

# ステレオビジョンとオプティカルフローを用いた雲画像による風速の推定

理学専攻・情報科学コース 2140656 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、天気我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、観測者の習熟が必要であり、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その画像を解析することで、雲が動いた距離から風速を推定する。

## 2 推定方法

### 2.1 撮影をする

二つの全天カメラを用いて、一定の距離を空け、同時に空の写真を撮影する。一定の間隔の時間で写真を撮り、雲がどのくらい動いているのかを確認していく。具体的には、二つの全天カメラを100mの距離を空けて雲の動きがわかるように60秒写真を撮る。本手法では各画像から1つの雲を抽出して基準の雲の高さを推定する。撮影した2枚の画像の特徴点を抽出して基準となる雲を選ぶ。本手法では特徴点を抽出しやすいように、彩度をあげてコントラストを下げた解析した。図2.1.1、図2.1.2は特徴点を記した画像である。



Fig.2.1.1:A,B 地点から撮影した空の画像



Fig.2.1.2:A,B 地点から撮影した 60 秒後の空の画像

### 2.2 雲の高さを求める

雲の高さはステレオビジョンを用いて調べる。ステレオビジョンとは、ステレオ視とも呼ばれる2大のカメラで同一の3次元物体を観測した際に得られるカメラ画像から3次元物体のいちや距離などを復元する計算手法の一種である。

ステレオビジョンを用いて、先程決めた基準の雲の高さを求める。図2.2より基準の雲をPとする。A,Bは2台のカメラの場所で、求めたい雲の高さはHとする。PからABに垂直におろした交点をZとする。θを画像上での天頂からの雲の角度とし、φをカメラから雲の角度とする。三角形PABより角PAB(φ′)、角PBA(φ′′)を求める。rは画像の中心から地面までの距離、r′は画像の中心から画像上の雲までの距離とする。距離APをā、距離ABをb̄とすると計算式は以下のようになる。

$$\theta = 90^\circ \times \frac{r}{r_1}$$

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} \sin\theta\cos\varphi \\ \sin\theta\sin\varphi \\ \cos\varphi \end{pmatrix}$$

$$\vec{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

であるので、角PABは

$$\cos(\angle PAB) = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|}$$

で求める。同様に、cos(∠PBA)も求まる。

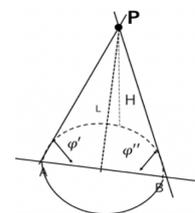
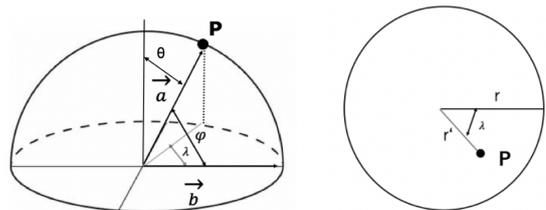


Fig.2.2:雲の高さの求め方

これらの式から、φ′、φ′′を求めることができたので、ABは2台の全天カメラの距離(本研究では100m)であるので正弦定理より、Lの長さを求めることができる(図2.2)。Pと地面の交点をQとすると、雲の高さHは直角三角形PZQから求めることができる。

## 2.3 雲画像から風速を推定する手法

### 2.3.1 オプティカルフロー

画像上での雲の動きの追跡には、オプティカルフローを用いる。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類似する二つの画像を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るアルゴリズムである。

### 2.3.2 カメラの補正

全点カメラで撮影することにより実際に雲が進んだ距離がわかれば撮影した時間と求めた距離で風速を推定することができる。距離は全天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。

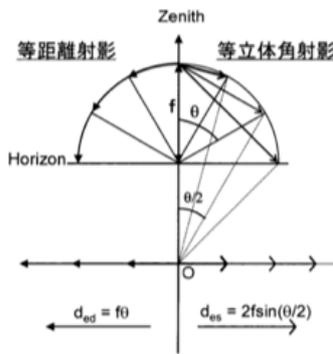


Fig.2.3.2:等距離射影

## 3 結果

### 3.1 使用するデータ

結果の検証のため、気象庁データから NetCDF 化した数値予報 GPV データを用いた。

(<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/gpv-netcdf.html>)

本手法ではこのデータのうち、気象面データの東西風 ( $u$ ) と南北風 ( $v$ ) を使用し、風速を

$$\sqrt{u^2 + v^2}$$

で算出した。

### 3.2 実行例

上記の方法で求めた雲が動いた距離と撮影した時間 60 秒であることから、風速を推定する。雲の高さは先ほど用いた高さを使用する。

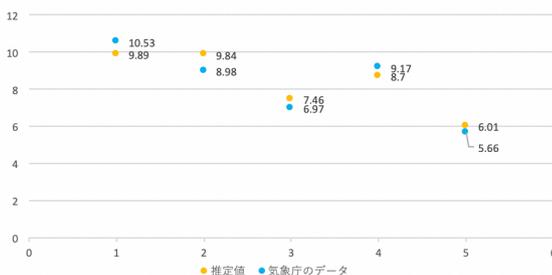


Fig.3.2.1:気象庁のデータと推定したデータ

図 3.2.2 は誤差の百分比を表したグラフである。

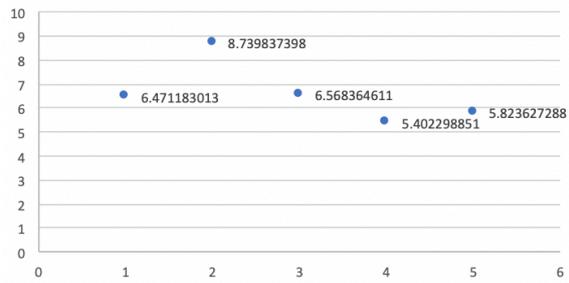


Fig.3.2.2:誤差

## 4 考察

以上の結果から、雲画像から風速の推定を行うことは可能であることがわかった。新たな気象観測機器として全天カメラの有用性があるということがわかった。

また風速を推定するために 2 台の全天カメラを使用した点も本手法は有用であることがわかった。一方で、本手法における雲の抽出方法は、同一の画像の他の雲でも良く、基準の雲によって、雲の高さも変わるため、風速も異なってくるので同一画像からより多くの風速を推定する必要があることがわかった。これらの点について改良していく必要がある。また観測日の違いや、基準の雲の種類の違いではばらつきが出たのではないかと考える。

## 5 今後の課題

今後の課題としては、本手法ではカメラの距離を 100m の距離でしか観測できていないので、100m よりも離れた距離で観測を行うことでより正確な数値に近づけることができるのではないかと考える。また 2 台のカメラで撮影する際の、撮影時間の微妙なずれがあるかもしれないので確実に同じ時間で同時に撮影できるようにする必要がある。また、1 枚の雲画像の中でも、雲の高さはそれぞれ違うので、特徴点の選出基準についても引き続き検討したい。画像の中のどの雲の高さもより簡単に求めることができるようになれば、同時刻の標高ごとの風速も推定できるのではないかと考える。そしてこれらの機能を実装した後に、いまある観測機器よりもさらに実用的で正確さ、さらに汎用性に富んだ実装になるように開発を進めたい。

## 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
- [6] WeatherInformationTechnologyResearchDevelopment <http://www.ny.airnet.ne.jp/satoh/cloudobs5.htm>