

## 雲の層数統計および二層雲の移動方向の導出

正 員 坂東 隆宏<sup>\*a)</sup> 学生員 伊藤 翼<sup>\*</sup> 非会員 佐野 絃貴<sup>\*</sup>  
非 会 員 宮原 由紀<sup>\*</sup> 非会員 相澤 毅<sup>\*</sup> 正 員 針谷 達<sup>\*</sup>  
上級会員 滝川 浩史<sup>\*</sup> 非会員 平塚 元久<sup>\*\*</sup> 非会員 真木 志郎<sup>\*\*</sup>

### Statistical Analysis of Cloud Layers and Derivation of Motion Directions of Two Layer Clouds

Takahiro Bando<sup>\*a)</sup>, Member, Tsubasa Ito<sup>\*</sup>, Student Member, Genki Sano<sup>\*</sup>, Non-member, Yuki Miyahara<sup>\*</sup>, Non-member, Takeshi Aizawa<sup>\*</sup>, Non-member, Toru Harigai<sup>\*</sup>, Member, Hirofumi Takikawa<sup>\*</sup>, Senior Member, Motohisa Hiratsuka<sup>\*\*</sup>, Non-member, Shiro Maki<sup>\*\*</sup>, Non-member

(2022年3月18日受付, 2022年5月30日再受付)

The daytime sky at Toyohashi city was observed every five seconds from April 2021 to December 2021 by using two all-sky cameras. Based on the images, the number of the cloud layer was statistically analyzed for every hour. The results indicate that two-layer clouds occupy a large temporal fraction as well as one-layer clouds. Therefore, the motion of the two-layer clouds was examined by the optical flow analysis with Lucas-Kanade method. Two directions were clearly obtained from the polar histogram of the angle of the optical flow vectors.

キーワード：全天球画像観察，雲の層数統計，移動方向，画像解析

**Keywords:** whole sky imaging, statistics of cloud layers, motion direction, image analysis

#### 1. はじめに

太陽光発電の経済的有効運用のためには、発電電力量（以下、発電量と略す）の計画値と実績値との差を小さくすること望ましい。より適切な計画のためには、より精度の高い日射量予測が必要であることは自明である。日射量予測には、気象モデルを用いた手法、衛星画像を用いた手法、地上観測を用いた手法などがあり、それぞれ時間・空間スケール等の特徴がある。特に、地上観測を基本とした手法では、30分程度の短時間での雲影による日射強度の変動<sup>(1)~(4)</sup>を予測することができる。地上観測法では、天球カメラの画像から雲の移動方向を推定<sup>(4)</sup>し、そこから雲影による変動を予測する手法が広く利用されている。これらの雲の移動方向については、通常、単一の方法に移動すると考えている<sup>(5)</sup>。しかしながら、実際には高さの異なる雲が多層雲となり、そ

れぞれが異なる方向に移動しうる。このような多層雲の状況および運動を判断して日射量や発電量を検討したり、予測したりしている例は少ない<sup>(4)(6)</sup>。そこで、本研究では、手始めとして、多層雲の割合を時間毎に分析してまとめ、中でも割合の多かった二層雲について移動方向を推定する手法を検討した。

#### 2. 多層雲の観察と統計分析

豊橋技術科学大学（愛知県豊橋市）の自然エネルギー実験棟屋上において、視野角 98° および 195° の全天球カメラを天空に向けて配置し、天空撮影を行った。視野角 98° のカメラ画像は歪曲収差が小さいため雲の移動方向解析に適しており、視野角 195° のカメラ画像はより広域を捉えるため雲の層数の分析に適している。撮影は日の出から日の入りまで 5 秒毎とした。その撮影画像を連結して 1 時間毎の動画（連結動画）にし、変化を見ながら雲の層数を分析した。2021 年 4 月から 12 月までの結果を月ごとにまとめたものを Fig. 1 に示す。日中の時間（総時間は日の出・日の入り時刻に依存）に対し、単層、二層、三層、および四層が発生した時間帯の比率を表したもので、各連結動画で観察された最も大きい層数を数えた結果である。まず、二層以上の雲が観察された時間の比率を見てみると、7 月および 8 月は約 70% と多く、12 月でも約 40% であった。このことは、多層雲を考慮して雲の移動方向を判断する必要性

a) Correspondence to: Takahiro Bando. E-mail: bando.takahiro.pd@tut.jp

<sup>\*</sup> 豊橋技術科学大学

〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1

Toyohashi University of Technology

1-1, Hibarigaoka, Tempaku, Toyohashi 441-8580, Japan

<sup>\*\*</sup> (株) エイム

〒441-8113 豊橋市西幸町字浜池 333-9

AIM Co., Ltd.

333-9, Hamaike, Nishimiyuki, Toyohashi 441-8113, Japan