

MODIS 画像からの黄砂領域の抽出 Extraction of the yellow sand area from MODIS image

石井 雅樹[†] 猿田 和樹[†] 寺田 裕樹[†] 陳 国躍[†]
Masaki Ishii Kazuki Saruta Yuki Terata Guoyue Chen

1. はじめに

例年、日本では春先に黄砂が観測される。黄砂は東アジアの砂漠域(ゴビ砂漠など)から強風により大気中に舞上がった鉱物粒子が浮遊しつつ落下する現象[1]のことである。気象庁が日本各地の気象台で、目視による黄砂観測を行っており、環境省では、レーザー光を使用したライダーという装置を使用して、上空の黄砂の観測を行っている。黄砂は多国間を横断し、地球上の広い範囲で観測されるため、地上観測データのみだけでは、黄砂を部分的にしか観測することができず、地球上の広範囲におよび黄砂の空間的な広がりを観測することは困難である。黄砂による被害状況や飛来状況を詳しく知ることも、黄砂の空間的な広がりを示すことは重要である。このような、地球上の広い範囲におよぶ現象の自然観測を行うには、人工衛星を用いたリモートセンシングが有効であると考えられる。そこで本研究では、NOAA 画像による黄砂抽出法として提案されている3次元ヒストグラムを利用してMODIS 画像から黄砂を抽出することを目標とする。

2. リモートセンシングの概要

リモートセンシングとは、「物に触れずに調べる」技術のこと、つまり離れた場所から観測対象に触れることなく、対象の状態の観測を行い計測する技術のことである[2]。プラットフォームとしては、人工衛星、飛行機、気球、ヘリコプターなどが利用されている。リモートセンシング技術は、地球規模での環境状況の把握を行ううえにおいても、経済的かつ時間的な面からの最も適した技術の一つであるといえる。

MODIS は、NASA (アメリカ航空宇宙局) により開発された中分解能撮像分光放射計[3]のことである。MODIS は、地球環境システムの計画の一環として開発され、Terra (EOS AM-1), Aqua (EOS PM-1) の、二つの人工衛星(地球観測衛星)に搭載されている。リモートセンシング画像の特徴は、観測波長域、空間分解能、時間分解能の3つの要素により大きく変わってくる。観測波長域は、センサで測定できる電磁波の波長域のことである。空間分解能は、リモートセンシング画像において識別可能な最小領域を地上における距離で表したものをいう。時間分解能は、同一地域の撮影頻度のことを表している。MODIS センサの観測波長域は $0.405 \sim 14.385 \mu\text{m}$ であり、観測波長域内に36のチャンネルを有している。空間分解能は3種類あり、CH1 および CH2 のときは250m、CH3~CH7 のときは500m であり、CH8~CH36 のときは1000m である。センサの観測幅は、約2330m となっており、観測対象は、主にエアロゾル、気温、雲、火災、地表温度、土地利用、自然災害、海洋の栄養素、海面温度、降雪、植生、水蒸気など多岐にわたる地球環境に関する情報を収集している。

[†] 秋田県立大学大学院システム科学技術研究科
Graduate School of Systems Science and Technology of
Akita Prefectural University

3. 衛星画像による黄砂の抽出

従来の衛星画像を用いた黄砂抽出法は黄砂と同時に陸域、海域を区別しにくいという問題点があった。画像上から黄砂を認識するためには、黄砂と他の領域を区別することが必要となり、黄砂以外の背景の鮮明さについても考慮しなければならない。そこで、黄砂と陸域、海域を区別するために、土壌を示す NDSI (正規化土壌指数)、植生を示す指数である NDVI (正規化植生指数)、水を示す NDWI (正規化水指数) の3つの指数を用いて RGB 合成を行う手法が提案されている。NDSI, NDVI, NDWI は、式(1)~式(3)で表される。ここで、CH1, CH2, CH6 は観測波長域の各チャンネルの反射率を示している。

$$NDSI_{MODIS} = \frac{CH6 - CH2}{CH6 + CH2} \quad (1)$$

$$NDVI_{MODIS} = \frac{CH2 - CH1}{CH2 + CH1} \quad (2)$$

$$NDWI_{MODIS} = \frac{CH1 - CH6}{CH1 + CH6} \quad (3)$$

NDSI, NDVI, NDWI を用いて RGB 合成を行う従来法で黄砂を抽出した結果を図1に示す。これにより、海域と陸域に対応する画像となり、海と陸の視覚的に区別を行うことが可能になるが、黄砂と砂漠域が同じ特性を示すため、砂漠域上の黄砂を認識することが困難であることがわかった。また、日本海においても黄砂と薄い雲との視覚的な区別を行うことが困難であることも確認できた。また、従来から提案されている黄砂抽出法として AVI がある。AVI は輝度温度値の差を利用して黄砂を抽出する方法のことである。AVI は式(4)で表される。

$$AVI = BT_{32} - BT_{31} \quad (4)$$

ここで、 BT_{31} および BT_{32} は各チャンネルの輝度温度値を示している。AVI は黄砂を抽出するうえでは有効な手段であると考えられるが、陸域と海域が曖昧になってしまい、陸域と海域との区別が困難になるという問題点がある。そこで、AVI に NDVI, NDWI を用いて RGB 合成を行い、黄砂を抽出する提案手法による黄砂抽出を試みた。このとき、陸域と黄砂との間に視覚的变化をつけるために NDVI を用い、また水、雲と黄砂の間に視覚的变化をつけるために NDWI を用いた。これにより、従来手法の問題点である雲との誤抽出の改善、また陸域、海域の判断が困難であった画像を視覚的に確認しやすくなると考えられる。提案手法による黄砂の抽出結果を図2に示す。図1に示した従来手法と図2に示した提案手法についての比較を行うと、従来法では、薄い雲との判断が困難であったが、提案手法による黄砂抽出では薄い雲との判断が可能になった。図1に示した従来

法では、日本海における雲と黄砂との判断が困難であるが、図2に示した提案手法では改善していることがわかる。ただし、砂漠域で提案手法による黄砂抽出を試みた場合、黄砂と砂漠域が同じ特徴を示してしまい判断が困難となることを確認できた。

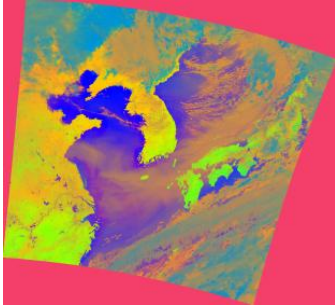


図1 従来法(R,G,B)=(ndsi,ndvi,ndwi)

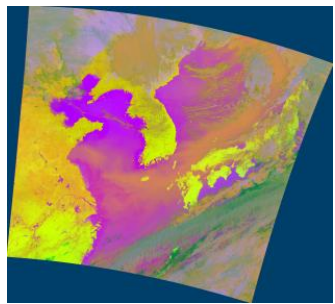


図2 提案手法(R,G,B)=(avi,ndvi,ndwi)

4. 3次元ヒストグラムによる黄砂の抽出

3次元ヒストグラム[4]は、頻度数を示した1次元ヒストグラムを3次元に拡張させたものである。3次元ヒストグラムの3軸の値は、異なる3枚の画像の画素値からなり、頻度数の集合体をクラスタとして表示する。これにより、衛星画像の特徴を目視で把握しやすくなり、カテゴリを分類しやすくなる。3次元ヒストグラムによるカテゴリ分類は、目的とするカテゴリの情報を3次元ヒストグラム上に収集する収集過程と、未知画像の画素値の組み合わせが収集した3次元ヒストグラム上の情報にあるか調べ、目的の情報を抽出する抽出過程の2つの過程からなる。3次元ヒストグラムによる黄砂抽出の過程を図3に示す。黄砂の収集過程においては、画像全体を走査し、黄砂の有無を目視によって選定し、そこに含まれる地点の3枚の画像の情報を全て3次元ヒストグラム上に収集していく。抽出過程においては、3次元ヒストグラムに収集した情報を用いて、未知画像から黄砂を抽出する。本研究は、提案手法であるAVI、NDSI、NDWIの3種類の画像を用いて3次元ヒストグラムを作成した。提案手法により作成した3次元ヒストグラムを図4に示す。図4の左側は黄砂領域のヒストグラムを示しており、右側は海域のヒストグラムを示している。3次元ヒストグラムを用いることで、目的対象と非目的対象とを区別することができるため、3次元ヒストグラムを黄砂抽出の手段として、有効であると考えられる。一方、黄砂領域だけでなく、海、陸、雲などを含む広い範囲の領域に対する3次元ヒストグラムを図5に示す。領域が広がってくると黄砂・雲・陸の影響も受けることにより、同じようなプロット領域をとるため、区別することが難しくなる。それをより分類させるための方法について今後検証する必要がある。

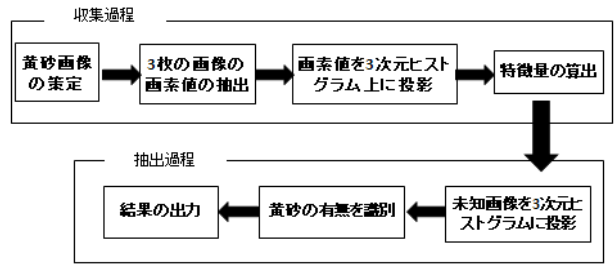


図3 3次元ヒストグラムによる黄砂抽出

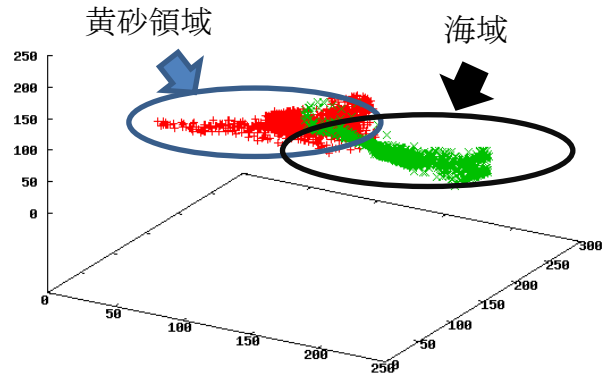


図4 黄砂領域と海域との比較

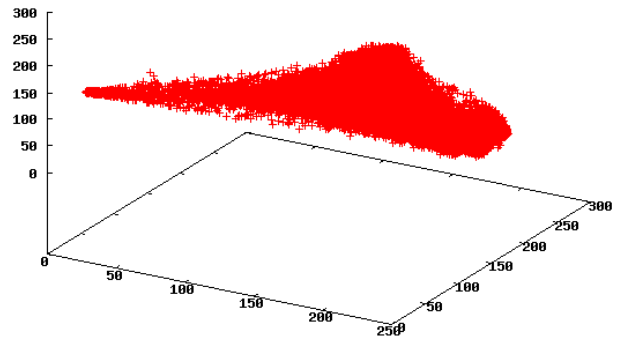


図5 提案手法による3次元ヒストグラム

5. まとめ

本研究では、従来手法での問題点であった黄砂と薄い雲とが曖昧になることで起こりうる誤抽出の問題を、AVIを用いて黄砂領域をより赤く表示させることで視覚的に区別しやすくすることで、提案手法についての有効性を示した。今後は定量的な評価を行い、黄砂をより明確に抽出する方法を提案したいと考えている。また、地上での黄砂の観測データと黄砂抽出法抽出した黄砂との照合作業を進めたいと考えている。

参考文献

- [1] 気象庁, "異常気象レポート2005", 2005
- [2] 財団法人リモート・センシング技術センター
http://www.restec.or.jp/?page_id=977
- [3] MODIS ページ
http://www.eorc.jaxa.jp/hatoyama/satellite/sendata/modis_j.html
- [4] 河野公一, 工藤純一, "3次元ヒストグラムを用いたNOAA画像海域のカテゴリの境界決定法", 東北アジア研究7, p111-124, 2003