.3)



Fig.3.1.2:特徴点のマッチング

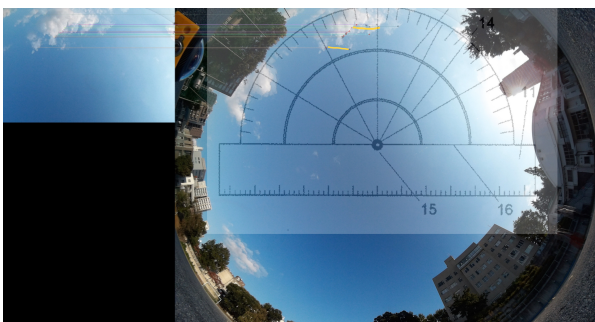


Fig.3.1.3:等距離射影

#### 3.2 解法

上記の方法で求めた雲が動いた距離と撮影した時間により風速を推定する。上空 2000m~7000m に現れる中層雲のみに注目しているため、雲の高度は地上から 5000m のところにあるとして検証する。

#### 3.3 風速の推定

画像から 1 分間で約 15 度ほど動いていることがわかる。これを上記の方程式に入れることにより風速が推定できる。

$$d_c = 5000 \times \frac{15}{360} \times 2\pi$$

速度を  $v$  とすると

$$v = 5000 \times \frac{15}{360} \times 2\pi \div 60$$

これによりこの日時の風速は 21.8055(m/s) と推定できる。この日の気象庁のデータによると 23.3680(m/s) である。雲画像により風速を推定できていることがわかる。

year	month	day	time(JST)	wind speed(m/s)	estimated result(m/s)
2020	10	14	15	23.3680	21.8055
2020	10	15	15	27.6765	36.3425
2020	10	19	12	32.9858	29.0740
2020	12	11	15	27.5686	18.8981
2020	12	15	12	51.6711	39.2500

Fig.3.3:他の日の結果

### 4 考察

撮影した画像から雲の特徴点を見つけ出して、雲の動いた距離から風速を推定することが可能であることがわかる。

雲の高さを仮定して計算していたので、今後は、画像から雲の高さを求め、より誤差の少ない風速を見出せるようにしたい。雲の高さを求める方法としては、2つの全天球カメラを用いて空の写真を撮り、同じ雲を探してその雲の重心を求めて、求めた重心の角度とカメラの距離との正弦定理により求めることができると考える。

### 参考文献

- [1] OpenCV × Python × オプティカルフロー (Optical Flow) で物体追跡 - Global lo0
- [2] 太陽光発電のための天空画像における雲の追跡 広島工業大学 川人将典, 櫻井博章, 長谷智紘, 西村晃紀, 森山健, 前田俊二
- [3] 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 2008
- [4] 気象庁 過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (accessed 25 Feb. 2008)
- [5] 雲の画像解析による太陽光発電の出力変動予測に関する基礎的研究 山本茂広, 片木威, 朴在植, 橋本武, 橋本岳