

東京大学・気象庁共同研究による 日本域領域大気再解析の進捗

中村 尚

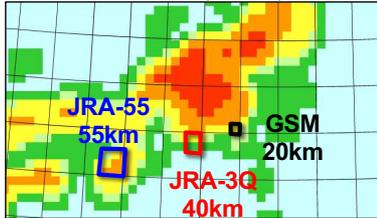
東京大学 先端科学技術研究センター

JST「共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)」本格型(共創分野) R2~R11年度
地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点 (ClimCORE)

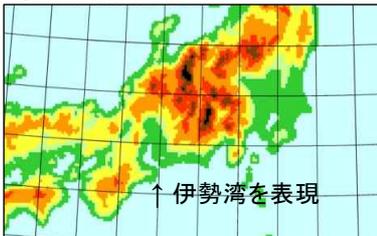
東大(先端研・情報基盤センター)・気象庁共同研究契約(R3 9/28発効)

- 1) **最新の気象庁メソ同化・予報システム**を用いる(水平格子点間隔 5km)
 - 2022年3月に**大幅更新**(鉛直96層, 成層圏内の大幅増;境界層表現の改善等)
 - 第1次試行版(2019年9月~2020年12月)は更新前のシステム(鉛直76層)で作成
- 2) 同化する観測データは気象庁メソ予報に利用されるものを可能な限り用いるが, 再処理済データや再処理可能なデータも活用する
 - **ひまわり衛星追跡風: 気象衛星センターにて再処理済のデータ**
 - **解析雨量: 1km格子での再処理**(後述;再処理データは本計算用, 試行版は既存データ)
- 3) 水平境界条件にはJRA-3Qを用いる(現業のメソ解析と同じ領域)
 - 但し, 試行版には現業の側面境界値データを用いる
- 4) 下部境界条件(海面水温, 積雪深, 土壌水分, 土地利用等)は現業ベースが基本
 - 将来は研究ベースでの高度化を目指す(気象研海洋再解析データの利用等)
- 5) 東大情報基盤センターのWisteria/Odyssey (「富岳」商用機)を用いる
 - **富岳アーキテクチャーへの最適化も試行**
- 6) 領域再解析の保存データは1時間毎のモデル面データが基本(各要素1.2TB/年)
 - 全球再解析に比べ格段に増える**利用の多くは地表付近のモデル面データと2次元データ**
 - **再予報の初期場や航空気象等での利用に**対流圏・成層圏のモデル面データも保存

全球大気モデル(20km)の地形



領域大気モデル(5km)の地形



- 高い空間分解能で、**日本域の稠密な観測データの情報を最大限**取込む(同化) → 高品質の地域気象データ(単なるdownscalingではない)

※従来型観測データ*に加え、**衛星データ**も同化

※**レーダーと雨量計データを融合した「解析雨量」(1km, 1h, 気象庁)**も新たなデータも加えて再計算の上、同化

- 側面境界データ: 気象庁新全球再解析 JRA-3Q (40km, 6h)
- 海面水温データ: MGDSSST (25km)
- 21世紀の20余年に限定(←観測データによる制約)

→ **線状降水帯や台風**などをよく表現

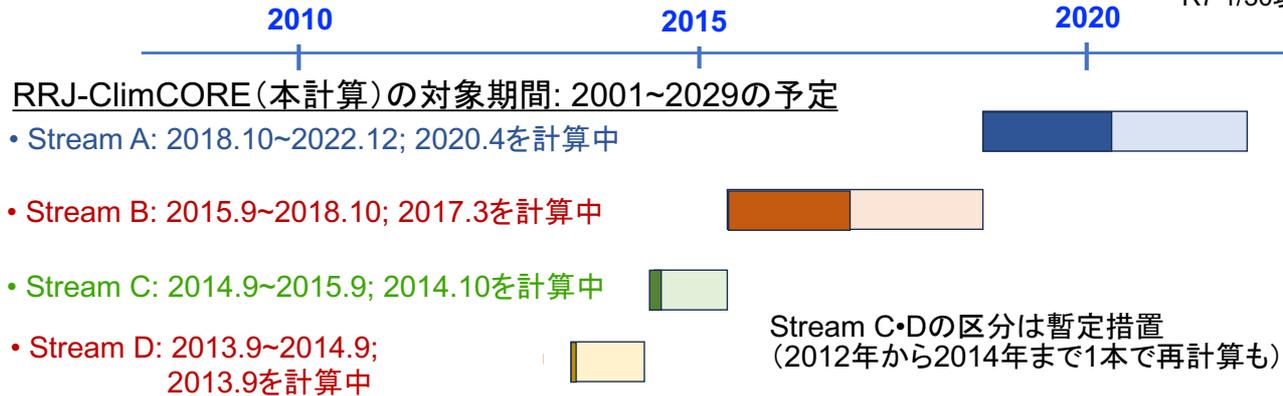
→ 列島各地域の**複雑な地形の影響**を表現

→ **周辺海域の大気状態の詳細な再現**にも有効()

→ より局所的な情報を求める社会のニーズに沿うデータ(特に、AI・機械学習の教師データ)

※ 10要素netCDFで24TB/年(+2次加工データ)

*日本域の従来型観測データのみに基づくさらに長期(60年分)の領域再解析は東北大・気象研で実施中



現在までに3年分超(37ヶ月)の本計算を実施

※現在利用中のWisteriaのMiyabi (GPUマシン)への更新(2027.3)への対応

RRJ-ClimCORE試供版

2018.7~2022.12(4.5年分)実施; 共同研究として検証中



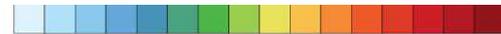
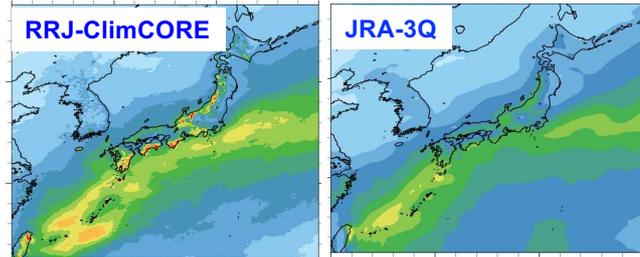
- 鉛直96層試供版(準本計算: 側面境界条件は現業全球解析値)
- 鉛直76層試供版(2021年当時の予報・同化システムを利用: 側面境界条件は現業全球解析値)

4年分の96層試供版データに基づく評価

全球再解析JRA-3Qに比べ、RRJ-ClimCOREは山岳斜面での気候学的降水量増大を良く再現

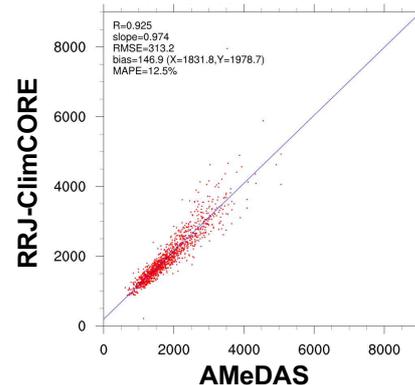
- 南寄り夏季季節風に伴う太平洋側の山岳斜面
- 冬季北西季節風に伴う日本海側の山岳斜面

AMeDASと比べても、RRJ-ClimCOREは季節風などに伴う地域的な強雨もかなりよく表現

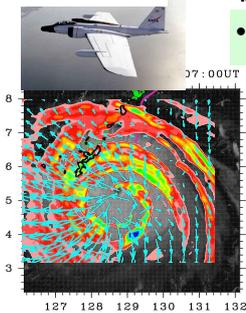


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
4-year mean precipitation (mm/day)
[Jul. 2018~Jun.2020, Jan.2021~Dec.2022]

Reproducibility against AMeDAS		RRJ-ClimCORE	JRA-3Q
Pattern correlation		0.93	0.72
RMSE	[mm/year]	313	486
	[mm/day]	0.87	1.33
Linear regression slope		0.97	0.43



NASA WB-57



従来の気象庁メソ解析データ (3h) と比べたRRJ-ClimCORE (1h) の優位性

- 台風上部まで達する発達した積乱雲(目の壁雲: 濃灰色), そこから周囲に吹出す風, それに伴う風の鉛直シアをより良く表現

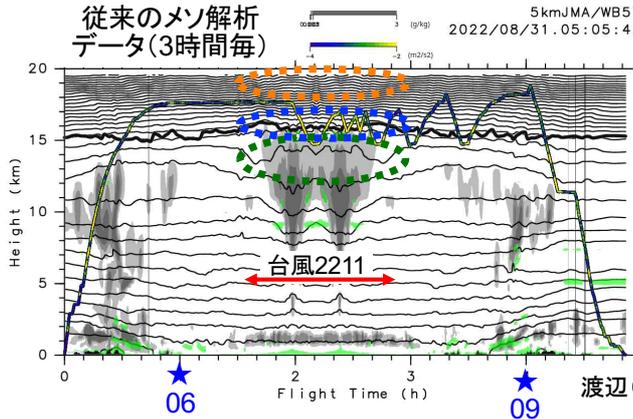
→ 台風上部の乱流が発生しやすい領域 ($Ri < 1$: 緑色) を捉える

• 台風から成層圏に向けて射出される大気重力波をより良く表現

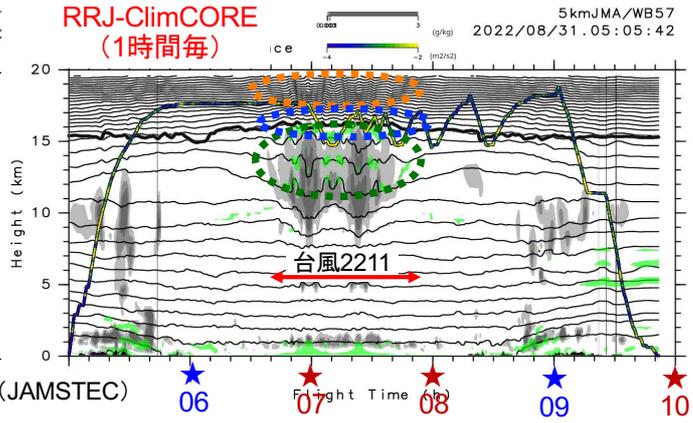
→ 圏界面付近を飛行したNASA 観測機が捉えた乱流強度(鉛直風成分の揺らぎ (20Hz観測): 黄色線) の増大と良く対応

→ 現在圏外となっている地域でHAPS飛行→地上基地局建設費の削減効果

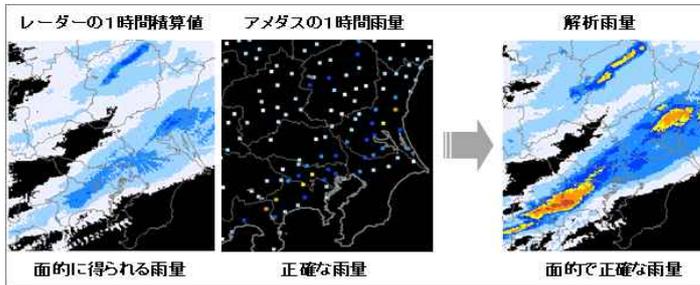
従来のメソ解析データ(3時間毎)



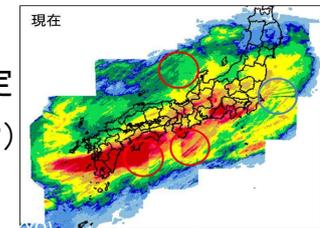
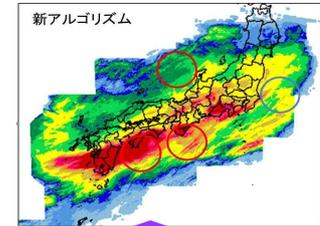
RRJ-ClimCORE (1時間毎)



- ◆ 解析雨量(気象庁): レーダーと雨量計データの融合 (気象庁: 2005年以降は1km, 1h毎)
 - メソ予報への同化データ
 - **日本域気象再解析に同化; 防災・減災の基盤情報データとしても有用(キキクル)**

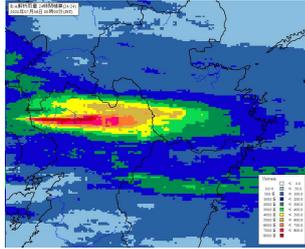


熊本豪雨時の24時間雨量の改善
(2020/7/04 00UTC迄)



- ◆ ClimCOREにおける解析雨量の改良
 - **海上の解析手法の改良**: レーダー観測領域間の不連続の低減
 - 気象庁へのフィードバック(線状降水帯予測の精度向上など)
 - 新アルゴリズムを用いた再計算; 年度内に2011~22年分は完了予定
 - **いずれは1km, 1hで1990年代まで遡る** (線状降水帯の長期変化?)
 - ※ **日本域気象再解析特有の同化データ**(2001以降)
 - JR東日本の雨量計データやJAXA衛星データも利用し, 陸上・海上の解析雨量の精度の更なる向上を目指す

2017年九州北部豪雨時の解析雨量(改良版)に基づく仮想的雨量分布を熊本県北部に



- 訓練参加者へのアンケートで有効性確認
- 10月の「ぼうさい国体(熊本)」で関連行事
- R7年度は熊本県その他、気仙沼市で実施

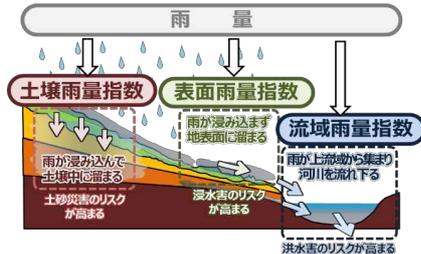


臨場感あるブラインド訓練
(菊地・玉名・阿蘇3市)

実際とは異なり、訓練では予測情報を入力せず、用意した解析雨量データを継続的に早回しで与える

指数化

①降った雨による**災害危険度の高まりを指数化**



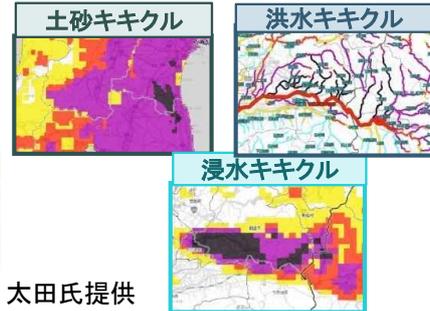
②過去30年分の災害データから「**基準**」を設定



気象庁気象研究所 太田氏提供

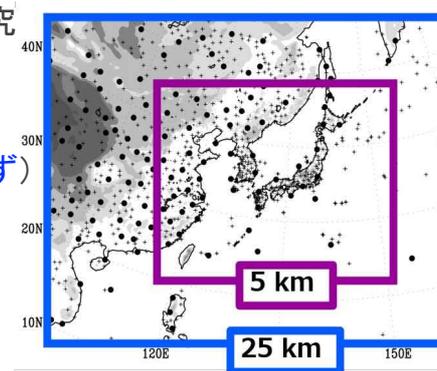
キキクル

③「**基準**」に照らして判定した**危険度**を**地図上に可視化**【土砂・浸水・洪水】



■ 従来型観測データによる日本域長期大気再解析 **RRJ-Conv**

- 東北大学大学院理学研究科と気象庁気象研究所の共同研究
- 気象庁気象研究所の非静力学領域大気モデル
- **従来型データ**(地上気圧観測, ラジオゾンデ高層観測 海上の台風中心位置)のみ同化(**レーダー・衛星データ含まず**)
→ **長期にわたり均質な再解析**
- データ同化: 局所アンサンブル変換カルマンフィルタ
- 側面境界値: 気象庁全球大気再解析(JRA-55)
- 水平格子間隔: 25km → 5kmへネスティング
- 鉛直層数: 50層



モデル領域 (Fig.1 in Fukui et al., 2018)

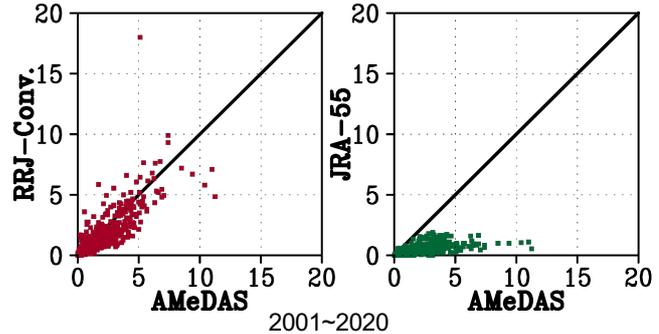
※ 1958～2020まで60余年分作成完了, (2023年まで延長予定)

品質検証の済んだ2001.7～2021.6の20年分をDIASにて公開開始

※概要論文 Fukui et al. (2024JMSJ) → プレス発表(11/20 2024)

→ 各地域の気候変動実態解明や, 線状降水帯の発生の長期変化傾向の調査, 20世紀後半の災害事例の解析等が可能に

- RRJ-Convは、全球再解析JRA-55では再現不能だった強い降水の頻度や地域分布の統計的特徴をAMeDAS観測値並に再現. 経年変動の統計も概ね再現.
- 高解像度化の効果
- ※但し、短時間強雨(3時間80mm以上)については過小評価



Fukui et al. (2024JMSJ)

