

プロジェクト - 3

2012/2/17

2011年度CEReS 共同利用研究会

多波長マイクロ波放射計データを用いた
水物質リトリーバルの研究:



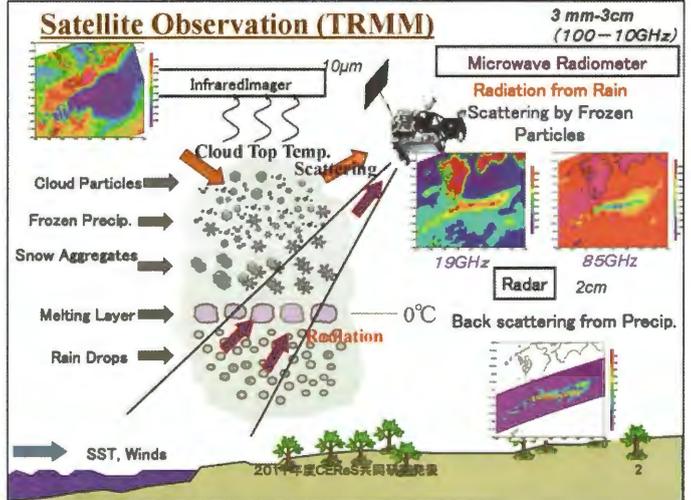
雲解像モデルアンサンブル予報誤差解析に基づく
サンプリング誤差抑制法

青梨和正 (気象研)
担当教官 高村民雄

2011年度CEReS共同研究発表

1

Satellite Observation (TRMM)

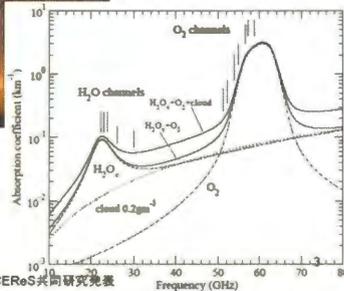


地上型MWR



観測周波数 (GHz)
22.235, 230.35, 23.835,
26.235, 30.0,

51.250, 52.280, 53.850,
54.940, 56.660, 57.290,
58.800



2011年度CEReS共同研究発表

OUTLINE

- はじめに
 - 今までの研究: EnVA
 - 今までの研究: 位置ずれを考慮したEnVA
 - 目標: EnVAのサンプリング誤差の抑制
- サンプリング誤差抑制法 (先行研究)
- サンプリング誤差を抑える手法の前提条件が CRM 予報誤差について成り立つか?
- まとめ

2011年度CEReS共同研究発表

4

これまでの研究:

Ensembleを用いた変分法的同化法

- 解析値と同時刻の観測データを同化する

$$J_x = 1/2(\bar{X} - \bar{X}_f)P_f^{-1}(\bar{X} - \bar{X}_f) + 1/2(Y - H(\bar{X}))R^{-1}(Y - H(\bar{X}))$$
- 解析誤差はアンサンブル誤差空間に属すると仮定

$$\bar{X} - \bar{X}^f = P_0^{D2} \circ \Omega \quad \Omega = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_N]$$

$$P_0^{f/2} = [\bar{X}_1^f - \bar{X}^f, \bar{X}_2^f - \bar{X}^f, \dots, \bar{X}_N^f - \bar{X}^f]$$
- 予報誤差共分散をEnsemble予報誤差を局所化することで求めた (局所化のスケール~32 kmとprescribe)

$$P^f = P_c^f \circ S$$
- Cost functionはΩ の関数として表される:

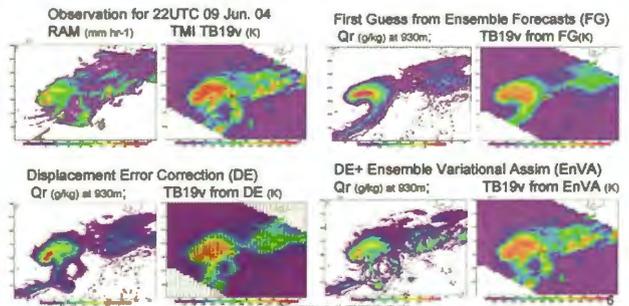
$$J(\Omega) = 1/2 \text{trace}\{\Omega^T S^{-1} \Omega\} + 1/2 \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}^T R^{-1} \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}$$

2011年度CEReS共同研究発表

5

これまでの研究:

Displaced Ensembleを用いた MWI TBの変分法的同化法: 台風200404への適用結果



2011年度CEReS共同研究発表

6



EnVAのサンプリング誤差の抑制

- 目標: EnVAのサンプリング誤差の抑制
- サンプリング誤差抑制法(先行研究)
- サンプリング誤差を抑える手法の前提条件がCRM予報誤差について成り立つか?

2011年度CEReS共同研究発表 8

サンプリング誤差抑制法(先行研究)

- Spatial Localization (Lorenc, 2003)

$$C_{sp}(x1, x2) = C_{ENS}(x1, x2)S(\Delta_{L2})$$
- Spectral Localization (Buehner and Charron, 2007)

$$\hat{C}_{sl}(k1, k2) = \hat{C}_{ENS}(k1, k2)\hat{L}_{sl}(k1, k2)$$
 - When transformed into spatial domain

$$C_{sl}(x1, x2) = \int C_{ENS}(x1 + s, x2 + s)L_{sl}(s)ds$$
- Variable Localization (Kang, 2011)

$$C_v(v1, v2) = C_{ENS}(v1, v2)\delta(v1, v2)$$

2011年度CEReS共同研究発表 9

Spatial Localization: 一般的サンプリング誤差対策

- Spatial Localization:

$$C_{sl}(x1, x2) = C(x1, x2)L_{sl}(x1, x2)$$
- Spatial Localizationによって、遠方の偽の相関を消すことができる。
- 対象点付近のサンプリング誤差は減らせない。

2011年度CEReS共同研究発表 10

Sample error-damping methods of previous studies

- Spatial Localization (Lorenc, 2003)

$$C_{sp}(x1, x2) = C_{ENS}(x1, x2)S(\Delta_{L2})$$
- Spectral Localization (Buehner and Charron, 2007)

$$\hat{C}_{sl}(k1, k2) = \hat{C}_{ENS}(k1, k2)\hat{L}_{sl}(k1, k2)$$
 - When transformed into spatial domain

$$C_{sl}(x1, x2) = \int C_{ENS}(x1 + s, x2 + s)L_{sl}(s)ds$$
- Variable Localization (Kang, 2011)

$$C_v(v1, v2) = C_{ENS}(v1, v2)\delta(v1, v2)$$

2011年度CEReS共同研究発表 11

Spectral Localization-> NEの導入

- Buehner and Charron (2007) 仮定:

$$\hat{C}_{sl}(k1, k2) = \hat{C}(k1, k2)\hat{L}_{sl}(k1, k2)$$
- 物理空間の予報誤差相関にフーリエ変換:

$$C_{sl}(x1, x2) = \int C(x1 + s, x2 + s)L_{sl}(s)ds$$
- 対象地点の周囲のEnsemble予報値(以下NE)の平均を用いる。
- メンバー数が稼げるが、予報誤差は空間的にスムージングされる

2011年度CEReS共同研究発表 12

Sample error-damping methods of previous studies

- Spatial Localization (Lorenç, 2003)

$$C_{sp}(x1,x2) = C_{ENS}(x1,x2)S(\Delta_{1,2})$$
- Spectral Localization (Buehner and Charron, 2007)

$$\hat{C}_{sl}(k1,k2) = \hat{C}_{ENS}(k1,k2)\hat{L}_s(k1,k2)$$
 - When transformed into spatial domain

$$C_{sl}(x1,x2) = \int C_{ENS}(x1+s,x2+s)L_{sl}(s)ds$$
- Variable Localization (Kang, 2011)

$$C_v(v1,v2) = C_{ENS}(v1,v2)\delta(v1,v2)$$

2011年度CEReS共同研究発表

13

サンプリング誤差を抑える手法の前提条件が CRM予報誤差について成り立つか？

CRMのEnsemble予報誤差相関

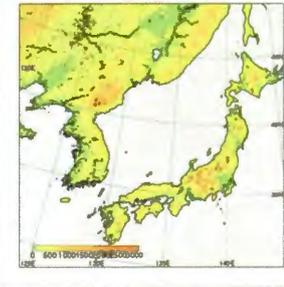
100 member Ensemble 予報
対象事例: 台風、温低、梅雨擾乱

2011年度CEReS共同研究発表

14

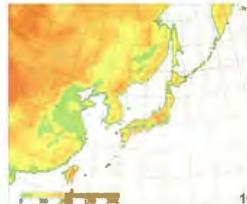
Cloud-Resolving Model used

- JMANHM (Saito et al, 2001)**
- Resolution: 5 km
 - Grids: 400 x 400 x 38
 - Time interval: 15 s



Initial and boundary data

- JMA's operational regional model
- Basic equations : Hydrostatic primitive
 - Precipitation scheme: Moist convective adjustment + Arakawa-Schubert + Large scale condensation
 - Resolution: 20 km
 - Grids: 257 x 217 x 36



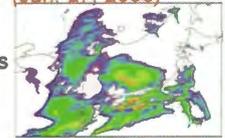
2011年度CEReS共同研究発表

15

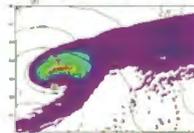
Ensemble Forecasts

- 100 members started with perturbed initial data
- Geostrophically-balanced perturbation plus Humidity
- Random perturbation with various horizontal and vertical scales (Mitchell et al. 2002)

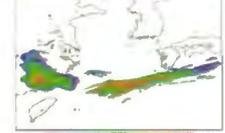
Extra-tropical Low
(Jan. 27, 2003)



Typhoon CONSON
(June. 9, 2004)



Baiu case
(June 1, 2004)

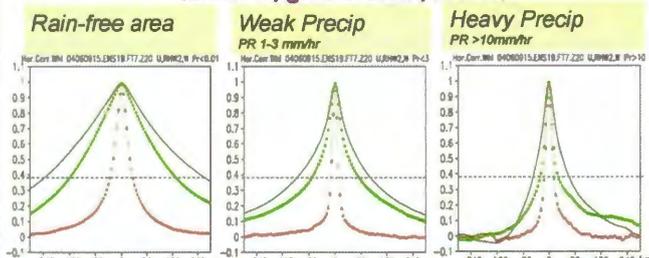


2011年度CEReS共同研究発表

16

Horizontal correlation of ensemble forecast error (H~ 5000 m) : Typhoon

(black: U, green:RHW2, red:W)



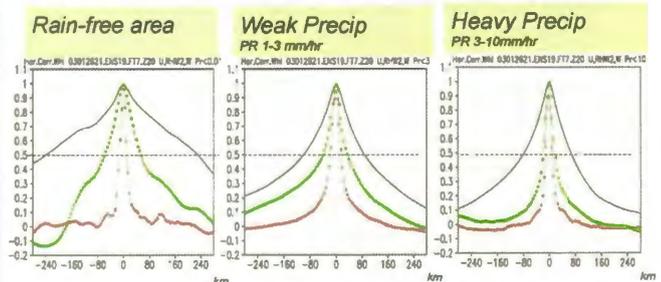
Simple spatial localization is not usable.

- 1) (precip, W) had narrow correlation scales (~ 15 km).
- 2) Horizontal correlation scales of (U, V, PT, RH) decreased with precipitation rate (U: 160 km -> 40 km).

17

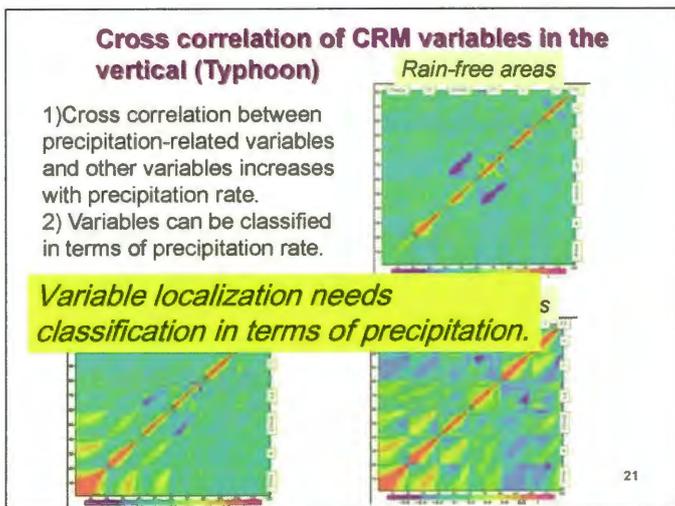
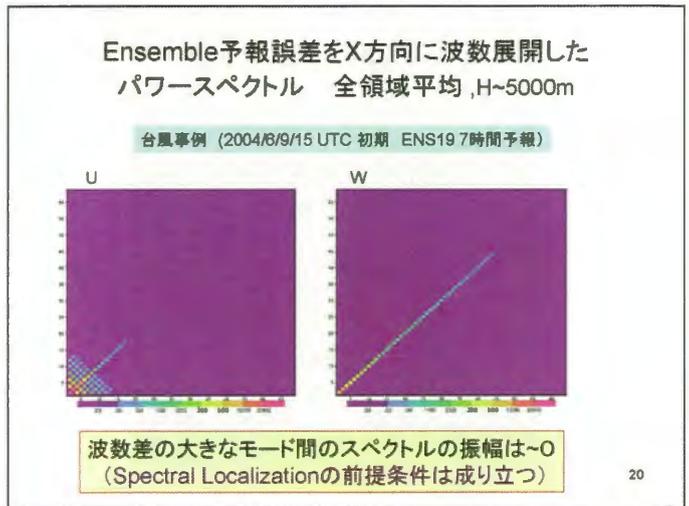
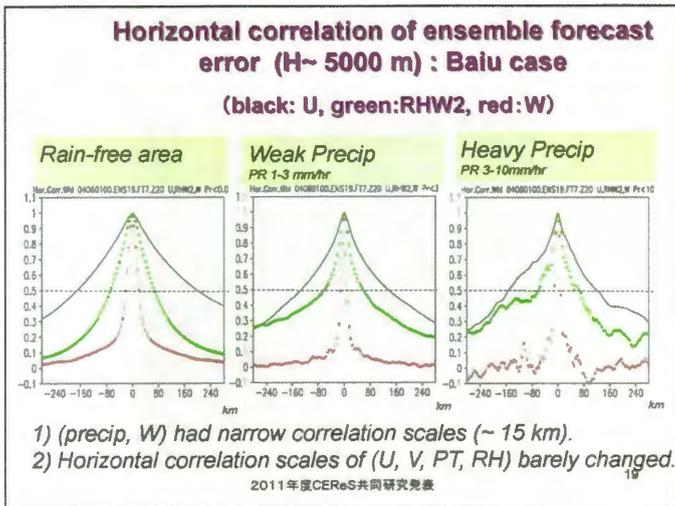
Horizontal correlation of ensemble forecast error (H~ 5000 m) : Extra-tropical Low

(black: U, green:RHW2, red:W)



- 1) (precip, W) had narrow correlation scales (~ 15 km).
- 2) Horizontal correlation scales of (U, V, PT, RH) decreased with precipitation rate.

18

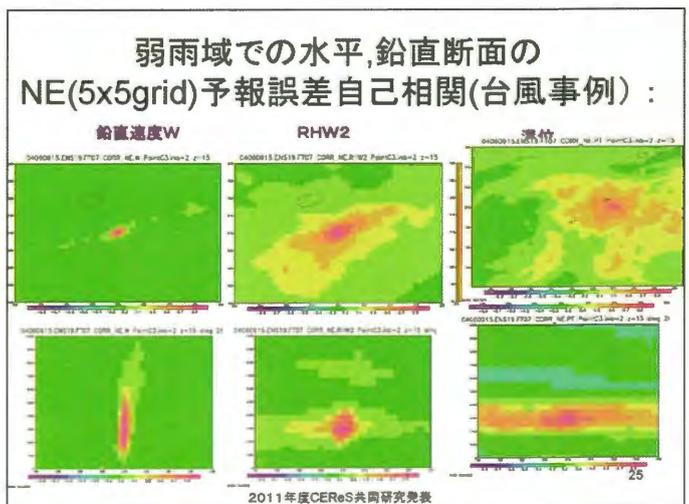
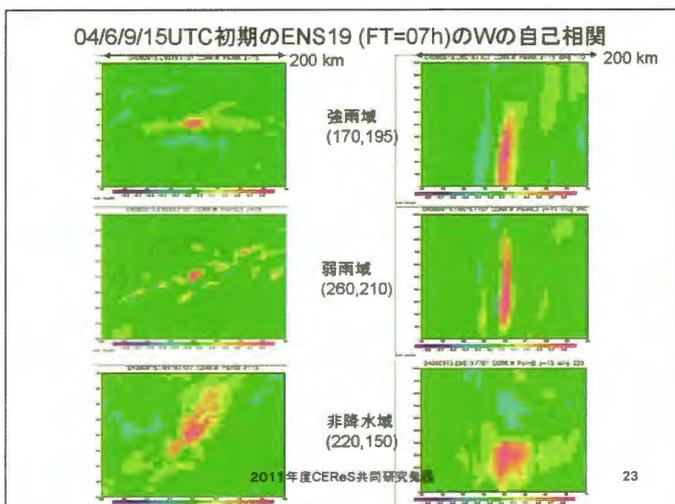


Introducing sampling error damping ideas to EnVA

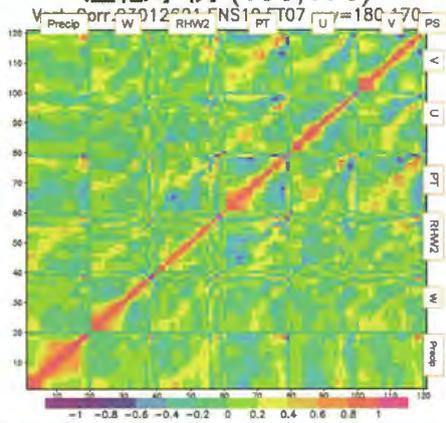
- Spectral Localization >
 - Use of ensemble forecasts at neighboring grid points(NE)
- Heterogeneity of forecast covariance >
 - Classification of CRM variables and assumption of zero cross correlation between different classes.

2011年度CEReS共同研究発表

22

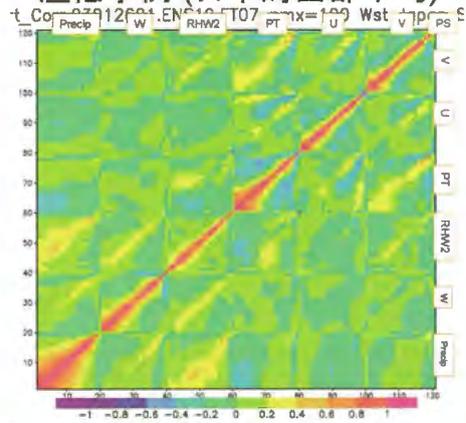


各物理量の鉛直方向の予報誤差相関：
温低事例 (180,170)



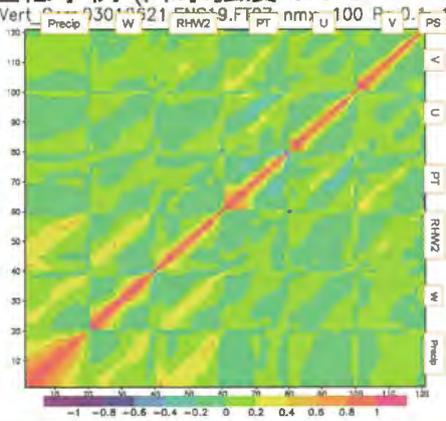
27

各物理量の鉛直方向の予報誤差相関：
温低事例 (日本海西部平均)



28

各物理量の鉛直方向の予報誤差相関：
温低事例 (降水強度 0.1-1 mm/h)



29

まとめ

- CRM Ensemble用のサンプリング誤差抑制法
- サンプリング誤差を抑える手法の前提条件をCRM予報誤差についてチェックした。
 - 単純なspatial localizationは使えない。
 - Spectral localizationは使えそう。
 - Variable localizationは、降水強度に依存してクラス分けを変える必要がある。

2011年度CEReS共同研究発表

33