

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<sup>1</sup>

共同研究者：N.A.J.Schutgens<sup>1,2</sup>, 五藤大輔<sup>1</sup>, 鶴田治雄<sup>1</sup>, 中田真木子<sup>3</sup>

1. 東京大学大気海洋研究所, 2. オックスフォード大学 3. 近畿大学

# 本研究の目的

- 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

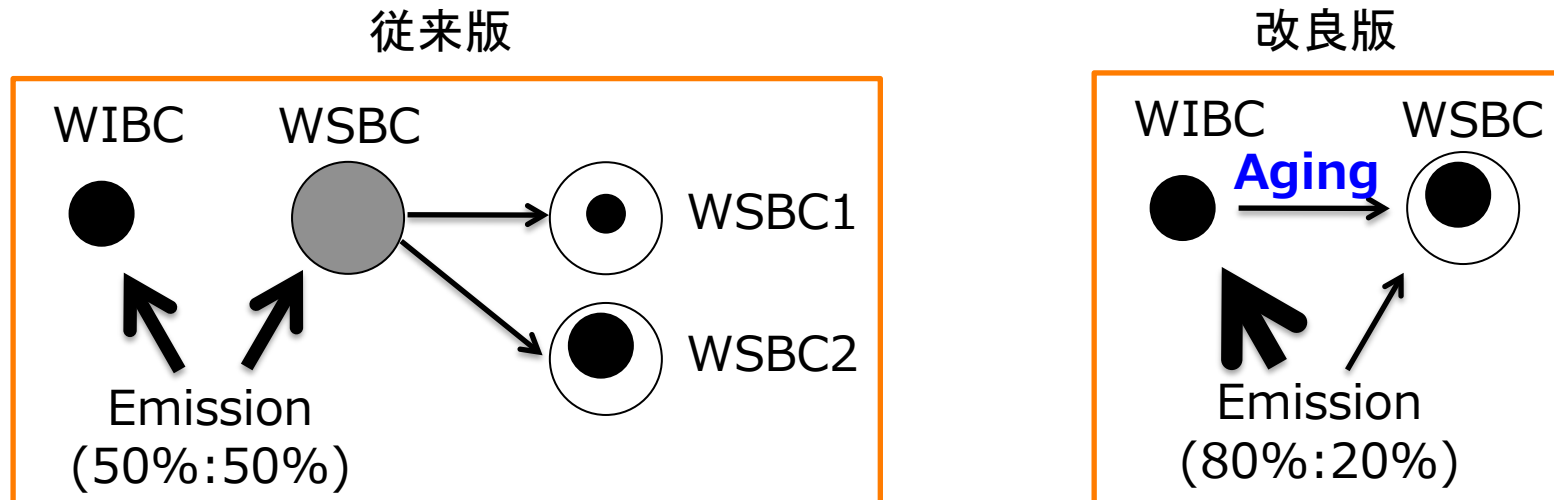
# 本日の発表内容

1. これまで開発を続けてきたCCSR/NIES/FRCGC-大気大循環モデル(MIROC-AGCM)とSPRINTARSエアロゾル放射モデル結合したMIROC-SPRINTARSによる全球エアロゾルモデルを、今年度は光吸収性のあるブラックカーボン(BC)に関する改良を行った。
2. エアロゾル同化システムに関しては、前年度のMODIS衛星とAERONET地上観測網を用いたシステム化に続き、今年度はライダー観測網を利用したシステムの適用を開始した。
3. 同化システムで利用する主要観測データであるMODIS衛星の光学的厚さに含まれるバイアスを算出し、補正式を導入することでより精度の良い観測データを得た。

# 全球エアロゾル輸送モデル: SPRINTARS

- MIROC-AGCMと放射コードに結合されている(Takemura et al., 2005)
- エアロゾル成分
  - Carbon (=OC and BC),  $\text{SO}_4$ ,  $(\text{NH}_4, \text{NO}_3)$ , Seasalt, Mineral dust
- エアロゾルが大気中で受ける主要過程(輸送、発生、除去)を考慮
- Aerosol-Climate feedbacks (direct, 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> indirect)
- T42 (2.8°x2.8°) with 20 layers, nudged to reanalysis meteorological fields (NCEP/NCAR or GPV/JMA)

# SPRINTARSのBC改良方法



- 疎水性BC(WIBC)と親水性BC(WSBC)の取り扱い
- エアロゾルの光学情報やサイズなども最新知見を反映
- 大気変質過程(Aging)は、付加する硫酸ガスや存在するBCの量などに依存した式(Oshima and Koike, 2011)を用いた。

# SPRINTARSモデルの改良結果(BC)

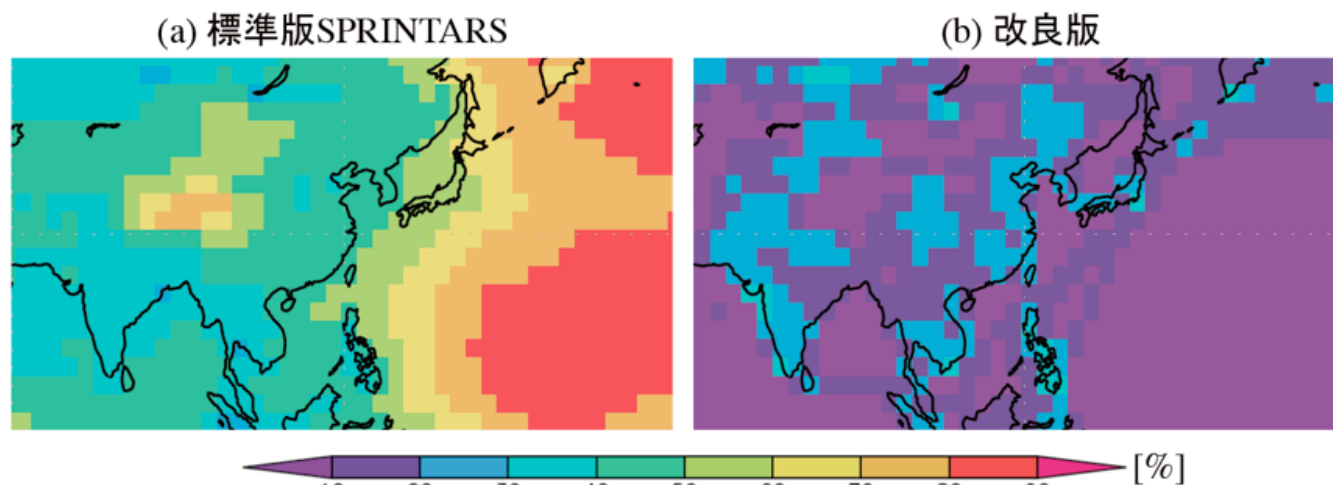


図1 東アジアでの全BC濃度に占める疎水性BC濃度の年平均割合(%)

- 従来版では、親水性BCと疎水性BCの割合が遠方で観測事実と異なることがわかった(図1(a))。しかし図1(b)に示す改良版では、発生源近傍で多くの疎水性BCが親水性BCに変化することにより、遠方に行くほど疎水性BCの割合が小さくなり、遠隔地域では10%以下となる結果を得た。
- このような発生源から遠方までのBCの特性変化の結果は、観測事実と同様のセンスであるため、BCの大気変質過程をSPRINTARSモデルに組み込むことが重要であることがわかった。

# エアロゾルデータ同化: Ensemble assimilation (Kalman Filter)

(本研究では20メンバーで実験をしている)

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

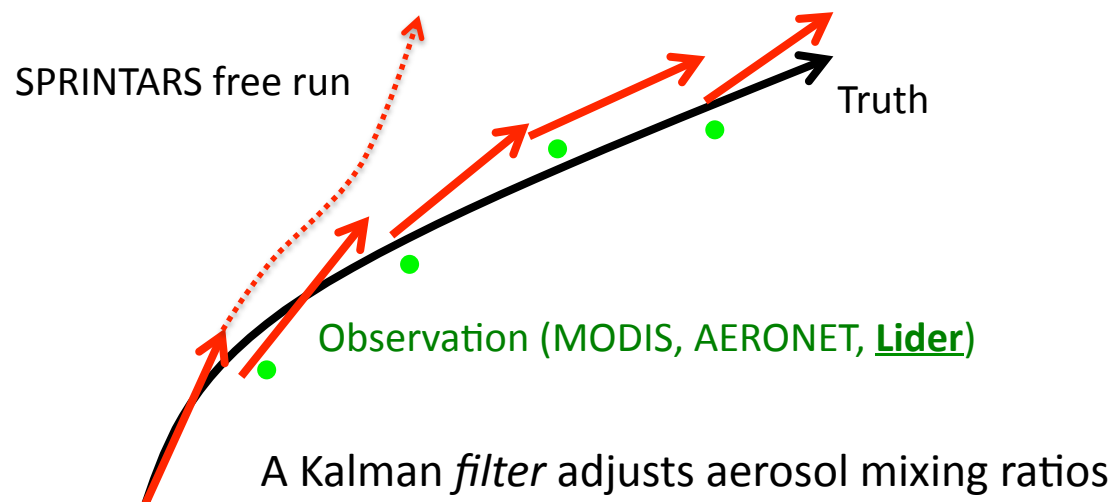
[Rodgers, 2000]

a: analyzed state

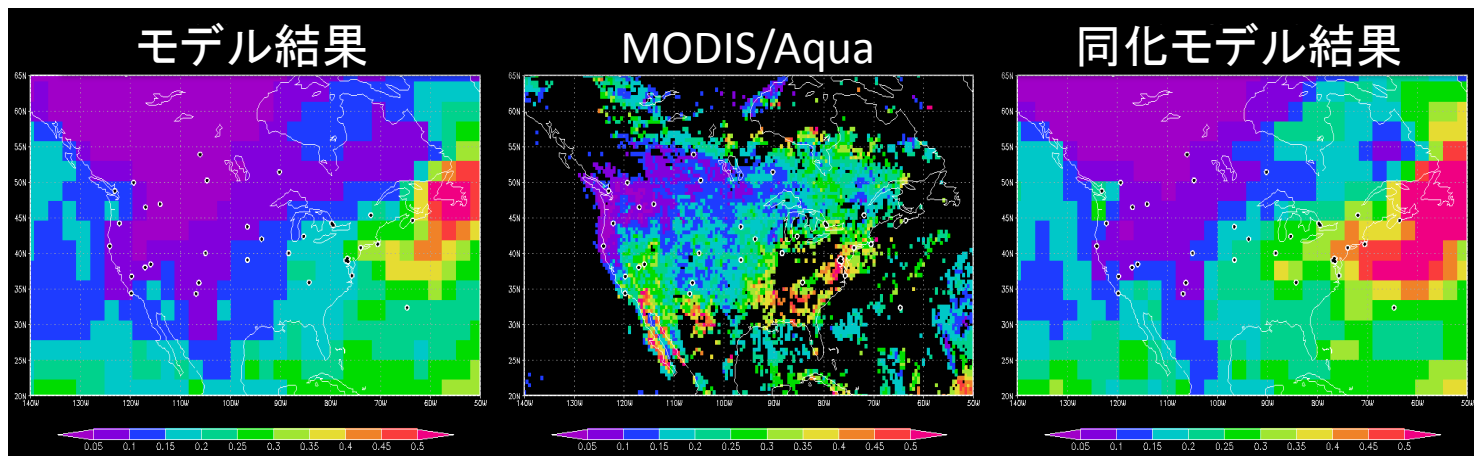
f: forecast state

y: actual values

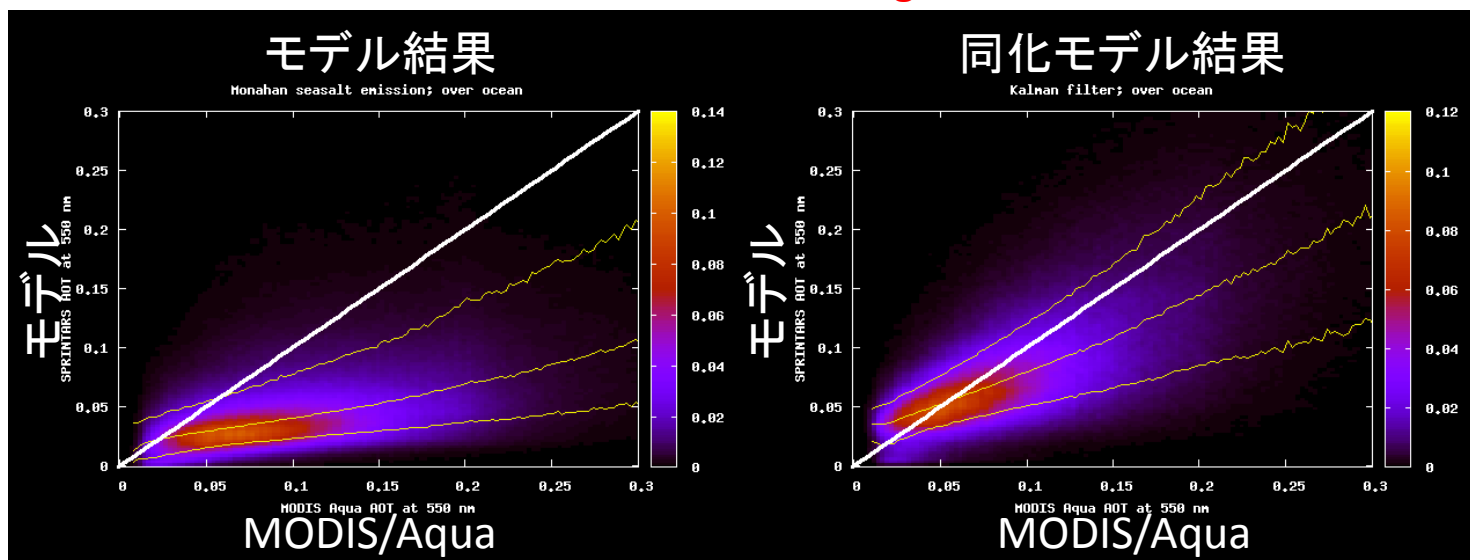
$\mathbf{H} \mathbf{x}_f$ : simulated values



# KF (Kalman filter)の結果 : AOT550nmでの比較



Schutgens et al. ACP 2010a, 2010b





# ADNETライダーを用いたエアロゾル同化結果

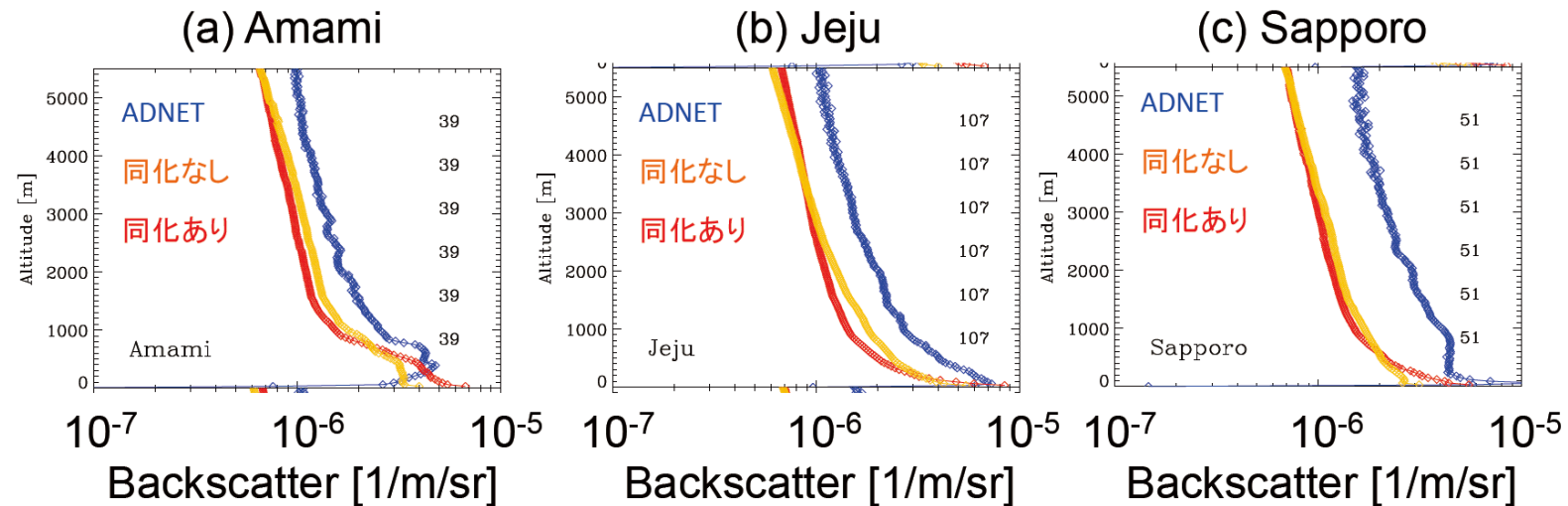
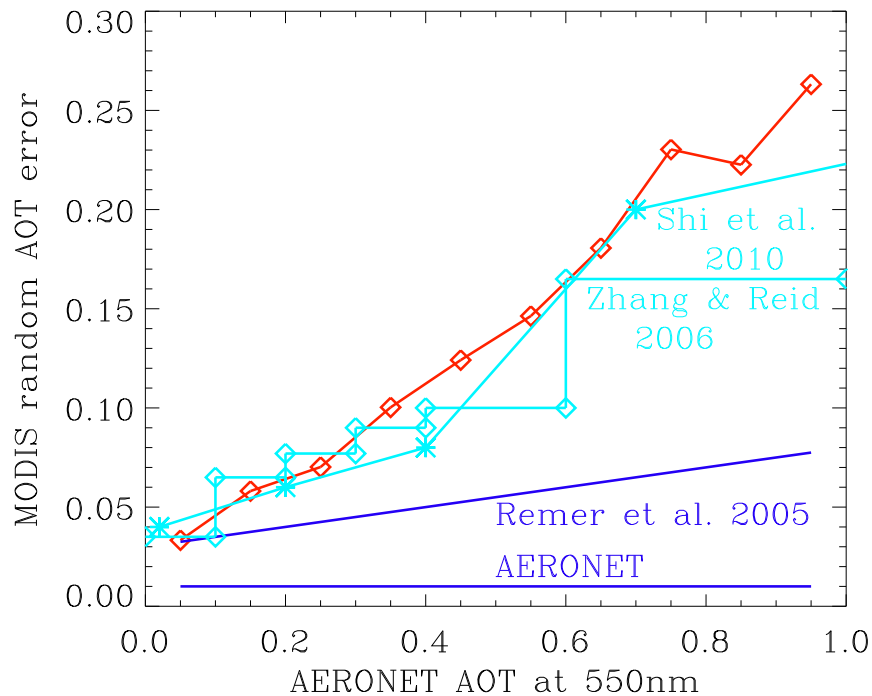


図2 ライダー比の鉛直分布比較(データ同化なし、同化あり、ADNETによる観測結果)。  
(a) 奄美大島、(b) 济州島、(c) 札幌における結果

- 今年度はライダー観測網を利用したシステムの適用を開始した。
- ライダー比(後方散乱係数と消散係数の比)を観測結果と比較したところ、データ同化を施しても、結果があまり改良されなかった(図2)。
- これは、MIROC-SPRINTARSのモデルで再現されたエアロゾルが境界層内に多く分布しており、自由対流圏に抜けていくエアロゾルの割合が非常に少ないことが第一要因として考えられる。

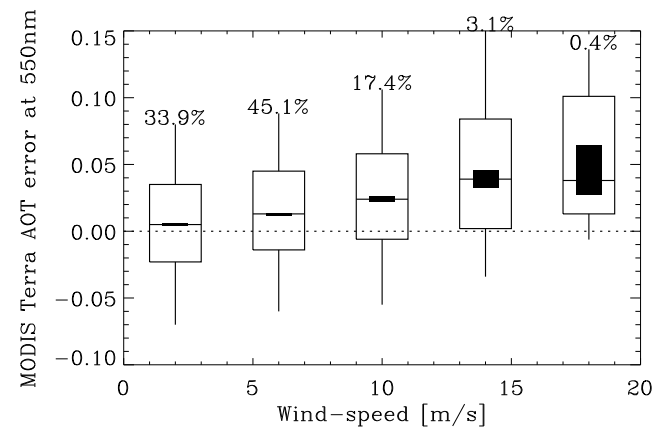
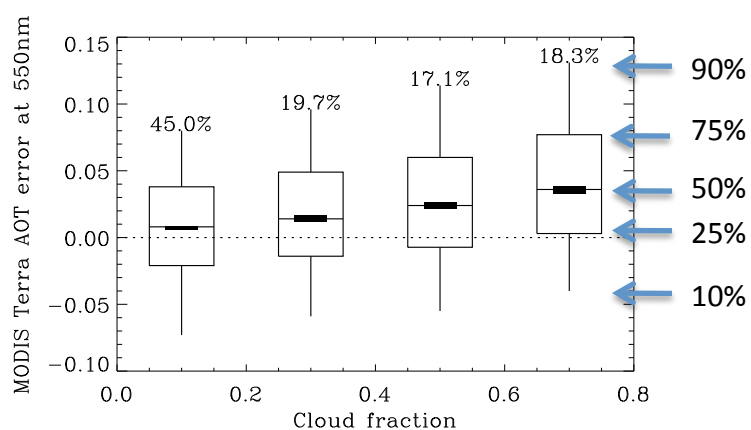
## 観測データ(MODIS)の誤差補正①



- データ同化に使用する観測データにも誤差が含まれる場合があります、この誤差はデータ同化システムの精度に影響を及ぼします。
- そのため、本研究では同化システムで利用するMODIS衛星の光学的厚さ(海上)に含まれるバイアスを算出した。

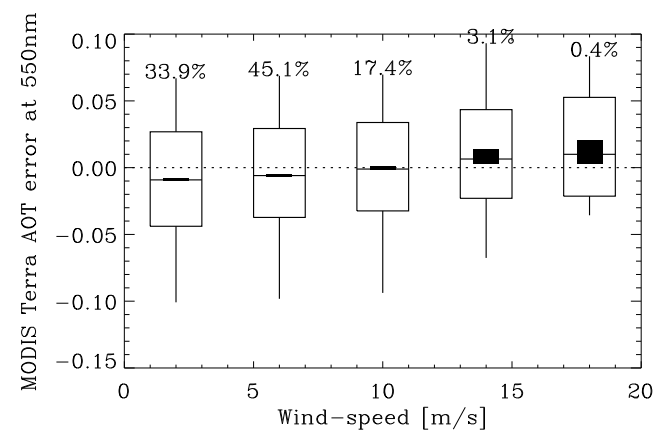
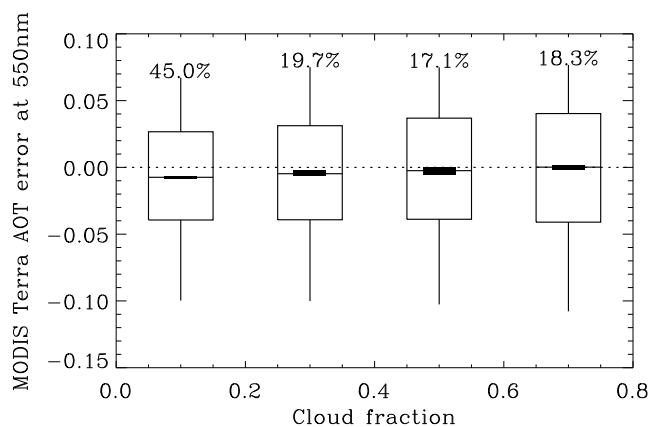
# 観測データ(MODIS)の誤差補正②

Standard MODIS product



$$\text{New AOT} = a_0 + a_1 \text{ AOT} + a_2 \text{ AE} + a_3 \text{ CLOUD-FRACTION} + a_4 \text{ WINDSPEED}$$

After empirical correction



MODIS Terra AOT at 550nm for 2003 - 2009

## 観測データ(MODIS)の誤差補正③

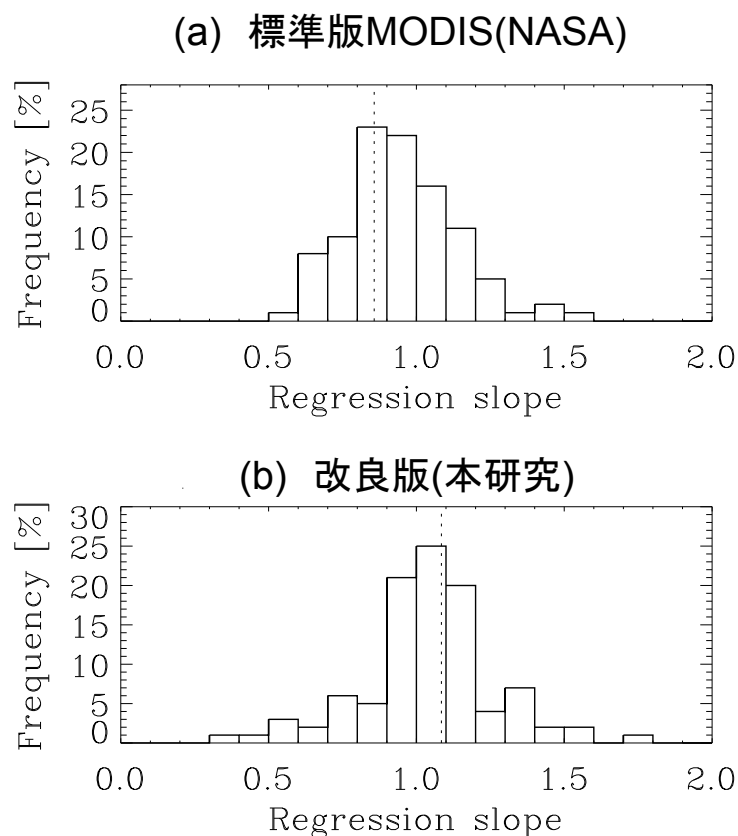


図3 AERONET観測とMODIS衛星によって得られた光学的厚さの比較。横軸は両者の相関係数、縦軸は規格化した頻度を表す。(a) NASAが配信するMODIS標準版の結果、(b) 本研究における改良版。

- 主に、雲量が多い場所や風速が強い場所で誤差が増える傾向がわかり、雲量と風速による補正関数を導入することで、MODISの光学的厚みの改良を行った(図3)。
- 今後は、この補正を他の衛星にも適用し、データ同化のためのより良い観測結果を導出する。

# まとめと今後

- 本年度のまとめ：
  - GOSATチームが利用している現行のMIRIC-SPRINTARSに関して、その化学成分(昨年度は硫酸塩と硝酸塩、本年度はブラックカーボン)の高精度化が達成できた。
  - しかし、ライダーと比較した結果から認識されたエアロゾルの鉛直分布の再現性の問題は、今後もモデル改良の点から取り組むべき課題となった。
- 今後の計画：
  - 改良したMIROC-SPRINTARSとエアロゾル同化システムの組み合わせを行い、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する
  - GOSATのデータを本モデルと組み合わせることによって、より正確なエアロゾルの放射強制力の評価を試みる