

データ同化モデルと黄砂沈着量データによる日本域の黄砂沈着量の動態把握

○原由香里¹⁾，弓本桂也²⁾，長田和雄³⁾，鵜野伊津志¹⁾，清水厚⁴⁾，杉本伸夫⁴⁾，松井一郎⁴⁾

¹⁾ 九州大学応用力学研究所，²⁾ 気象研究所，³⁾ 名古屋大学，⁴⁾ 国立環境研究所

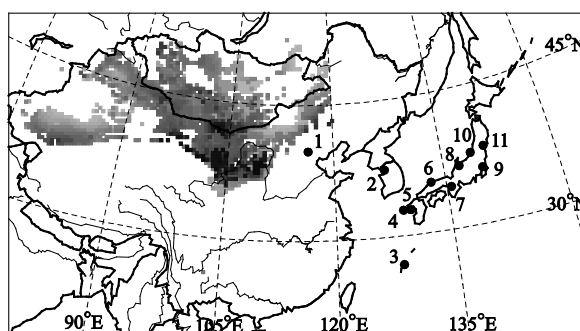
【はじめに】近年，黄砂輸送シミュレーションに積極的にデータ同化手法が取り入れられ，発生量の最適化が行われるようになってきた(Yumimoto et al., 2008, Sekiyama et al., 2010). データ同化を適応したモデル濃度場については，比較的様々なプラットフォームから得られた観測データとの詳細な検証が行われてきた(Uno et al., 2008, Sugimoto et al., 2011). しかし，黄砂の沈着量については，個々のイベントに対応した比較的短い時間スケール(日単位)の戦略的な沈着観測網が存在しなかったため，十分な検証が行われていなかった. 黄砂は視程障害など日常生活に影響を及ぼすだけでなく，黄砂に含まれる鉄による海洋への栄養塩としての施肥効果も併せ持つため，沈着量の実態を把握することは非常に重要である. 2008~2010 年に日本における 6 地点において，降水の有無に応じて自動開閉する湿性・乾性沈着物採取装置を用いて，黄砂の沈着量の観測が行われた(DRy And wEt deposition MOonitoring Network: DRAEMON). 本研究では，モデルの沈着過程の検証と黄砂沈着量の実態を明らかにする.

【領域黄砂輸送モデルと観測データの概要】本研究で使用した黄砂輸送モデルは RAMS/CFORS (Uno et al., 2004)を基礎とし，4次元変分法(Four Dimensional Data Assimilation; 4DVAR)を導入したデータ同化システム(RAMS/CFORS-4DVAR; RC4)である. RC4 のデータ同化計算には，NIES ライダー観測の偏光解消度をもとにエアロゾル消散係数を非球形粒子成分(黄砂)に分離した成分を用いた(Shimizu et al., 2004). 半径 0.1~25.12 μ m の間を 12 ビンに分割し，輸送計算を行った. モデルの計算領域は図 1 に示した領域(計算中心を 37.5°N, 115°E)であり水平解像度を 40km(180 $\times$ 100 格子点)，鉛直解像度は 140-650m で 23km までを 40 層で分割した. RAMS の気象場計算の初期・境界条件には ECMWF による解像度 0.75° $\times$ 0.75°の全球再解析データ ERA-Interim(6 時間毎)を用いた. 沈着データについては，2008 年の下旬から 2010 年まで札幌，富山，名古屋，鳥取，福岡，沖縄/辺戸岬の 6 か所において小笠原計器の US-330 を用いて湿性・乾性沈着物が採取された. 試料は基本的には一週間毎に採取されたが，黄砂イベント時には日単位の採取も行った. 詳細は Osada et al.(2011)を参照のこと. 本研究では，2010 年 3 月と 11 月に観測された 3 つの黄砂イベントに焦点を絞り，RC4 を適応した. 3 つのイベントを E1(3/14-3/17)，E2(3/19-3/22)，E3(11/11-11/14)の期間とする.

【結果】図 2 に(a) 長崎におけるライダー(灰色マーカー)とモデル(赤:同化後，青:同化前)から得られた黄砂の光学的厚さの比較，(b)長崎のライダーによる黄砂の消散係数の時間・高度断面図，(c)福岡における SPM と PM2.5 の比較，(d)福岡における乾性・湿性沈着フラックスのモデルと観測結果の比較を示す. 左カラムが 2010 年 3 月について，右カラムが 2010 年 11 月についての解析結果である. モデルの PM2.5 と SPM は，それぞれの分粒装置の粒径毎の透過率特性に従ってビンの重みづけを行い算出した. (a)のライダーデータによる黄砂の光学的厚さの比較から，モデルはデータ同化により光学的厚さの定量的な再現性が向上しているが，ライダーデータを使用して黄砂の発生量を最適化しているので自明の結果である. 独立の観測データとなる大気中の小粒子の指標である PM2.5 と，それよりも大きな 7 μ m 辺りの粒子に感度を持つ SPM データとの比較から，2010 年 3 月のイベント E1, E2 については地上濃度の定量的再現性も非常に高いことがわかる. 一方，秋のイベント E3 については，モデルの光学的厚さの定量的再現性は良いにもかかわらず，SPM の値を過大評価していることがわかる. SPM/PM2.5 比はもし仮にエアロゾルの粒径分布が微小粒子領域内のみにあると 1 となり，粗大粒子側に粒径分布を持つほど比は 1 よりも大きな値を持ち，大気中のエアロゾルの粒径分布に関する指標となる. そこで，観測された SPM と PM2.5 から SPM/PM2.5 比を出すと，E1 が 2.7，E2 が 3.1，E3 が 2.3 となり，イベント 3 が小粒子側に黄砂の粒径分布が偏っていた可能性がある. SPM 濃度の過大評価や乾性沈着フラックスの過大評価を鑑みると，モデルでは小粒子側に偏った粒径分布の再現性に問題があった可能性がある. 続いて(d)の乾性沈着フラックスに着目すると，E2 の 3/20 に 1235mg/m² もの乾性沈着フラックスが観測されている. これは全国的にみて，最も高い値であった. 福岡は地理的に大陸に最も近いことから，黄砂の乾性沈着量が非常に高いことがモデルと観測結果から明らかとなった. 一方，雪や雨などの降水に伴う湿性沈着フラックスは，鳥取や富山など緯度が高い日本海側の地点で高かった.

【参考文献】

- Osada et al., 2011: Temporal and spatial variations of wet deposition flux of mineral dust in Japan, SOLA, 7, 49-52, doi:10.2151/sola.2011-013.
- Sekiyama et al., 2010: Data assimilation of CALIPSO aerosol observations, Atmos. Chem. Phys., 10, 39-49.
- Shimizu, A. et al., 2004: Continuous observations of Asian dust and other aerosols by polarization lidars in China and Japan during ACE-Asia, JGR, 109, D19S17, doi:10.1029/2002JD003253.
- Sugimoto et al., Comparison of surface observations and a regional dust transport model assimilated with Lidar Network data in Asia dust event, SOLA, 7A, 13-16, doi:10.2151/sola.7a-004.
- Uno, I. et al., 2004: Numerical study of Asian dust transport during the springtime of 2001 simulated with the Chemical Weather Forecasting System (CFORS) model, JGR, 109(D19S24), doi:10.1029/2003JD004222.
- Uno et al., 2008: 3D structure of Asian dust transport revealed by CALIPSO lidar and a 4DVAR dust model, GRL, 35, L06803, doi:10.1029/2007GL032329.
- Yumimoto et al., 2008: Adjoint inversion modeling of Asian dust emission using lidar observations, Atmos. Chem. Phys., 8, 2869-2884.



-1 Dust emission (g/m^2 ; log scale) 3

図1 モデルの計算領域。トーンはRC4による2010年11/5-20積算ダスト発生量。ドットは同化に使用したライダー観測地点 1. 北京, 2. ソウル, 3. 辺戸, 4. 福岡, 5. 長崎, 6. 松江, 7. 大阪, 8. 富山, 9. つくば, 10. 新潟, 11. 仙台。

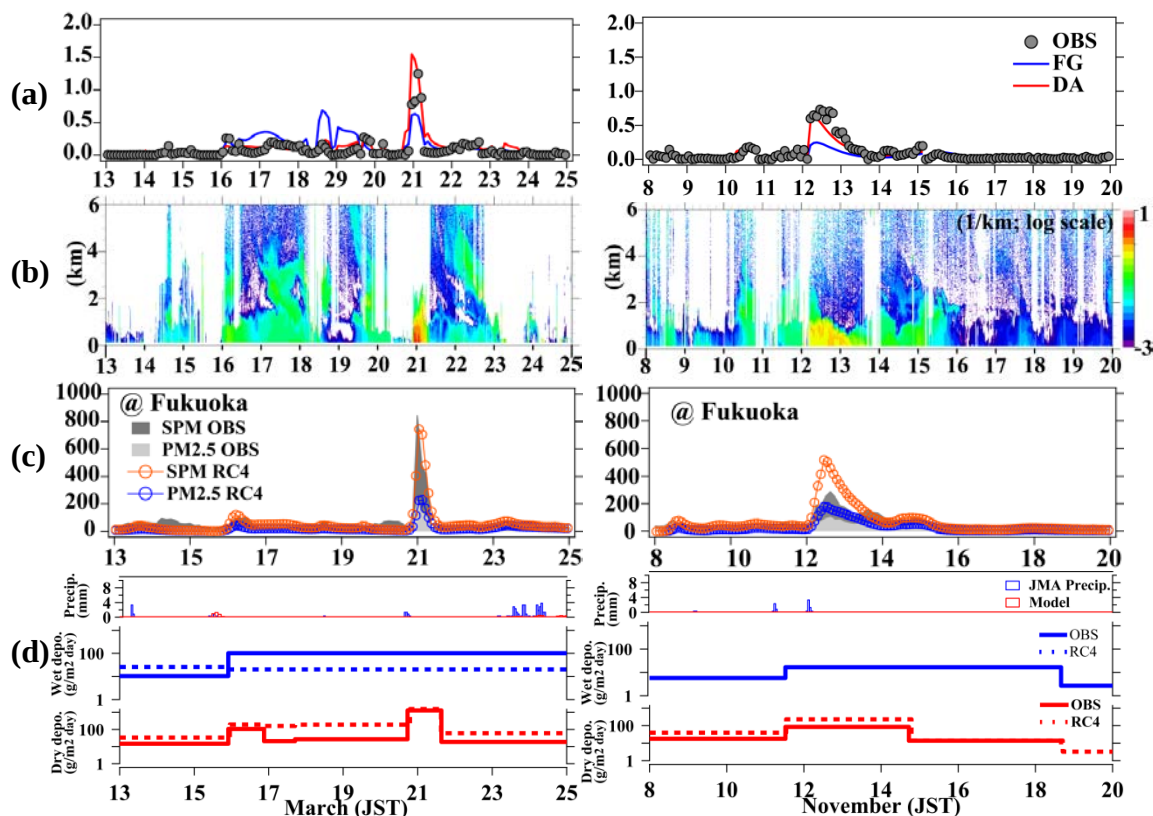


図2 (a) 長崎におけるライダー(灰色マーカー)とモデル(赤:同化後, 青:同化前)から得られた黄砂の光学的厚さの比較. (b)長崎ライダーの黄砂消散係数の時間・高度断面. (c)福岡における SPM, PM2.5 の比較. (d)福岡における沈着フラックスの比較. 赤が乾性沈着, 青が湿性沈着フラックスを示す.