

JMANHM を用いた移流拡散シミュレーション

— 黄砂と火山灰への適用例 —

清野直子¹・山本哲^{1#}・新堀敏基²・相川百合³・千葉長¹

1. はじめに

移流拡散モデルは、様々な物質の輸送を調べるための幅広い用途を持つ応用ツールといえる。ここでは、気象庁非静力学モデル (JMANHM) を用いたメソスケール大気移流拡散モデルの適用例として、黄砂輸送シミュレーションと降灰シミュレーションを紹介し、現在の到達点を報告する。

2. 移流拡散スキーム

本モデルでは、トレーサー粒子を追跡するラグランジュ型の輸送スキームを用いている。スカラーに対する拡散係数が与えられるとき、位置 (x, y, z) にあったトレーサー粒子の時間刻み Δt での移動はランダムウォーク法により、

$$z(t + \Delta t) = z(t) + \overline{w(t)} \Delta t + \sqrt{2K_v \Delta t} \Gamma + v_t \Delta t$$

等として求めることができる。ここで、右辺第2項の Γ は平均が0で ± 1 をとる乱数で、第3項は固体粒子等で考慮すべき重力落下を表す。対象に応じた発生源を与え、地表面付近の乾性沈着、雲や降水による湿性沈着の除去過程を含めてオフラインの移流拡散計算を行った。

3. タリム盆地における黄砂輸送シミュレーション

気象研究所では、東アジアの代表的な黄砂発生源の一つであるタクラマカン砂漠のダスト (黄砂粒子) 輸送特性、特に対流圏中層へのダスト輸送効率を調べる目的で上述のモデルを用いたシミュレーションを行った。

タクラマカン砂漠は、中国の北西部・タリム盆地に位置し、周囲の多くは山で囲まれている。ゴビ砂漠など他の東アジアのダスト発生源では、低気圧や寒冷前線に伴う強風がダスト舞上がりのもっとも大きな要因である (Takemi and Seino, 2005)。これに対し、タリム盆地での強風は地上低気圧の周辺で引き起こされるのではなく、総観規模低気圧がタリム盆地の東へ抜け上層のトラフが天山山脈付近にさしかかる頃に発達していることがわかる。

2002年4月13、14日にタリム盆地ではダストストームが観測され、16日にかけて広くダストに覆われた。シミュレーションから、この期間の地上風の推移として、(I) はじめ全域で卓越しその後南西部に局在する西風、(II) 盆地北部から天山山脈を越えて流入する北～北東の風、(III) 盆地東部から広がる東風、が特徴的で、それぞれが強風をもたらすことがわかる (Seino et al., 2005)。JMANHM は、盆地内の地上気象変化を概ね表現していた。2000年～2002年の4月に観測されたほかのダスト

事例についても同様の風系が確認でき、これらがタリム盆地春季における大規模なダスト発生時の基本的な気象条件となっていると考えられる。

ダスト輸送シミュレーションにおいては、地表面からのダストフラックスを、摩擦速度や土壌タイプに応じた舞上がり粒径分布を考慮する Shao(2004) のスキームにより求めている。3タイプの強風によって、大気中に舞いあげられたダストが次第に広がる様子が再現されている (図1、2)。13日にはまず南西部においてタイプIの強風により大規模なダストの舞上がりが生じ、タイプII風系との収束域において効率的に上層に輸送されていた。タイプIIの強風は、天山山脈の南斜面を中心にダスト発生を引き起こしている。13日には、これが盆地内へ広がっていったが、14日には、山地風下の鉛直循環の影響を受け上方へ輸送される様子が見られた。これら二つの機構はタリム盆地からのダストの鉛直輸送については長距離移動に大きな役割を果たすと推測される。いっぽう、15日にはタイプIIIの東風によって、再び大規模なダスト発生が見られたが、上層への輸送は不活発だった。このように、総観場の影響下で、地形に結びついた複数の異なる風系が発達し、ときに共存することで、盆地内の広い範囲でダスト発生が可能になり、他地域に比べ長期間のダスト浮遊につながっているといえる。今後、各タイプの風系によるダスト発生および輸送量についてさらに量的な評価を行いたい。

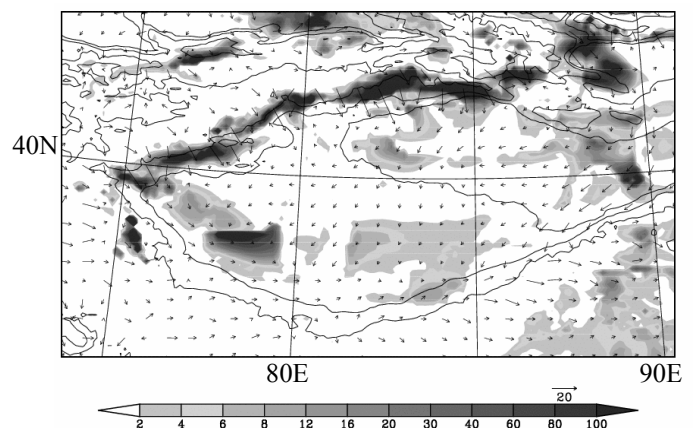


図1 モデルにより見積もられたタリム盆地の2002年4月13日の日積算のダスト発生量 (シェード) と14日00UTCの地上風。

¹ 気象研究所 (# 現所属 国立環境研究所)

² 気象庁火山課

³ 気象庁数値予報課

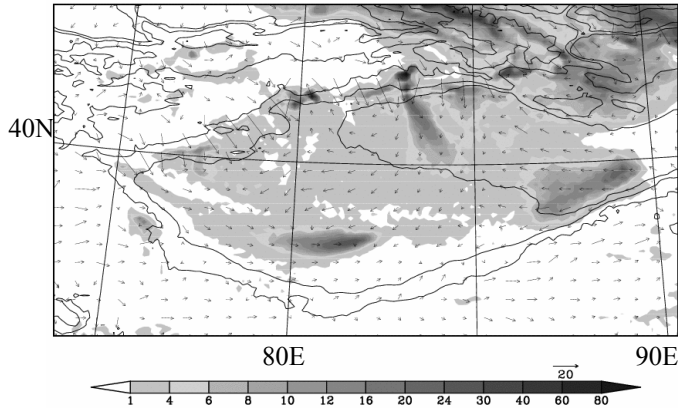


図2 2002年4月13日12-18UTCの平均地上ダスト分布(シェード、地上100mの1格子あたりトレーサ粒子密度)と13日186UTCの地上風。

4. 浅間山噴火における降灰シミュレーション

気象庁火山課では数値予報課と共同で、火山噴火時に大気中に放出された火山灰が、その時の気象場の下でどのように降下・堆積するかを追跡し、降灰域と降灰量を予測する降灰予測システムを現在、開発している。噴火時にリアルタイムで降灰予測を行い、被災する範囲を絞り込むことができれば、迅速・的確な防災対応に資することができる。このシステムでは、移流拡散モデルに初期条件として拡散源となる噴煙柱、火山灰特有の落下過程および堆積

後の降灰量の算出を組み込み、JMANHMで求められた気象場を用いて降灰シミュレーションを行う。

2004年9月1日11:02UTCに起きた浅間山噴火における降灰シミュレーションの約6時間後(17:00UTC)の予測を図3に示す。シミュレーションでは、噴火の規模は気象レーダデータなどによる観測から、噴煙柱の高さ4500m、継続時間7分とし、火山灰の粒径は平均0.25mmの対数正規分布に従うと仮定した。また、気象場は同日06UTC初期値のJMANHM予報値を用いた。観測された降灰分布と比較すると、分布主軸が北東方向にあり分布幅が比較的狭い降灰域の特徴は概ね再現できている。降灰量については、観測値(図略)と比べてやや少なく今後、検証事例を積み重ねてキャリブレーションを行う必要がある。

参考文献

- Seino N., H. Sasaki, A. Yamamoto, M. Mikami, H. Zhou, and F. Zeng, 2005: Numerical Simulation of mesoscale circulations in the Tarim Basin associated with dust events. *J. Meteor. Soc. Japan*, 83A, 205-218.
- Shao Y. 2004: Simplification of a dust emission scheme and comparison with data, *J. Geophys. Res.*, 109, D10202, doi:10.1029/2003JD004372.
- Takemi, T. and N. Seino, 2005: Duststorms and cyclone tracks over the arid regions in East Asia in spring. *J. Geophys. Res.*, 110, D18S11, doi:10.1029/2004JD004698.

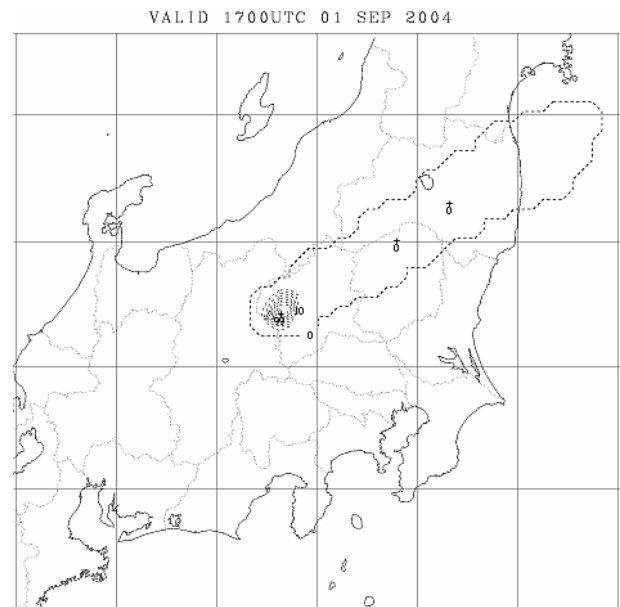
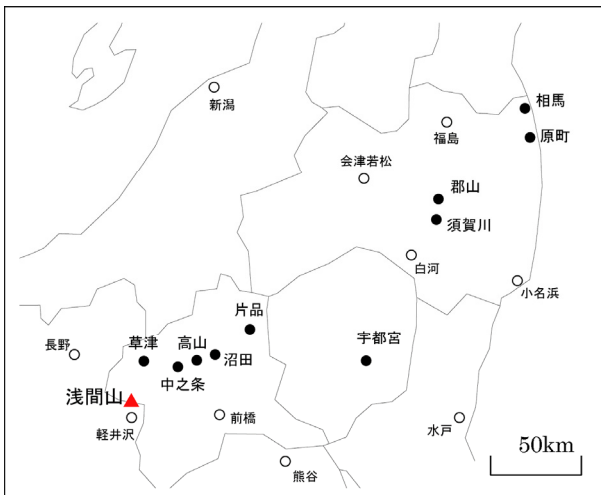


図3: 2004年9月1日浅間山噴火に伴う降灰分布(上)と約6時間後の降灰予測(右)。降灰分布は、降灰の報告があった地点を●、降灰なしの報告があった主な地点を○で示す。降灰予測は、降灰量(単位面積あたりの重量)を示す。等重量線は10g/m²ごと。