

# 衛星データを用いた地表面日射量 の再現性と予測の可能性

打田純也 (東大大気海洋研AORI)

## Objective (数値予報 (大気) モデルを使用してプロジェクトに貢献)

---

衛星データを併用した数値予報 (大気) モデルを使用する事で、地表面日射量推定の改善と日射量予報の精度を高める。

## 去年までの進捗状況

---

- 地表面日射量に直接関係する雲水量を衛星データから推定する手法の構築
- 二次元衛星データから三次元の雲水データに変換するツールの開発
- 雲水データをナッジ同化しての数値予報モデルの実験とその結果の解析
  1. 一ヶ月間実験 (ナッジ同化の効果进行分析)
  2. 季節間実験 (それぞれの季節を一ヶ月分実験とその解析)
  3. 予報実験 (ナッジ同化を止めてからの影響評価)

# 今年の進捗状況とこれから

---

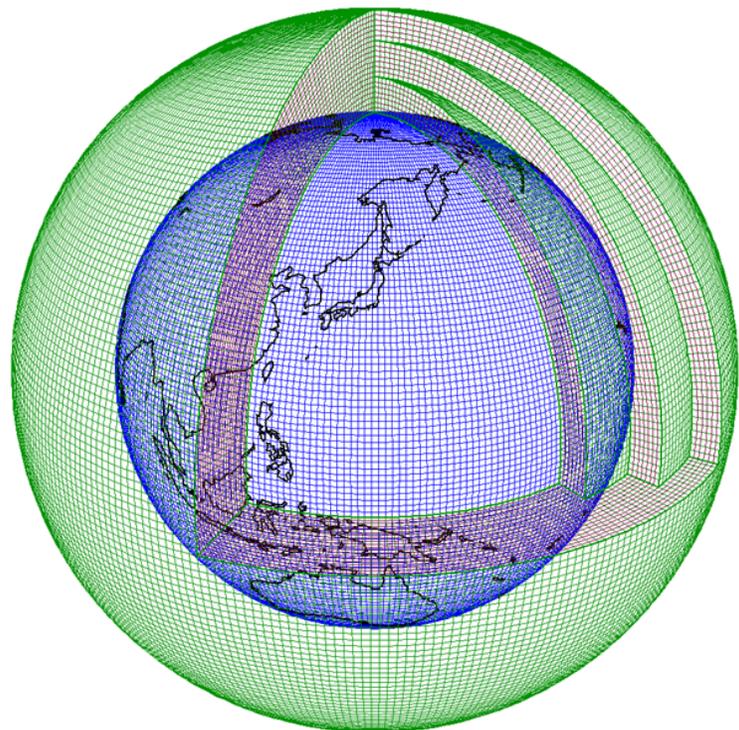
- 衛星データから算出された雲水ナッジ同化の効果が確認されたことから、論文化の為の実験を行う（長期実験による詳細な誤差解析）。
  1. 雲水ナッジの手法の科学的検証（数値予報モデル間実験（理想化実験）を1年分）
  2. 解析データ数を増やすため、衛星データから推定された雲水量でナッジ法を用いた（現実実験）地表面日射量推定（1年分）と予報精度解析（2ヶ月分）
- 雲水ナッジ同化の改善のため、新たにアンサンブル法の導入を検討
- 多岐にわたるそれぞれの雲の特性（層雲、積雲）を、雲水データに変換する際に反映する手法の導入

## Outlines

---

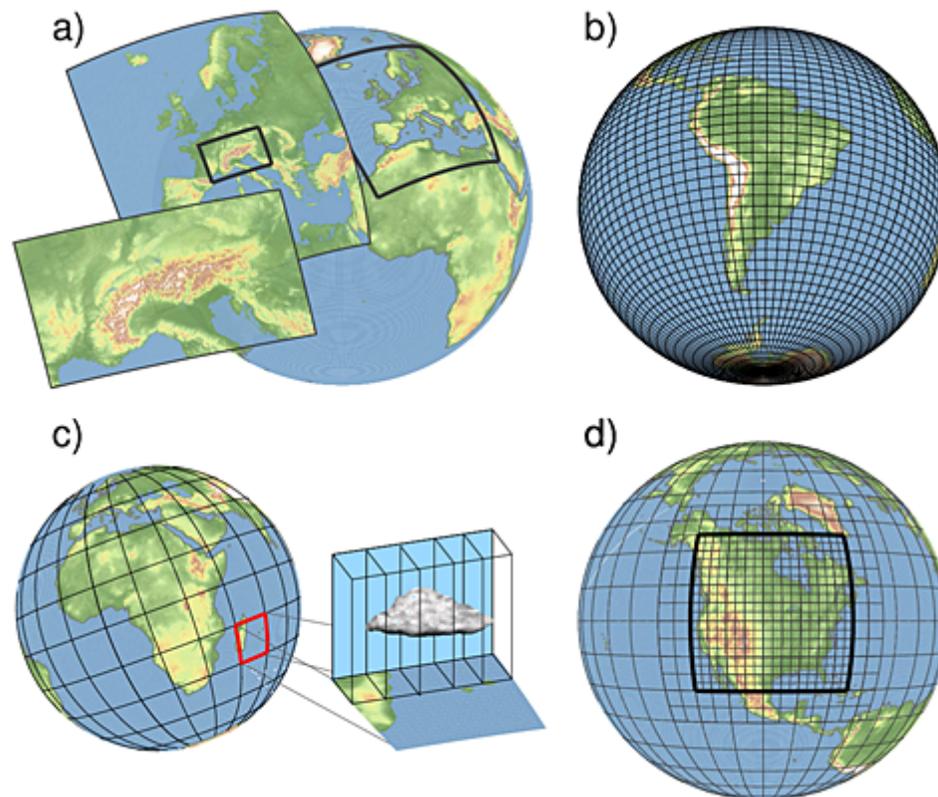
- 数値予報モデルとは？ 使用している数値予報モデルNICAMの特徴
- 今年度におこなった実験の検証

# 数値予報モデル



気象研ホームページより

数値予報（大気）モデルではそれぞれの格子点で**三次元の風の間、気圧、気温、水蒸気量、雲水量、雲氷量、雨、雪**などの予報変数を流体力学、熱力学や雲微物理などの方程式を使用して1タイムステップごと計算していく。



Prein et al. (2016)

数値予報モデルでは格子点の仕様や、使用している雲微物理過程、数値スキームなどに寄与する**個々のモデル特有の傾向（モデルバイアス、ex. 雨が降りやすい、台風が発生しやすい等として現れる）**がある。

# NICAM (雲解像 (非静力) ) モデルの特徴

- 今までの全球モデルは鉛直流の計算を簡略化 (静水圧近似の仮定) する事で長期間積分を可能としていたが、NICAMでは鉛直流の計算を簡略化しないことで、対流性の雲 (積雲) の再現に積雲パラメタリゼーションの必要性がなくなる (細かいスケールの雲が直に計算 (解像) できる)。
- 計算資源の向上に従って、高解像度の実験が可能になってきたが、モデルの空間解像度が数キロ単位になってくると、静水圧近似や積雲パラメタリゼーションの仮定が通用しない。積雲パラメタリゼーションに頼らない雲解像モデルでは解像度が高くなることで、計算コストは増大するがより現実的な雲の場の再現が望める。

## 全球モデル

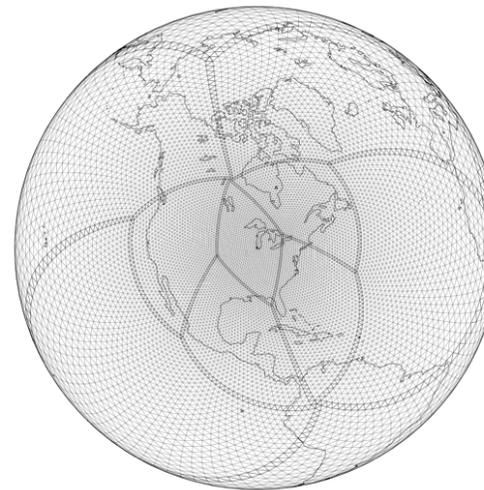
## 領域モデル (特定の領域だけに資源を集中)

NICAM



全球一様格子

Stretched-NICAM

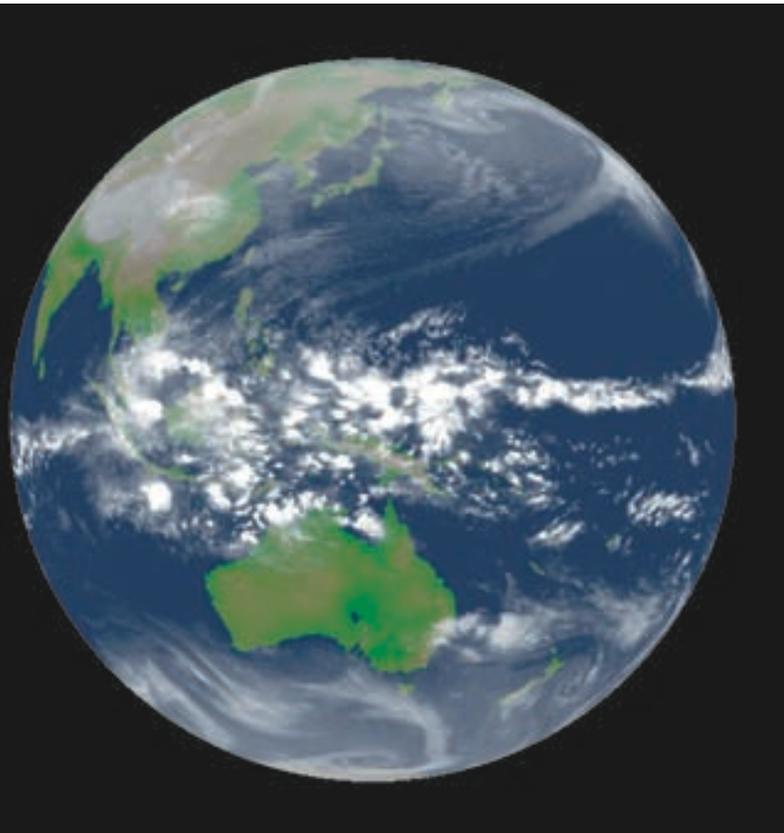


Stretched-grid  
(SG) models

Diamond-NICAM  
(D-NICAM)



Limited area models



Miura et al. 2007 (7km解像度)

# 雲水ナッジの検証 (モデル間比較実験：理想化実験)

ナッジ法はモデルで計算された値を毎タイムステップごとに、与えられた参考値に近づける手法

目的) 雲水量のナッジ法の効果を検証する。

検証方法) モデルバイアスを共有するNICAMとD-NICAMの比較を通じて (バイアスの影響を排除して)、雲水量の領域内ナッジの影響を直接的に検証する (日本を中心とした領域実験)

reference (真値)

ナッジなし

水平風ナッジ

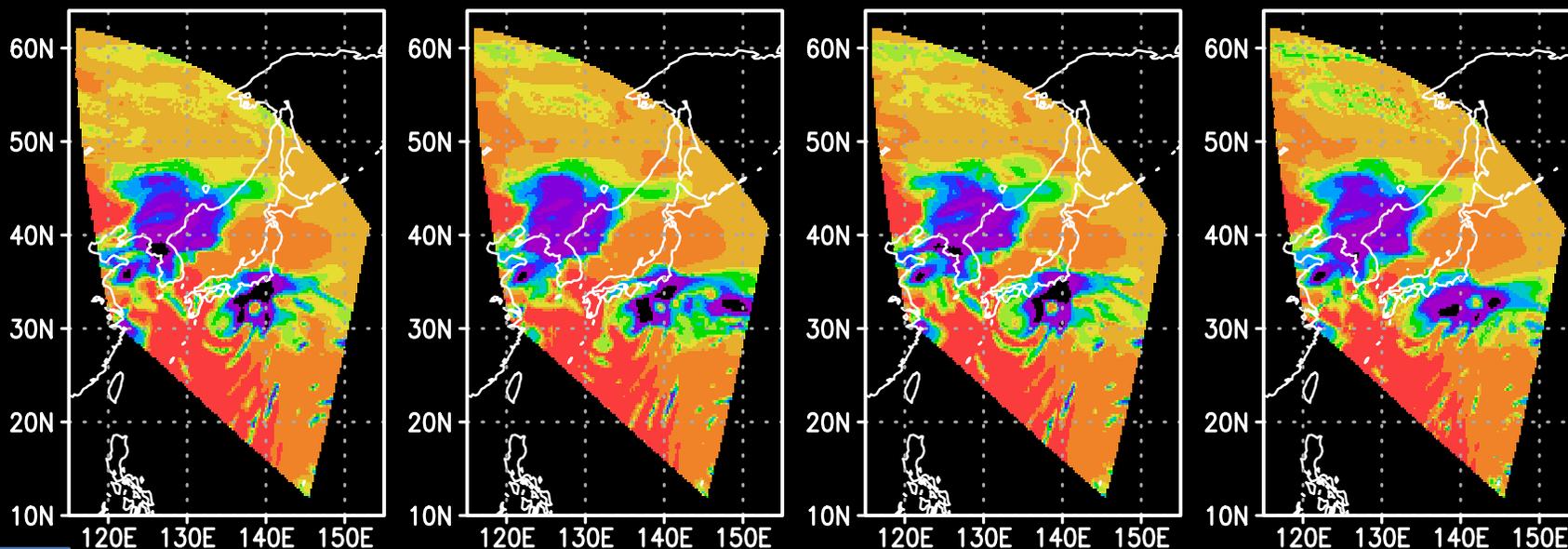
雲水ナッジ

(a)NICAM(2011/4/21)

(b)No\_nud(0.972,0.982)

(c)uv\_nud(0.992,0.988)

(d)qc\_nud(0.980,0.976)



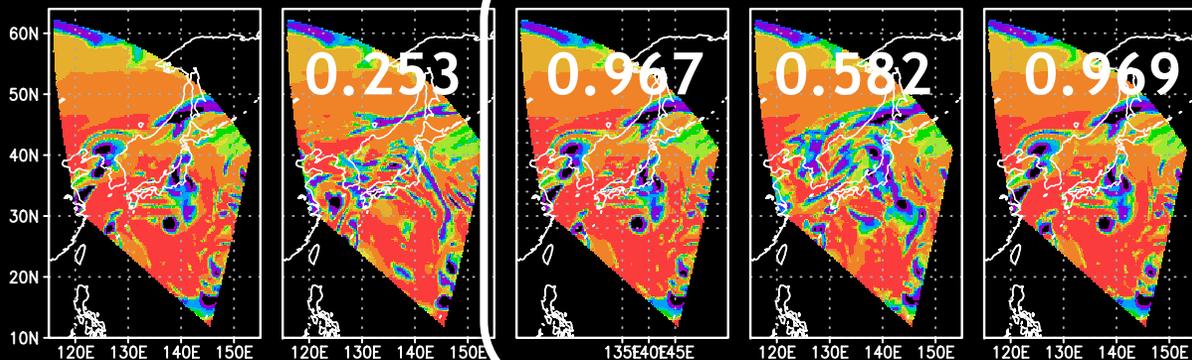
NICAMとD-NICAMの  
地表面日射量

50 100 150 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

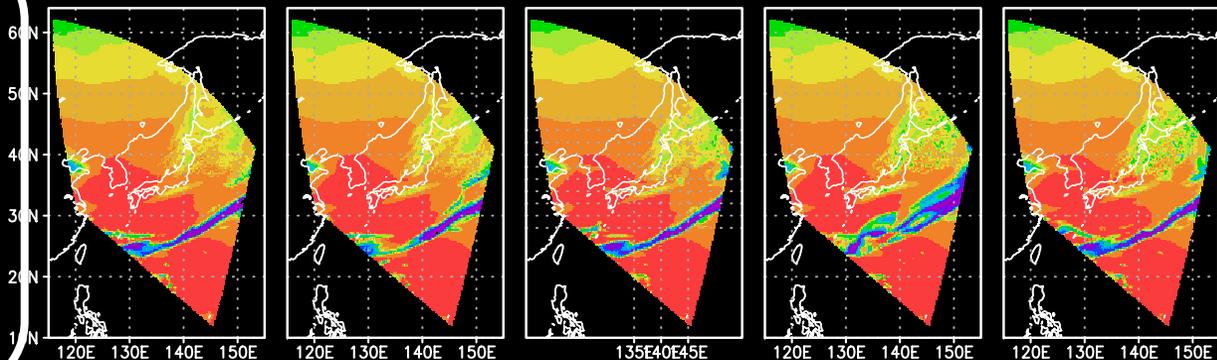
# モデル間比較実験（日射量瞬間値：昼 1 時時点）

reference ナッジなし 風ナッジ 雲水ナッジ ナッジ併用 reference ナッジなし 風ナッジ 雲水ナッジ ナッジ併用

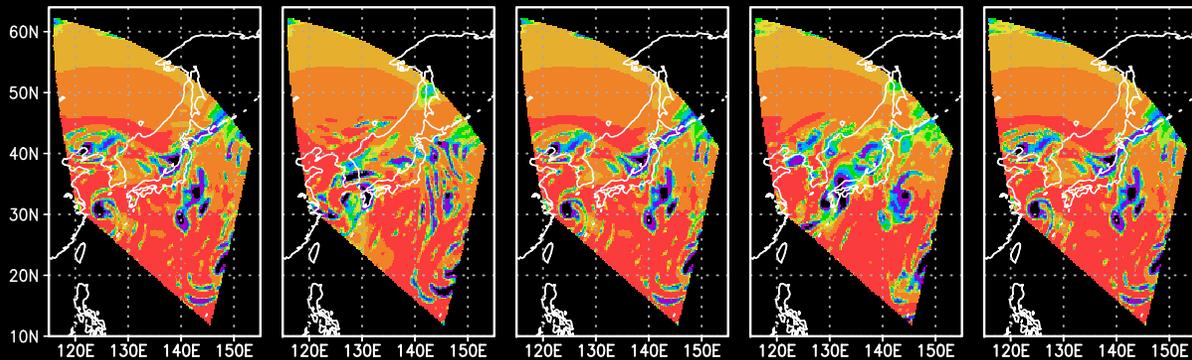
(1a)NICAM(2011/8/8) (1b)No\_nud\_D(0.253) (1c)uv\_nud\_D(0.967) (1d)qc\_nud\_D(0.582) (1e)uv\_qc\_nud\_D(0.969)



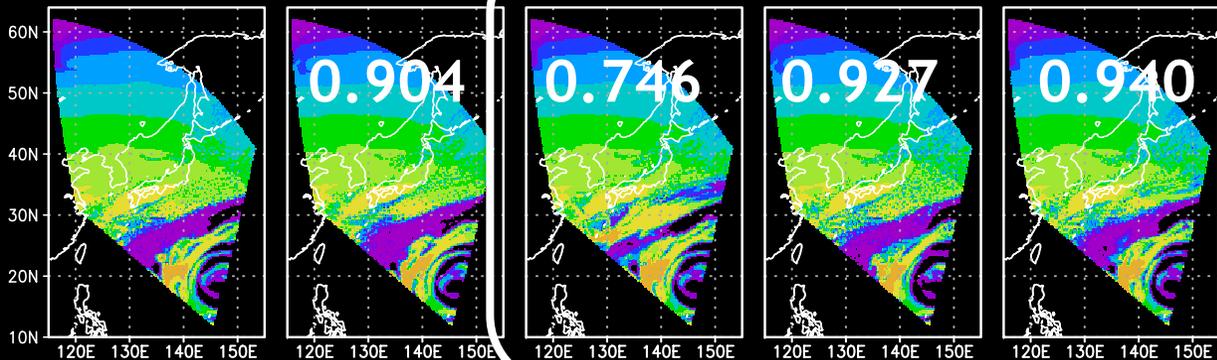
(3a)NICAM(2011/3/21) (3b)No\_nud\_D(0.905) (3c)uv\_nud\_D(0.945) (3d)qc\_nud\_D(0.673) (3e)uv\_qc\_nud\_D(0.923)



(2a)NICAM(2011/8/9) (2b)No\_nud\_D(0.205) (2c)uv\_nud\_D(0.966) (2d)qc\_nud\_D(0.452) (2e)uv\_qc\_nud\_D(0.951)



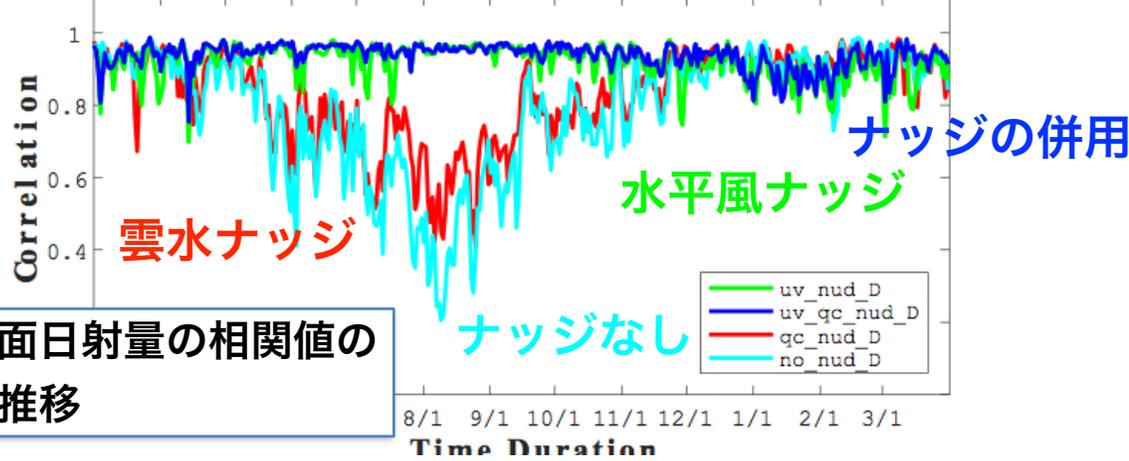
(4a)NICAM(2011/11/29) (4b)No\_nud\_D(0.904) (4c)uv\_nud\_D(0.746) (4d)qc\_nud\_D(0.927) (4e)uv\_qc\_nud\_D(0.940)



・雲水ナッジとの併用で、さらなる改善が可能となる。（雲水ナッジの間接的効果）

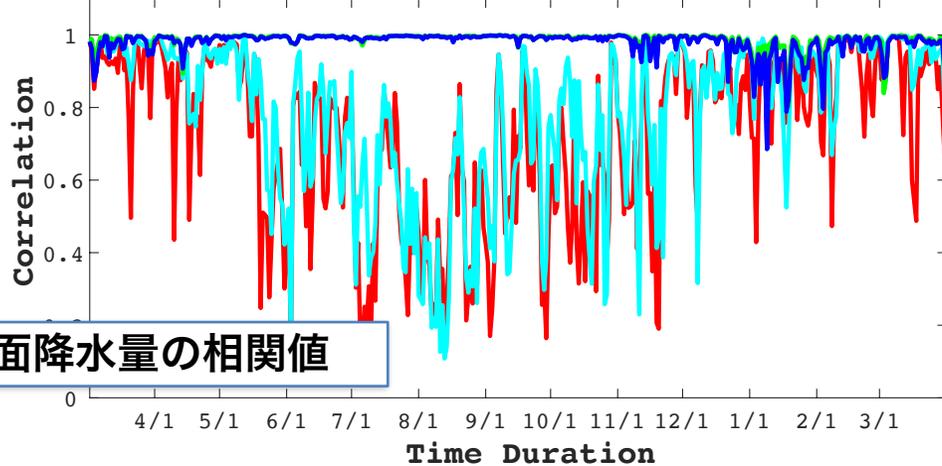
# モデル間比較実験（空間相関係数） 1年分

(a) Spatial Correl. of DSSR (each day at 13:00JST)

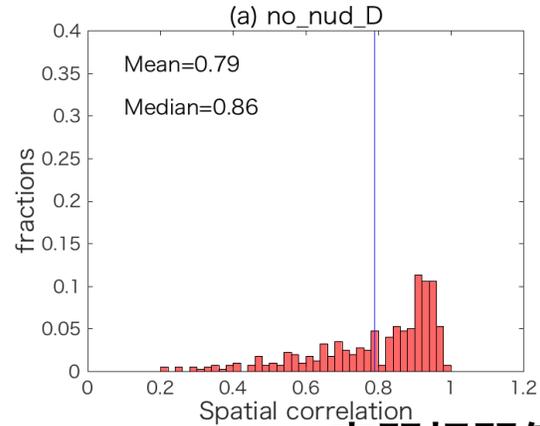


地表面日射量の相関値の  
時間推移

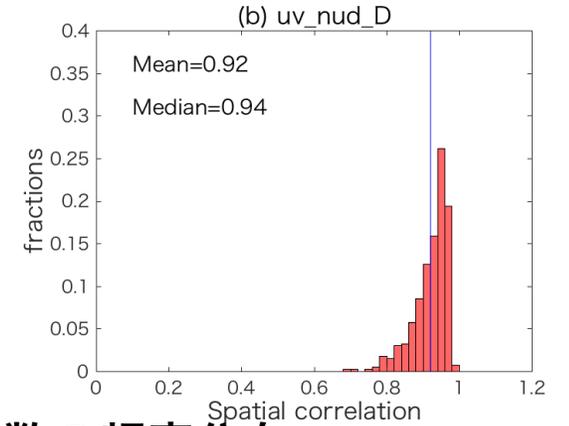
(b) Spatial Correl. of daily surf. precip.



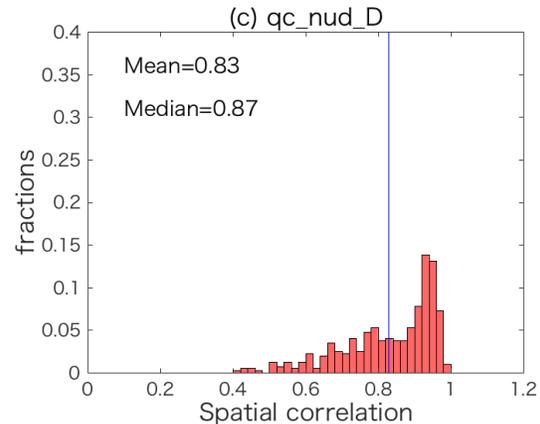
ナッジなし



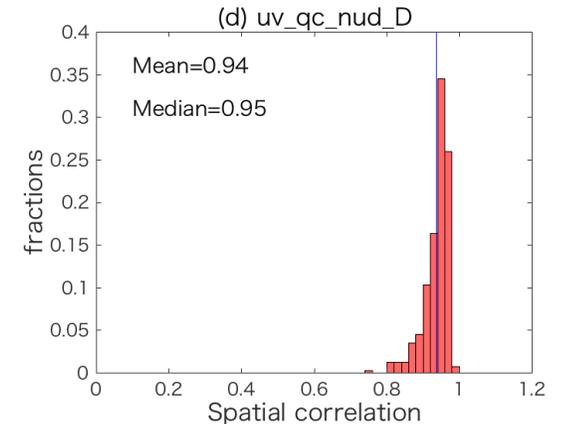
水平風ナッジ



空間相関係数の頻度分布



雲水ナッジ



ナッジの併用

- ・ 水平風ナッジでは大幅な改善が見られ、特に夏場の対流性の雲の再現性が顕著に高まる。
- ・ 雲水ナッジの直接的な効果は弱いですが、ナッジ手法が問題となる事はない。

# 衛星データを適用したモデル地表面日射量の改善

太陽光発電の効率化プロジェクトに気象チームとして参加

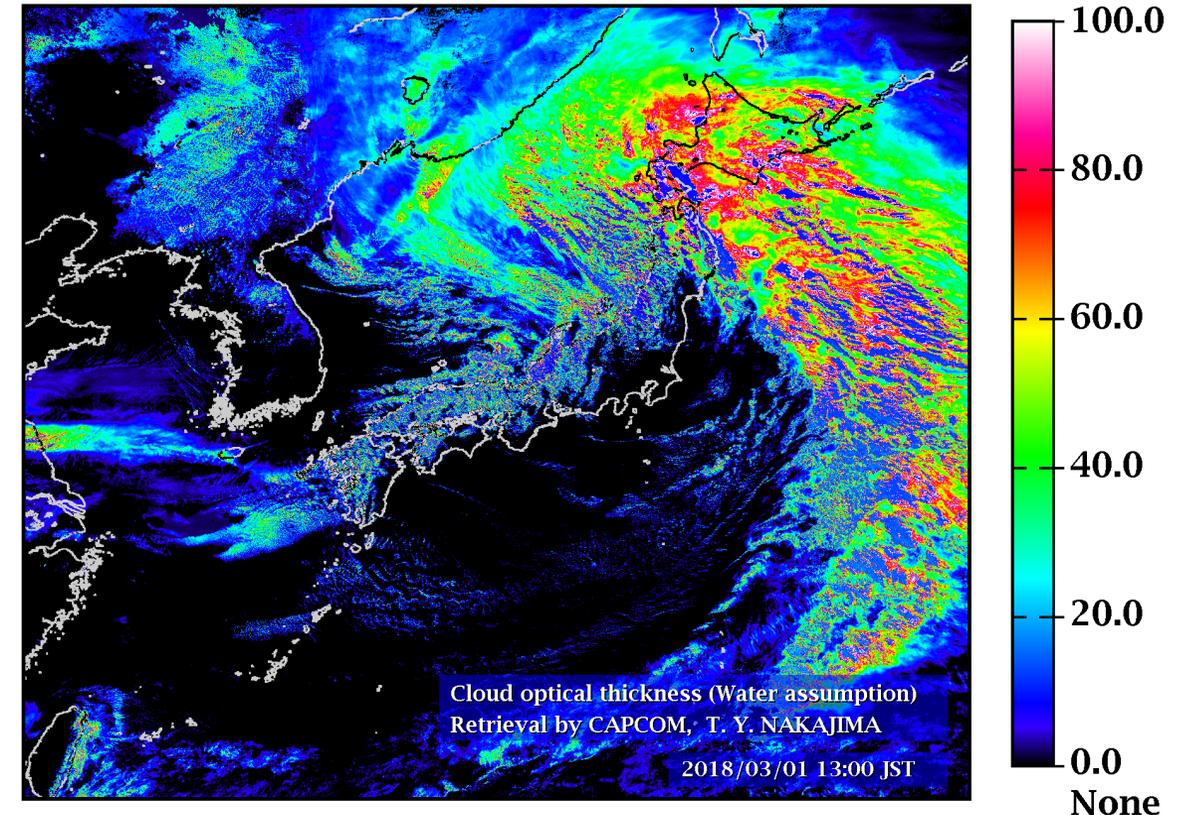
**目標)** 個々の太陽光発電所に対応できるくらい詳細で、また正確な地表面日射量の予測はできるか？

**検証)** 比較的に小規模な対流性の雲の正確な位置を再現することはほぼ不可能であること（カオス的であるため）から、衛星データを数値モデルに適用することで

1. 地表面日射量の再現性は改善するのか？
2. もし改善するならばそれは日射量予報にも役立つか？

**課題)** 2-Dの衛星データ（光学的厚さ、雲頂温度）から3-Dの雲水量の算出方法、同化の手法や雲水量以外の同化の必要性の検証

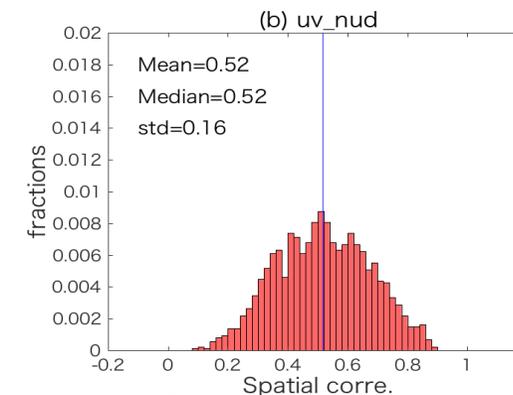
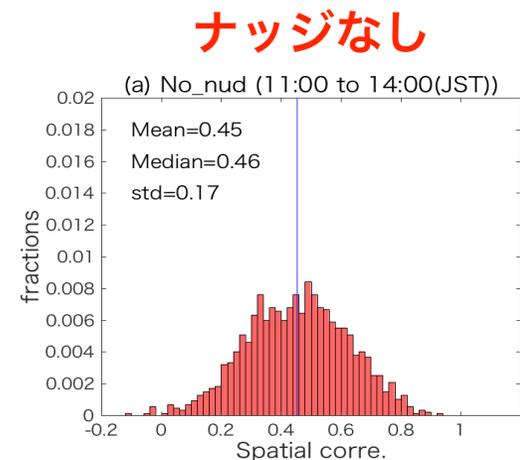
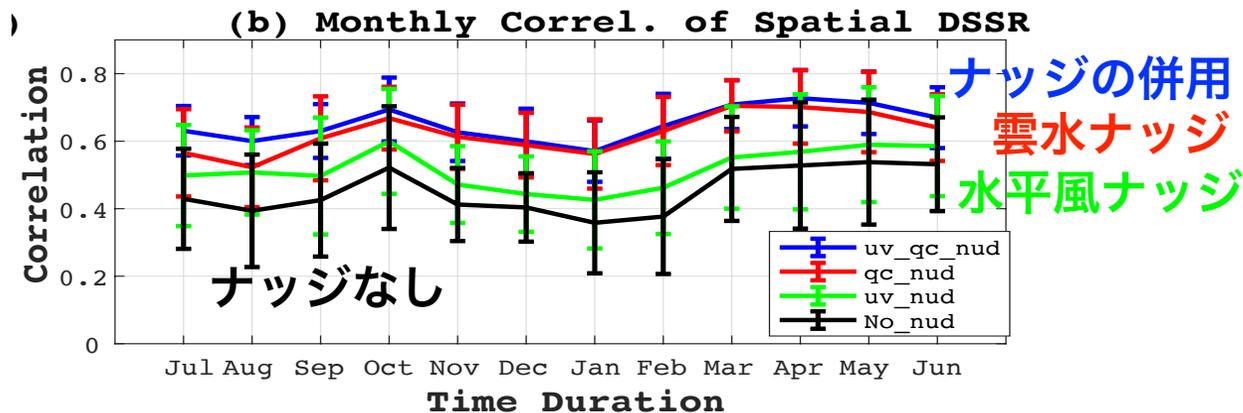
ひまわり8号のデータから算出された雲水の光学的厚さ（中島&竹中）



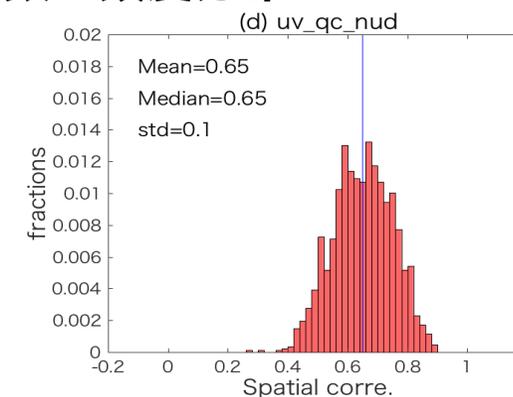
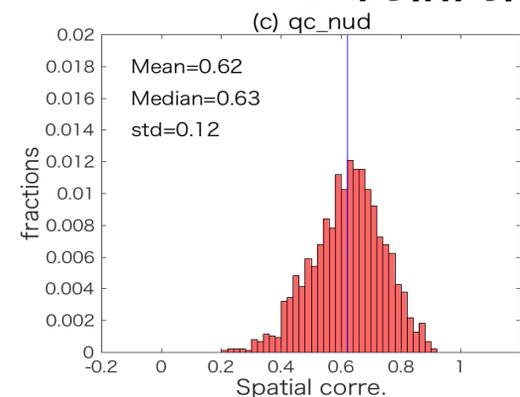
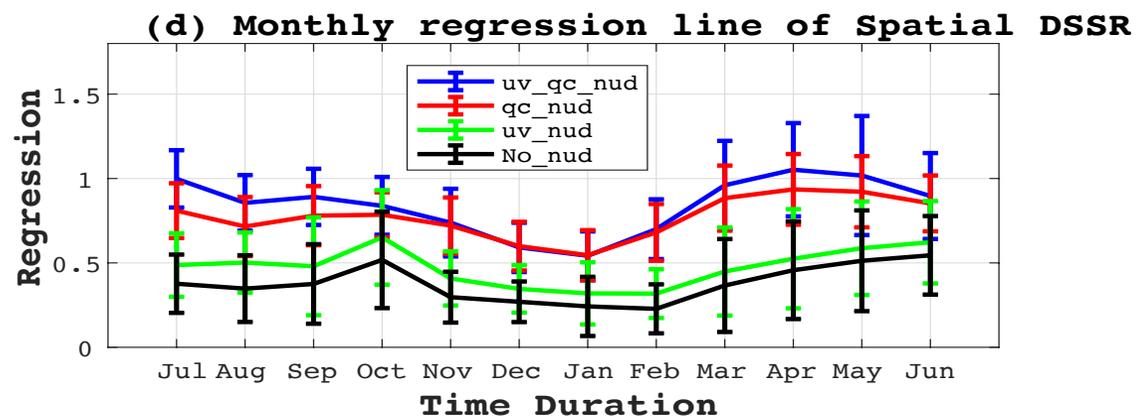
# 衛星データを使用したの比較実験（空間相関係数1年分：現実実験）

## 水平風ナッジ (気象庁データ)

### 地表面日射量の空間相関値 (日変化の月平均)



### 空間相関係数の頻度分布



### 雲水ナッジ

### ナッジの併用

- 水平風の参考値が真値でない為か、**真値をベースとした雲水ナッジの方が大きく改善する**。また、ナッジを併用することで、さらなる改善が確認された。（もし水平風の参考値がより実際値に近い場合はその改善の値がより大きくなることが見込まれる。）**一年を通じて雲水ナッジ同化法の効果的な影響がみられる**

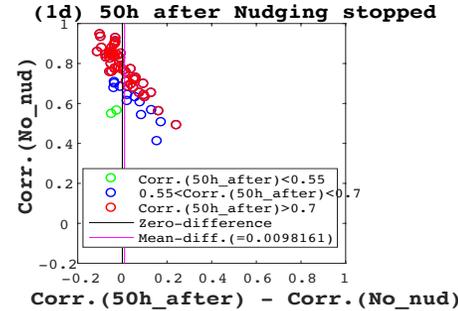
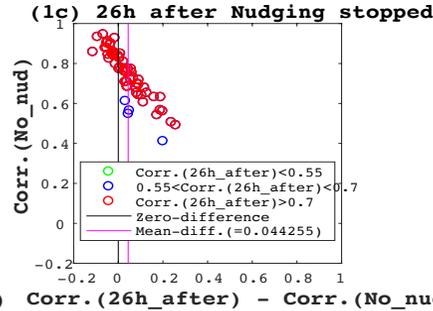
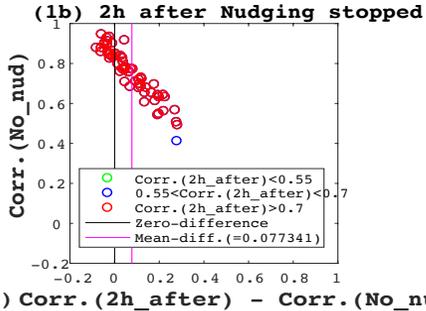
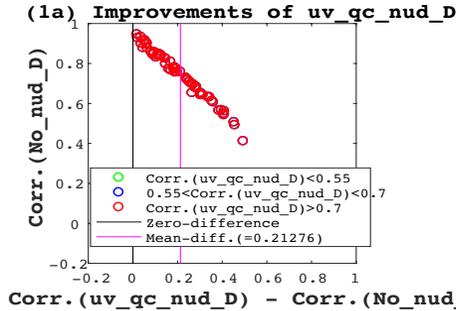
# ナッジを止めてからの空間相関係数の推移（予報改善の可能性）

ナッジあり

止めてから2時間後

26時間後

50時間後

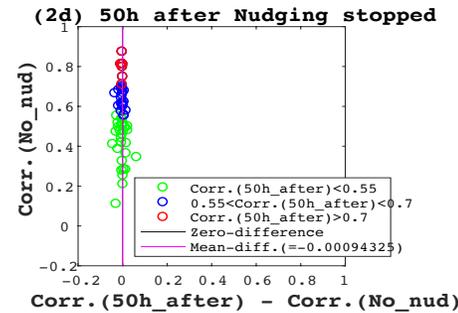
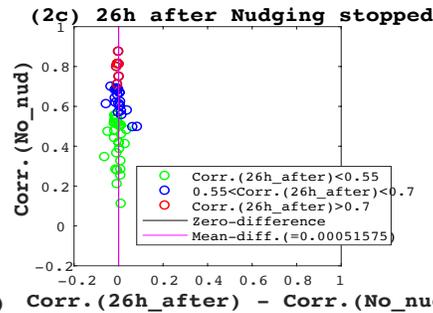
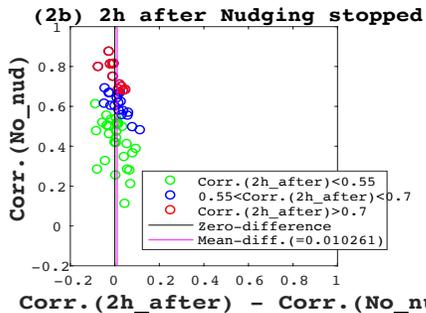
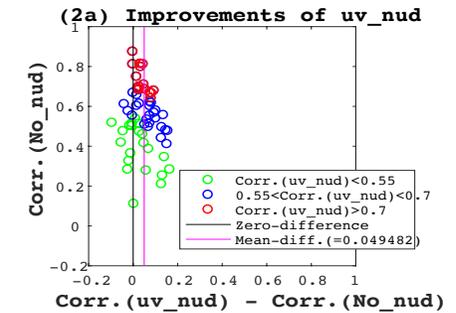


Corr.(uv\_gc\_nud\_D) - Corr.(No\_nud\_D)

Corr.(2h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(26h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(50h\_after) - Corr.(No\_nud)

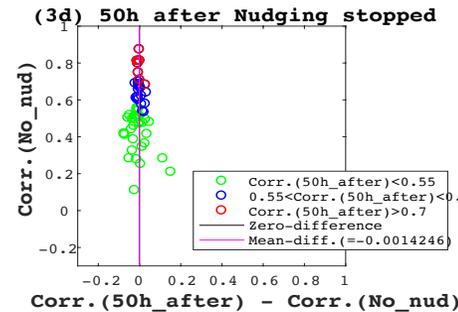
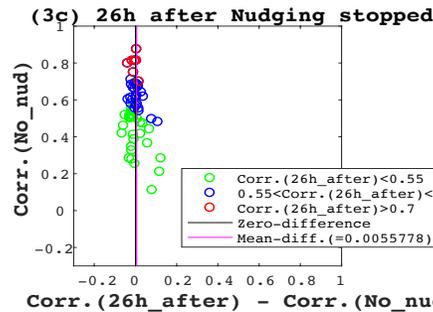
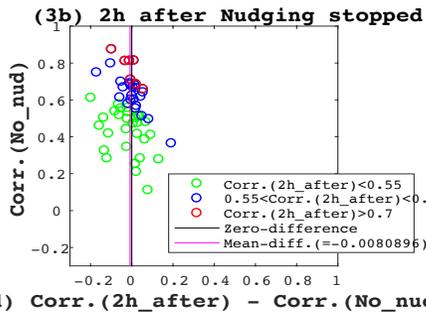
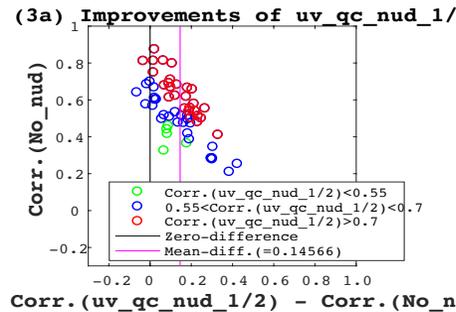


Corr.(uv\_nud) - Corr.(No\_nud)

Corr.(2h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(26h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(50h\_after) - Corr.(No\_nud)



Corr.(uv\_gc\_nud\_1/2) - Corr.(No\_nud)

Corr.(2h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(26h\_after) - Corr.(No\_nud)

Corr.(50h\_after) - Corr.(No\_nud)

理想化実験  
モデル間比較  
(ナッジ併用)

現実実験  
衛星との比較  
(水平風ナッジ)

現実実験  
衛星との比較  
(ナッジ併用)

- モデル間比較ではナッジを止めてから、1日以上はその効果が持続するが、衛星データを使用した場合、ナッジを止めてからの効果が確認できないが、環境場の改善でその影響は持続できると考えられる。