

**Towards a long-term
regional reanalysis over Japan
using only conventional observations**

**従来型観測のみを用いた
日本域長期領域再解析構想**

福井真^{1,2}, 岩崎俊樹¹, 斉藤和雄², 瀬古弘², 国井勝²

1: 東北大学 ; 2: 気象研究所

はじめに

- 温暖化を含む気候変動に伴う地域スケールの応答評価
- 過去のメソスケール極端現象の解析
- 土地利用変化・都市化などの気象への影響の評価
- 陸域水文モデルや農業気象モデルなどの入力データとして (e.g. 積雪診断、農作物の病害危険度診断)
 - ✓ 高解像度
 - ✓ 高精度
 - ✓ 長期間の一貫性

高解像度

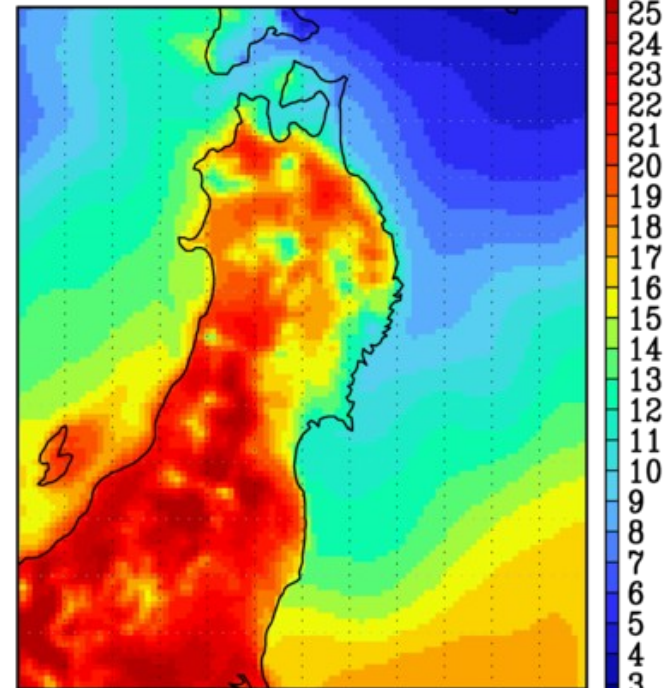
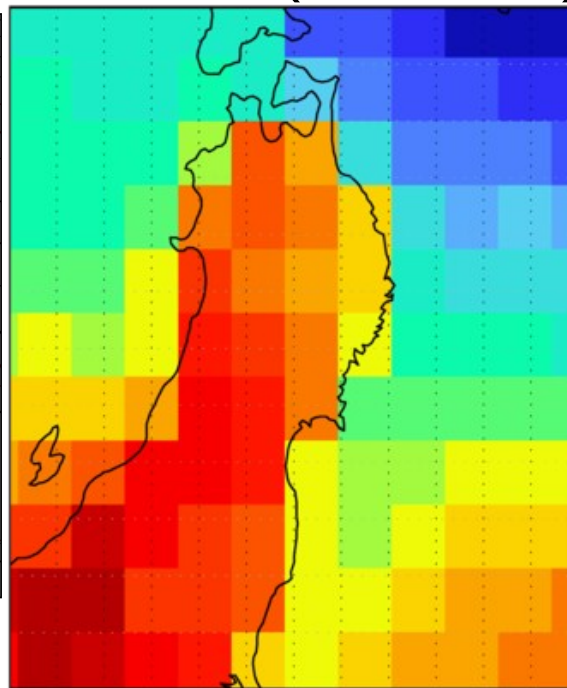
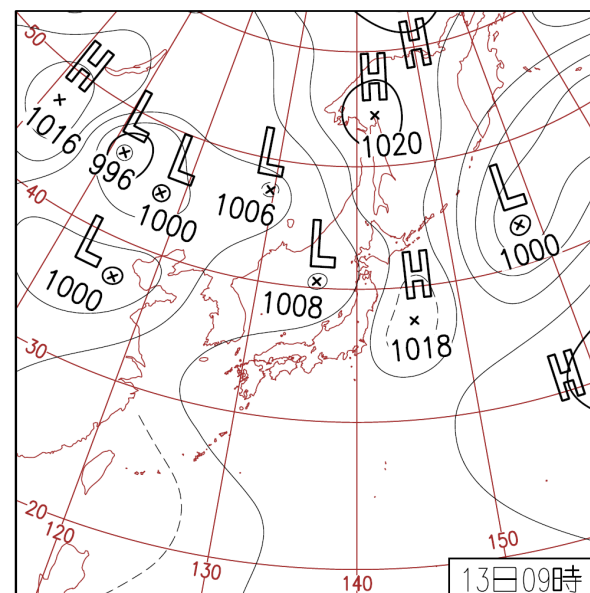
- 最新のグローバル再解析でも、水平解像度は50km程度

2013年5月13日15JST # この時の観測は、仙台で10.1℃、山形で28.7℃

地上天気図

Ts JRA55 (dx~55km)

Ts メソ解析 (dx=5km) [°C]



13日(月)札幌でサクラ開花
(気象庁『日々の天気図』より)

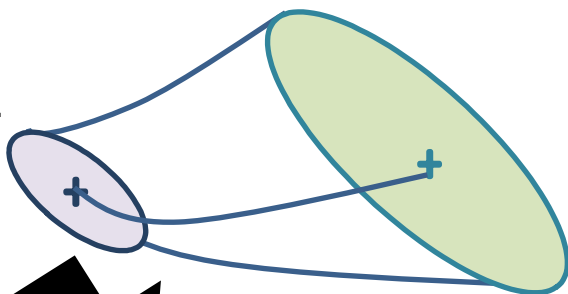
地域スケールの現象を、より現実的な変動度で再現するには、高解像度化が必要

高精度

力学的ダウンスケールでは、特に広領域の長期積分の場合、精度が悪くなることがある。 => データ同化

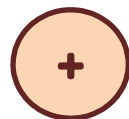
予報 $x_t^f = M(x_{t-1}^a)$

- ✓ 任意の格子
- ✓ 物理的整合性
- ✓ 様々な物理量
- ✓ 誤差の成長



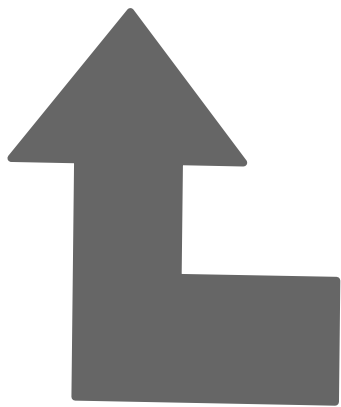
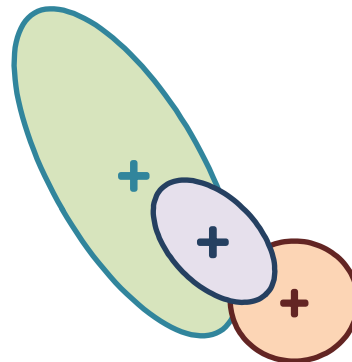
観測 y_t^o

- ✓ 高精度
- ✓ 時空間的に疎ら
- ✓ 限られた物理量



解析 $x_t^a = x_t^f + K_t(y_t^o - H(x_t^f))$

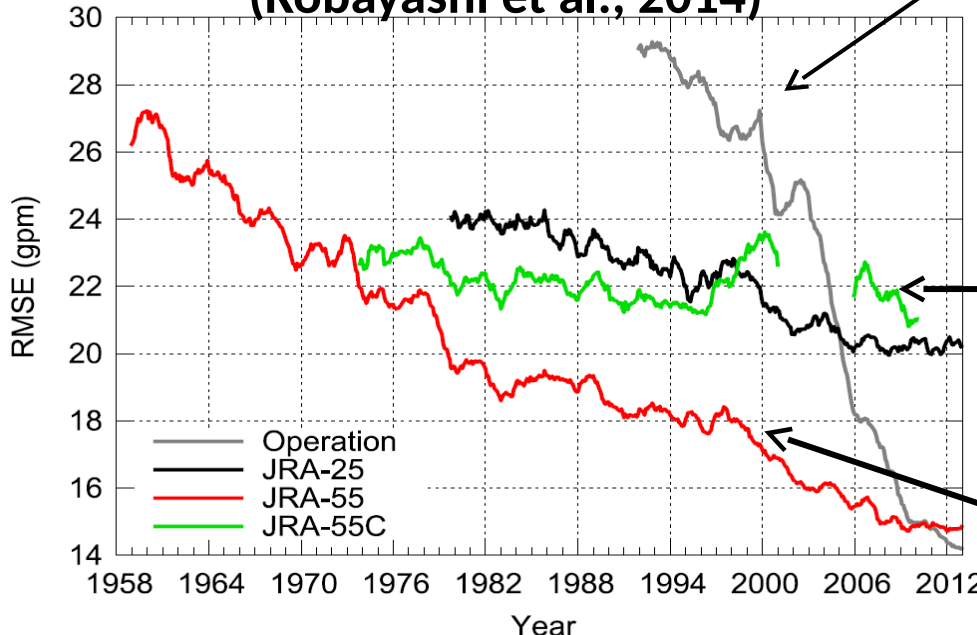
- ✓ 高精度
- ✓ 任意の格子
- ✓ 物理的整合性
- ✓ 様々な物理量



長期均質性

長期に渡る気象場の変動成分を対象とするには、
長期に渡る均質データが必要

全球48時間予報 Z500(20-90N)のRMSE
(Kobayashi et al., 2014)



現業客観解析は、数値モデル・同化スキーム、(同化する)観測システム、の変遷の影響を大きく受ける

JRA-55Cでは同一の数値モデル・同化スキームによって、一貫した観測システム(従来型観測のみ)を同化する。長期に渡り均質

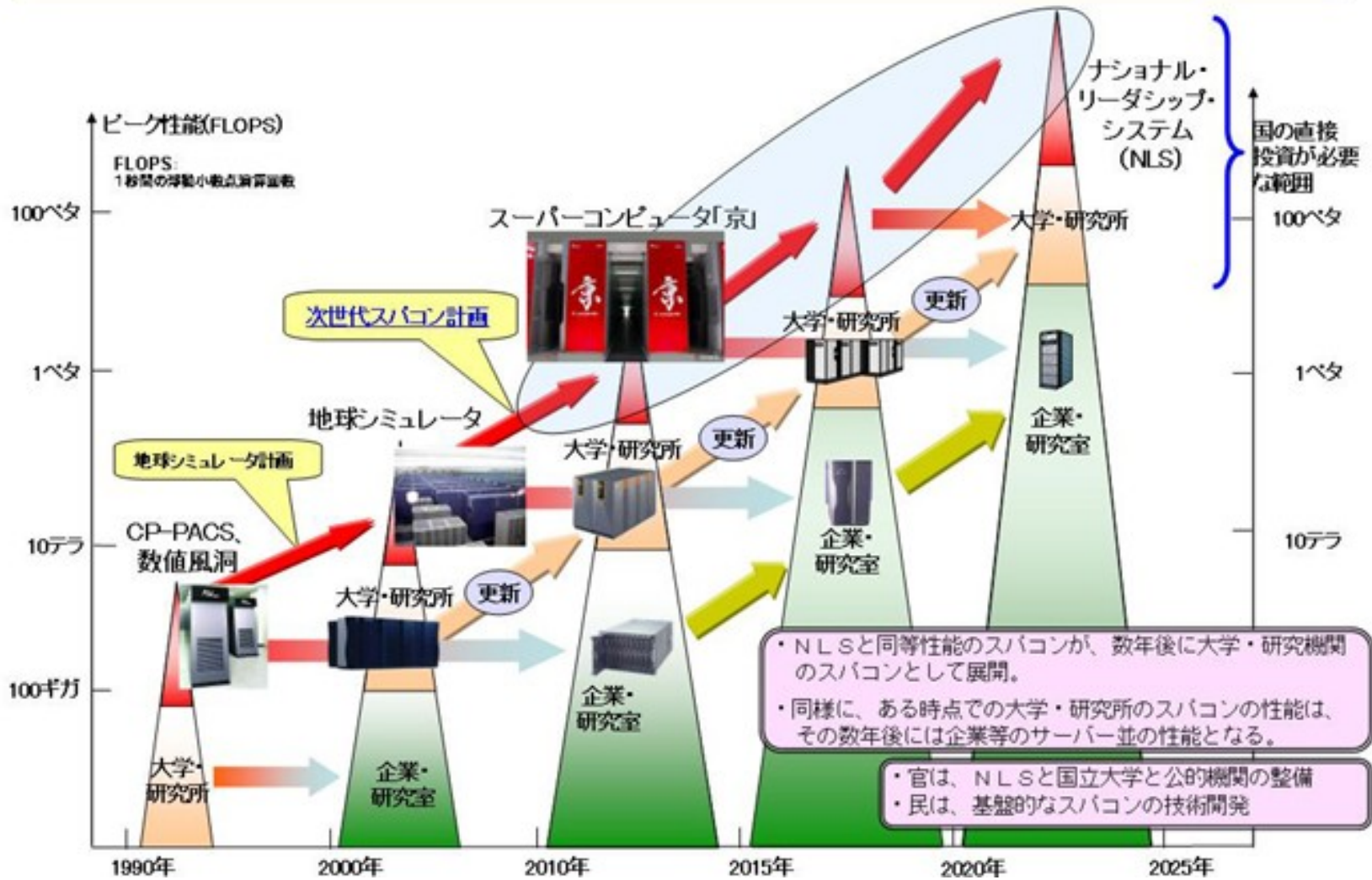
JRA-55では、同一の数値モデル・同化スキームによって、同化する観測システムの違い(特に衛星観測)を反映。

長期間入手可能な従来型観測のみを、同一のシステムによって同化することで、長期均質性を担保

計算機資源の充実

計算科学技術に関する長期戦略

出典：文部科学省ホームページ
(<http://www.mext.go.jp/>)



高コストな領域再解析を実施できる環境が整ってきている

目的

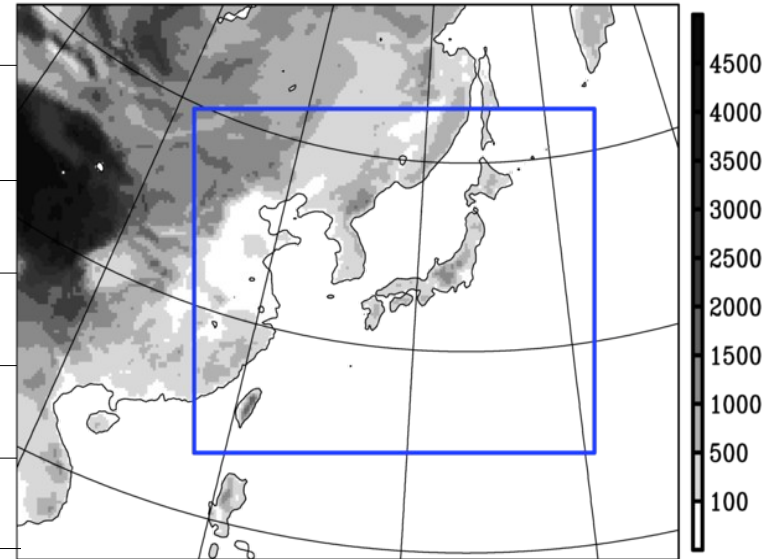
従来型観測のみを用いた長期均質性を持った日本域再解析の作成

従来型観測のみを同化することにより、長期日本域再解析の有効性について、同化をしない力学的ダウンスケールの結果と比較し、評価する。

The system for DA (NHM-LETKF)

NHM-LETKF based on the system in Kunii (2014)

Grids	241x193x50; dx=25km
Initial conditions	JRA-55 at initial time in randomly chosen years
Lateral boundary	JRA-55 (not perturbed)
Ensemble size	10
Localization	200 km / 0.2 $\ln p$
Covariance inflation	1.5 (multiplicative)
Assimilation window	6hour
Validation data	JMA's Meso-scale Analysis [MA] (inside the blue frame in the Fig.)
Experimental period	12UTC 1 Aug – 00UTC 1 Sep 2014

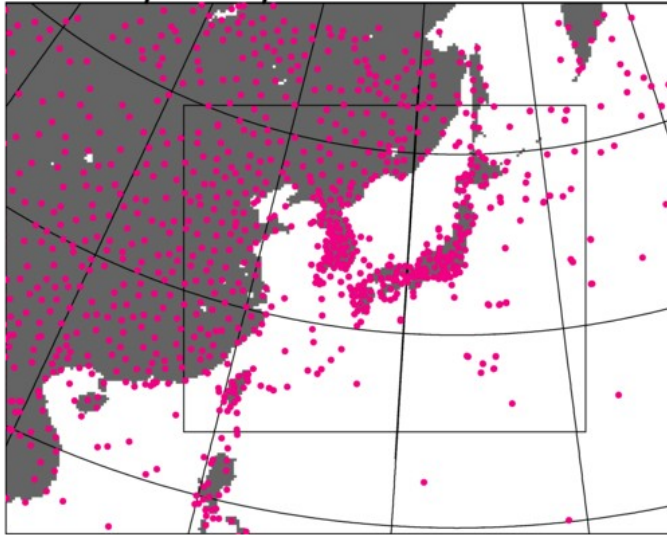


Observation data for DA

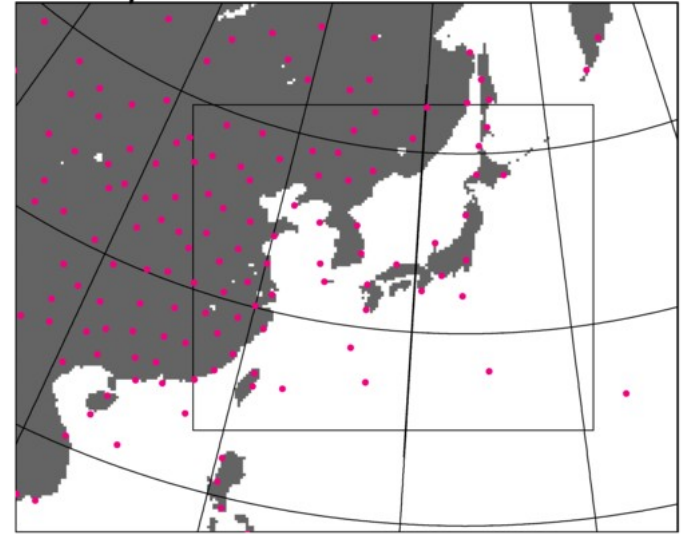
Quality controlled for JMA's operational analysis

Use only **conventional observations** available for long in order to maintain long-term consistency

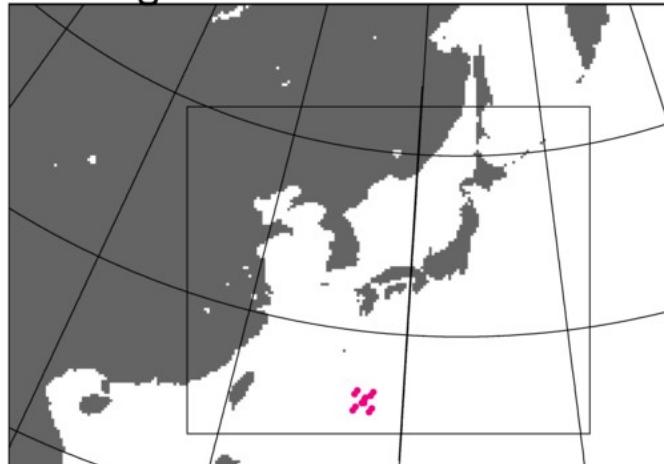
SYNOP/SHIP/BUOY



TEMP/PILOT



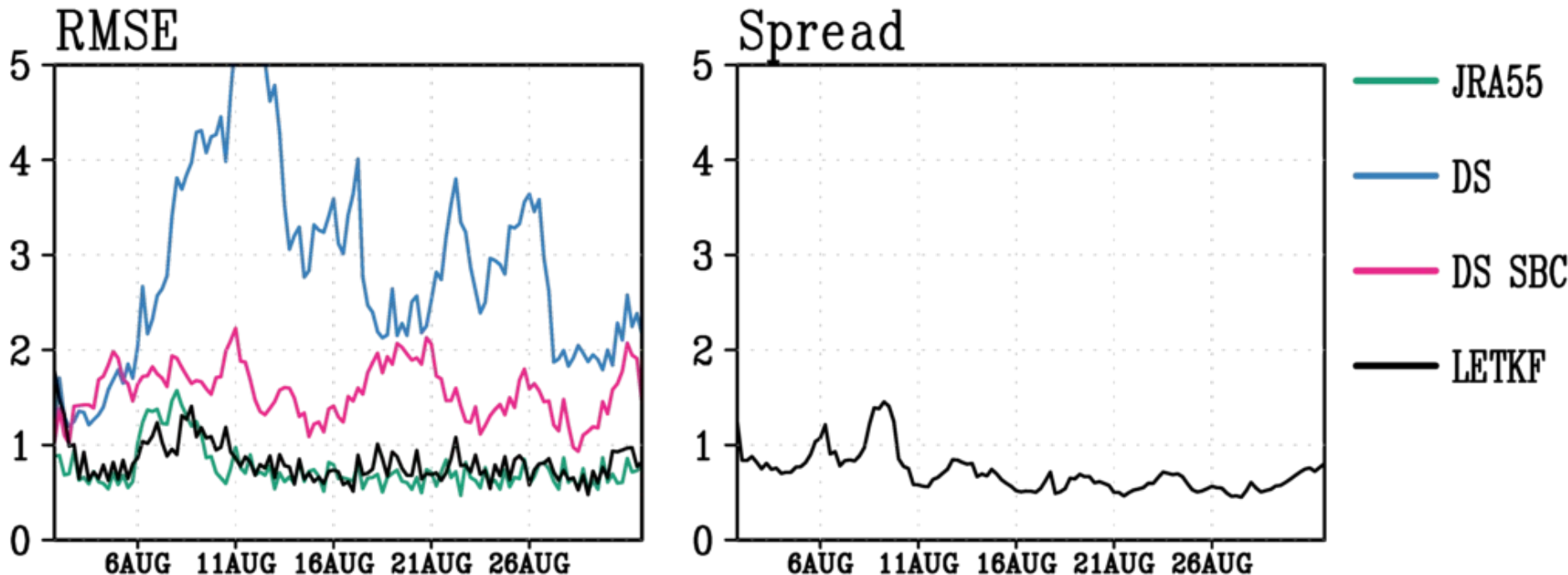
TC Bogus



Time series (sea level pressure)

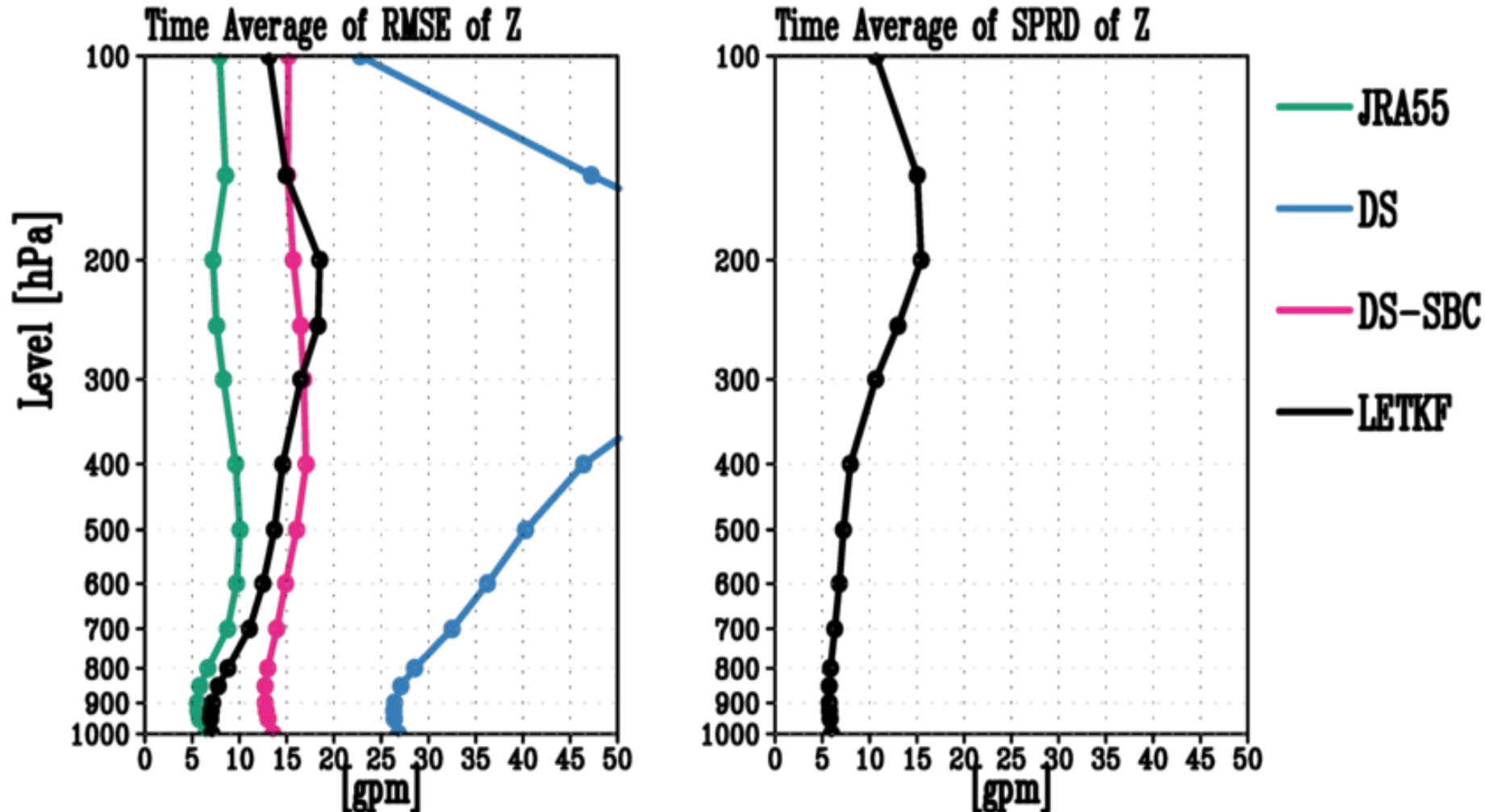
JRA55	JRA-55の線形内挿
DS	側面境界のみを強制したDS
DS-SBC	側面境界に加え、上空7km以上で低波数成分に強制を与えたもの
LETKF	従来型観測のみを同化したもの

RMSE & Spread for Psea (vs MA) [MA domain]



Vertical profile (geopotential height)

➤ The improvement can be seen up to 300 hPa.



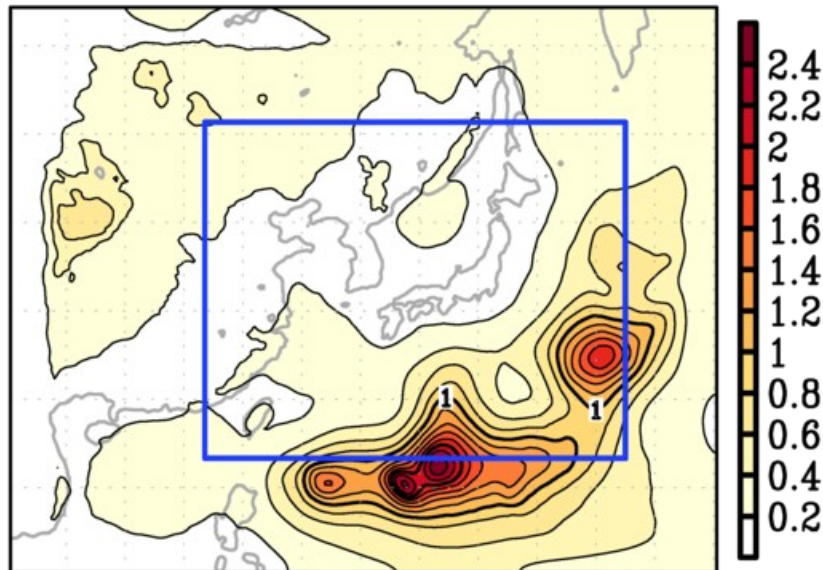
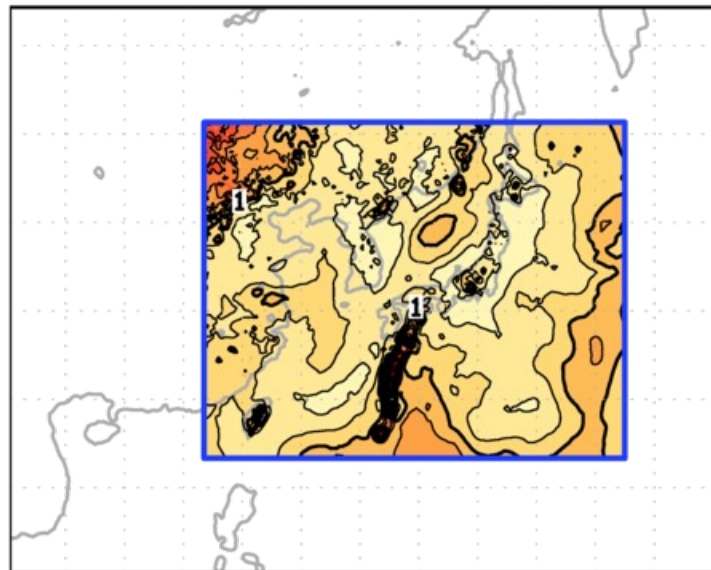
Averaged over 12UTC 6 Aug. - 00UTC 1 Sep.

Spatial distribution

Psea [12z06Aug-18z31Aug2014] mult1.5 noLBP FT=00h

(a) RMSEs

(b) Spreads



側面境界摂動を与えていない => 共分散膨張係数に大きめの1.5

観測が疎らで観測の修正が殆どかからない地点では、解析後の摂動の大きさが共分散膨張で決まってしまう

$$\text{Ensemble update: } \delta \mathbf{X}_t^a = \delta \mathbf{X}_t^f \mathbf{T}_t \quad \tilde{\mathbf{P}}^f \equiv \frac{1 + \delta}{m - 1} \mathbf{I}$$

$$\mathbf{T} (\mathbf{T})^\top = (m - 1) \left[\left(\tilde{\mathbf{P}}^f \right)^{-1} + \left(\delta \mathbf{Y}^f \right)^\top \mathbf{R}^{-1} \delta \mathbf{Y}^f \right]^{-1}$$

$\delta \mathbf{X}$: 各行がアンサンブル摂動の行列 (上付fが予報、aが解析)、

$\delta \mathbf{Y}^f$: 各行が観測演算子で観測空間への変換後の予報のアンサンブル摂動の行列

\mathbf{R} : 観測誤差共分散、 m : アンサンブルサイズ、 \mathbf{T} : 変換行列、 \mathbf{I} : 単位行列

Impact of the implementation of LBP

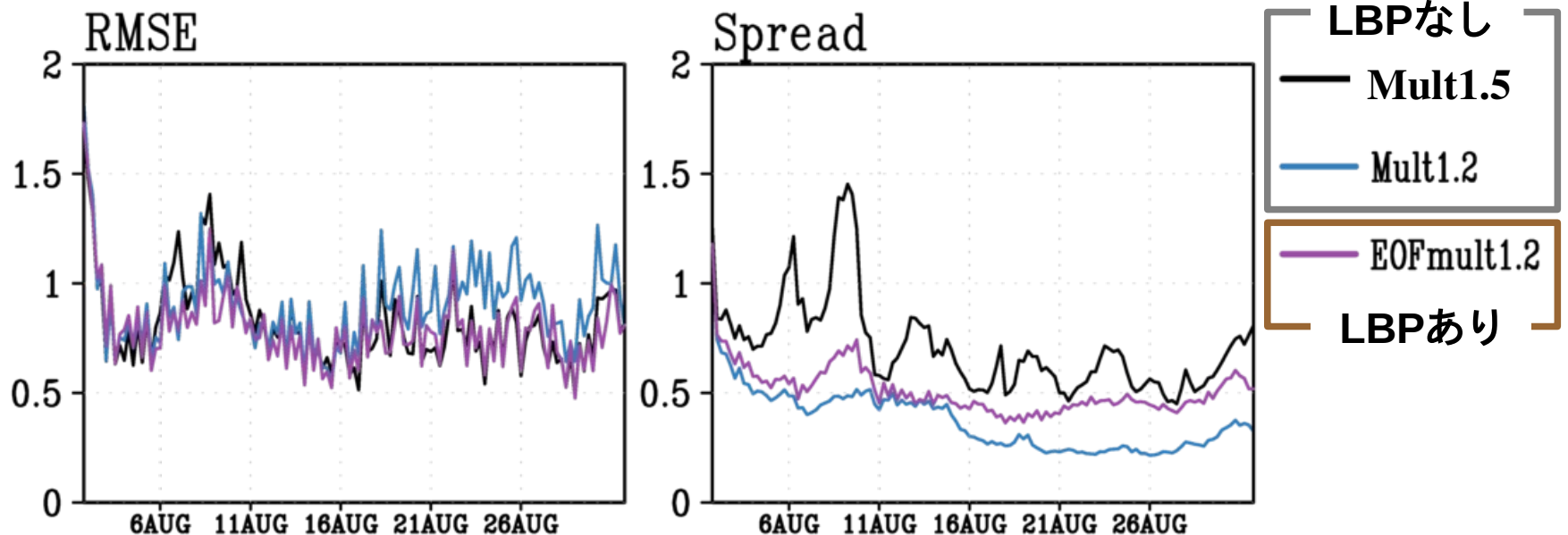
Lateral boundary perturbation (LBP)

conduct a EOF analysis for Psea of JRA-55 (August 1958-2014)
plus/minus 5 leading modes

the area average of amplitude is 0.7 hPa

Mult1.5	共分散膨張:1.5、	LBC:なし
Mult1.2	共分散膨張:1.2、	LBC:なし
EOFmult1.2	共分散膨張:1.2、	LBC:あり

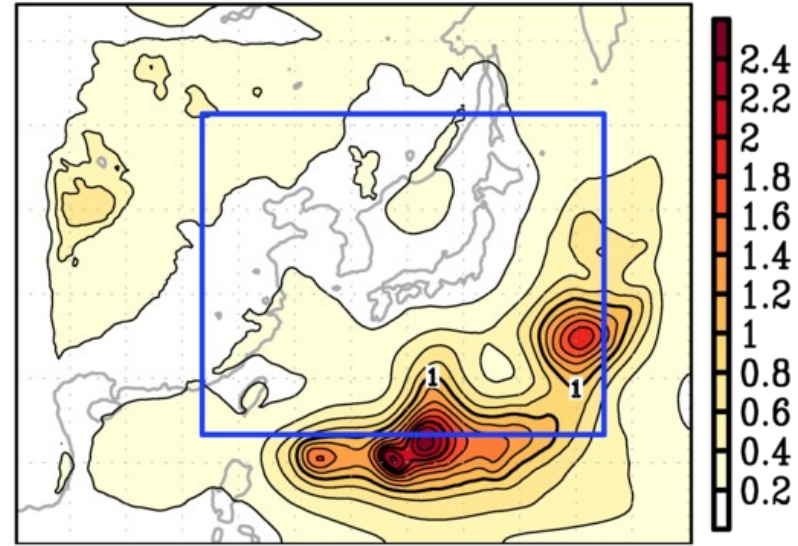
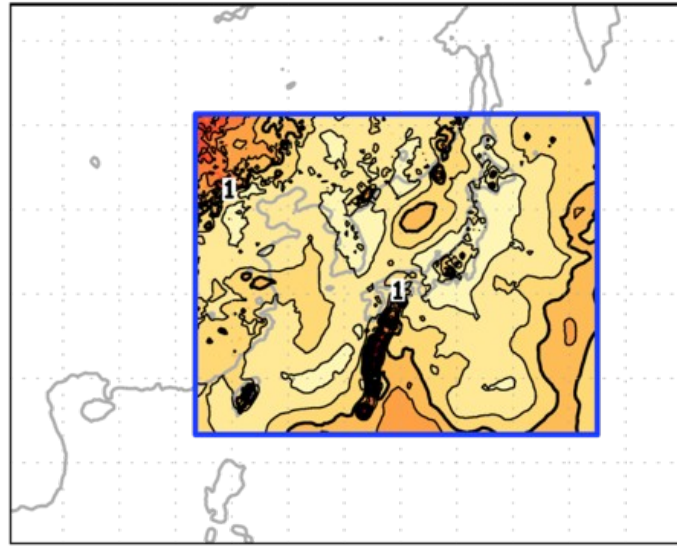
RMSE & Spread for Psea (vs MA) [MA domain]



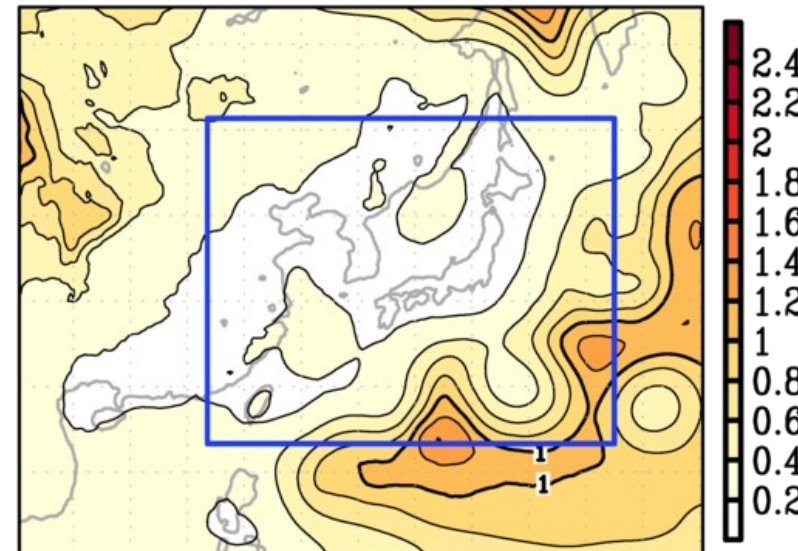
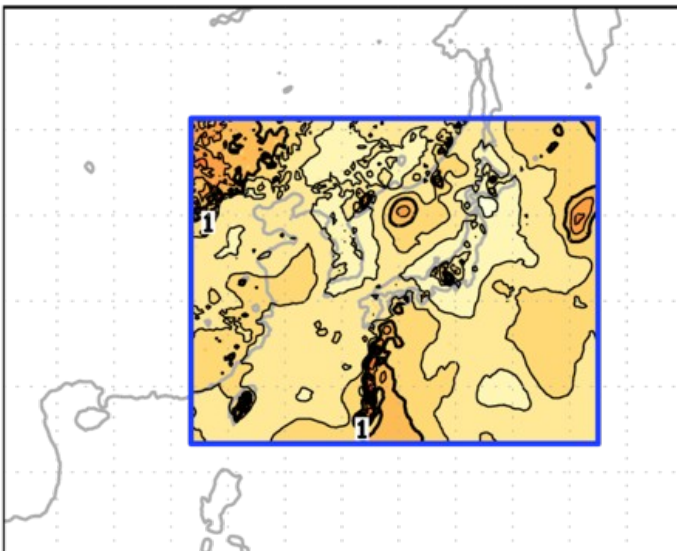
Impact of the implementation of LBP

Mult1.5 (再掲)

Psea [12z06Aug-18z31Aug2014] mult1.5 noLBP FT=00h
(a) RMSEs (b) Spreads



EOFmult1.2 Psea [12z06Aug-18z31Aug2014] mult1.2 EOF FT=00h
(a) RMSEs (b) Spreads



まとめ

従来型観測のみを用いたNHM-LETKFによる同化実験を行い、長期領域再解析の有効性について調べた

- 実験対象の1ヶ月間は安定した解析ができた
- 300hPa程度までは、同化をしない力学的ダウンスケールに対して改善
=> 従来型観測のみを用いた長期領域再解析を支持

- 側面境界摂動の導入により、小さめの共分散膨張係数で、スプレッドが維持され解析誤差拡大を防ぐ
日本の南-南東海上でのスプレッド過剰を軽減

今後、

- 降水量など高解像度化の影響の大きいスコアでの評価
- メンバー数や更なる高解像度(格子間隔5km程度)の解析の有効性について検討し、再解析システムを固める