

ステレオビジョンに基づく Cloud Image Velocimetry の検討

東京理科大学 学会員 ○高瀬 裕介
 東京理科大学 正会員 仲吉 信人
 東京理科大学 学会員 高野 眞一

1. はじめに

近年、都市部で多発しているゲリラ豪雨やヒートアイランド現象といった気象災害が問題となっている。それらの発生メカニズムの把握及び予測精度の向上には、大気中の物理量の輸送を担う風速を気象シミュレーションに同化することが効果的である。気象庁では静止気象衛星ひまわり 8 号で観測した雲や水蒸気の動きから風速・風向を算出する AMV (Atmospheric Motion Vector) の研究が行われている (小山, 2015)¹⁾。しかし、AMV は高度の算出において不確実性が残る。本研究ではステレオビジョンの原理に基づき、複数のデジタルカメラを用いて雲の具体的な高度や移流速度を画像解析で算出する新しい風速測定手法 Cloud Image Velocimetry の構築を目的とする。基本アルゴリズムの開発、及び実地検証ではラジオゾンデで記録された風速や衛星写真と比較することで、本手法の有意性の評価を行った。

2. 研究手法

(1) 風速測定アルゴリズム

時刻同期させた複数台のデジタルカメラを上空に向けて設置し、雲をトレーサーとして異なるアングルから一定の時間間隔で連射撮影する。一台のカメラで撮影された雲の特定の部位が、別のカメラで撮影された画像内においてどの位置にあるか探索する。探索手法にはテンプレートマッチングを採用した。具体的な探索手順を以下に示す。

- ① 撮影された画像内にグリッドを作成し、テンプレートとして設定する。各々が別画像中で画像相関が最も高くなる箇所を雲の同一部分とする (図-2)。
- ② 複数のペア画像内の対象の画像座標から、写真測量の一種であるステレオビジョンを用いて 3 次元座標を算出する。
- ③ 求めた雲の空間座標の時間差分から風速を算出する。



また、本研究では広角カメラ (GoPro hero5 black) を用いて観測を行った。これにより広い範囲の雲を撮影することができるが、その性質上画像に歪みが発生する。歪み補正には画像処理ライブラリ openCV を用いて、撮影された画像に対して歪み補正アルゴリズムを適用した。カメラの内部パラメータ推定には Zhang (2000)²⁾ の手法を採用し、事前に屋内実験で推定した。また、カメラの位置や姿勢を表す外部パラメータは風速同定の屋外実験時に推定を行った。

(2) 観測概要

2018/11/20 - 11/22, 11/26 - 11/27 に東京理科大学野田キャンパス 10 号館 (E139°54'19", N35°55'04", 38.9 m)、及び 15 号館 (E135°54'40", N35°55'16", 34.1 m) の屋上にカメラを設置し、観測を行った。各カメラの連射撮影の間隔は 10 秒に設定した。世界座標の原点は 10 号館のカメラの位置とし、X 軸を南に、Y 軸を東にとった (図-1)。各カメラの座標は RTK を用いて測量した。

3. 結果と考察

11/20 の 11:06 - 12:06 に撮影された画像に対して、本手法で算出した水平・鉛直風速、及び雲の高度 (図-

キーワード ステレオビジョン, 雲, 風速, テンプレートマッチング

〒278-0022 千葉県野田市山崎 2641 五号館三階水理研究室 東京理科大学 TEL04-7124-1501(内線 0033)

3) を示す。前述のように本研究では画像をグリッドに分割して雲を追跡しているため、グリッド毎に風速、雲の高度が算出される。今回は全 86 グリッド (7×12) の中央値を各時刻における風速、高度とした。本手法で観測された高度は 2000 m 前後で推移しており、観測された雲はその形状から積雲であると考えられるため確からしいと考えられる。なお、11:48–11:51 のデータは測定のエラーにより除外している。水平風速は $8-9 \text{ m s}^{-1}$ を推移しており、同日 9:00 に茨城県館野で放球されたラジオゾンデで記録された高度 2150 m における水平風速と概ね一致していることが分かる。ただし本観測を行った東京理科大学野田キャンパスとラジオゾンデを放球した館野では水平距離で 35 km ほど離れており、さらに異なる時刻に観測されたデータであるため注意が必要である。また、この観測で確認された風向をひまわり 8 号で撮影された衛星写真と比較した。その結果、本手法と衛星のどちらも東向きの風向が確認できたため、本手法で算出した風向は有意であるといえる。一方、鉛直風速は 1 m s^{-1} 前後で推移している。雲がこの速度で上昇し続けることは考えにくく、誤ベクトルであるといえる。この要因として、推定された 2 台のカメラの設置角度・座標 (外部パラメータ) に誤差が含まれていた可能性が挙げられる。ステレオビジョンでは高精度のカメラパラメータ推定が不可欠であり、今後の課題である。

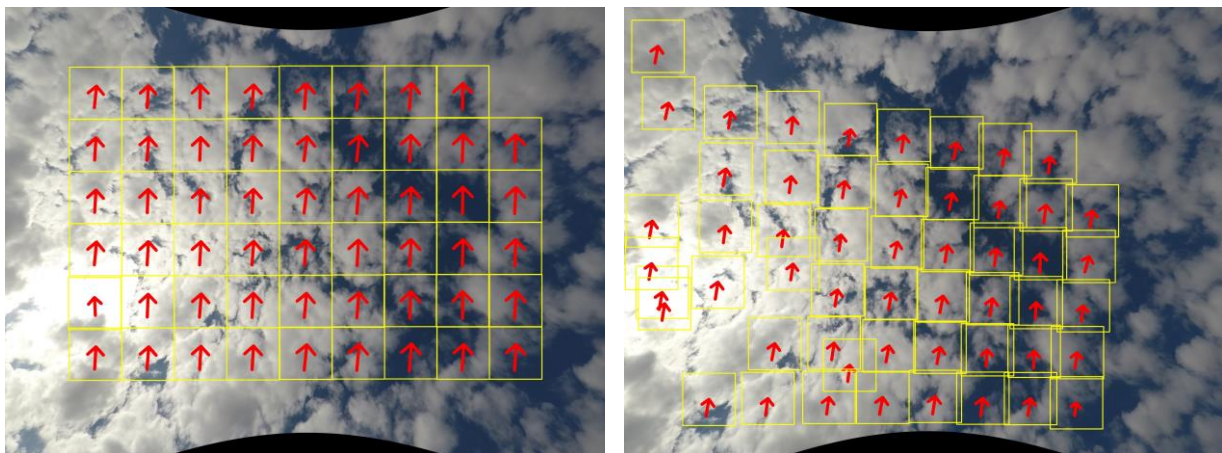


図-2 画像上での雲の追跡結果 (11:06:00-11:06:10)

4. まとめ

複数のデジタルカメラで異なるアングルから雲を撮影し、その画像からステレオビジョンの原理に基づき、雲の 3 次元座標及び水平・鉛直風速を同定する新しい風速同定アルゴリズムを開発した。また、屋外観測を行い、本手法を適用することで確からしい高度及び水平スカラー風速を算出することができた。一方で高度が瞬間的に跳ね上がったたり、鉛直風速を過大に算出する等、誤ベクトルの影響が見られた。これは観測を実施する前に行った外部パラメータ推定に誤差が含まれていたことが要因として挙げられる。高精度に推定された外部パラメータを用いた観測が今後の課題である。

謝辞

本研究は次の科学研究費補助金の支援を受けた。ここに謝意を表す。課題番号:18K13840 および 17H01292。

参考文献

- 1) 小山亮 : MTSAT ラピッドスキャン観測データを用いて算出された台風領域の上層大気追跡風の特性, 日本気象学会, 2015.
- 2) Zhengyou Zhang : A Flexible New Technique for Camera Calibration , IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE , 2000.

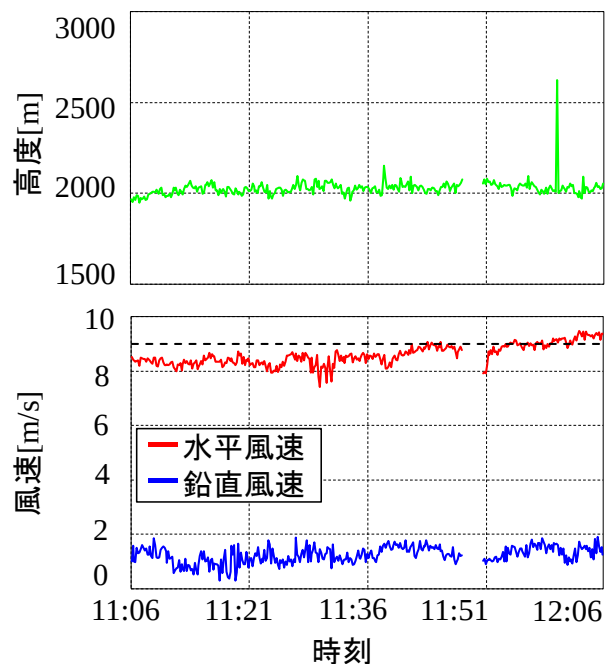


図-3 水平スカラー風速と高度