

地球デジタルツインの動向に関するWS 2022.08.18

JST COI-NEXT ClimCOREにおける 気象データの产学研連携に向けて

東大先端科学技術研究センター
SPA (シニアプログラムアドバイザ)
隈 健一



プログラムの概要

- ウィズ／ポストコロナ時代を見据えつつ、国連の持続可能な開発目標（SDGs）に基づく未来のあるべき社会像（拠点ビジョン）を策定。その達成に向けたバックキャスト※によるイノベーションに資する研究開発と、自立的・持続的な拠点形成のために必要な産学官連携マネジメントシステムの構築を同時並行で推進する。
- これを通じて、大学等や地域の独自性・強みに基づく産学官共創拠点の形成を推進し、国の成長と地方創生に貢献するとともに、大学等が主導する知識集約型社会への変革を促進する。

「人が変わる」
SDGs×ウィズ/ポストコロナ
に係るビジョンを共有

新型コロナウイルスの影響を踏まえ、SDGs
に基づく未来のあるべき社会像を探査し、
参画する組織のトップ層までビジョンを共有。
「ウィズ・コロナ」、「ポスト・コロナ」の国の成
長と地方活性化、持続可能な社会の実
現を目指す。

「大学が変わる」
持続的な産学共創システム
の整備・運営

産学共創拠点を自立的に運営するための
システム（産学共創システム）を構築。プ
ロジェクト終了後も、代表機関が中心とな
り持続的に運営。

「社会が変わる」
科学技術イノベーションに
よる社会システムの変革

ビジョンからバックキャストし、研究開発目
標と課題を設定。組織内外の様々なリ
ソースを統合することで最適な体制を構築
し、イノベーション創出に向けた研究開発を
実施。ビジョン実現に必要な社会実装、
社会システム変革を目指す。

プログラムのコンセプトイメージ

「ウィズ・コロナ」
「ポスト・コロナ」の
国成長と地方活性化

持続可能な
社会の実現



SDGs×ウィズ/ポ
ストコロナの社会像
(ビジョン) 共有

企業等との
共同研究推進

科学技術イノベーション

自立的に運営す
るための仕組み
と体制を構築

産学共創システム

（※）バックキャスト：あるべき社会の姿や社会ニーズから、主として科学技術が取り組むべき課題を設定、実施計画を策定して推進する手法

https://www.jst.go.jp/pf/platform/file/2022/2022_kyousounoba_setsumeishiryo.pdf





プロジェクト名	代表機関	プロジェクトリーダー(PL)
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 (2020~2029) https://www.climcore.org	東京大学*	中村 尚 先端科学技術研究センター教授
参画機関 (大学等)	東北大大学, 農業・食品産業技術総合研究機構, 海洋研究開発機構, 早稲田大学, 国立環境研究所, 石川県農林総合研究センター, 高知県農業技術センター	
参画機関 (企業等)	野村不動産(株)*, (株)ウェザーニューズ*, MS&ADインシュアランスグループホールディングス(株), 日本郵政(株), 日本郵便(株), シーメンス(株), (一財)日本気象協会, 熊本県, 仙台市, 石川県, いわき市, 和歌山県, 気象庁 (*副PL)	

ターゲット 1

データ・プロダクトに連続した繋がりを

ターゲット 2

気象ビッグデータの整備

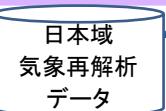
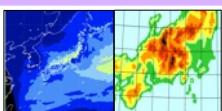
ターゲット 0 「共創の場」創造

社会応用創発研究の推進

拠点(先端研)/東大情報基盤センター + 気象庁
東北大大学 + ウェザーニューズ

・日本域大気「再解析」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
- ・産学官公連携に適した人材の育成
→ ユーザーニーズに応じたデータ作成を可能に



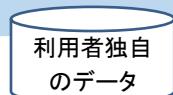
拠点(先端研) + 全プロジェクト参画機関

- ターゲット1・2を有機的に繋ぐ「共創の場」を構築、科学的・戦略的にターゲット相互間をマネジメント
- ・各利用分野への応用プロダクト支援
 - ・データアーカイブ(mdx: Data Platform; DIAS)
 - ・データ共有・公開の整備(SINET/mdx)
 - ・データジャケット、「データ利活用PF」
 - ・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

資金還流と知見・リクエストのフィードバック

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、商社 他)のエンドユーザー

- 利用者自ら気象情報を積極利活用し、気候変動適応計画・SDGsを踏まえた
- ・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・自治体保有データも積極活用
 - ・気象情報利活用に適した人材育成
 - ・海外との連携の促進



知・人材・資金の循環による持続可能な体制を構築



ClimCOREとは

ClimCOREについて

Climate change actions with **C**O-creation powered by **R**egional 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、学術が牽引する共創社会
の戦略的実現

一過去を識り、今を理解し、未来を共に創る一



気象の社会・産業への影響

気象要素等	社会、産業等への影響
気温	生存環境の基本要素(衣服、空調)、農業、流通
降水	農業、建設業、交通、水資源、水害、観光、イベント
雷、突風	電力、交通、雷災害、突風災害
雪	生存環境、雪害(含交通障害)、水資源
風	暴風害、風力発電
風(移流拡散)	火山灰、黄砂、放射性物質、etc.
日照	農業、太陽光発電、観光
湿度	気温とともに生存環境に寄与、(森林)火災
海洋(海水温、海流、潮位、波浪)へ影響	水産業、船舶交通、高波・高潮災害、潮流発電、洋上風力発電
上空の気象状況	航空交通(今後は成層圏も:HAPS)



天気・気候は恵みと災いの両側面を持ち、さまざまな社会課題の基盤的な存在

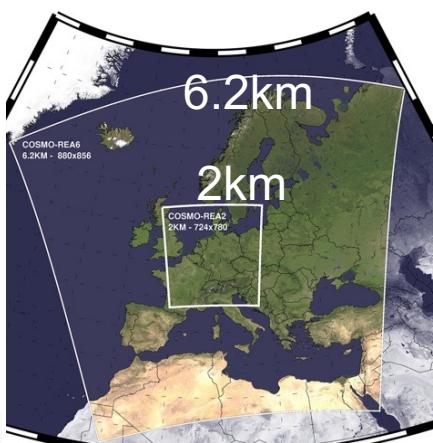
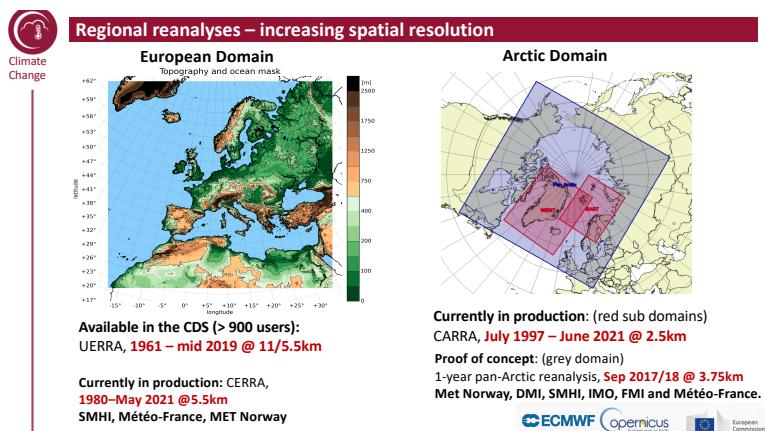
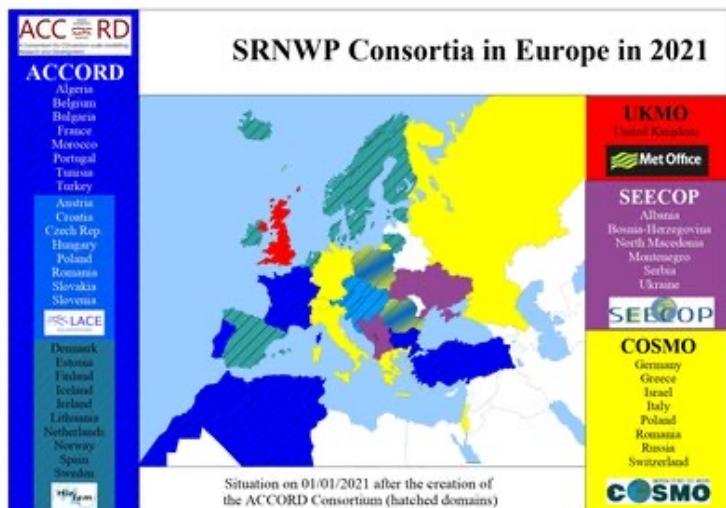
地球温暖化の緩和・適応策として地域の取り組みがきわめて重要

気象データと賢く付き合うことがポイント



海外の領域再解析

- ECMWFの全球再解析ERA5が30km 陸面解析9kmまで到達
 - JRA-3Qは40km相当
- 多くが気象局主導で実施されている
 - 例外はドイツ、Hans-Ertel の枠組みで気象局の予算でボン大学が実施中
- 特に欧州では、Copernicus計画、digital twin/earthなどのビッグプロジェクトのもとで利活用研究とともに推進
- さらなるダウンスケールでニーズへの対応



ACCORD

HIRLAM

Copernicus

COSMO

Hans-Ertel

<http://www.umr-cnrm.fr/accord/?EUMETNET-SRNWP>



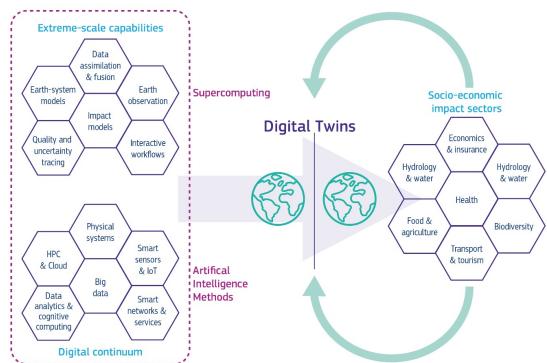
東京大学 先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology
The University of Tokyo

Destination Earth initiative EUのプロジェクト

Home: **€7.5B** Digital Europe Programme 2021-2027; R&D support from Horizon Europe Programme

Schedule: Kick-off November 2021; phase 1 2021-2024; phase 2+ 2024-2027

Budget: Phase 1: **€150M** (€60M ECMWF, €50M ESA, €40M Eumetsat); mostly procured



The Extreme Natural Disasters Digital Twin

例: 流域での洪水・旱魃管理

The Climate Change Adaptation Digital Twin

例: 農業のsmart化

Urban Digital Twins

例: 都市計画、都市交通 etc.

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/destination-earth>

Workshop on Future US Earth System Reanalysis (May16-18) Agendaより

Destination Earth and digital twins as a bridge between climate forecast and reanalysis communities

Carlo Buontempo and Peter Bauer, ECMWF/Copernicus

国際的なプロジェクトとしては

Digital earths: WCRP Lighthouse Activities

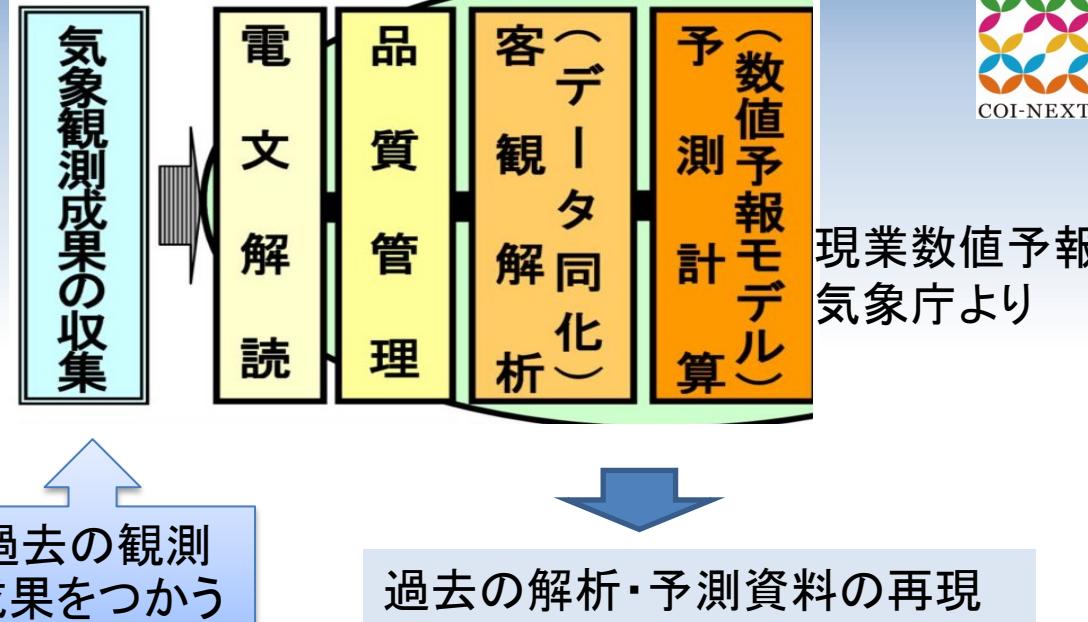
<https://www.wcrp-climate.org/digital-earths>

Christian Jacob CPM2021 workshop

- ・ サイバー空間を可能な限り実空間に近いものにすることが社会への実応用には重要→データ同化
- ・ 気象データ作成自体にも予算が入る仕組み

再解析とは

現業数値予報で鍛えられたデータ同化システムを使い、過去の気象観測データを入力データとして過去を最新技術で再現



全球長期再解析については、日欧米の3極で実施、プロダクトは世界で活用

欧洲 ERA5	1950-現在	30km分解能	陸面9km分解能
米国 CFSR	1978-2017	モデルは30km、出力は0.5度メッシュ	
日本 JRA-3Q	1947-現在	40km分解能	

気象学等学術研究に大きな寄与があり、気候変動のメカニズム等の研究が進んだ

しかし、企業や自治体等の社会応用利用、地球温暖化対策への地域取り組み等においては、より高い解像度が必要、それもデジタルツインとしては、単なるダウンスケールではない、観測データが反映された現実に近い地域気象データが必要



気象庁の現業MSMデータ同化システムを用いて再解析

- できる限り最新の現業データ同化システムで再解析を実施
- 観測データについても、できる限り現業と同様のデータを使って再解析を実施
 - 東北大学のRRJ-Conv.との役割分担
- 気象庁にあるデータ同化システムや観測データを東大の情報基盤センターWisteria/Odyssey(A64FX)に移植して実施
 - 高速化については、情報基盤センターの計算科学専門家の協力
- 気象庁外の観測データについては、個別に利用調整を実施

気象庁
長谷川長官

先端研
中村尚教授



過去の気象データの整備等
に関する共同研究

気象庁・東大の共同研究契約のもとで実施

ClimCOREで実施する
日本域再解析の名称

気象庁のMSMデータ同化システムで再解析実施

RRJ-ClimCOREの領域

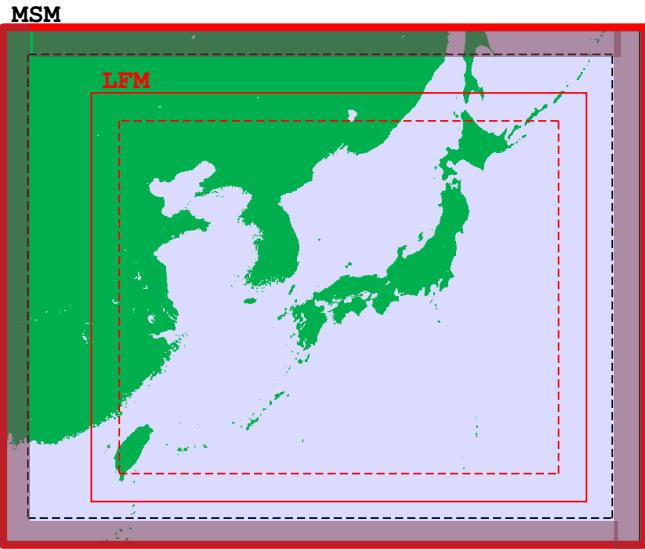


図 4.7.1 メソモデルの予報領域（黒実線）と局地モデルの予報領域（赤実線）を示す。それぞれの領域において、破線の外側は側面境界の緩和領域（第 4.4.3 項参照）。

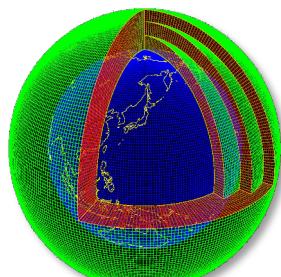
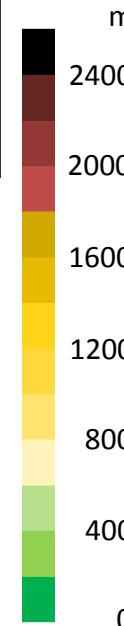
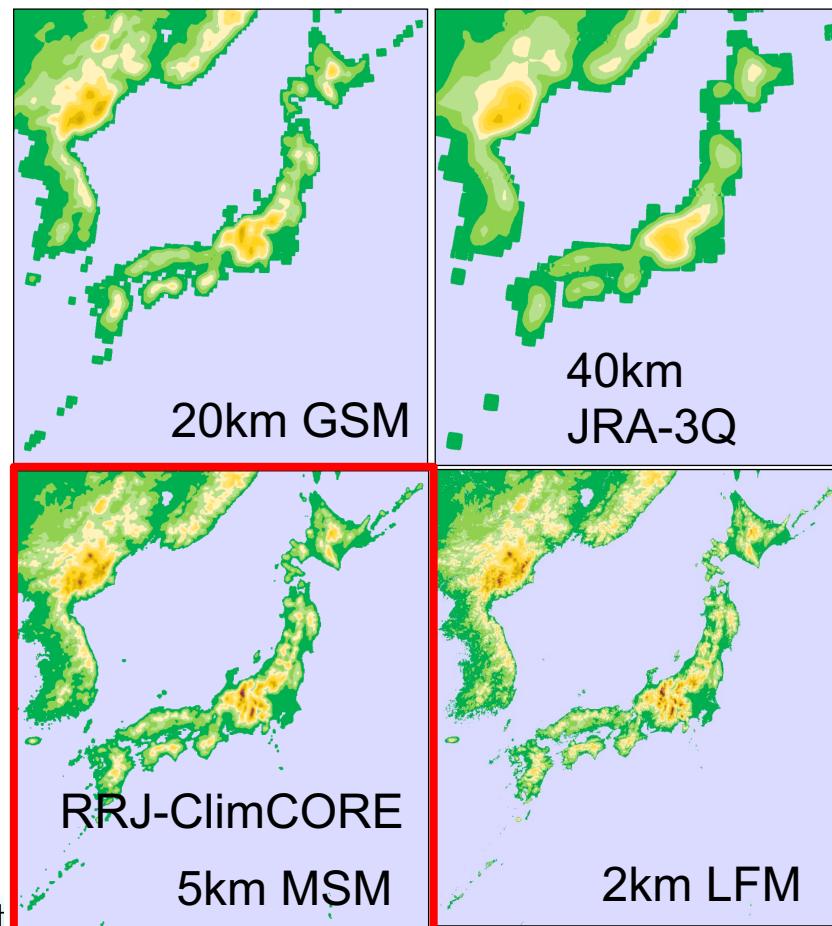
ランベルト正角円錐座標系
東西817格子、南北661格子
額縁は緩和領域

気象庁H30年度数値予報解説資料

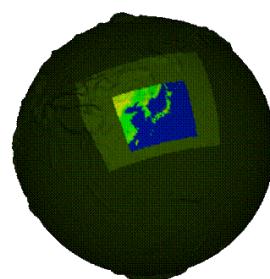
より（一部改変）

東京大学 先端科学技術研究センター

Research Center for Advanced Science and Technology
The University of Tokyo



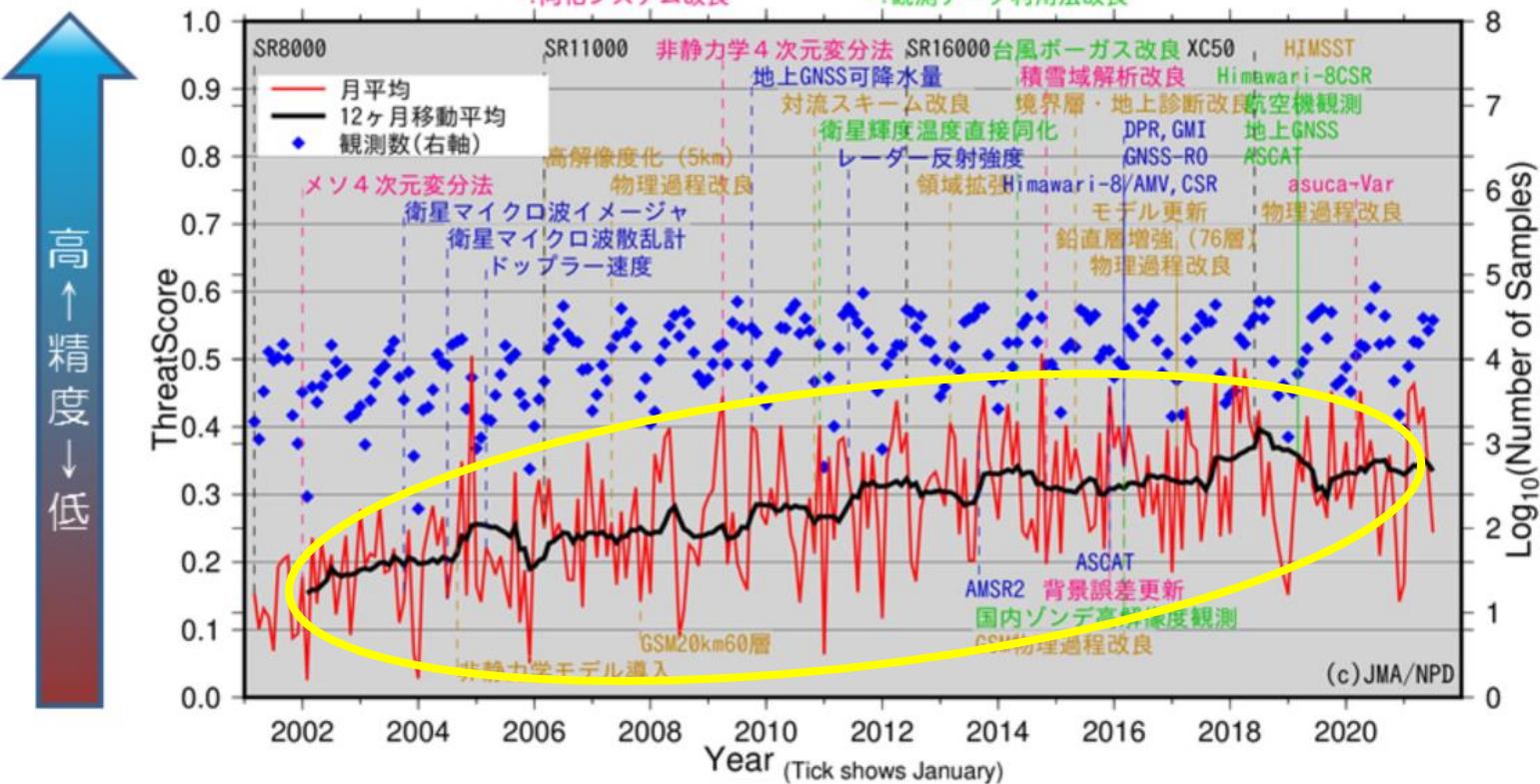
全球モデル



領域モデル

予報時間03～15時間の3時間毎の降水量予測に対する平均スコア
(閾値10mm/3h, 検証格子20km, 2001年3月～2021年3月)

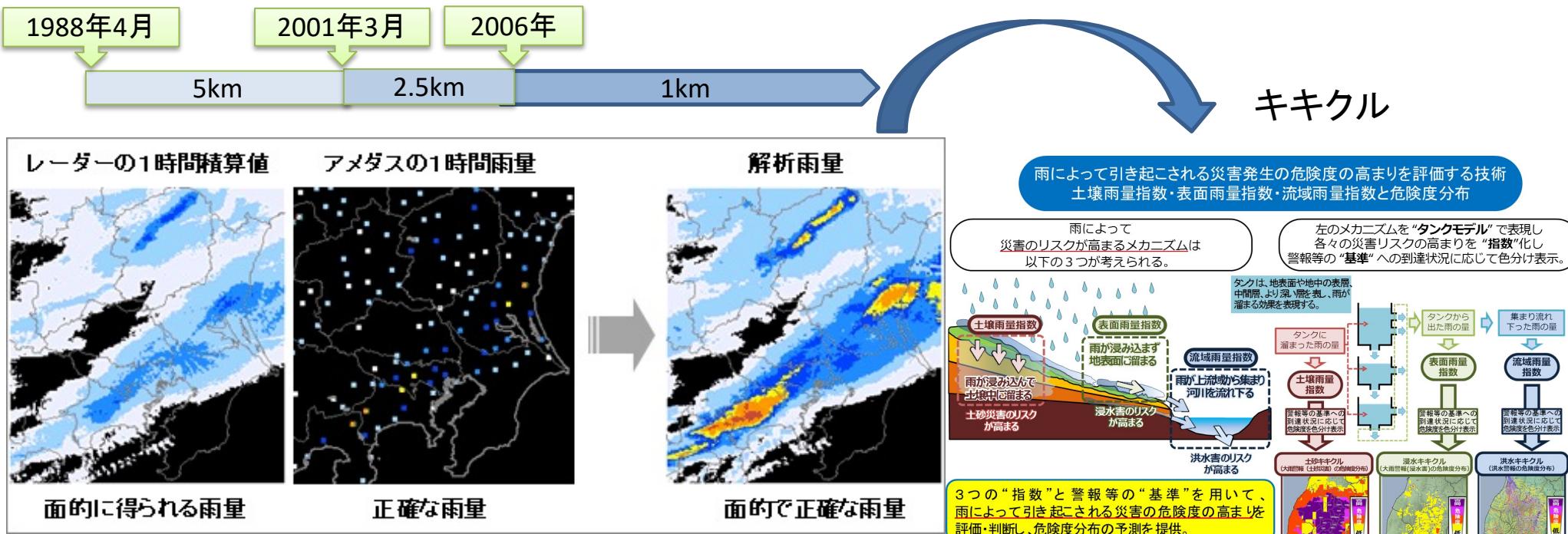
この20年余の間、精度が徐々に向上してきており、特に2015年以前についての精度向上が期待される



令和3年度数値予報解説資料集より

解析雨量も過去に遡って

- レーダーと雨量計で面的解析した雨量
- 最初は5kmメッシュ、その後、2.5kmメッシュ、1kmメッシュと時代とともに高解像度化
 - こちらも1kmメッシュで過去にさかのぼって再計算を行う
- 大雨関係の防災情報のもっとも基盤的なデータとして利用(警報、土砂災害警戒情報、キキクル等)
- 数値予報の初期値作成にも利用(数値予報による大雨予測の精度向上のため)
 - 再解析でも重要な入力データ



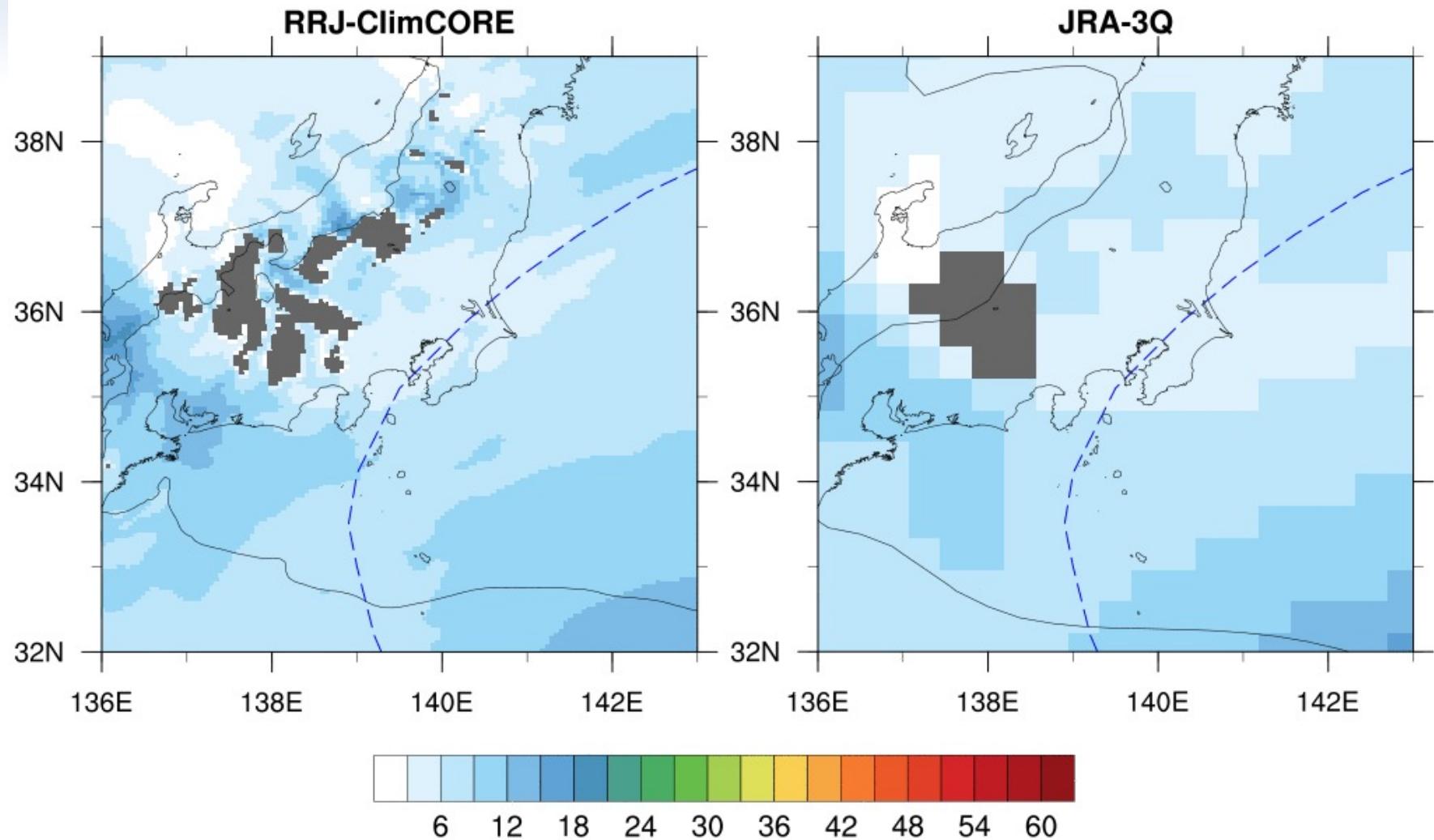
日本域気象再解析(RRJ-ClimCORE)

今後の計画

- ・ 気象庁の現業メソデータ同化システムを導入した領域再解析
 - 2022年3月にMSMの大幅なバージョンアップ(76層→96層等)
- ・ 2022年度～2023年度
 - 水平5km鉛直層76層版で2019.9-2020.12を計算(試験版・2022年度)
 - 水平5km鉛直層96層版(上層拡大)のメソ同化システムを導入し本計算とする
 - NAPS10の期間(2018.7～)についてデータ同化サイクルを実行。
- ・ 2024～2026年度
 - 2010年以後の再解析を実行
 - 解析雨量再処理の進捗により計算する年の順序は変わるかもしれない
- ・ 2027～2029年度
 - ここまで順調に進んでいたら、2001年まで遡る。
 - JSTとの約束は、21世紀の領域再解析



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



日本域の再解析データで何ができる

日本域再解析データの特徴

- 点ではなく面の情報が得られる
- 地域気象データとして使える分解能
- 長期間の比較的均質な性能のデータ
- 3次元気象要素と解析雨量を出力

- アメダス等は点データ
- 全球再解析に対する優位
- 現業の過去プロダクトに対する優位性
- 世界各国の領域再解析にはない先進性



日本のあらゆる地点で長期間の豊富な気象データを教師データとして機械学習に提供し、気象以外のデータとの組み合わせ等も可能
数値シミュレーション出力から作られる地域気候変動予測を現実の変動状況と照らし合わせて修正することは重要
RRJ-ClimCOREの5kmから、さらにダウ nsケールや海洋、陸面等の情報を引き出す研究が重要



我が国の時空間座標上のデジタル国土情報



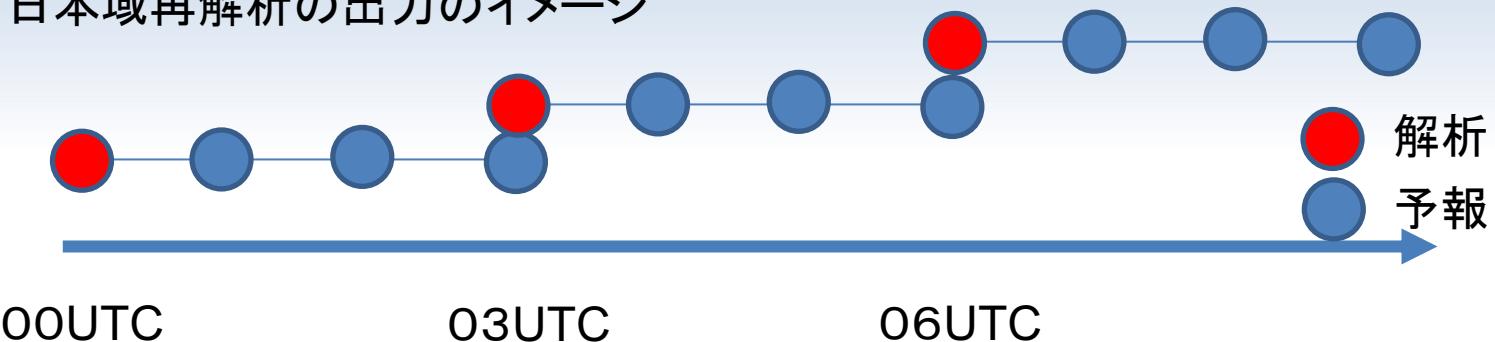
東京大学 先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology
The University of Tokyo

© COI-NEXT ClimCORE

気象だけで物事は判断
できるわけではない

出力データについて

日本域再解析の出力のイメージ



一次ファイルとして想定している内容

モデル面気象要素(1時間刻み)
地表面物理モニター(1時間刻み)
3次元物理モニター(3時間積算?)

要素データのニーズおよびダウンスケール利用、陸面や海洋モデルへの利用を想定

一般的な利用者にはP面ファイル(支援センター提供形式に準拠?)

データ容量の概算

格子数 $817 \times 661 \times 96 = 51853552$

1日当たり時間ステップ数 $24(\text{予報}) + 8(\text{解析}) = 32$

圧縮率0.5とすると、1要素について1年分で

$51853552 \times 32 \times 365 \times 4 \times 0.5 = 1.2\text{TB}$

3次元の予報変数の数を10として12TB/year



社会のニーズとのギャップを埋める研究開発の推進に 向けて(想定している高度利用者)

- ✓ 陸面水文同化
 - ✓ 将来は気象庁システムへの還元も
 - ✓ 積雪データにも将来は挑戦したい
- ✓ 海洋同化
- ✓ 人工知能・深層学習
- ✓ 都市気象
 - ✓ ダウンスケール関係を軸に
- ✓ 再生可能エネルギー
- ✓ 航空気象(従来からの情報の改善に加えて)
 - ✓ 成層圏航空気象(HAPS High Altitude Platform Station)
 - ✓ ドローン気象(?)
- ✓ 陸上交通関係企業
- ✓ 海上交通関係企業
- ✓ 災害リスク関連企業、台風研究者
- ✓ 地球温暖化地域適応策

分解能をはじめとする社会応用とRRJ-ClimCOREとのギャップを埋めるインフェース、ダウンスケーリング等の研究をClimCORE参加機関を軸に推進中

データ提供

データ作成・提供の自立的持続に向けて

- JST COI-NEXTからの要請として2030年には自立
- RRJ-ClimCOREはJRAと同様10年程度のサイクルで更新できるようにしたい
 - 高分解能化、陸面海洋同化、アンサンブル化等
- さまざまな社会応用分野で利用しやすい気象データ提供のあり方も追求したい
→気象庁クラウドとの連携

気象データは公共財という性質が強く、受益者負担という仕組みとの親和性に乏しく、どう実現するかは関係者を含めた議論や実証研究等が必要

5kmメッシュのRRJ-ClimCOREでは、まだエンドユーザには届かない部分が少なくなく、エンドユーザとの間のダウンスケールやAI等の技術の開発推進へのデータ共有については、データ利用障壁をなるべく低くしたい

データを電子媒体を通じて提供という物理的行為だけでなく、気象データの利用に必要なノウハウ等の提供を併せて行えないか→WXBC等との連携



データ利活用の推進を支える環境

用途に応じてオンデマンドで**短時間に構築・拡張・融合**できる
データ収集・集積・解析機能を提供するプラットホーム



データ活用社会創成
プラットフォーム計画



3本柱

1

SINETを活かしたリアルタイム収集・集積・解析環境の動的な構築

遠隔地のセンサーヤストレージ、データプラットフォームの計算資源、ストレージをつないで、リアルタイムに入力から出力を得られるアプリケーションごとの収集・集積・解析環境（仮想データプラットフォーム：仮想DP）を、使いたいときに即時に構築する
SINETモバイル基盤によりセンサー等のデータを安定してセキュアにつなぐ

2

高性能計算環境によるデータ科学と計算科学の融合

データ科学、計算科学の手法を融合し、さらに国内最高の計算環境を用いて他に無い
高精度の予測を行えるようにする

3

異種データ・異種知識の融合活用の推進と利用者支援

様々な分野のデータ保持者、解析者、利用者が産学にまたがって連携するコミュニティを形成し、新たな価値創造につなげる。
データ活用を目指す利用者へのコンサルティングや開発支援を実施する。





mdx とは

- データ利活用・セキュリティを重視した高性能仮想化環境
- 9大学2研究所が共同運営し、全国共同利用
- 東京大学 柏2キャンパスに設置



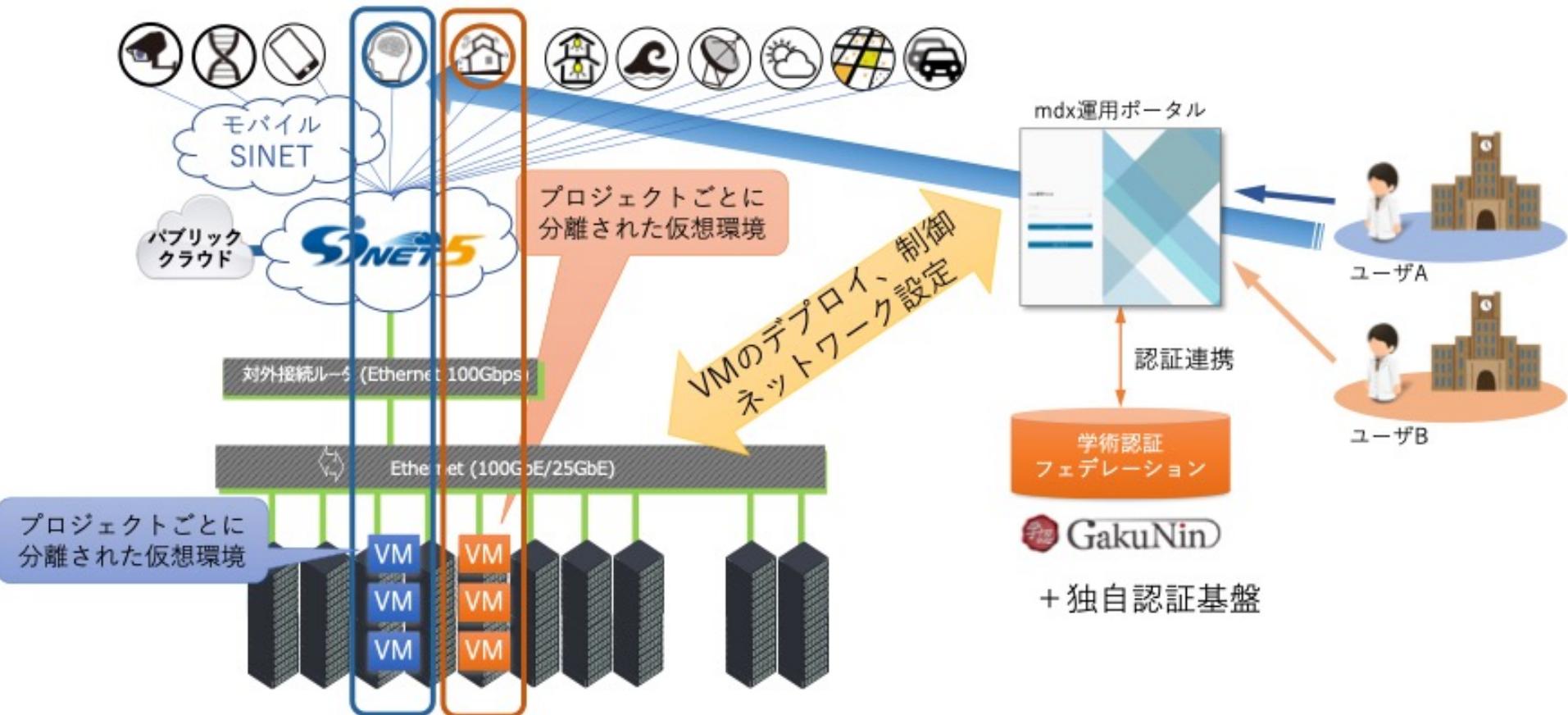
研究所 (2)

- 国立情報学研究所、産業技術総合研究所
- 大学 (9)
- 北海道大、東北大、筑波大、東京大、東京工業大、名古屋大、京都大、大阪大、九州大



利用イメージ

「学認」を使える方は <https://mdx.jp> からプロジェクト申請が可能です。
まずはご相談ください！

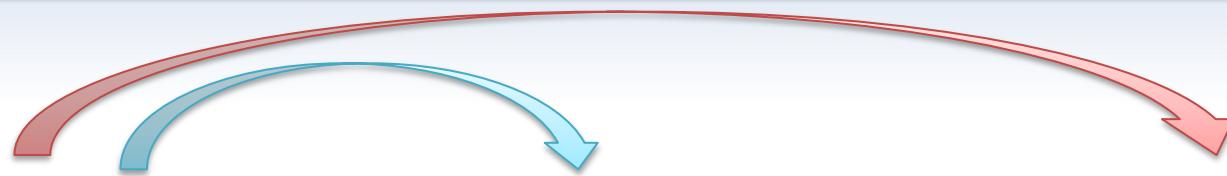


まとめ

過去の気象

いまの気象

未来の気象(気候)



社会ニーズとのギャップを埋めていくダウンスケール/機械学習技術の開発Platformデータ

气象専門家以外の各分野のみなさま
にも使えるようにしてSDGsに貢献
日本の国土デジタル情報インフラの
持続的・自立的な体制の構築

開発していただく方との連携推進

ご清聴ありがとうございました。

プロジェクトに関わる人材として参加いただき、プロジェクトの長期持続を担保することも重要です。

ご関心ある方、隈までお問合せください。kenkuma(アットマーク)atmos.rcast.u-tokyo.ac.jp

