

粒子画像流速計測法による黄砂の輸送解析

宮内 章行¹ 飯野 直子¹ 福原 稔¹ 矢野 利明² 木下 紀正³

(所属: 1 鹿児島大学工学部, 2 鹿児島大学, 3 鹿児島大学教育学部)

1. はじめに

春の風物詩である黄砂は、従来単なる自然現象として扱われてきた。しかし近年、黄砂が及ぼす人的・社会的被害は深刻化している。そこで本研究では、黄砂を大気汚染物質（土壌性エアロゾル）の一つとして注目し、黄砂の輸送解析について取り組んできた。

2. 研究目的

粒子画像流速計測法(PIV: Particle Imaging Velocimetry)とは、流れの中にあるトレーサ粒子に着目し、トレーサ粒子の軌跡からその流体の速度を計測する方法である。本手法を黄砂の輸送解析に適用することで、黄砂の移流の様子を速度ベクトルによって把握できるため、より定量的に解析することが可能となる。そこで本研究では、GMS-5/VISSR の熱赤外差画像（AVI 画像）を用いた粒子画像流速計測法による黄砂の輸送解析を行い、黄砂研究における新たな解析手法を提案することを目的とする。

3. 粒子画像流速計測法

時刻が適当に異なる 2 枚の画像（時間間隔 Δt ）において、2 枚の画像の粒子位置から粒子の移動距離 ΔS が求めれば、粒子速度 $V = \Delta S / \Delta t$ が算出できる。これが粒子画像流速計測法であり、流体の流れを視ることが可能となる。また、この計測法は画像面内の多点同時計測が可能で、流れ場の空間構造が把握できるなどの特徴を持っている⁽¹⁾⁽²⁾。

4. 解析方法

表 1 に解析した GMS-5/VISSR のデータを示す。本研究では黄砂の移流高度とその時間帯を正確に把握するため、AD-net⁽³⁾の黄砂観測記録を用いて、黄砂の移流高度と時間帯の情報を確認できるデータを選択した。

表 1 GMS-5/VISSR データリスト

日付	時間	解析範囲	
		北緯(°)	東経(°)
2001 年 4 月 14 日	0:00~22:00 1 時間毎	8-60N	100-175E

解析方法として、まず PIV ソフトで計測する GMS-5/VISSR の AVI 画像を RSI 社の ENVI3.6 にて作成した。なお、AVI 定義式は $IR2-IR1+100$ とし、画像は時間間隔を 1 時間として 22 枚を求めた。次にライブラリー社の Flow-vec32 (PIV 計測ソフト) 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、2001 年 3 月 5 日の黄砂の移流解析⁽⁴⁾と同様の方法で設定した。さらに高層気象データ⁽⁵⁾をもとに、PIV で計測した移流速度の検証を行った。高層気象データとは、ワイオミング大学が Web サイトで公開している世界各地における高度別の風速や風向の情報である。これによって、高度と風速の関係を正確に把握することができる。

図 1 に GMS-5/VISSR の解析範囲を示す。また、本論文に記載する時刻は全て日本時間(JST)である。

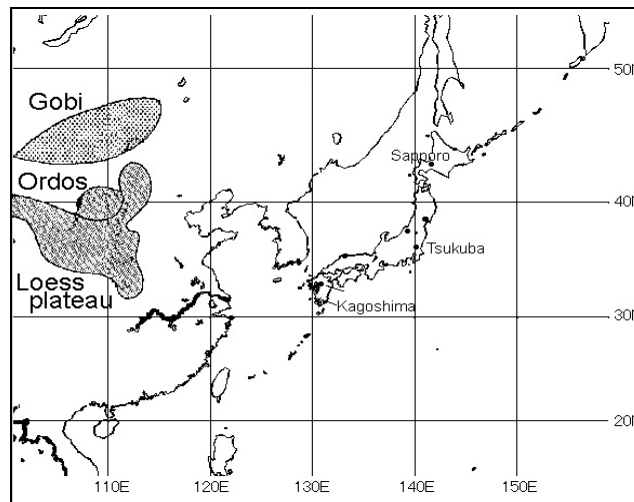


図 1 本研究で用いた GMS-5/VISSR のデータ範囲 (北緯 8-60 度, 東経 100-175 度)

5. 解析結果

AD-net によると、4 月 14 日夜間に中国安徽省の合肥において、上空高度 3~7km にダスト層を確認したという観測記録がある。図 2 は 4 月 14 日 18:00 の GMS-5/VISSR による AVI 画像であるが、観測記録の対象と思われる黄砂を確認できる。

図 3 は、PIV で計測した 4 月 14 日の夜間 18:00~22:00 における 4 時間の平均速度ベクトルを示した画像である。図中の(a)部は安徽省付近であり、別に拡大表示してある。これによると、AD-net の観測記録と同じ時間帯である夜間(18:00~22:00)のベクトル平均速度は、安徽省上空で 71~123km/h であった。また、表 2 は安徽省における 21:00 の高層気象データである。黄砂が観測された高度域のデータを参照すると、安徽省では高度 3129~7410m の上空において風速 61~148km/h、風向 285~320° の風が吹いていることが分かる。これらのデータと計測結果を相互に検証すると、PIV で計測した黄砂の移流速度は、高層気象データの風速の範囲内にある。また風向についても概ね一致している。

図 4 と図 5 は、4 月 14 日 0:00~23:00 における 23 時間の平均速度ベクトルを示している。このような長時間の移流過程を解析することで、黄砂がどのルートに移流したかを視覚的に把握できると考えた。図 6~図 8 は 4 月 13 日、14 日、15 日の 9:00 の天気図⁽⁶⁾である。これらの天気図と図 4 および図 5 を比較すると、大陸から日本の南へ延びている移動性高気圧の影響によって、黄砂が図 5(b)部に示した矢印のように移流しており、その様子がベクトルにも表れていることが分かる。

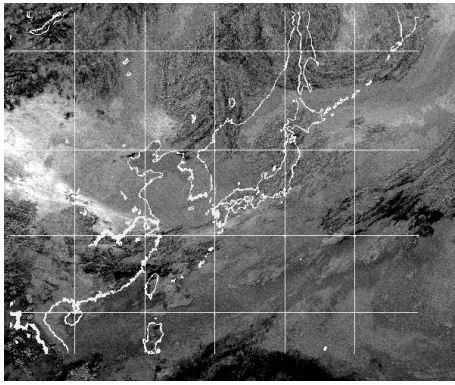


図2 4月14日18:00における
GMS-5/VISSRのAVI画像

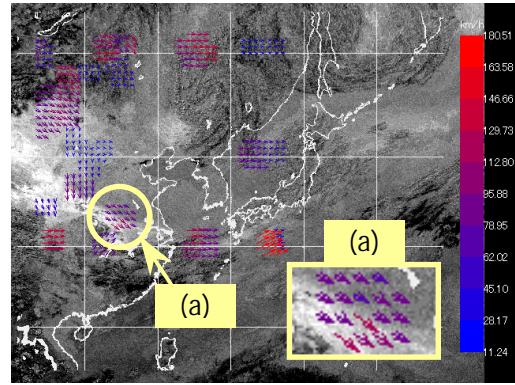


図3 4月14日18:00~22:00の
平均速度ベクトル

表2 高層気象データ

観測地・日時	高度 [m]	風速 [km/h]	風向 [°]
安徽 2001年4月14日 21:00	1547	11	325
	3129	61	320
	5760	76	285
	7410	148	285
	9440	179	275

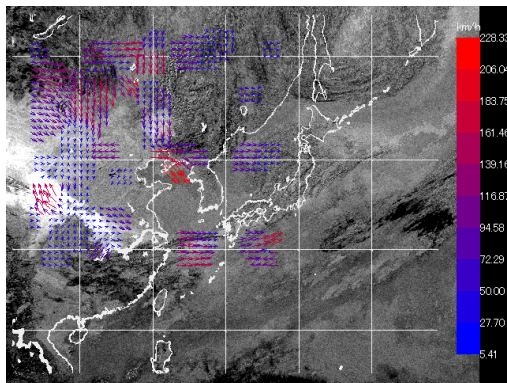


図4 4月14日0:00~23:00の
平均速度ベクトル

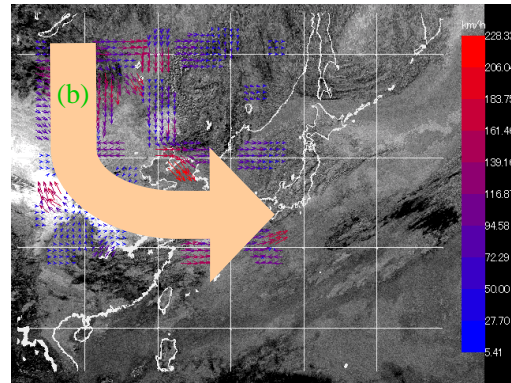


図5 4月14日0:00~23:00の
平均速度ベクトル
(移流の様子を矢印で表現)

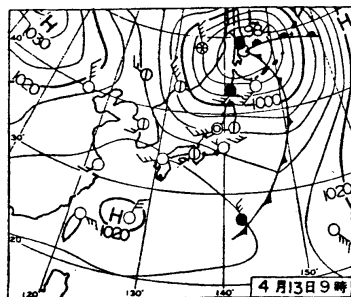


図6 4月13日9:00
天気図

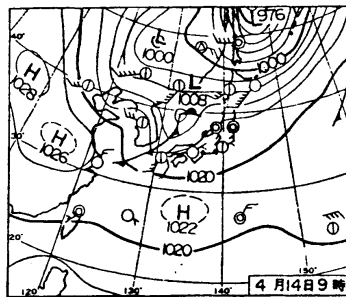


図7 4月14日9:00
天気図

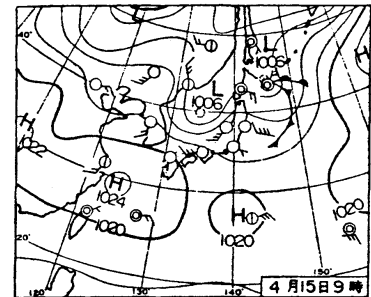


図8 4月15日9:00
天気図

6. おわりに

PIV による GMS-5/VISSR の AVI 画像を用いた黄砂の輸送解析を行い、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。これは高層気象データなどとの相互検証によって正当性を確認している。また本手法を用いた応用例として、従来の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データの高度と風速の情報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行うことができた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

これらの研究成果は、Web サイト(<http://ese.mech.kagoshima-u.ac.jp/dustPIV/>)にて公開していく。

参考文献

- (1) M.ラッフェル, C.E.ヴィラートら; PIV の基礎と応用, シュプリンガー・フェアラク東京, (2000), 3-47
- (2) 可視化情報学会; 流れのコンピュータグラフィックス, 朝岡書店, (1996), 5
- (3) Asian Dust Network; <http://info.nies.go.jp:8094/AD-Net/>
- (4) 宮内章行・飯野直子・福原稔・矢野利明・木下紀正; 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), 183
- (5) ワイオミング大学; <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- (6) 日本気象学会; 天気図日記, 気象 Vol.45, No.5, (2001), 24-25
- (7) 宮内章行・飯野直子・福原稔・矢野利明・木下紀正; PIV による衛星画像を用いた黄砂の移流解析, 日本機械学会九州支部講演会論文集, (2005), 印刷中
- (8) 宮内章行; 衛星リモートセンシングデータを用いた大気汚染物質の挙動解析, 平成 16 年度鹿児島大学大学院理工学研究科修士論文, (2005)

謝 辞

天気図をご提供頂いた気象庁に厚く御礼申し上げます。本研究に対する平成 16 年度の鹿児島大学プロジェクト「衛星画像を用いた黄砂輸送速度の P I V 計測」(代表者 飯野直子)のご支援に感謝いたします。