

日本域気象再解析データの整備と 幅広い社会・産業利用に向けて

中村 尚

東京大学 先端科学技術研究センター

WXBC副会長

(気象振興協議会会長)

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 クライムコア



東大先端研
Research Center for
Advanced Science and Technology
The University of Tokyo

気候変動や異常気象を
読み解き、
安全・安心で恵み豊かな
未来社会実現のために

拠点：東京大学先端科学技術研究センター

プロジェクトリーダー(PL)
中村 尚(東大先端研・教授)
副PL: 先端研2名(新エネルギー)
WNI・野村不動産HD



科学技術振興機構 (JST) 共創の場形成支援プログラム (COI-NEXT) 本格型 (2020~29年度)

拠点名称: **地域気象データと先端学術による戦略的社会共創拠点**

略称: **ClimCORE** :

Climate change actions with **CO**-creation powered by
Regional weather information and **E**-technology

COREに込められた拠点活動の理念

Co-creation	共に創る
Open	多様なメンバーがオープンな立場で参加
Realistic	(机上の空論ではなく) 現実社会に実装する
Exciting	ワクワクする, 面白い, 刺激的な活動と成果



拠点ビジョン:

気候変動・異常気象を読み解き、安全・安心で恵み豊かな未来社会の戦略的実現
—過去を識り、今を理解し、未来を共に創る—

気候変動・異常気象を読み解き、安全・安心で恵み豊かな未来社会の戦略的実現
 —過去を識り、今を理解し、未来を共に創る—

・「気候変動適応計画」を通じて温暖化の緩和・適応からSDGsの実現へ
 しながら

① 将来の安全・安心な社会の実現に必要な国土計画の基盤データとして、過去から現在の日本域の気象状態を高精度・高解像度で再現する「日本域気象再解析データ」が未整備
 (※地域気象再解析では欧州・豪州などが先行)

② 安全・安心な未来社会は気象・気候分野の「研究」のみでは実現不可能にも拘わらず、地域気象データが社会で広く利活用される仕組みも未整備 (交通政策審議会気象分科会)

→ 本「共創の場」では、最新IT技術を活用し、
 これら2つの課題の根本的解決を図り、
 SDGsの達成に貢献

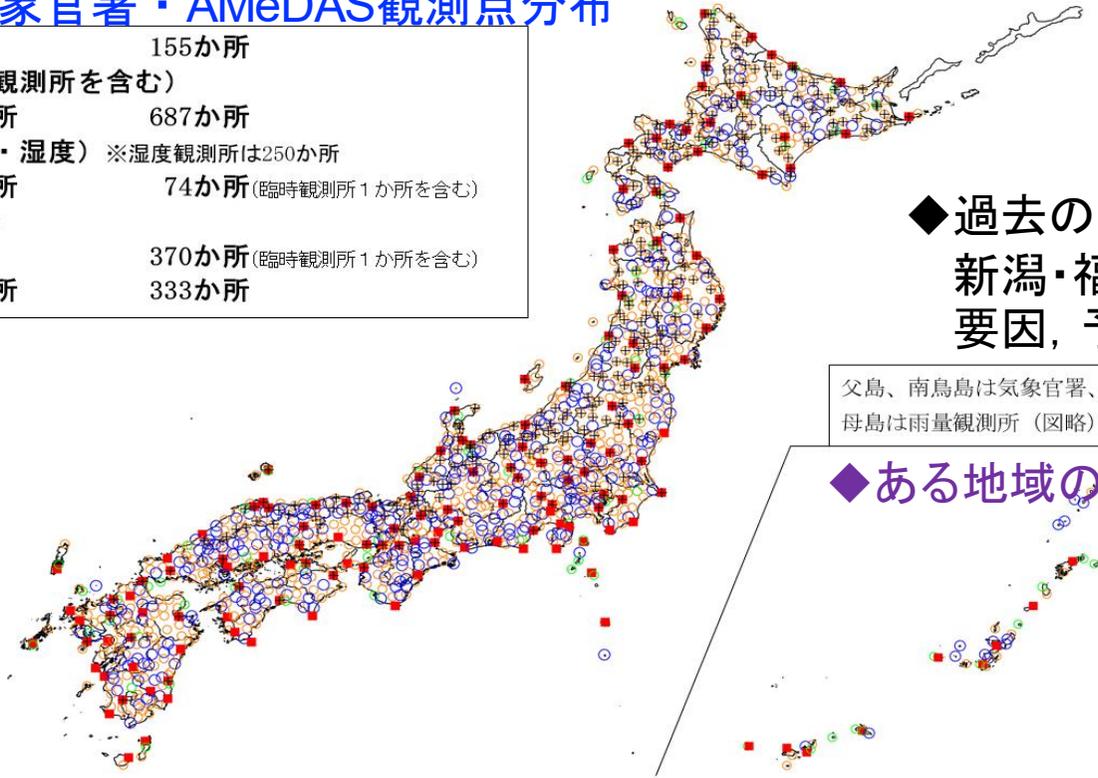


気象官署・AMeDAS観測点分布

■ 気象官署 (特別地域気象観測所を含む)	155か所
○ 四要素観測所 (雨・気温・風・湿度) ※湿度観測所は250か所	687か所
● 三要素観測所 (雨・気温・風)	74か所 (臨時観測所1か所を含む)
○ 雨量観測所	370か所 (臨時観測所1か所を含む)
+ 積雪深観測所	333か所



◆過去の豪雨・豪雪事例(例:平成16年7月新潟・福島豪雨, 福井豪雨)の詳細やその要因, 予測可能性を知りたい.....



◆ある地域の風力発電ポテンシャルを知りたい...



- AMeDAS : 降水観測点は平均17km間隔(風・気温は更に疎) ⇔ メソ予報は5km
- 解析雨量(2004) : 2.5km格子(現在は1km)

※地表データでは水蒸気流入など評価は不可; 予測再現実験・擬似温暖化も不可

※17km間隔では地域の詳細な地形の影響は表現困難

※海上風は現状では衛星観測のみで, 風車レベルはデータ殆ど無し

ビジョン実現への課題：地域気象データ利活用の仕組みの未整備

②安全・安心な未来社会は気象・気候分野の「研究」のみでは実現不可能だが、
地域気象データが社会で広く利活用される仕組みも未整備（人材育成も不十分）

◆ 気象情報・気象データの利活用に関する企業アンケート
 (2031社のうち、65.4%が気象データが事業に影響と回答)

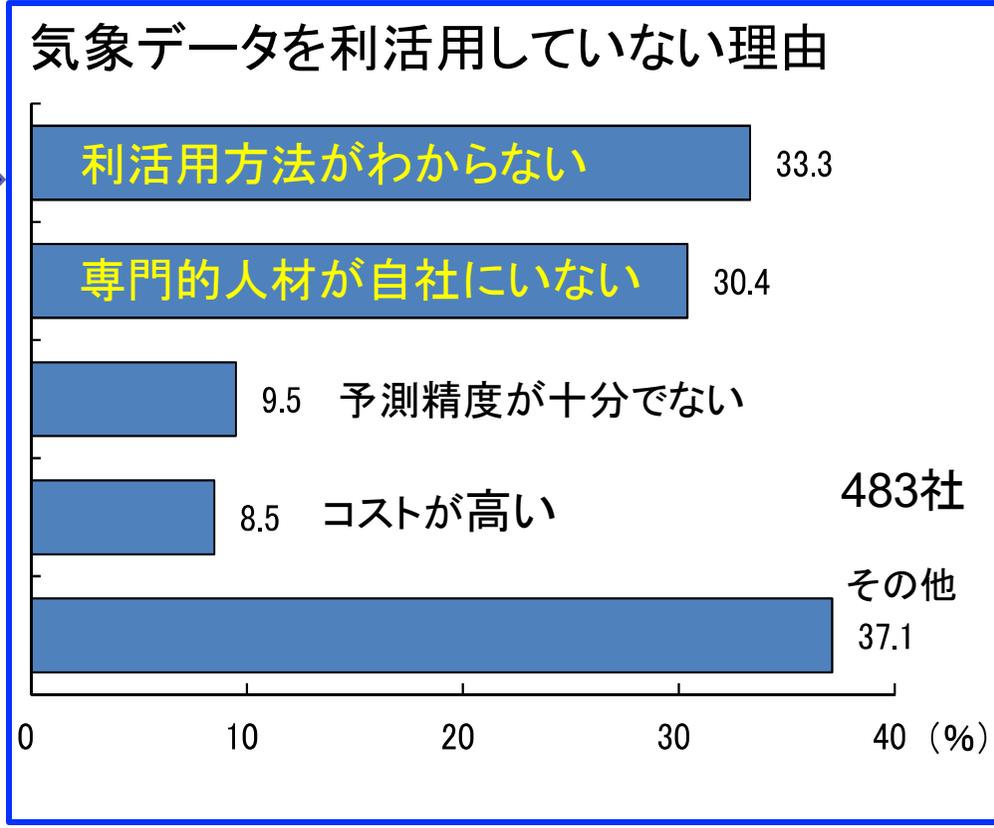
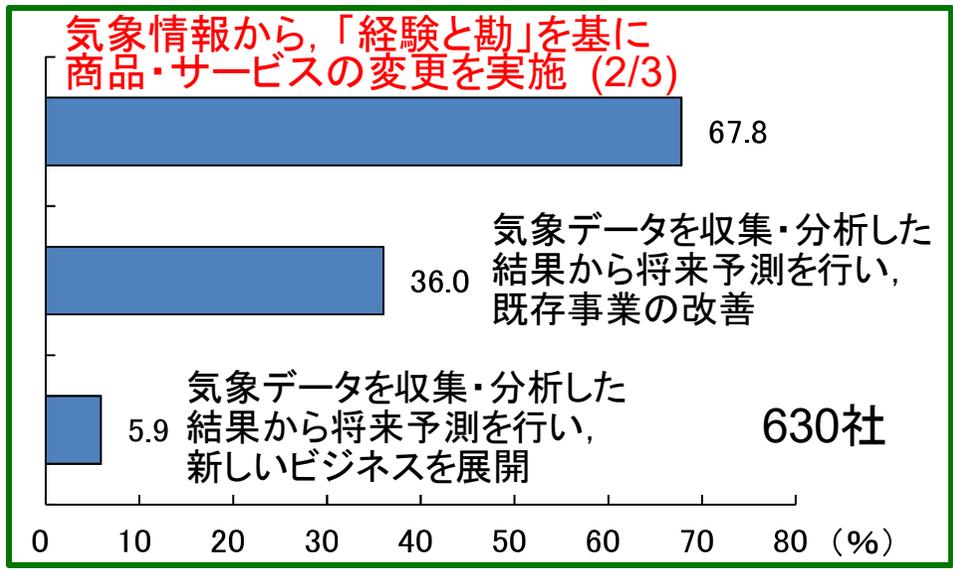
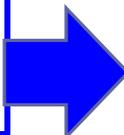
*産業界における気象データの利活用状況に関する調査報告書(2020, 気象庁委託)

日々の事業活動で気象情報・気象データに応じた事業内容、商品・サービスの変更を行っているか?

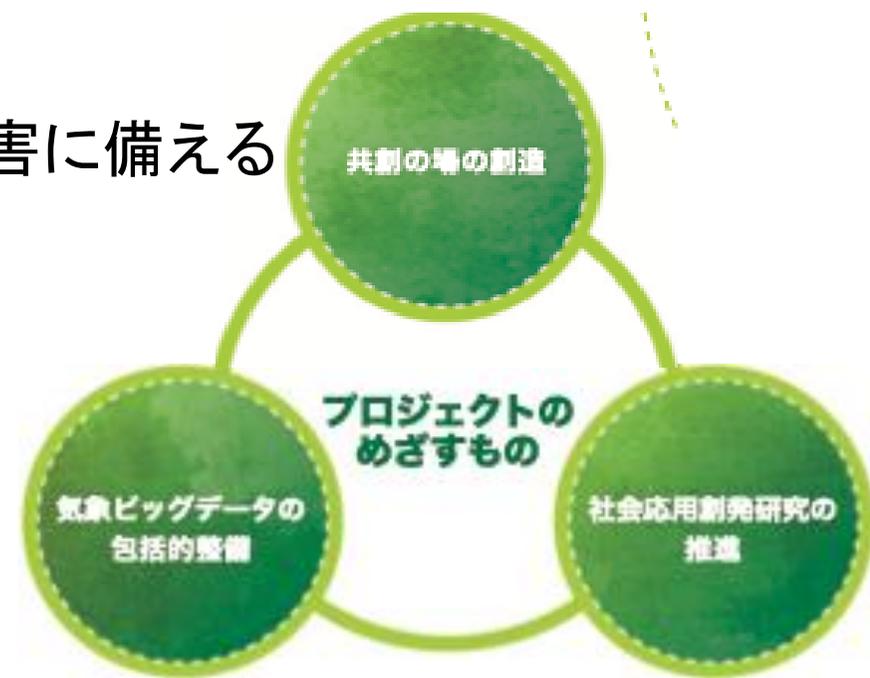
YES
50.8%

回答: 1298社

NO
49.2%



- 地域気象データの作成と活用環境の提供
- 日本域気象再解析データ「RRJ-ClimCORE」の作成
- 太陽光発電を利用した蓄電・水素エネルギーシステム
- 「過去」の気象データを学び、「未来」の災害に備える
- データ利活用を推進する「共創の場」



東大(先端研・情報基盤センター)・気象庁共同契約 (R3 9/28発効)



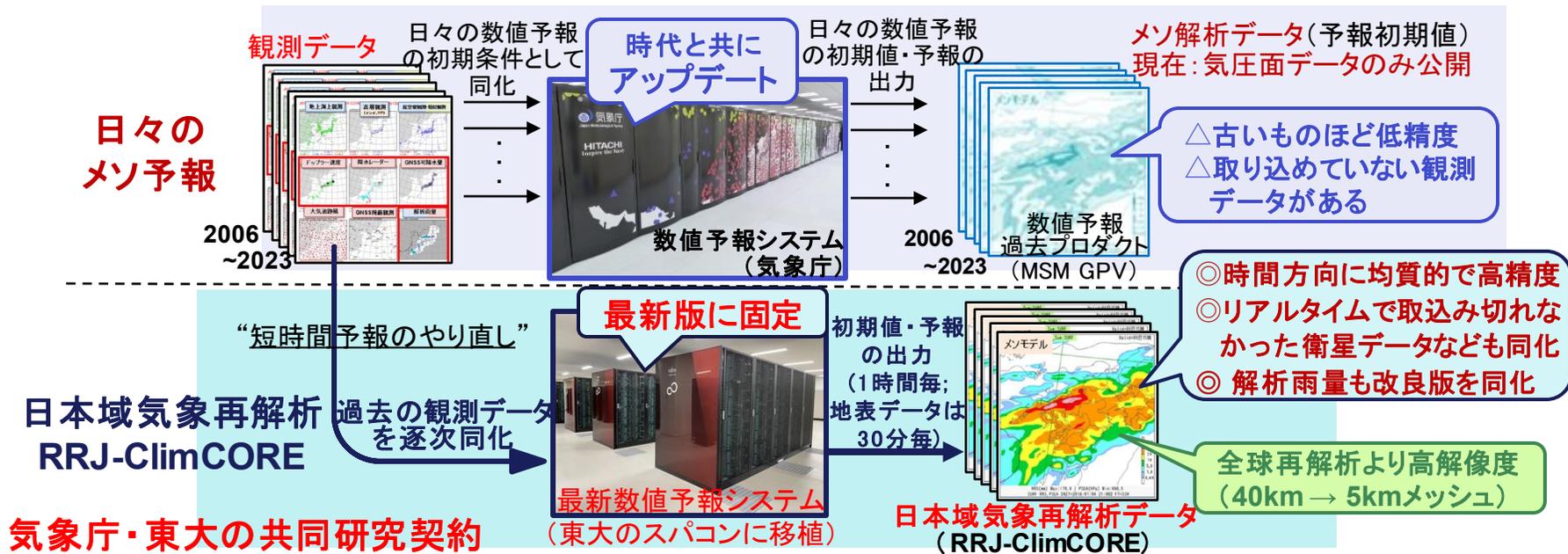
日本域大気再解析の実施

- ① 気象庁が現有する日本周辺域の各種観測データの提供
- ② 気象庁MSMデータ同化システム(及び各種ツール)の東大・情報基盤センターの最新のスパコン(Wisteria/BDEC-01「富岳」商用版)へ移植
- ③ 解析雨量再計算に必要なデータ及びソフトウェアの貸与

日本域地域気象データの利活用研究の推進(共創の場創造)

- ④ 企業・地域での気象データの幅広い利活用推進のための産学官共創システム構築に向けた利活用可能性の調査(気象庁データクラウド構想との連携を含む)

過去の「断片的な」各種観測データを最新のメソ予報システム(MSM)に取込む(同化する)ことにより、**日本周辺域**における過去の大気状況を4次元(空間3次元+時間)の格子点値として**高解像度**で均質に再現
 → **最新の気象予測情報を最大限に引き出すべく参照される過去再現データ(デジタルツイン)**



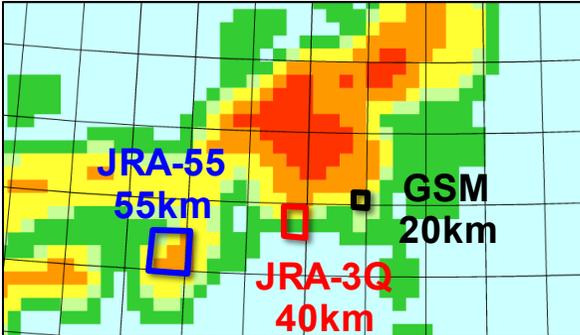
日本域再解析: 水平5km間隔で1時間毎に気温・風・湿度等の時間的に均質な過去データが得られる (AMeDASより空間的に密; 海上や上空のデータも得られる)

※最新の予報システムに過去データを同化→過去に遡るほど既存のメソ解析データとの質の差異が拡大 (但し, 作成データの検証のため, RRJ-ClimCOREデータは直近の時代から作成を開始)

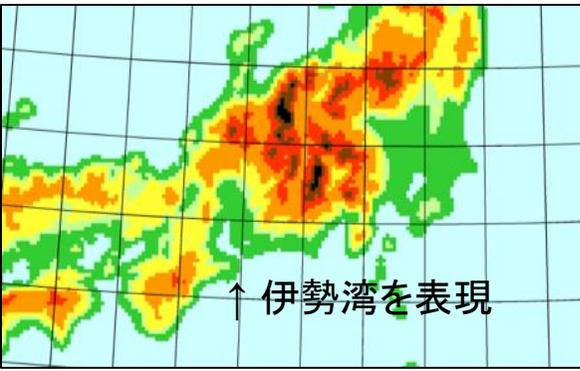
※再解析データ利用の経済的価値: WNIIによる試算(コンテンツの価値: 年〇億; リスク回避の価値: 年〇億)

• 東大・気象庁共同研究契約 (R3年9月) → 東大情報基盤センターのスパコン (Wisteria/BDEC-01) に気象庁の最新メソ同化・予報システム (日本周辺域, 水平5km, 96層; 非静力学モデル) を移植

全球大気モデル(20km)の地形



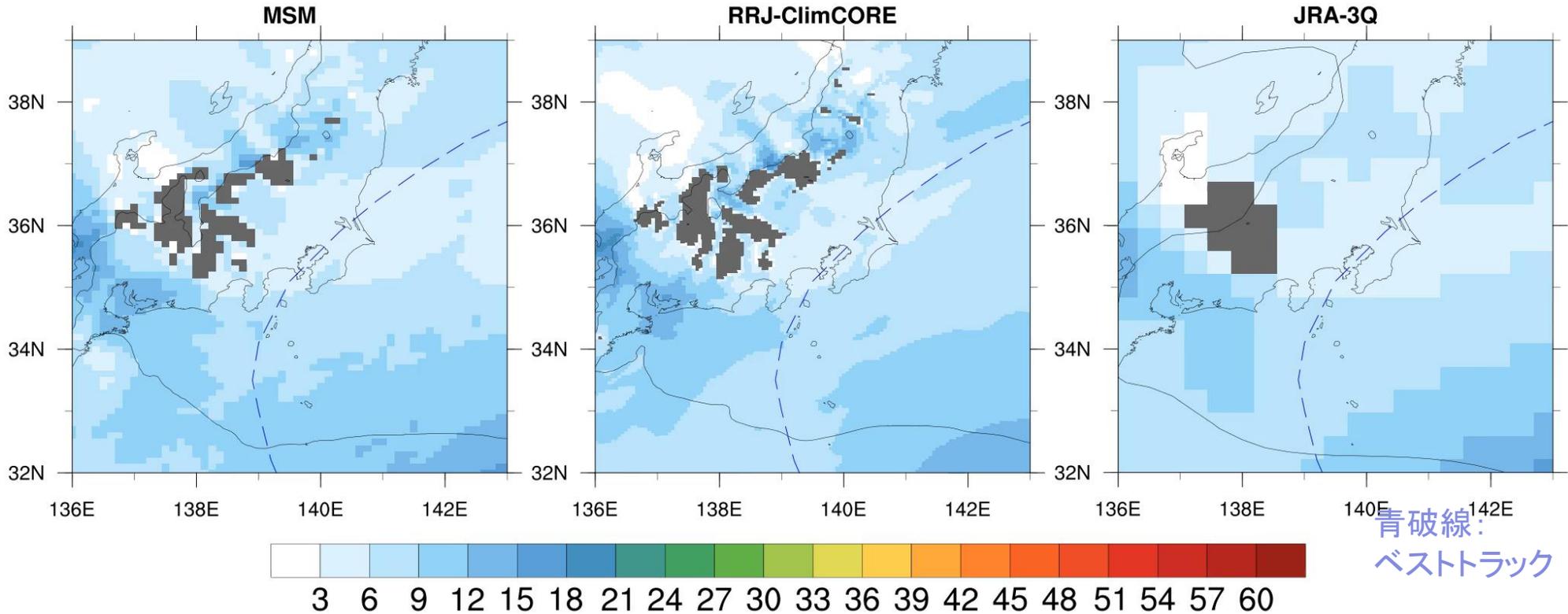
領域大気モデル(5km)の地形



- 予報システムに気象庁が保有する過去の観測データを同化
- 高い空間分解能で, **日本域の稠密な観測データの情報**を最大限に取込む(同化) → 高品質の地域気象データ (**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** (2017~20の4年分完了)
- 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
 - **周辺海上の大気状態の詳細な再現**にも有効
 - ※ 10要素netCDFで24TB/年 (+2次加工データ)
 - ※ 試供版 (2019年9月~2021年12月) は鉛直76層 (下部成層圏まで)

* 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

900-hPa wind speed [m/s] 2019/09/07 0900 UTC

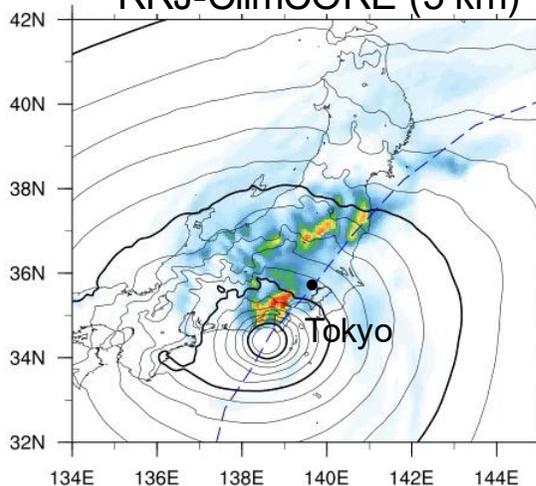


コンパクトな台風に伴う強風は全球大気再解析では表現できず、5-km 解像度のRRJ-ClimCOREなら(メソ解析同様)表現可能

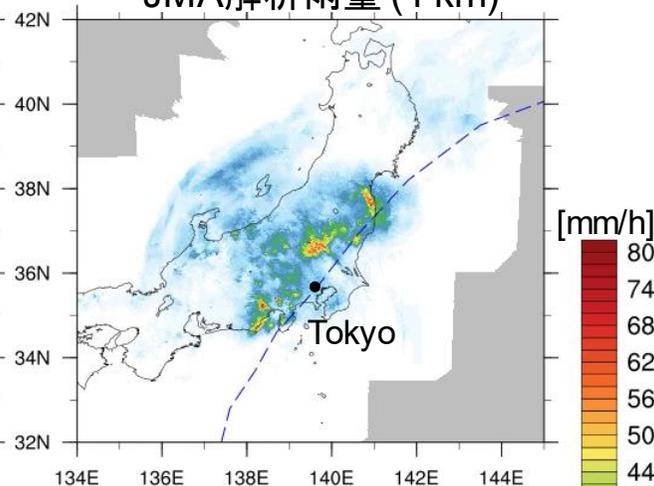
➔ 過去に暴風災害をもたらした台風の予報再現実験や擬似温暖化実験に有用

Precipitation [mm/h] & SLP [hPa] 2019/10/12 0800 UTC

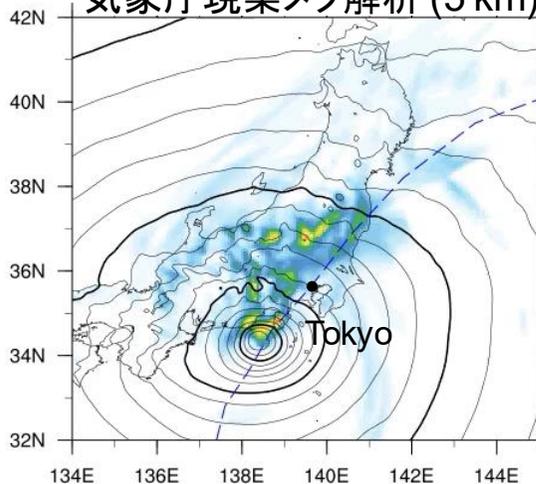
RRJ-ClimCORE (5 km)



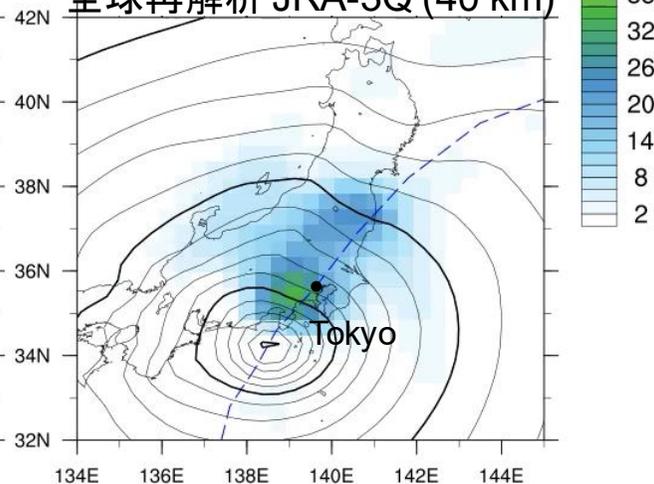
JMA解析雨量 (1 km)



気象庁現業メソ解析 (5 km)



全球再解析 JRA-3Q (40 km)



2019年10月、ゆっくりと東日本太平洋側を北上した「東日本台風(19号)」に伴い、東寄りの強風が吹きつけた関東・甲信・東北地方の山地の東向き斜面で記録的大雨となった。

→ 東日本各地で甚大な洪水被害

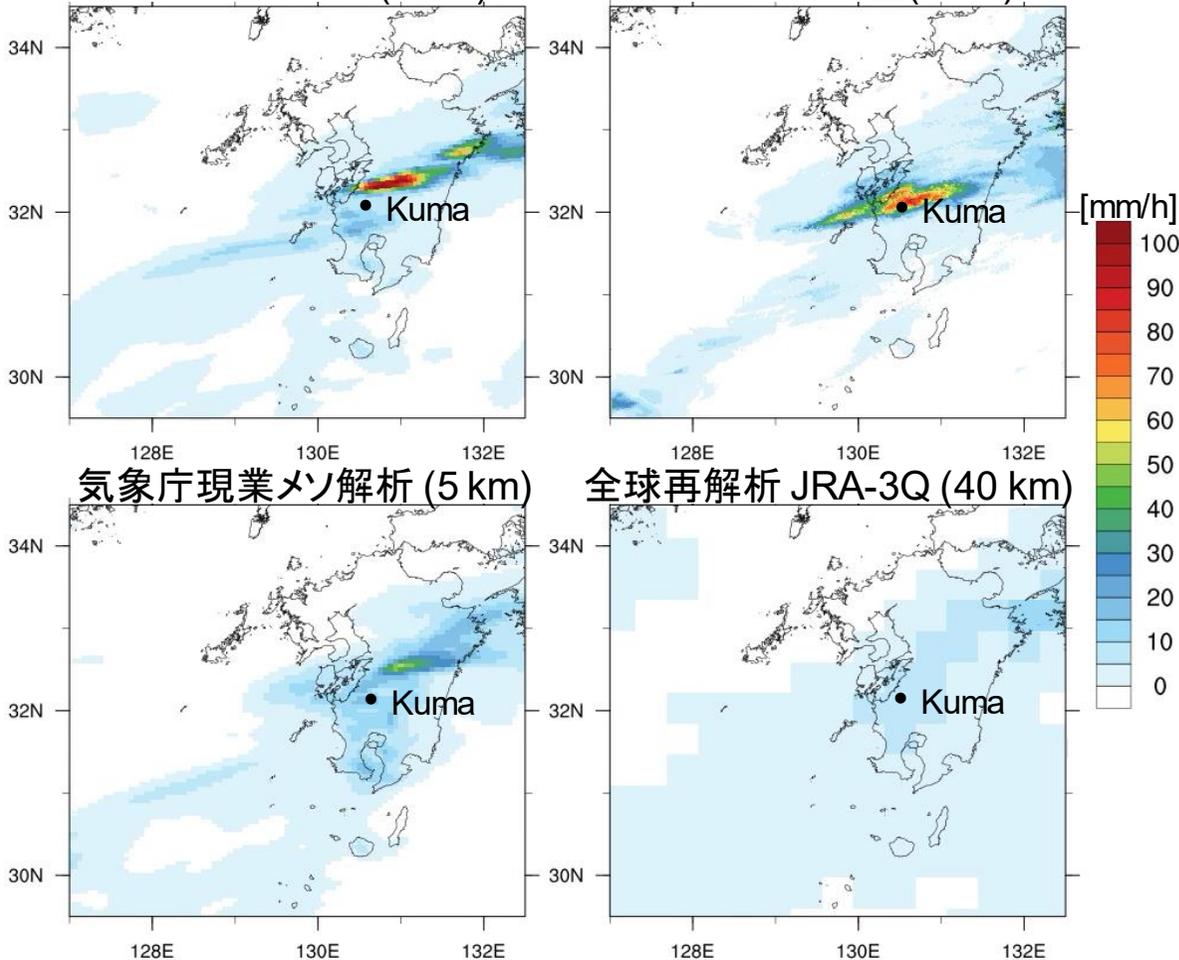
地形による降水の局地的強化は、全球大気再解析では表現できず、5-km 解像度の RRJ-ClimCORE なら(メソ解析同様)表現可能

→ 過去に豪雨災害をもたらした台風の予報再現実験や擬似温暖化実験に有用

Precipitation [mm/h] 2020/07/03 2300 UTC

RRJ-ClimCORE (5 km)

JMA解析雨量(1 km)



「令和2年7月豪雨」時の7月上旬には、梅雨前線上を東進するメソ低気圧に伴い、東シナ海を吹き渡る下層の暖湿気流に沿って、対流性降水系が線状に複数回組織化された。

→ 球磨川流域の豪雨と河川氾濫

こうした線状の降水帯は、全球大気再解析では表現できず、5-km解像度のRRJ-ClimCOREなら（メソ解析同様）表現可能

→ 過去に豪雨災害をもたらした降水帯の予報再現実験や擬似温暖化実験

→ 「緑の流域治水」PJ・熊本の自治体の防災・減災対策

◆ 解析雨量の再計算

- レーダーと雨量計データの融合 (気象庁: 1km, 1h毎; 但し, 2005年以前は低解像度)

→ **日本域気象再解析に同化; 防災の基盤情報データとしても有用**
(キキクルの入力データ)

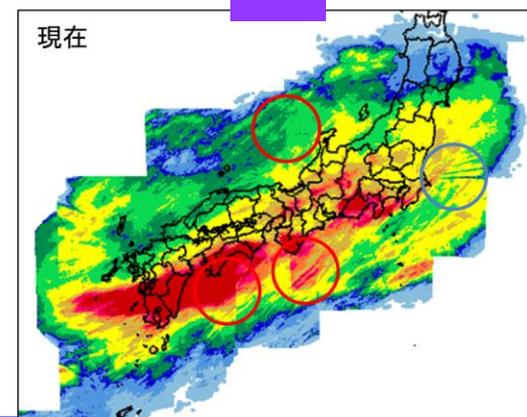
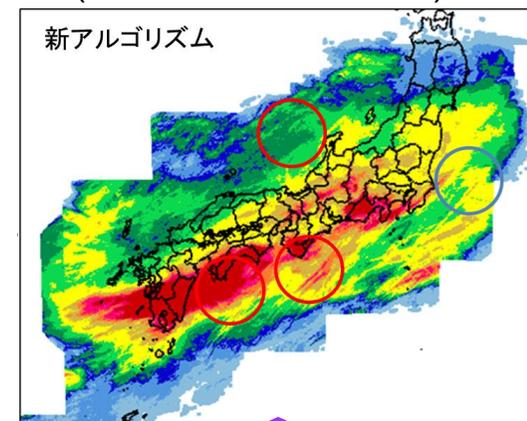
- 気象庁で従来利用してきた外部データも許可を得て利用
(例: 全都道府県の雨量計; 国交省の雨量計・レーダー)
- 海上の解析手法の改良 → **レーダー観測領域間の不連続の低減**
→ 気象庁へのフィードバック(線状降水帯予測の精度向上など)
- 新アルゴリズムを用いた2016~20年分の再計算を完了;
2011~2015年分も実施中(2021年以降も順次実施)

→ **いずれは1km, 1時間毎に1990年代まで遡る**

※ **日本域気象再解析特有の同化データ**(2001以降)

- 今後はJR東日本の雨量計データやJAXA衛星データを利用し,
陸上及び海上の解析雨量の精度の更なる向上へ
- ← 現在未利用のデータによる精度検証(解析手法改善の検証)

熊本豪雨時の24時間雨量の改善
(2020/7/04 00UTC迄)



【2024年2月9日記者発表(熊本県・東大先端研・熊本地方気象台)】

- ・近年顕著な水害を経験した市町村 → 再び水害が発生したらどう改善できるか?
- ・近年顕著な水害を経験していない市町村 → 未経験だが可能性のある大雨にどう対応?



「経験に基づく従来の訓練(仮想的シナリオ作成)」から、実際に発生、あるいは発生してもおかしくない大雨を想定し、「科学的根拠に基づいたより実践的な訓練」へ



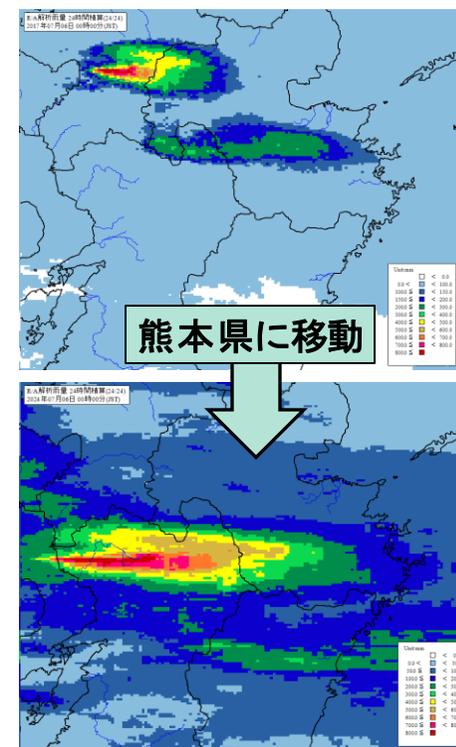
東大先端研・ClimCOREの「改良版解析雨量データ」を活用し、大雨時の判断に実際に用いる「キキクル」の情報に翻訳
 → 同じ雨量でも降る地域が違くと災害リスクは異なる
 → 現実に近い訓練 → 「我が事意識」の醸成と危機感共有

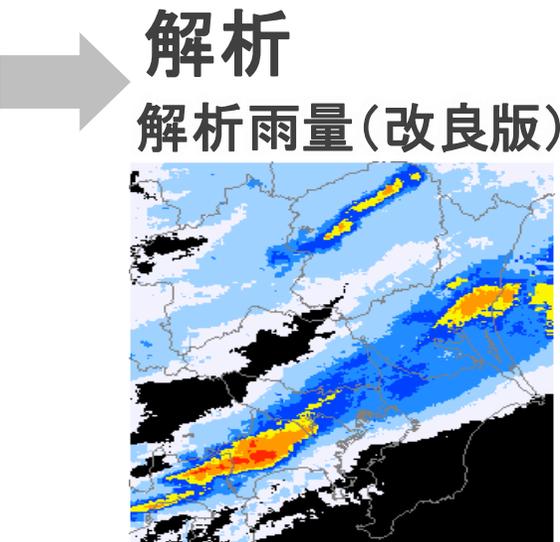
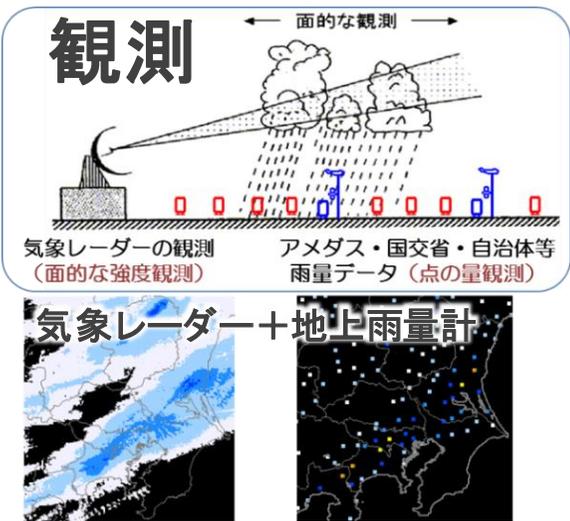
解析雨量(東大): 2017年6/1~7/6まで再計算(1km, 1時間)

訓練への調整(東大) 九州北部豪雨の線状降水帯を仮想的に熊本県に移動し、東西に拡張

リスクの数値化(気象研究所) キキクルで災害リスクへ翻訳

可視化(東大) 各地の災害リスクをGISで可視化

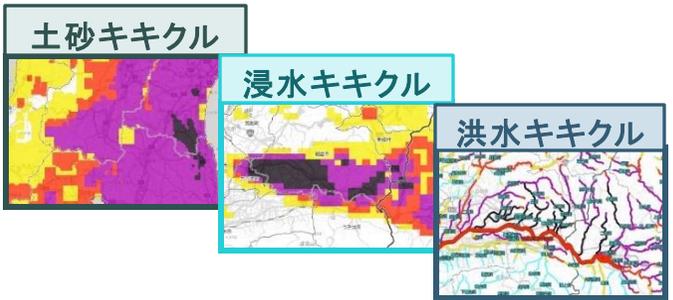




今回の訓練では予測情報は使用せず、解析雨量データを継続的に与える

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】

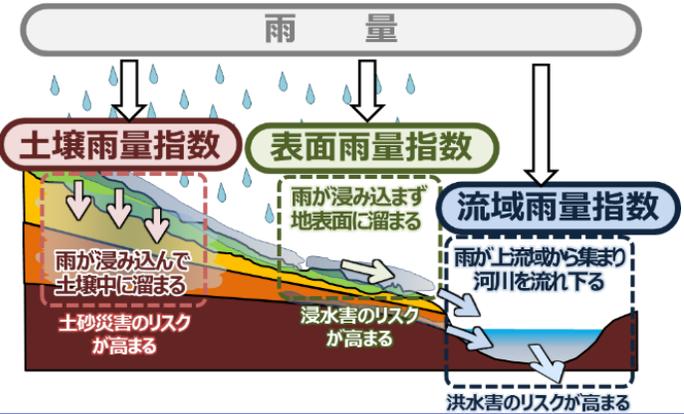


②過去30年分の災害データから「基準」を設定



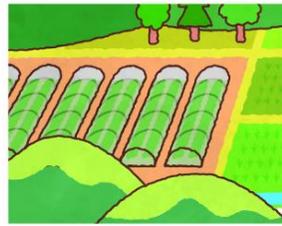
指数化

①降った雨による災害危険度の高まりを指数化



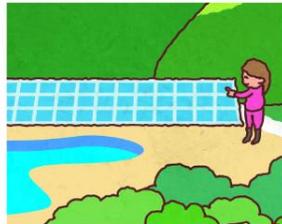
農業に活かす

農作物への異常気象や気候変動の影響がわかれば、作物の生育管理や病虫害の発生予察、気象災害・気候変化に耐性のある品種の育成・選定などに役立ちます。



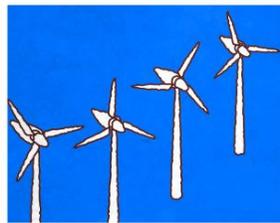
再生可能エネルギーを使いやすく

太陽光発電など再生可能エネルギーを利用した発電・蓄電の監視や予測・制御に、気象データ及び予測技術を応用することで安定的に供給可能な新エネルギーのシステム構築ができます。



風力発電の運用を助ける

自然の風をエネルギー源とする洋上風力発電。列島各地の複雑な地形の影響や、海上の大気状態の詳細な再現が可能になると、各地域で風力発電の運用に役立ちます。



防災・減災対策

過去の気象災害リスクを調査し、自治体での防災・減災対策や危機管理情報の発信など、災害に強いまちづくりに活かします。

日々の生活基盤の整備

交通網や物流の混乱は、日々の生活に大きく影響します。台風や豪雨・豪雪などの気象災害に強い生活インフラの整備に過去の気象データを活用し、激甚化する異常気象に備えます。

温暖化にも対応する未来都市

将来起こりえる異常気象のシミュレーションは、自然の恵みを最大限に活かす都市環境計画に役立ちます。

「日本域再解析データが無ければ、気象予測情報を得ても、その情報を社会で活かさない」
 → 社会の利用者が持つデータと地域気象データとを結びつけるAIによるシステム構築が不可欠

1. 日々の気象に大きく左右される分野での 利活用研究：航空業界

農業・再生可能エネルギー等の分野で気象ポテンシャルやリスク、その変動を再解析データから把握したシステム構築、日々の最適運用に活かす

農業気象情報を日平均から時間単位に(農研機構)

3. 近未来(10~50年先)の気象リスクを 見据えた社会戦略研究

将来の豪雨発生頻度増加 (JMA)

- 企業立地, 施設整備, 街づくり, 農業等
- 近海の風力・波力発電, 運輸, 漁業
- 関連する保険事業

※地域気候シナリオ予測研究 (国環研・農研機構等)との連携

↔ 4次元大気再解析データによる
領域大気モデル(海上も)の再現性把握

2. 過去の気象災害リスク調査を今後の対策 に活かす研究(日本域再解析+解析雨量)

- 自治体の防災・減災対策
- 災害に強い交通・物流
- 関連する保険事業

※ 再解析データからの再予報・擬似温暖化実験

【1・2共通】

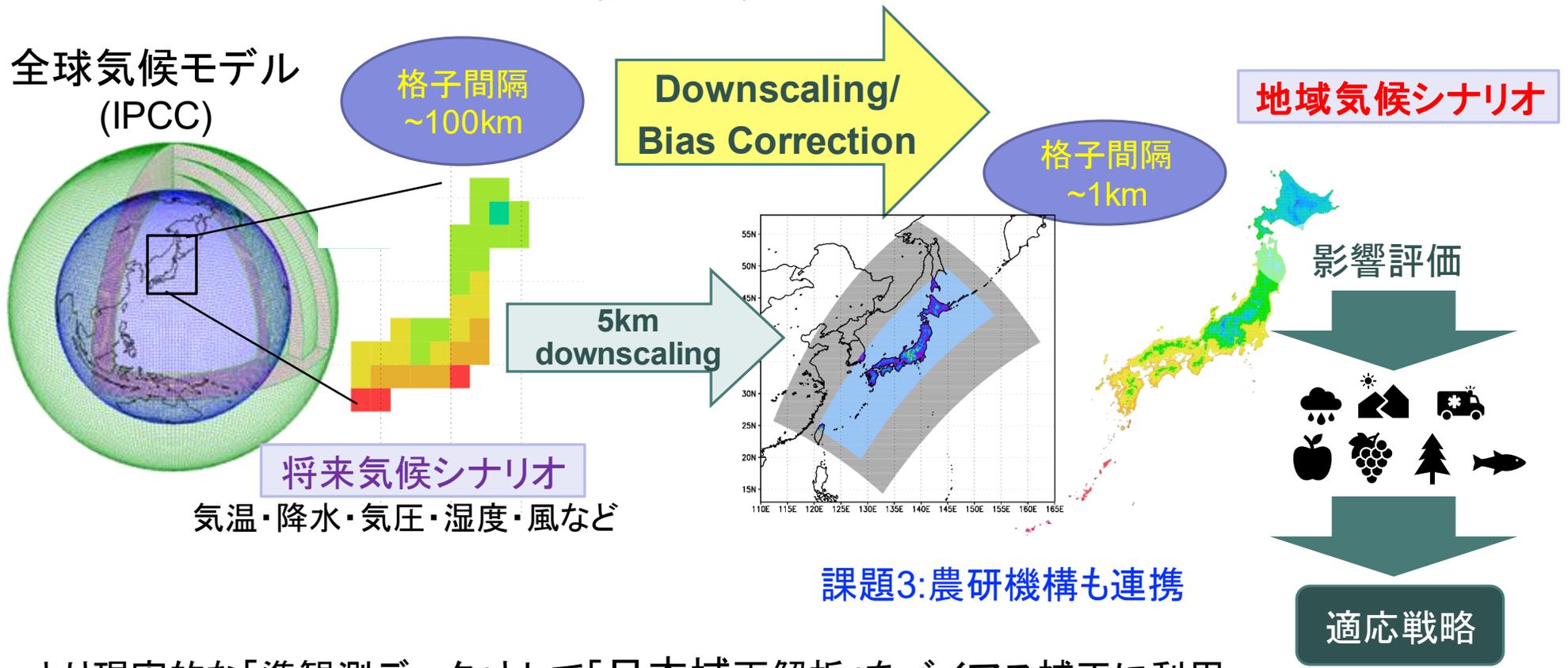
- AI用教師データの大幅増 → 運用システム改善
- 気象予報データの利用高度化・最適化

4. 海洋データ同化・陸面データ同化との連携, 気象予報精度向上に資する研究

日本域気象再解析データを用いた

- 近海海洋再解析の改良(水温・海流・塩分・波浪)
- 日本域の水文再解析(河川・土壌)
- モデル改良 → 地域気象予測精度の一層の向上

※ 従来型観測による日本域長期再解析(東北大)



課題3: 農研機構も連携

- より現実的な「準観測データ」として「日本域再解析」をバイアス補正に利用
 - 「点 (AMeDAS) データ → 面データ」 → 特に山岳地域の降水・風速について高度化を期待
- 地上のみならず、海上や上空の情報(850hPa気温・湿度など)も利用予定
 - 長期・均質な日データ
- 5kmの情報を1km (or 0.5km) にして使用する予定(ダウンスケーリング手法検討中)

データ利用者と作成者の意見交換を開始

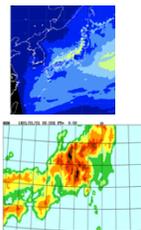
知・人材・資金の循環による持続可能な体制を構築

データ・プロダクトに連続した繋がりを

ターゲット1: 気象ビッグデータの整備

拠点(先端研) + 気象庁 + 東大情報基盤センター + 東北大・WNI

- 日本域気象「再解析」、解析雨量再計算の実施
- 気象庁/国研だけでは困難なデータ提供・連携の枠組を改善し、既存の気象データの利活用も促進
- 産学官連携に適した人材の育成 → **利用者ニーズに応じたデータ作成を可能に**



ターゲット0: 「共創の場」創造

拠点(先端研) + 全プロジェクト参画機関

ターゲット1・2を有機的に繋ぐ「共創の場」の構築; ターゲット相互間の科学的・戦略的マネジメント

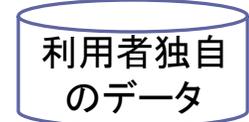
- 利用分野別の応用プロダクト支援 (downscaling, 変数・3次元領域限定)
- データアーカイブ (mdx: ClimCORE Data Platform/DIAS; 気象庁クラウド)
- データ共有・公開の整備 (mdx, SINET)
- データジャケット, 「知の用水路」
- データ利活用に関する法的整備
- 可視化・利活用促進整備 等

ターゲット2: 社会応用創発研究の推進

拠点(先端研) + 自治体・企業(損保, 交通・物流, 防災, 不動産, エネルギー, 等)のエンドユーザ

- 利用者自ら気象情報を積極利活用, 気候変動適応計画・SDGsを踏まえ
- 安心・安全な街づくりに資する inclusiveな防災・減災戦略の策定
- 確度の高い企業活動戦略に向けた気象情報の利活用促進と高度化 → 企業・自治体保有データの利活用
- 海外との連携の促進
- 気象情報利活用に適した人材育成

個人情報・企業秘密

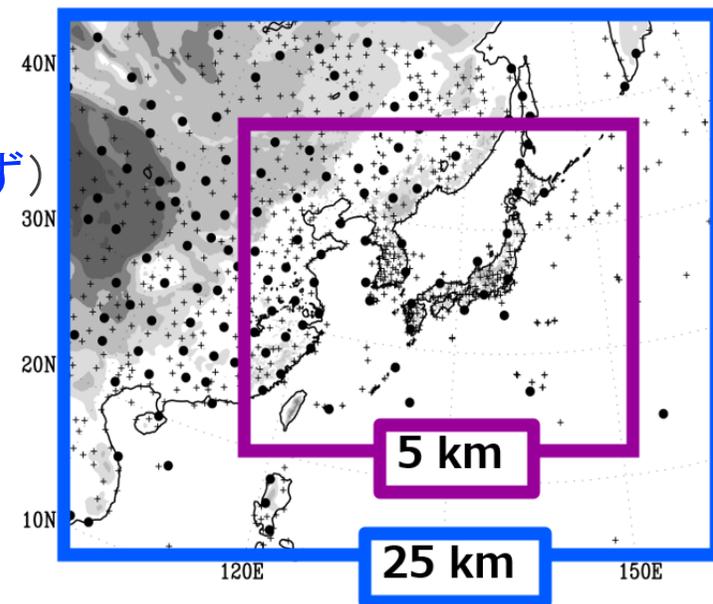


資金還流と知見・リクエストのフィードバック

JSTからの支援終了後も, 多くの受益者から支援により人材と計算資源を確保し, 日本域気象再解析を継続的に作成・提供できる仕組み(技術研究共同組合)作りを目指す。

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
- 公開(DIAS, ClimCORE内)の予定



モデル領域 (Fig.1 in Fukui et al., 2018)

※ **1958～2020まで60余年分の作成が2023年度中に完了予定**

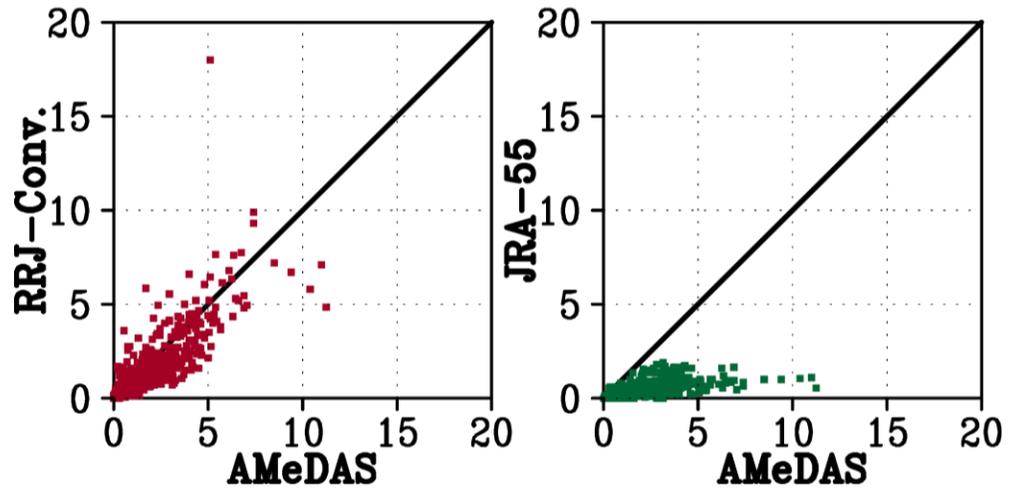
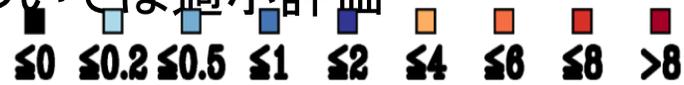
➔ **各地域の気候変動実態解明や、線状降水帯の発生の長期変化傾向の調査、20世紀後半の災害事例の解析等が可能に**

- 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。

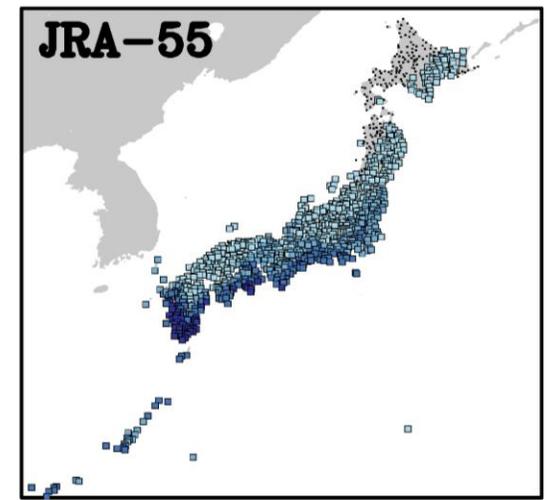
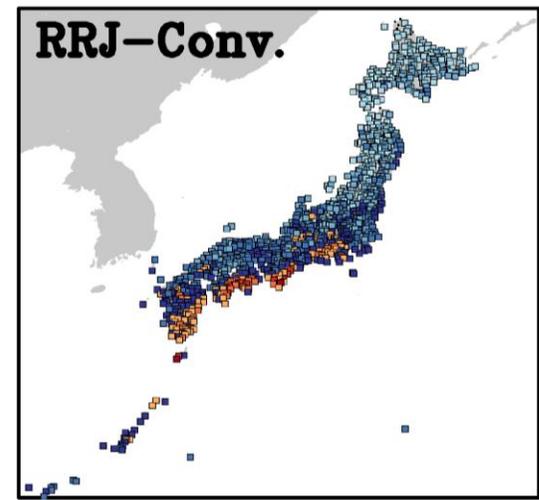
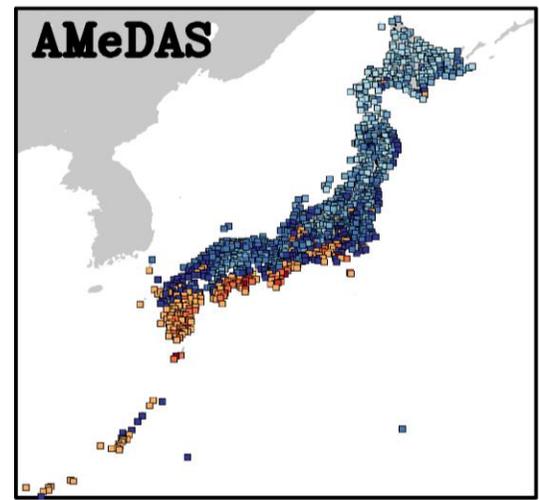
→ 高解像度化の効果

※但し、短時間強雨(3時間80mm以上)

については過小評価



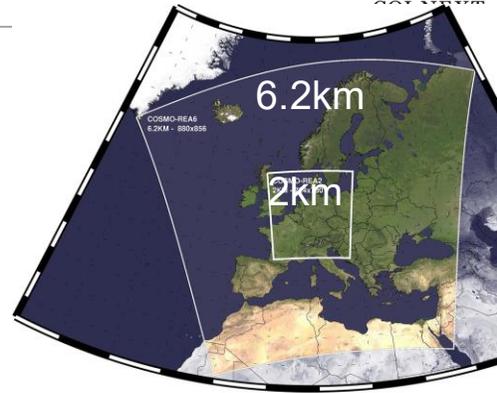
2001~2020



日本の領域気象再解析の国際戦略

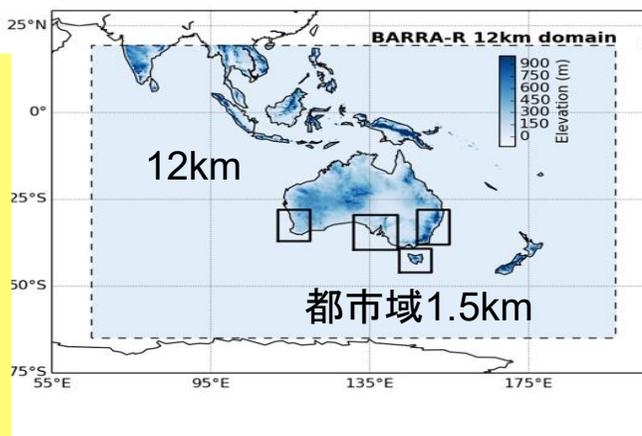


- ▶ 各国気象局主導(但し, ドイツ:気象局予算でボン大学が実施;韓国は大学)
- ▶ 特に欧州ではCopernicus計画, digital twin/earth等の巨大PJの下で利活用研究とともに推進 → 更なるダウンスケールでニーズへ対応
- ▶ 豪州やインドでは英国気象局のシステムを活用(11~12km解像度)
- ▶ 韓国チームが東アジア再解析を実施(12km WRF, 2010年代限定)
- ▶ 中国も東アジア再解析を実施 (12km, 1980~2018; 衛星データは直近10年)



日本域気象再解析(RRJ-ClimCORE)の戦略

- 台風・豪雨・豪雪が顕著な日本域を対象とする領域気象再解析(21世紀のみ)を解析雨量(※)再計算と併せて推進 (※日本独自)
- 過去の極端現象を5kmの高精度で再現する地域気象データの構築で世界をリード → 東南アジア・台湾などへの展開
- 従来型データのみに基づく長期(60年分)の領域再解析も実施

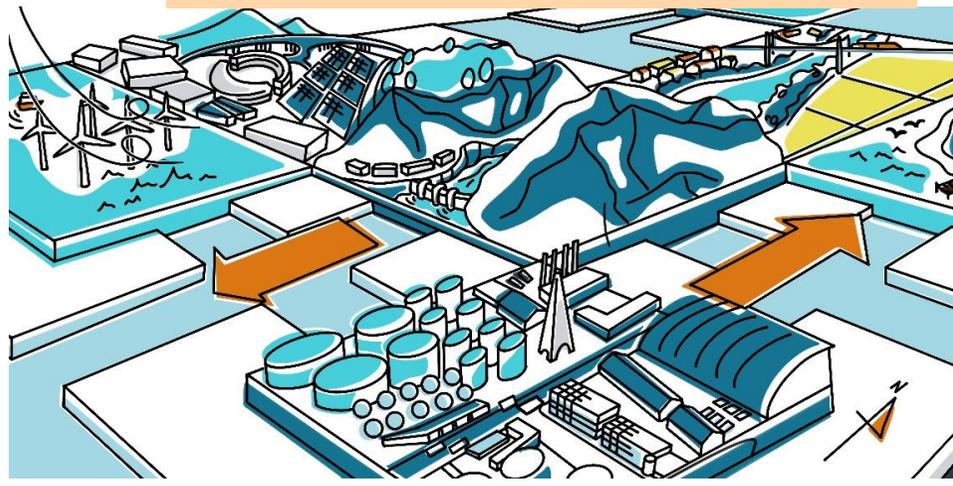


WCRP「第6回再解析国際会議」東京開催 (WCRP・気象庁・東大・ClimCORE共催)

2024年10/28~11/1 @ 東大本郷キャンパス(伊藤国際謝恩ホール)

※主要テーマとして「領域再解析」・「AI」を初めて採用; 作成者に加え, 初めて利用者も広く参加
発表申込: 2024年1月~2024年3月下旬(予定)

ポスト気候変動時代の国土最適化



自然現象を恵み化する社会



気候変動・異常気象を読み解き、安全・安心で恵み豊かな未来社会の戦略的実現



1人1人が自分にあったやり方で災害に備える社会



ウェルビーイングな社会

■ 拠点 地域気象データと先端学術による戦略的社会的共創拠点（東京大学・先端科学技術研究センター; 2020~2030）

■ 拠点ビジョン

気候変動・異常気象を読み解き、安全・安心で恵み豊かな未来社会の戦略的実現
～過去を識り、今を理解し、未来を共に創る～



PL 中村 尚（東大・先端研）
副PL 安部大介（WNI）
田中克弥（野村不H）；代理：四居 淳
飯田 誠（東大・先端研）
河野龍興（東大・先端研）

■ あるべき社会像 全国民がイキイキとして、自身の役割を存分に果たすことができる社会

■ ターゲット

0. 学術が牽引する気象データ共創社会の実現に向けた、「共創の場」創造

1. 日本域気象再解析をはじめとする気象ビッグデータの包括的整備

2. 気候変動時代の安心・安全社会実現に向けた気象データの社会応用創発研究の推進

■ 研究課題

研究課題2: 気象データの社会応用創発研究開発: 先端研(飯田)

サブテーマ 2A
物流・交通システム

サブテーマ 2B
街づくり、企業戦略

サブテーマ 2C
安心・安全社会の実現



研究課題3 農研機構農業環境変動研究C（西森）
激化する気象変動に対応できる農林水産業
福島大、東大・先端研、高知県農業技術C、石川県農林総合研究C、WNI

研究課題4 東大先端研（河野）
気象データを活かした新エネルギー技術の社会実装
日本郵政・日本郵便、日本気象協会、仙台市

サブテーマ 2D
地域共創FS

サブテーマ 2E
気候変動適応情報

サブテーマ 2F
気候と健康

サブテーマ 2G
暑熱対策

サブテーマ 2H
豪雨対策・治水

研究課題5 容態先端研（飯田）
風力発電における高度気象データ利用
東北大、Siemens、いわき市

先端研（牧原、大津山、近藤武、熊谷、吉村、米代、原田、地域共創LL）、日本郵政、日本郵便、野村不、MS&AD、熊本県、和歌山県、WNI、国環研、JR東、東北大、早稲田大

社会応用創発研究

基盤データ整備

研究課題1A 東大先端研（中村尚）

安全・安心社会のための日本域4次元高機能気象データの整備
先端研（隈、大野木、宮坂、牧原）・東大情報基盤C、東北大、早大、JAMSTE、WNI、気象庁、国環研、JR東、JAXA

研究課題1B 先端研（飯田）

気象基盤データの包括的整備とAI等による先進的利活用手法の開発
先端研（玉井、原田、矢入、稲見）・工（大澤）、シーメンス、富士通、WNI
協力：東大DIAS・Data PF、mdx

研究課題1C 東大・工（大澤）

データジャケットを用いた「知の用水路」の構築
先端研・飯田、近藤早、協力：丸の内データコンソーシアム、横浜データ共創ラボ

研究課題1D 東大・情報基盤C（工藤）

データ活用促進のための技術開発（促進費）
先端研、NII

産学共創システム（東大・先端研、WNI、野村不H、参加全機関）

産学官公民連携

国際連携

自立化に向けた取り組み

