

# PIVによる衛星画像を用いた黄砂の移流解析

## Asian dust advection analysis using temporal satellite data by means of PIV

○学 宮内 章行 (鹿児島大院) 正 飯野 直子 (鹿児島大) 正 福原 稔 (鹿児島大)  
正 矢野 利明 (鹿児島大) 正 木下 紀正 (鹿児島大)

Akiyuki MIYAUCHI, Naoko IINO, Minoru FUKUHARA, Toshiaki YANO, Kisei KINOSHITA

Kagoshima University, 1-21-40, Korimoto, Kagoshima, Japan

**Key Words** : Remote sensing, Satellite measurements, Asian dust, GMS-5/VISSR, Aerosol Vapor Index, PIV

### 1. はじめに

近年, 地球的規模で起こる環境汚染に対処するため, 人工衛星や航空機による環境観測「リモートセンシング」に対する期待が高まっている. リモートセンシングとは, 離れた場所から直接触れずに対象物を計測し, またはその性質を分析する技術である. その応用分野は, 地質, 海洋資源, 農業, 林業資源管理, 気象, 工業計測, 地球規模の環境変動の監視まで多岐にわたる. このような地球観測のために打ち上げられた衛星は多々あるが, 2003年5月まで運用されていた静止気象衛星 GMS-5 (通称: ひまわり5号) も, そのひとつである.

本研究では静止気象衛星 GMS-5 に搭載されたセンサである VISSR によって計測されたデータを用いる. GMS-5/VISSR は1時間に1枚の撮影を行っており, 時間分解能に優れていることから, 時間間隔の等しい連続画像を必要とする PIV 計測に適している. GMS-5/VISSR のバンド概要について, Table1 に示す.

Table1 Wavelength bands of GMS-5/VISSR

| Band             | Band pass [ $\mu\text{m}$ ] | Resolution [km] |
|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Visible (VIS)    | 0.55~0.90                   | 1.25            |
| Water vapor (WV) | 6.5~7.0                     | 5               |
| Infrared1 (IR1)  | 10.5~11.5                   | 5               |
| Infrared2 (IR2)  | 11.5~12.5                   | 5               |

### 2. 目的

地球環境について考えるとき, 大気汚染問題はその中のひとつの重要な問題である. 大気汚染の原因となっているものにエアロゾルが挙げられる. エアロゾルとは, 大気中に浮遊している固体または液体の粒子のことであり, その中には自動車の排気ガスや産業活動による粉塵などの人為的なものと, 黄砂や火山灰などの自然発生的なものに大別される. 本研究では, 越境汚染物質である黄砂 (土壌性エアロゾル) について, PIV による移流解析を行い, 移流の実態をより定量的に把握することを目的とする.

### 3. 黄砂について

Fig.1 に示すように, 黄砂は中国大陸内陸部にある砂漠 (ゴビ砂漠やオルドスなど) が主な発生源である. 日本においては, 黄砂の観測日数は年々増加している. 黄砂が屋内の空気の状態を変えてしまうこともあるため, とくに環境管理の厳しい精密機械や半導体工場の生産ラインなどに経済的な被害を与えている.

### 4. 解析方法

Table 2 に解析対象とした GMS-5/VISSR のデータを示す. 本解析においては, AD-net<sup>(1)</sup>の観測記録がある時間帯のデータを選んで行った. AD-net の観測記録とは, アジア地域間における黄砂研究者が, 黄砂の移流高度などの実観測情報を共有している記録のことである. これにより, 黄砂の正確な移流の高度や時間帯を知ることができる.

解析方法として, まず PIV にて計測する GMS-5/VISSR の AVI 画像をネクストコム社の ENVI3.6 にて作成した. なお, AVI 画像は時間間隔を1時間として22枚を求めた. 次に PIV 計測ソフトであるライブラリー社の Flow-vec32 を用いて, 移流する黄砂の平均速度ベクトルを算出した. 計測条件などのパラメータについては, 以前に行った解析<sup>(2)</sup>と同様の方法で設定した. さらに高層気象観測データをもとに, PIV で計測した移流速度の検証を行った.

Fig.1 に GMS-5/VISSR の解析範囲を示す. また, 本論文に記載してある時刻は全て日本時間(JST)である.

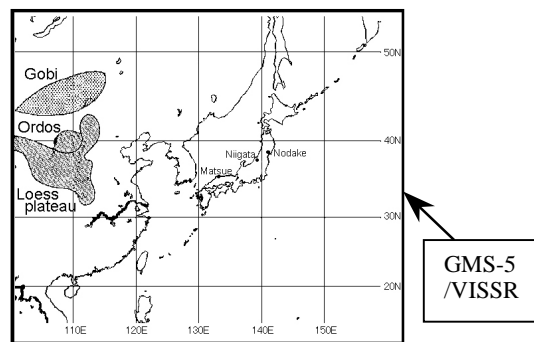


Fig.1 The occurrence source of Asian dust and analysis areas

Table2 GMS-5/VISSR data list

| Date      | Time                         | Image area         |                     |
|-----------|------------------------------|--------------------|---------------------|
|           |                              | Lat.( $^{\circ}$ ) | Long.( $^{\circ}$ ) |
| 2001.4.10 | 1:00~22:00<br>Every one hour | 8-60N              | 100-175E            |

### 5. 解析結果

#### 5.1 AVI 画像について

衛星画像から黄砂を検出する場合, 熱赤外域での単バンド画像だけでは, バックグラウンドなどの影響により検出が難しい. そこで波長域の異なる2つのバンドを用いたバンド間

演算によって AVI 画像を求める．この画像では，黄砂域が白色で強調される．なお，AVI (Aerosol Vapor Index)を(1)式のように定義した．

$$AVI=IR2-IR1 \quad (1)$$

### 5.2 高層気象観測データについて

気象庁が国内 18 箇所で行っているラジオゾンデによる実観測データである．これにより，高度別の風速や風向などを知ることができる．

### 5.3 移流のまとめ

AD-net によると，4 月 10 日 8:00 につくば上空の高度 2km と 4~5km にダスト層が見えるという観測記録がある．Fig.2 は 9:00 の GMS-5/VISSR による AVI 画像であるが，図中の(a)部（北緯 45 度，東経 125 度）と(b)部（北緯 50 度，東経 150 度）に，観測記録の対象と思われる黄砂を確認することができる．Fig.3 と Fig.4 は PIV で計測した 4 月 10 日 9:00 と 10:00 の 2 時刻間の平均速度ベクトルを示した．なお，AD-net の観測記録と同じ時間帯である．これより，関東地方上空のベクトル平均速度は 42km/h であった．また Table3 は，つくばに近い千葉県の館野における 4 月 10 日 9:00 の高層気象観測データである．黄砂が観測された高度域のデータを参照すると，館野では高度 1920~6103m の上空において風速 32~57km/h，風向 36~94° の風が吹いていることが分かる．これらのデータを相互に検証すると，PIV で計測した黄砂の移流速度は，高層気象観測データの風速とほぼ一致している．また風向についても概ね同じ傾向にある．

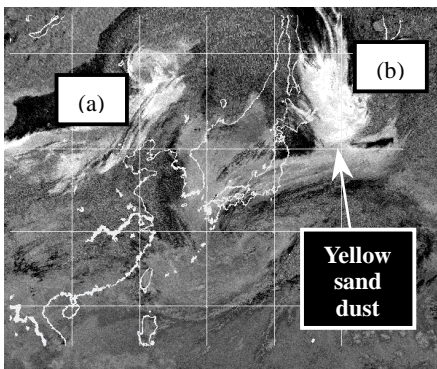


Fig.2 GMS-5/VISSR AVI image at 9:00 on 10 April 2001

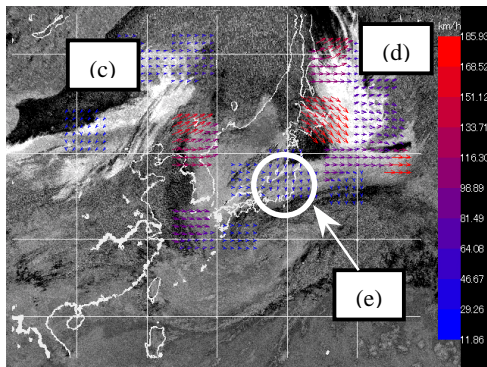


Fig.3 GMS-5/VISSR PIV image (The average vector during two times at 9:00 and 10:00 on 10 April 2001)

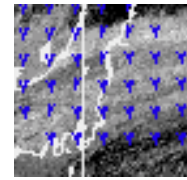


Fig.4 Expansion image of part (e)

Table3 Multistory meteorological observation data

| Observation area and date          | Altitude [m] | Wind velocity [km/h] | Direction [°] |
|------------------------------------|--------------|----------------------|---------------|
| Tateno<br>9:00 on 10<br>April 2001 | 1920         | 39                   | 74            |
|                                    | 2271         | 32                   | 81            |
|                                    | 3321         | 46                   | 94            |
|                                    | 3681         | 46                   | 89            |
|                                    | 4050         | 46                   | 83            |
|                                    | 4420         | 46                   | 57            |
|                                    | 4790         | 57                   | 36            |
|                                    | 4979         | 54                   | 38            |
|                                    | 5354         | 43                   | 46            |
|                                    | 5724         | 43                   | 53            |
| 6103                               | 39           | 52                   |               |

### 5.4 天気図と比較した検証

Fig.5 は，4 月 10 日 9:00 における天気図である．図中の 2 箇所，北緯 45 度・東経 125 度と北緯 50 度・東経 150 度の付近に低気圧を確認できる．これを Fig.2 の(a)部と(b)部の黄砂と比較すると，低気圧の寒冷前線の後ろに沿うような形で移流することが確認できる．また，Fig.3 の(c)部と(d)部の速度ベクトルは，黄砂が低気圧近傍における風の影響を受けている様子を示していることが分かる．

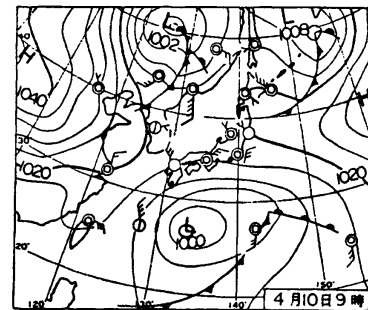


Fig.5 The weather chart at 9:00 on 10 April 2001

### 6. おわりに

PIV による GMS-5/VISSR の AVI 画像を用いた黄砂の移流解析を行い，時系列に計測した AVI 画像から，黄砂の移流速度を求める手法を提案した．これは高層気象観測データなどの相互検証から，信頼性があると考えられる．またこれにより，実観測などに頼っていた黄砂の移流高度を把握したい場合，PIV 計測による速度情報と高層気象観測データとを組み合わせることによって推測することが可能となる．なお，他の複数の黄砂イベントについても同様の解析を行い，PIV 計測によって移流の定量的な評価を求めることができた．

謝辞

本研究に対する鹿児島大学のご支援に深く感謝致します．天気図をご提供頂いた気象庁に厚く御礼申し上げます．

参考文献

- (1) Asian Dust Network, <http://info.nies.go.jp:8094/AD-Net/>
- (2) 宮内章行・飯野直子・福原稔ほか，PIV 計測法による衛星画像を用いた黄砂移流解析の試み，日本気象学会 2004 年度秋季大会講演予稿集，(2004)，p.183