

研究課題名：
**CAI衛星解析とモデルシミュレーションの
統合システムの構築**

課題代表者：中島映至¹
報告者：五藤大輔²

共同研究者：鶴田治雄¹、打田純也¹、及川栄治¹、N.A.J.Schutgens³、中田真木子⁴

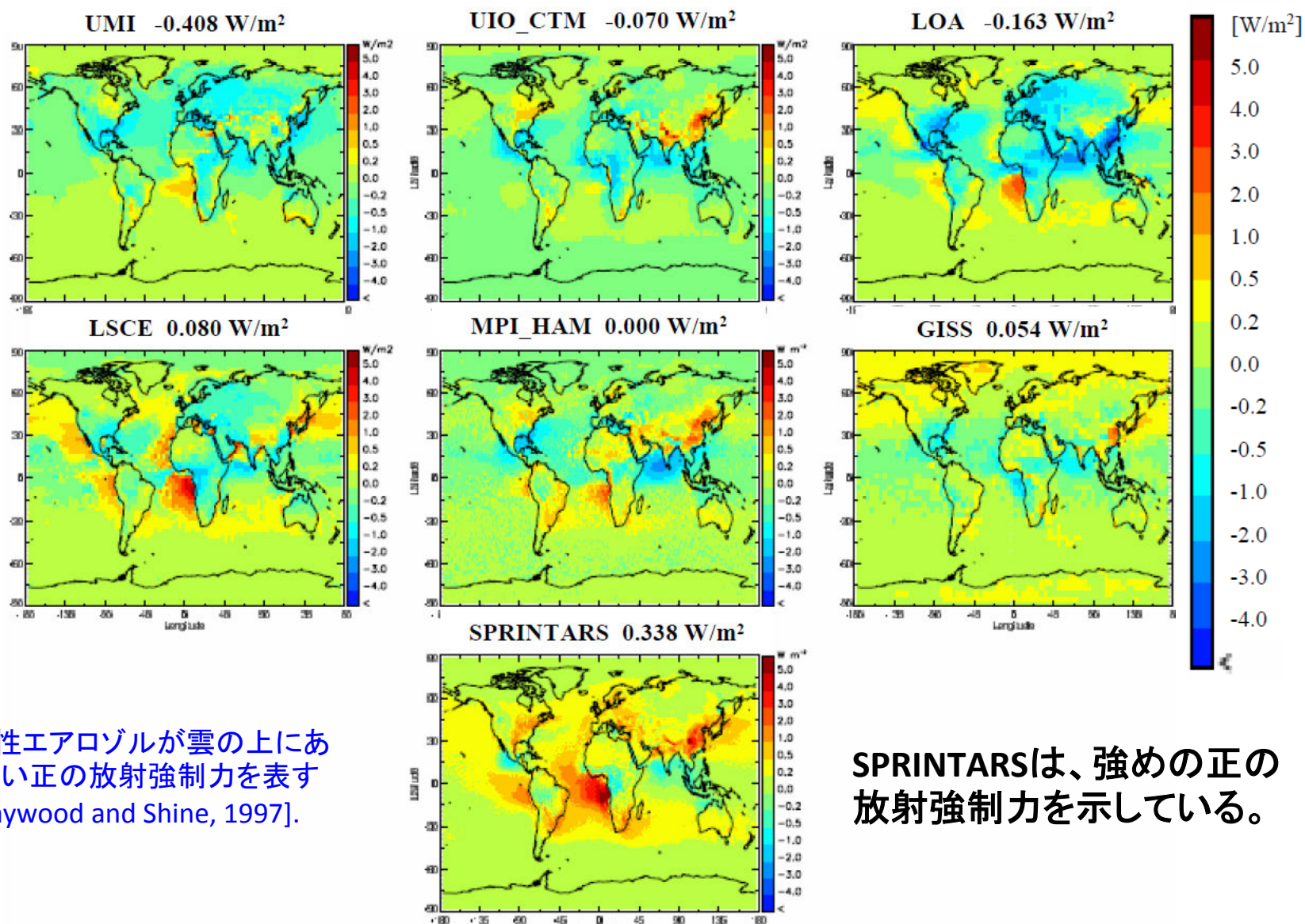
1. 東京大学大気海洋研究所, 2. 国立環境研究所地域環境研究センター, 3. オックスフォード大学 4. 近畿大学総合社会学部

本研究課題の目的

- 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)に同時搭載される雲・エアロゾルイメジャー(CAI)によって得られるリモートセンシングデータと、エアロゾル気候モデルによって得られるシミュレーションデータ、との結合
 - CAIデータ解析アルゴリズムの初期値に役立てる
 - 衛星解析ができない場合の補完データとして利用する
- 以上のようなシステムの開発を行うため、以下の項目を遂行した
 1. リモートセンシングデータとシミュレーションデータの融合のための、エアロゾル同化システムの構築
 2. シミュレーションの精度向上のためのモデル改良

曇天下で得られた人為起源エアロゾルの放射強制力

Schulz et al. (ACP2006)



光吸収性エアロゾルが雲の上にあると、強い正の放射強制力を表す [e.g., Haywood and Shine, 1997].

SPRINTARSは、強めの正の放射強制力を示している。

CALIPSOとSPRINTARSの出力結果から放射収支を計算して比較する

Oikawa et al. (under review)

放射伝達コード: radiation transfer code RSTAR 6.2b [Nakajima and Tanaka., 1986, 1988]

CALIPSO

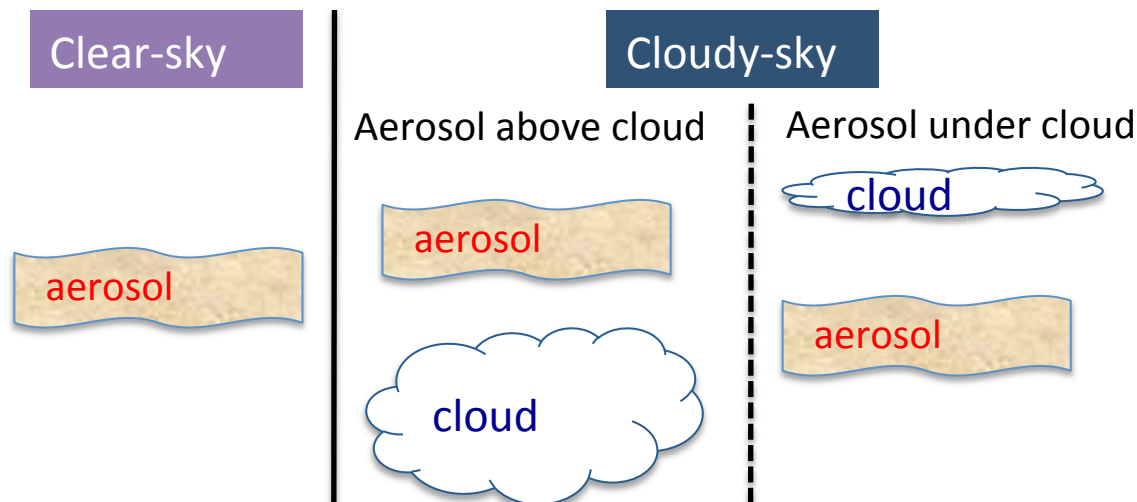
Period : 2007/1/1 – 2007/12/31

- CALIPSO (version 2) Level-2 Layer data [ATMOSPHERIC SCIENCE DATA CENTER]
- aerosol and cloud optical thickness, altitude, types, and so on
- aerosol size distribution and refractive indices [CALIPSO Algorithm Theoretical Basis Document Part3]
- cloud optical thickness from Aqua MODIS (optically thick clouds are not detected by CALIOP)

SPRINTARS

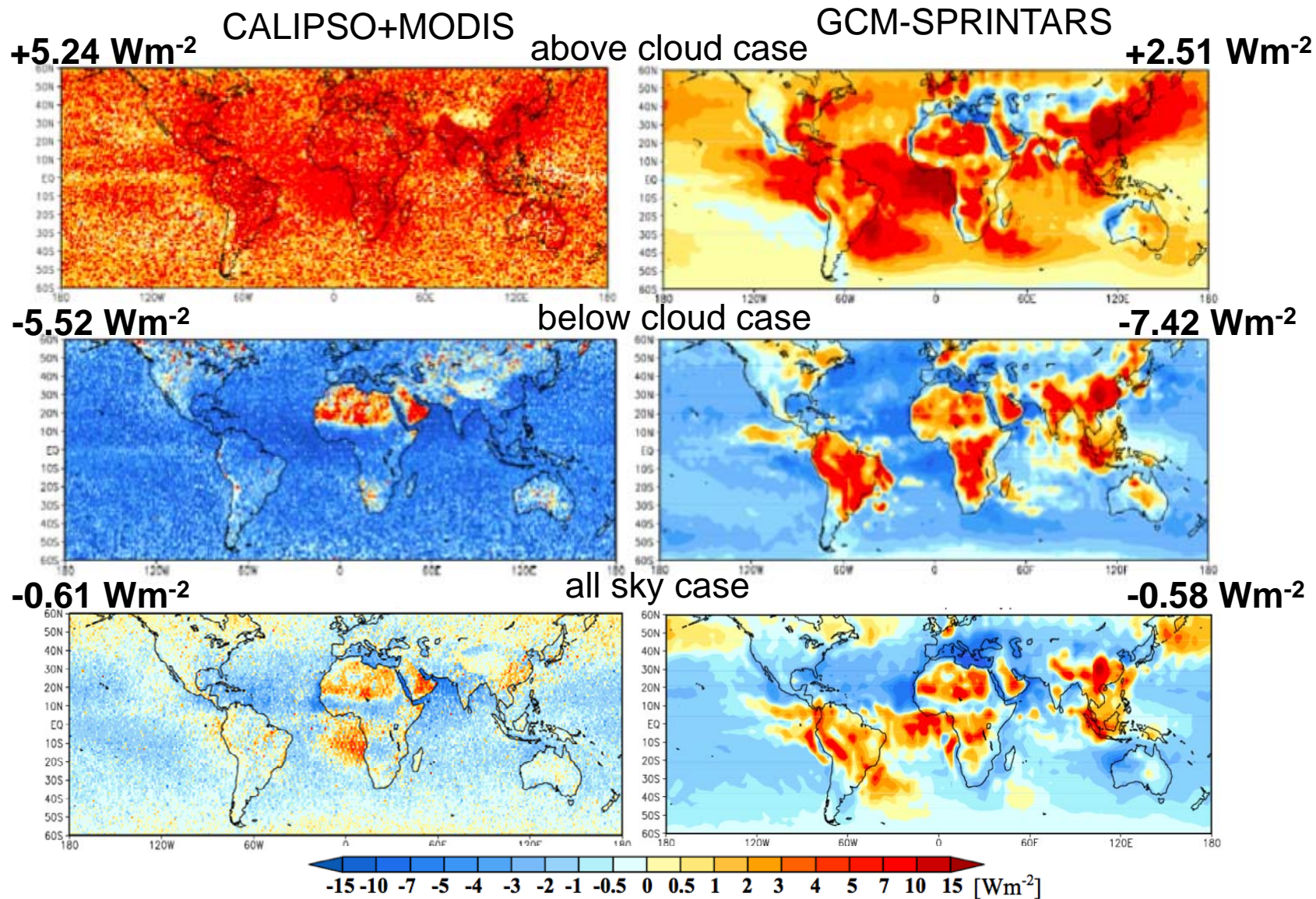
Period : 2007/1 – 2007/12

- global aerosol model MIROC-SPRINTARS v3.38 [Takemura et al., 2000, 2005]
- aerosol extinction profiles, and cloud optical thickness, and so on
- aerosol size distribution [Takemura et al., 2002, 2005]
- refractive indices [Hess et al., 1998; d’Almeida et al., 1991, Kaufman et al., 2001]



観測とモデルで得られた曇天・全天下での放射強制力の年平均値

Oikawa et al. (under review)



Improvement of BC aging process in MIROC-SPRINTARS

Goto et al. (ACPD2012)

改良の模式図

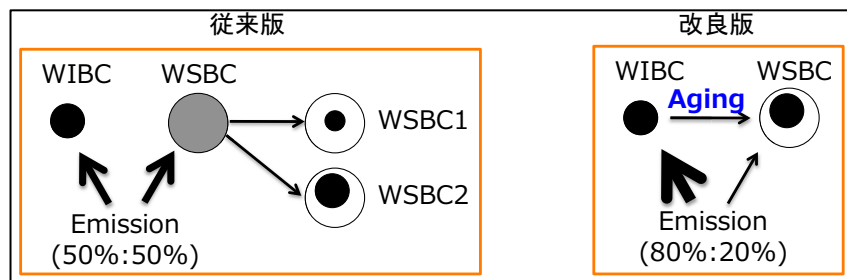
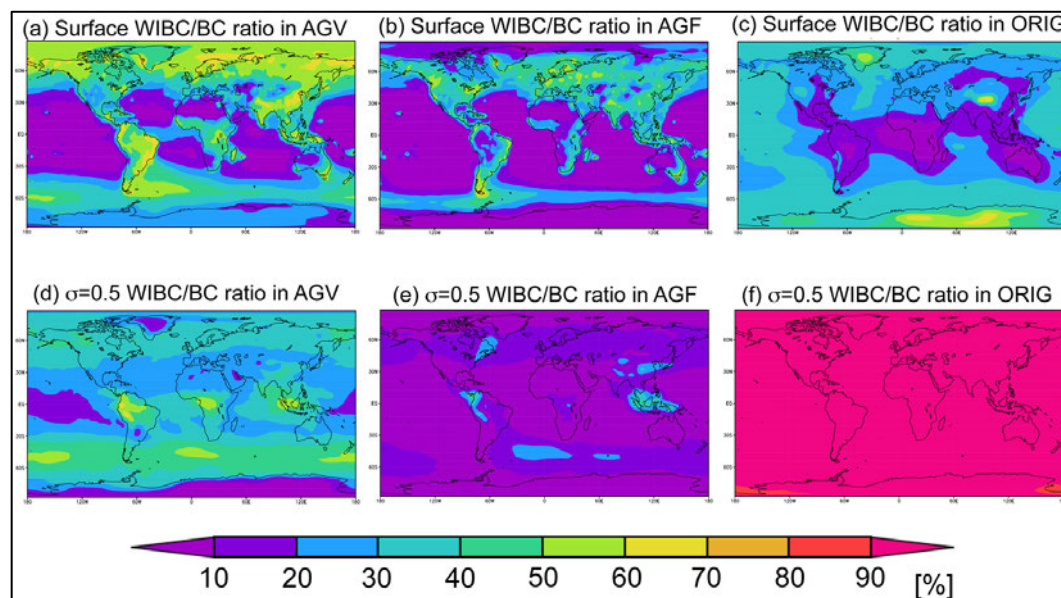


Table 1. Experimental designs employed in this study.

Method	Aging processes in the atmosphere		Internally mixed BC with other compounds		Reference
	Pure BC (WIBC)	Mixed BC (WSBC)	BC + OC	BC + SO ₄	
AGV	Aged by variable decay time	Increase in aging	N	Y	This work
AGF	Aged by fixed decay time	Increase in aging	N	N	Chung and Seinfeld (2002)
ORIG	No aging	No increase in aging	Y	N	Takemura et al. (2005)

結果の一部(吸湿性の割合)



結果の一部(BC-ARF; 放射強制力)

	ARF value	
	Tropopause	Surface
AGV	+0.300	-0.870
AGF	+0.047	-0.424
ORIG	+0.356	-0.822
Chung and Seinfeld (2002)*	+0.51 to +0.8	
Unger et al. (2009)*	+0.313	
Myhre et al. (2009)*	+0.26 to +0.33	
Koch et al. (2011)*	+0.23	-0.49
Bauer et al. (2007)	+0.33	
Bond et al. (2011)	+0.47	

* ARF due to the direct effect of anthropogenic BC.

単位はW/m²

エアロゾルデータ同化: Ensemble assimilation (Kalman Smoother)を用いたエアロゾル排出量の推定

Schutgens et al. (Remote Sens. 2012)

$$\begin{cases} \mathbf{x}^a = \mathbf{x}^f + \mathbf{P}^a \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} (\mathbf{y} - \mathbf{H} \mathbf{x}_f) \\ \mathbf{P}^a = (\mathbf{I} + \mathbf{P}^f \mathbf{H}^T \mathbf{R}^{-1} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{P}^f \end{cases}$$

[Rodgers, 2000]
 a: analyzed state
 f: forecast state
 y: actual values
 $\mathbf{H} \mathbf{x}_f$: simulated values

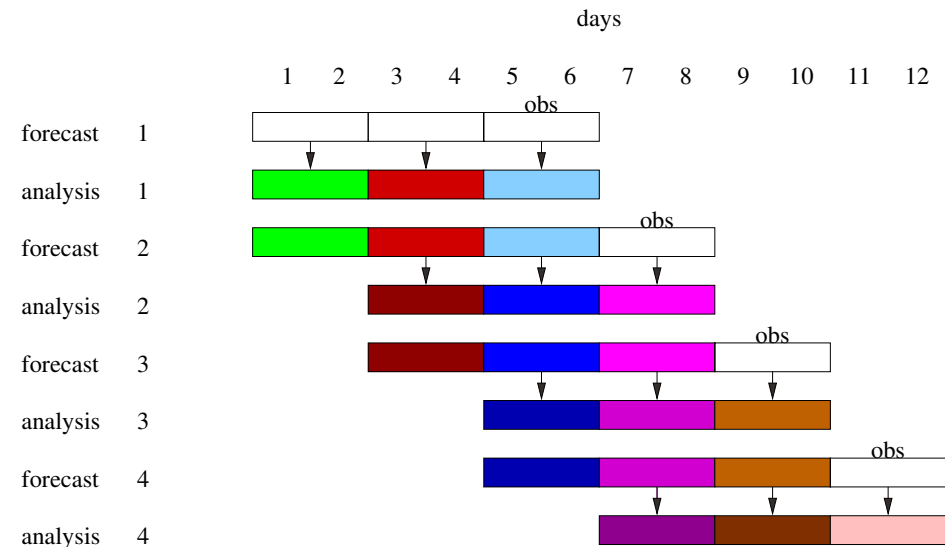
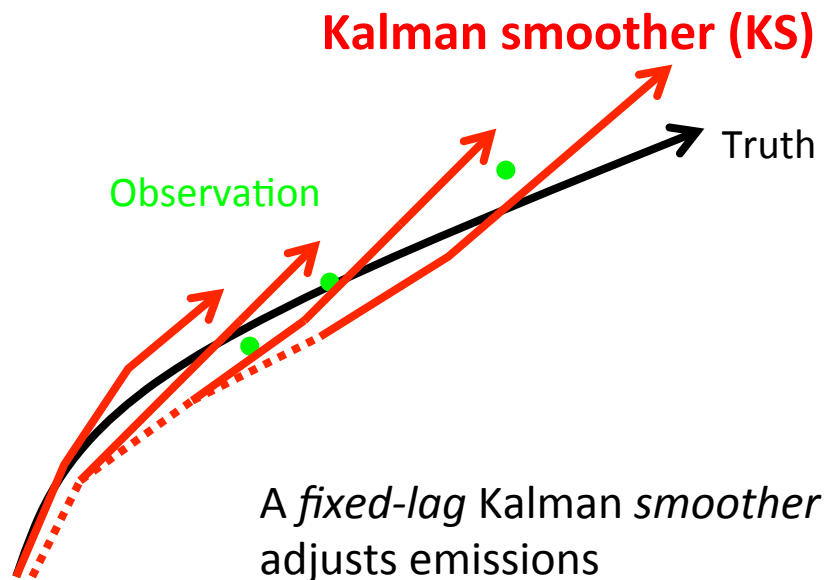


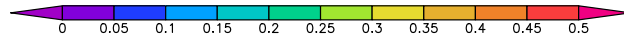
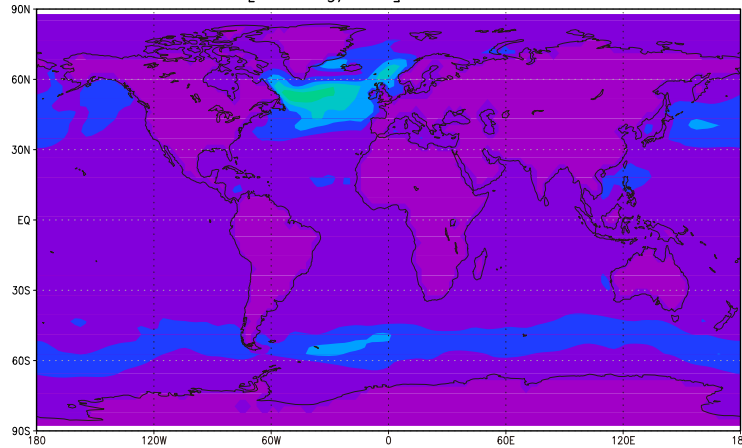
Figure. Schematic of the estimation of model parameters by the KS. 6日間計算した(forecast)後に2日間の観測データを取り込み、データ同化(analysis)する。矢印はデータ同化していることを示す。カルマンフィルターでは、何日も前にさかのぼらない。また、用いた観測は、AERONETのAOT675、AE440-870、MODIS/TerraのAOT550@海上。

新しく推定したSeasaltとDustの排出量

Schutgens et al. (Remote Sens. 2012)

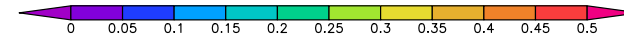
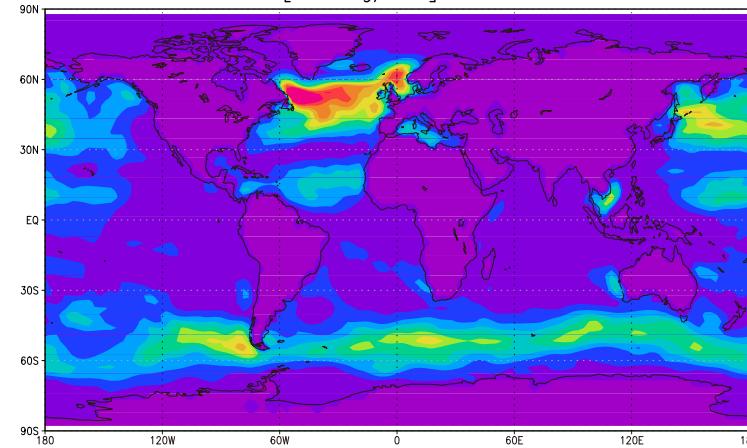
通常用いられる排出量

Seasalt flux [10^{-8} kg/m²s] for standard emissions



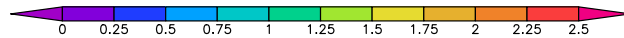
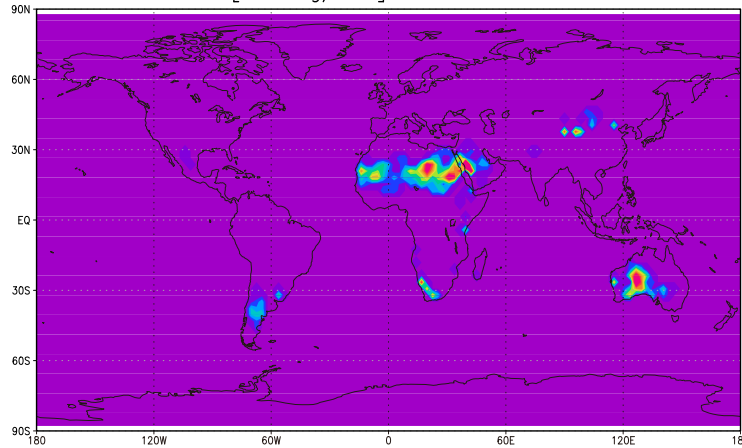
推定した排出量

Seasalt flux [10^{-8} kg/m²s] for new emissions

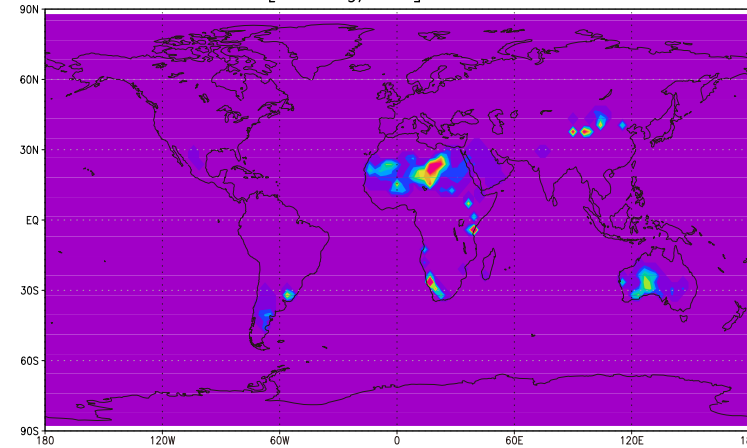


Seasalt

Dust flux [10^{-8} kg/m²s] for standard emissions



Dust flux [10^{-8} kg/m²s] for new emissions



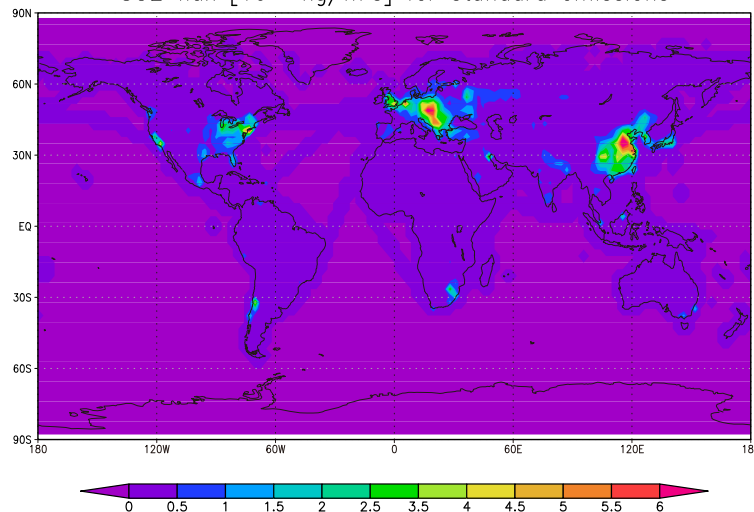
Dust

新しく推定したSO₂の排出量

Schutgens et al. (Remote Sens. 2012)

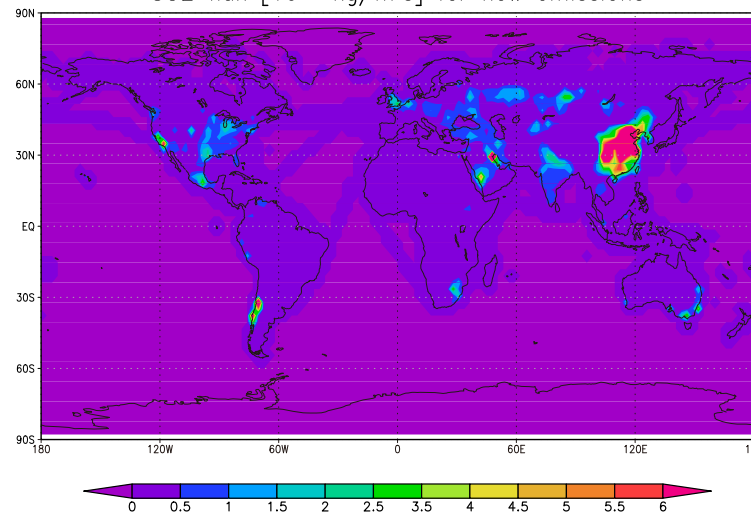
通常用いられる排出量

SO₂ flux [10^{-10} kg/m²s] for standard emissions



推定した排出量

SO₂ flux [10^{-10} kg/m²s] for new emissions



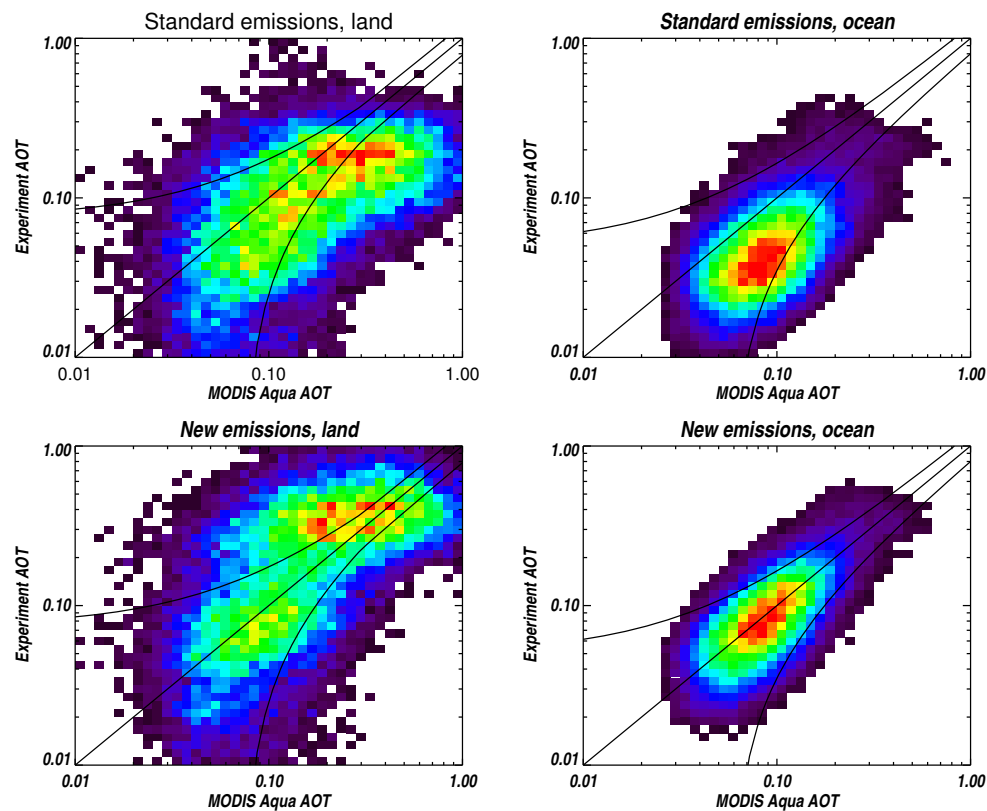
SO₂

Table 2. Aerosol emissions according to various sources.

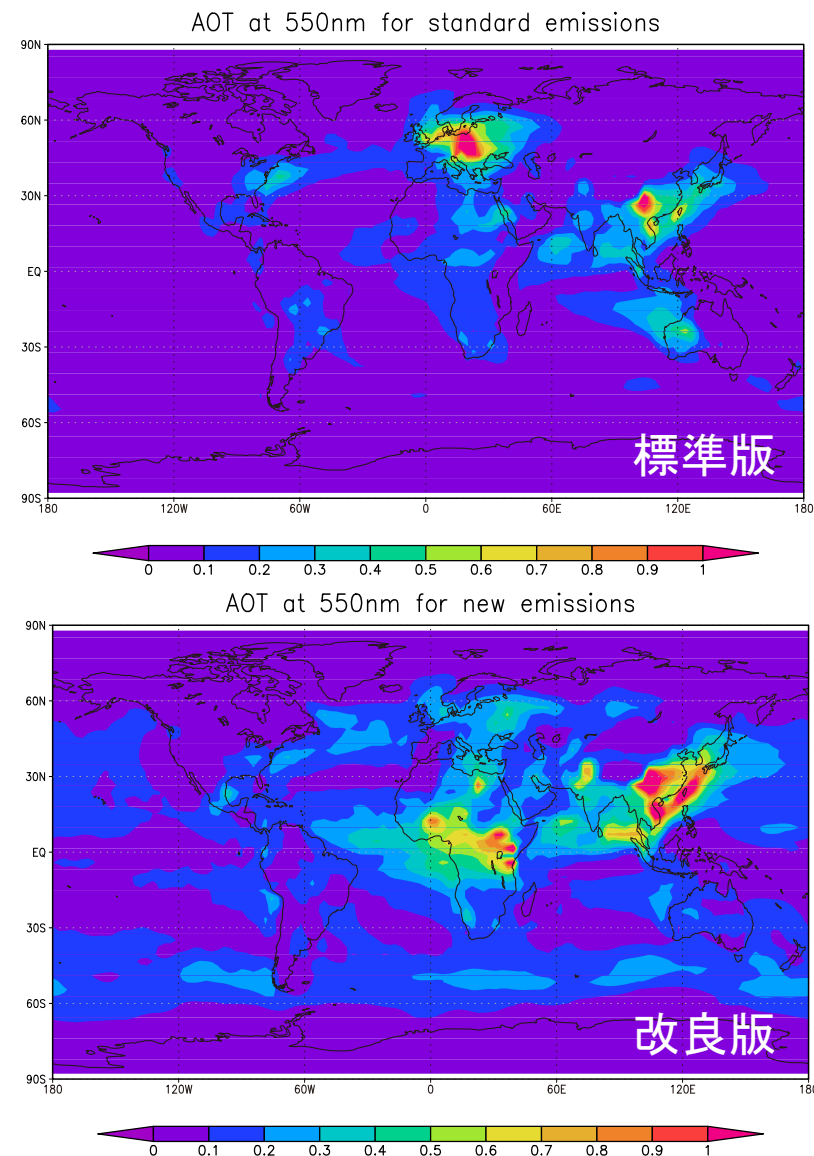
Species	AEROCOM		MIROC-SPRINTARS			
	Mean [Tg/yr]	Diversity [%]	Takemura [Tg/yr]	Standard [Tg/yr]	New [Tg/yr]	Error [%]
SO ₂			149	145	219	78 (67)
carbons	109	26	106	83	136	78 (67)
dust	1,840	49	3,321	4,470	3,244	62 (62)
sea salt	16 600	199	3,529	3,145	9,073	18 (18)

新しく推定した排出量を用いて計算したAOT

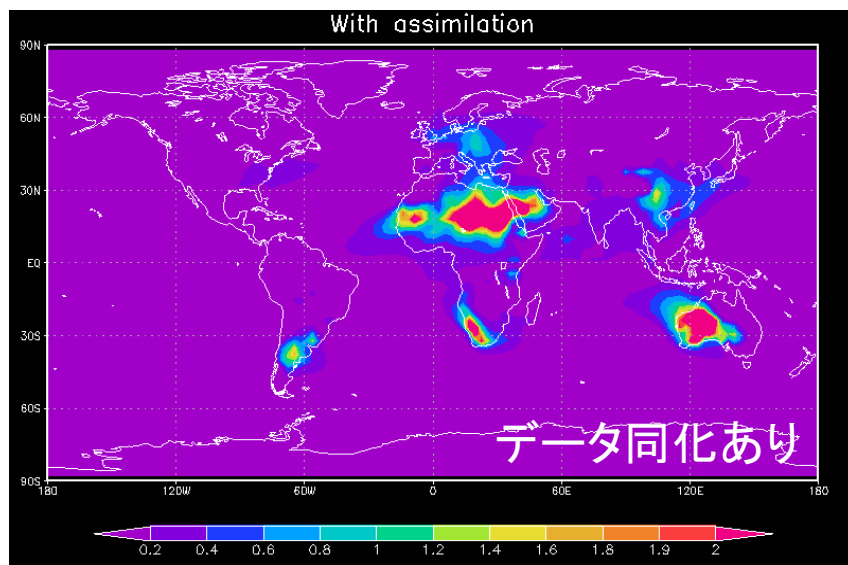
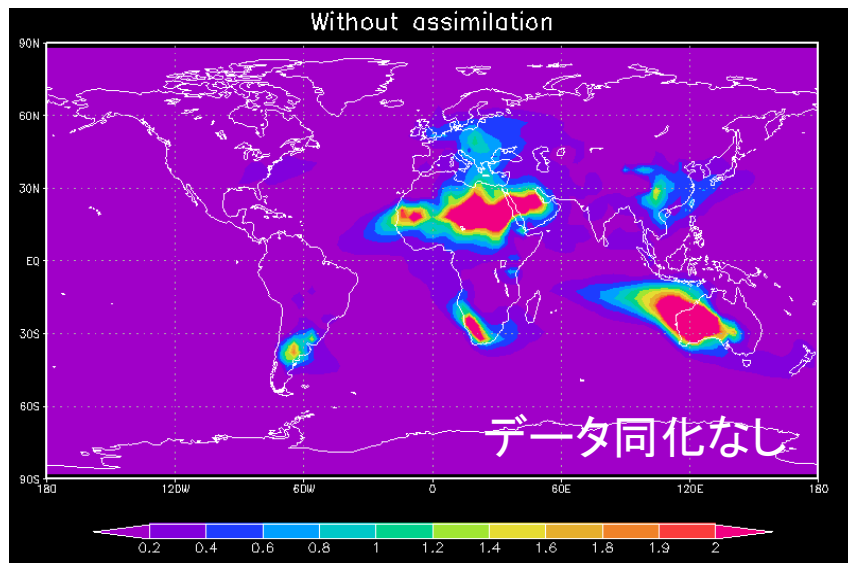
Schutgens et al. (Remote Sens. 2012)



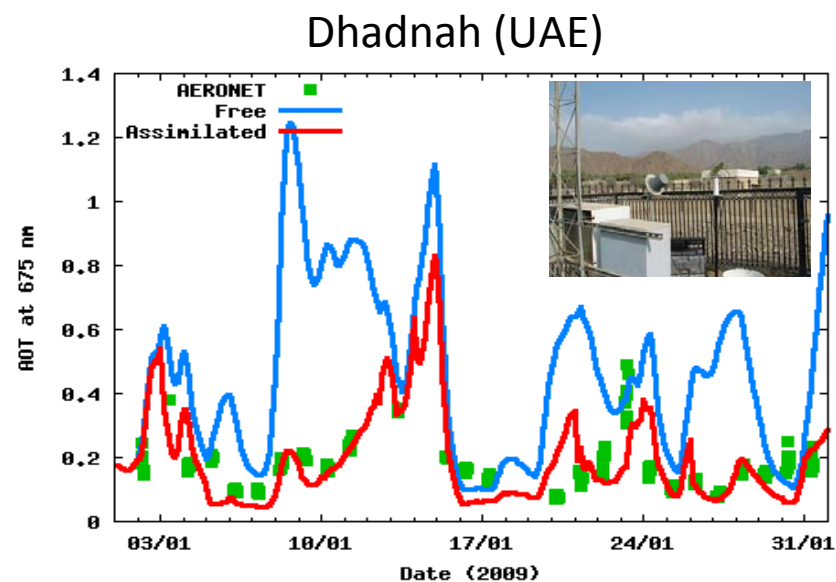
2009年1月9日-30日の平均値



データ同化システムにCALIPSO観測結果を適用



- 本年度は、衛星ライダー観測 (CALIOP/CALIPSO) の532nmにおける減衰付き全後方散乱係数を利用したシステムの適用も開始した。



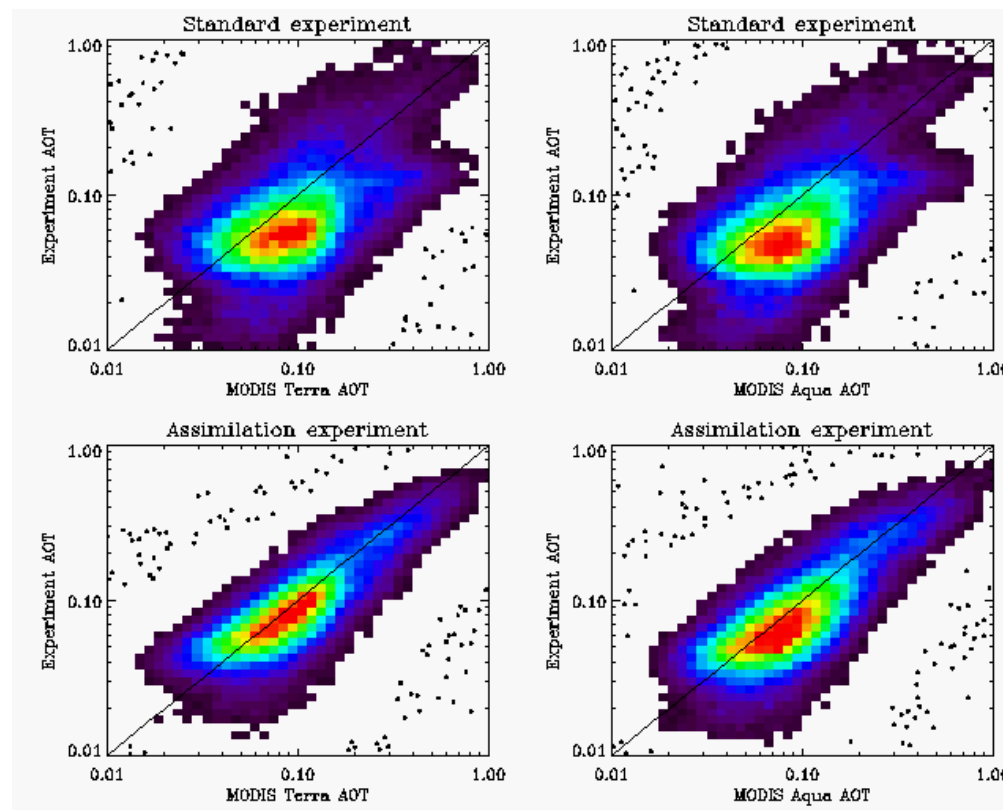
データ同化システムの更新(SPRINTARSv3.84に適用)

	Ver.3.54 (これまでの版)	Ver.3.84 (最新版)
Seasalt	Erickson's parameterization	Monahan's parameterization
Dust	10 size bins	6 size bins
Sulfate	1 size bin	1 size bin, more chemistry (Goto et al., ACP2010)
Carbons	7 species, externally mixed	3 species (Pure OC, BC, OC+BC)
Cloud droplet	Diagnostic	Prognostic

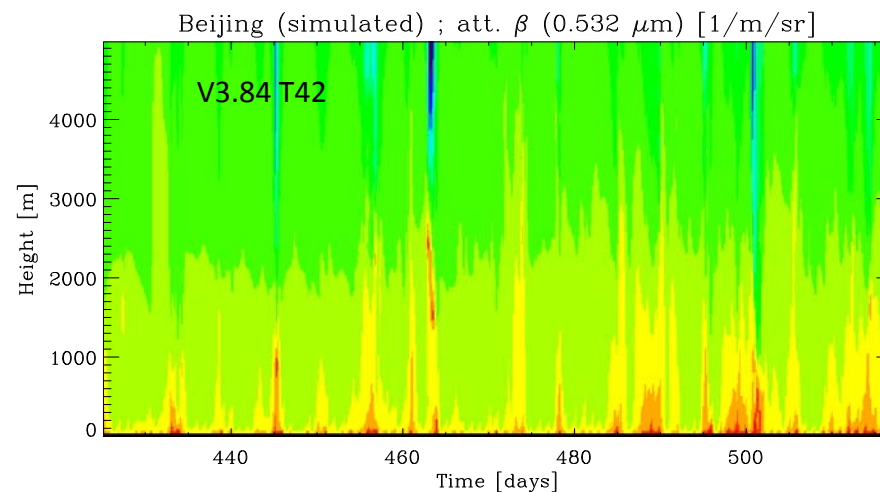
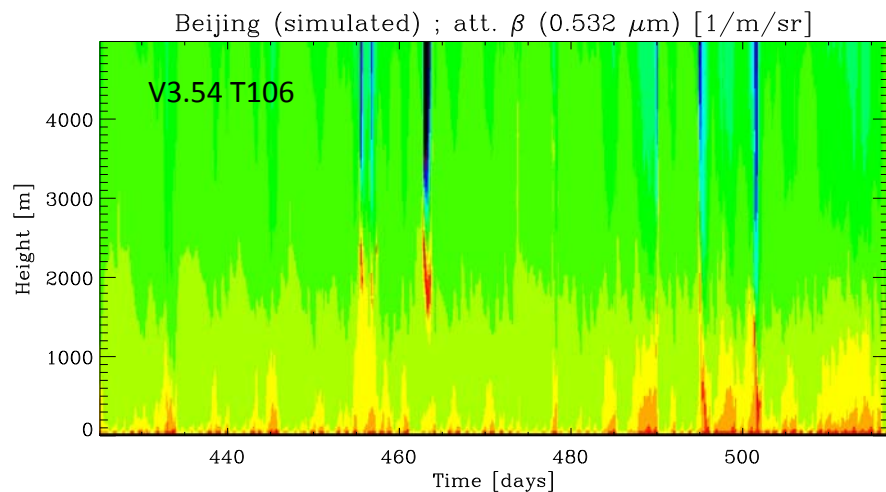
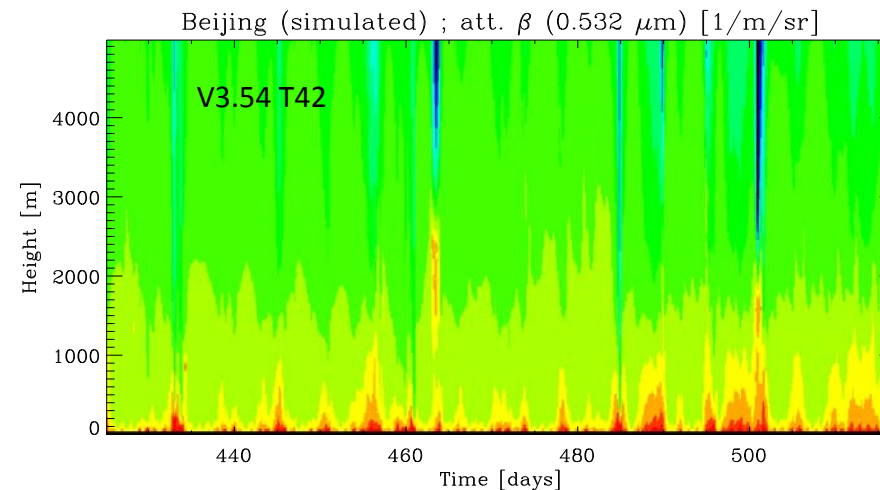
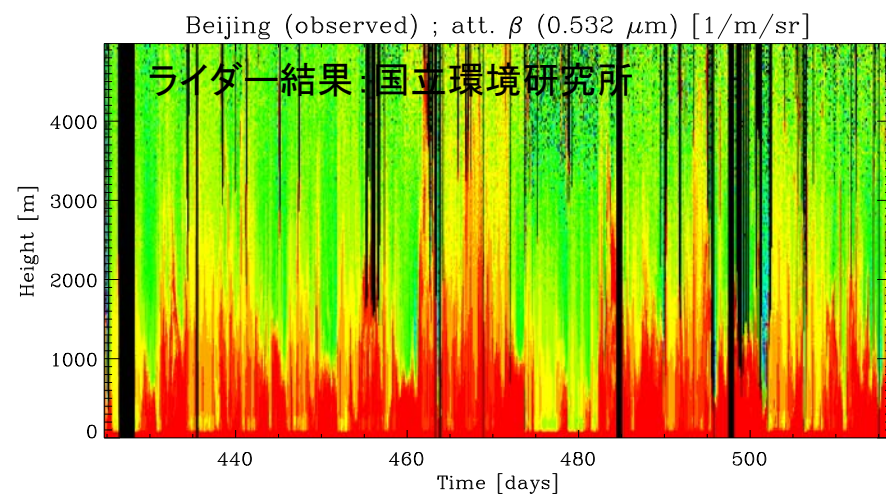
SPRINTARSのversionを更新しても
データ同化が稼働することを確認

v3.54とv3.84の大きな違い:

- Seasaltの濃度
- Sulfateの濃度と鉛直分布

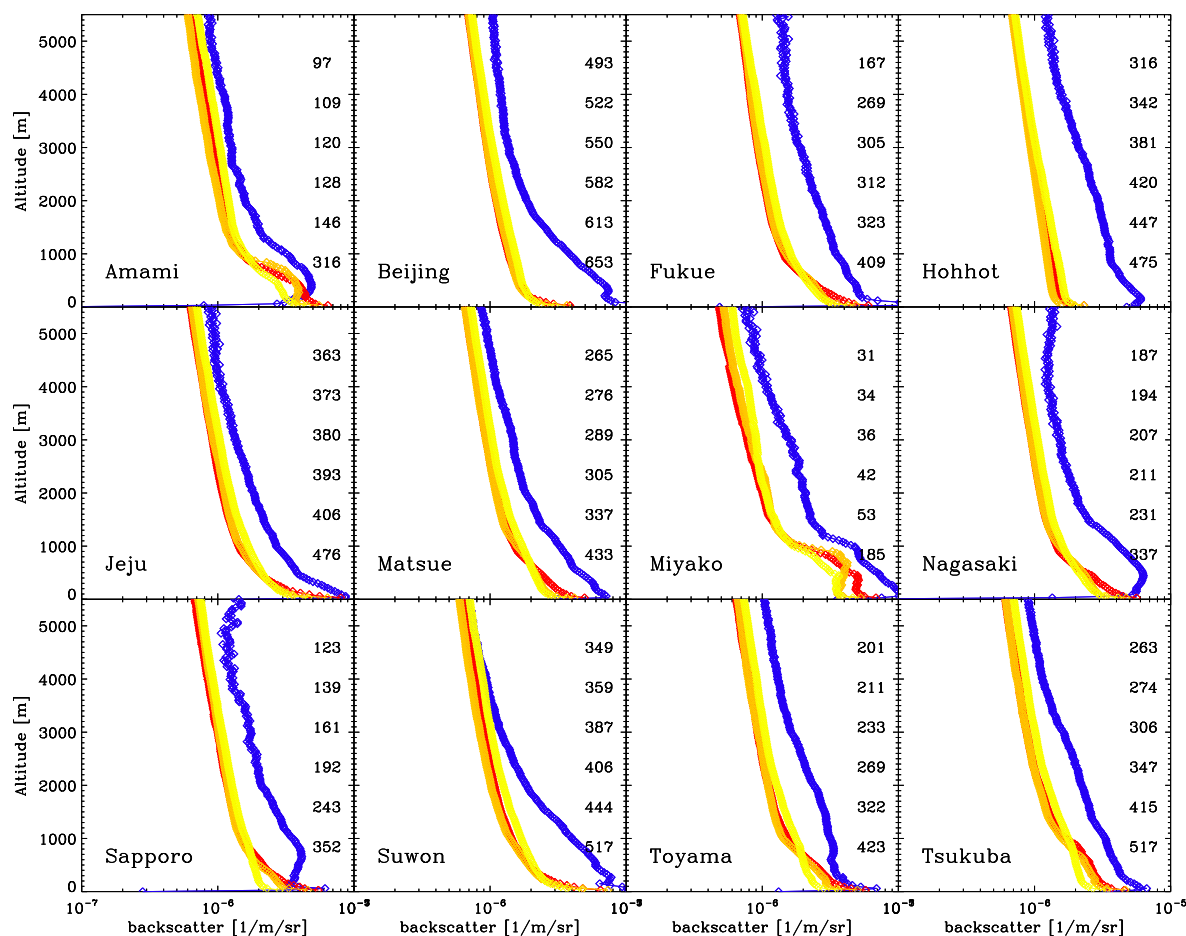


北京での後方減衰係数の比較 (versionの違い、水平分解能の違い)



アジアでの後方減衰係数の比較 (versionの違い、水平分解能の違い)

Observations
 V3.54 T42
 V3.54 T106
 V3.84 T42



ライダー結果: 国立環境研究所のライダーネットワーク

まとめと今後

- 本年度のまとめ：
 - 本年度で、GOSATチームが利用している現行のMIRIC-SPRINTARSの放射強制力の評価を達成することができた。
 - また、同化システムを衛星搭載ライダーにも適用し、MIROC-SPRINTARSの最新版にも適用し、正常に稼働することが確認できた。
 - SPRINTARSは現在、GOSATミッションのCO2リモートセンシング補助 (operational) のために使われている。
 - 国立環境研究所のライダーネットワークデータを用いたライダーデータ同化も適用予定。
- 今後の計画：
 - 今後も継続して、MIROC-SPRINTARSとエアロゾル同化システムの改良を行い、GOSATミッションに対してより正確なエアロゾル情報を提供していきたい。

ありがとうございました。