

# 力学的ダウンスケールによる 2003年東北冷夏の アンサンブル予報実験

福井真<sup>\*1</sup> 宮脇祥一郎<sup>\*2</sup> 余偉明<sup>\*1</sup> 岩崎俊樹<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 東北大学大学院理学研究科

<sup>\*2</sup> 気象庁気候情報課

# 目次

I. はじめに

II. 実験概要

III. 実験結果

IV. まとめ

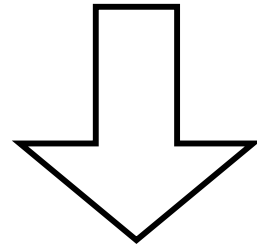
# I . はじめに

# 背景

- ヤマセは背が低く、地形の影響を大きく受ける (工藤, 1984)
  - ⇒ 力学的ダウンスケールによる予報
- 力学的ダウンスケール予報の誤差を考慮した予報
  - 力学的ダウンスケールによる予報の誤差 (岩崎・沢田, 2010)
    - ← 領域モデルの不完全性 & (初期値)・境界値の誤差
  - 境界値の誤差
    - ← 全球モデルの不完全性 & 初期値の誤差
    - ⇒ 全球アンサンブル予報の利用

# 目的

アンサンブルダウンスケールシステム構築



1ヶ月アンサンブル予報値を用いた  
力学的ダウンスケールを行い、その有効性を調べる

## 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(格子数)	25km (100×70)	5km (80×80)	1km (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* (水平解像度1.25度)	水平解像度25kmへの ダウンスケール結果	水平解像度5kmへの ダウンスケール結果
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) 地形に沿うハイブリッド座標		
積雲対流	Kain-Fritschスキーム		なし
SST	NGSST(Guan and Kawamura, 2004) (初期日に固定)		
乱流クロージャー	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

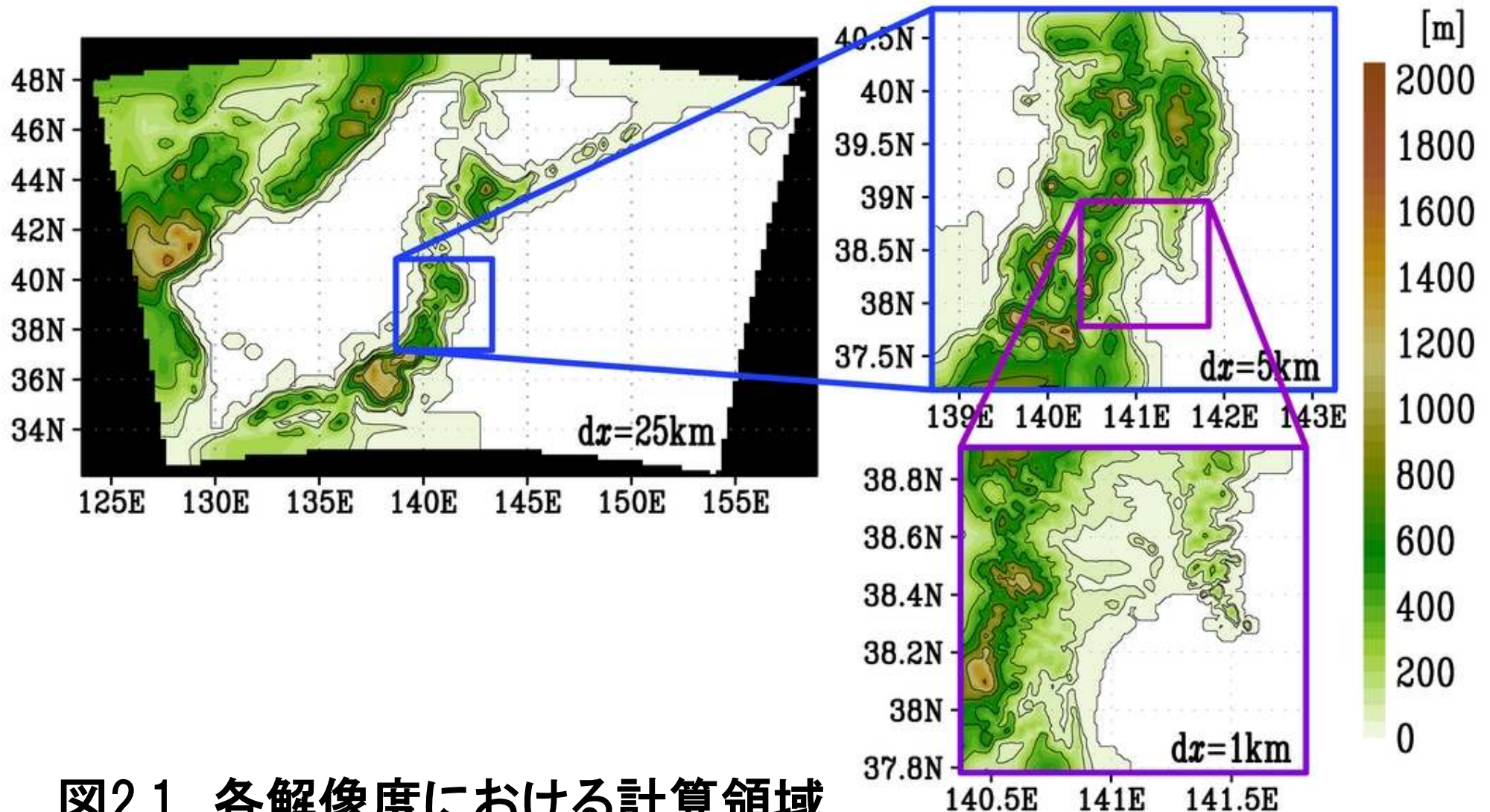


図2.1 各解像度における計算領域

陰影は標高[m]



# AMeDAS

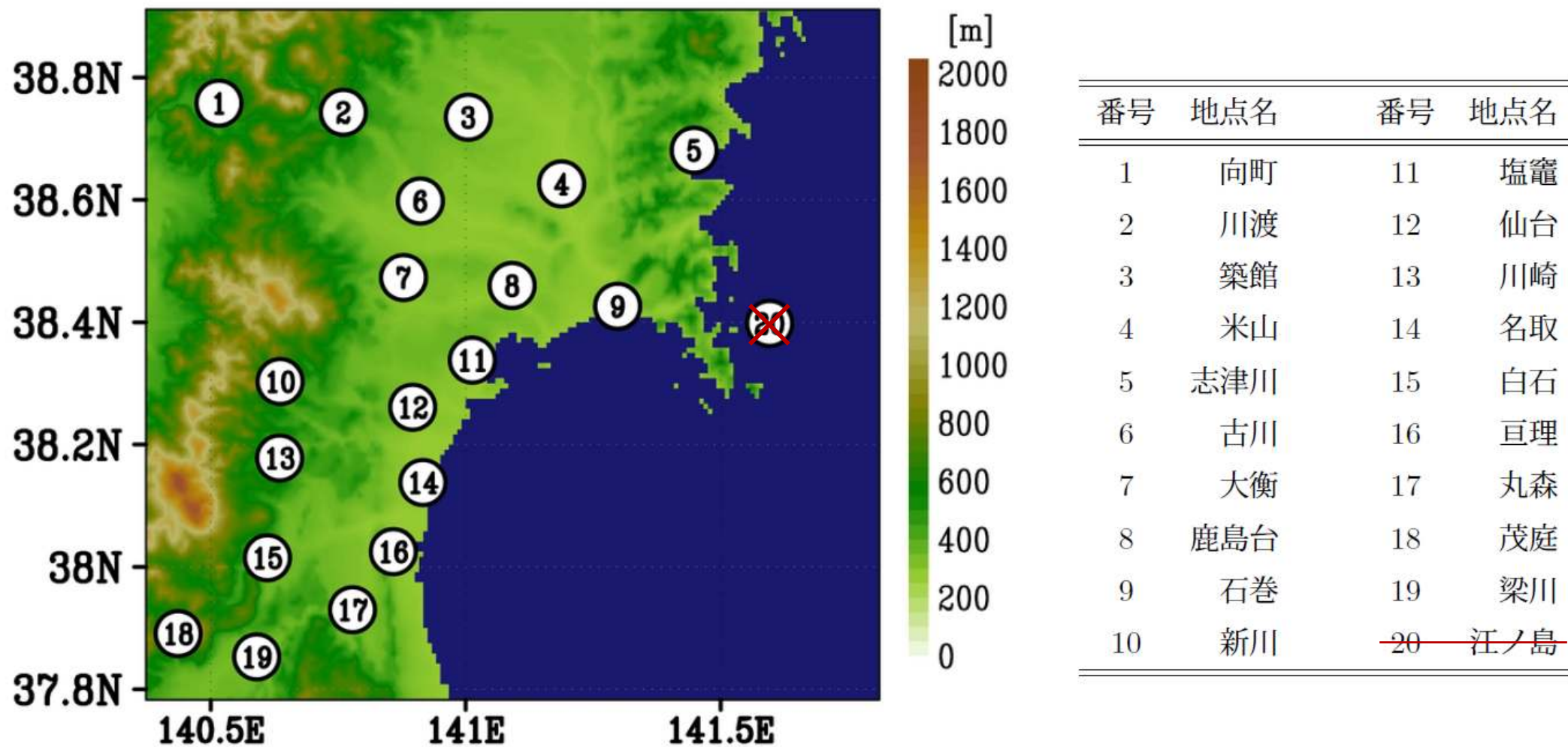


図2.2 AMeDAS観測点

領域は、水平解像度1kmの計算領域

# 計算期間

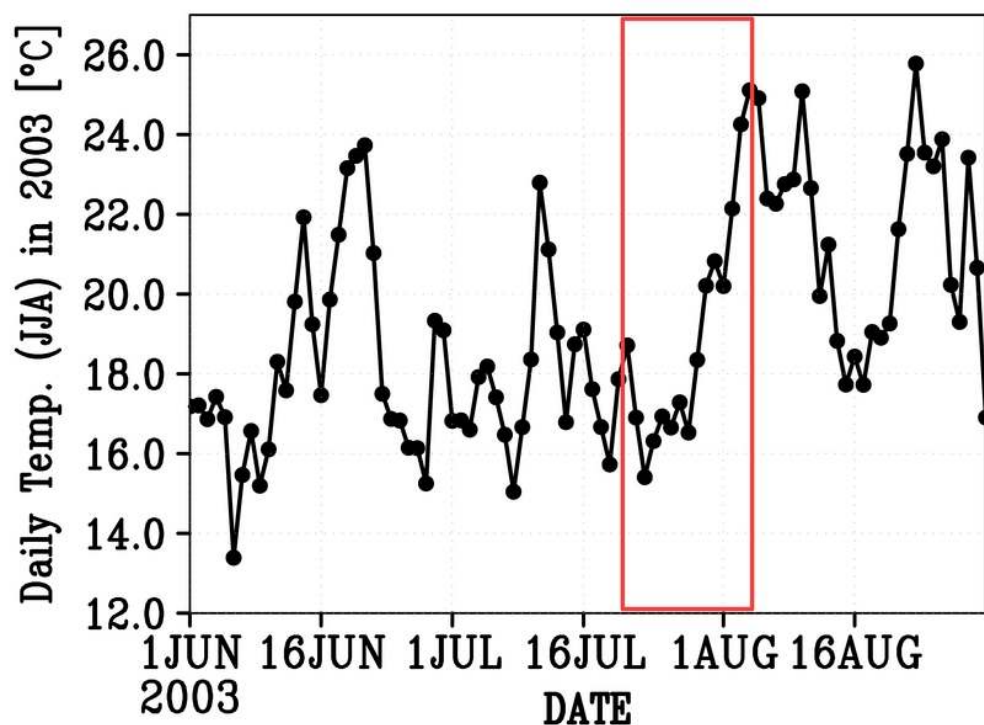


図2.3 日平均気温(2003年6~8月)

領域内のAMeDAS19地点の平均

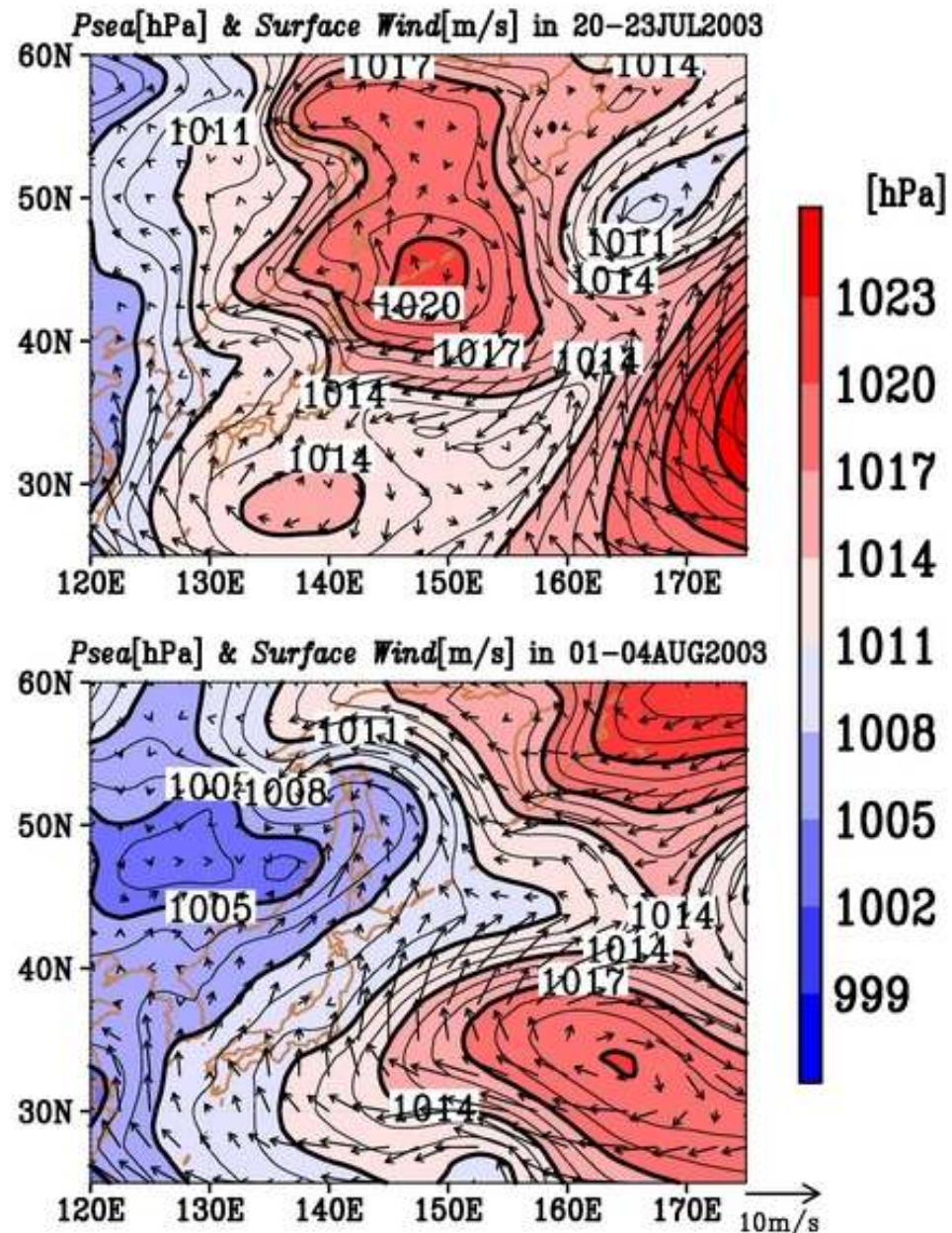


図2.4 海面更正気圧と地上風

上段) 2003年7月20~23日の平均  
 下段) 2003年8月01~04日の平均  
 使用データは、JRA-25

# III. 實驗結果

# 誤差の成分について

$$\langle x_j \rangle \equiv \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_{i,j} \quad : \text{Areal-Mean of } j\text{-th Member's } x$$

$$L_{i,j} \equiv x_{i,j} - \langle x_j \rangle \quad : \text{Locality of } j\text{-th Member's } x \text{ at } i\text{-th Station}$$

$$\bar{x}_i \equiv \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{i,j} \quad : \text{Ensemble Mean of } x \text{ at } i\text{-th Station}$$

$$\begin{aligned} E_{i,j}^2 &= (x_{i,j} - x_i^{\text{obs}})^2 \\ &= (\langle x_j \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle)^2 + (L_{i,j} - L_i^{\text{obs}})^2 + 2(L_{i,j} - L_i^{\text{obs}})(\langle x_j \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle) \end{aligned}$$

$$\langle E_j^2 \rangle = (\langle x_j \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle)^2 + \langle (L_{i,j} - L_i^{\text{obs}})^2 \rangle$$

$$\overline{\langle E^2 \rangle} = \underbrace{\left( \overline{\langle x \rangle} - \langle x^{\text{obs}} \rangle \right)^2}_{\text{アンサンブル平均のAreal-Mean誤差}} + \underbrace{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left( \langle x_j \rangle - \overline{\langle x \rangle} \right)^2}_{\text{Areal-Meanのスプレッド}} + \underbrace{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \left( \bar{L}_i - L_i^{\text{obs}} \right)^2}_{\text{アンサンブル平均のLocality誤差}} + \underbrace{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{i,j} \left( L_{i,j} - \bar{L}_i \right)^2}_{\text{Localityのスプレッド}}$$

アンサンブル平均  
のAreal-Mean誤差

Areal-Mean  
のスプレッド

アンサンブル平均  
のLocality誤差

Localityの  
スプレッド

# 日平均気温

ただし、各日の値は、03,09,15,21JSTの値の平均

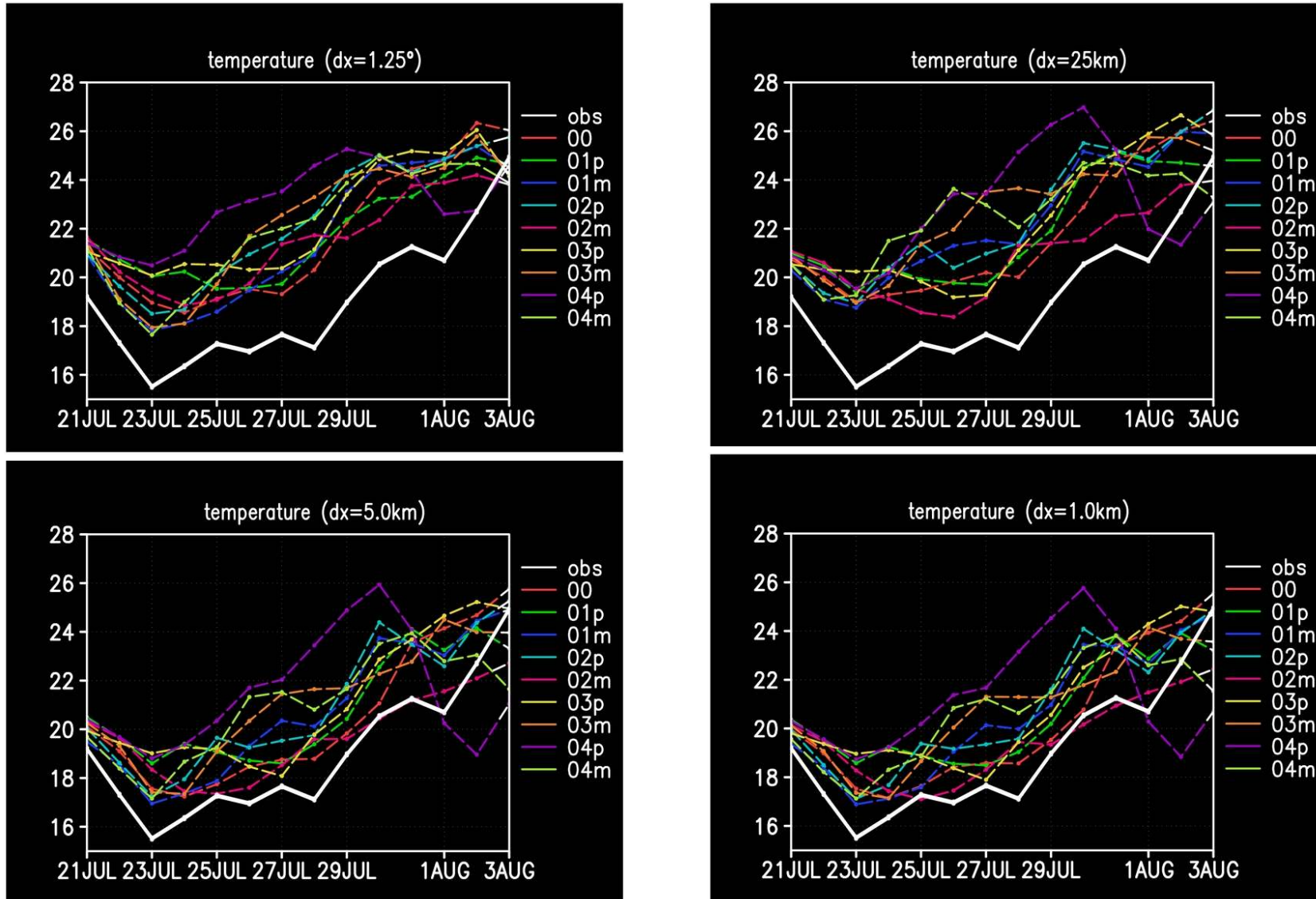


図3.1 解像度ごとの日平均気温 (19地点の平均)

# 気温の日較差

ただし、日較差=(15JSTの気温)-(03JSTの気温)

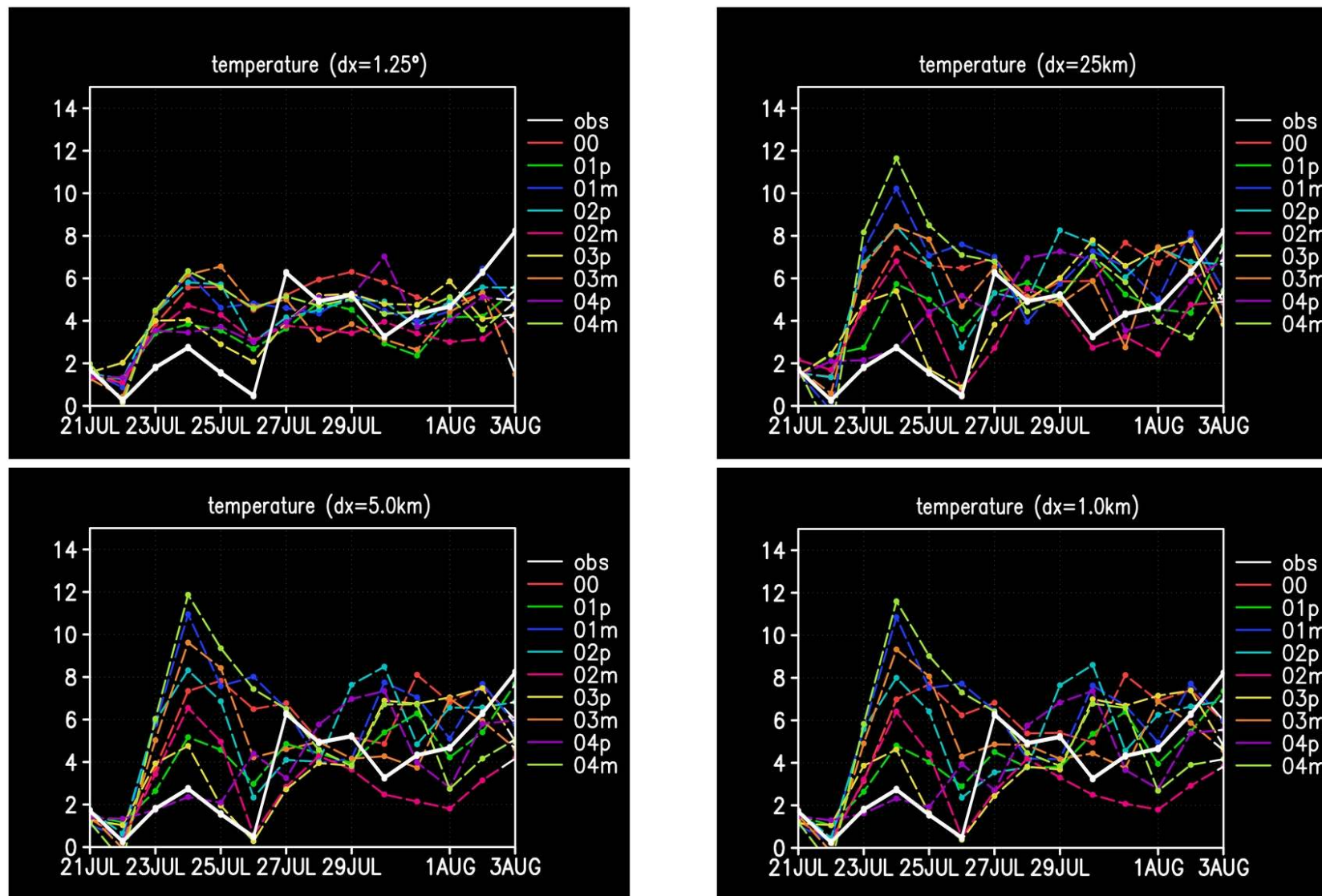
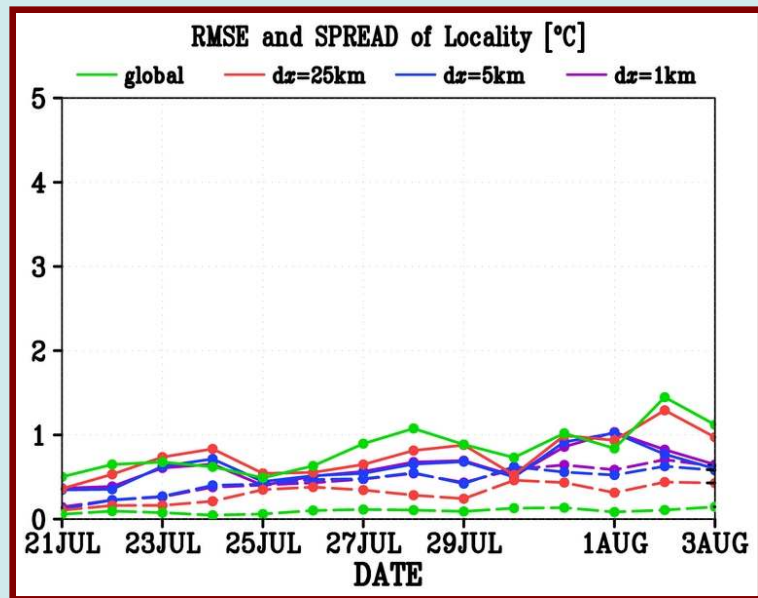
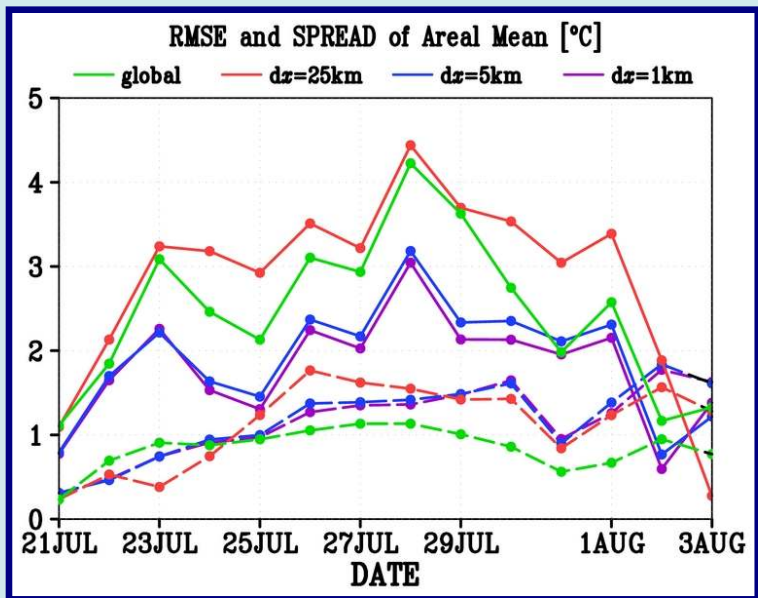


図3.2 解像度ごとの気温日較差 (19地点の平均)

# 気温の誤差

日平均気温



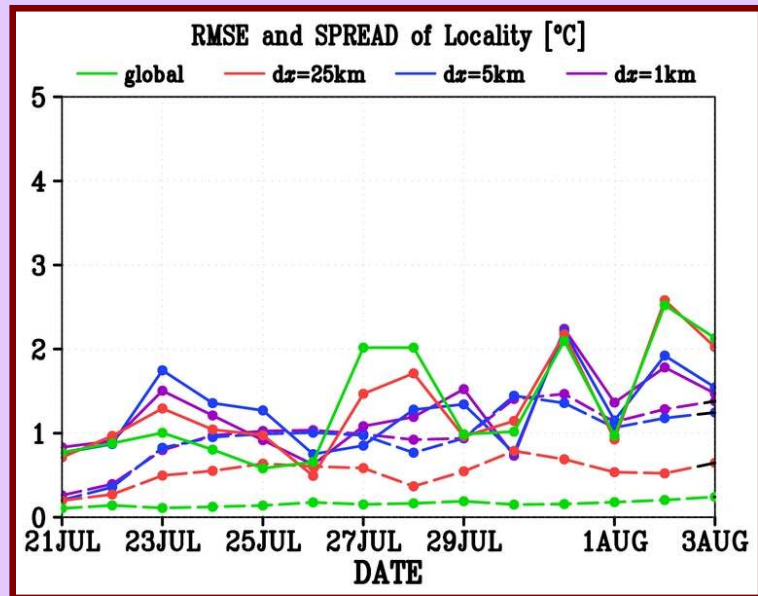
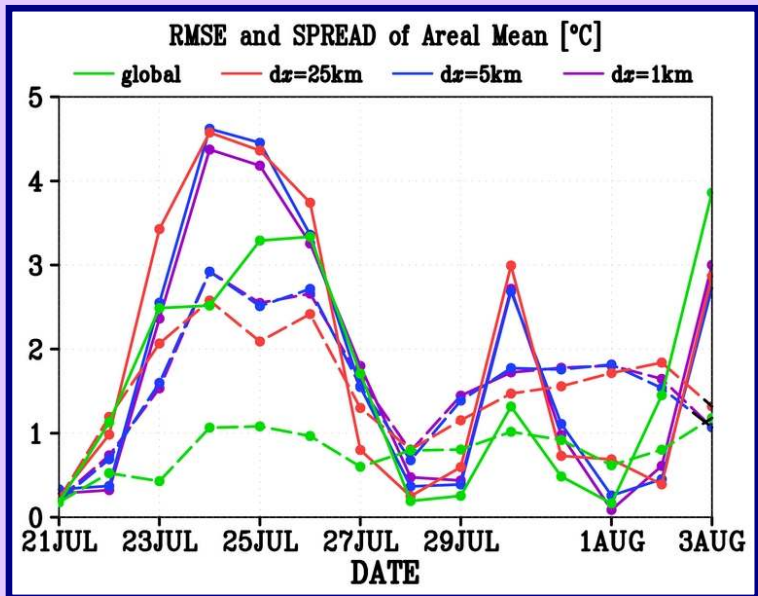
緑線：全球

赤線：25km

青線：5km

紫線：1km

気温日較差



実線:RMSE

破線:スプレッド

# まとめ

- **力学的ダウンスケールの効果**
  - **気温の再現性が向上 (25km→5kmで顕著)**
    - ← **雲量の分布の再現性が改善が一因**
- **アンサンブル手法を導入した効果**
  - **日較差や地域性に関するスプレッドが増加**
    - ⇒ **確率的に予報できる可能性の示唆**



# 課題

- 2°C程度の高温バイアスが残る
  - ⇒ 原因究明し、バイアスを除去する
- 水平解像度5km→1kmの力学的ダウンスケールで顕著な改善が見られない
  - ⇒ より複雑な地形を含む領域で解像度インパクトを調査
- 本研究では、対象としたのが1事例のみ
  - ⇒ 他事例への適応と有効性の確認

# 高温バイアスについて

以下、初期値・側面境界値は、  
再解析データJRA-25を使用

# 陸面過程

- 平板モデル  
大気-地表面の相互作用のみを考慮
- SiB(Simple Biosphere)  
植生キャノピー層、積雪の形成・消滅を考慮

# 日平均气温 比較

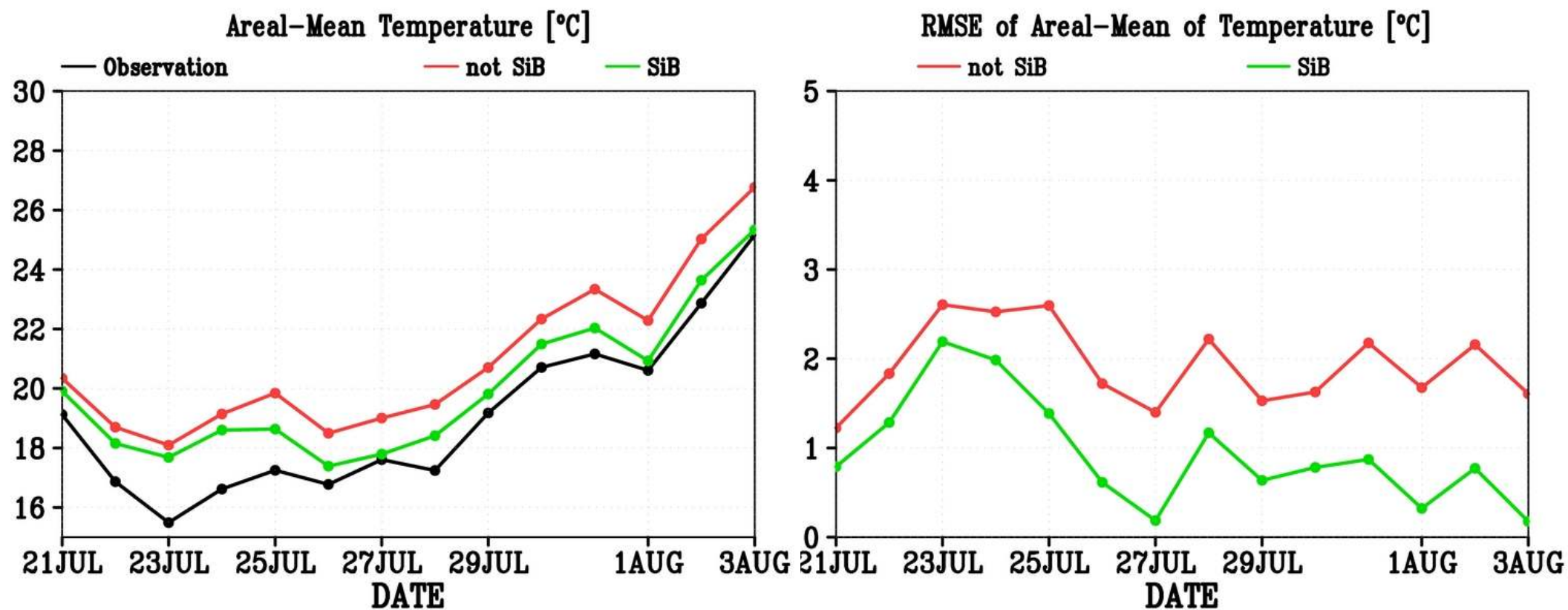


图3.3 日平均气温 左)時系列 右)誤差

# 潜熱と顕熱

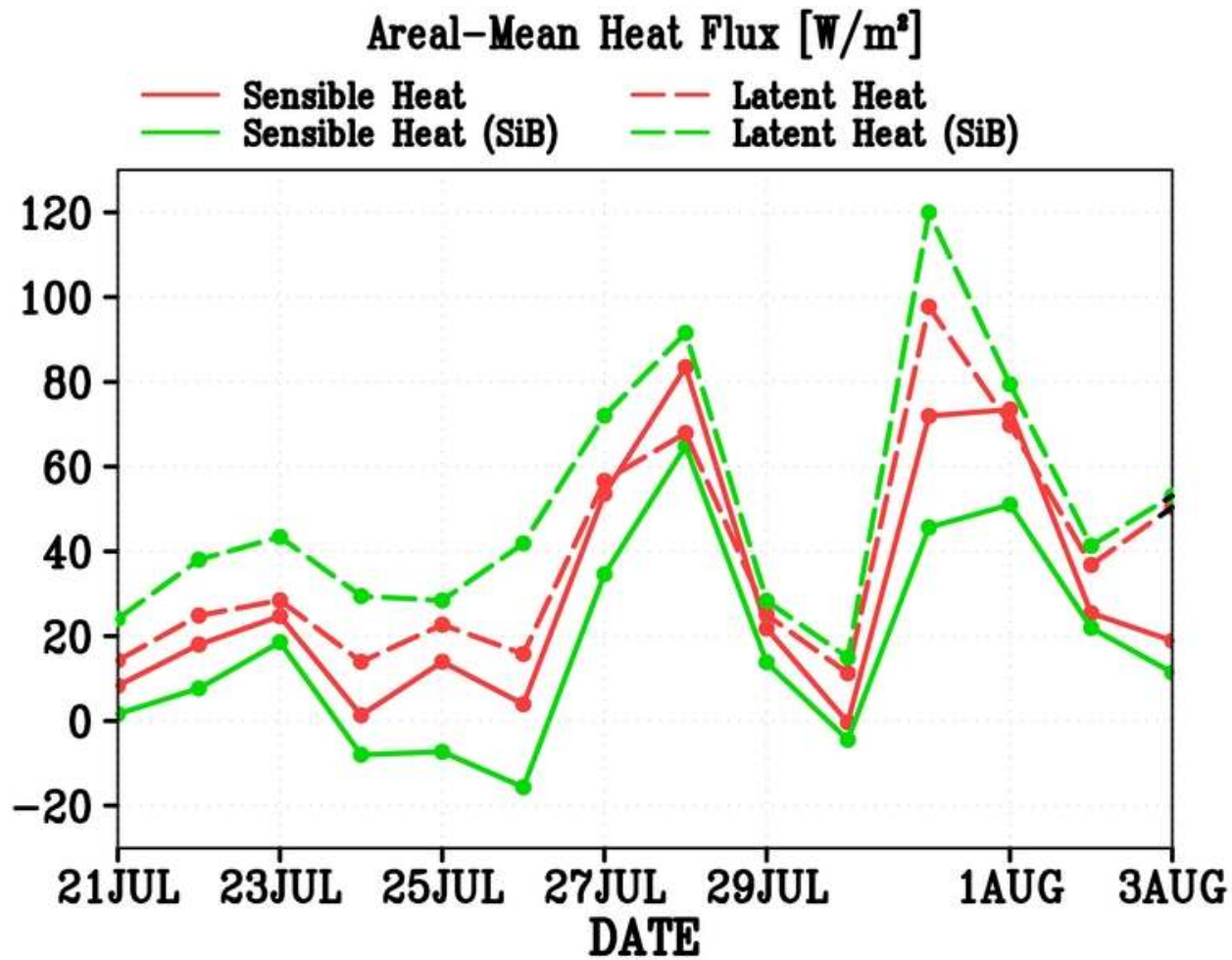


図3.4 顕熱フラックスと潜熱フラックス [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]

# 各地点における気温のRMSE

初期値・側面境界値→JRA-25

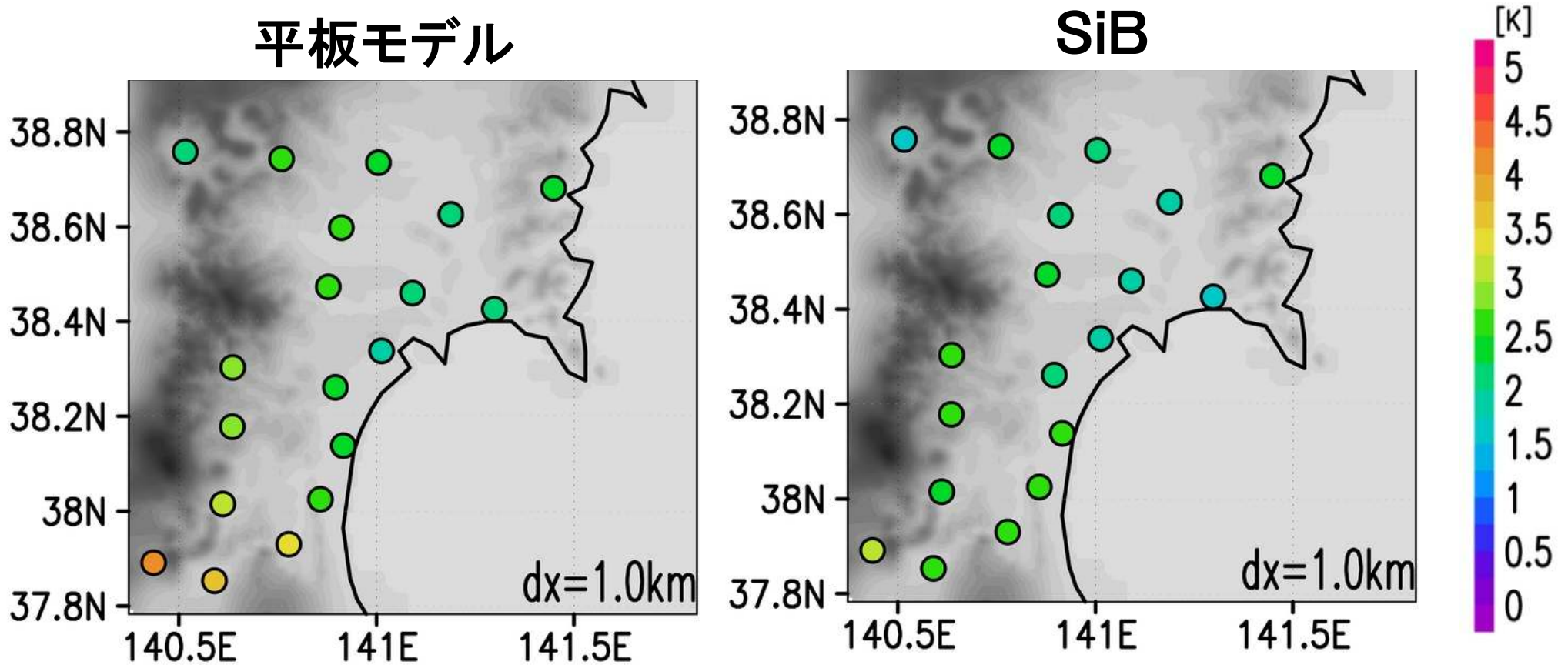


図3.5 計算期間(2003年7月21~8月5日)におけるAMeDAS各地点に対する気温のRMSE [K]

## IV. まとめ

# まとめ

- **力学的ダウンスケールの効果**
  - 気温の再現性が向上 (25km→5kmで顕著)
    - ← 雲量の分布の再現性が改善が一因
- **アンサンブル手法を導入した効果**
  - 日較差や地域性に関するスプレッドが増加
    - ⇒ 確率的に予報できる可能性の示唆
- **SiBの導入による高温バイアス改善**
  - 潜熱flux増、顕熱flux減 → 高温バイアス軽減
  - 低温期間 → あまり感度なし



# 謝辞

1ヶ月アンサンブルハインドキャストデータは、  
気象庁気候情報課よりご提供頂きました。



# 力学的ダウンスケールとは

- 低解像度モデルのデータを**領域モデル**の側面境界として用いて、より高解像度のデータを作成する  
(高藪・金光, 2010)
- 地形効果、局地循環、雲など**低解像度モデルでは表現できない現象**を陽に扱うことができる
- 物理的に整合性のとれたデータが得られる

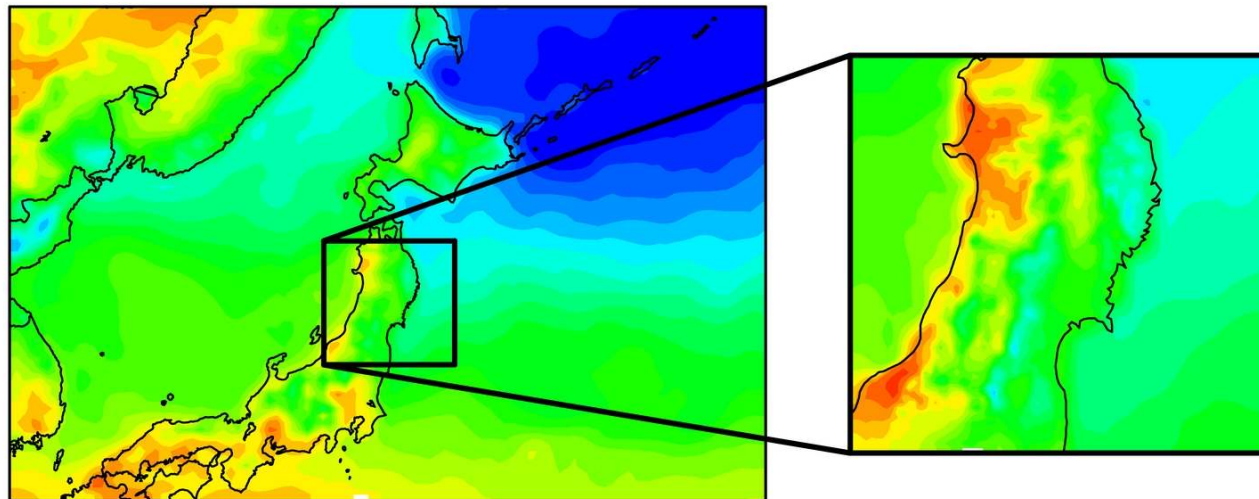
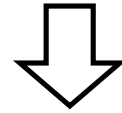


図1.1 力学的ダウンスケール

# アンサンブル予報とは

初期値の僅かな誤差が、いずれ大きな違いとなる

(Lorenz, 1963)



一つの初期値による**決定論的予報**から  
微小摂動を加えた複数の初期値による**確率論的予報**へ

- 1990年代に**全球中期予報**において**現業化**  
(Toth and Kalnay, 1993; Mureau et al., 1993)
- アンサンブル平均を取ることで、**統計的に精度が上がる**
- **スプレッド**により、**信頼度を予報できる**
- **極端現象を見逃しにくい**
- **メンバー数の分だけ計算機資源が必要**

# 背景

- ヤマセは、東北地方太平洋側域に冷害をもたらしてきた
- 農業関係者にとり、冷害対策を行うための情報として、ヤマセの気象場に対する影響を予報することは重要

# 実験について

## i) 完全境界実験

純粋な力学的ダウンスケールによる効果を調べる

## ii) アンサンブル予報実験

アンサンブル予報を力学的ダウンスケールする効果を調べる

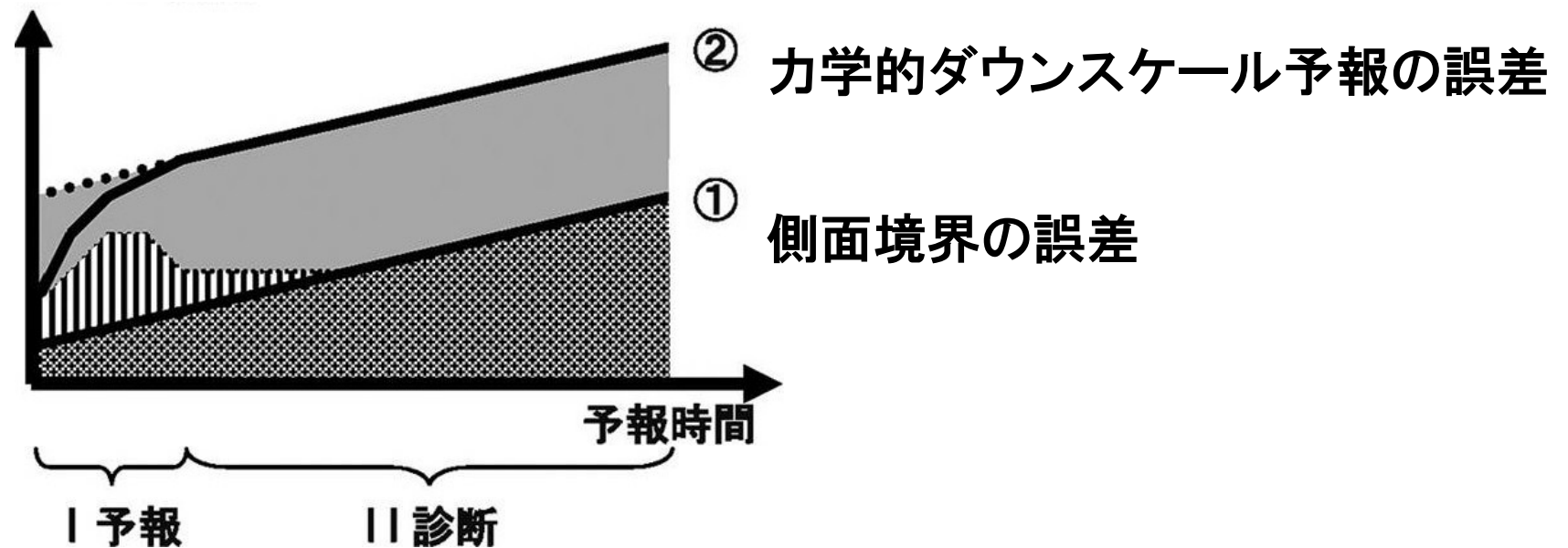


図2.1 力学的ダウンスケールによる予報の誤差

(岩崎・沢田、2010)

# Ⅲ. 実験結果

## i) 完全境界実験

# 誤差の成分について

$$\langle x \rangle \equiv \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i : \text{Areal-Mean of } x$$

$$L_i \equiv x_i - \langle x \rangle : \text{Locality of } x \text{ at } i\text{-th Station}$$

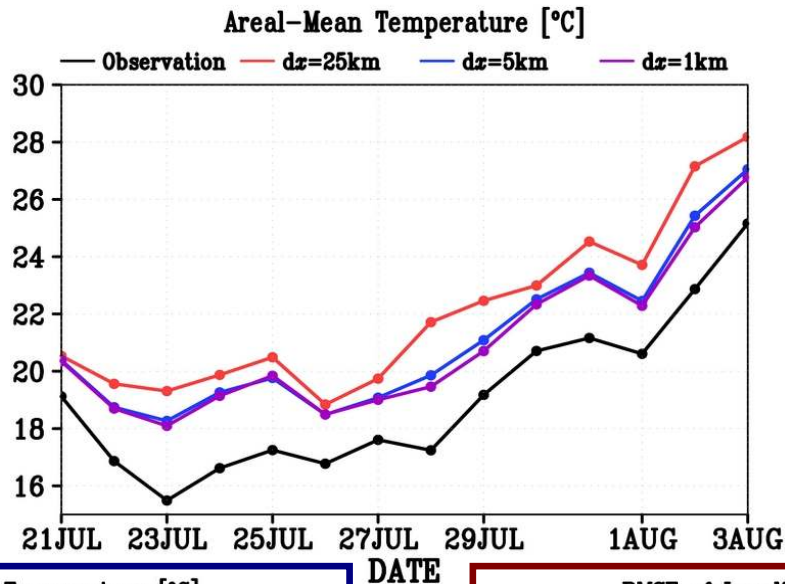
$$\begin{aligned} E_i^2 &= (x_i - x_i^{\text{obs}})^2 \\ &= (\langle x \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle)^2 + (L_i - L_i^{\text{obs}})^2 + 2(L_i - L_i^{\text{obs}})(\langle x \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle) \end{aligned}$$

$$\langle E^2 \rangle = \underbrace{\langle (\langle x \rangle - \langle x^{\text{obs}} \rangle)^2 \rangle}_{\text{Areal-Mean誤差}} + \underbrace{\langle (L_i - L_i^{\text{obs}})^2 \rangle}_{\text{Locality誤差}}$$

**Areal-Mean誤差**    **Locality誤差**



# 日平均気温

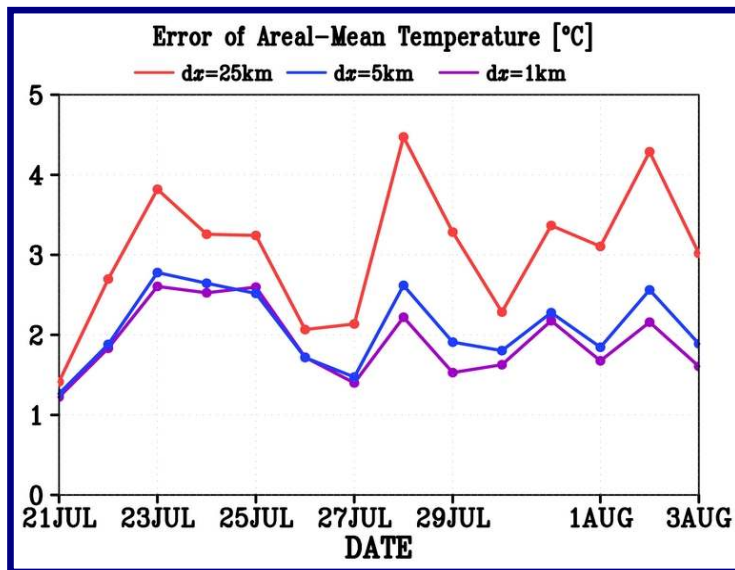


黒線：観測

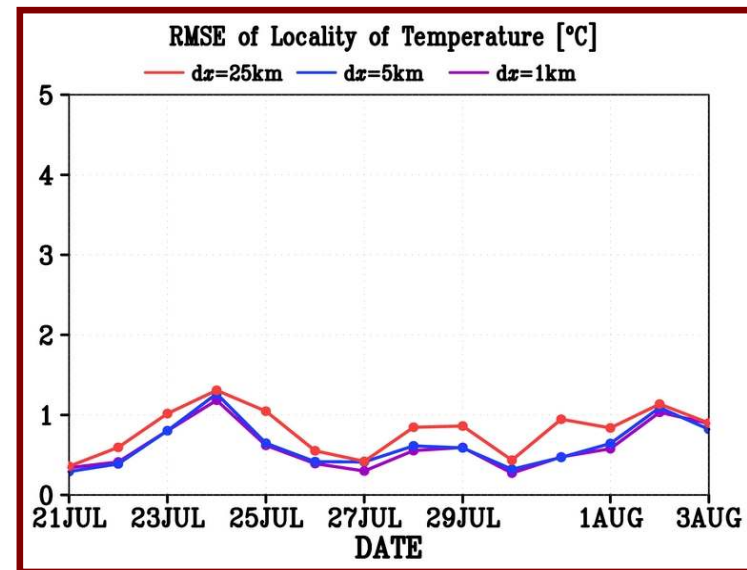
赤線：dx = 25km

青線：dx = 5km

紫線：dx = 1km



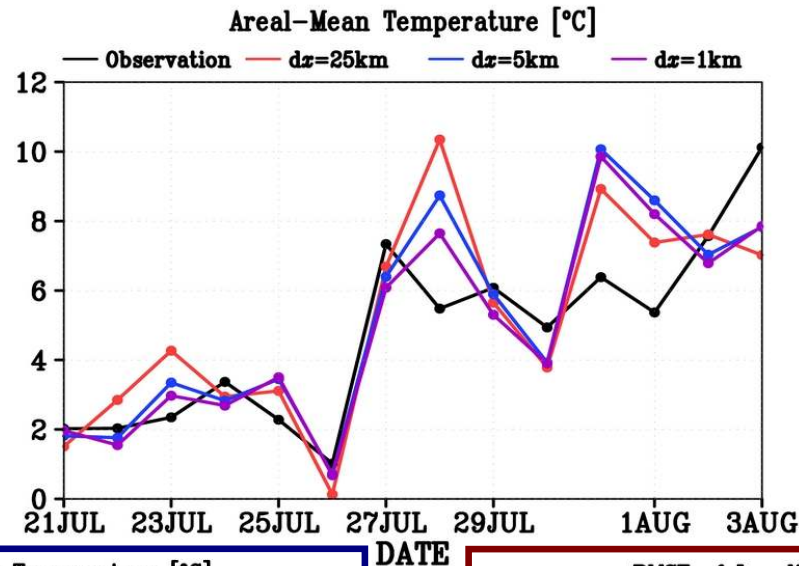
Areal-Mean Error



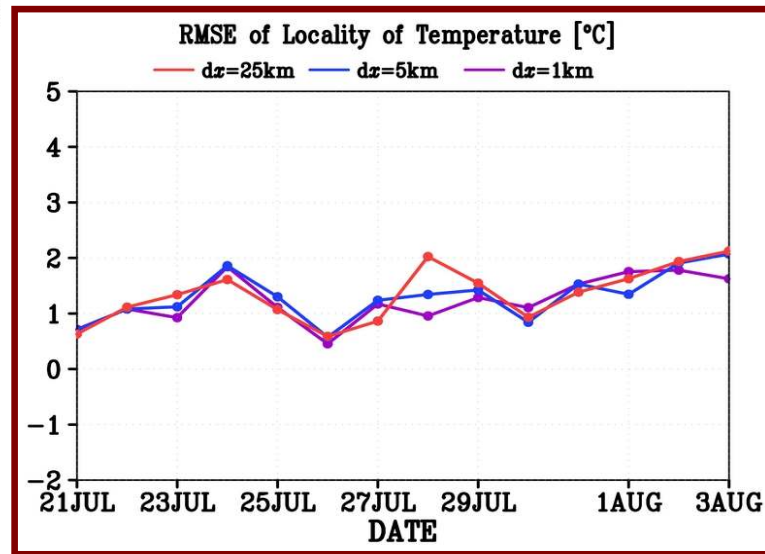
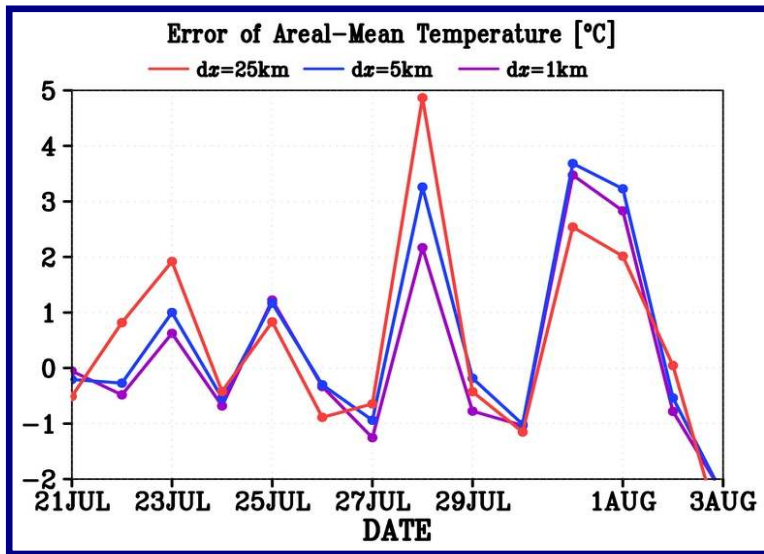
Locality-RMSE

図3.1 日平均気温の誤差

# 気温の日較差



黒線 : 観測  
 赤線 : dx = 25km  
 青線 : dx = 5km  
 紫線 : dx = 1km



Areal-Mean Error

Locality-RMSE

図3.2 気温の日較差の誤差

# 下層雲

～7月23日のケース～

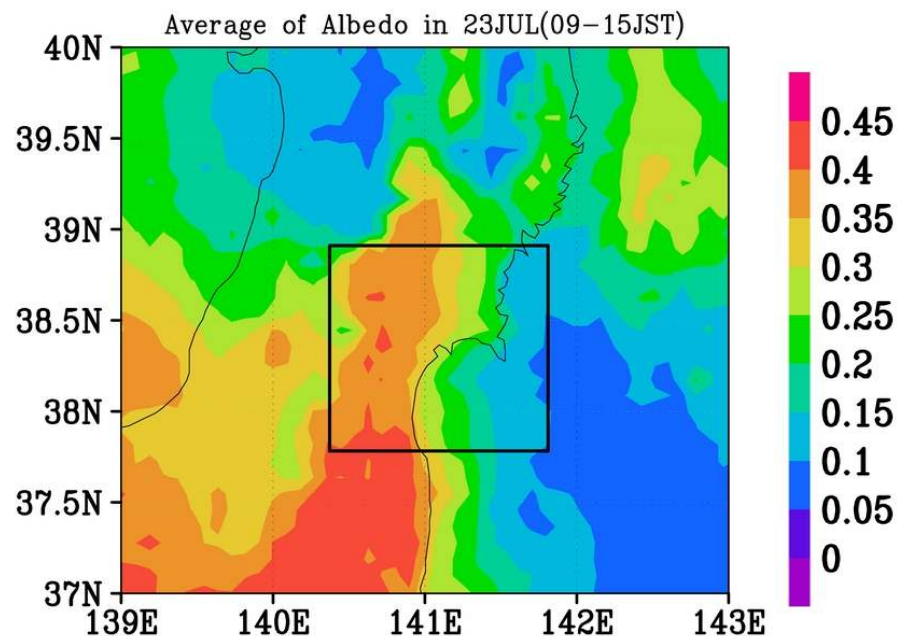


図3.4 衛星観測(GOSE-9 visible)

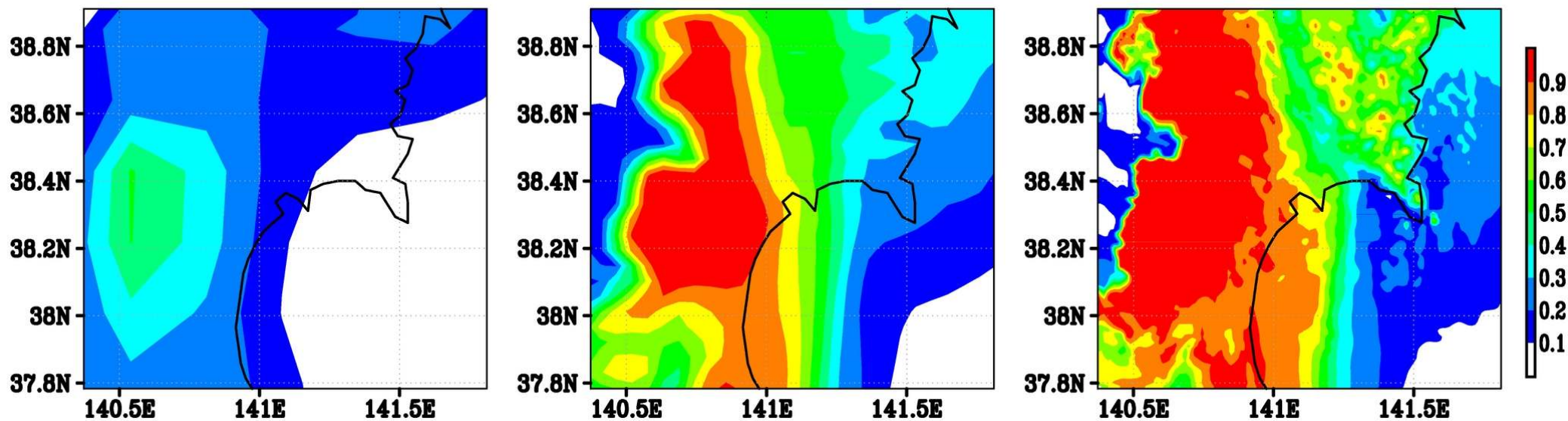


図3.3 7月23日(09～15JST)における下層雲量(陰影)の平均  
(左)水平解像度25km (中央)水平解像度5km (右)水平解像度1km

# 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(格子数)	25km (100×70)	5km (80×80)	1km (125×125)
初期値・境界値	JRA-25 / 1ヶ月アンサンブル ハインドキャスト* (共に、水平解像度1.25度)	水平解像度25kmへの ダウンスケール結果	水平解像度5kmへの ダウンスケール結果
メンバー数	1 / 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) 地形に沿うハイブリッド座標		
積雲対流	Kain-Fritschスキーム		なし
SST	NGSST(Guan and Kawamura, 2004) (毎日更新 / 初期日に固定)		
乱流クロージャー	Improved Mellor-Yamada Level3 (Nakanishi and Niino, 2004,2006)		

《緑字:完全境界実験

青字:アンサンブル予報実験》

\*気象庁気候情報課より提供

# Areal-Mean 気温 時系列

