

B-21 1998年4月に観測された大規模な黄砂の数値シミュレーション

九州大学大学院総合理工学研究科 ○天野 宏欣

九州大学応用力学研究所

鶴野伊津志

鹿児島大学教育学部

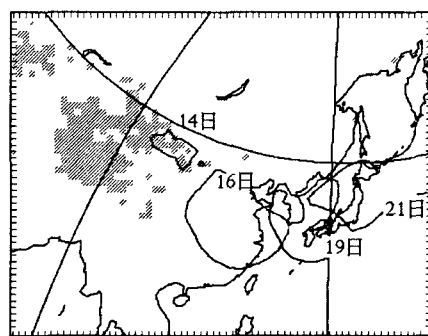
木下 紀正

1 はじめに

東アジア域では、年々増加を続ける多量の大气汚染物質の大陸から日本域への長距離越境大气汚染が大きな社会問題となっている。大気中を長距離輸送される大气汚染物質の輸送経路は、肉眼や衛星画像で捕らえることが困難である。しかし、大規模な黄砂現象は容易に観測でき、気象衛星GMSやNOAA等のデータからの可視化も可能である。そのため、大陸スケールの汚染物質の長距離輸送経路と総観スケールの天気変化との関係を、黄砂を媒介に議論することが可能となる。本研究では、既製の気象モデルに物質輸送モデルを結合させ、それを用いて1998年4月16～27日の北米にまで達する大規模な黄砂現象を対象に数値シミュレーションを行った。

2 輸送モデルの概要

本研究で使用した気象モデルRAMS (Regional Atmospheric Modeling System, Pielke *et al.*, 1992) は、圧縮性非静力学方程式系から成る気象モデルで、雲・降水の微物理過程コード、雲の効果の入った放射コードなどが使用できる。ダストの発生モジュールをモデルに組み込み、RAMS本体のスカラー輸送オプションモードを利用して輸送過程を解析する。ダストの発生域はMatthews植生分類の砂漠域のみとし、ダストの飛散はGillette (1978)に従い、舞い上がる質量フラックスを $F = C(U - U_{th})^2$ で与えた。ここで U は地上風速、 U_{th} は舞い上がりの臨界風速で6.5m/sとした。それ以下ではフラックスを0とした。ダストの乾性沈着と湿性除去のプロセスは加味したが、重力沈降と粒径別輸送は考慮せず、重力沈降の無視できる粒径域のみの飛散を仮定した。



※斜線は砂漠域

図1 計算領域と黄砂輸送過程の計算結果

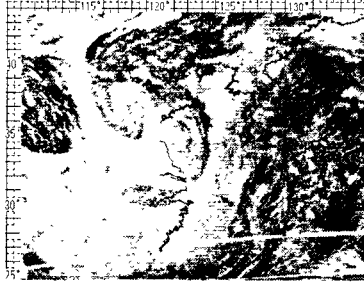
計算領域は図1に示しているように、110E, 40Nを中心とした64×48格子で、格子間隔は $\Delta x = \Delta y = 120\text{km}$ 、鉛直23層で上空約20kmまでを計算領域とした。シミュレーションは1998年4月13～25日を連続で行った。長時間積分のためにECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) の全球客観解析データを利用し、Davis型ナッジングを行い、また、海面水温度 (SST) には解析値を用いた。

3 モデル結果

3.1 NOAA/AVHRR データ・天気図との比較

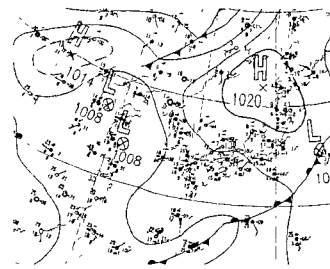
熱赤外域に2つのチャンネルを持つ気象衛星NOAAのAVHRR-4,5の輝度温度差を利用した黄砂の検出方法によって、1998年4月16～20日にかけての、中國大陸上空の濃い黄砂域が日本列島を横切り、太平洋上に広範囲に拡散していく現象が捉えられた。図2に示したのは、4月16～18日のほぼ同時刻の日本付近の計算結果と衛星差画像及び天気図を比較したものである。4月13, 14日に舞い上がった黄砂は、4月16日に黄土高原上空の非常に濃い塊となり、低気圧の動きとともに移動し、南北に長い渦を描きながら拡散していく。この低気圧は後面に黄砂を、上層500hPaに-24℃の寒気を伴って南東進し、18日9時には対馬海峡付近に達した。18日9時の地上天気図では対馬海峡付近に1012hPaの低気圧が見られるが、この真上の500hPa天気

(a) NOAA 差画像



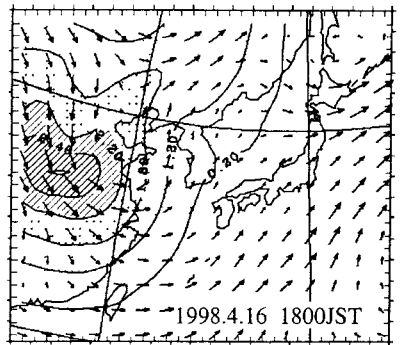
1998.4.16 1831JST

(b) 地上天気図

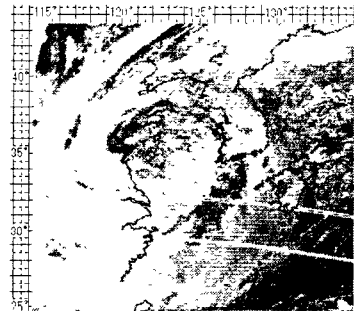


1998.4.16 1800JST

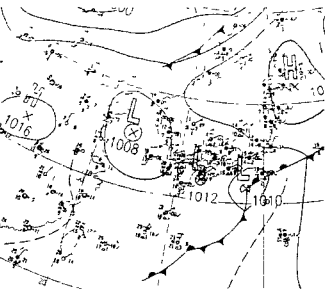
(c) モデル結果



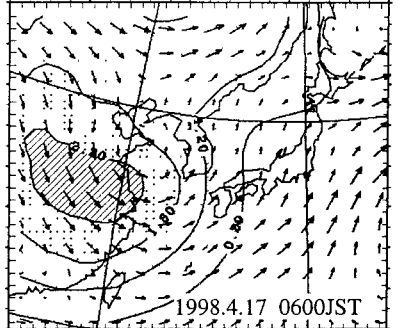
1998.4.16 1800JST



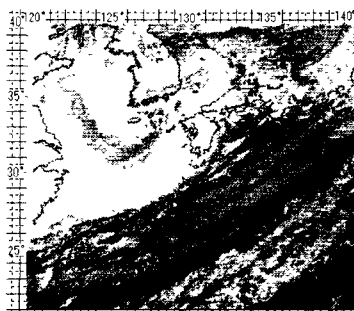
1998.4.17 0653JST



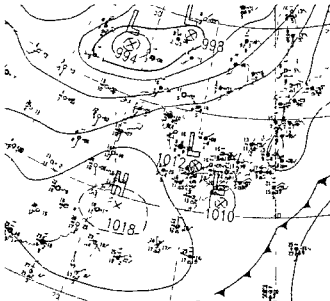
1998.4.17 0900JST



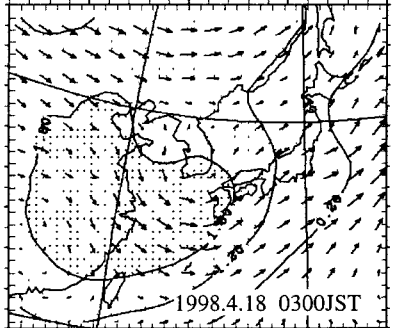
1998.4.17 0600JST



1998.4.18 0255JST



1998.4.18 0900JST



1998.4.18 0300JST

網掛けはダストの鉛直カラム濃度
 風速ベクトルは $z = 3000 \text{ m}$ での値
 濃度単位 $\log(\mu\text{g}/\text{m}^3)$

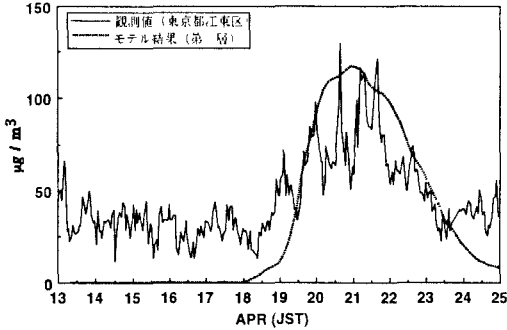
図2 (a) NOAA 差画像 (b) 地上天気図と (c) モデル結果の比較

図では -23°C 前後の寒気を伴った切離低気圧（寒冷渦）が解析された。黄砂が輸送の過程でこの切離低気圧にトラップされ、ゆっくりと日本域を通過する様子がモデルで再現された。

3.2 地上観測との比較

次に地上で観測されたSPM（浮遊粒子状物質）とモデルのダストの濃度を比較した。図3に示したのは東京江東区と福岡県糸島で実測されたSPM濃度と、モデルから抽出した第一層（ $z=0\text{m} \sim 110\text{m}$ ）のダストを比較したものである。局地的なSPMの発生源を考慮に入れていない上、前述のように重力沈降や粒径分布を加味していないため、値そのものは別として、濃度の増加減少及びピークの時期に関しては概ね観測値と重ね合わせることが出来た。しかし、モデルの福岡での値は4月20日前後に観測では見られないピークが現れている。図4の層別の濃度と図5(b)の福岡の鉛直濃度分布から見ると、モデルでは高度の高い所での濃度が

(a)東京都江東区



(b)福岡県糸島

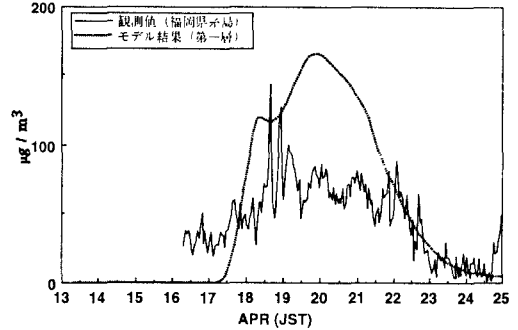


図3 SPM 濃度との比較 (a)東京江東区 (b)福岡県糸島

高くなっていることが分かる。これは、水平方向120kmのグリッド間隔のため、モデルの陸地上の大気境界層で十分な混合が再現されていない可能性が考えられる。図5から、福岡では18～19日、東京では19～20日にかけて、等温位面が急激に下がり、ダストが地表付近まで降下している様子が見られるが、これは切離低気圧の通過とそれにトラップされた黄砂が降下しているものと考えられる。また、約一日で福岡から東京まで黄砂が輸送される様子もこの図から読み取れる。

4 結論及び今後の課題

気象モデルRAMSと結合した物質輸送モデルを用いた黄砂の移流計算では、NOAA衛星の差画像・地上SPM濃度の観測値との概ねの一致が見られた。また、鉛直濃度分布から、切離低気圧にトラップされる黄砂の挙動が予想される。しかし、重力沈降や粒径分布を考慮すべき点、グリッド間隔を狭めて精度の向上を図るべき点は課題として残る。

参考文献

- 名古屋大学水圏科学研究所編, 大気水圏の科学 黄砂, 1991
 木下紀正ら, NOAA/AVHRRデータによる黄砂の検出と解析, 日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文集, 1999
 田中武夫, 寒冷渦と黄砂, 気象 Vol.42 No.8, 1998
 Gillette *et al.*, Tests with a portable wind tunnel for determining wind erosion threshold velocities, *Atmos. Env.*, 12, 2309-2313, 1978
 Pielke *et al.*, A Comprehensive Meteorological Modeling System - RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91, 1992

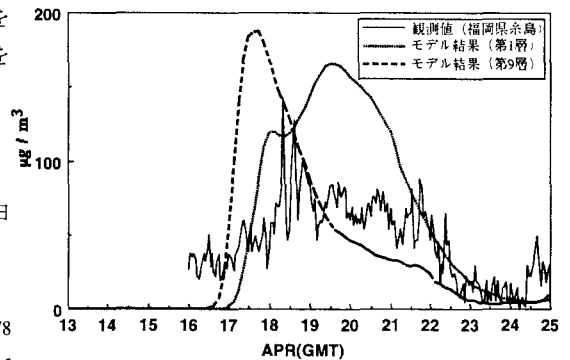
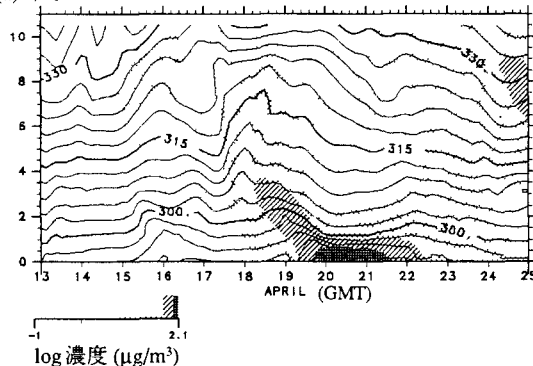


図4 層別のSPM 濃度との比較(福岡)

(a)東京



(b)福岡

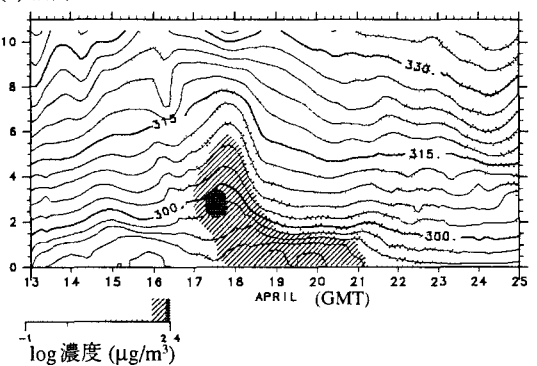


図5 ダストの鉛直濃度分布 (a)東京 (b)福岡 ※縦軸は高度(km)・コンターは温位