



成果報告会(2026.01.26)



[MEXT-Program]

SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム

領域課題1.

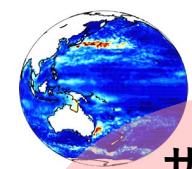
「気候変動予測と気候予測シミュレーション技術の高度化
(全球気候モデル)」

渡部雅浩
東京大学大気海洋研究所

実施機関:東京大学・海洋研究開発機構・国立環境研究所・気象業務支援センターほか

領域課題1「気候変動予測と気候予測シミュレーション技術の高度化」

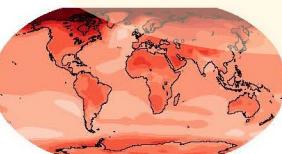
キーフレーズ「科学的根拠(エビデンス)に基づく地球システム変化の理解と予測」



サブ課題1
気候シミュレーション
技術の高度化

強い連携

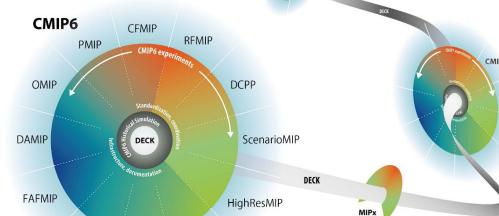
サブ課題2
地球システム変動の
要因分析と予測



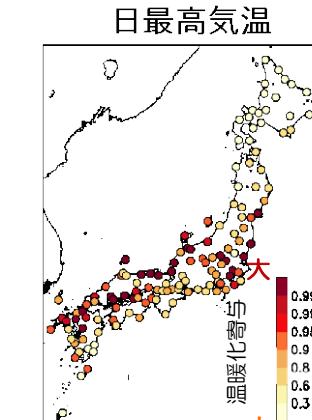
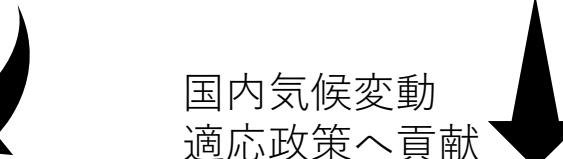
他課題との連携

国際共同研究を
リード

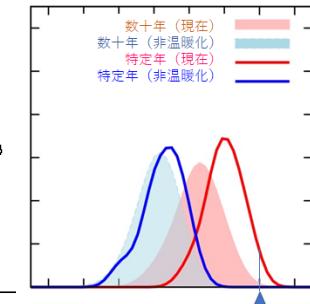
CMIP6
(-2020)

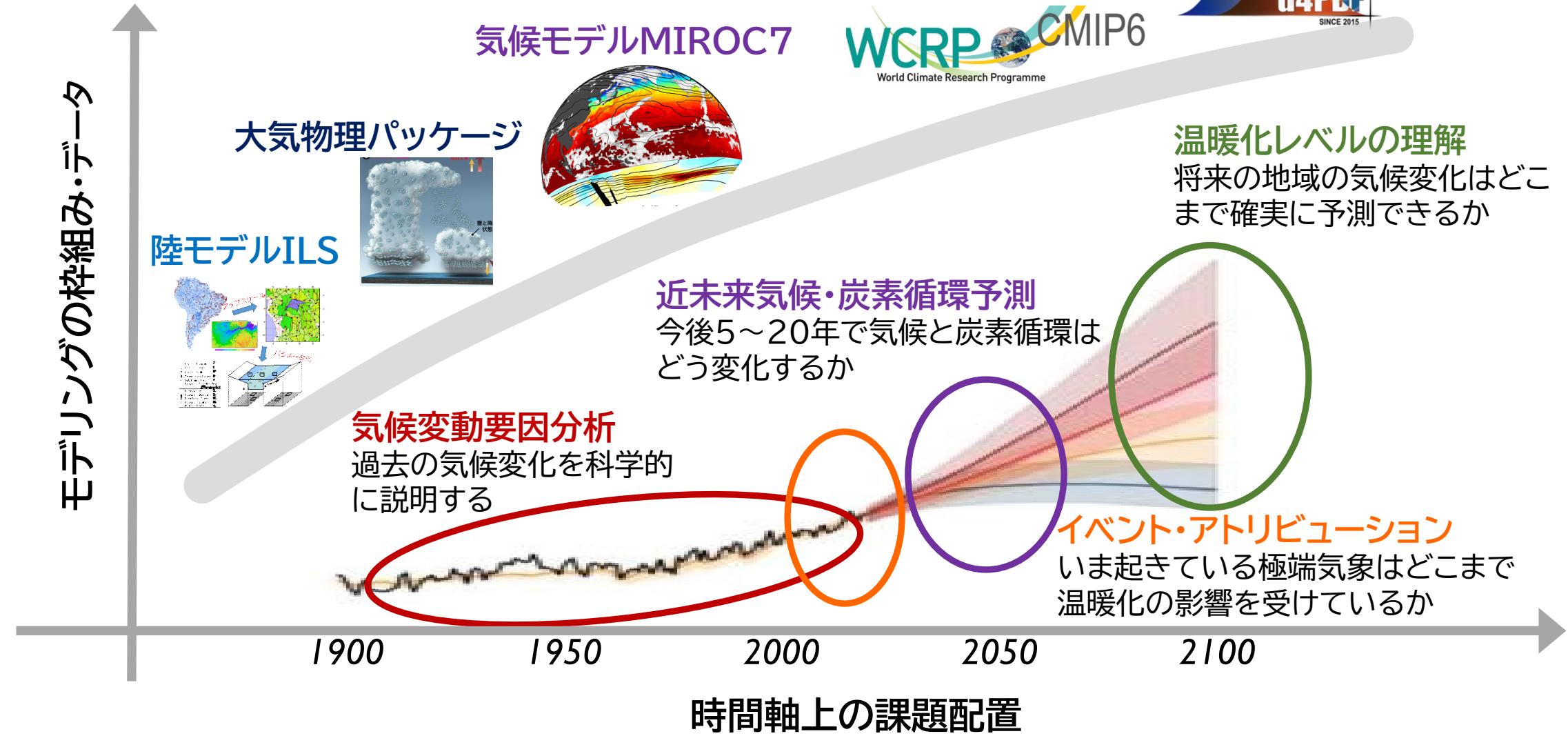


国内気候変動
適応政策へ貢献



FAR = 0.23~1
発生確率: 1.3倍 ~ >数万倍以上





研究キーワード

CMIP7
→ IPCC AR7
炭素収支
EarthCARE
洪水渇水

課題構成



サブ課題1 気候シミュレーション技術の高度化研究（代表 建部）



1-1 気候・炭素循環予測技術の高度化と予測情報の創出（予測班、建部）



1-2 モデルと衛星データの融合研究による気候変化のプロセス理解（プロセス班、鈴木）



1-3 陸域環境変化の理解と予測（陸域班、芳村）



サブ課題2 地球システム変動の要因分析と予測（代表 今田）



2-1 温暖化レベルの理解と予測不確実性の低減（温暖化レベル班、小倉）



2-2 過去から将来の気候変動のメカニズム理解（メカニズム班、小坂）



2-3 イベント・アトリビューション研究の深化と発展（EA班、今田）

猛暑・豪雨
世界の高温
温暖化パターン
1.5°C超え?
気候感度



実施概要と達成目標(プログラム開始時)および達成度

- 大気物理(雲・降水・放射)、海洋、陸域のプロセスを高度化した**全球気候モデルMIROC7を開発**し、物質循環モデルなどを組み込んだ**次期フラッグシップ地球システムモデルMIROC7-ESMへ統合**する(80%)
MIROC7開発は100%, ESMへの統合は進行中
- 近未来(~2050)の気候変動予測情報の高度化に資する、**初期値化による気候・炭素循環近未来予測**の大規模アンサンブルデータを生成、DIASを通じて広く関係者に利用を促す(80%)
システム開発は100%, データ生成・公開は進行中
- **過去の気候変動に対するメカニズム解明と要因分析**を実施し、**将来予測の不確実性を低減**することで、地域の予測情報の信頼性向上に貢献する(120%) Nature, Nature Geoなどへの論文掲載、国際WG設立など
- イベント・アトリビューション(EA)を、全球/領域の気象要素から洪水などのリスク変数までの横断的研究に発展させるとともに、近未来へ射影することで**アクションナブル(行動に繋がる)EAを確立する**(150%)
WAC設立と情報発信の迅速化、EA研究の多様化
- 国際コミュニティとの連携を維持強化し、世界気候研究計画(WCRP)のプログラムに主導的にかかわることで、**CMIP7(2026年頃開始予定)**および**IPCC AR7の策定に貢献する**(100%)
CMIP workshop日本開催、AR7執筆者選出など

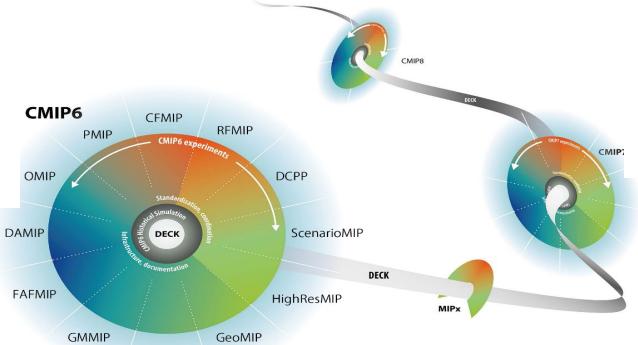
課題1全体の取り組み: MIROC7-ESMの開発と評価

モデルの評価と実験実施

- ・プロセスレベルの評価
 - ・雲プロセスを衛星観測で検証
 - ・放射プロセスをline-by-line理論計算で検証
 - ・陸域プロセスの衛星データによる検証
- ・マクロな気候再現性評価
 - ・20世紀中盤以降の気候変化の再現性をチェック
 - ・自然の気候変動 (ENSO, PDV, AMVなど) を観測と比較
- ・マルチモデルにおける位置づけ
 - ・CMIP6に準拠した実験 (AMIP, historical, SSP, 4xCO₂など) を実施、MIROC6およびマルチモデルと比較



**CMIP6
(-2020)**

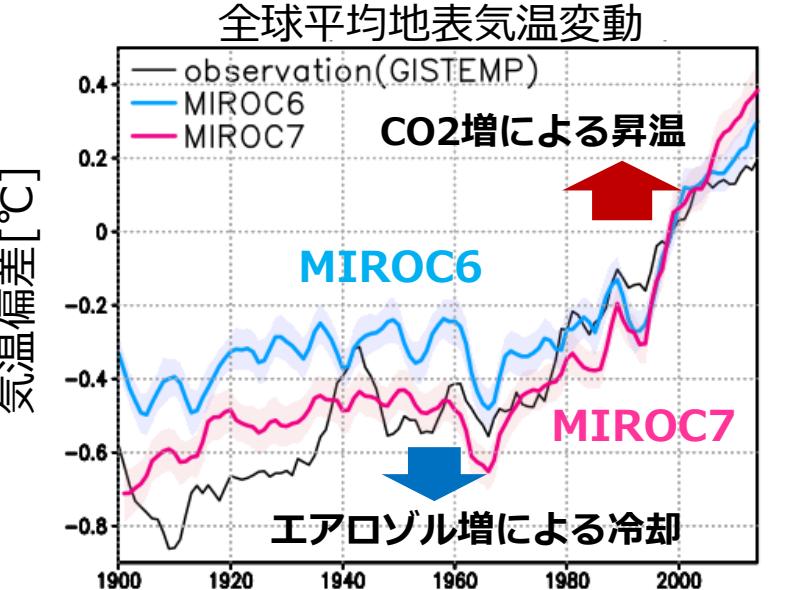


**CMIP7
(2026-)**

CMIP7さらにはIPCC AR7への貢献



MIROC7開発とCMIP7 Fast Track (FT)実験実施



Team MIROC7

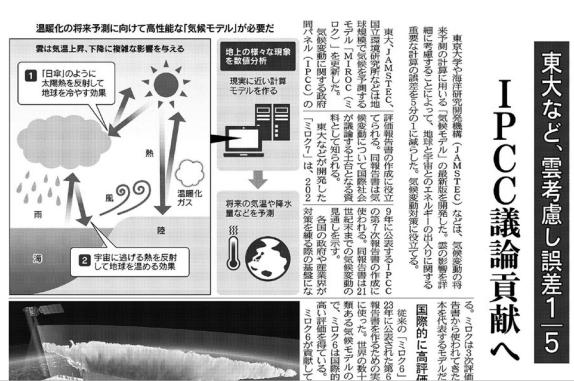
廣田渚郎¹, 道端拓朗², 山上遙航³, 建部洋晶³, 鈴木健太郎⁴, 渡部雅浩⁴, 川崎高雄⁴, 新田友子⁵, 関口美保⁶, 斎藤冬樹³, 大越智幸司³, 渡辺真吾³, 阿部学³, 小長谷貴志³, 塩竈秀夫¹, 竹村俊彦⁷, 小倉知夫¹, 片岡 崇人³, 吉森正和⁴, 芳村圭⁵, 徳田大輔⁵, 鈴木立郎³, 小室芳樹³, 林未知也¹, 山下陽介¹, 大野知紀⁴, 川合秀明⁸, Ching-Shu Hung⁹, 羽島知洋³, 荒川隆¹⁰, 竹島滉¹¹, 千喜良稔¹, 八代尚¹, 五藤大輔¹, 橋本恵一¹², 三浦裕亮¹², 木本昌秀¹

(1環境研, 2岡山大, 3JAMSTEC, 4東大AORI, 5東大生産研, 6海洋大, 7九大応力研, 8気象研, 9コロラド大, 10株CliMTech, 11千葉大, 12東大理)

気候システムのエネルギー収支



気候変動予測を精緻に



日経新聞 (2025.06.10)

大気物理更新とチューニングにより、エネルギー収支・雲表現が改善、結果全球気温変動も再現性向上

- 確定したコードとパラメタ(2025.02)でスピンアップ中、間もなくCMIP7 piControl開始
- 来年度、historical実験などFTを実施予定
- ディスクスペースやCMIP7実施体制に懸念(外部要因)

WAC発足(2025.05)

- 有志の研究者グループによる**独立したブランド**
- 日本における極端気象について、社会の関心が最も高い機会を逃さぬよう**迅速に分析・発信**することを目的とする
- 参画メンバー
 - 渡部 雅浩(東京大学大気海洋研究所 教授)
 - 森 信人(京都大学防災研究所 教授)
 - 今田 由紀子(東京大学大気海洋研究所 准教授)
 - 竹見 哲也(京都大学防災研究所 教授)
 - 高橋 千陽(東京大学大気海洋研究所 特任助教)
 - 佐藤 友徳(北海道大学地球環境科学研究院 教授)
 - *今後、続々追加予定
- ブランド自体は中立だが、以下の支援を受けた活動であることを明記している
 - 文科省気候変動予測先端研究プログラム
 - 芙蓉総合リース「ゼロカーボンシティ・サポートプログラム」
- 先端プロの社会実装の好例と言う位置づけ

<https://weatherattributioncenter.jp/>

三 NHK

NEWS WEB トップ 新着 天気 社会 気象・災害 科学・文化 政治 ビジネス 国際 スポーツ 幕

注目ワード 関税 農業 年金 トランプ大統領 ウクライナ情勢 大阪・関西万博 ニュース深掘り ▶ もっと見る

JUST IN 米軍嘉手納基地内 自衛隊施設で爆発 不発弾処理部隊 隊員けが



記録的猛暑や大雨への温暖化影響を分析 国内初の組織が発足

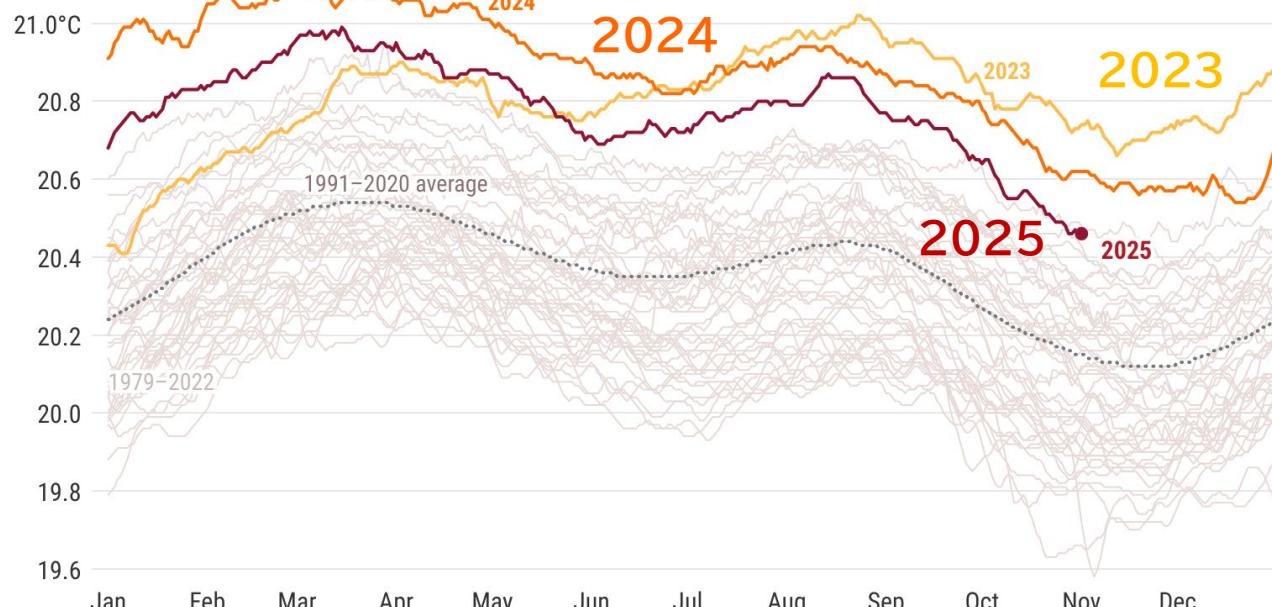
2025年5月20日 20時05分

2023年以降の世界的な高温



Daily sea surface temperature for 60°S-60°N

Data: ERA5 1979–2024 • Credit: C3S/ECMWF



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION

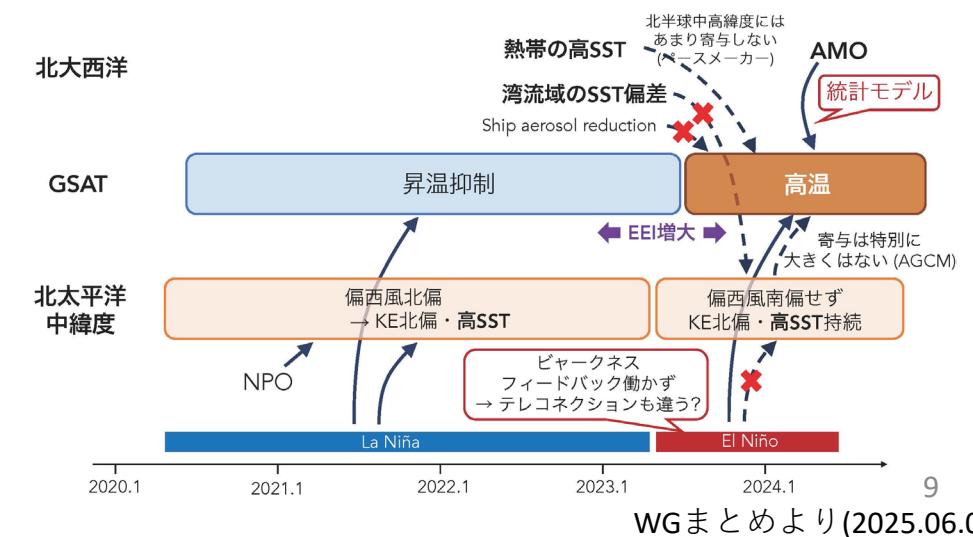
Copernicus
Earth Observation Service



IMPLEMENTED BY
ECMWF

<https://climate.copernicus.eu>

- 2023-2024エルニーニョ終息後も高いまま
- エアロゾル？ その他の内部変動？
- Xie, S.-P., A. Miyamoto, P. Zhang, Y. Kosaka, Y. Liang, and N. J. Lutsko, 2025: What made 2023 and 2024 the hottest years in a row?, *npj Clim & Atmos Sci*, 8, 117, [doi:10.1038/s41612-025-01006-y](https://doi.org/10.1038/s41612-025-01006-y)
- Peng, Q., S.-P. Xie, A. Miyamoto, C. Deser, P. Zhang, and M. T. Luongo, 2025: Strong 2023-24 El Niño generated by ocean dynamics. *Nature Geo.* 18, 471–478, [doi:10.1038/s41561-025-01700-9](https://doi.org/10.1038/s41561-025-01700-9)
- Tsuchida, K., Y. Kosaka, and S. Minobe (2026) *Nature Geo.* accepted
- 要因分析のための高温WG開始(学術変革と共同)



各サブ課題の主な成果

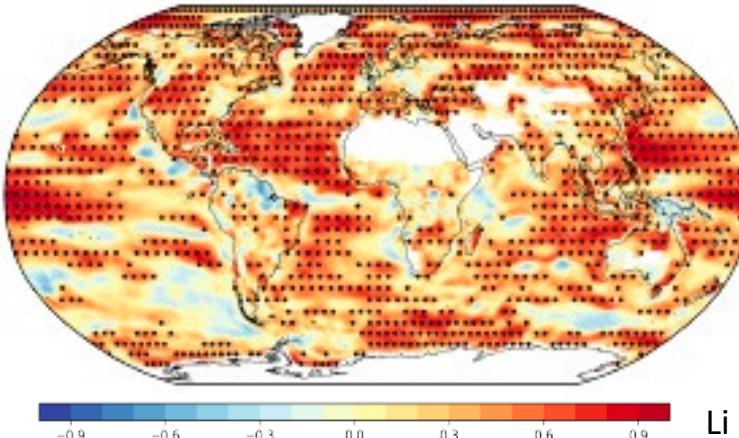
近未来気候・炭素循環予測

研究の必要性

- 人為CO₂排出は、2025年に前年比1.1%増
- 気候変動は地球表面のCO₂吸収能力を全体的に弱めつつある
- 2024年のCO₂濃度上昇率は過去最高
- GCB (二酸化炭素収支の年次評価プロダクト)へのモデル側の貢献
 - 逆推定・要素モデルなどでは推定値の不確実性幅が大きい

地球システムモデル(ESM)を用いたデータ同化による炭素循環客観解析(日-加-EU共同研究)

MIROC ES2LによるCO₂ fluxと観測プロダクトの相関(1960-2023)



	※ 全球積算値	強制+自然変動	自然変動
大気CO ₂ 增加率		同化(非同化) 0.74 (0.74)	同化(非同化) 0.44 (0.21)
海洋CO ₂ 吸収		0.97 (0.97)	0.54 (0.30)
陸域CO ₂ 吸収		0.69 (0.52)	0.44 (-0.01)

- データ同化により、自然変動の再現性が改善
- 他機関システムと比較しても同等以上の性能



About WMO Activities Topics News & Event: 中文 English Français

Home / News Portal / Press Releases / Carbon dioxide levels increase by record amount to new high

Carbon dioxide levels increase by record amount to new highs in 2024

WMOリリース(2025.10.15)

GCB2025

Earth System
Science
Data
Open Access
Discussions

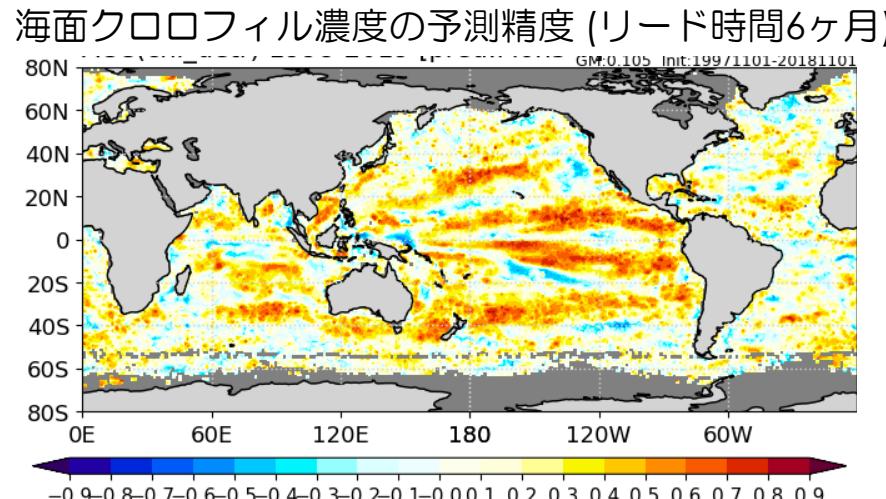


The Global
Stocktake Under the
Paris Agreement
Opportunities and challenges

近未来気候・炭素循環予測

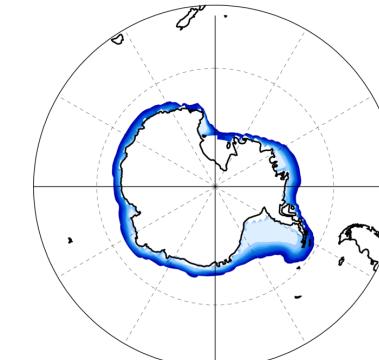
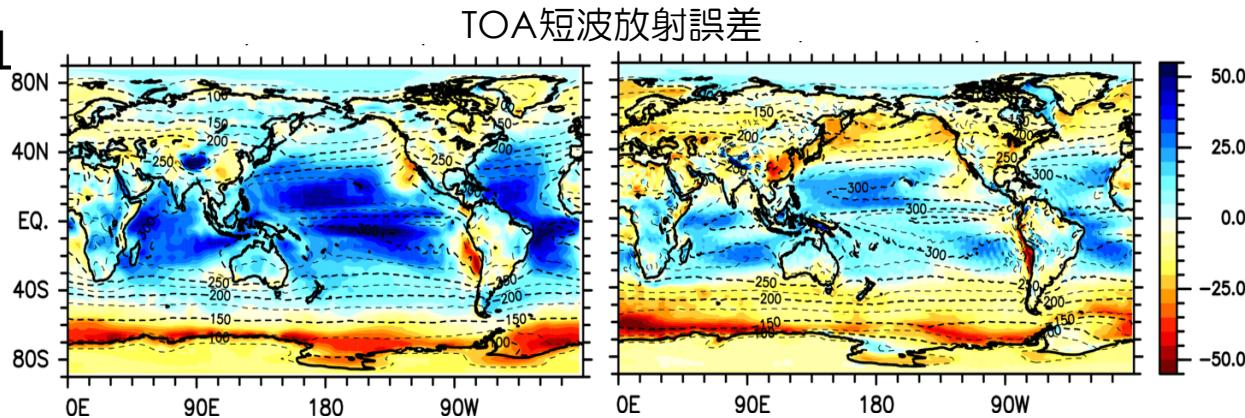
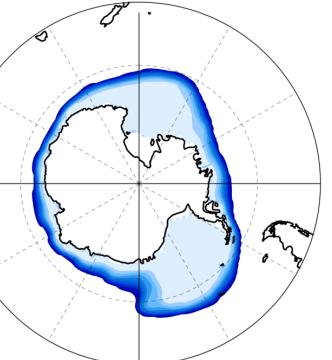
予測システム統合

- 物理気候予測MIROC6、炭素循環予測 MIROC-ES2L
⇒ 2027年からMIROC7-ES2Lで統合的に予測計算を行う
- WMOの準リアルタイム気候変動予測プロジェクトも2026年度から炭素循環予測を附加的に掲載する
- 漁獲量予測などへの応用研究を可能にする



MIROC-ES2L

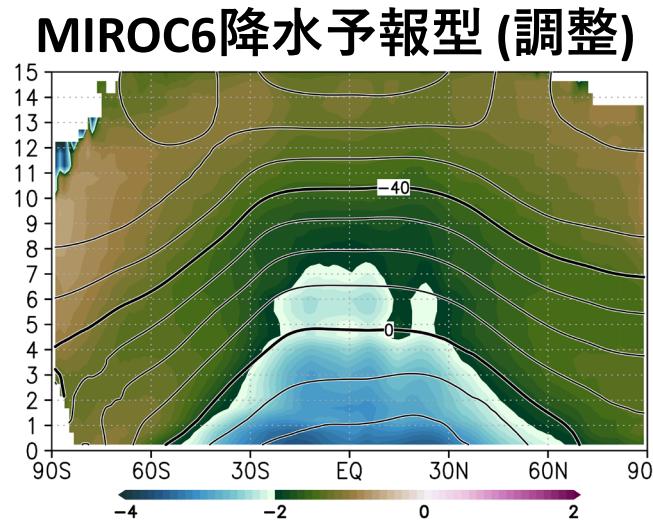
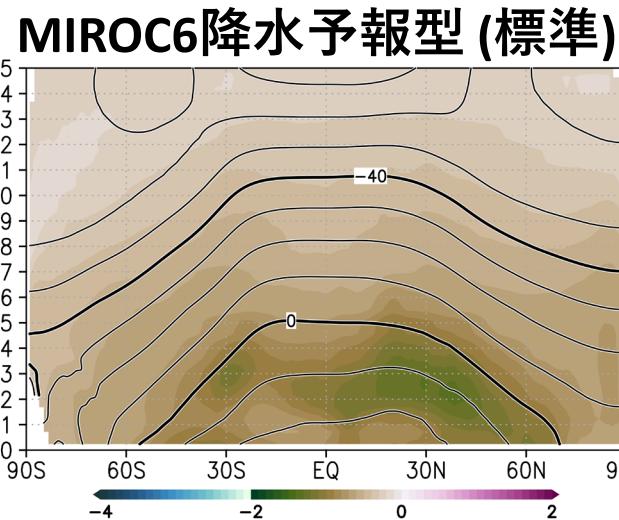
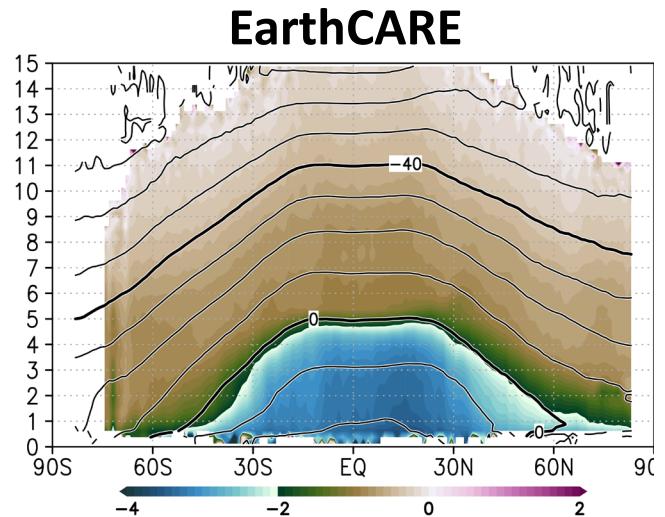
MIROC7

南大洋冬季
海氷密接度

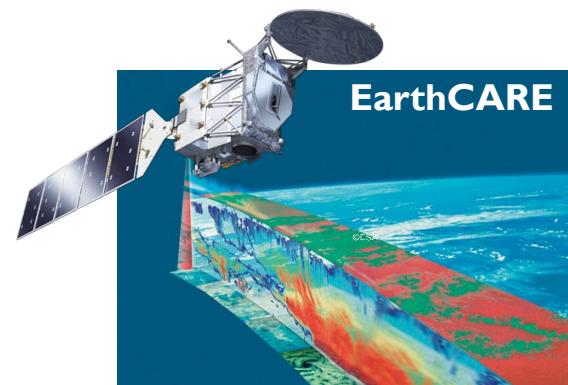
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.05

衛星観測を活用した気候モデルのプロセス研究

Doppler速度
(雲粒鉛直速度)



Nakamura et al. (in prep.)



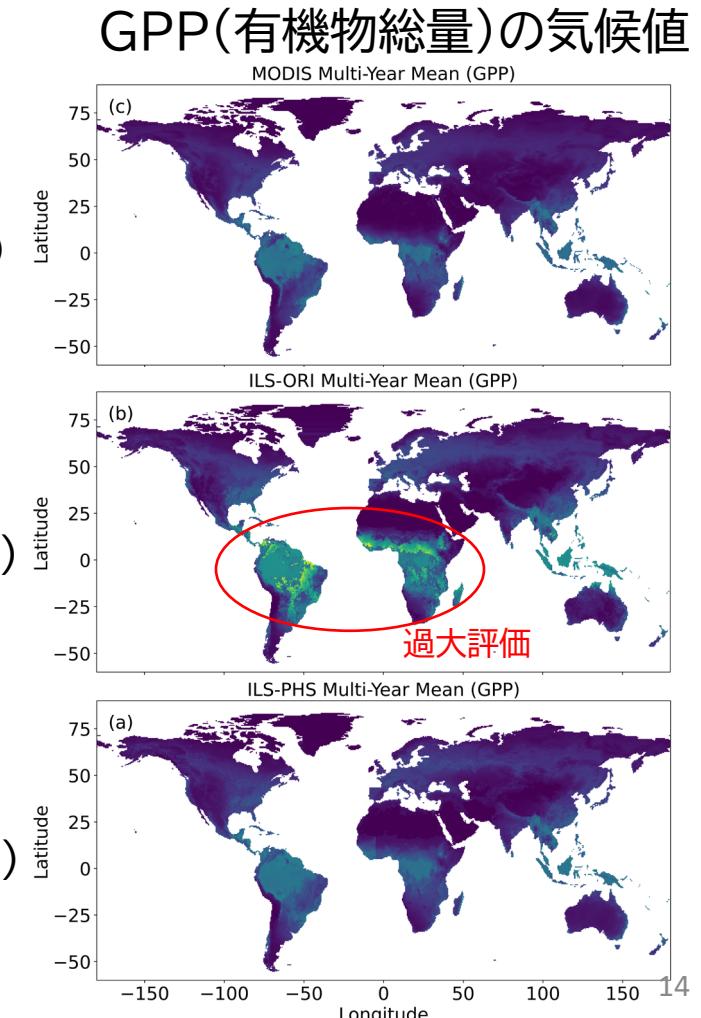
www.nict.go.jp

- EarthCARE雲レーダーが測るドップラー速度(雲粒鉛直速度)から、上昇流/粒子落下速度の情報が初めて全球規模で得られる
- この観測情報を全球モデルの評価・拘束に活用した研究を実施
 - 従来の計算では大気下層の粒子落下を過小評価⇒EarthCAREを参照して調整⇒放射収支にもインパクト

陸域環境変化の理解と予測

- MIROC7に組み込まれた統合陸域シミュレータの安定性向上や境界条件の整備
- ILSのさらなる高度化
 - 異なる気候条件下における植物の生理的挙動のモデル化(Hongmei Li):植物水力学スキーム(Plant Hydraulic Scheme, PHS)を導入
⇒光合成-気候抵抗-蒸散の連鎖過程が改善され、GPPなど地球システムモデルで重要な陸域変数の精度向上に繋がった
- 予測班で実施している近未来予測に、積雪・土壤の初期値化を追加する手法を開発・実装(Onuma et al. 2024)
- その他、論文13本を出版、リリース2件

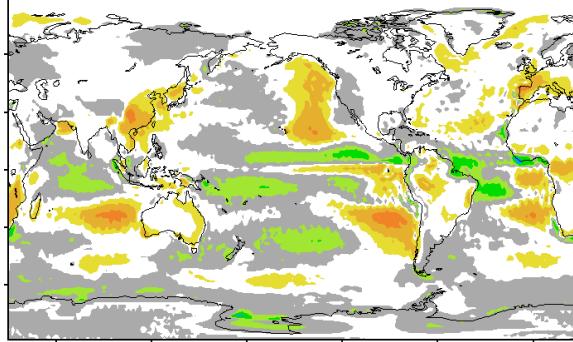
人工衛星
(MODIS)



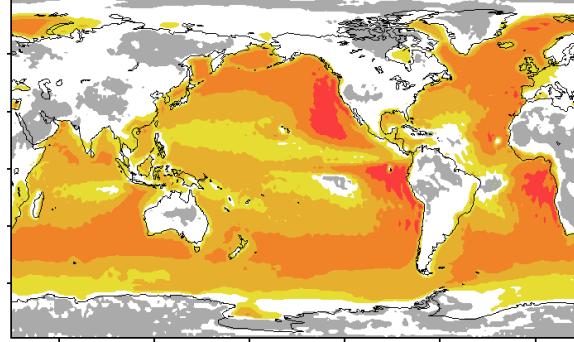
下層雲の正フィードバックに対する新たな視点

温暖化に伴う下層雲正のフィードバックの説明要因として、地表からの長波放射と顯熱輸送の重要性を指摘

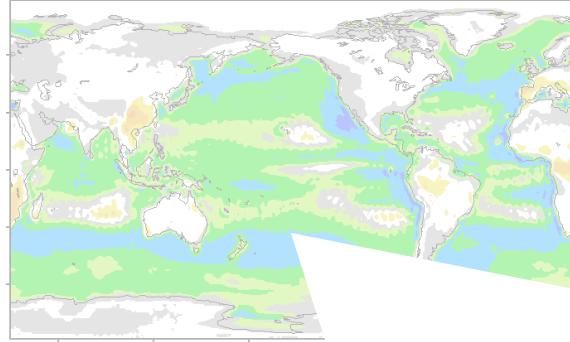
下層雲フィードバック(MIROC6)



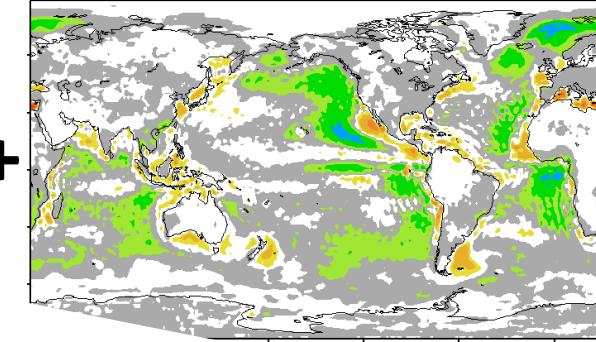
長波放射増加の寄与



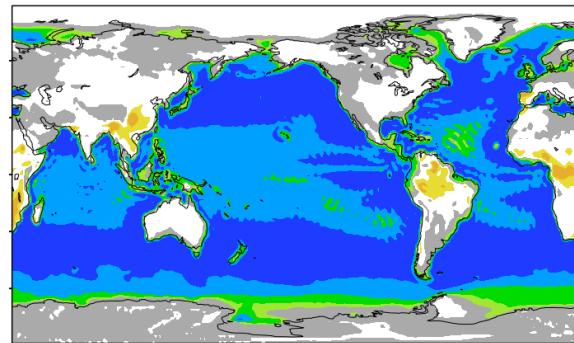
乱流変化の寄与



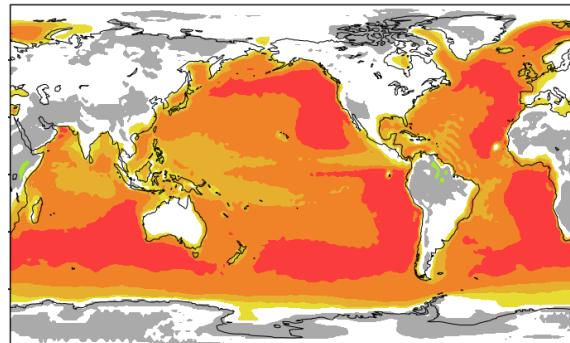
残差



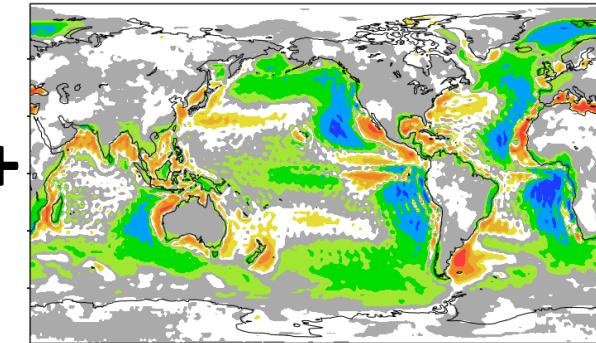
潜熱の寄与



顯熱の寄与



残差



- プロセスレベルのさまざまな説明(既存研究)との対応付けは今後

* CFMIPでマルチモデル実験をコーディネート中



メカニズム班

2023年以降の記録的全球高温を再現

当日射影のみ

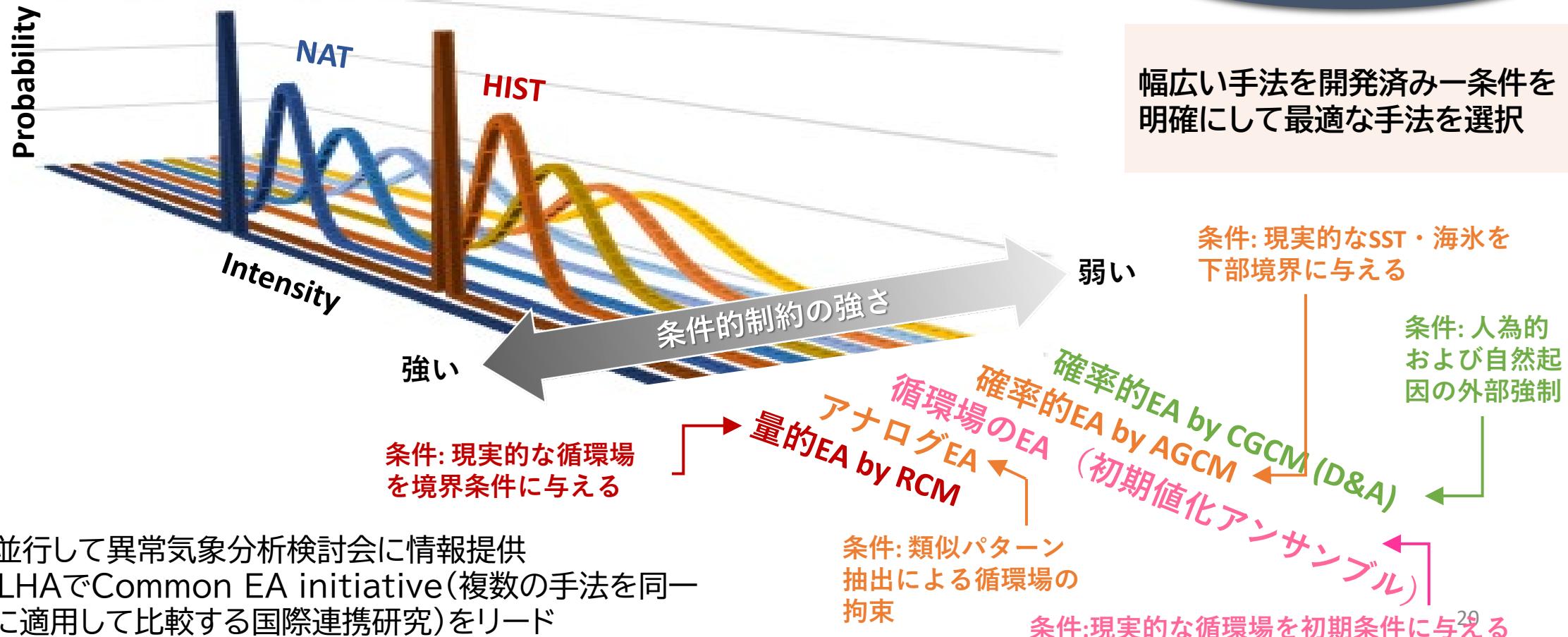
熱帯太平洋SSTトレンド

当日射影のみ

シームレスなイベント・アトリビューション研究

from risk-based EA to storyline EA

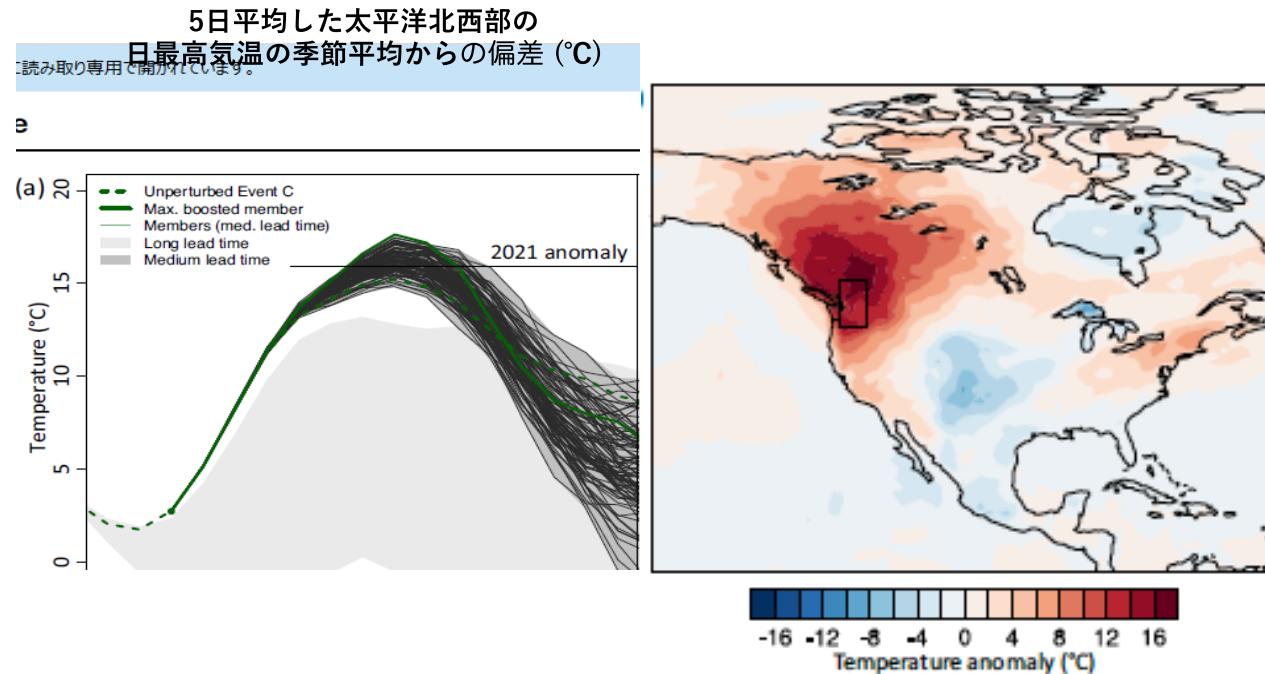
創生⇒統合⇒先端



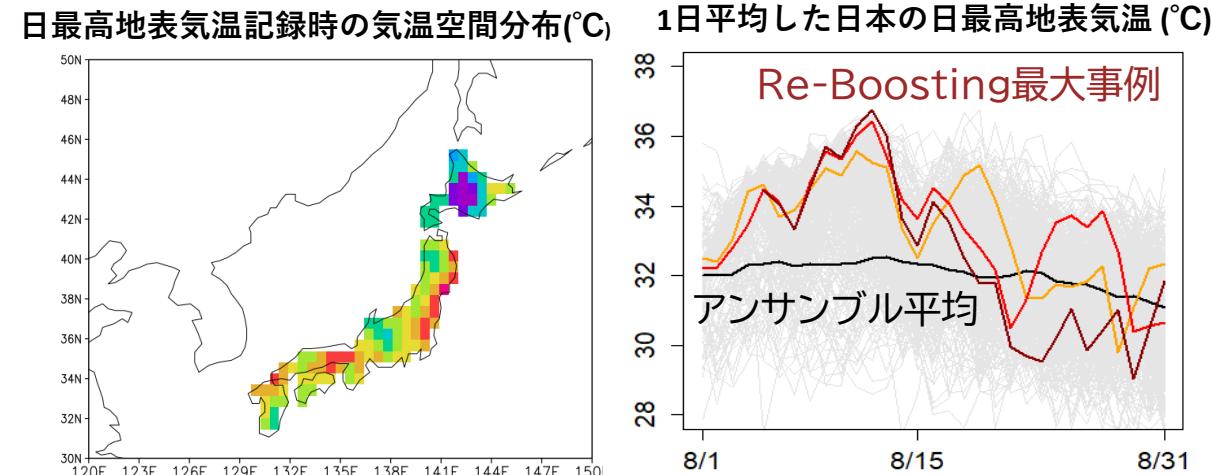
未曾有の極端現象に対する要因分析の新手法

Ensemble boosting

- 2021年カナダ西部の熱波に初めて適用
- アンサンブルから極端事例を選択的に強化



- 2024年日本の猛暑にテスト適用
- Boostingで得られた日本平均の最高気温は**36.8°C** (=9 σ)
- Boostingはどこかで収束するはず ⇒ 極端現象の上限値？



Courtesy of T Higuchi (IST ELSI)



国際研究プログラムにおける展開

<SSCメンバー>

- WCRP JSC(渡部)
- WCRP CMIP7(WGCM建部、CMIP Panel宮川)
- WCRP LHA EPESC, RIfS(今田) — 極端気象
- DCPP(片岡) — 近未来予測
- CFMIP(渡部) — 気候感度
- DAMIP(塩竈) — アトリビューション
- CACTI(旧TriMIP)(竹村) — エアロゾル
- RFMIP(関口) — 放射強制力

<その他>

- EarthCARE、GEWEX-PROES、NASA ACCP(鈴木)
- WMO年次水資源レポートへの貢献(芳村)
- 世界陸モデルサミット(芳村)
- CLIVAR-CFMIP joint working group設置(渡部)





CMIP ワークショップ京都開催(2026.03)

Home About Programme Practical Information FAQ Search

CMIP 2026 COMMUNITY WORKSHOP

9-13 MARCH
KYOTO JAPAN

Registration Information

About The Conference

Countdown to #CMIP2026

82 Days 02 Hours 16 Minutes 07 Seconds

<https://cmip2026.org>

- CMIP各フェーズの序盤で実施する重要な国際会議
- CMIP5(2012@ハワイ、2015@クロアチア)、CMIP6(2019@バルセロナ)に続くCMIP7のお披露目WS
- 先端Pはスポンサー(課題1,2が資金援助)
- 先端コアメンバーがLOC
- 7/35セッションに日本人コンビナー
- 日本のモデリングをアピールする機会に

課題1の研究成果KPI

	論文 (査読有)	学会発表	著作物	メディア 掲載	プレス リリース	受賞
2022 (R4)	41	95	4	71	7	5
2023 (R5)	54	144	7	66	6	11
2024 (R6)	67	168	9	25	9	6
2025 (R7)	45*	N/A	N/A	206*	6*	4*
4年間の計	207	407	20	368	28	26

* 暫定値（集計漏れあり）



Top1%論文

課題1の論文数（2022-2025）207本に対して、top1%論文数10本（全体の4.8%）

1. [297] Friedlingstein, P., and co-authors including Tatebe, H., 2025: Global Carbon Budget 2024. *Earth System Science Data*, 17, 965-1039,
2. [11] SP Xie, A Miyamoto, P Zhang, Y Kosaka, Y Liang, NJ Lutsko, 2025: What made 2023 and 2024 the hottest years in a row? *npj Climate and Atmospheric Science*, 8, 117
3. [6] T Mauritsen, Y Tsushima, ... including K Suzuki and M Watanabe, 2025: Earth's energy imbalance more than doubled in recent decades. *AGU Advances*, 6, e2024AV001636.
4. [72] Watanabe, M., S. M. Kang, M. Collins, Y.-T. Hwang, S. McGregor, and M. F. Stuecker, 2024: Possible shift in controls of the tropical Pacific surface warming pattern. *Nature*, 630, 315-324.
5. [25] Cao, X., M. Watanabe, R. Wu, W. Chen, Y. Sun, and Q. Yan, 2024: The projected poleward shift of tropical cyclogenesis at a global scale under climate change in MRI-AGCM3.2H. *Geophys. Res. Lett.*, 51, e2023GL107189.
6. [21] T Iizumi, K Iseki, K Ikazaki, T Sakai, H Shiogama, Y Imada, BJ Batieno, 2024: Increasing heavy rainfall events and associated excessive soil water threaten a protein-source legume in dry environments of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, 344, 109783.
7. [65] A Capotondi, S McGregor, ... including Y Kosaka and Y Imada, 2023: Mechanisms of tropical Pacific decadal variability. *Nature Reviews Earth & Environment* 4, 754-769.
8. [204] Y Satoh, K Yoshimura, Y Pokhrel, H Kim, H Shiogama, T Yokohata, ..., 2022: The timing of unprecedented hydrological drought under climate change *Nature communications*, 13, 3287.
9. [86] Shiogama, H., M. Watanabe, H. Kim, and N. Hirota, 2022: Emergent constraints on future precipitation changes. *Nature*, 602, 612-616.
10. [99] H Alifu, Y Hirabayashi, Y Imada, H Shiogama, 2022: Enhancement of river flooding due to global warming. *Scientific Reports* ,12, 20687.

[]: WoSによる被引用数 赤字: Highly Cited Papers of the year in WoS



最終年度に向けて

<全体>

- CMIP7 FT実験完了とデータ公開(2026年末)
- 課題全体の総括
- IPCC AR7への貢献(論文deadline)
- 先端全体の成果まとめと長期的な研究の展望(進行中)

<個別>

- 気候-炭素循環同化と近未来予測(予測班) – MIROC7ベースにアップデート、計算
- 各サブ課題の研究継続(プロセス班、陸域班、温暖化レベル班)
- 2023年からの全球高温の全容解明(メカニズム班)
- 国内外でのEA研究の整理(EA班)



ありがとうございました