

昼間における空画像からの雲と太陽領域の抽出手法

Sky and Cloud Segmentation Method for Day Time Sky Images

佐々木 稔[†]
Minoru Sasaki

日比 晶[‡]
Akira Hibi

1. はじめに

近年、地上からの天候変化を高速に予測することへの需要が高まっている。例えば、太陽光発電システムにおける電力供給の安定化を行う場合、ソーラーパネル近くに固定したカメラで撮影した上空の画像とそれに対応する日射量をデータベース化することで、太陽光発電システムが供給する電力量の変化を分析する方法が考えられる。太陽に雲がかかると、供給できる電力が落ちるために、工場などで電力を安定供給する必要がある場所では少なからず影響を受ける可能性がある。そのため、数秒先の急激な電力変化を予測することを目的とする空画像の分析技術が求められている。

このような空画像の分析技術はこれまでも存在しているが、その数はそれほど多くない。先行研究では、画像解析技術を利用して上空の雲の動きを分析し、太陽が隠れる時刻を予測している[1]。この手法では、オプティカルフローと呼ばれる雲の速度場を検出して、雲の移動方向と速度を求めることで、太陽が雲に隠れる時刻を予測する。これにより、2, 3 分後の雲の状態を予測することは可能であるが、オプティカルフローの検出、3~5 秒先の雲の状態を予測することは難しい。また、短い時間での日射量変化を予測することも課題として挙げられる。そのため、原画像から太陽と雲の関係を短い時間で分析を行うためにはさらなる工夫が必要となる。

このような画像情報から日射量変化の予測を行うために、本稿では原画像から太陽と雲の関係を短い時間で分析を行う手法として、太陽の位置を利用して、原画像から分析に必要な小さい領域を抽出し、太陽と雲の領域を分析する手法を提案する。これは、分析対象となる画像を日射量予測に必要な部分だけに限定することで、計算コストの高い画像処理を少なくすることができる。また、画像の撮影間隔を短くすることで、画像情報による日射量のリアルタイム予測が可能となると考えられる。

原画像に対して、太陽と雲の領域を分析する手法を説明し、実際に空画像に対する実験を行うことによって、原画像を利用するよりも高速に太陽周辺の雲の分布を捉えることを示す。

2. 抽出手法

本節では、提案する太陽周辺の雲の分析を行う手法について説明する。

2.1 画像の読み込み

太陽と雲の領域を分析するために、地上において固定し

たカメラで撮影を行った空画像を読み込む。このとき、日射量がほとんどない雨が降っているときは分析対象外とする。また、太陽が出ていない夜間や固定したカメラでは映らない日の出、日の入り前後の時間帯も分析の対象外と設定する。

原画像のサイズは領域分析の実行が可能である 1,600×1,200 を最大として、1,200×900、800×600、400×300 の 4 種類を利用する。

2.2 太陽の位置の推定

原画像の読み込みが完了すると、次は画像から太陽の位置を推定する。カメラは固定されているため、撮影する場所と日時が分かれば、画像中における太陽の位置を推定することは可能である。太陽の位置を推定することができれば、画像中のどの場所に太陽が存在するかをおおよそ判断することができる。また、晴れている場合は太陽が見えているので、太陽領域の特徴を利用して太陽の位置を推定することができる。太陽領域を推定するためには、原画像をグレースケール画像に変換し、白のレベルが最大値の 95% 以上の画素を抽出し、その重心を求めることで推定できる。

2.3 部分領域の抽出

太陽の位置を推定することができれば、原画像から太陽周辺部分のみを切り出す処理を行う。分析する対象を太陽周辺の狭い領域に限定することで、太陽と雲の関係と分析するための計算コストを少なく抑えることができる。また、空の画像を撮る際、周辺に存在する山や電線などの障害物を可能な限り取り除くことが可能となる。

本稿では、上記により推定した太陽の中心に対応する画素から上下左右に 50 ピクセルずつの範囲を取得し、100×100 の部分画像を抽出する。この画像を太陽と雲の領域を分析する対象と設定する。この抽出範囲はアドホックに設定した値であるが、太陽と予測に必要な周辺の雲の状況を捉えることができる領域となっている。

2.4 太陽と雲の領域を分析

太陽周辺の部分画像を抽出できれば、その画像に対して太陽と雲の領域を抽出するために、対象画像の領域分割を行う。本稿では、画像の領域分割手法として、グラフに基づく領域分割手法を利用する[2]。この手法は、まず各ピクセルをグラフのノード、ピクセル間の強度の差(非類似度)をエッジとして画像を表現する。このとき、ピクセルの強度とはその位置と色の情報から得られる値として定義されている。このグラフの各ピクセルに対して、エッジの重みの総和が最小となる全域木を求める。求めた最小全域木を組み合わせて同じ特徴を持つ部分領域を求めることが可能となる。

[†] 茨城大学工学部情報工学科 Department of Computer and Information Sciences, Ibaraki University

[‡] 株式会社日立情報制御ソリューションズ Hitachi Information & Control Solutions, Ltd.

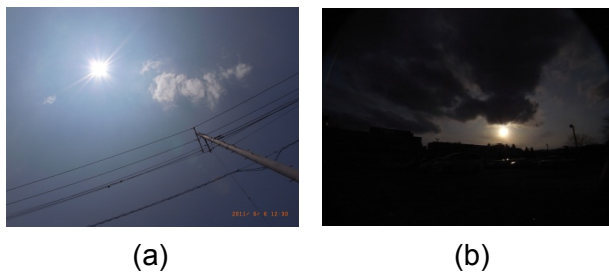


図1 実験で使用する原画像

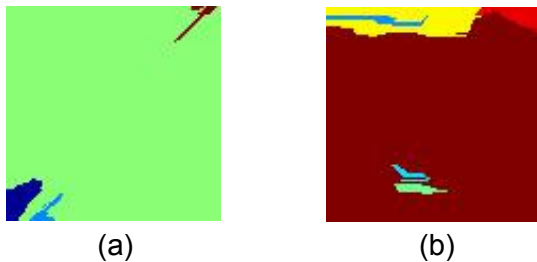


図2 提案手法による処理結果

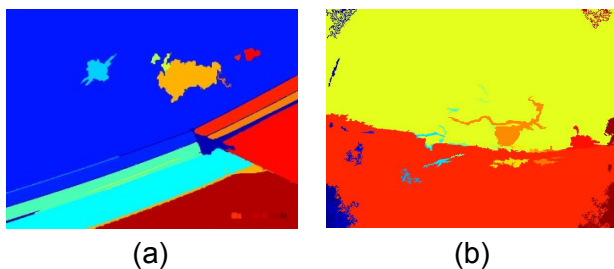


図3 原画像に対する領域抽出結果

3. 実験方法

本節では、提案手法が太陽と雲の領域を正確に、かつ高速に抽出できているかを評価するために、実際の写真画像を利用した実験を行う。実験において使用する原画像を図1に示す。(a)は正午過ぎにおける太陽が高い位置にあるときの画像で、(b)は夕方ごろにおける太陽が低い位置にあるときの画像で、レンズフレアの影響を抑えるため偏光フィルターを使用したことで全体的に暗い写真となっている。ただし、周辺にさまざまな障害物が存在する画像を対象としたため、カメラの固定は行っていない。この画像に対して、それぞれ提案手法を利用して太陽と雲についての領域推定を行う。

4. 抽出結果

提案手法による抽出結果を図2に示す。太陽領域については、2つの画像ともに太陽の中心部分を推定し、それをもとに部分画像の抽出が行われている。(a)では太陽周辺に雲がないため、ほとんど同じ領域となっている。周囲に細かい領域が現れているのは太陽を撮影した時に生じたレンズフレアの影響で、昼間における太陽の強い光を撮影すると光の筋が空画像に現れるものである。(b)は太陽の上にある雲がいくつかの領域に渡って抽出されている。

表1 領域抽出処理時間の比較

画像サイズ	原画像(秒)	部分画像(秒)
1600×1200	26.98	0.19
1200×900	14.89	0.18
800×600	6.43	0.17
400×300	1.56	0.18

5. 考察

5.1 抽出精度

提案手法を利用すると太陽周辺に雲がない場合は、部分画像全体がほとんどひとつの領域となり、太陽のみが存在していることが分かる。しかし、周辺に雲が存在する場合は、部分画像の中においても雲の領域が抽出することが可能となっている。

図3は部分画像を抽出せず、原画像からの領域抽出を行ったものである。これらの図より、画像に写る電線や山などの障害物が領域を作っているため、多くの領域に分かれてしまっている。そのため、太陽と雲の領域を分析するには狭い範囲の部分画像を抽出することで障害物を取り除くことが可能である。

5.2 処理時間の比較

次に、部分画像を抽出することで処理時間がどの程度短縮したかと分析する。原画像の各サイズにおいて、画像全体を処理する場合と部分画像を処理する場合の処理時間の比較を表1に示す。全体的な処理時間はどのサイズにおいても、部分領域を求める方が短い時間で太陽と雲の関係を分析できることが分かる。

6. おわりに

本稿では、原画像から太陽と雲の関係を短い時間で分析を行う手法として、太陽の位置を利用して、原画像から分析に必要な小さい領域を抽出し、太陽と雲の領域を分析する手法を提案した。提案手法が太陽と雲の領域を正確に、かつ高速に抽出できているかを評価するために、実際の写真画像を利用した実験を行った。その結果、周辺に雲が存在する場合は、部分画像の中においても雲の領域が抽出することを確認した。また、部分画像を抽出することで処理時間がどの程度短縮したかと分析した結果、全体的な処理時間はどのサイズにおいても、部分領域を求める方が短い時間で太陽と雲の関係を分析できることが分かった。

今後の課題としては雲の領域を抽出する際は、雲の種類を考慮する必要がある。7種類ほど存在する雲のそれぞれに対して、効果的に領域抽出が可能となる分析手法を開発することが挙げられる。

参考文献

- [1] 山本 茂広, 片木 威, 朴 在植, 橋本 武, 橋本 岳, “雲の画像解析による太陽光発電の出力変動予測”, 電気学会論文誌, Vol. 119-B, No. 8/9, pp. 909-915 (1999).
- [2] Pedro F. Felzenszwalb and Daniel P. Huttenlocher, “Efficient Graph-Based Image Segmentation”, International Journal of Computer Vision, Vol. 59, No. 2 (2004).