

次期気候予測データ(d4PDFv2)の概要と初期評価結果

気象庁 気象研究所 全球大気海洋研究部
辻野 博之



[MEXT-Program]
SENTAN 気候変動予測先端研究プログラム

1. はじめに

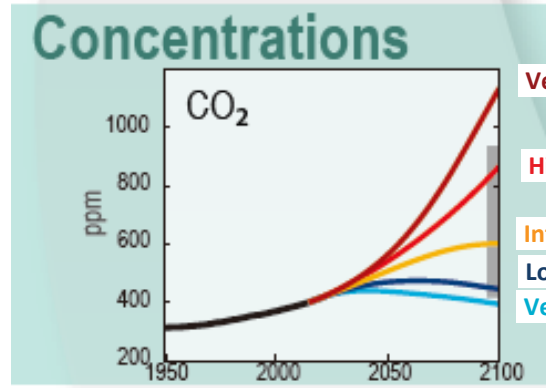
気象庁気象研究所における 気候変動予測研究

気象庁の現業予測モデル ⇒ 気候予測システム

– 地球システム構成要素の結合、長期予測対応等 –

IPCC等で設定される将来変化シナリオ

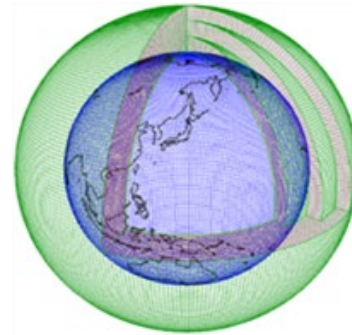
温室効果ガス(CO_2)濃度の変化シナリオ



温室効果ガス等の
濃度強制

下部境界条件

全球高解像度
気候予測システム

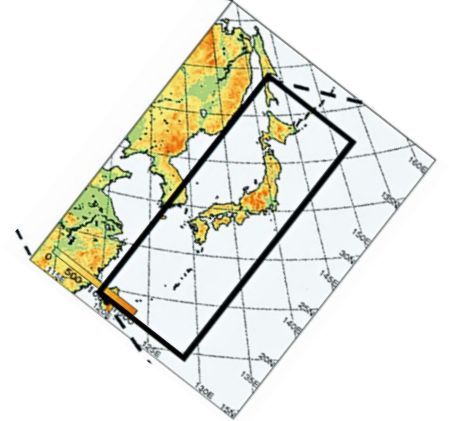


力学的ダウン
スケーリング

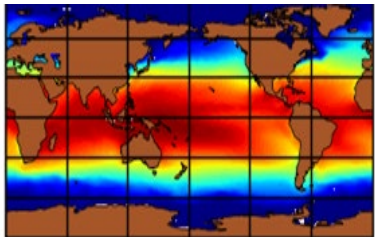
側面境界条件

バイアスを低減した
高品質のシミュレーション

大気-陸面変動予測
(領域気候モデル)

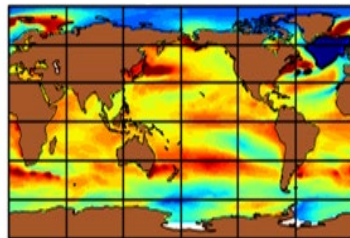


海洋の変化シナリオ

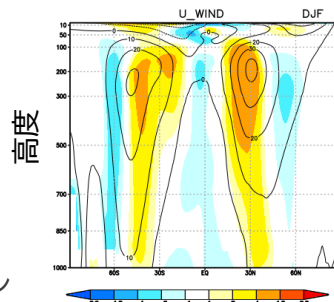


観測に基づく平均状態
及び自然変動

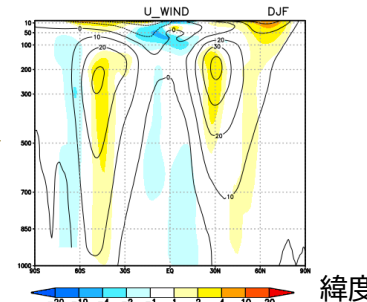
+



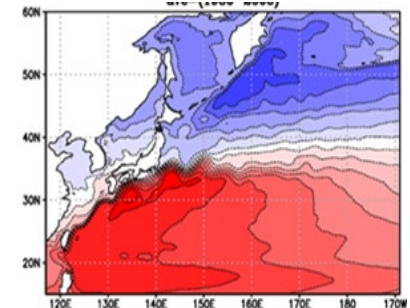
将来変化(国際相互比較参加モデル
による予測結果)



西風(ジェット気流)のバイアス



海洋変動予測

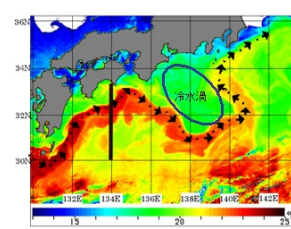
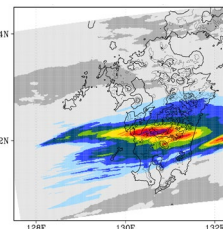
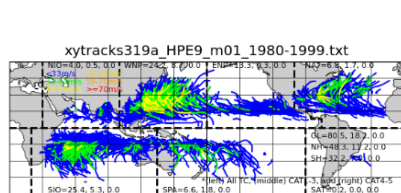


文部科学省の気候変動研究推進事業に参加、地球シミュレータ等、大規模な計算機資源を活用して気候予測実験を実施、気候研究を実施するとともに、DIAS等を通じて幅広い分野へデータを提供

文科省の気候変動研究推進事業



高解像度／大規模予測実験



データ公開・利活用推進



大気予測（力学的ダウンスケーリング）	
No.	データセット名
①	全球及び日本域気候予測データ
②	日本域気候予測データ ← ①のバイアス補正データ
③	マルチシナリオ・マルチ物理予測データ
④	全球及び日本域 150 年連続実験データ
⑤	全球及び日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ）
⑥	北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ
⑦	本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ
⑧	日本域台風予測データ
⑨	全球 d4PDF 台風トラックデータ
⑩	日本域 d4PDF 低気圧データ
⑪	全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ（※令和 6 年 3 月に追加）
大気予測（統計的ダウンスケーリング）	
⑫	日本域農研機構データ（NARO2017）
⑬	日本域 CMIP5 データ（NIES2019）
⑭	日本域 CMIP6 データ（NIES2020）
海洋予測（力学的ダウンスケーリング）	
⑮	日本域海洋予測データ
⑯	全球及び日本域波浪予測データ

気象研究所
が深く関与
したデータ

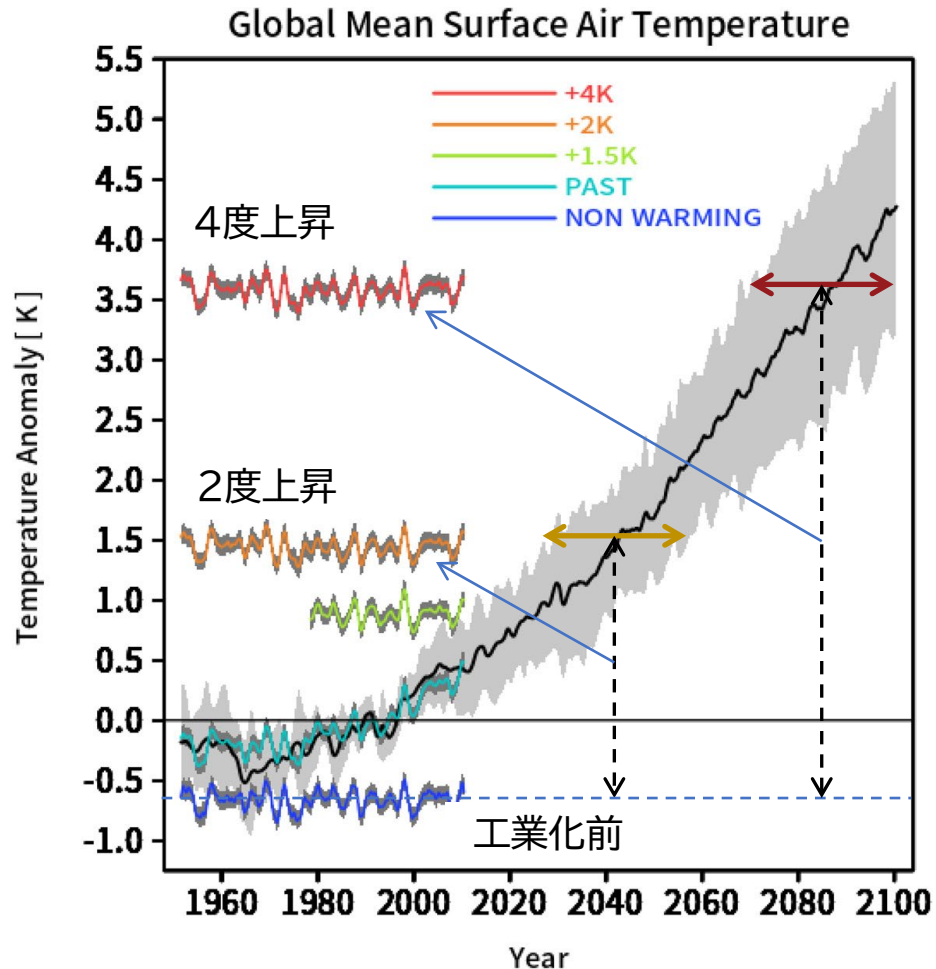
2. d4PDF とは

database for Policy Decision making for Future climate change

地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース

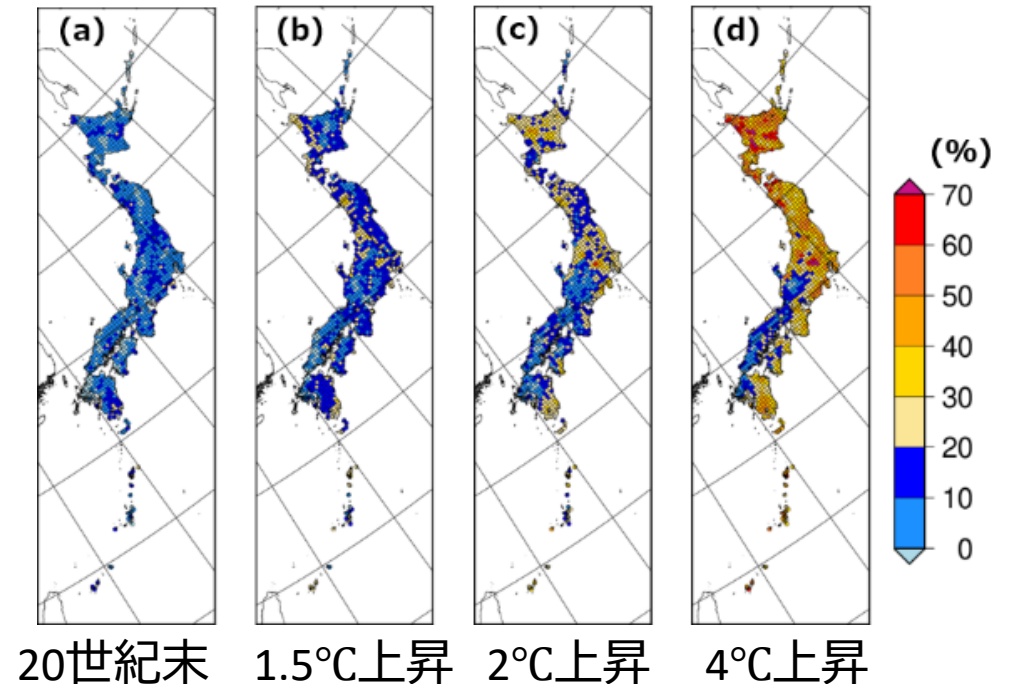
過去60年の気候に対し、さらに温暖化が進行した状況を計算

画期的に多数(最大100メンバ)のアンサンブル気候予測実験により、平均値の信頼性向上を図るとともに、確率密度分布の裾野にあたる極端気象の再現とその将来変化について、十分な評価を可能にした



Ishii and Mori (2020)

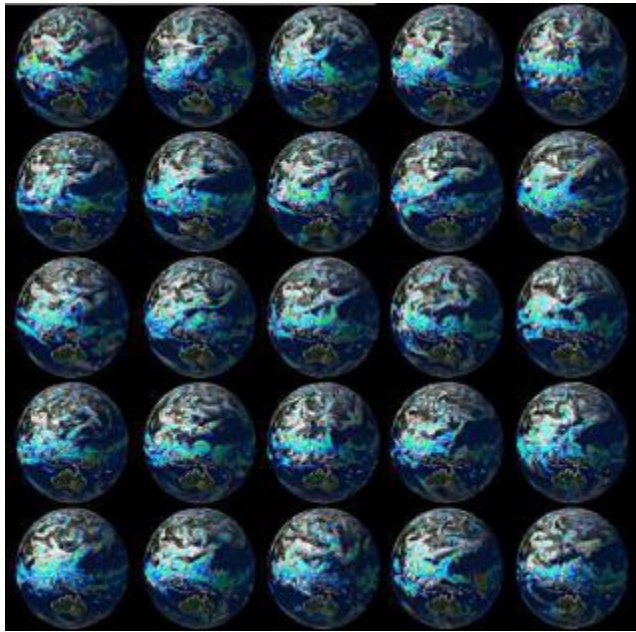
100年あたり一回の極端な大雨の強度の変化



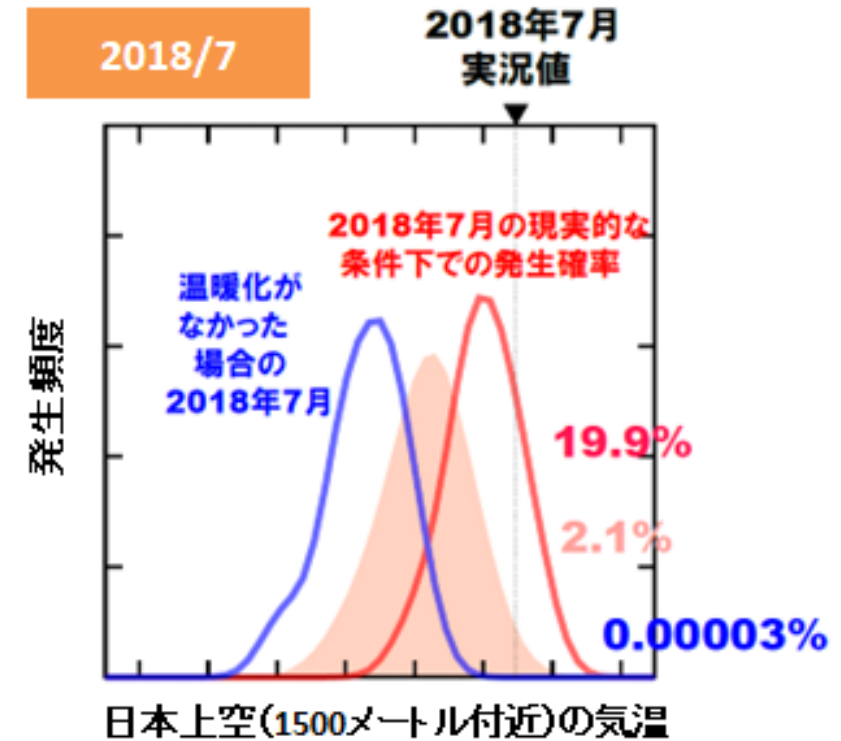
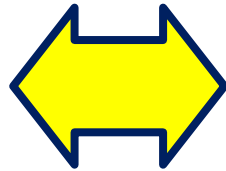
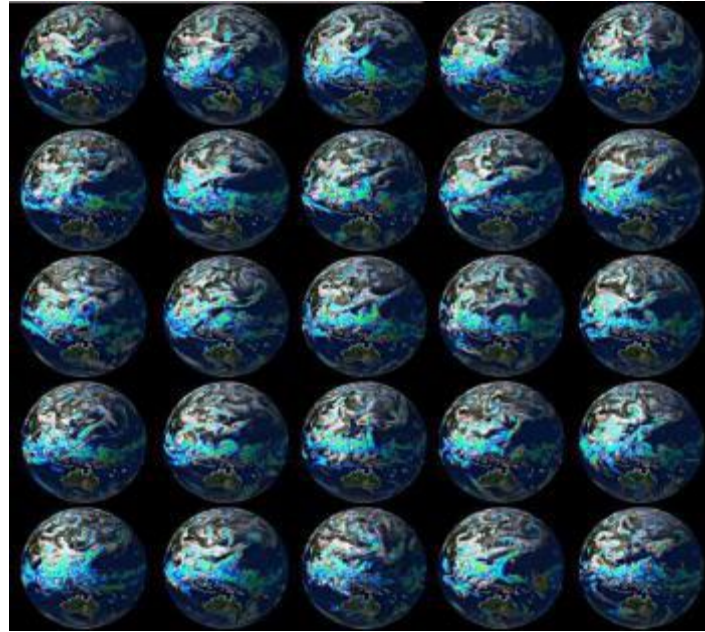
気象庁:極端現象発生頻度マップ

d4PDF が可能にした影響評価：イベント・アトリビューション

温暖化しなかったと
仮定した場合



温暖化が進行している
現実の条件



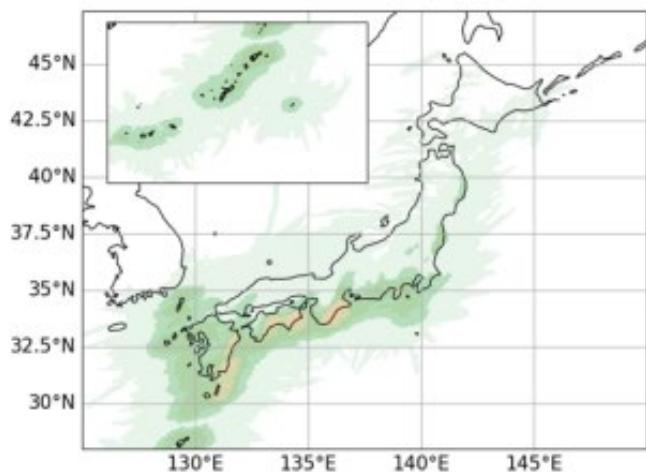
発生確率を対象とし、現実及び温暖化しなかったと仮定した条件下で
大量の地球の状態 を作り出し、何割のメンバーが観測された
極端現象と同等或いはより苛烈な状況を再現したかをカウントして比較

d4PDF が可能にした影響評価：線状降水帯頻度の将来変化

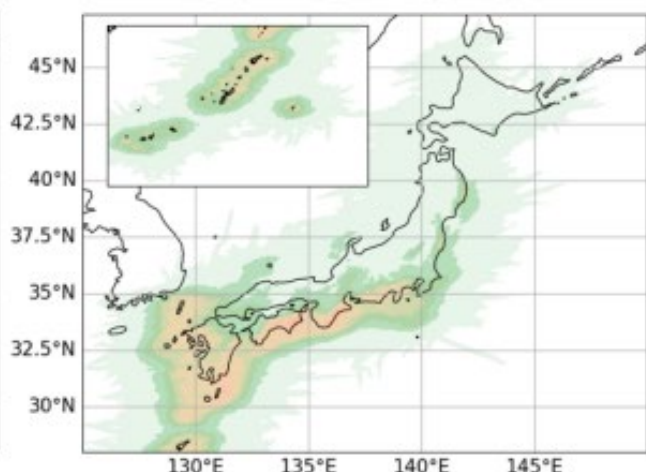
解像度 5km の力学的ダウンスケーリング予測により、気候モデルにおいて
線状降水帯の表現が可能となり、その将来変化の評価が可能となった

線状降水帯の発生数(10年あたり)

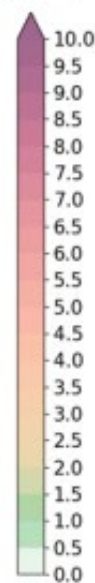
(a) 過去実験



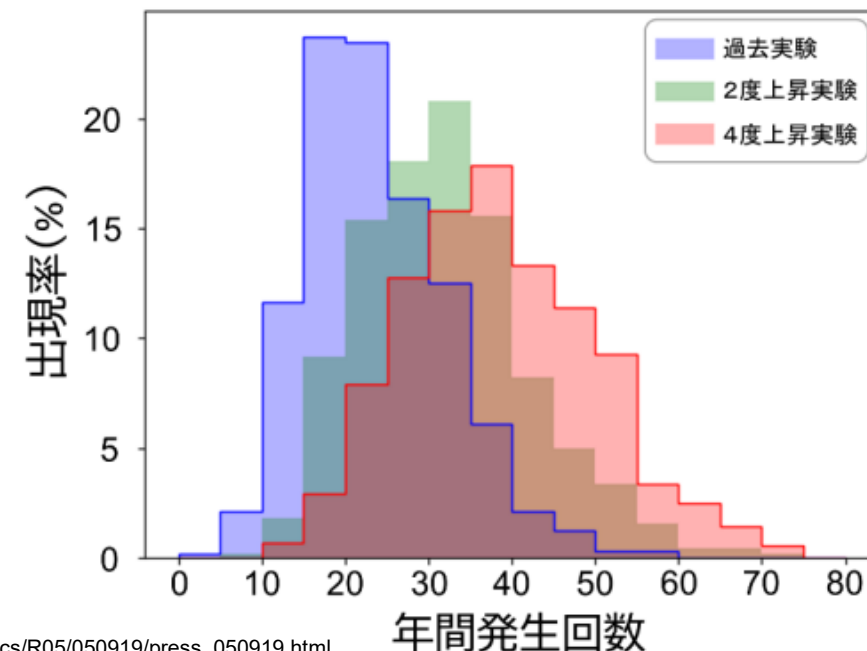
(b) 4度上昇実験



回/10年



日本全国における線状降水帯の年間発生数の頻度分布



https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R05/050919/press_050919.html

3. 次期気候予測データ：d4PDFv2（2027年以降状況が整い次第公開）

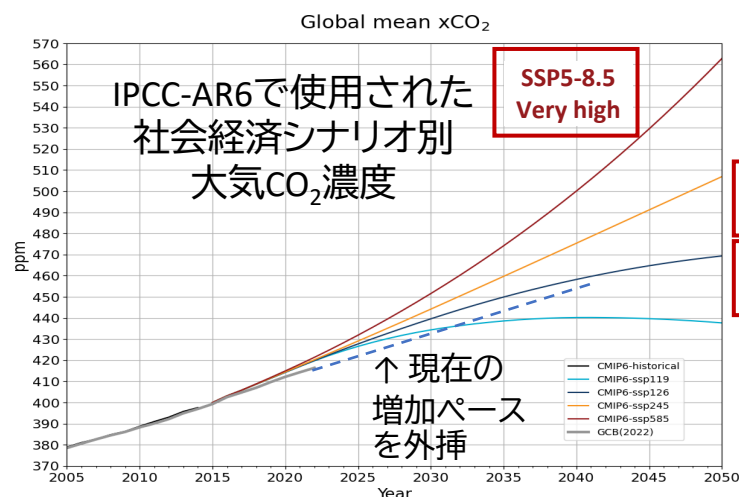
■ 既存データセットで手薄となっている部分を拡充

- IPCC-AR6(CMIP6)に基づく、複数の将来シナリオに従った時間連続力学的ダウンスケーリング
- 大気-陸面-海洋を共通のシナリオ(境界条件)でダウンスケーリング → 予測データの整合性向上

■ 予測システムをアップデート

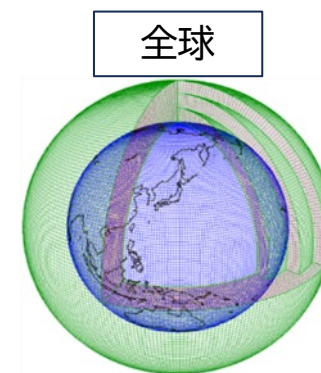
- 最新の予測モデル開発成果を取り込む(全球モデルのエーロゾル・オゾン等)
- 全球システムに大気-海洋結合効果を取り込む(台風・降水の改善)

③ 共通のシナリオで
日本域大気・海洋の
力学的ダウンスケーリング



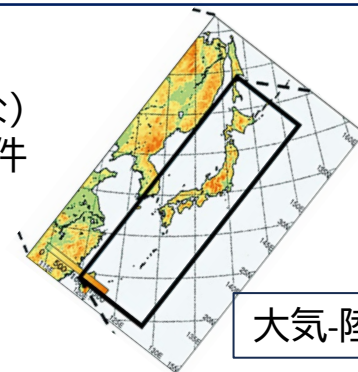
① 温室効果ガス濃度変化の時間連続シナリオ(複数)をIPCC-AR6(CMIP6)から選択

温室効果ガス濃度と海洋(水温・海氷)の連続的変化のシナリオを与える

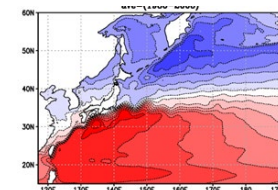


② 精度を調整した高解像度全球モデルで再実験

(良質な)境界条件



大気-陸面



海洋

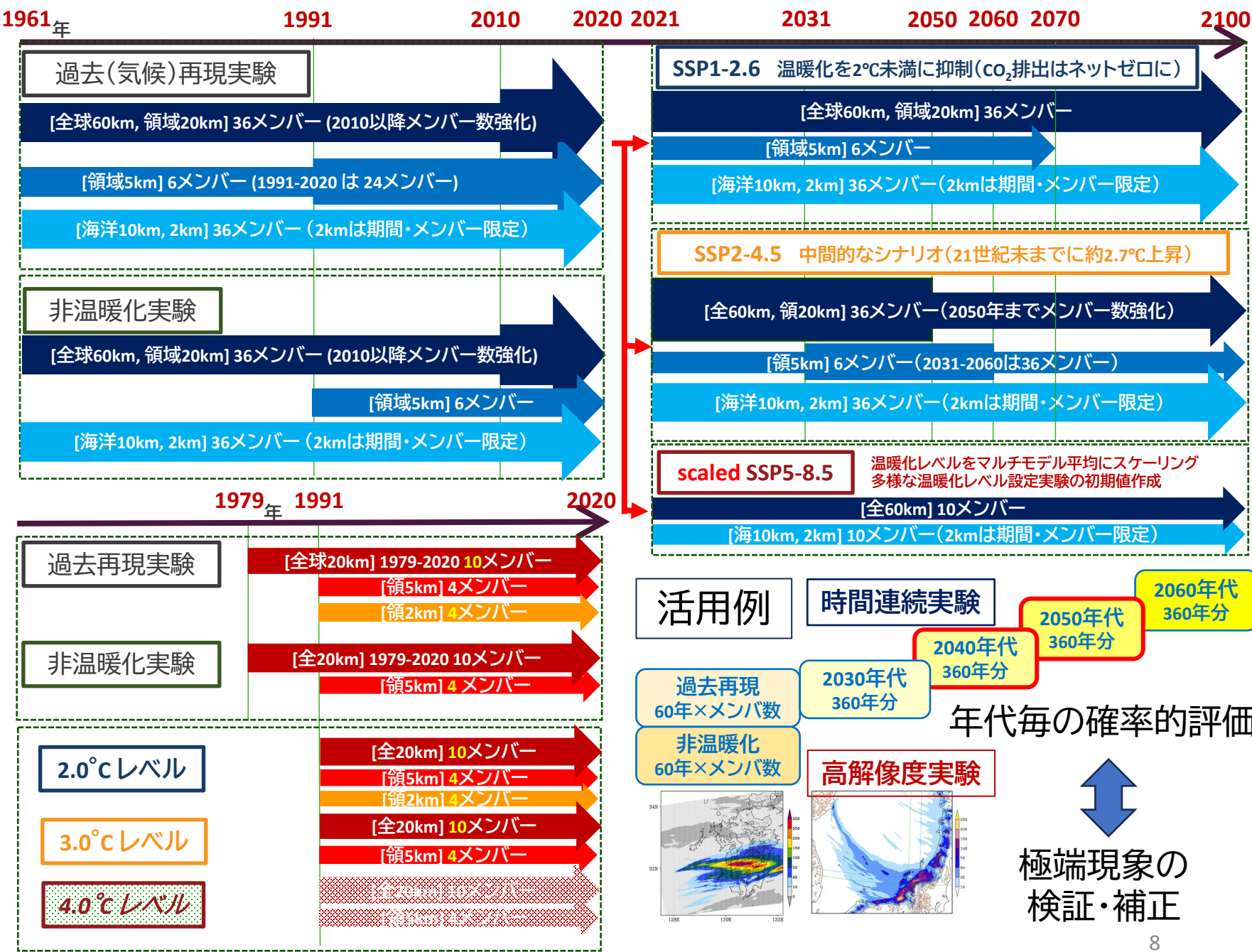
d4PDFv2 実験の仕様 (シナリオ・メンバー数)

中解像度(日本域5km)
(メンバー数重視)

気候指標の
時間連続的変化
のシナリオ別評価

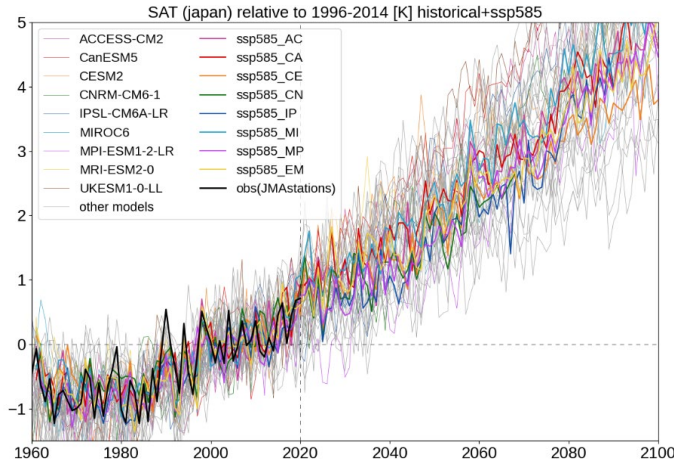
高解像度(日本域2km)
(延べ年数 100 年以上)

極端現象の解像度
依存性評価

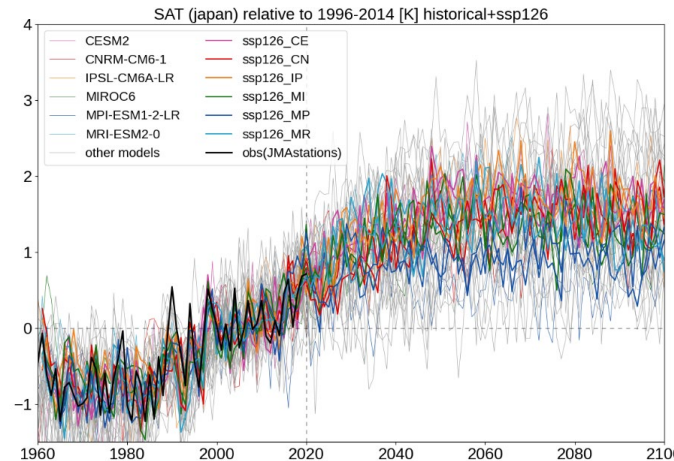


d4PDFv2(全球60km): 日本域平均(26°N–48° N、126°E–150°E) 地上 2m 気温

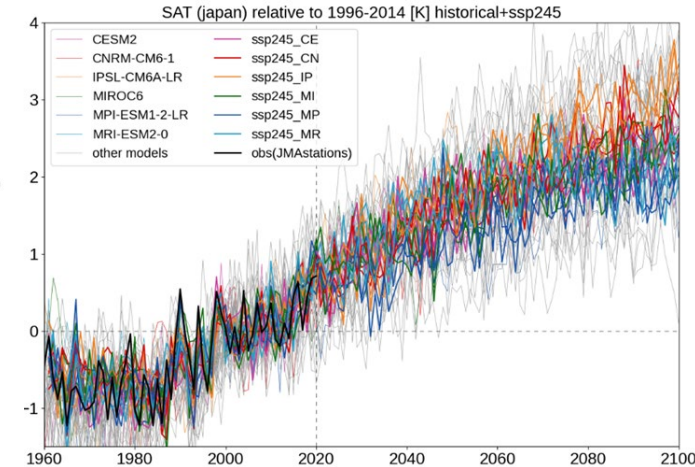
過去再現 ⇒ **SSP5-8.5 (Very high)**



過去再現 ⇒ **SSP1-2.6 (Low)**

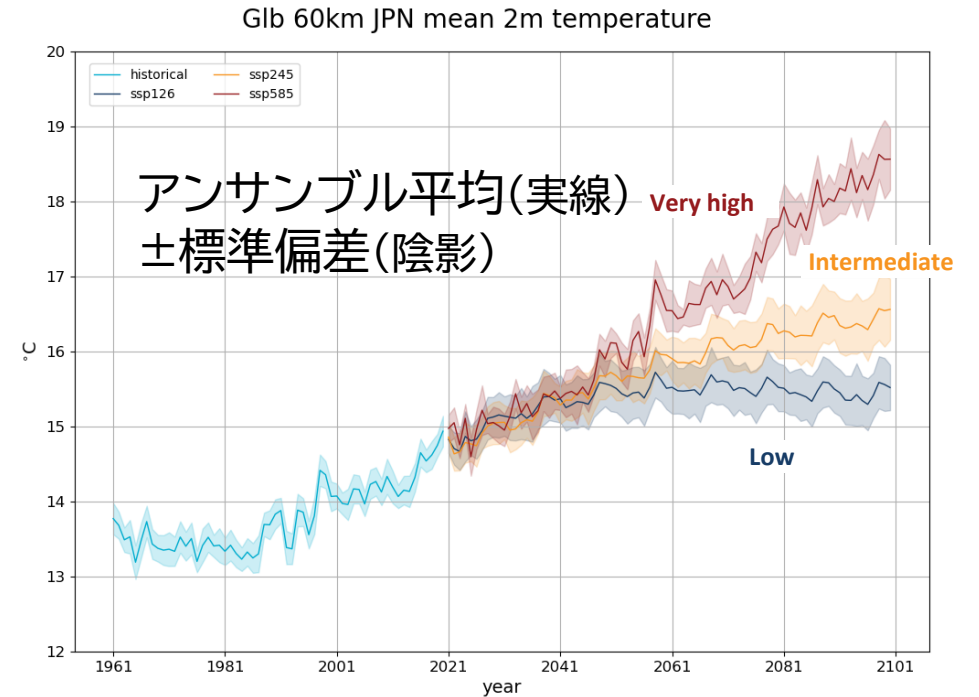


過去再現 ⇒ **SSP2-4.5 (intermediate)**



黒線: 15測候所観測データ
*** 過去の観測結果を良く再現 ***

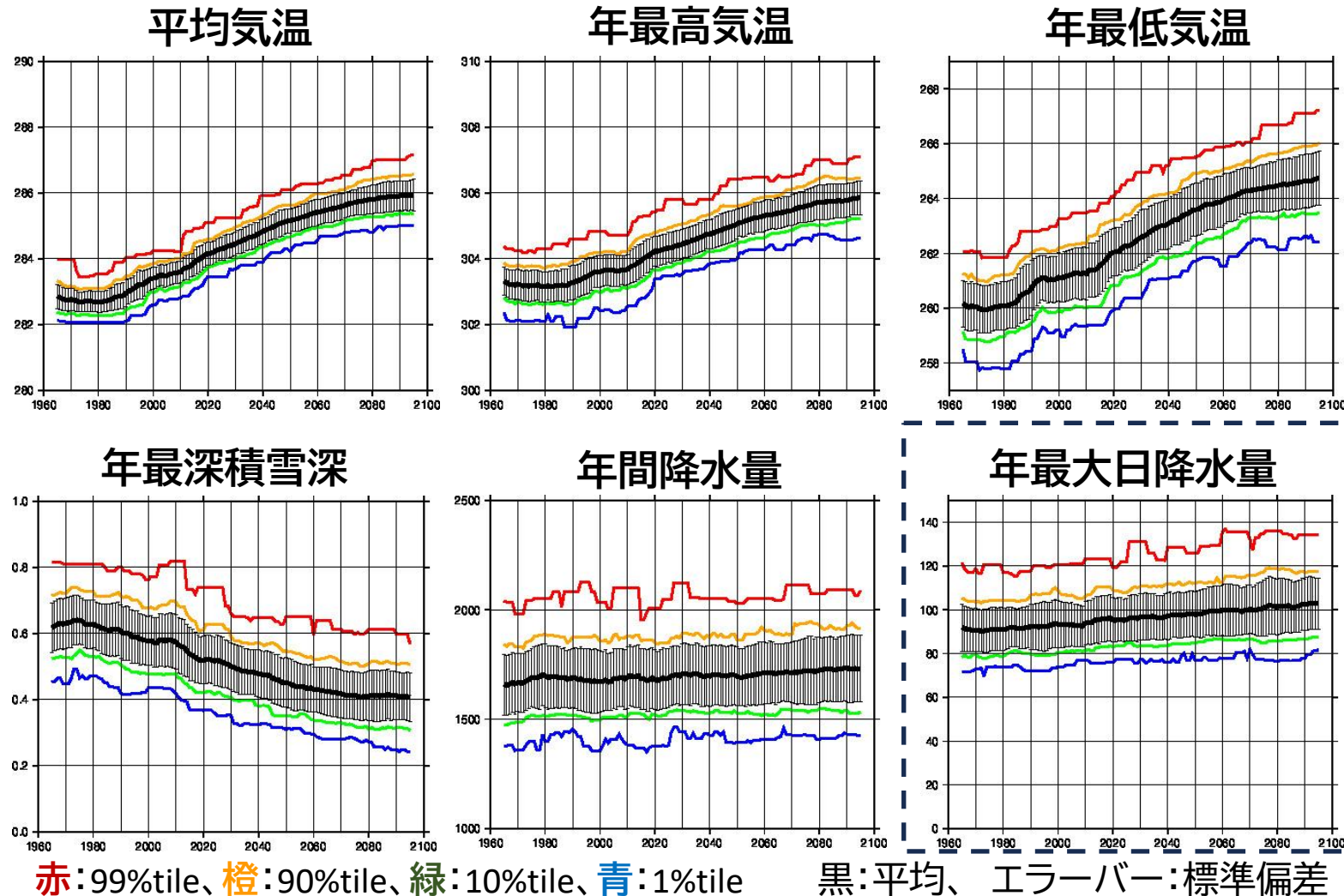
灰色線: 利用していないCMIP6モデル
*** 不確実性の範囲を限定できている ***



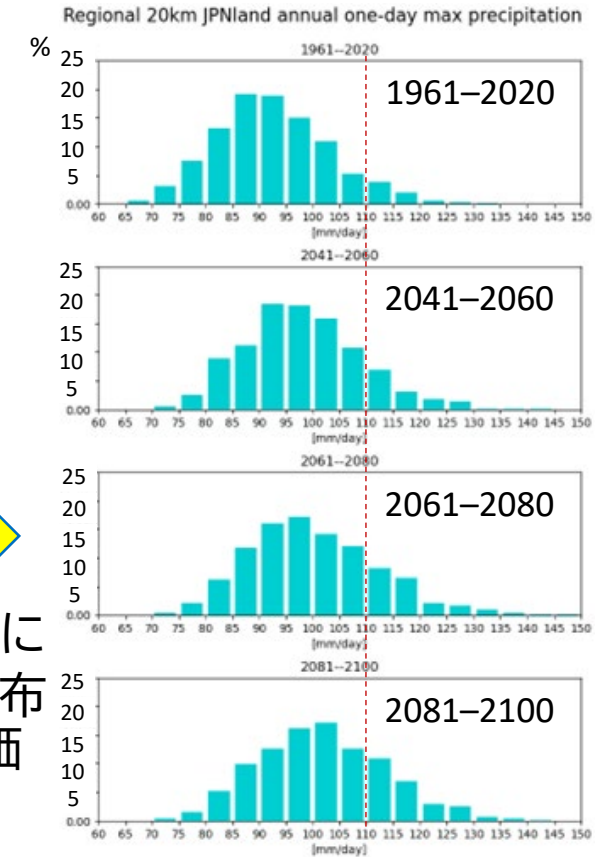
アンサンブル平均(実線)
±標準偏差(陰影)

2040 年代から 2060 年代にかけて
シナリオによる相違が明確になる

d4PDFv2(日本域20km): 日本陸上平均 時系列(ssp2-4.5, intermediate)



年最大日降水量 の年代別頻度



20年毎に
頻度分布
を評価

d4PDFv2: 海洋データセット

日本周辺海域平均(117°-160°E, 20°-52°N)時系列

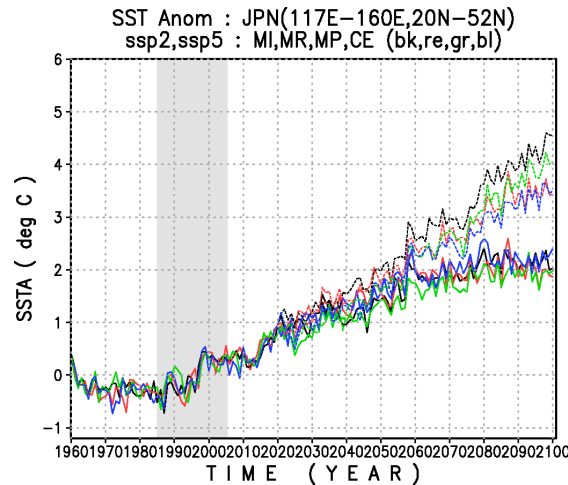
(灰色は偏差の基準期間:1986-2005)

次期データ
d4PDFv2_ocn
SSP2-4.5
SSP5-8.5
の各4ケース

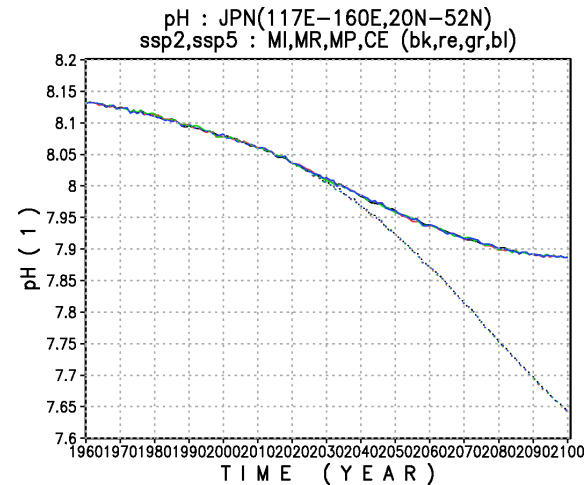
過去再現の
品質の向上

現行データ
FORP-NP10
RCP2.6
RCP8.5
の各4ケース

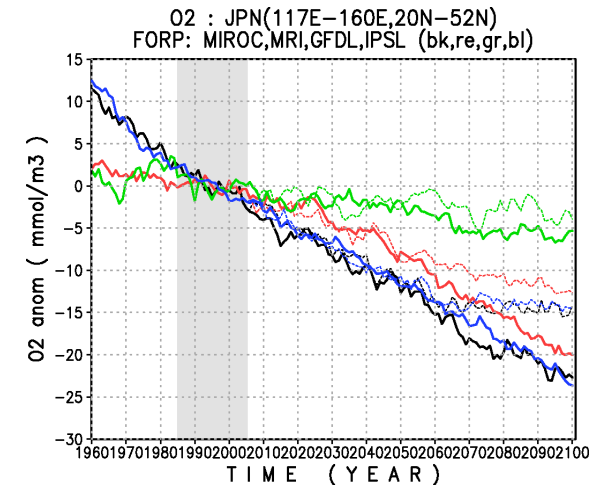
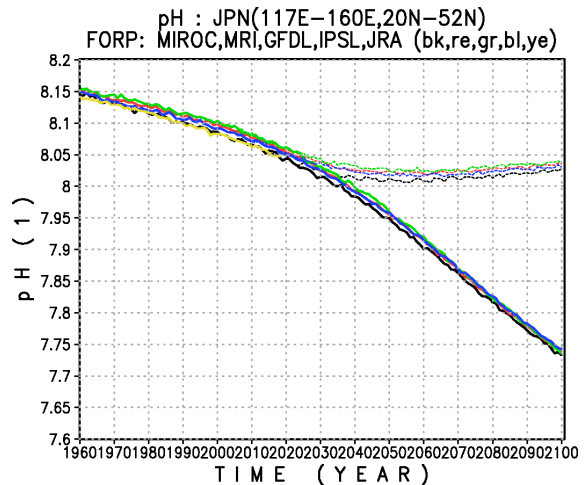
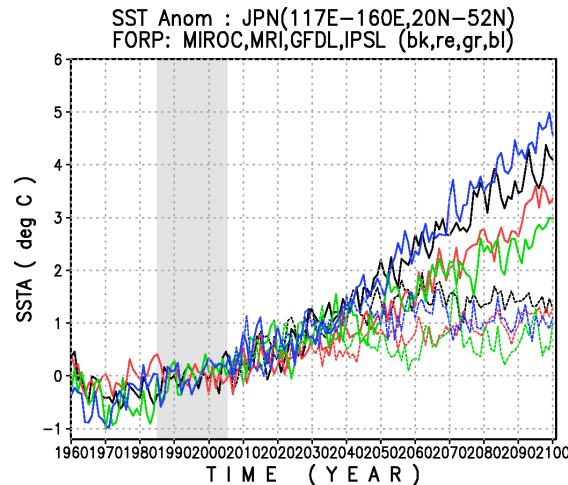
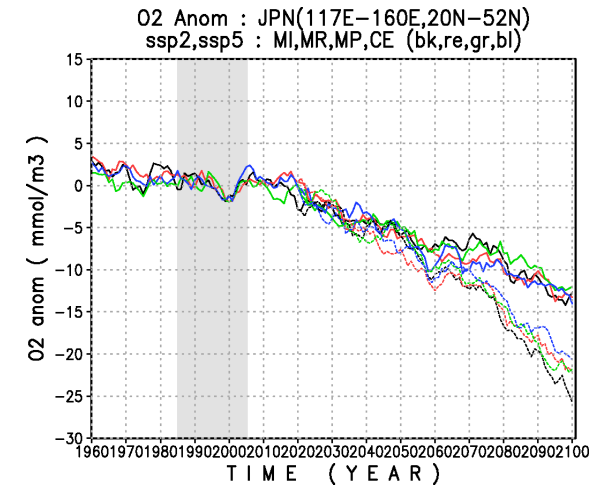
海面水温偏差



pH (水素イオン指数)



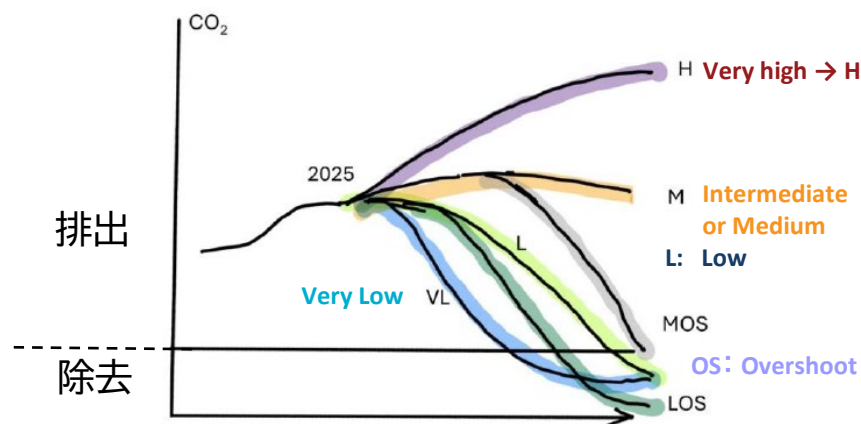
亜表層(100-600m)酸素の偏差



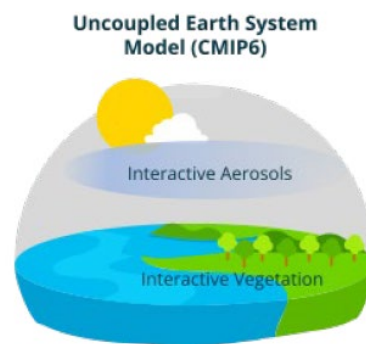
d4PDFv2の今後の拡充や更新に関連した動向等

- IPCC-AR7 に向けた第7次結合モデル相互比較計画(CMIP7)では、Very high(H)、Intermediate(M)、Low(L)、Very Low(VL) シナリオの継続的な利用に加え、一旦パリ協定の目標値である2°Cを超え、その後CO₂除去等の緩和策によりCO₂濃度・気温が低下するオーバーシュートシナリオ(OS)が検討されている
- CMIP7 によるオーバーシュートシナリオの結果が揃い次第、ダウンスケーリングの追加実施を検討
- 日本域の予測システムの高度化として、領域モデルへのエアロゾル効果や大気-海洋結合効果の導入による精緻化を目指している
- 新たに提案される緩和策等にも機敏に対応できるような、予測システムの開発も検討

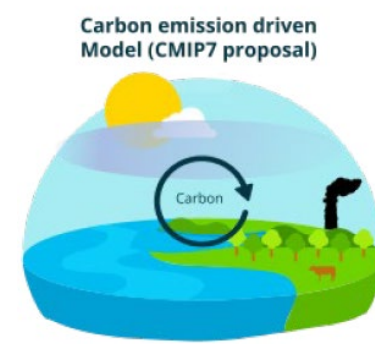
CMIP7で設定される排出シナリオ



CMIP6: CO₂濃度を予め与えるモデルが中心(影響評価・適応策)



CMIP7: 排出シナリオからCO₂濃度を解くモデルの活用(緩和策)



5. まとめ

- 気象予測モデルを基に高精度の気候モデルを作成。
- 大規模アンサンブル気候予測データ d4PDF で温暖化レベル設定データを提供。
- d4PDFv2 では主要な複数の社会経済(温室効果ガス排出)シナリオに基づいた、現在から今世紀末までの時間連続予測データを提供し、多様なニーズに対応させる。
- 今後の展望：
 - 蓄積してきた予測データに、AI技術等も活用して、より地域的特徴や政策的ニーズに対応したデータを作成し、好事例を多数提供。
 - 基盤予測データを改善するための、予測モデルの改良。現在生じている猛暑や豪雨、豪雪イベント再現性の改善、100メートルスケールの高精度・高解像度予測(機械学習教師データとしても活用)。

補足説明スライド

全球予測システムに強制する海洋変動シナリオの作成

全球予測システムでは海面水温等、海洋の基本状態を観測等に基づいて補正して大気場の精度を向上させている

過去再現(1961 – 2020): 観測に基づく客観解析データ (Ishii et al. 2017) (表層水温・塩分)

非温暖化(1961 – 2020 相当): 人為強制成分を除去した客観解析データ

- 観測に基づく客観解析データから CMIP6 過去再現実験に基づいて人為強制成分を除去し、自然変動を残す

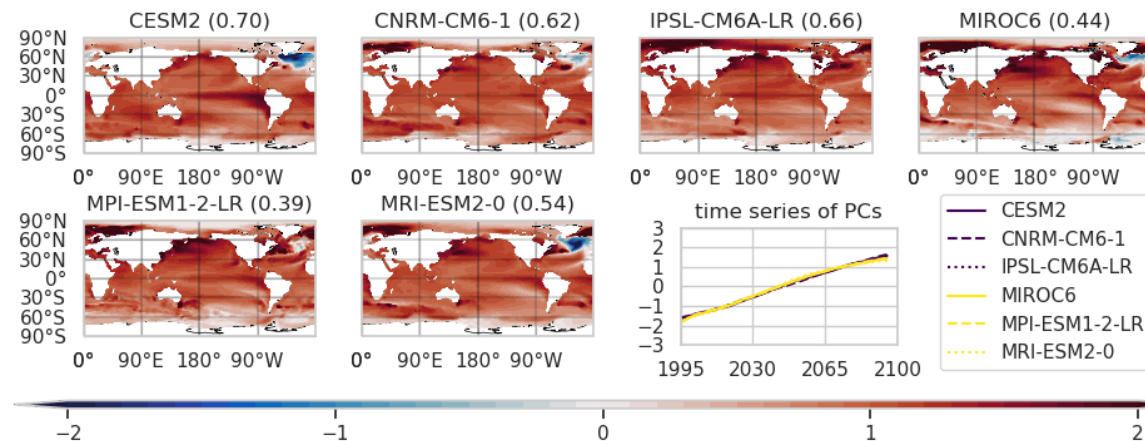
将来変化(2021 – 2100): 人為強制成分を除去した客観解析データ + **CMIP6モデル(複数)の人為強制成分**

- 将来予測では1961–2020の「自然変動」を数年ずつずらすことにより、自然変動の位相と温暖化の状況の組み合わせに多様性を与える
- CMIP6 モデルデータを経験的直交関数(EOF)分解し、第1と第2モードの和を人為強制成分とする

CMIP6モデル SSP2-4.5 実験(6モデル)からの人為強制成分の抽出

採用した6モデルに共通してみられた、工業化前ラン(自然変動のみ)には表れない変化パターン

EOF 第1モード(最も強い人為起源の水温変化シグナル)



EOF 第2モード(大気汚染物資の増減の影響が出る)

