

## 福井豪雨の解析および黄砂・越前クラゲ発生の解析

電気工学専攻 加藤芳信

### (1)「黄砂の発生状況の解析」

#### 1) 本研究の背景と意義

黄砂は、中国大陸内陸部の乾燥・半乾燥地域で風によって数千 m の上空にまで巻き上げられた土壌・鉱物粒子が偏西風に乗って運ばれながら沈降する現象であり、農業、交通システム、人間の健康に影響を与え、地球全体の気候にも影響を及ぼしている。黄砂は、中国、モンゴル、韓国、日本などの国境をまたぐ広域の環境問題であるため、人工衛星による広域の黄砂観測が期待されている。

衛星リモートセンシングによる黄砂検出法として、AVI (Aerosol Vapor Index) 法、YDI (Yellow Dust Index) 法、T12-T8.5 法が報告されているが、どれが優れているかは明らかでなかった。また、これまでに報告されている黄砂検出のための衛星画像は、広くても静止気象衛星画像 GMS-5 または MTSAT による東経約 100 ~ 180 度を対象としたもので、黄砂の発生源の 1 つであるタクラマカン砂漠 (東経約 75 ~ 90 度に位置する) を扱えなかった。本研究は、これらの問題を解決するための 1 つの試みである。

#### 2) 本研究の目的

本研究では、MODIS (モーディス: Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer: 中分解能撮像分光放射計) データを用いて、黄砂の発生源の 1 つであるタクラマカン砂漠から日本までの広範囲 (東経 70 ~ 150 度) にわたる黄砂の検出を可能にする衛星画像を作成して、黄砂の発生状況を解析する。

#### 3) 結果 (実験手法を含む) と考察

MODIS データを用いた場合の黄砂検出法 (AVI 法、YDI 法、T12-T8.5 法) を比較し、AVI 法が優れていることを示した。なお、AVI 法においては、 $AVI = T12 - T11$  と定義され、T12 と T11 はそれぞれ 12  $\mu\text{m}$  波長と 11  $\mu\text{m}$  波長での輝度温度である。AVI 法は熱赤外バンドデータを用いるので、昼と夜の両方のデータに対して適用できる。YDI 法は可視バンドデータを用いるので、昼のデータに対してのみ適用できる。T12 - T8.5 (12  $\mu\text{m}$  波長と 8.5  $\mu\text{m}$  波長の輝度温度差) 法は昼と夜の両方のデータに対して適用できる。

MODIS データを用いて T11 対 AVI 散布図を作成し解析した結果を、トルーカラー画像、AVI 画像および Gu による数値計算を使って解釈した。その結果、雲がない限られた範囲の陸上、海上では、AVI 値が大きいほど黄砂の光学的厚さが大きいこと、黄砂の上か中か下に雲がある場合には、雲がない場合に比べ AVI 値が減少すること、黄砂が海陸で連続している場合、海陸の境界の近くの海上の AVI 値は陸上の AVI 値より約 0.2 ~ 2.3K 低いこと、などを明らかにした。

タクラマカン砂漠から日本までの広範囲 (東経 70 ~ 150 度) の衛星画像を得るために、Terra 衛星搭載の MODIS センサ・データの複数のパスをつなぎ合わせる「モザイク画像」

を作成し、また、黄砂の空間的分布と移動を定量的に議論するために、AVI 値に基づいて黄砂レベルを 0 (黄砂なし) から 5 (黄砂非常に強い) までの 6 レベルに分類する。この研究手法を 2006 年 4 月 6 ~ 18 日の黄砂現象に適用した。なお、モザイク画像は 3 種類 (トルーカラー・モザイク画像, AVI モザイク画像, T11 温度モザイク画像) 作成した。

各日の衛星画像において、黄砂レベル 0 ~ 5 のレベルごとの概算面積 [km<sup>2</sup>] を算出した。

昼間においては、AVI 画像をトルーカラー画像および温度画像と比較することにより、雲の下に隠れた黄砂の発生場所 (即ち、巻き上げ場所) が推定可能であることを例示した。

黄砂の高度は、T11 温度画像を用いることにより、トルーカラー画像で黄砂と殆ど同じ高さで判断される雲の高度として、計算可能であることを例示した。

処理画像から読み取った黄砂状況と実際に起きた出来事を対比し、両者に矛盾がないことを示し、本研究で取った AVI 6 レベル表示法の有効性を確認した (加藤、福井工業大学博士論文、2010 ; Kato, Proc.SPIE, 2008)。

#### 4) 国内外の研究のなかで占める本研究の位置づけ

AVI 法の黄砂検出原理に関して検討した。

タクラマカン砂漠から日本までの広範囲 (東経 70 ~ 150 度) の黄砂を扱えるようにした。

#### 5) 新規性、独創的な点

AVI 法の黄砂検出原理に関して、T11 対 AVI 散布図を作成して検討したこと。

モザイク画像を作成して、広範囲の黄砂検出を可能にしたこと。

AVI 値に基づいて黄砂レベルを 6 レベルに分類し、黄砂の空間的分布と移動を定量的に議論できるようにしたこと。

#### 6) 研究の発展性・今後の展開

T11 対 AVI 散布図を用いると、雲の影響のない黄砂、雲が上か下にある黄砂、黄砂混じりの雲、黄砂のない雲等を識別できることが示唆されたので、このことを多くの画像例について確認していく。

春以外の黄砂の検出において、AVI 6 レベル・モザイク画像の有効性を確認していく。

黄砂の検出だけでなく、スモッグなどの検出法に拡張していく。

## (2) 「福井豪雨の被害状況の解析」

### 1) 本研究の背景と意義

近年、地球温暖化の影響と思われる豪雨災害が多発している。福井豪雨は、2004 年 7 月 18 日に発生した局所的・集中豪雨であり、福井市中心部における足羽川の堤防破堤による浸水、美山町における家屋の土石流被害、田畑の洪水被害、山間部の崖崩れなど、特に足羽川流域に多大な被害をもたらした。衛星リモートセンシングによる福井豪雨の災害解析は、他機関では行われていないので、本研究の遂行は意義がある。

### 2) 本研究の目的

衛星リモートセンシングの立場からの福井豪雨の発生原因の解明

衛星リモートセンシングによる豪雨災害の検出法として何が良いかの究明

衛星リモートセンシングで豪雨災害に対してどのようなことが分かるのかの究明

衛星リモートセンシングによる福井豪雨の被害解析

### 3) 結果(実験手法を含む)と考察

静止気象衛星 GOES-9 画像および気象レーダー画像により、福井豪雨の発生原因は、以下の現象が複合したことによることを明らかにした。梅雨前線が福井県地方に停滞した。高湿度の暖かい気流が、太平洋高気圧の縁をまわりこむように東シナ海から日本海を通り、梅雨前線南側に供給された。中国大陸から続く雲が福井県地方に収束して流れ込み、その際、日本海で水分が供給された。福井県近傍の日本海より次々と積乱雲が発生・発達して同じ場所に流入した。

MODIS の熱赤外バンド(T11)データを使って T11 温度画像および 3 次元雲画像を作成して、福井豪雨をもたらした積乱雲は、福井県近傍の沖合から発生し、雲頂高度 14.8km、大域的に見た長さ約 250km であることを示した。

植物が存在する平地及び山間部の豪雨被害の検出には、フォールスカラー画像(R, G, B にそれぞれ近赤外, 赤, 緑のバンドを割り当てる方法)および NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, 正規化植生指数)画像が有用であることを示した。使用データは、ASTER (解像度 15m) 及び IKONOS (解像度 1m) である。

ASTER データを使って、豪雨前と豪雨後の NDVI の差画像を作成し、豪雨時の風の方向が推定できることを示した。

IKONOS のフォールスカラー画像と NDVI 画像は、山エリアの土石流の痕跡検出に有用であることを示した。

IKONOS のトルカラー画像により、洪水が流れた方向を推定できることを示した。

福井県美山町小宇坂島地区の水田をスタディ・エリアとして、ASTER の NDVI 画像により、水田の洪水被害面積を被害大、被害中、被害小、被害無に分けて算出した(Kato, Proc. SPIE, 2006)。

### 4) 国内外の研究のなかで占める本研究の位置づけ

最近の学会誌における衛星リモートセンシングによる豪雨災害解析に関する研究論文としては 2003 年北海道日高地方豪雨のものがあるだけである。衛星リモートセンシングによる福井豪雨の災害解析は、他機関では行われておらず、本研究のみである。

### 5) 新規性, 独創的な点

MODIS の T11 データを使って 3 次元雲画像を作成し、積乱雲の特徴を説明したこと。

衛星リモートセンシングで豪雨災害に対してどのようなことが分かるのかを種々例示したこと。特に、豪雨時の風の方向が推定できることを示したこと。

### 6) 研究の発展性・今後の展開

フォールスカラー画像および NDVI 画像は、豪雨災害だけでなく、地震災害の検出と評価にも有効である。地震災害についても研究を進めたい。

### **(3)「エチゼンクラゲの発生と漂流の解析」**

#### **1) 本研究の背景と意義**

近年、日本近海に大量出現し、漁業に多大な被害を与えている大型クラゲ（エチゼンクラゲ）について、あわらキャンパスのテラ・アクア衛星受信システムで受信した MODIS データを用いて研究している。なお、年度ごとのエチゼンクラゲの出現の様子は、2002 年大量出現、2003 年大量出現、2004 年少量出現、2005 年大量出現、2006 年中量出現、2007 年大量出現、2008 年殆ど出現なし、2009 年大量出現である。

#### **2) 本研究の目的**

リモートセンシングによるエチゼンクラゲの漂流の現状把握と予測。

エチゼンクラゲ発生が多い年になるか少ない年になるかの予測方法の確立。

#### **3) 結果（実験手法を含む）と考察**

MODIS の温度画像を、漁業情報サービスセンターの Web ページの大型クラゲ出現情報 map と対応させて、エチゼンクラゲの漂流位置について検討した。2003 年度、2005 年度は MODIS 温度画像とエチゼンクラゲの漂流位置がある程度対応した。

エチゼンクラゲの発生源である東シナ海、黄海・渤海付近について、2002～2006 年度の MODIS データを画像処理（トルーカラー表示、海面温度表示、NDVI 表示）し、検討した。2002 年 3 月 9 日と 2004 年 3 月 9 日の MODIS 画像を比較し、2004 年のトルーカラー画像では長江河口からの濁水の張り出しが大きいので、ポリプが泥に弱いためクラゲの発生が少なくなると推測され、2004 年の NDVI 画像では朝鮮半島の西岸の NDVI 値が低い（植物性プランクトンが少ない）ので、動物性プランクトンおよびエチゼンクラゲの発生が少なくなると推測される。これらの推測は、エチゼンクラゲの発生が 2004 年度が少なかったことと合致する。

#### **4) 国内外の研究のなかで占める本研究の位置づけ**

衛星画像により、エチゼンクラゲの漂流位置を推定することは、未だ、学会誌等には載っていない。

#### **5) 新規性、独創的な点**

MODIS 画像を用いて、エチゼンクラゲの漂流位置を推定しようとする点。

#### **6) 研究の発展性・今後の展開**

最近、エチゼンクラゲが耐寒性を持ち、かつ、発生源が広がっているようで、温度画像だけでは漂流位置の推定が難しい。別の画像処理法を考案したい。