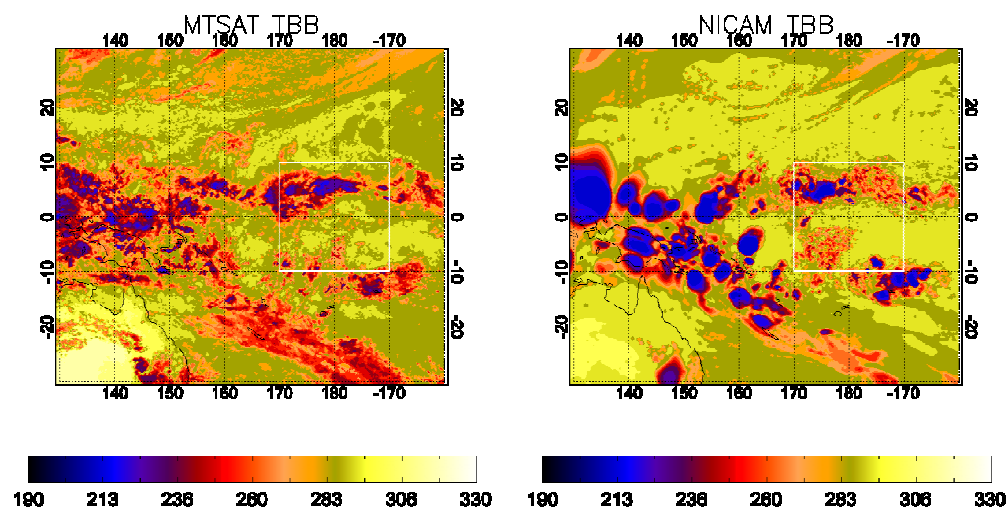


「NICAMによる雲降水システムの研究」

佐藤 正樹¹(課題代表者),
沢田雅洋¹(発表者), 端野 典平², Woosub Roh¹

1: 東京大学大気海洋研究所

2: 中央研究院環境変遷研究センター(台湾)



本日のトピック

1. Cloudsat-CALIPSOとの比較
2. TRMMとの比較
3. 同化システムのテスト実験

Horizontal distribution of TBB
(6UTC 2nd Jan 2007)

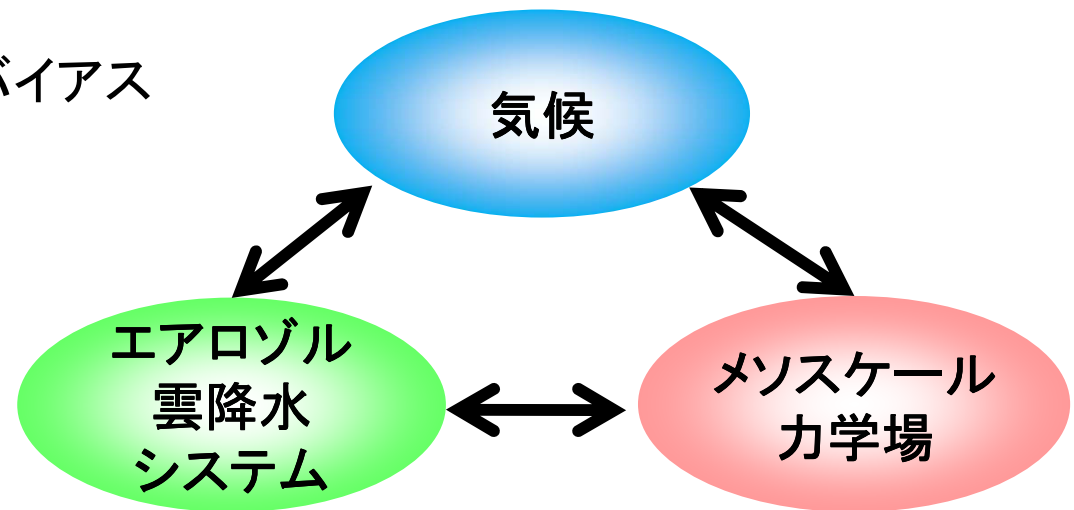
平成25年度スーパーコンピュータ
利用研究報告会(国立環境研究所,
2013年12月19日)

研究の背景と目的

温暖化問題において、エアロゾルや雲降水システムの不確定性が大きく、温暖化ガスによる放射強制力に匹敵する強制力を生み出す可能性が指摘されている(IPCC AR5 Chap.7, 2013)。

データ同化における物理過程バイアス

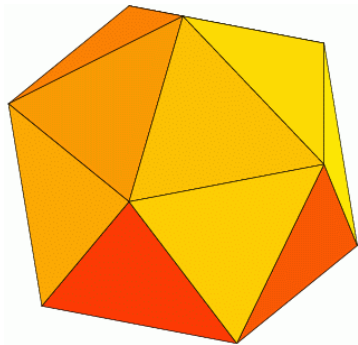
GCMsやGlobal Cloud System Resolving Models (GCSRM)のエアロゾル、雲降水システムの評価と改良が必要。



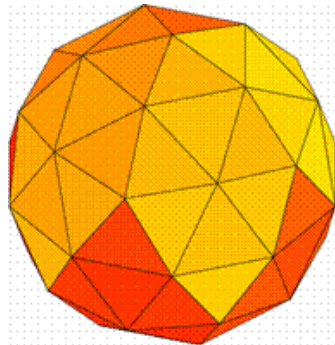
- 衛星観測を用いた雲降水システムの再現性評価と改善
e.g. 熱帯のスコールライン、北極の混合相の層状雲
- 基礎過程の解明
e.g. 力学場と雲降水場、エアロゾルと雲の相互作用

NICAM: 雲降水システムを明示的に表現する全球モデル

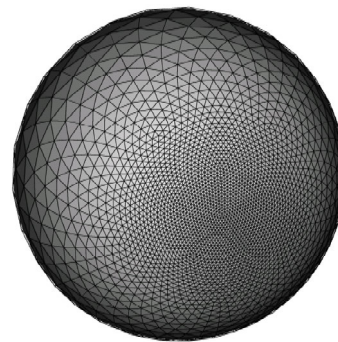
- 正二十面体を基本とする格子システム
 - 格子を細かく分割して高解像にする
 - ストレッチ格子 → 領域シミュレーション
- 非静力学方程式系
- 雲微物理スキーム(雲・雲氷・雨・雪・霰) → 積雲パラメタリゼーションを用いない



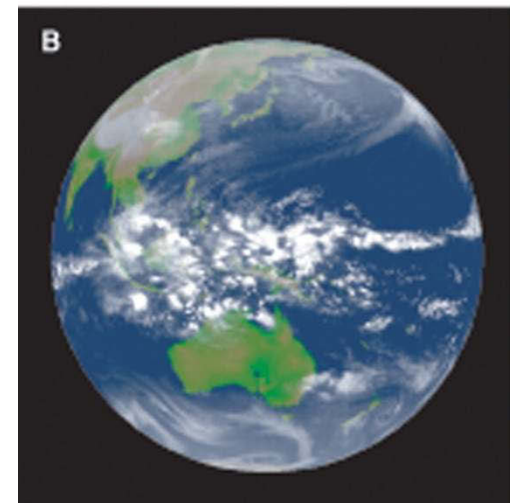
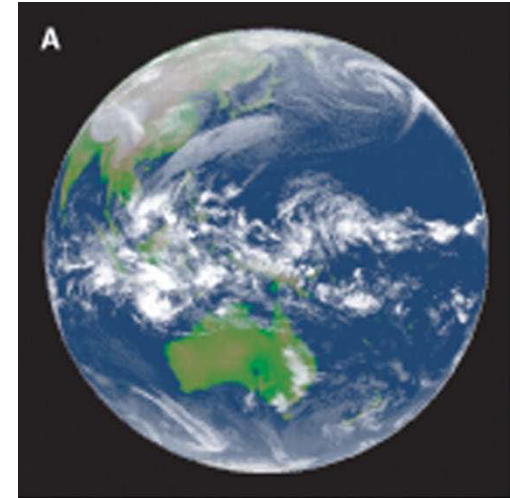
正二十面体



1回分割



ストレッチ格子



同時刻の衛星画像(上)と
3.5km格子シミュレーション(下)
Miura et al. (2007)

実験設定

2008年6月に発生した台風 Fengshenを含む熱帯雲降水システムの再現実験。

実験設定

- ストレッチ14km格子
- MYNN2.5境界層スキーム
- 初期場: 6月15日00UTCのECMWFの再解析データを使用
- NOAAの海面水温分布を与える
- 雲微物理: NSW6
Single-moment scheme
- 衛星観測データシミュレータ



NSW6 (Tomita 2008)

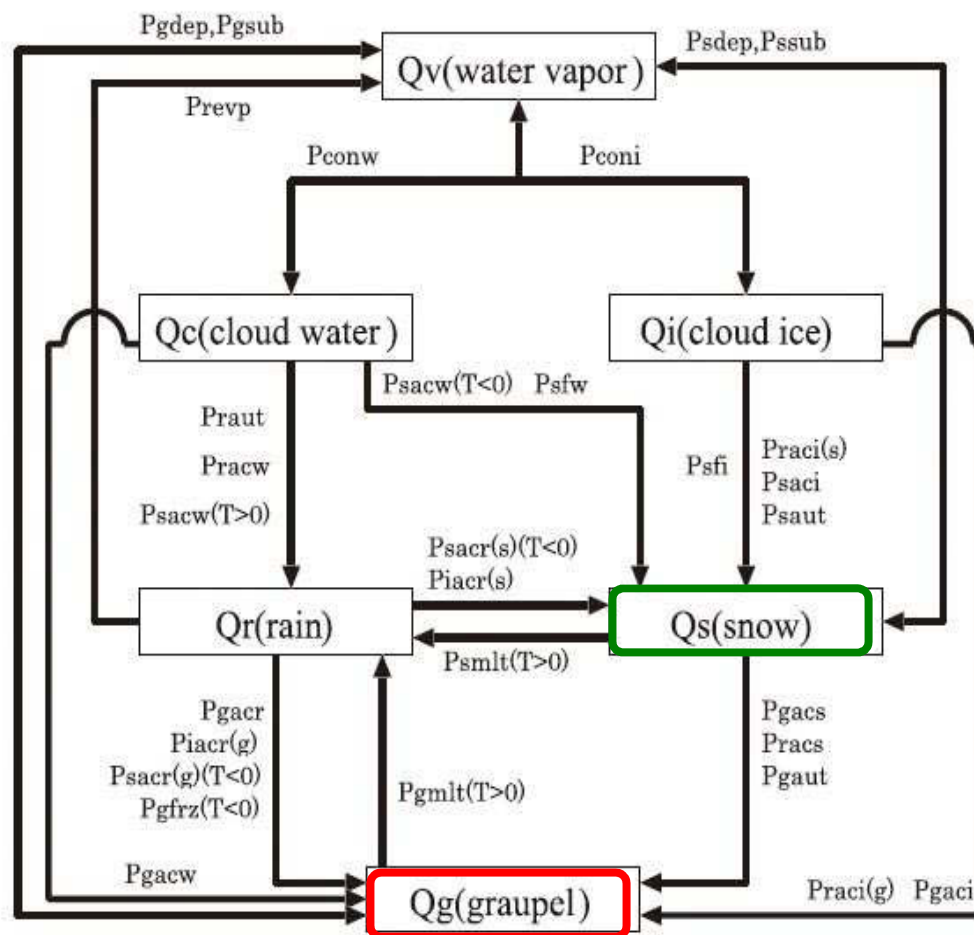


Fig. 1. Conversion diagram for the six-class microphysical scheme.

【昨年度】

感度実験

SDGD

雪: 2-moment scheme (Morrison et al. 2005, Morrison and Pinto 2006; Morrison et al. 2009)を用いて、粒径分布の定数を同定。密度を粒径の関数に設定。

$$N_{0s} = 6000.0 \cdot \lambda \cdot \exp\{-0.05(T - T_0)\} \quad m=0.00785D^2$$

霰: 同上だが、密度は0.4 g/cm³のまま

$$N_{0g} = 1000.0 \cdot \lambda \cdot \exp\{-0.2(T - T_0)\}$$

SEGD

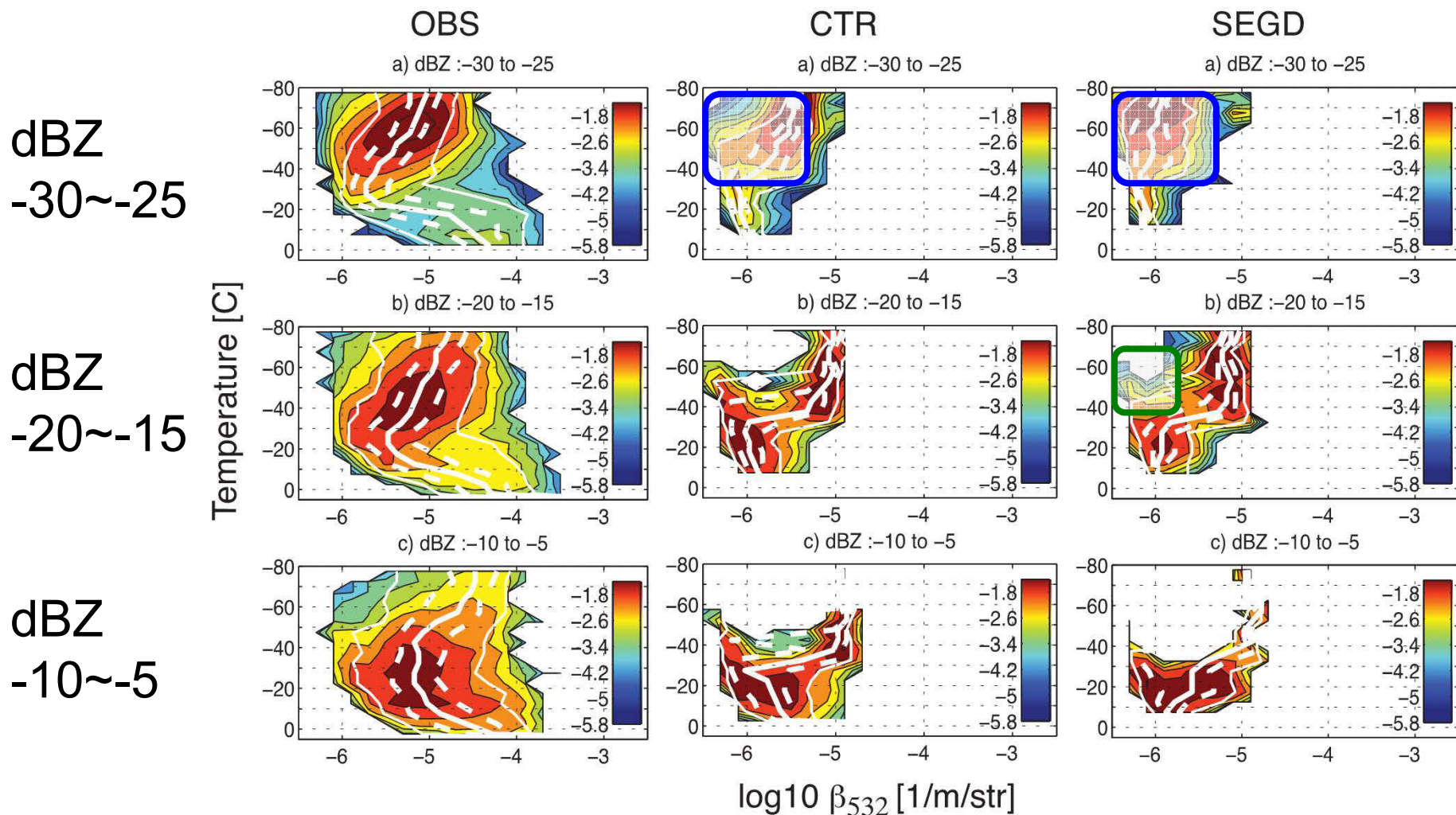
雪: 飛行機観測に基づき粒径分布の定数を同定。密度はSDGDと同じ。

$$N_{0s} = 2.0 \cdot \lambda^2 \cdot \exp\{-0.2(T - T_0)\} \quad m=0.00785D^2$$

霰: SDGDと同じ

【昨年度】

雲頂における、雲レーダーで分類した、ライダー後方散乱係数の気温による同時確率分布(BETTER Diagram)



- -30~-25dBZ: CTRとSEGDともに、OBSよりも後方散乱係数が小さくなる傾向
=>観測に比べ、有効半径(質量)が大きい(小さい)。
- -20~-15dBZ: SEGDでは $T < -35^{\circ}\text{C}$ でのモードが改善

【昨年度】

雪の粒径分布のパラメタリゼーション

- 雪数密度 (N) : 気温とIWCでパラメータ化(Thompson et al. 2008)
 - Field et al. (2005) の観測
 - bimodal size distribution
 - $m(D) \propto D^2$

$$N(D) = \frac{M_2^4}{M_3^3} 490.6 \exp(-20.78x_{23})$$

Exp. dist.

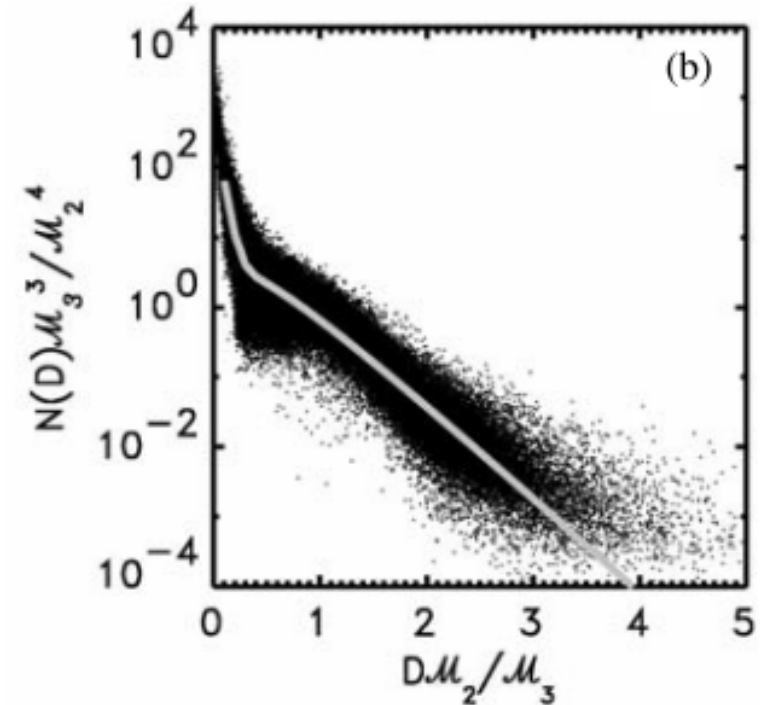
$$+ 17.46x_{23}^{0.6357} \times \exp(-3.290x_{23})$$

Gamma dist.

$$x = D(M_i/M_j)^{1/(j-i)}$$

$$M_n = \int_0^\infty D^n N(D) dD$$

$$M_n = a(n, T_c) M_2^{b(n, T_c)} \quad (M_2: \text{IWC})$$



(Fig. 11 from Field et al. 2005)

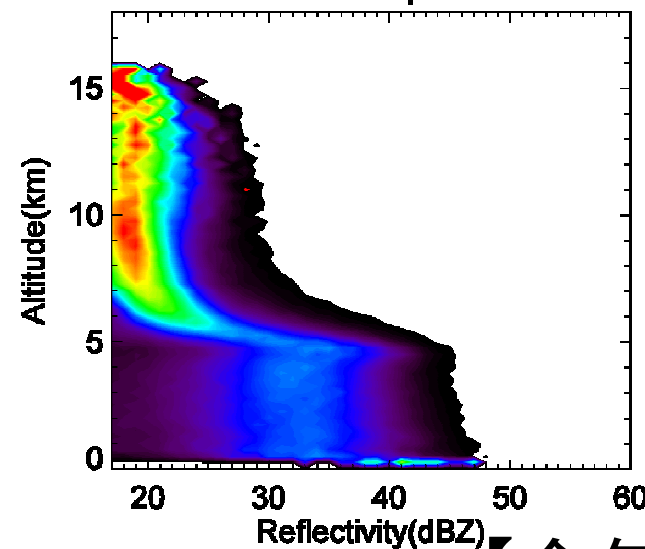
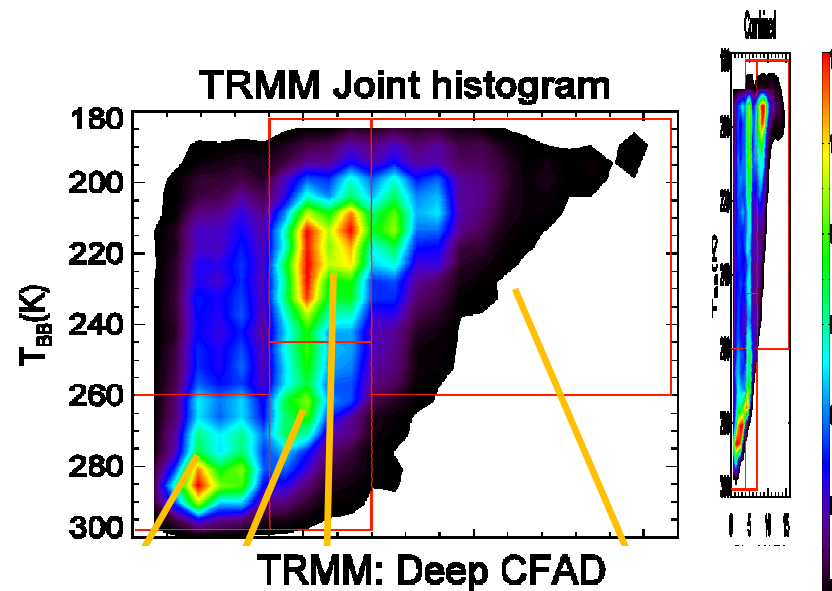
【今年度】

TRMMを用いた雲降水システムの評価

T3EF: TRMM Triple-Sensor Three-Step Evaluation Framework

(Matusi et al., 2009, SDSU)

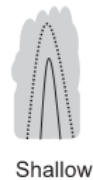
- 1) エコー頂高度 (PR) と T_{BB} (VIRS) の Joint histogram を作成し、雲の種類を定義
(Masunaga et al. 2005)
- 2) 各雲の種類に対して、降雨強度の CFAD を作成
- 3) 反射強度 (TMI PCT_{b85}) の累積確率分布の作成



1. Shallow
 $T_{b_i} > 260K$
 $H_{ET} < 4km$

2. C

4kr

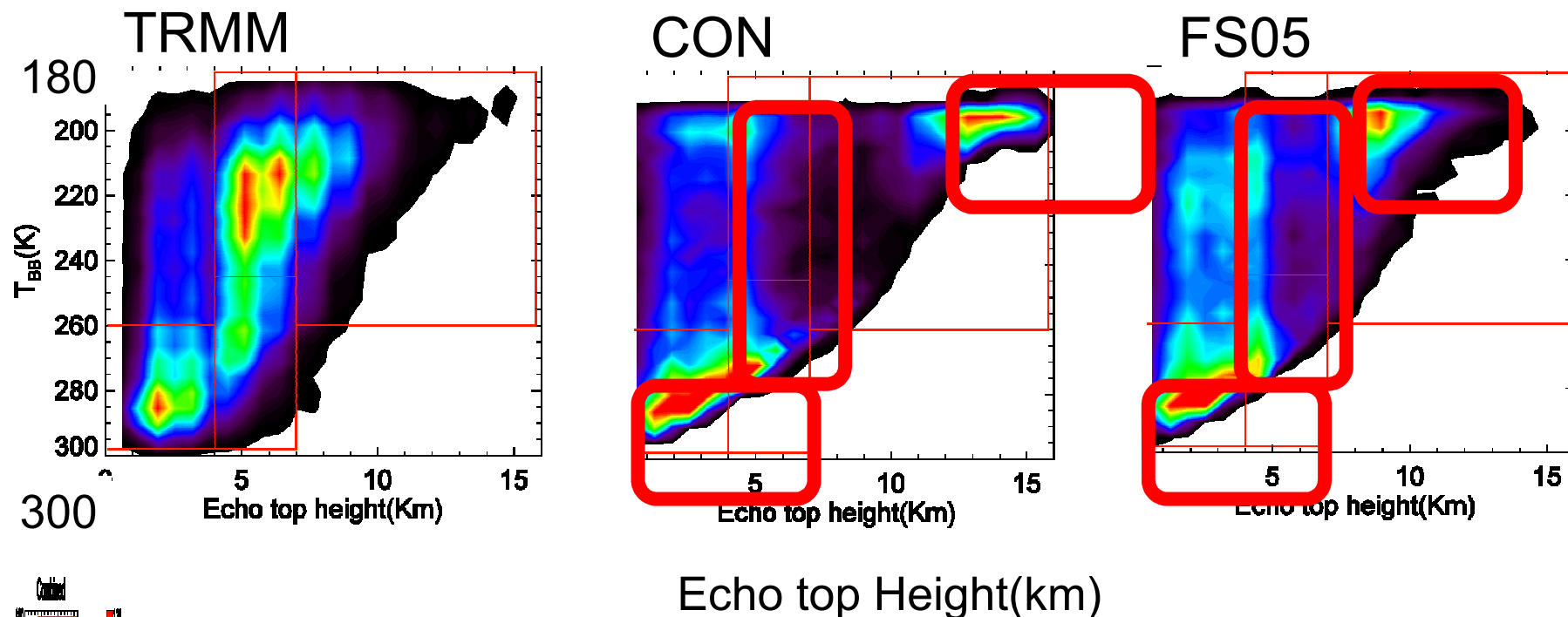


Shallow

C

【今年度】

雪の粒径分布の感度実験



■ Deep clouds

CON: 過大評価、 FS05: 過大評価を改善

=>雪カテゴリの粒径の大きい粒子が減少したため

■ Congestus&mid-cold clouds

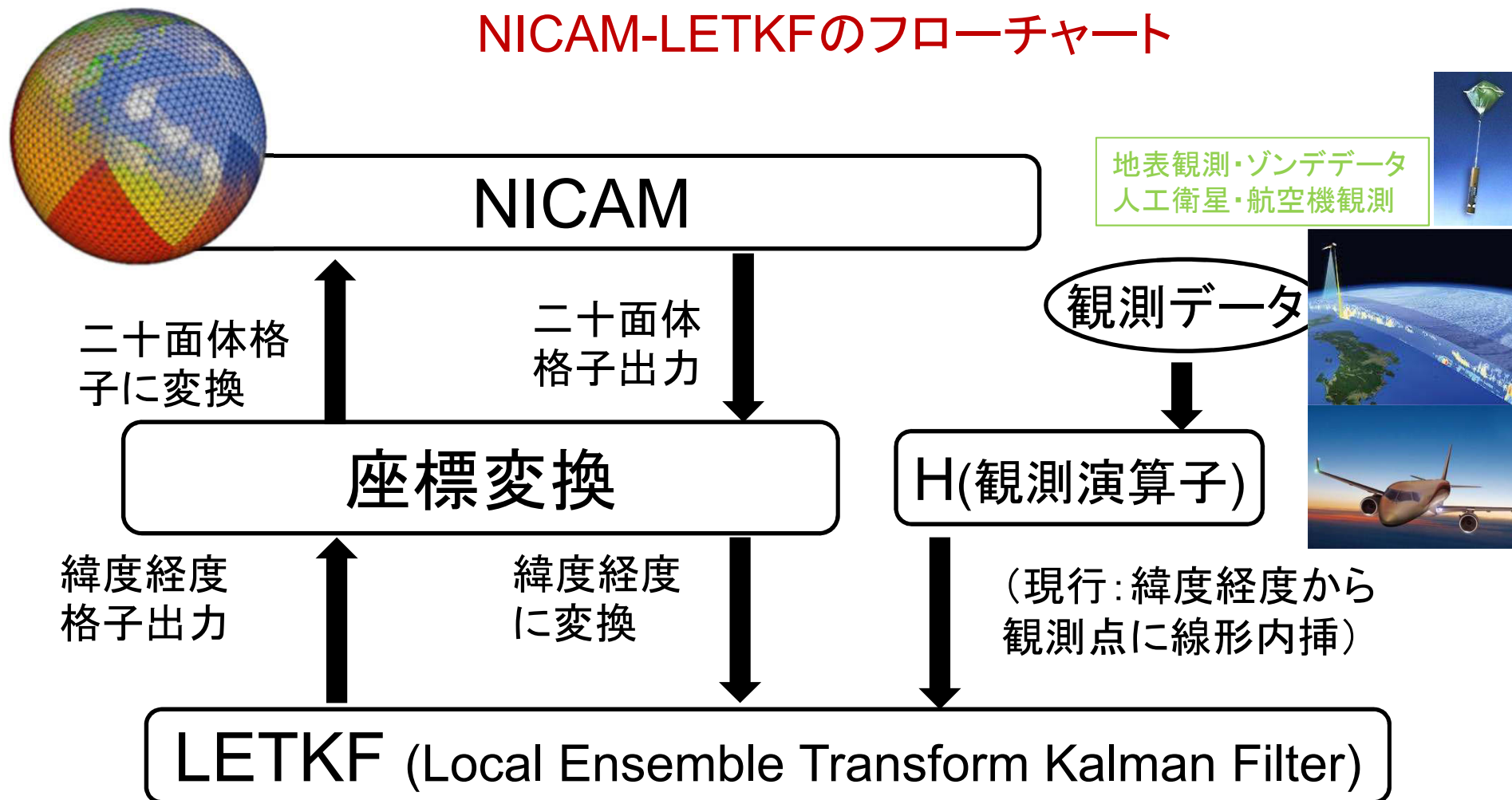
CON: 過小評価、 FS05: やや改善

=>雲氷の併合過程が促進され、雲氷が減少したため

【今年度】

NICAMによるデータ同化システム

NICAM-LETKFのフローチャート



LETKF(局所アンサンブル変換カルマンフィルタ): 観測点の近接点にweightをかけてデータ同化する手法

【今年度】

モデル概要と実験設定

- モデル: NICAM (Sato et al. 2008)
- 水平・鉛直解像度: 112km, 38層
- 対流パラメタリゼーション: Arakawa-Schubert
- 積分期間: 2011/11/01 - 2011/12/01 (Nature run)
- アンサンブルメンバー数: 20(はじめ2日間はスピナップ)
- 同化システム: LETKF (Miyoshi and Kunii 2011)
- 同化サイクル: 6h
- 膨張係数: adaptive inflation
- 水平・鉛直局所化距離: 400 km、0.2 logP
- 解析変数: u , v , w , t , p , qv , qc , ps , rain

【今年度】

疑似観測分布

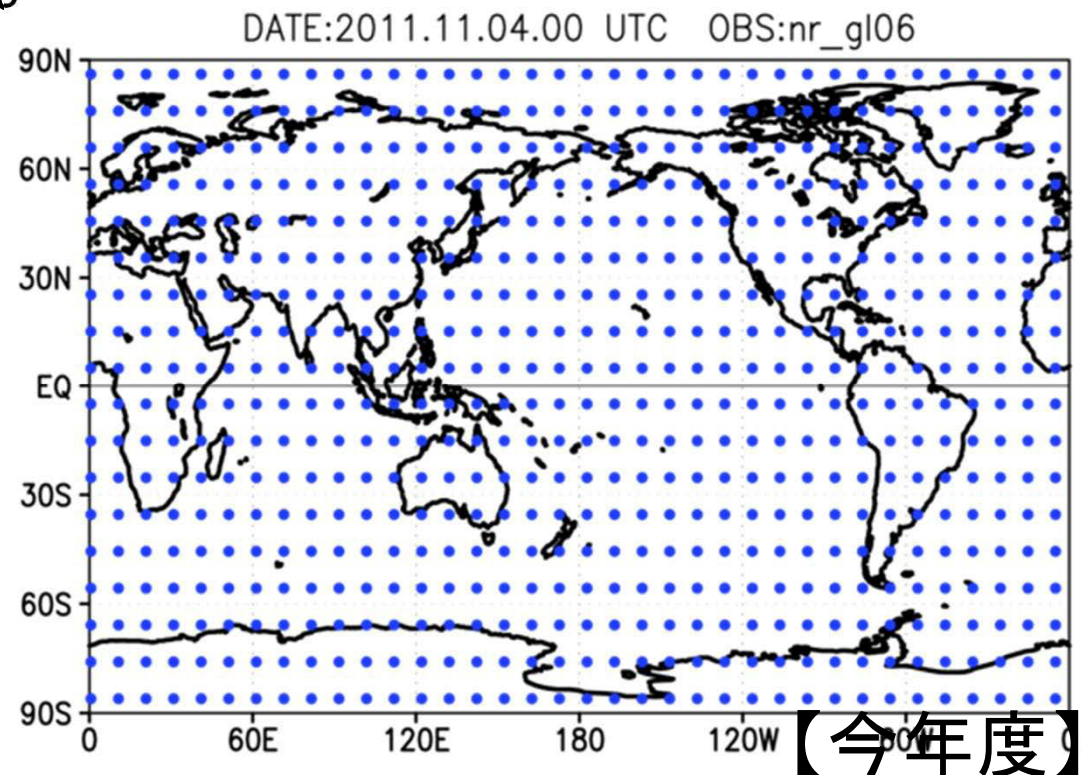
- 緯度・経度方向に約10度間隔
- 鉛直には2格子おき、100hPa以下
- 観測点の平面的な密度: 1.8% (1変数あたり)
- 全領域の密度: 2.5%
- 変数・観測誤差:

u, v: 1m/s,

t: 1K,

q: 1g/kg

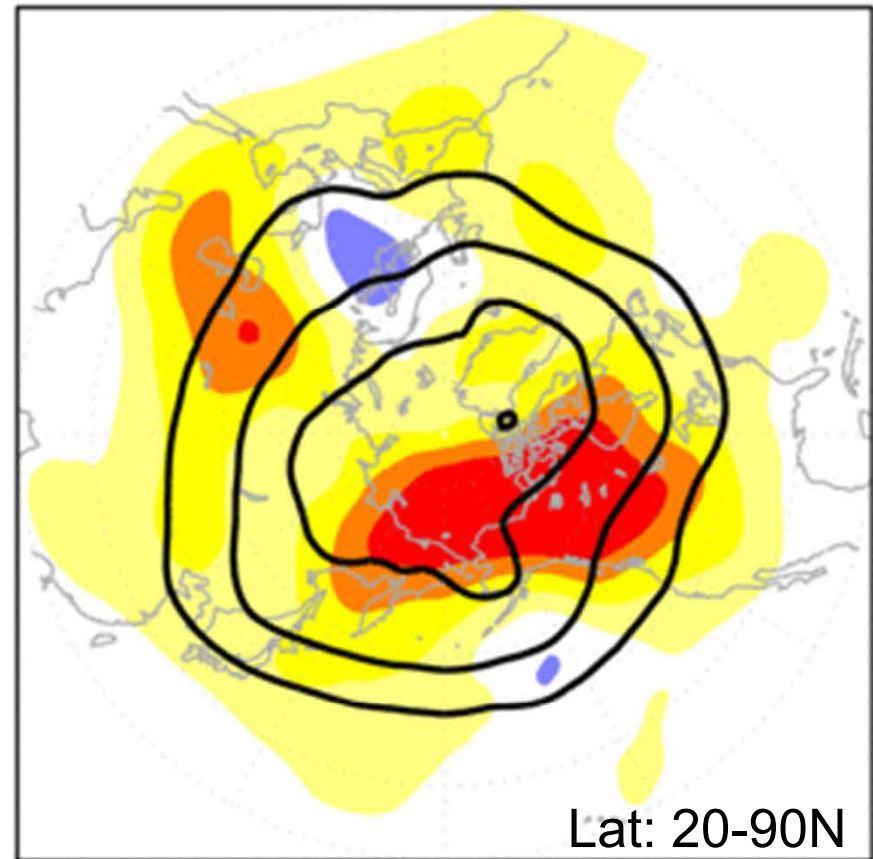
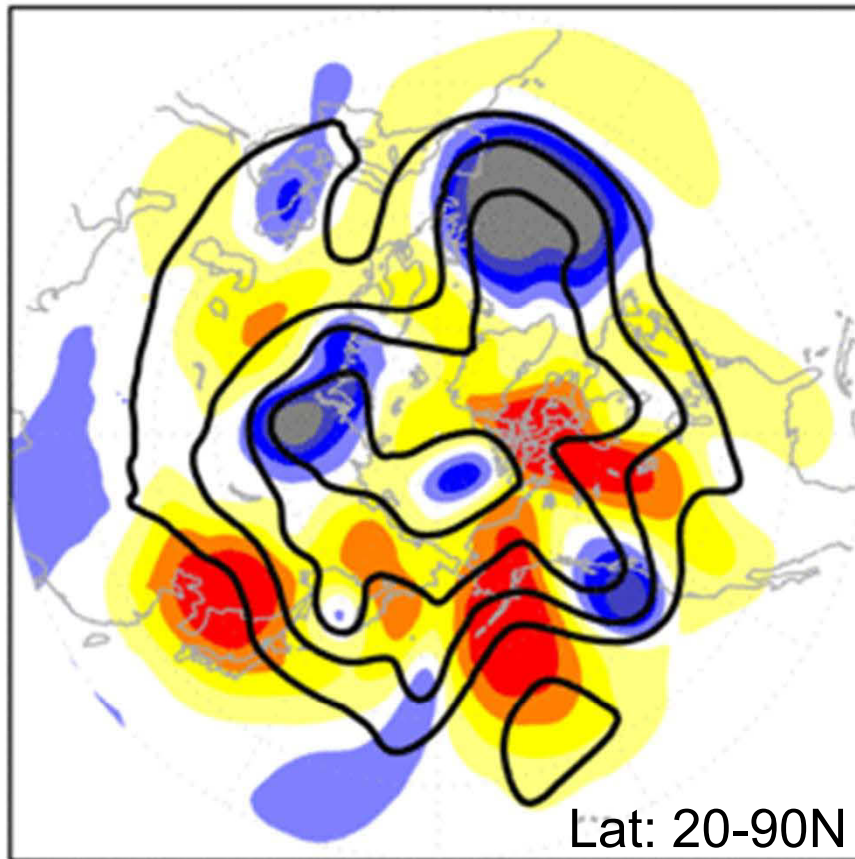
ps: 1hPa



Z500の比較

Nature-run(真値)

NICAM-LETKF(解析値)

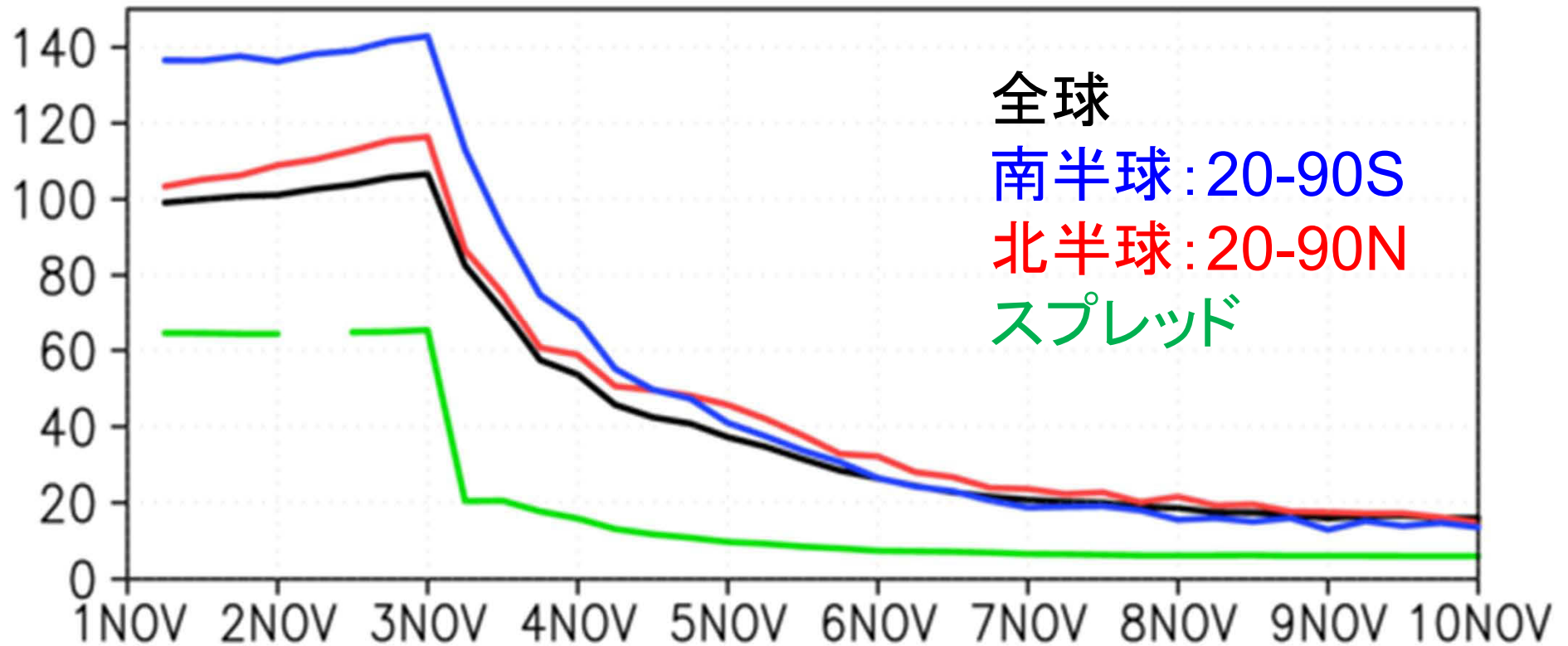


Time: 2011.11.03-00UTC

1か月平均値からの差(m)

【今年度】

Z500のRMSEの時間変化



- ・サイクルを回して、3日程度で収束
- ・一様な観測分布なので、半球間の違いなし
- ・スプレッドが小さ過ぎる(RMSEと同程度が望ましい)

【今年度】

まとめ

- **全球雲解像モデルNICAMによる数値実験**
 - 複数の衛星観測を用いた雲降水システムの評価・改善
 - 雲微物理モデルの改良: 雪・霰の粒径分布、粒子密度と半径の関係
- **CloudSat-CALIPSOとの比較【昨年度】**
 - $-30 > Z > -25$ dBZで、後方散乱係数が小さくなる傾向
 - $-20 > Z > -15$ dBZで、雪数密度の診断を改良し、 $T < -35$ Cでモードを改善
- **TRMMとの比較【本年度】**
 - 雪カテゴリによるエコー頂高度のバイアスを解消
 - 深い降雨システムの頻度を減らし、中層雲が増加
- **LETKFを用いた同化システムの構築【本年度】**
 - OSSEを行い、安定動作することを確認

今後の予定

- 雲微物理の改良による力学場への影響
- 実観測データでの同化実験、不確実性の評価
- 衛星シミュレータを利用した衛星データの同化