

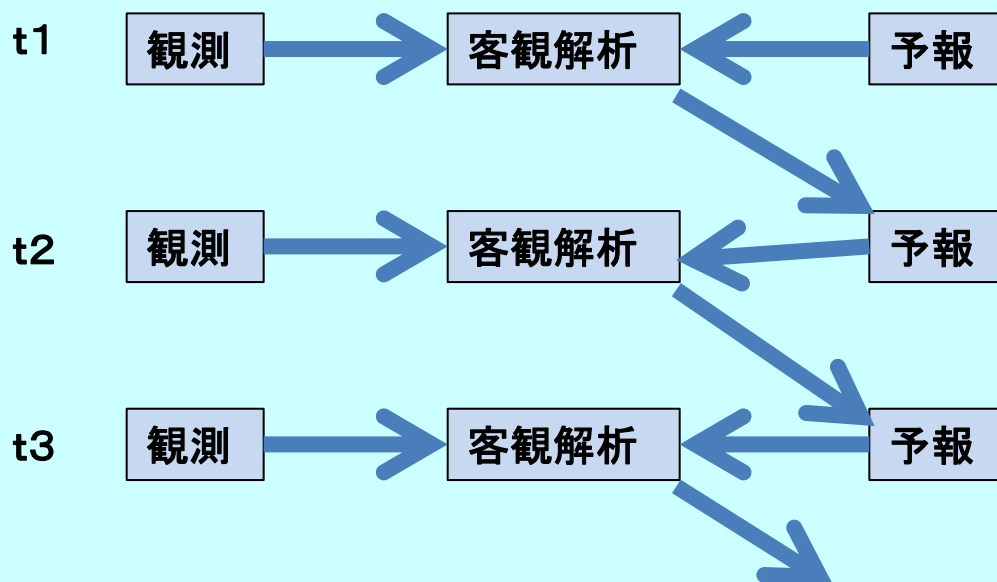
大気環境に関する 次世代実況監視及び排出量推定システムの開発

岩崎俊樹、中澤高清、青木周司、沢田雅洋、横尾好朗(東北大学)

柴田清孝、小林ちあき、眞木貴史、関山剛、出牛真(気象研究所)

宮崎和幸(海洋研究開発機構)

秋吉英治、中村哲(国立環境研究所)



本研究の目的

大気微量成分(CO₂、エアロゾル、O₃)の濃度と地表面フラックスを推定するため、アンサンブルカルマンフィルター(EnKF)を利用した、データ同化システムを開発する。

EnKFは予測モデルの詳細に依存せず、複雑な生成消滅や光化学過程への対応が容易。

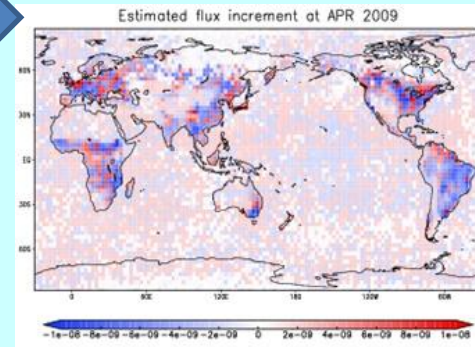
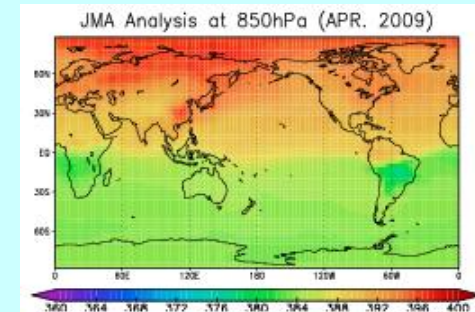
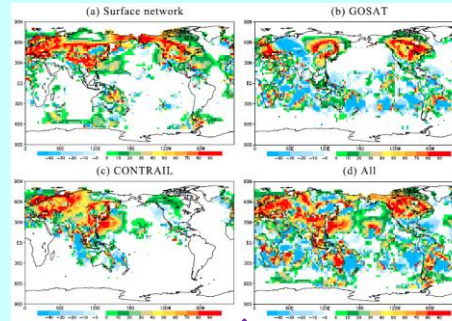
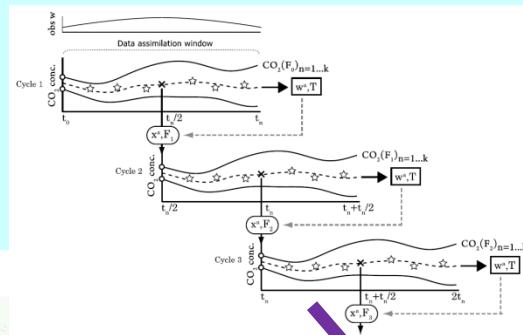
大気微量成分のデータ同化を環境監視の基盤技術に。

※EnKF では誤差発展に関する情報をアンサンブル予報値により供給し、誤差情報から流れ場に依存した修正をデータ同化で施す。

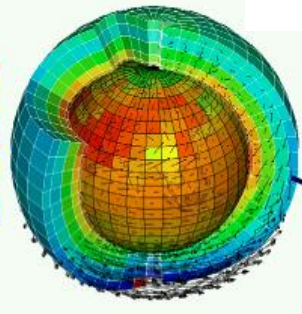
二酸化炭素データ同化

データ同化システム構築

観測システムシミュレーション実験



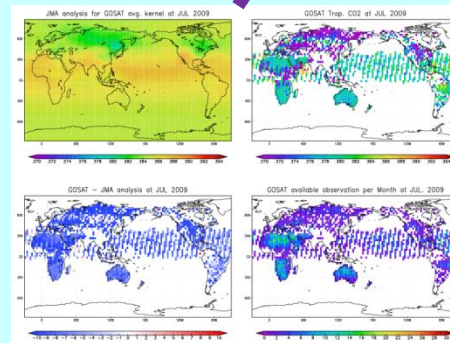
modelling



輸送モデル
(ACTM, MJ98-
CDTM)



観測データ収集



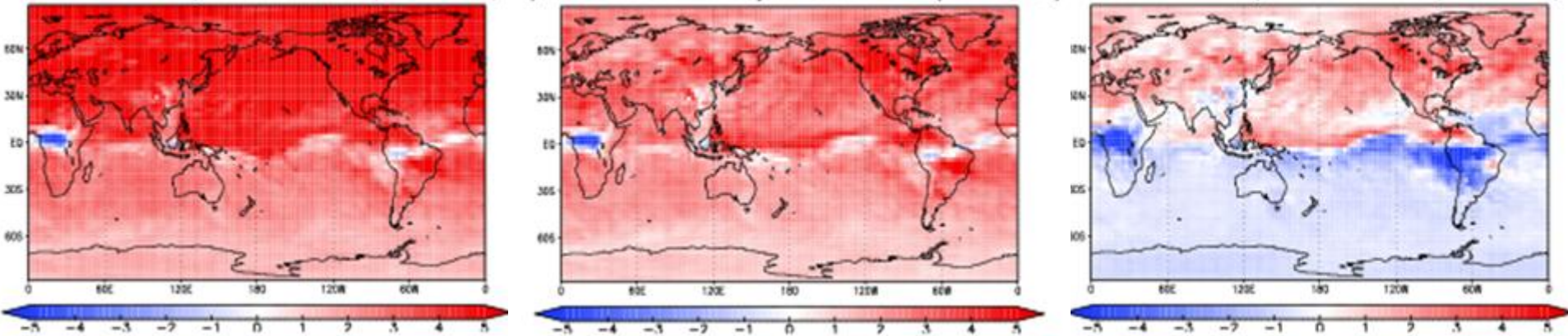
観測データ前処理

二酸化炭素濃度、フラックスの解析

- ・観測システムシミュレーション実験により各観測ネットワークの特性を把握した
- ・実観測データを用いた炭素循環解析システムのプロトタイプを構築した

実観測データを用いた解析

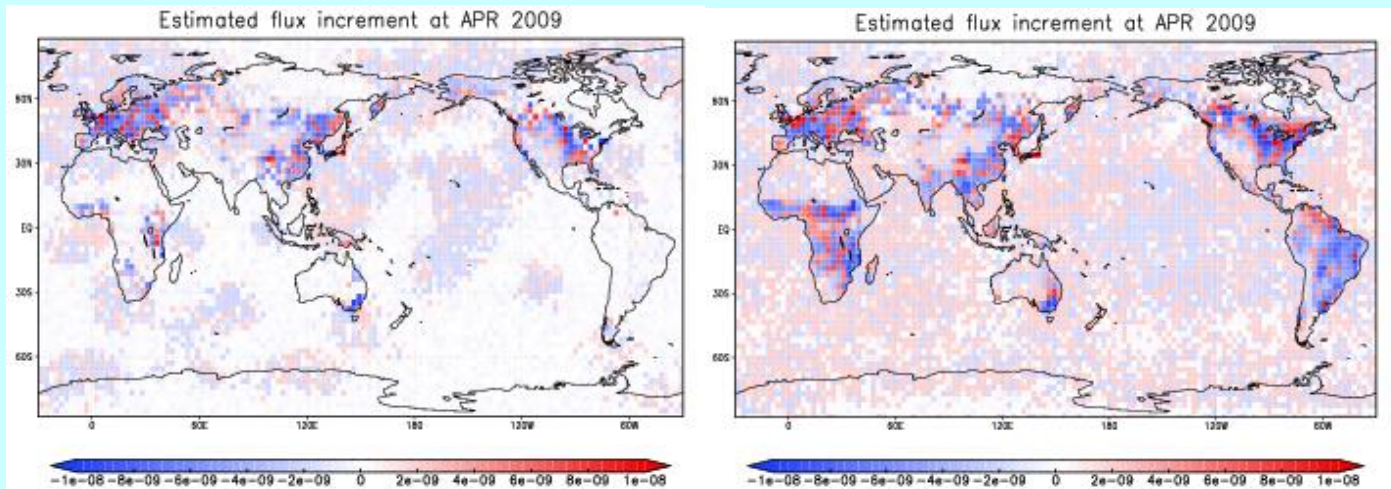
FORWARD - Analysis at 850hPa (APR. 2009) W/O SATELLITE - Analysis at 850hPa (APR. 2009) ALL DATA - Analysis at 850hPa (APR. 2009)



データ同化なし(左)と比較して地上＋航空機(中央)や地上＋航空機＋衛星(右)の方が独立解析(気象庁解析)との差が小さい

CO2 フラックス修正量 (衛星なし)

CO2フラックス修正量 (全データ)



フラックス解析量(KgC/m2/s気候値との差)は陸域で大きい

CO₂のデータ同化システム

- 地上、航空機、衛星の実観測を扱うシステムを作成
- 特に**効果的なバイアス補正**によりデータ同化の精度向上

GOSAT のデータ同化のインパクト

- 季節変化の大きい陸上で大きなインパクト
- 人間活動や海洋との交換の定量化には精密化が必要

観測データのバイアス修正に大きく依存

観測データ数の制約

(観測データの高精度・高密度化に期待)

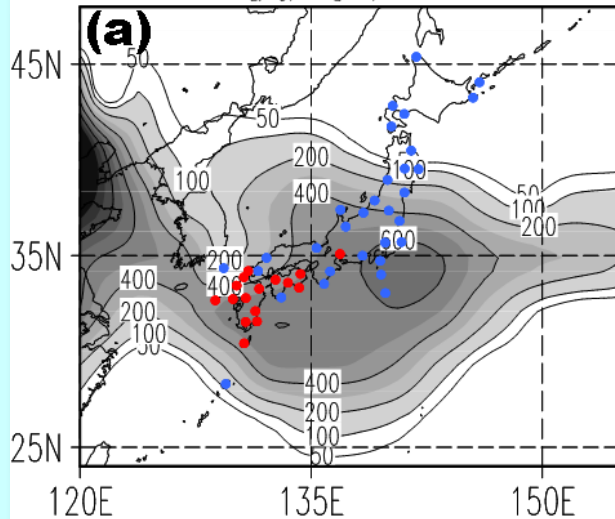
データ同化スキームの改善も重要:

→ 限られた観測データを最大限有効活用する。

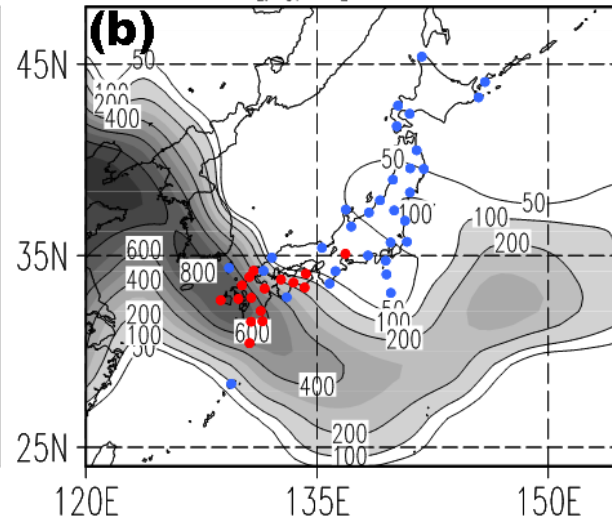
観測データの少ない領域を中心に従来のインバージョン解析との大きな相違。**解析手法依存性も重要。**

黄砂データ同化の結果

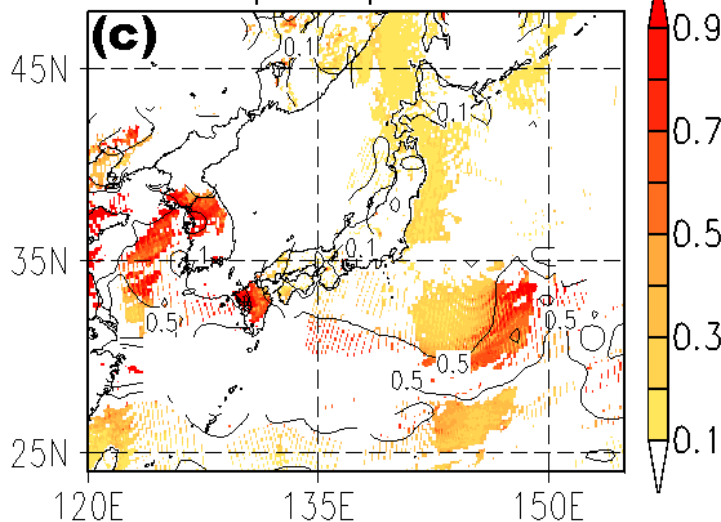
Surface Dust [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] w/o EnKF 28MAY2007



Surface Dust [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] with EnKF 28MAY2007



MODIS Optical Depth 28MAY2007



地上ダスト濃度を独立観測と比較する.

(a) データ同化無し.

(b) データ同化有り.

灰色の領域は環境省基準を超える範囲.

赤●：黄砂を目視観測した気象官署

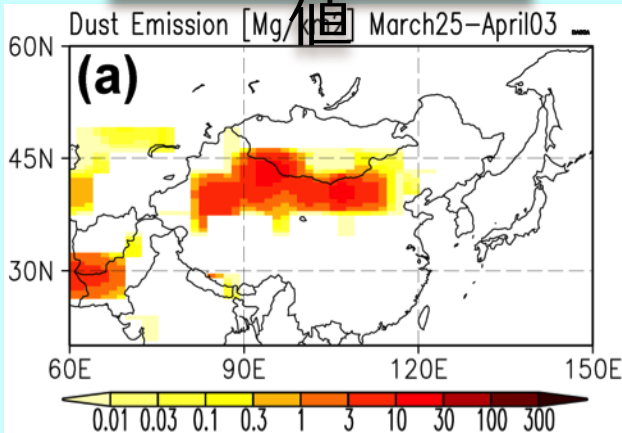
青●：黄砂の観測が無かった気象官署

(c) 同じ日にMODISが観測した光学的厚さ

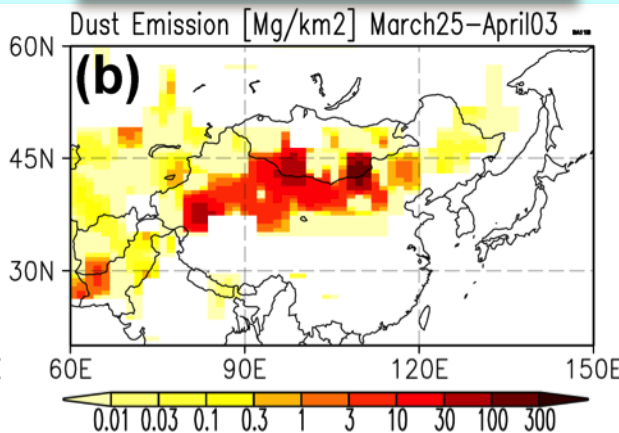
逆推定によるダストフラックスの修正

モデル推定

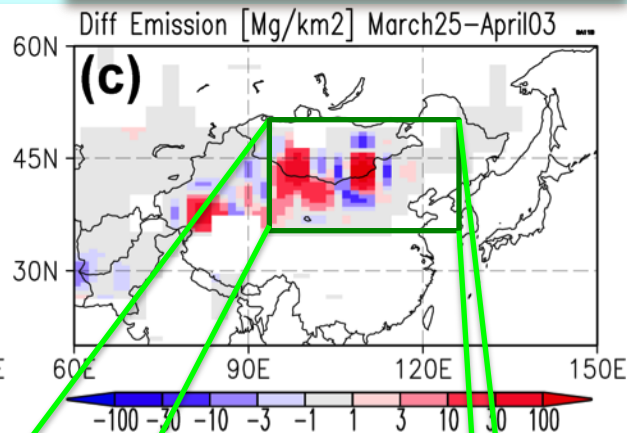
値



データ同化結果



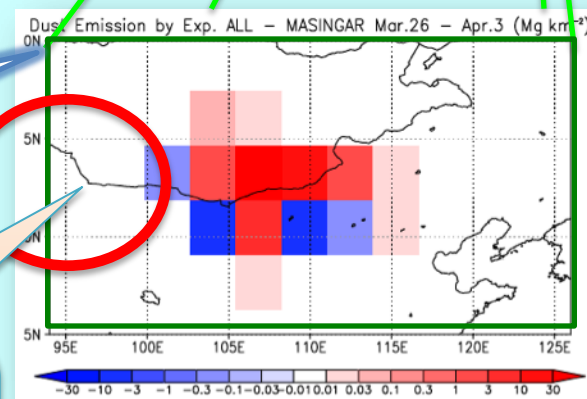
修正量 = (b) - (a)



Sekiyama et al., SOLA (2011)

同じモデル(MASINGAR)&異なる観測データ(PM₁₀濃度) & 異なる手法(線形最尤法)を用いて黄砂発生量を逆推定した結果との比較.
→定性的にはEnKF逆推定の結果とよく一致する.

観測地点(主に日本・韓国 of 地表面)から遠いため、この手法では逆推定困難



Maki et al., SOLA (2011)

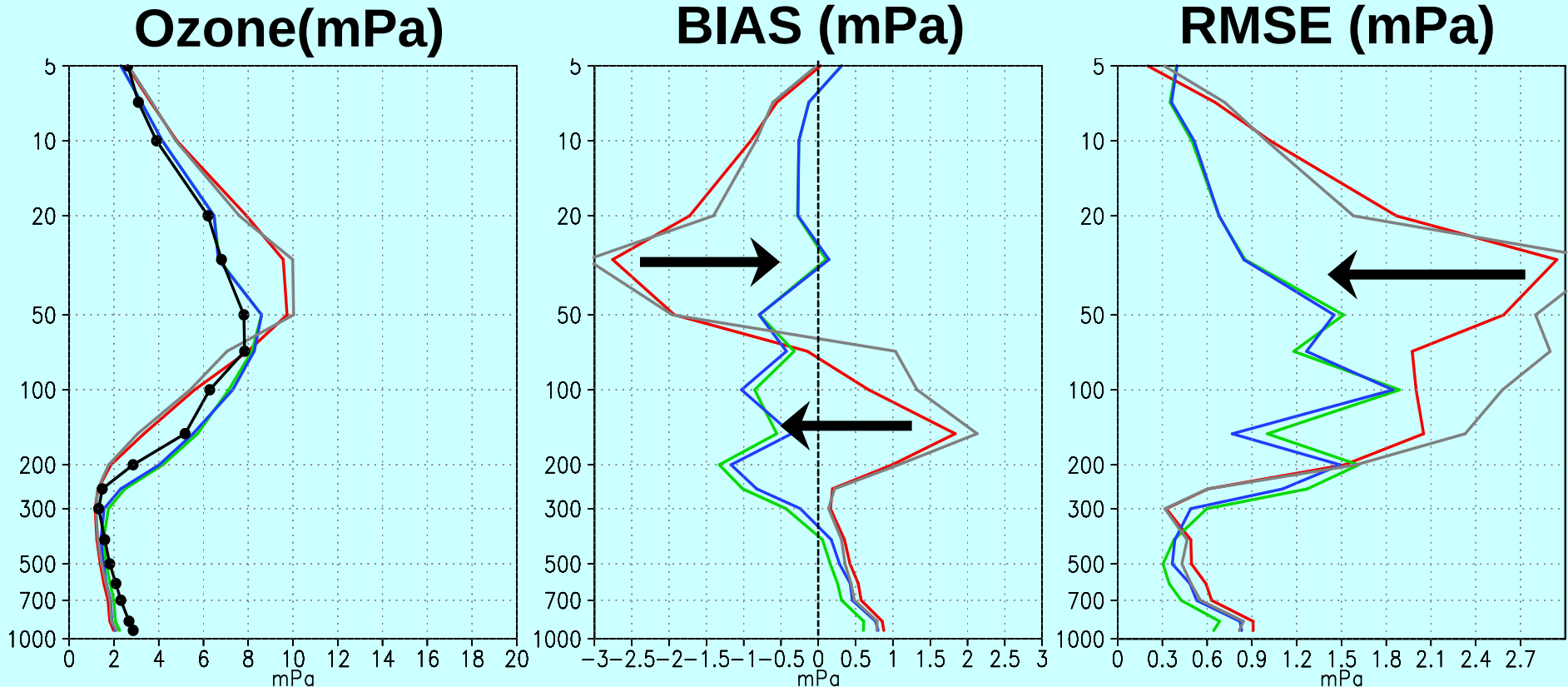
黄砂エアロゾル

- 衛星ライダーCALIPSOの大気エアロゾル観測をEnKFでデータ同化した
- 黄砂分布の解析・予報精度が劇的に向上
 - 線の情報(ライダー観測)から面の情報を再現
- 黄砂発生量の逆推定に成功
 - 下流の情報を使って上流の情報を再構築



オゾンデータ同化解析の精度検証

(vs. Sonde, 60S-90S)
August-September, 2006



Assimilated OBS : ① OMI+MLS+JCDAS ② OMI+JCDAS

Black: OBS

③ MLS+JCDAS

④ JCDAS

OMI: オゾン全量 MLS: オゾンプロファイル JCDAS: 大気

オゾンハインドキャスト実験

オゾン全量の予報は紫外線予報(気象庁で実施)に重要な情報

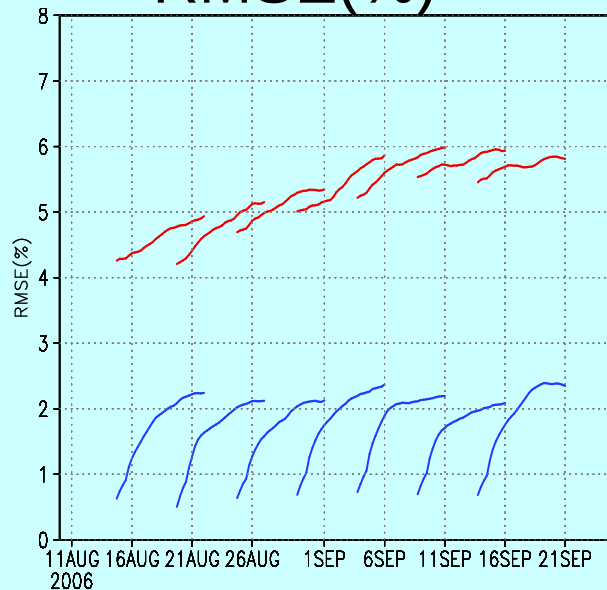
- データ同化によって作成されたオゾン解析場を初期値

👉 オゾン予報の高精度化 (<3% RMSE, <1% BIAS)

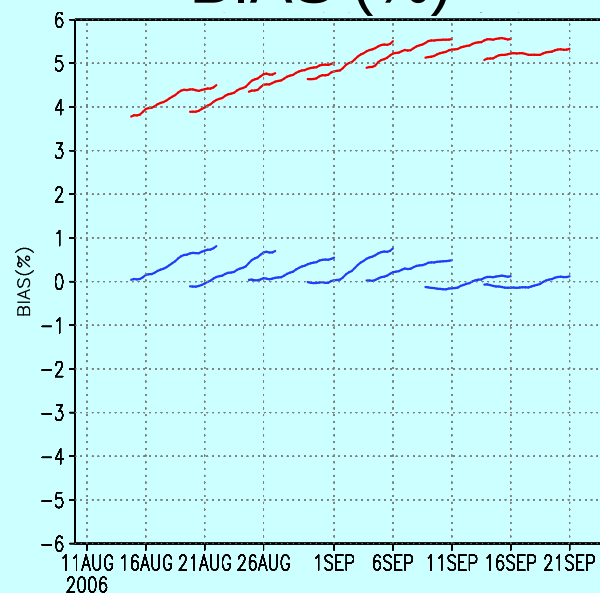
オゾン全量の予測精度 (vs. オゾン解析値)

30N-60N, 2006 08.10 - 09.25

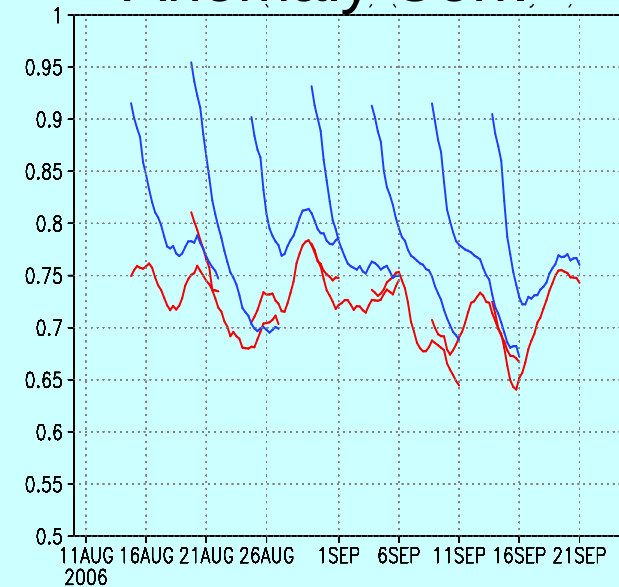
RMSE(%)



BIAS (%)



Anomaly Corr.



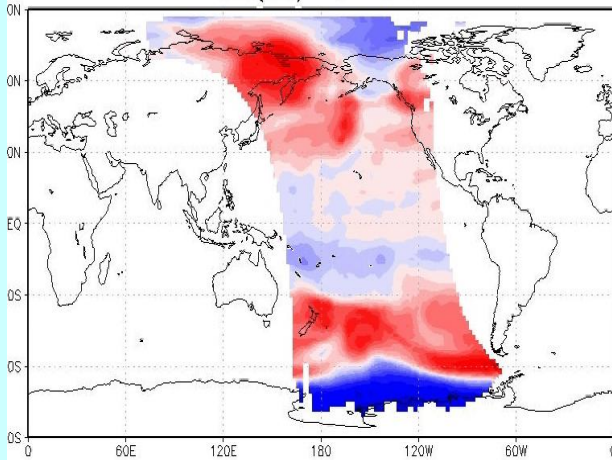
→ 7日間のハインドキャスト実験
(気象場はJCDASによって再現)

—— 予報値: オゾン同化あり初期値
—— 予報値: オゾン同化なし初期値
—— オゾン同化解析値

オゾン全量の予測(動画)

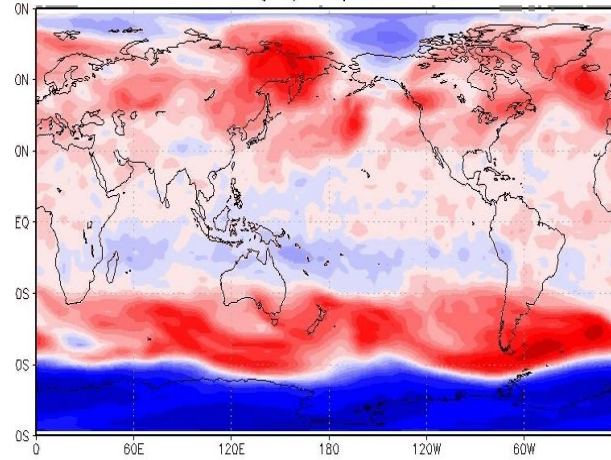
OMI観測値

OBS(OMI) T = 0 hr



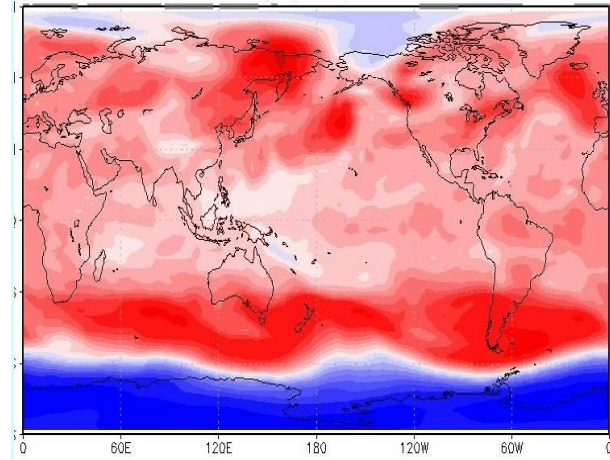
オゾン同化あり初期値

Column Ozone(DU) Exp:omuvt T = 0 hr



オゾン同化なし初期値

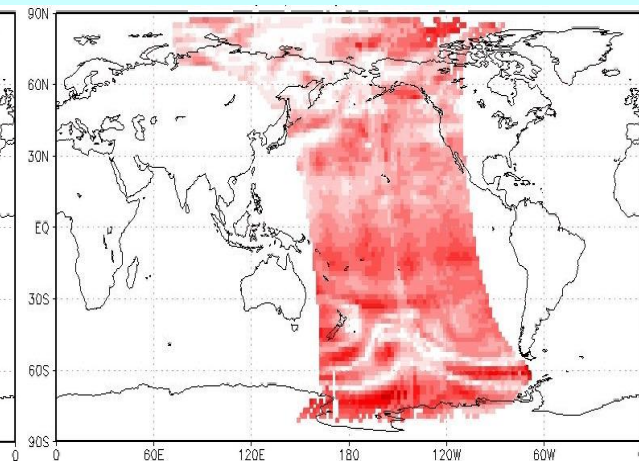
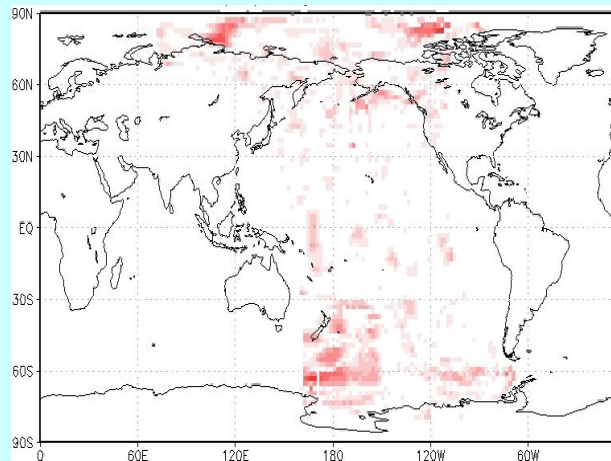
Column Ozone(DU) Exp:uvt T = 0 hr



120 140 160 180 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 360 380 400

(上段) オゾン全量 [DU]
(下段) 最小二乗誤差 [DU]

2006 09/14 00Z 初期値



5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

MLSオゾン濃度およびOMI-TOMSオゾン全量の同化実験 独立観測 (Sciamaachy) による検証

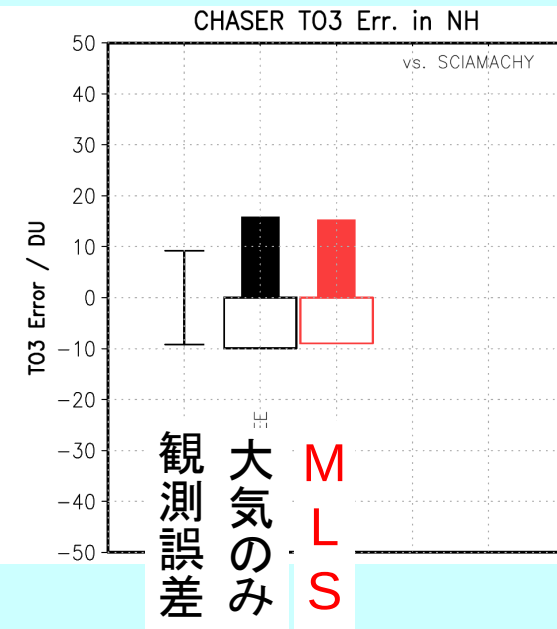
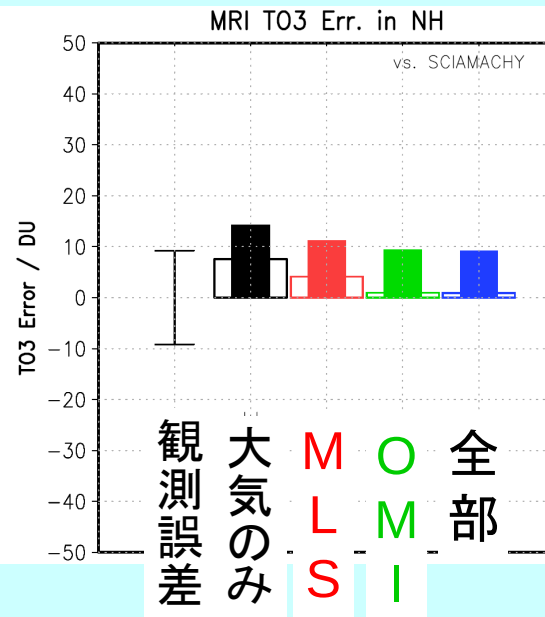
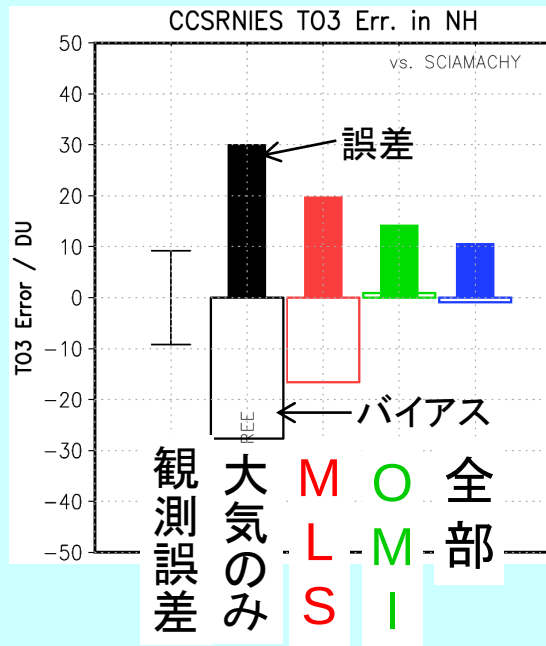
実験名	設定概要
O3-FREE	オゾン同化なし
MLS	MLS (3次元オゾン濃度, 200hPa~0.1hPa) を同化
OMI	OMI-TOMS (オゾン全量) を同化
FULL	MLSとOMI-TOMSを同化

北半球 (30-80N) におけるオゾン全量のバイアスと誤差 (RMSE)

環境研モデル

気象研モデル

CHASER (対流圏化学モデル)



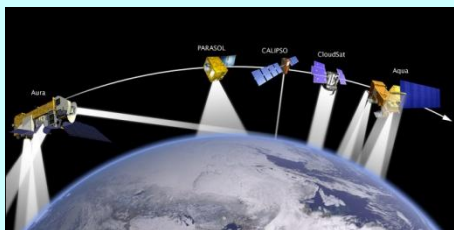
大気環境実況監視システムの開発 (海洋研究開発機構)

- 対流圏オゾン解析: 前駆気体の排出量に起因する大きな不確定
- 複数の衛星搭載センサ/化学物質の観測情報を併せて利用し、オゾンと前駆気体の大気中濃度と排出量を同時に最適化 (世界でも先駆的な試み)
- リトリバーバル原理に基づきデータ同化し数ヶ月間の実験的再解析を実施

Sensor	Platform	Species
OMI	AURA	NO ₂
TES	AURA	O ₃
MOPITT	TERRA	CO
MLS	AURA	O ₃
MLS	AURA	HNO ₃

データ同化
による統合

NO _x 排出量
CO 排出量
雷 NO _x 生成量
オゾン濃度
大気酸化能(OH)
対流圏化学システム



化学輸送モデル

CHASER
Chemistry Climate Model

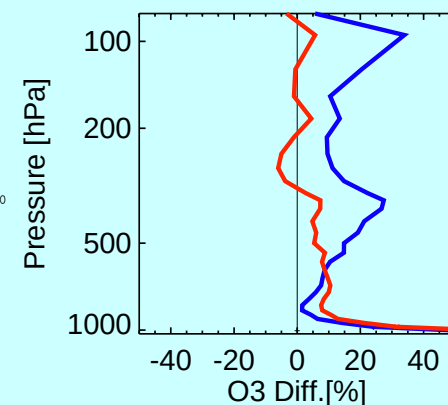
NO2(SCIA)

O3(TES) 400hPa

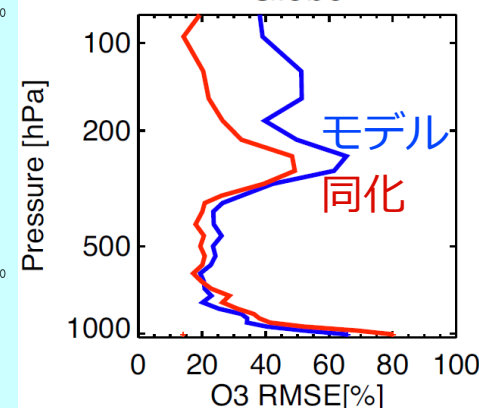
CO(MOP) 700hPa

O3 sonde

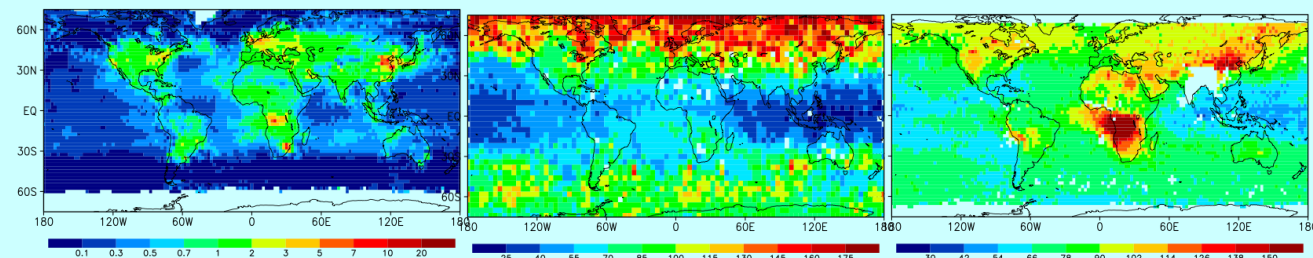
Globe



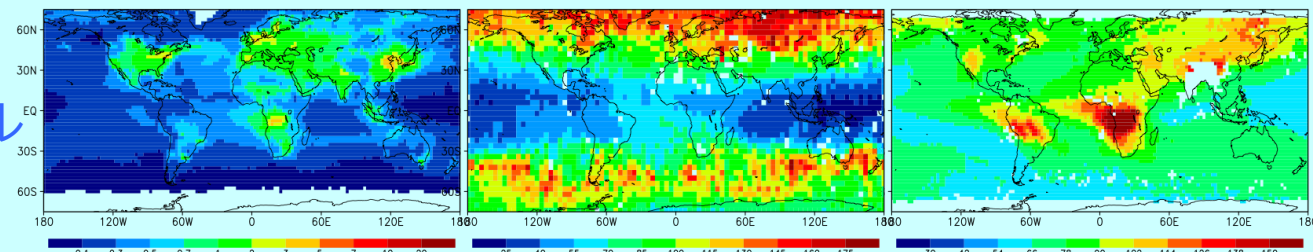
Globe



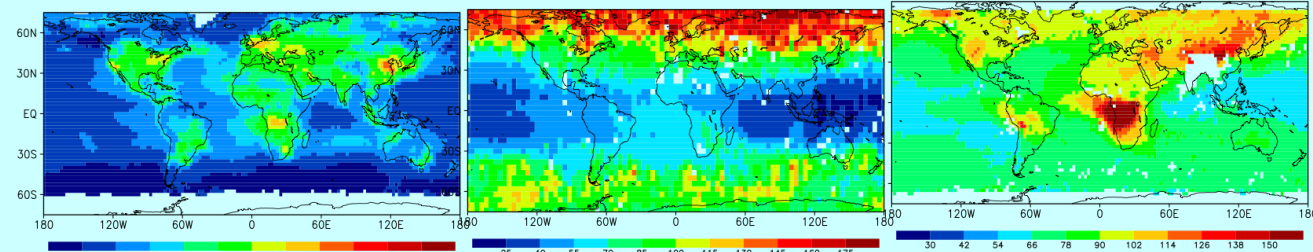
観測



モデル



同化



- 複数化学種に対するデータ同化による大幅な改善
- NO_x, CO 排出量の最適化による大気酸化能の修正
- 全球/東アジア域における過去数十年の大気環境長期再解析データへ

オゾンのデータ同化

- 成層圏オゾンの予報精度の向上
 - 紫外線予報
- 対流圏オゾンと大気汚染の予測

大気微量成分のデータ同化

- 地球環境の実況監視・予測システムの構築
 - 地球環境の再解析