

# 1ヶ月アンサンブル予報のダウンスケール ～2003年ヤマセ事例～

東北大学大学院 理学研究科

福井 真

# 目次

- I. はじめに
- II. 実験概要
- III. DSシステムの効果
- IV. アンサンブル予報
- V. まとめ・課題

# I . はじめに

# (力学的)ダウンスケール

- ・局地循環、地形の効果など低解像度モデルでは表現できない事象を陽に扱うことができる
- ・高解像度で、物理的整合性の取れたデータを作成できる
- ・DSモデルを用いることに伴う誤差が付加される。

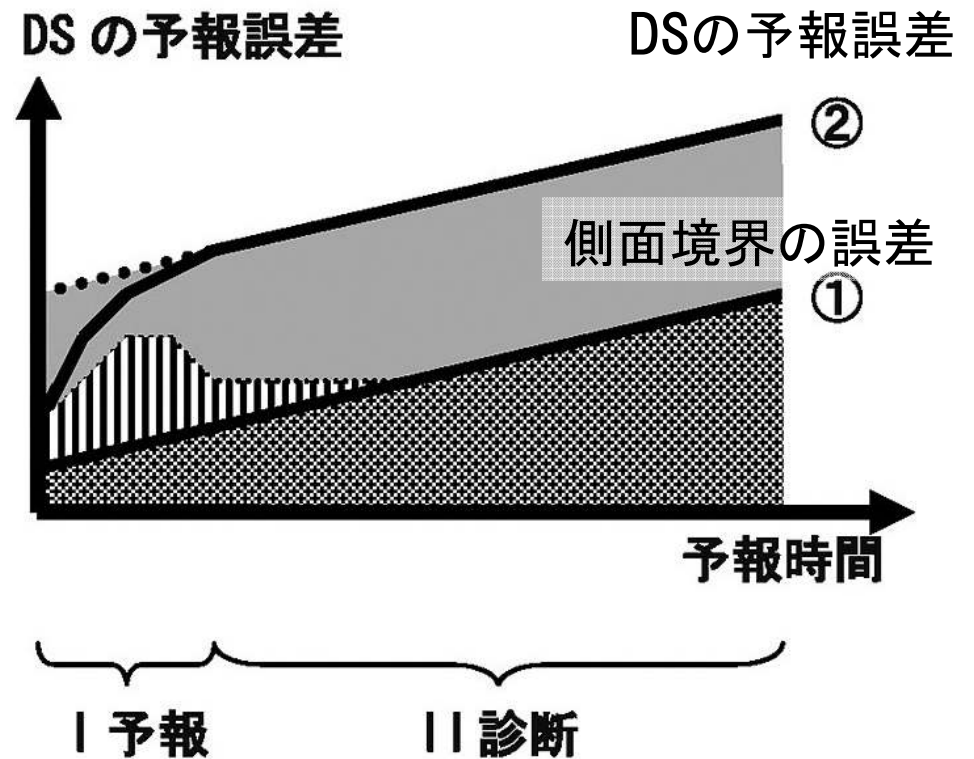
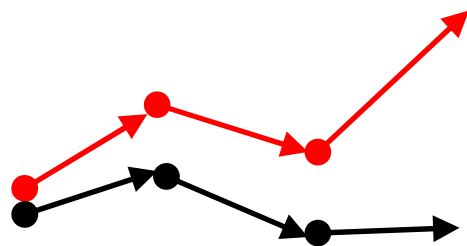


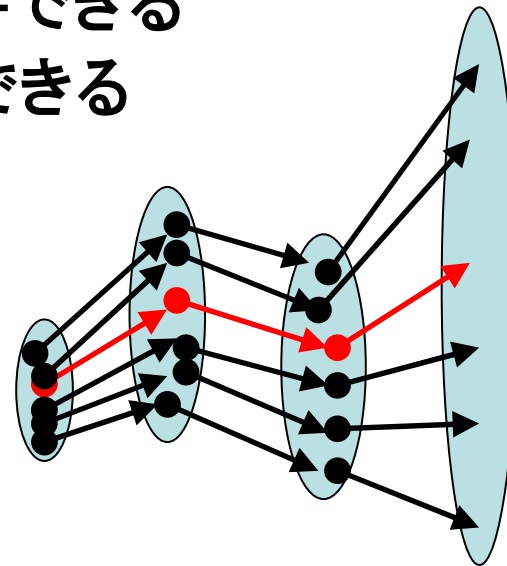
図1.1 ダウンスケール予報の誤差  
(岩崎、沢田 2010)

# アンサンブル予報

- ・ 微小摂動を加えた複数の初期値(境界値)を用いて、**確率密度関数**を予報する
  - ・ 大気のカオス性(初期の微小誤差が時間とともに拡大)  
予報の延長・高解像度化→決定論的予測が困難
  - ・ アンサンブル平均では、誤差が打ち消し合い、  
より正確な予報が期待できる
  - ・ 予報の信頼度を評価できる



単独予報



アンサンブル予報

● → モデル  
● → 真値

# 目的

アンサンブルダウンスケールシステムを構築し、高解像度での確率予報を行う。

今回は、

一ヶ月アンサンブル予報に対し、ダウンスケール(1ケース)を行い、その誤差について調べる。

## II. 実験概要

# 計算設定

使用モデル	気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) (Saito et al. 2007)		
水平解像度	25km (100×70)	5.0km (80×80)	1.0km (125×125)
初期値・境界値	1ヶ月アンサンブルハインド キャストデータ (1.25度)*	25km_NHMの結果	5.0km_NHMの結果
メンバー数	9		
計算時間	2003年7月20日21JST ~8月5日21JST (15days)	2003年7月21日00JST ~8月5日21JST	2003年7月21日03JST ~8月5日21JST
時間間隔	40s	20s	5s
鉛直格子	42層 (20-840m) ハイブリッド座標		
積雲対流 パラメタリゼーション	Kain-Fritschスキーム		なし
SST	NGSST (2003年7月20日:固定)		
乱流クロージャー モデル	Improved Mellor-Yamada Level3 (Nakanishi and Niino 2004,2006)		

\*気象庁気候情報課より提供



# 計算領域

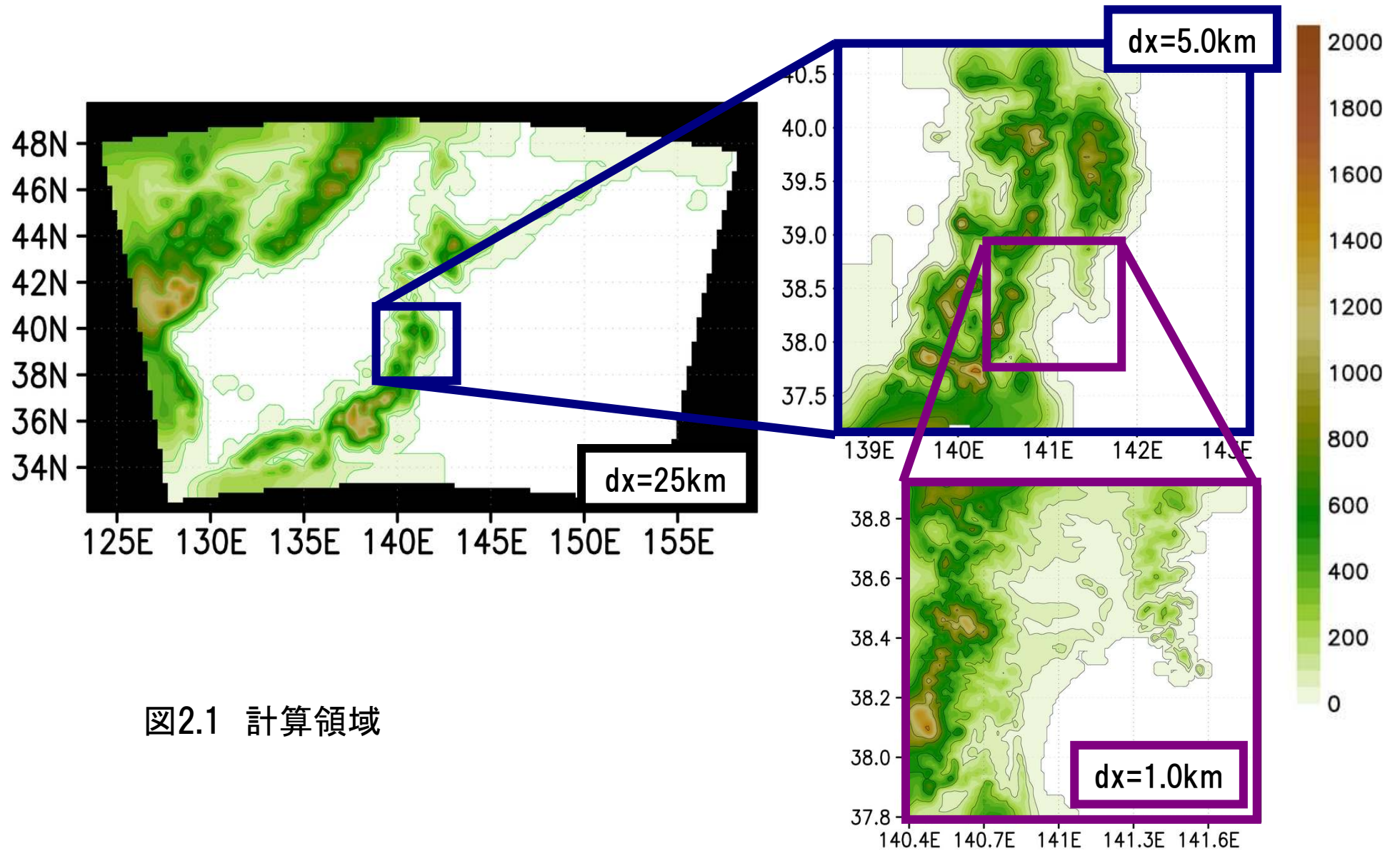


図2.1 計算領域

# 計算期間

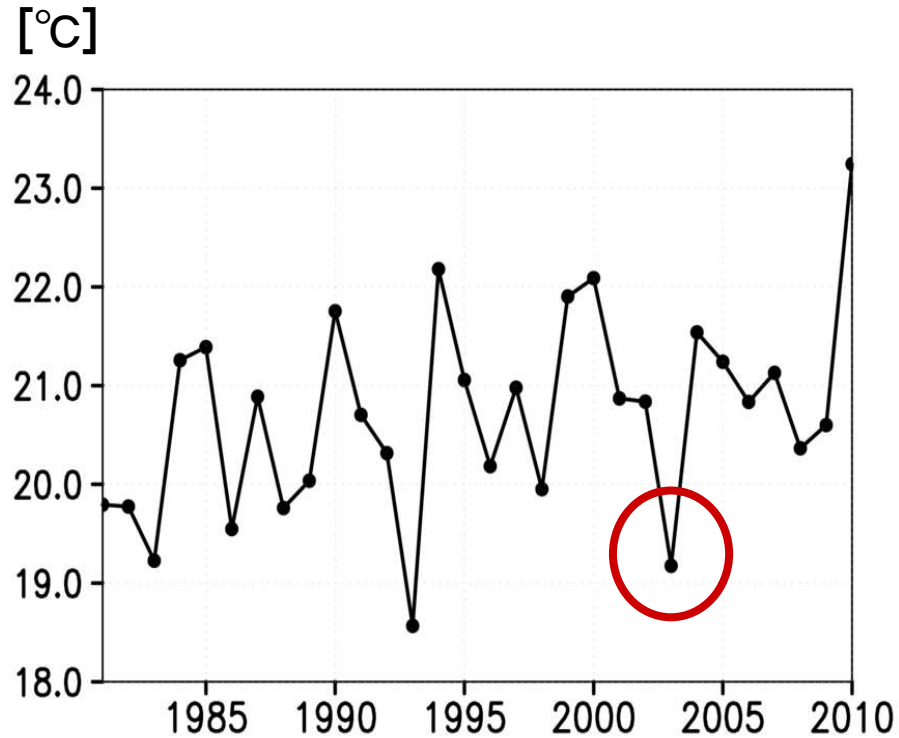


図2.2 平均気温(JJA)の経年変化  
宮城県内のAMeDAS (17点)

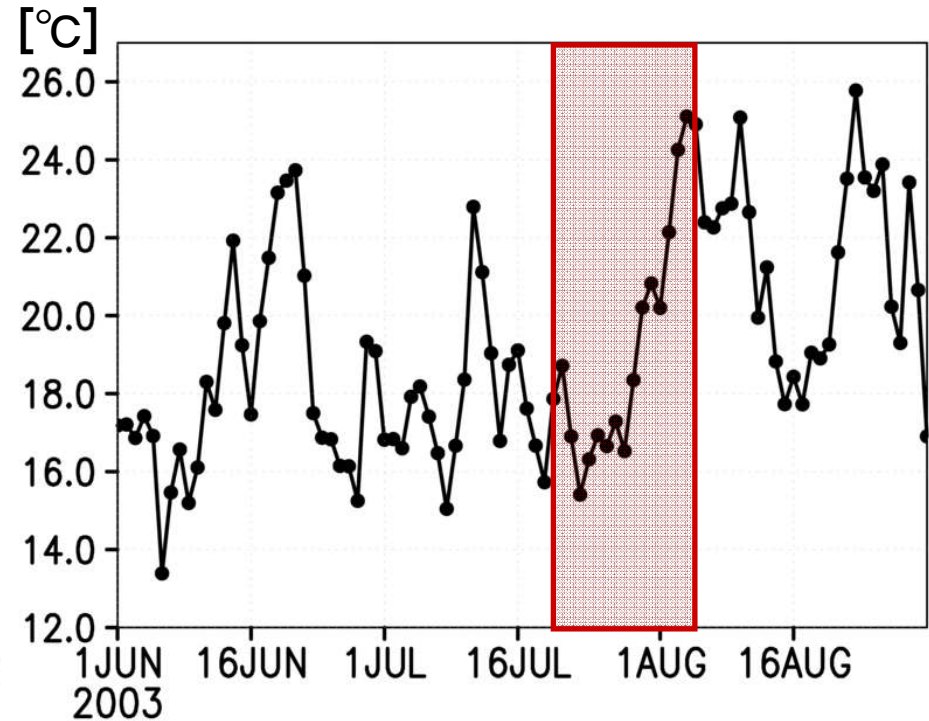


図2.3 宮城県内のAMeDAS (17点)での  
2003年6~8月の日平均気温

# 総観場の変化

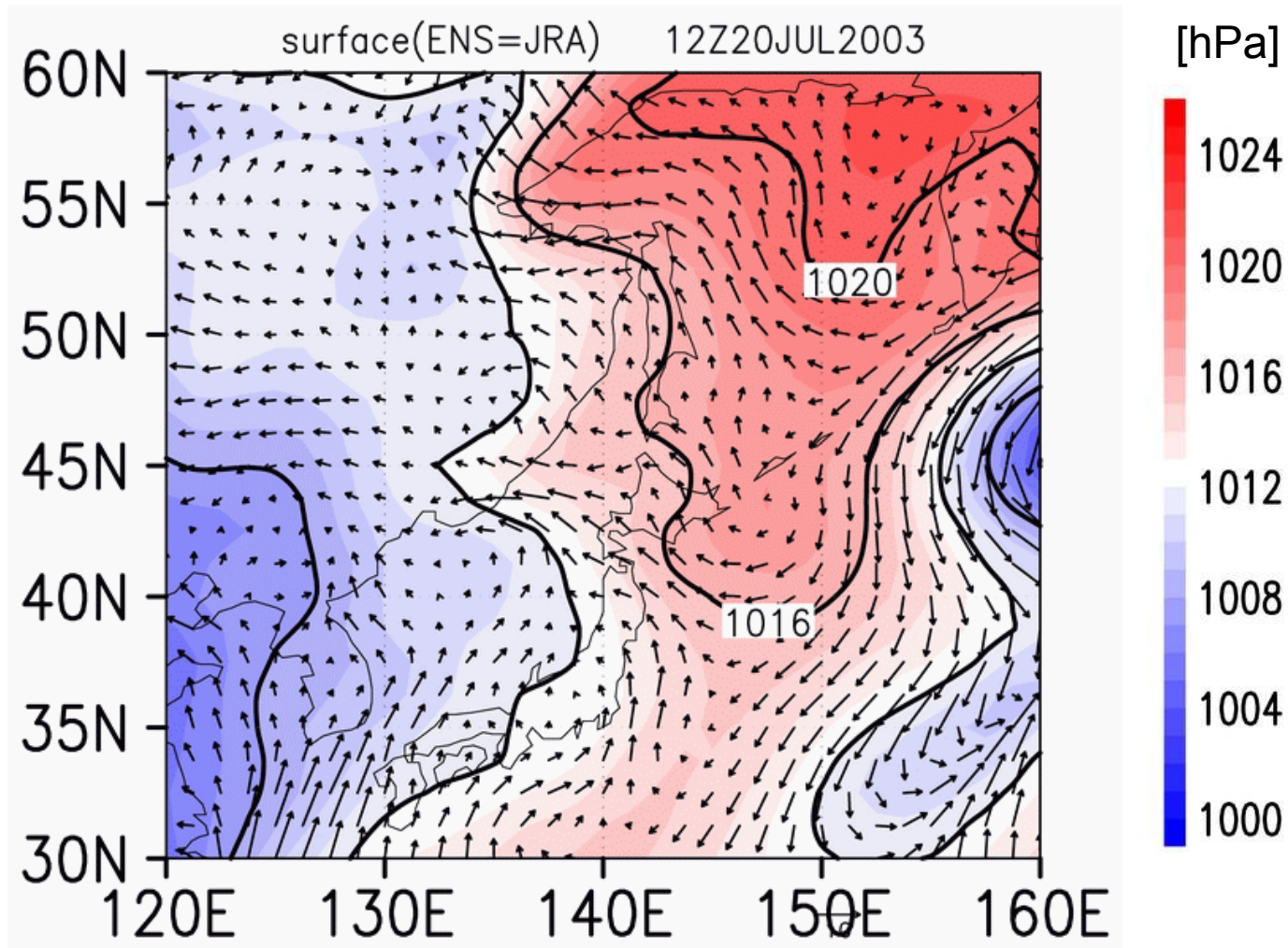


図2.4 総観場の変化 (JRA-25)

陰影&等値線:海面更正気圧 [hPa] 矢印:地上風

# Ⅲ. アンサンブル予報

# 初期値・境界値の検証

$x_{i,j}$  : Value of  $j$  - th Member at  $i$  - th Grid Point

$x_i^o$  : Observation at  $i$  - th Grid Point

$\bar{x}_i \left( = \frac{1}{N} \sum_j x_{i,j} \right)$  : Ensemble Mean at  $i$  - th Grid Point

RMSE of Ensemble Mean

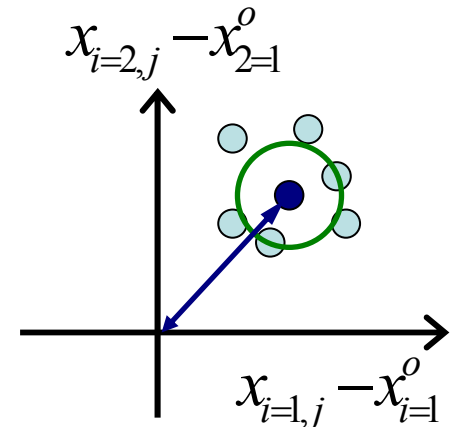
$$ME = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i \left( \bar{x}_i - x_i^o \right)^2}$$

Spread

$$S = \sqrt{\frac{1}{N \cdot M} \sum_i \sum_j \left( x_{i,j} - \bar{x}_i \right)^2}$$

Area average of Ensemble Mean of Squared Error

$$\begin{aligned} \left[ \overline{E^2} \right] &= \frac{1}{M \cdot N} \sum_i \sum_j \left( x_{i,j} - x_i^o \right)^2 \\ &= \boxed{ME}^2 + \boxed{S}^2 \end{aligned}$$



# 初期値・境界値の誤差

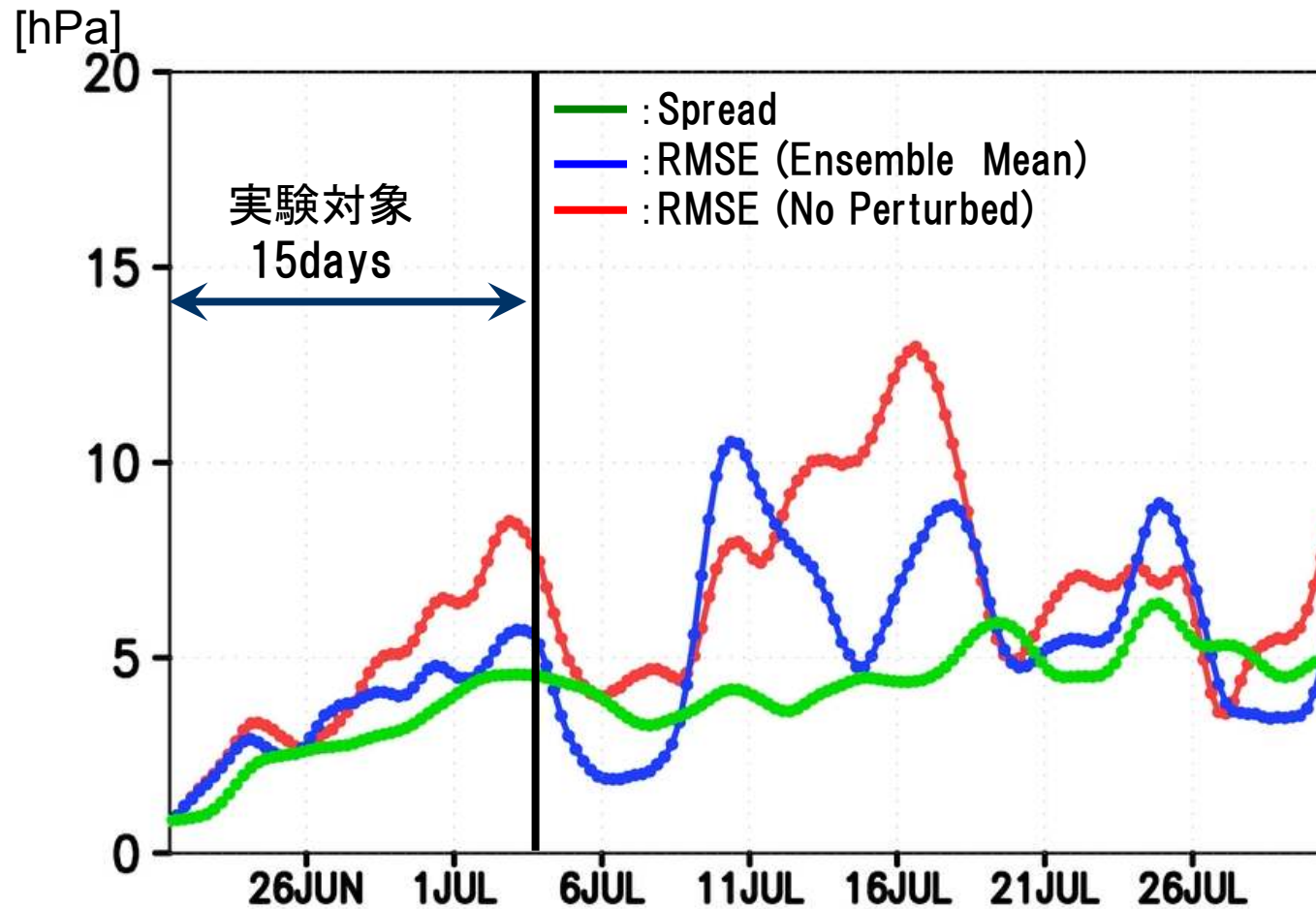


図3.1 一ヶ月アンサンブル予報の日本付近(130E-160E,30N-60N)における海面更正気圧のJRA-25に対するRMSE & Spread [hPa]



# 初期値・境界値の検証

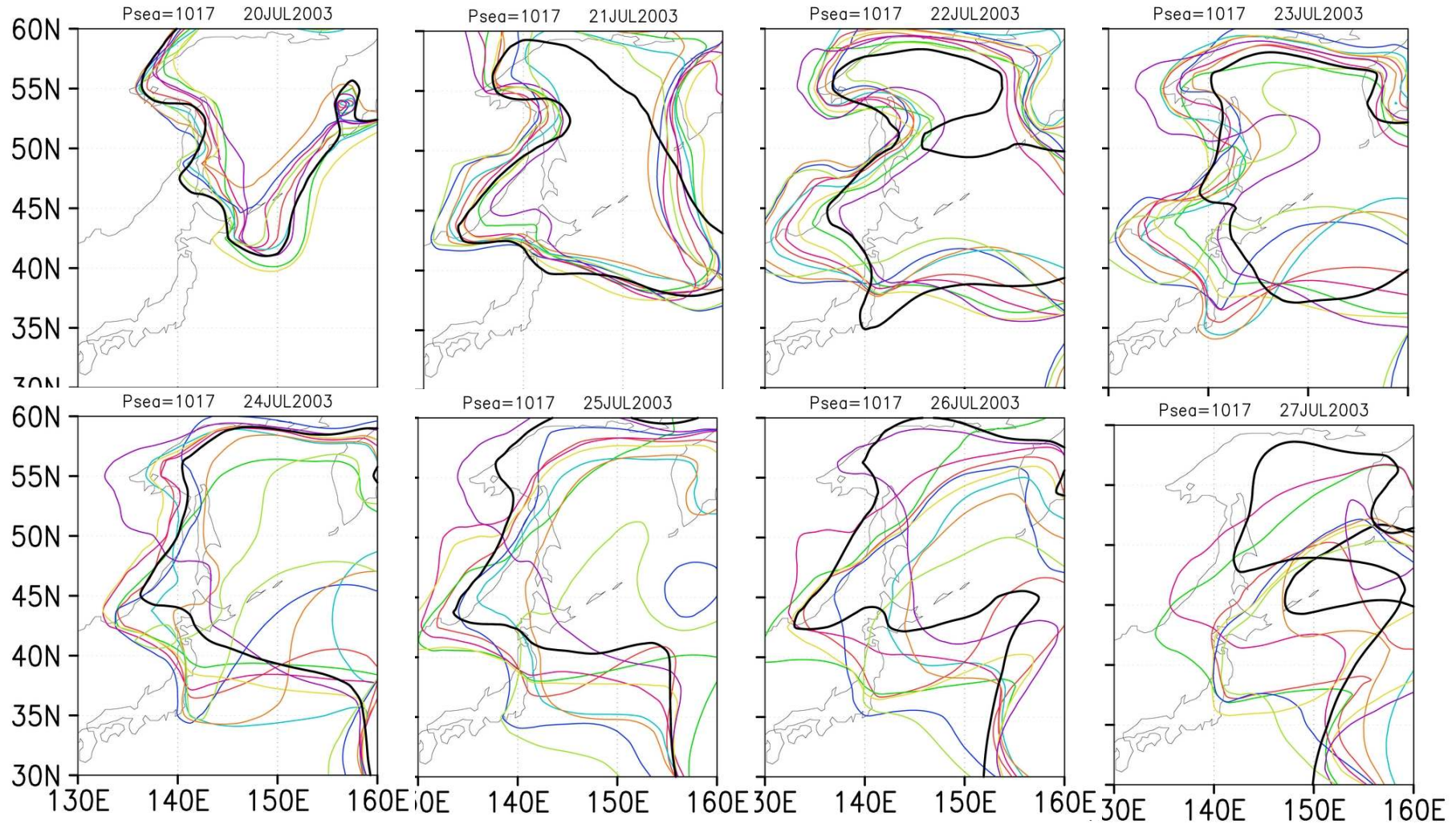


図3.2 Psea=1017hPaの等値線  
黒: JRA-25 その他の色: 各アンサンブルメンバー

# アンサンブルダウンスケール予報 (下層雲量)

- 下層雲・風向メンバーによりばらつき

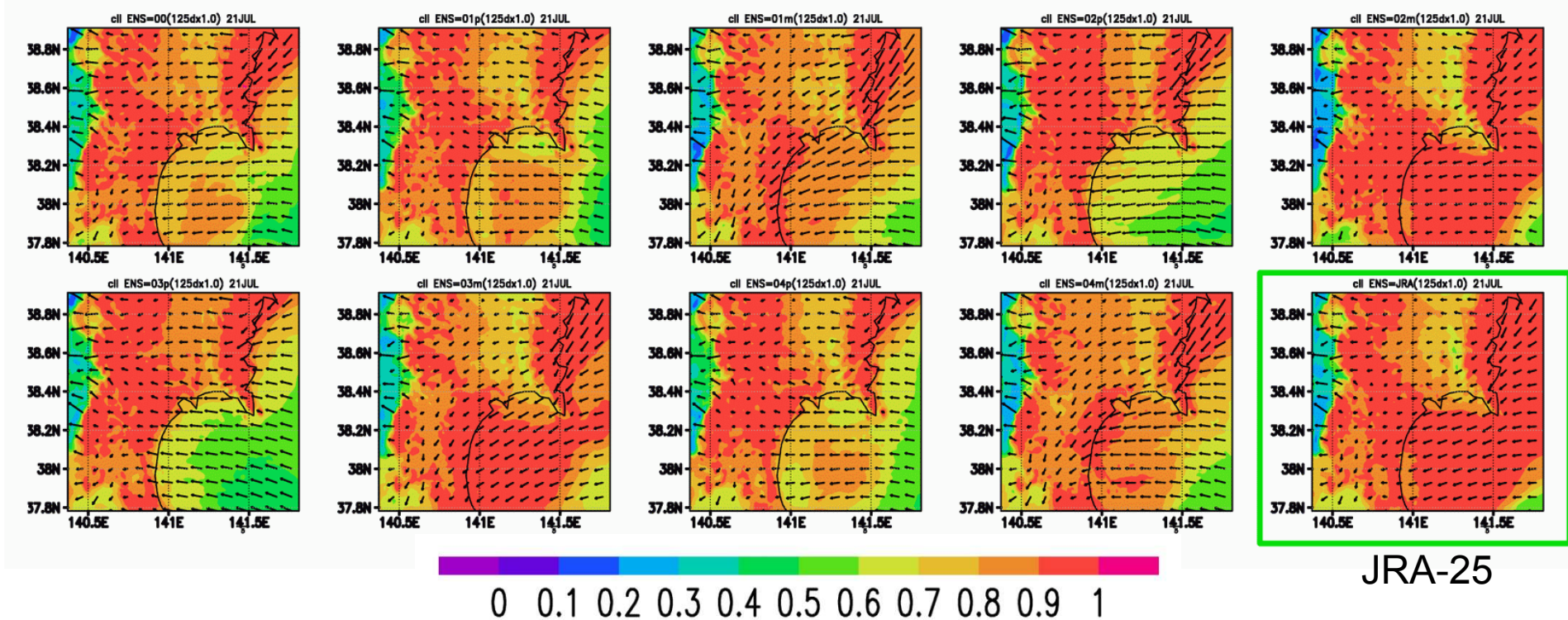


図3.3 各アンサンブルメンバーの下層雲量(陰影)と地上風(矢印)の日平均  
ただし、dx=1kmにダウンスケールしたもの



# アンサンブルダウンスケール予報 (領域内平均気温)

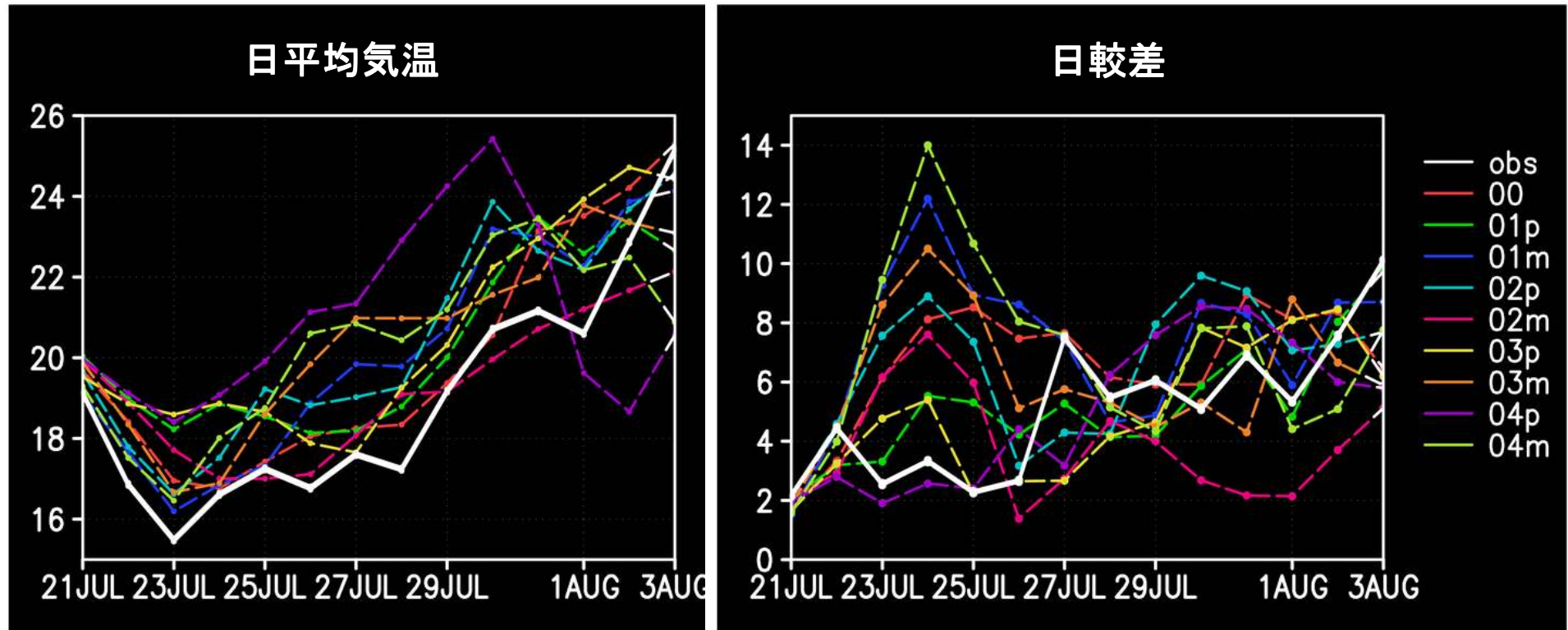


図3.4 計算領域内のAMeDAS(19点)の (左)平均気温 (右)気温日較差

# 予報誤差の要素

$x_{i,j}$  : Value of  $j$  - th Member at  $i$  - th Station

$x_i^o$  : Observation at  $i$  - th Station

$\bar{x}_i \left( = \frac{1}{N} \sum_j^N x_{i,j} \right)$  : Ensemble Mean at  $i$  - th Station

RMSE of Ensemble Mean at  $i$  - th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$

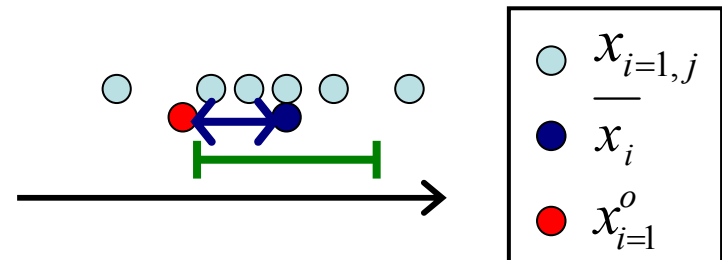
Spread at  $i$  - th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

Ensemble Mean of Squared Error at  $i$  - th Station

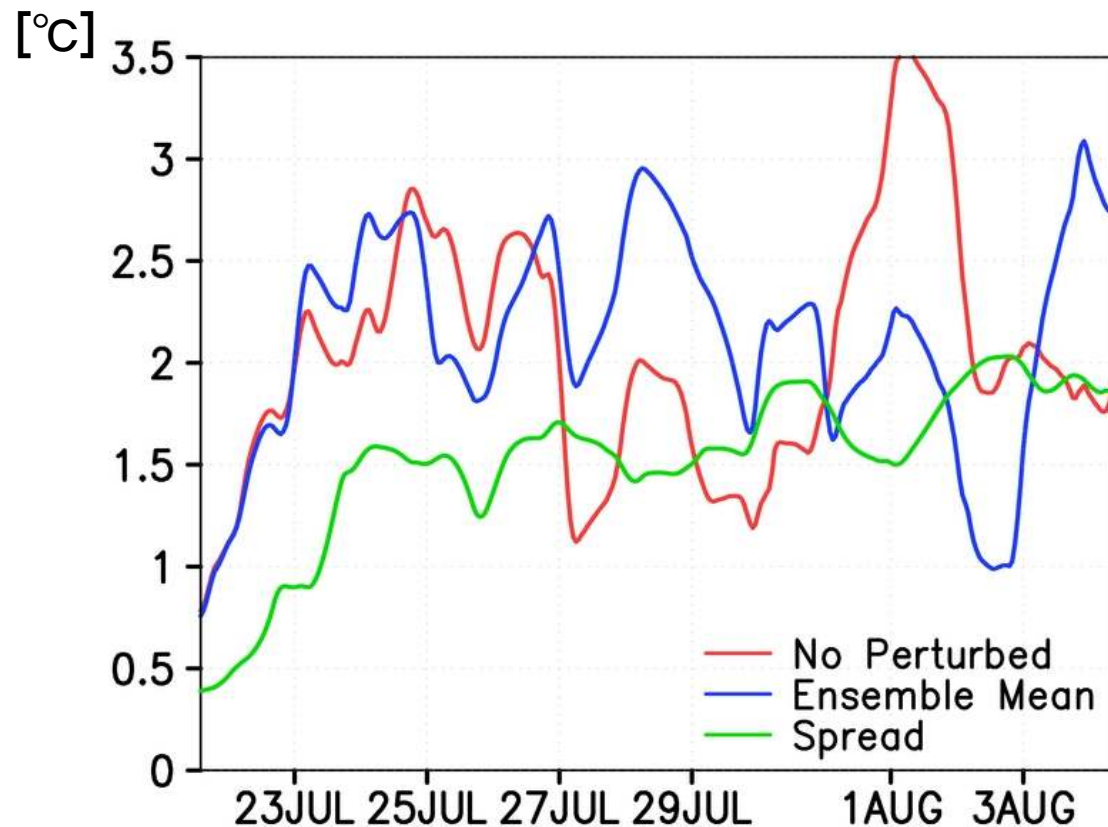
$$\overline{E_i^2} = \frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - x_i^o)^2$$

$$= \boxed{ME_i}^2 + \boxed{S_i}^2$$



# スプレッドとアンサンブル平均誤差の 時間変化

- 各観測点におけるアンサンブル平均誤差とスプレッドの領域平均



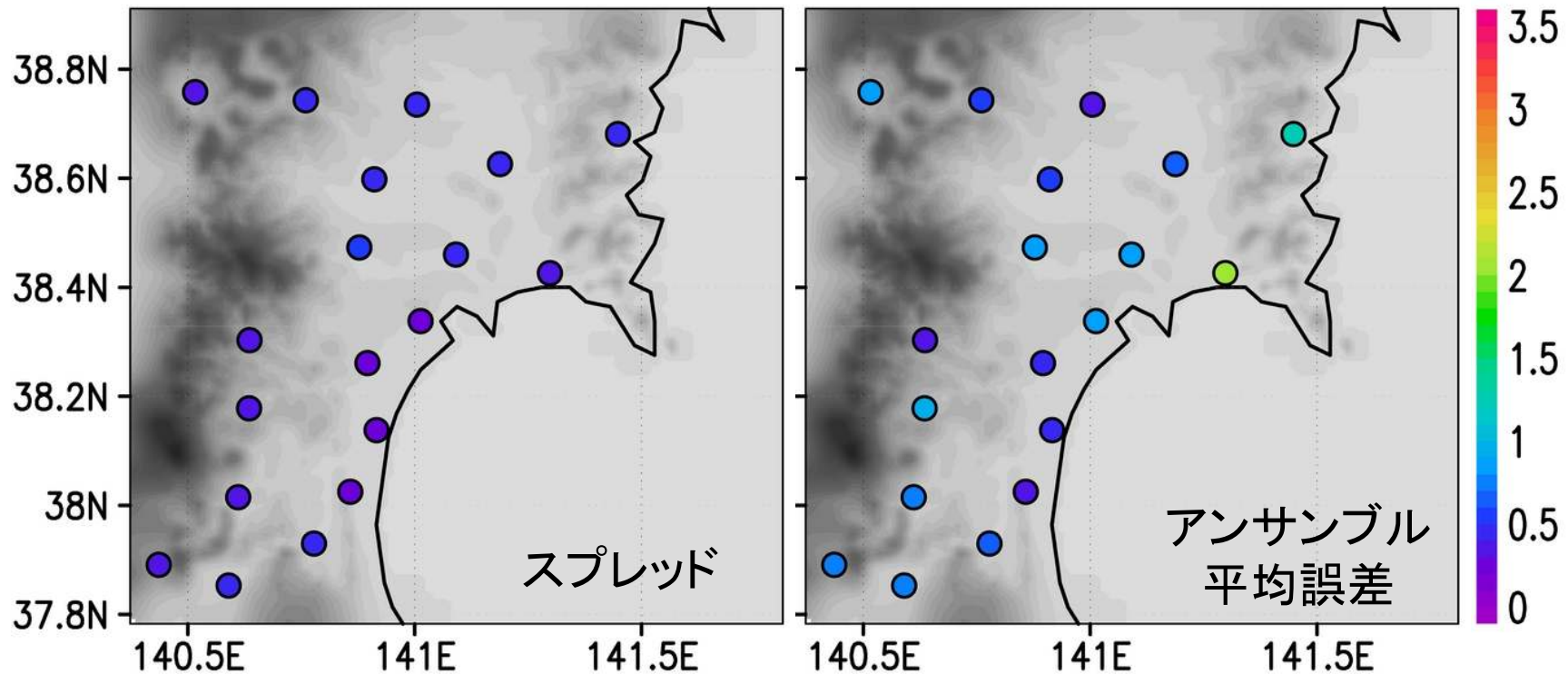
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差 分布(1日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$



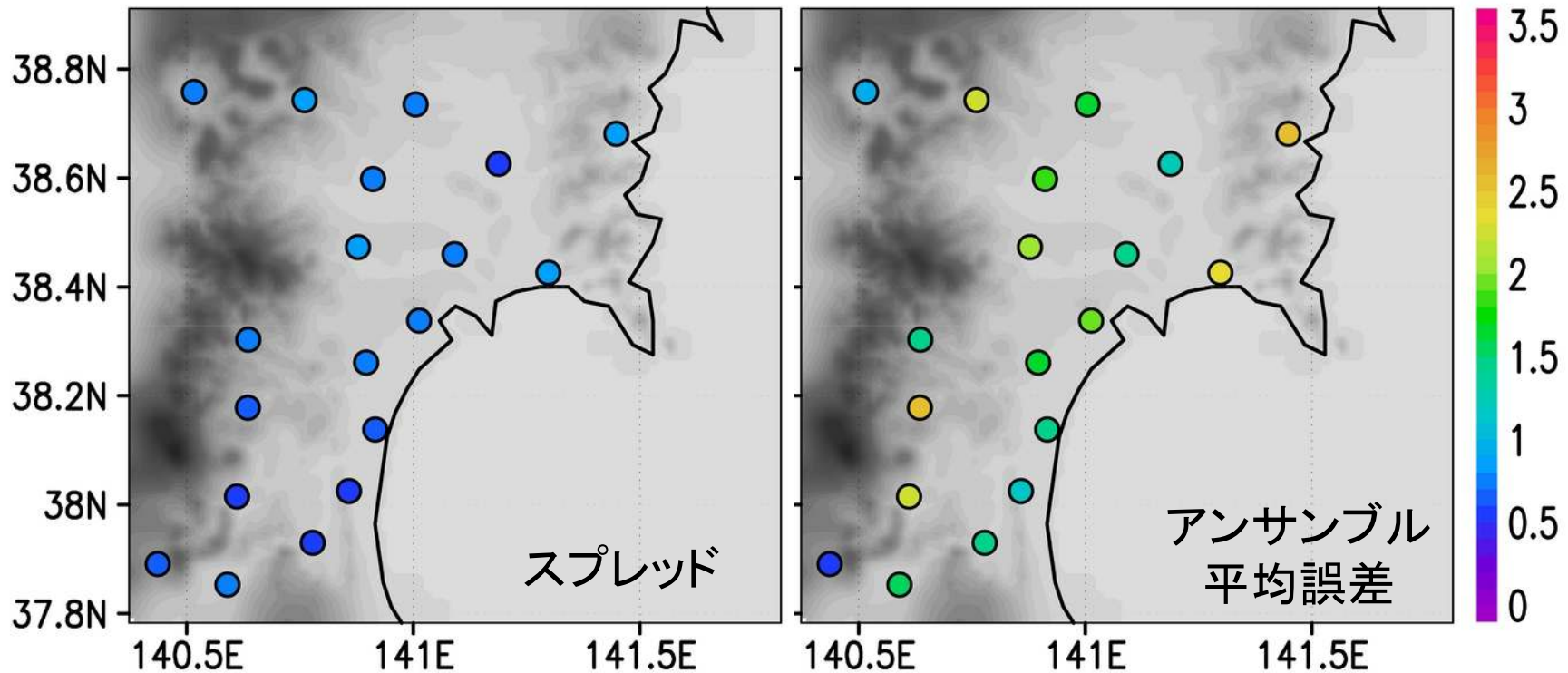
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差分布(2日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$



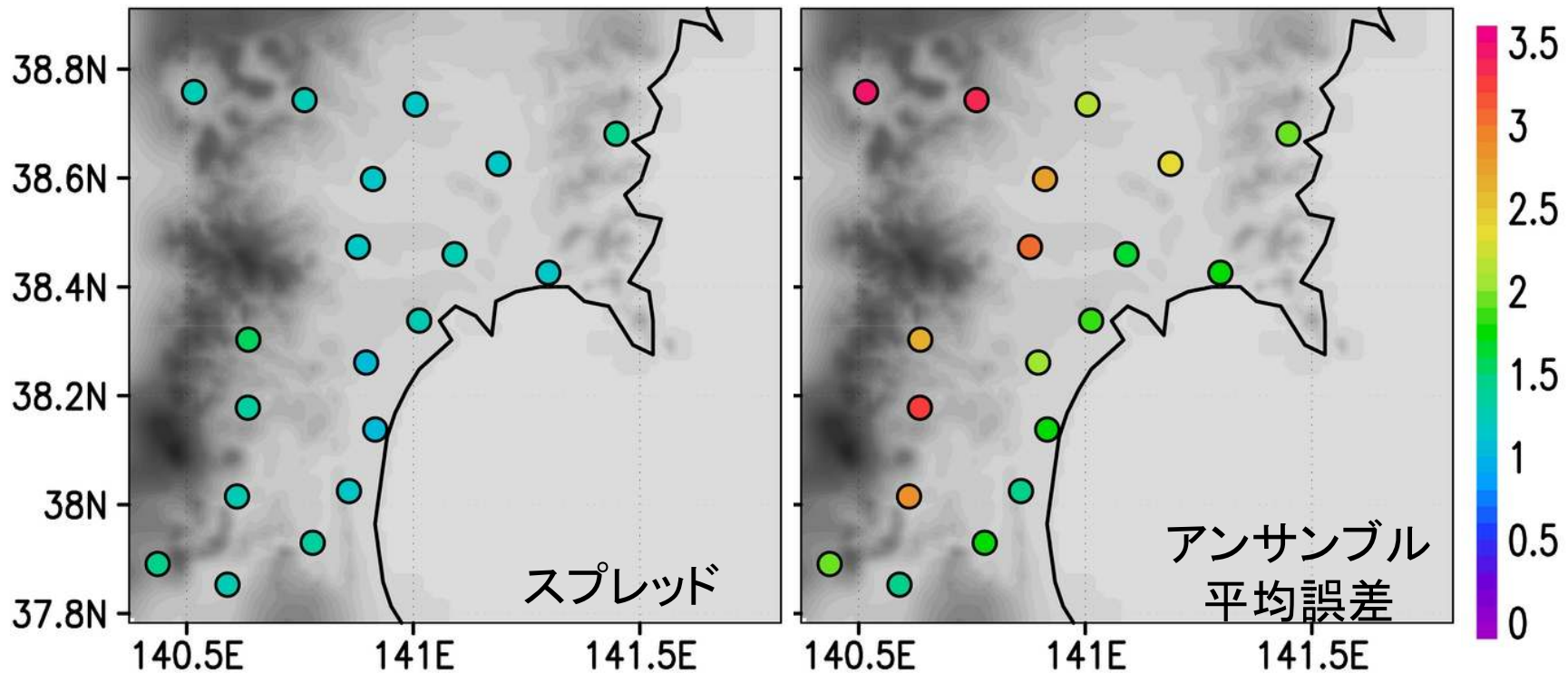
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差分布(3日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$





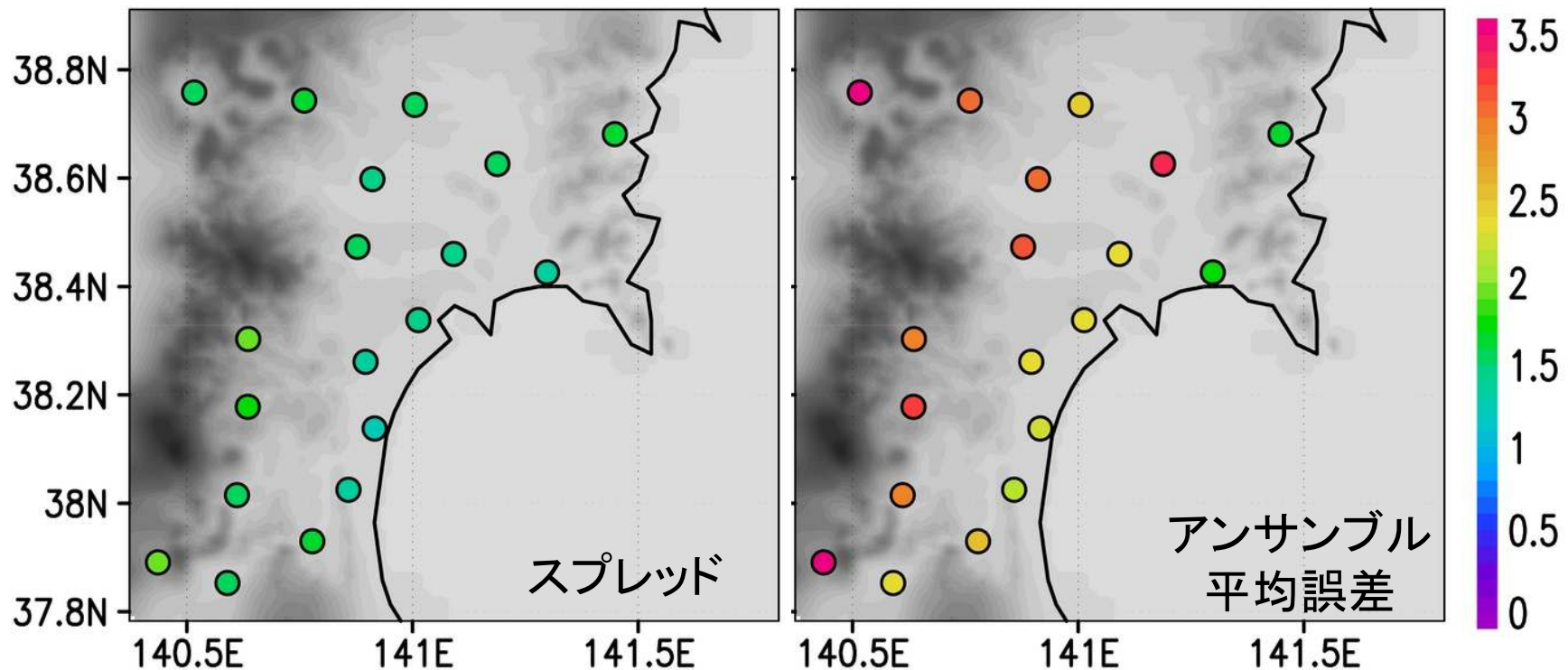
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差分布(4日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$



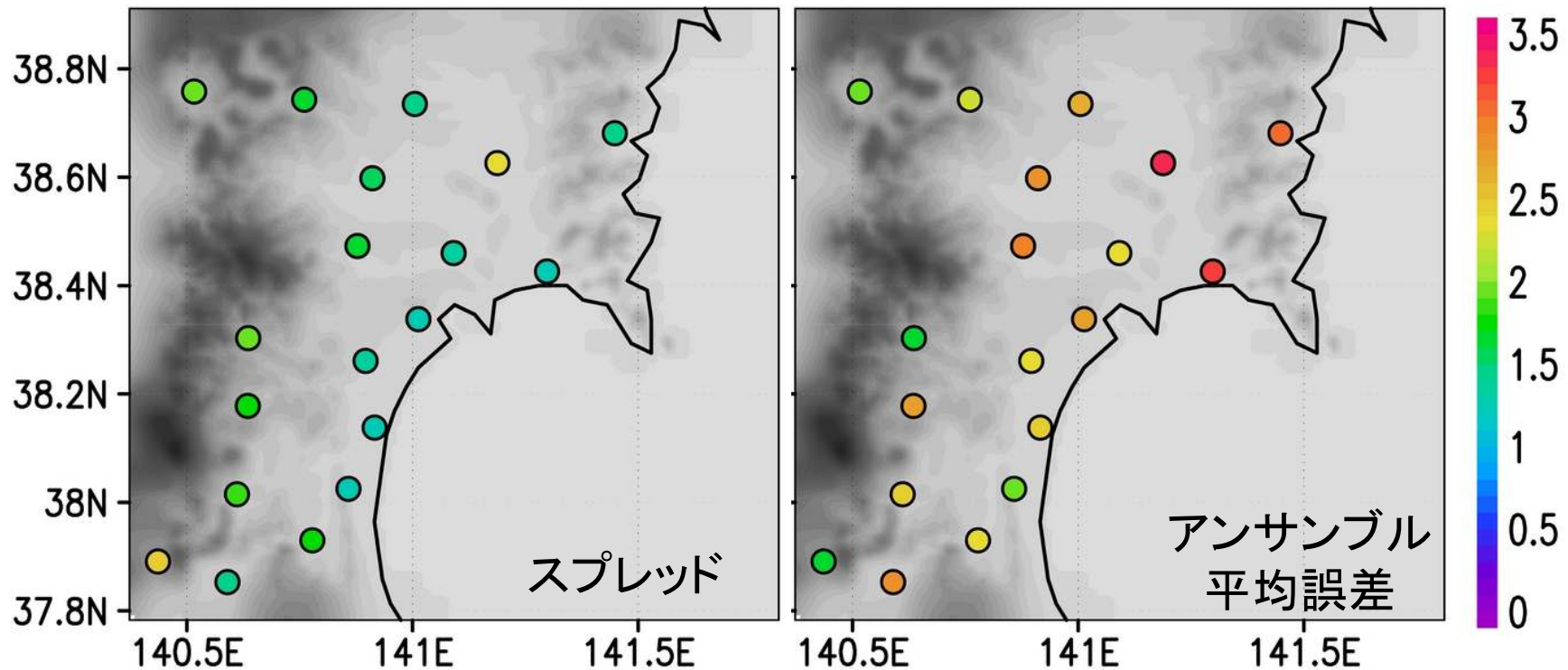
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差分布(6日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$





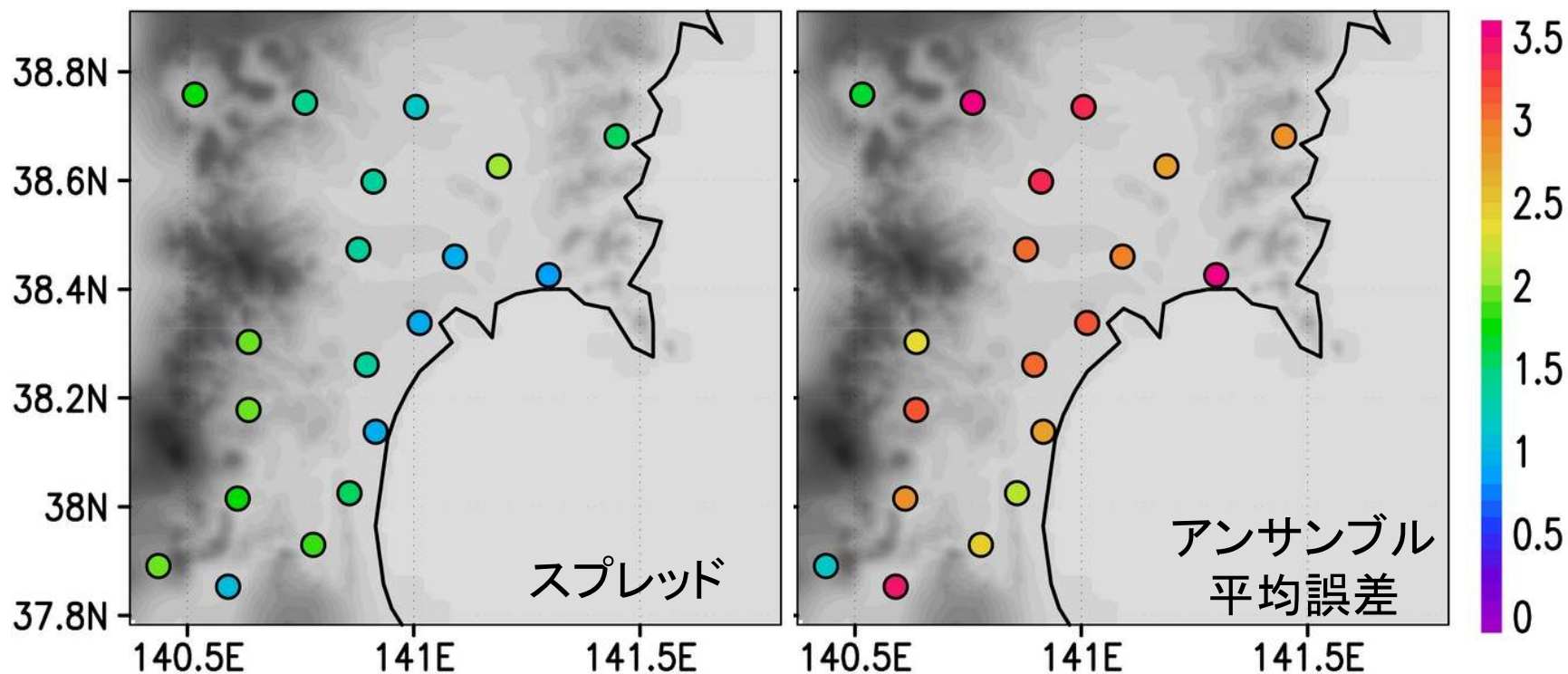
# スプレッドとアンサンブル平均の誤差 分布(8日目)

Spread at  $i$ -th Station

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_j^M (x_{i,j} - \bar{x}_i)^2}$$

RMSE of Ensemble Mean at  $i$ -th Station

$$ME_i = \sqrt{(\bar{x}_i - x_i^o)^2}$$



# まとめ

- ・ メンバーにより、下層雲の表現に大きな差  
→ 気温の日較差にばらつき(max:12°C)
- ・ 地点、予報時間を問わず、  
(スプレッド) < (アンサンブル平均誤差) であった。  
⇒ モデルのバイアスが大きい
- ・ 地点によるスプレッドの違いがあまり見られない

# 今後の課題

- ・ 地点による違いをさらに詳しく調べる
- ・ アンサンブル平均の誤差の改善  
→ダウンスケールによるバイアスの修正
- ・ 複数の事例についてアンサンブル予報を行い、統計的にアンサンブルダウンスケール予報が有意か調べる。



# Ⅲ. ダウンスケールの効果

# ダウンスケールの効果



（岩崎、沢田 2010）

I 予報      II 診断

境界値の誤差を取り去る

初期値・境界値	1ヶ月アンサンブル(1.25度)→JRA-25(1.25度)
SST	固定→更新(24時間毎)

# 気温

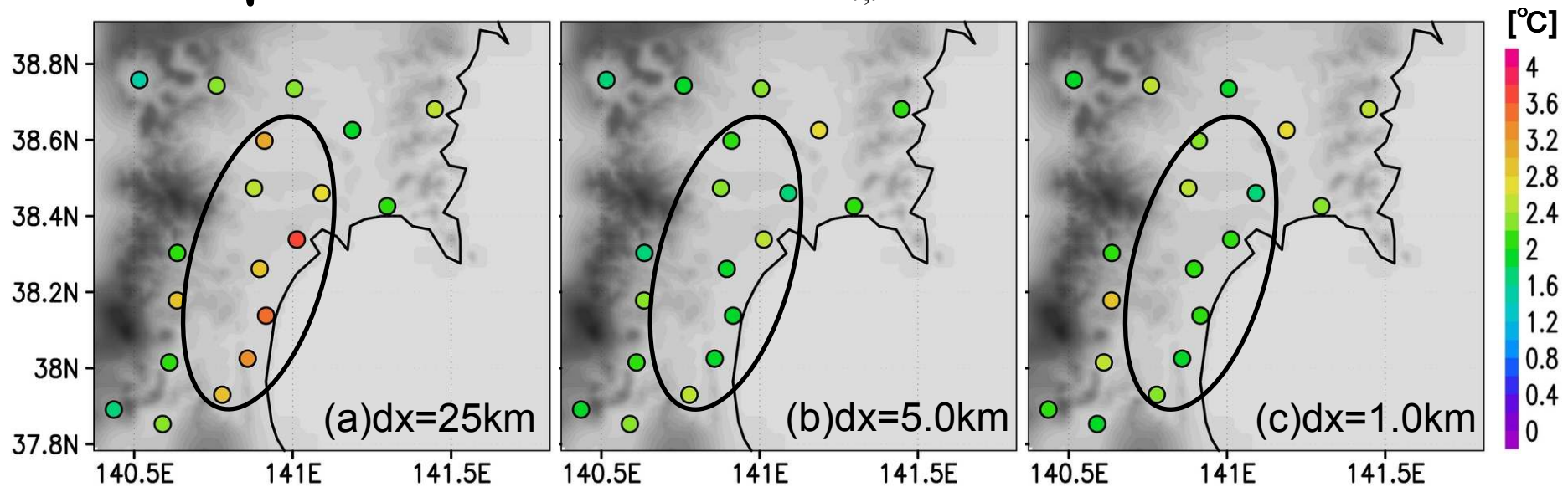
## AMeDASとの比較 (気温)

$$E_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_{i,t} - x_{i,t}^o)^2}$$

$E_i$  : Error at Station  $i$

$x_{i,t}$  : Model Output at Station  $i$  at Time  $t$

$x_{i,t}^o$  : Observation at Station  $i$  at Time  $t$



計算期間(2003年7月21~8月5日)におけるAMeDAS各地点に対する気温のRMSE [°C]  
(a)水平解像度25km (b)水平解像度5.0km (c)水平解像度1.0km

# 日最低気温

## ・ AMeDASとの比較（日最低気温）

$$E_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_{i,t} - x_{i,t}^o)^2}$$

$E_i$  : Error at Station  $i$

$x_{i,t}$  : Model Output at Station  $i$  at Time  $t$

$x_{i,t}^o$  : Observation at Station  $i$  at Time  $t$

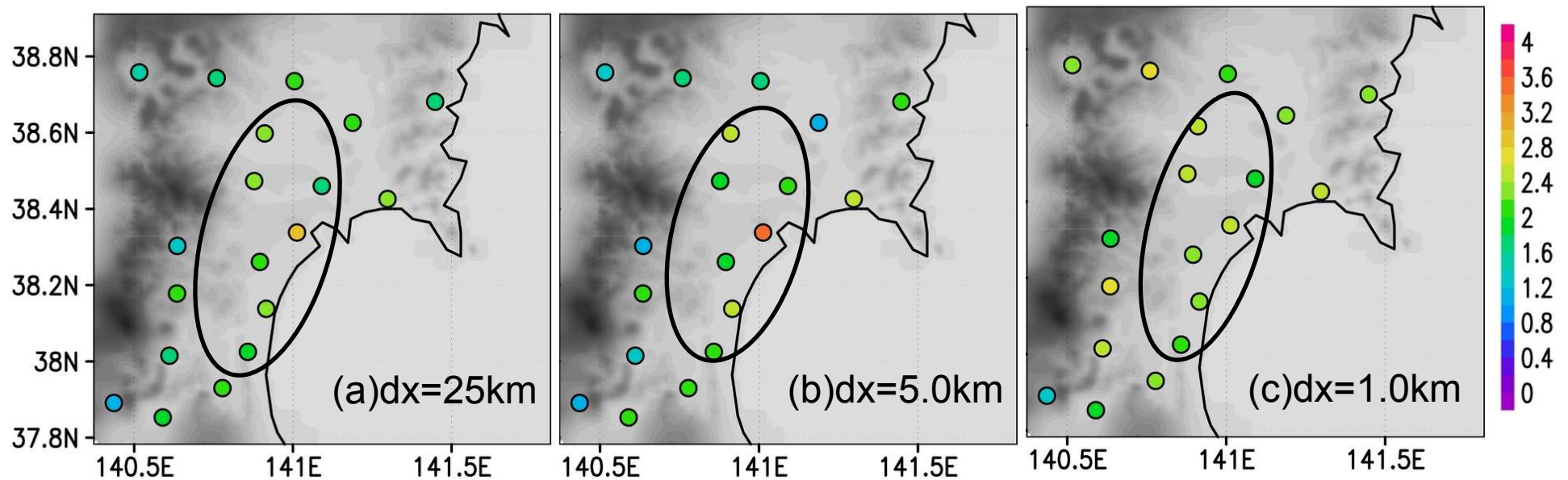


図 計算期間(15日間)におけるAMeDAS各地点に対する日最低気温のRMSE [°C]  
(a)水平解像度25km (b)水平解像度5.0km (c)水平解像度1.0km



# 気温の日較差

## ・ AMeDASとの比較（日較差）

$$E_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_{i,t} - x_{i,t}^o)^2}$$

$E_i$  : Error at Station  $i$

$x_{i,t}$  : Model Output at Station  $i$  at Time  $t$

$x_{i,t}^o$  : Observation at Station  $i$  at Time  $t$

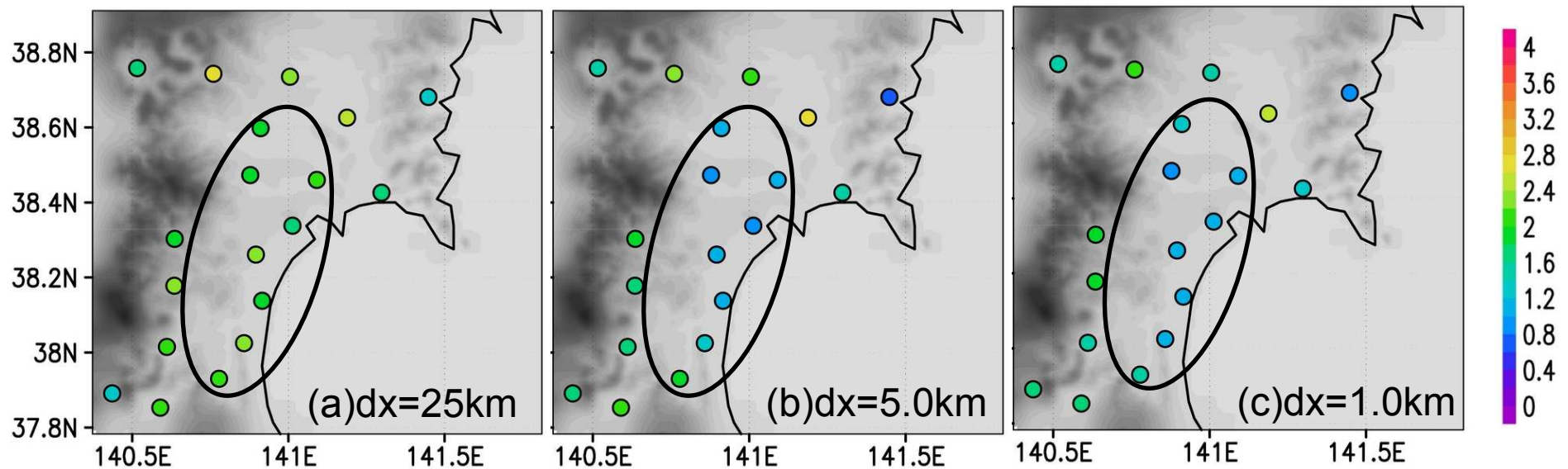
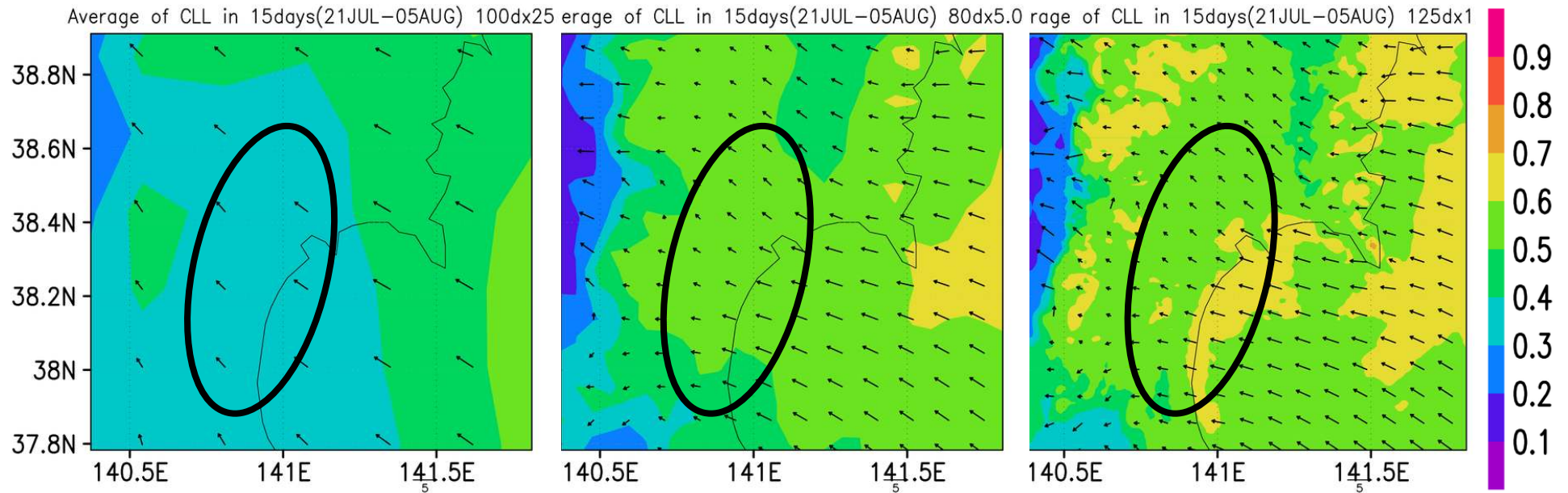


図 計算期間(15日間)におけるAMeDAS各地点に対する気温の日較差RMSE [°C]  
(a)水平解像度25km (b)水平解像度5.0km (c)水平解像度1.0km

# 下層雲



計算期間(2003年7月21~8月5日)における下層雲量(陰影)と地上風(矢印)の平均  
(左)水平解像度25km (中央)水平解像度5.0km (右)水平解像度1.0km

# 下層雲

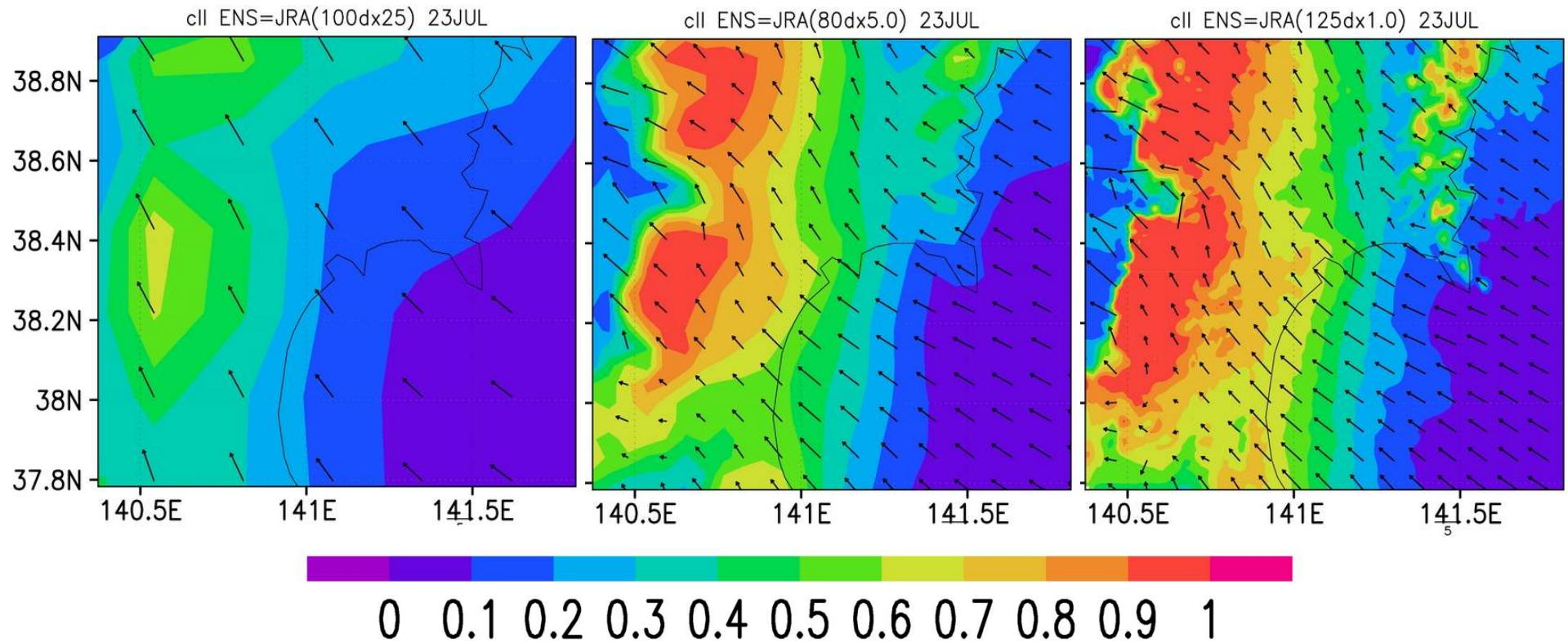


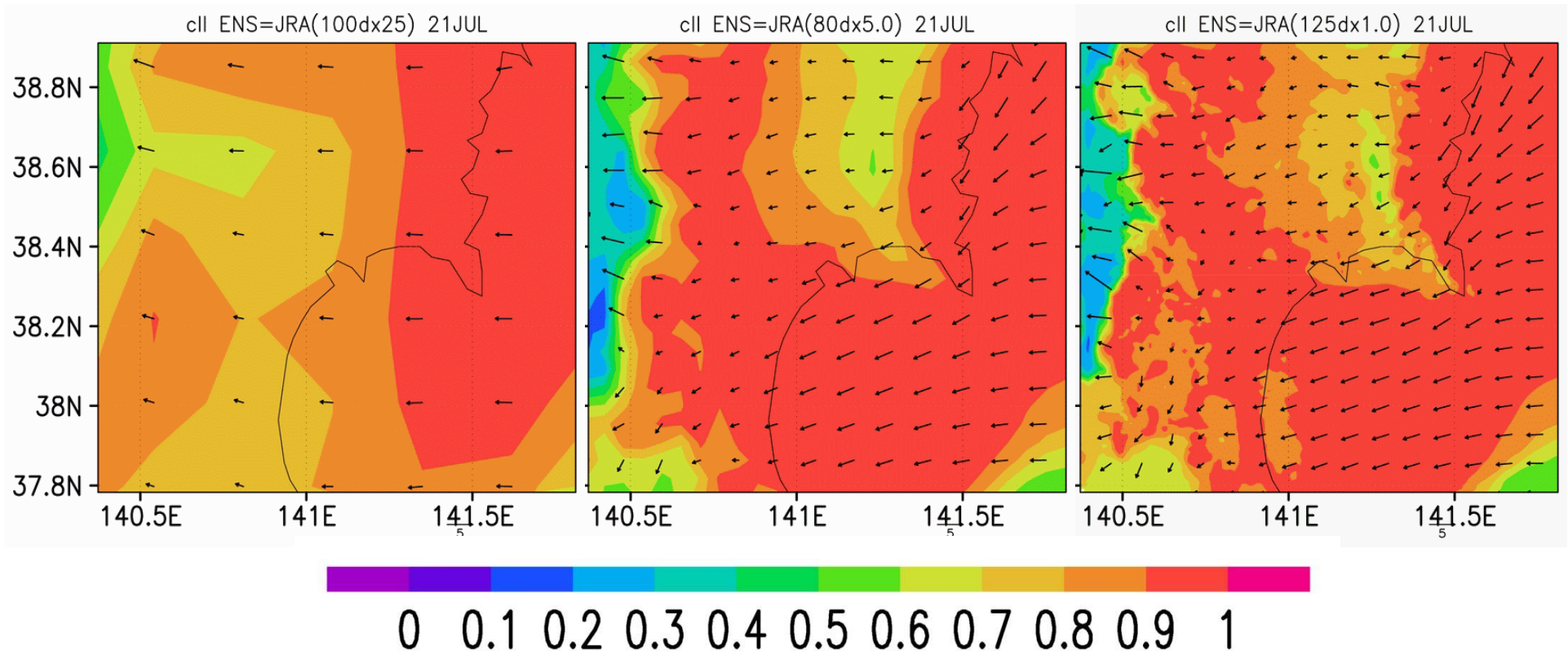
図 7月23日における下層雲量(陰影)と地上風(矢印)の平均  
(左)水平解像度25km (中央)水平解像度5.0km (右)水平解像度1.0km

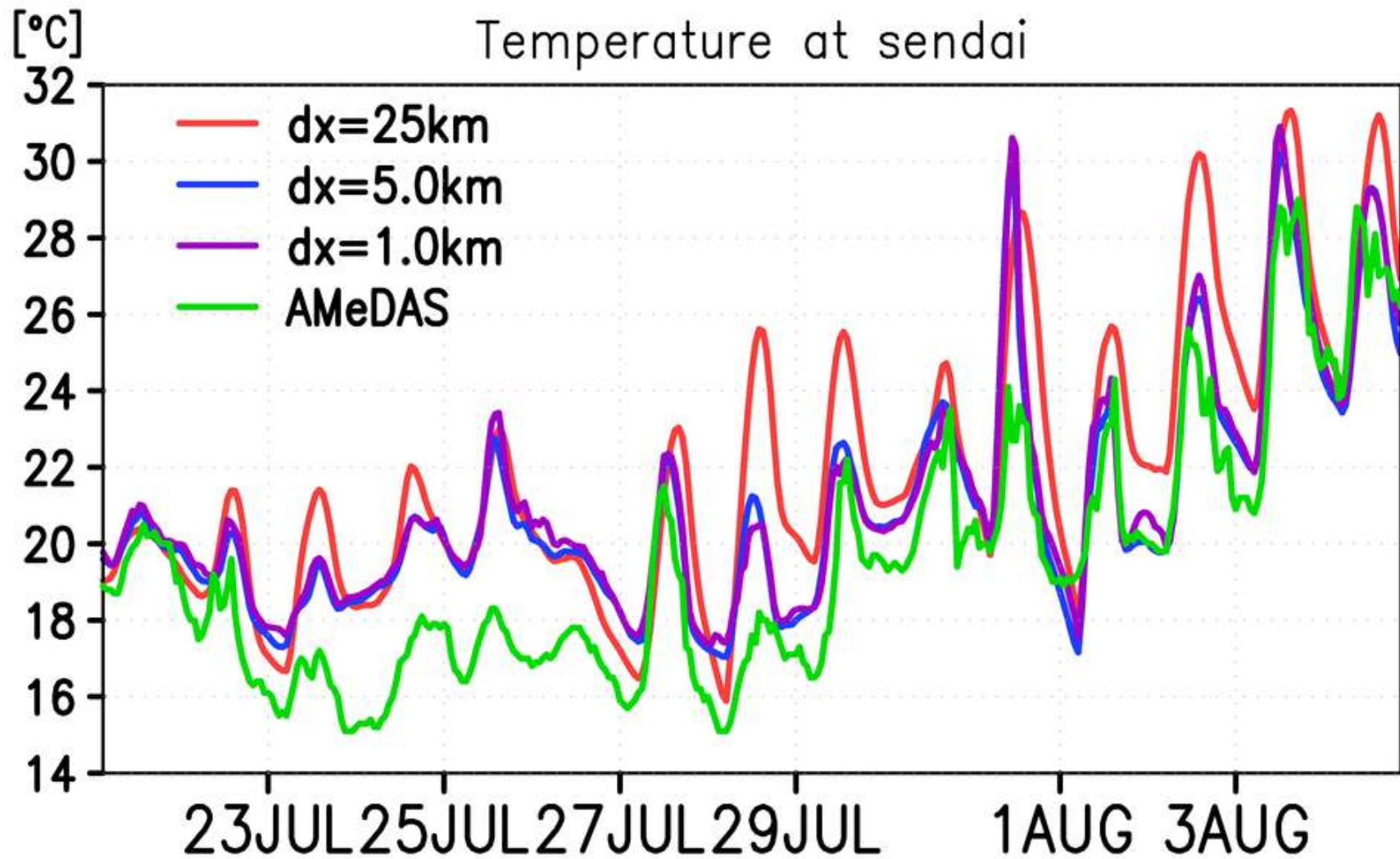
# ダウンスケールの効果 ～まとめ～

- ・ 25km→5km
  - ・ 下層雲の表現が良化
    - ⇒ 気温の日変化の誤差が減少
- ・ 5km→1km
  - ・ 気温、下層雲の分布・量に大きな違いなし
    - ※ 地形のより複雑な地域(ex.岩手)について調べる必要



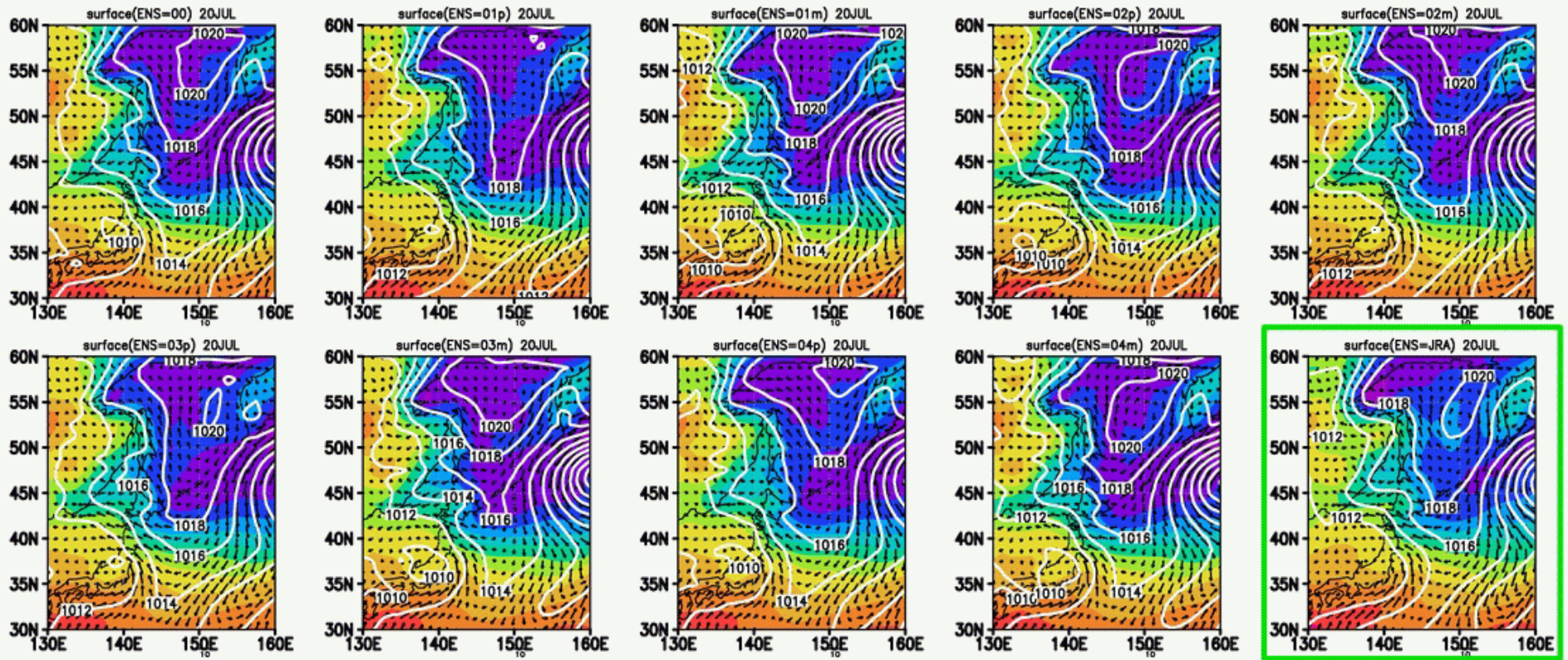
# 下層雲

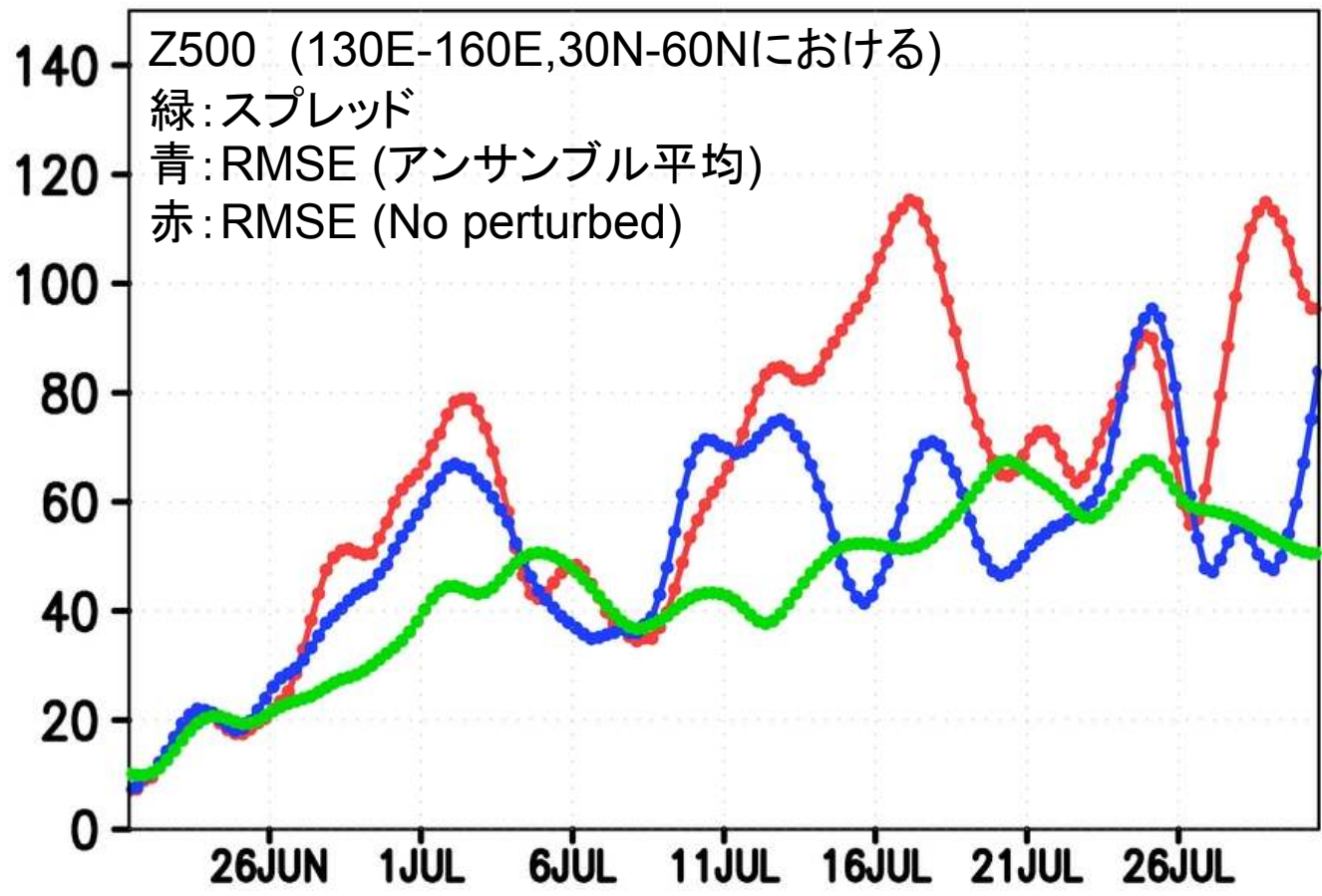






# 20JUL







# 予報結果 ~ 検証

- AMeDASとの比較 (dx=1.0km)

