

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

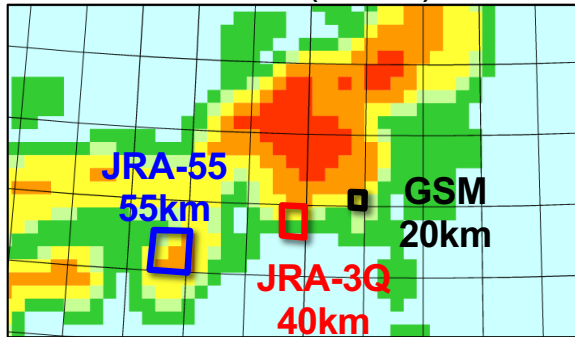
東京大学 先端科学技術研究センター

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)

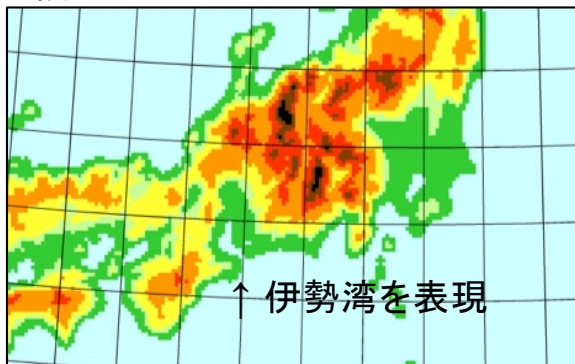
東大(先端研・情報基盤センター)・気象庁共同研究契約
(R3 9/28発効; R8 4/1 更新予定)

- 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)
- 2) 同化する観測データは基本的に気象庁メソ予報に利用されるものを用いるが, 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(2018年7月~2022年末)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**
 - **2027年度初めのMiyabi(メインはGPUマシン)への移行への対応が課題**
- 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

CONFIDENTIAL

2010

2015

2020

R8 1/19現在

1) 衛星・解析雨量データも同化するRRJ-ClimCORE(本計算)の対象期間: 2001~2029の予定

• Stream A: 2018.10.1~2024.12.31; 2024.1まで計算完了



• Stream B: 2015.9.15~2018.10.31; 計算完了



• Stream C: 2012.9.15~2015.9.30; 計算完了



※現在までに147ヵ月(12年余り)分の本計算を実施(最終版データ; 5km, 96層);

R7年中に2024年末までの12年分(2012.10~)作成

→ 「PoC-2: R8年度までに10年分実施」は前倒しで達成

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



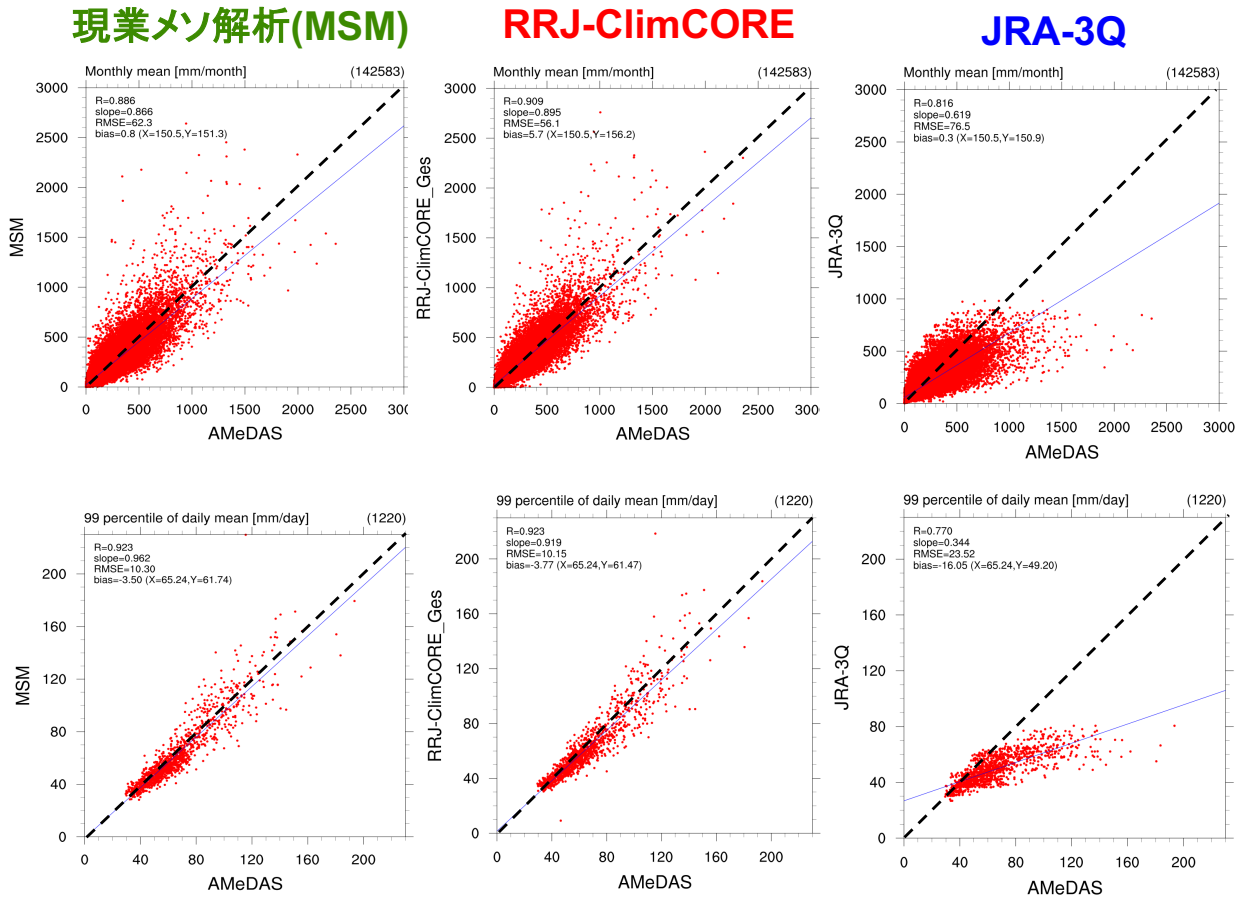
• 鉛直96層試供版(準本計算: 5km, 側面境界条件は現業全球解析値)

2) 従来型データのみ同化するRRJ-Conv

• 1958年夏~2023年夏(65年分, 5km 50層)作成完了, 品質検証中, 2001~21分はDIAS公開中

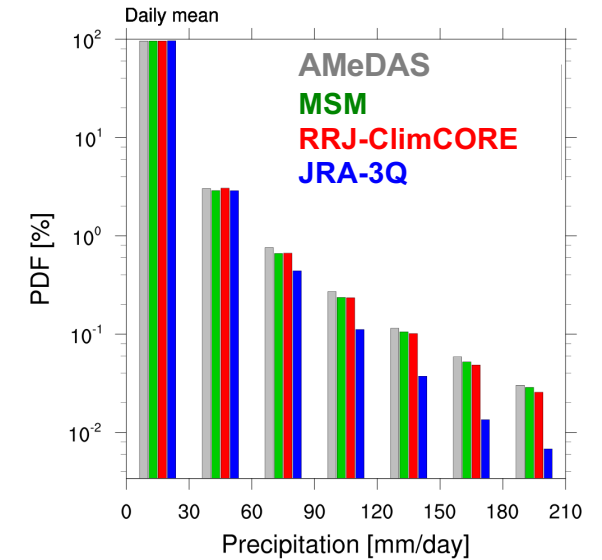
RRJ-ClimCOREの降水量再現性は全球再解析より明らかに優れ、現業メソ解析と同程度

月平均降水量



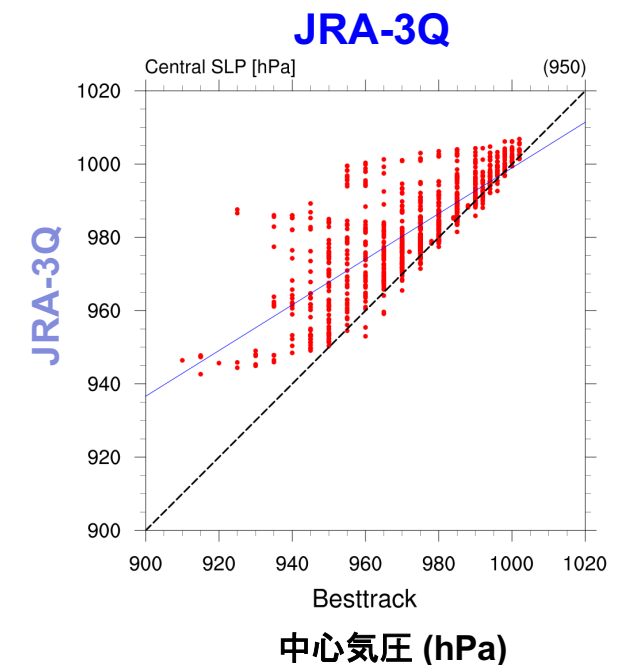
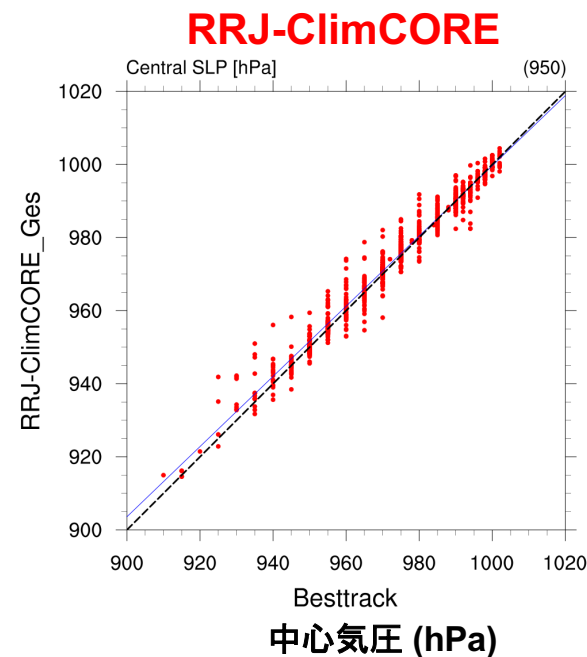
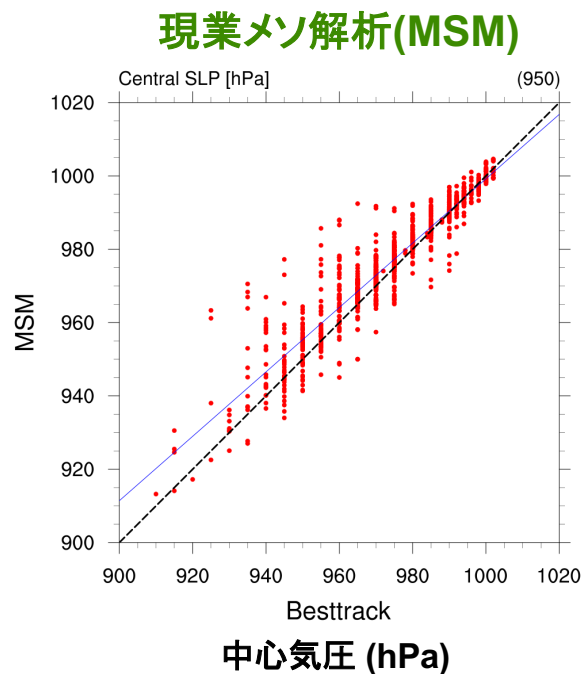
各地点での99パーセントイル日降水量 (mm/d)

日平均降水量頻度分布



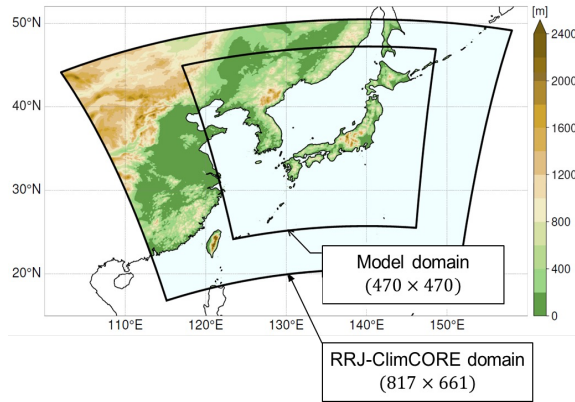
比較期間(9年間)
2013年1月~2014年12月
2016年1月~2022年12月

- 台風ボーガスの同化と高い解像度により, RRJ-ClimCOREは台風中心気圧を現実的に再現 (MSMよりもさらに再現性が高い)
- JRA-3Qにも台風ボーガスを同化されているが, 解像度が不十分で強い台風の再現性に難あり)



比較期間: 2012年9月~2015年 4月; 2015年9月~2022年12月

- 日本域を予測対象に含む既存のAI気象モデルはERA5(水平25km)など全球再解析データを学習させたため、台風経路の予報精度は既存の数値予報モデルを凌ぐものの、強度は過小評価が顕著。
- そこで、RRJ-ClimCORE 試供版(3年分)を試験的に学習させたAIモデルでは台風強度予測が改善。

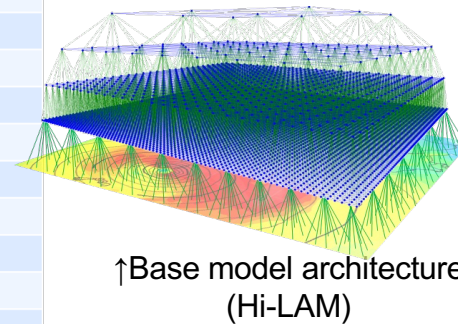


- Compared to global reanalyses, RRJ-ClimCORE is more suited for AI forecast of extreme events, owing to its ability to represent impact of detailed topography and meso-scale phenomena.

- RRJ-ClimCORE trial version
 - 29 months for training
 - 7 months for validation
 - entire 2022 for verification.

Type	Variable
Surface	SAT (1.5m)
	Usfc (10m)
	Vsfc (10m)
	SLP
	Precipitation
	Total precipitable water
	Downward LW flux
Pressure level (1000, 850, 500, 300hPa)	T
	U
	V
	Q (Specific humidity)
	Z

← prognostic variables (5 levels, 28 elements)



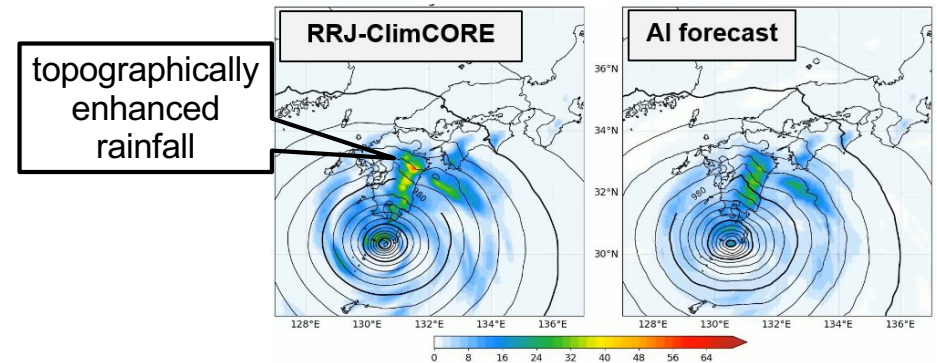
↑ Base model architecture (Hi-LAM)

Our regional AI model forecasts stronger typhoon intensity than a global AI forecast.

Intensity verification for typhoon Nanmadol (valid: 2022-09-18 06:00Z)

	Best track	reanalyses		AI forecast (FT=6h)	
		RRJ-ClimCORE	ERA5	Ours (regional)	AIFS (global)
Central SLP [hPa]	930.0	934.6 <	955.3	943.4 <	952.6
Wind speed [m/s]	46.3	37.7 >	28.3	34.1 >	26.1

Precipitation [mm/h] & SLP [hPa], init: 2022-09-18 03:00Z

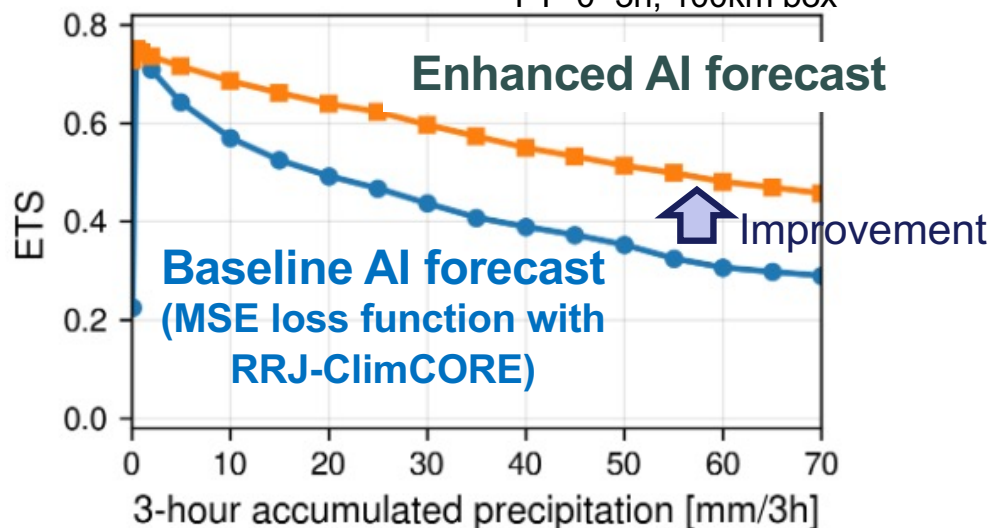


- 所謂double penaltyの軽減など、高解像度学習データの特徴をより一層活かすために損失関数を予報変数毎に定義して、さらに学習過程に工夫を加えると、学習期間が短いにも拘わらず、予測精度がさらに向上する傾向。
- 『「2030年の科学技術の科学技術を見据えた気象業務のあい方」の補強④先端AI技術の活用』への貢献

Precipitation verification

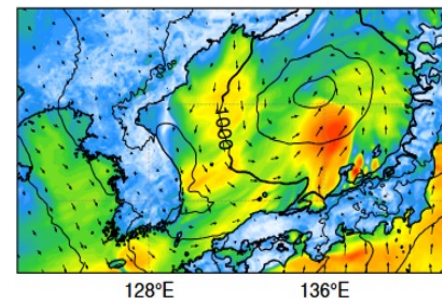
(ETS: Equitable Threat Score)

FT=0~3h, 100km box

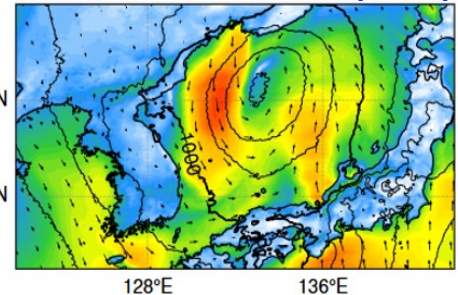


Extratropical cyclone forecast

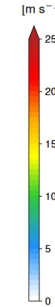
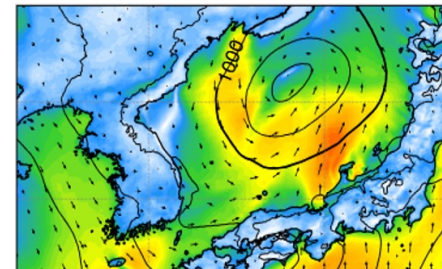
RRJ-ClimCORE



Baseline AI forecast (MSE)



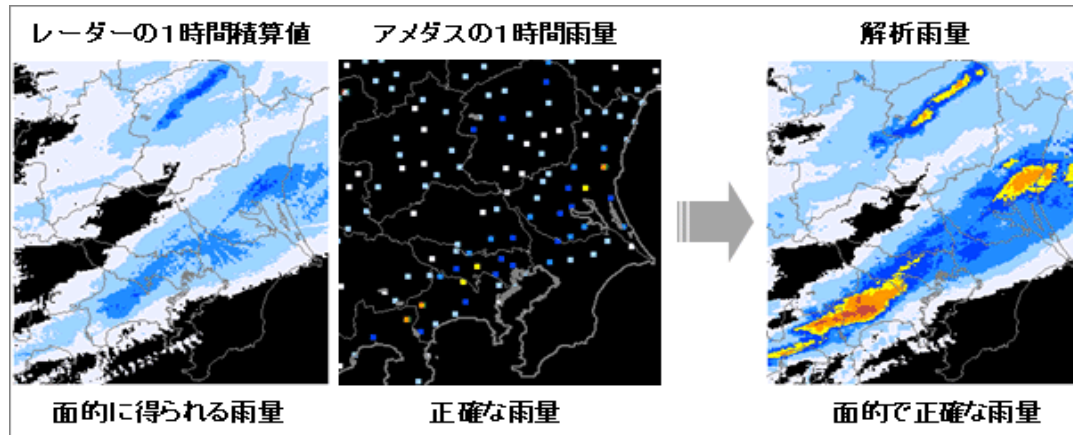
Enhanced AI forecast



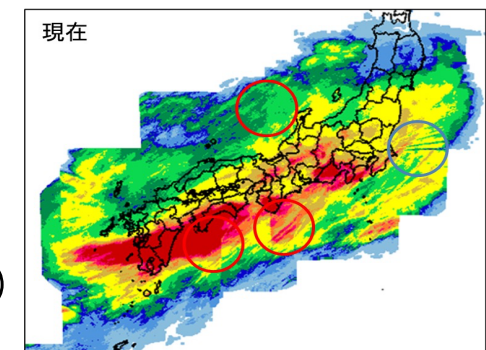
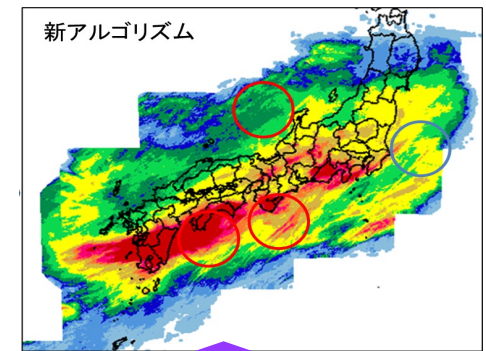
10m wind & SLP

valid: 2022-03-26 09:00Z
(FT=12h)

- ◆ 解析雨量(気象庁):レーダーと雨量計データの融合(気象庁:2006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)**



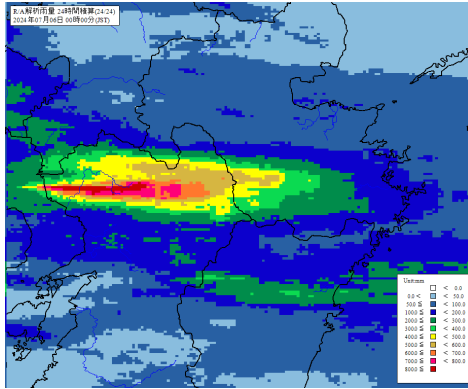
熊本豪雨時の24時間雨量の改善
(2020/7/04 00UTC迄)



◆ 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; 2008年3月~24年末は完了
 - **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

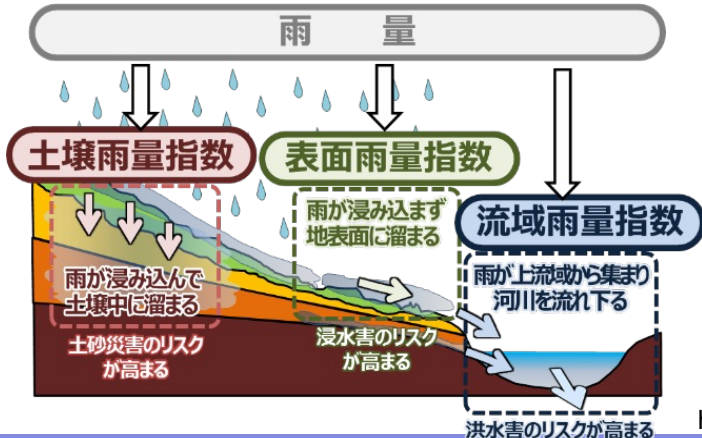
2017年九州北部豪雨時の解析雨量（ClimCORE改良版）に基づく雨量分布を仮想的に熊本県北部に



大津山堅介氏
（東大・先端研）

指数化

①降った雨による**災害危険度の高まりを指数化**



- ・「経験に基づく」従来の訓練から、実際に発生し得る豪雨を想定した「科学的根拠に基づく実践的ブラインド訓練」へ（シナリオ事前通知無し）
- ・想定雨量分布を気象庁「キキクル」に入力し、災害危険度分布を時々刻々と変化させた**臨場感ある訓練**（2時間半程度に早回し）
- ・温暖化を見据えた雨量20%増も可

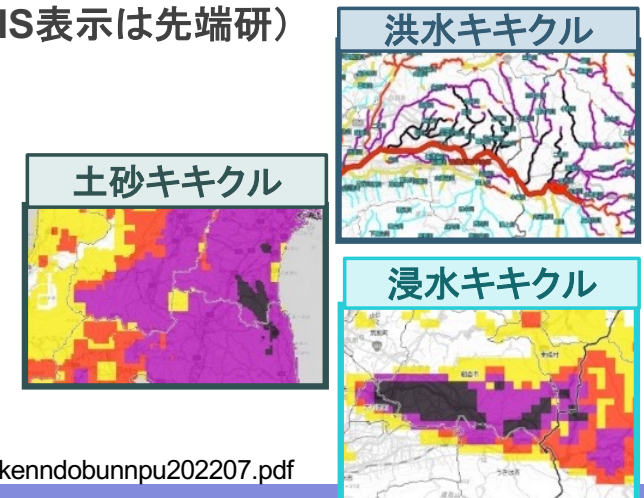
キキクル

②過去30年分の災害データから「**基準**」を設定



<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/kikenndobunnpu/kikenndobunnpu202207.pdf>

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】**（GIS表示は先端研）



臨場感ある訓練
※有効性確認済



https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/r04/104/news_13.html
内閣府