

天空カメラ画像からの AI による雲の移動検出

日大生産工(院) ○佐光 南美 日大生産工(学) 大竹 沙季 伊藤 悠貴
 (株)エキスパート科学研究所 平田 謙次 (株)afterFIT 田中 一利
 (株)エキスパート科学研究所 安原 航 日大生産工 豊谷 純

1. はじめに

太陽光発電において日射量の予測は重要であるが、気象予報では予報の時間的・空間的分解能の問題が存在する。これは予報の遅延や地区地理特性を考慮した空間的な予測演算を組み込んでいないためである。

これらの解決に対して、本研究では、日射量や空を映し出した画像データも含めた地上観測データを用いて、気象理論とAI技術との融合によりこれらの課題を解決する。

この日射量予測に関する先行研究としては、Yuhao Nie et al.(2020)[1]による雲の状態を識別して発電量を予測する報告等がある。また雲の動きに関してはT. Schmidt et al.(2015)[2]によるオプティカルフローを用いた雲移動検出が報告されており、本論もこちらを採用する。

そこで本論では、雲カメラからの画像を用いて雲を画像認識し、オプティカルフローによってその移動を推測することを試みる。これによって太陽と雲の位置を予測して、日射量の高精度に予測する事が可能になる。

そこで本研究ではPython3.0のOpenCV4.0を利用して天空カメラ画像から太陽や雲を識別認識をさせ、雲の移動を推測させることを試みた。空全体が雲で覆われている場合は、空全体が曇天のため太陽や雲検出は出来ない。しかしながら青空が見えるような、雲が少ない場合は、太陽や雲の移動検出が可能であることが示されている。

2. 太陽と雲の分類

本研究は天空カメラで1分毎に24時間365日自動で天空の画像をカメラで撮影して蓄積を行っている。その画像データに対して色の三原色(Red, Green, Blue)や輝度情報を基に、太陽や雲を識別する。

まず本研究ではピクセル毎に正規化赤青比 $((B-R)/(B+R))$ で色を使い、雲を識別認識している。次式(1)により RGB からグレースケールに変

換を行った。Yは輝度を表す。

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

正規化赤青比による雲の識別に加え、グレースケールにおいて輝度 237 以上は、太陽とした。図1は、一つの雲が太陽と重なりながら空を移動する例である。右左で1分後の空の画像が示されており、雲が1分間で変形を伴いながら移動している事が示されている。



図1 天空カメラ画像 (写真)

2021年8月6日11時4分撮影

右 2021年8月6日11時5分撮影

図1の、雲の識別認識を行ったのが、以下の図2である。赤い丸が太陽を示しており、その周囲の雲の一部明るい部分も輝度が高いため、太陽として認識(赤く着色)されている事が分かる。



図2 太陽と雲の分類

ただし、太陽は球状で一定の大きさを有するため大ききや形状で判断したり、正規化赤青比から基本的には識別することが出来る。

Cloud movement detection based on color information from sky camera images

Minami SAKO, Saki OTAKE, Yuki ITOH, Kenji HIRATA,
 Kazutoshi TANAKA, Wataru YASUHARA and Jun TOYOTANI

3. 雲の移動検出

3.1 検出手法

本研究では先行研究でも実績[2]のあるオプティカルフロー[3]を用いて雲の動きを捉えた。ここでオプティカルフローとは物体やカメラの移動によって生じる隣接フレーム間の物体の動きの見え方のパターンである。各ベクトルが1フレーム目から2フレーム目への変位ベクトルを表す2次元ベクトル場で表現される。

3.2 雲の移動検出 (成功例)

図1を、オプティカルフロー解析を用いて雲の動きを捉えたのが、以下の図3である。雲では無い部分は黒で塗りつぶし処理を行っているため、白い部分が雲となっている。また雲の端々に赤い矢印が示されており、これが移動ベクトルである。このように雲を認識して、さらにその移動ベクトルを基にして雲の移動が予測できる様子が示されている。

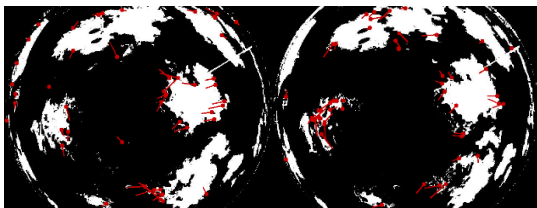


図3 オプティカルフロー (成功例)

3.3 雲の移動検出 (失敗例)

実際の天空画像を撮影すると前節のような画像とは異なり、認識が難しい場合がある。以下の図4は、この一例であり空の大半が雲で覆われている例である。この例では空全体に大きく雲がかかっている状況であるために、全体的にグレーで雲の形状や厚さによる濃淡のある画像となっている。これに対して前節と同様の手法で検出を行った結果を図5に示す。

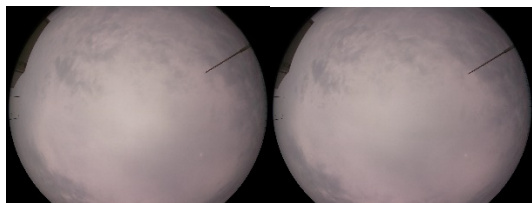


図4 天空カメラ画像 (写真)

2021年8月13日13時47分撮影

右 2021年8月13日13時48分撮影

図4を、オプティカルフロー解析を用いて雲の動きを捉えたのが、以下の図5である。この図5では、空の大半が雲で覆われているため、ほとんどが白くなって表示されている。周囲の所々に赤いベクトルが表示されているが、このように曇天では個別の雲の認識や太陽の認識をする方法は適用できない事が分かる。

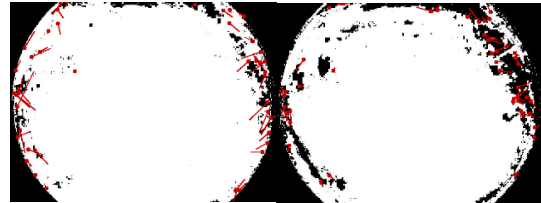


図5 オプティカルフロー (失敗例)

4. おわりに

本論では画像データの色情報と輝度情報から、太陽や雲が認識できることを示す事が出来た。またオプティカルフロー解析を用いて雲を認識し、かつその移動ベクトルを取得して、移動を予測することも可能であることが示された。以上の結果から、時系列の画像データから雲を認識して、さらに雲は変形しながら移動するために、これを追跡しながら認識して、移動を予測できる可能性が示された。

今後はさらに高精度に移動が予測できる手法を確立し、さらに過去のデータに基づく統計的な手法を組み合わせ、日射量を高精度に予測できるようにする。

参考文献

- [1]Yuhao Nie et al., PV power output prediction from sky images using convolutional neural network: The comparison of sky-condition-specific submodels and an end-to-end model,Journal of Renewable and Sustainable Energy,Volume 12, Issue 4 , 046101 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0014016>
- [2] T. Schmidt et al., Evaluating the spatio-temporal performance of sky imager based solar irradiance analysis and forecasts, Atmospheric Chemistry and Physics, 15, 26997–27039, 2015, <https://acp.copernicus.org/preprints/15/26997/2015/acpd-15-26997-2015.pdf>
- [3]Enric Meinhardt-Llopis et al., Horn-Schunck Optical Flow with a Multi-Scale Strategy,Image Processing On Line,3(2013), pp.151–172