


気候予測データセット 2022 解説書

A satellite photograph of Earth from space, showing a vast expanse of blue oceans and white clouds. The image is overlaid with a semi-transparent grid pattern. In the bottom right corner, there is white text providing publication information.

令和4年12月
(令和6年3月改訂)
文部科学省 気象庁

目次

第2章 各データセットの解説	・・・2-5
I. 全球モデル	・・・2-5
II. ① 全球及び日本域気候予測データ※	・・・2-60
III. ② 日本域気候予測データ	・・・2-76
IV. ③ マルチシナリオ・マルチ物理予測データ※	・・・2-156
V. ④ 全球及び日本域 150年連続実験データ※	・・・2-166
VI. ⑤ 全球及び日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ）※	・・・2-170
VII. ⑥ 北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ	・・・2-179
VIII. ⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ	・・・2-196
IX. ⑧ 日本域台風予測データ	・・・2-203
X. ⑨ 全球 d4PDF 台風トラックデータ	・・・2-214
XI. ⑩ 日本域 d4PDF 低気圧データ	・・・2-217
XII. ⑪ 日本域農研機構データ（NARO2017）	・・・2-219
XIII. ⑫ 日本域 CMIP5 データ（NIES2019）	・・・2-226
XIV. ⑬ 日本域 CMIP6 データ（NIES2020）	・・・2-230
XV. ⑭ 日本域海洋予測データ	・・・2-234
XVI. ⑮ 全球及び日本域波浪予測データ	・・・2-262
XVII. ⑯ 全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ	・・・2-264
【謝辞】	・・・2-277
【本解説書第2章からの引用等について】	・・・2-278
【気候変動に関する懇談会委員】	

※ ①、③、④、⑤の全球データについては、「I. 全球モデル」を参照。

※ 「⑩ 全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は令和 6 年 3 月に追加。

第2章 各データセットの解説

第2章では、気候予測データセット 2022 を構成する各データセットの詳細な解説を掲載する。なお、①全球及び日本域気候予測データ（高解像度実験）、③マルチシナリオ・マルチ物理予測データ（マルチシナリオ・マルチ物理実験）、④全球及び日本域 150 年連続実験データ（150 年連続実験）、⑤全球及び日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ；大規模アンサンブル実験）のうち、全球データ部分については、いずれも気象庁気象研究所が開発した水平解像度 20km または 60km の全球大気モデル（MRI-AGCM3.2）（Mizuta et al., 2012）が用いられていることから、「I. 全球モデル」の中でまとめて記載する。

I. 全球モデル

1. データセットの概要

気候予測データセット 2022 の大気予測（力学的ダウンスケーリング）のうち、①高解像度実験、③マルチシナリオ・マルチ物理実験、④150 年連続実験、⑤大規模アンサンブル実験（d4PDF シリーズ）は、気象庁気象研究所が開発した水平解像度 20km・60km の全球大気モデル（MRI-AGCM3.2）（Mizuta et al., 2012）に海面水温・海氷被覆データを境界条件として与えて過去や将来の気候計算を行った後、その結果を境界条件として、同じく気象庁気象研究所が開発した水平解像度 2km・5km・20km の非静力学地域気候モデルによる力学的ダウンスケーリングを行った結果となっている。本節では、全球大気モデル MRI-AGCM3.2 についての説明を行う。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元（解像度等）

計算を行うのに用いられた全球大気モデルは気象研究所大気大循環モデル MRI-AGCM3.2（Mizuta et al., 2012）である。このモデルは、気象庁・気象研究所統一全球大気モデルおよびそのごく一部を改訂した版である MRI-AGCM3.1 をベースにし、多くの物理過程パラメタリゼーションスキームを新たに開発・導入したものである。

このモデルは静力学プリミティブ方程式系のスペクトルモデルである。水平解像度は約 20km（AGCM20）と約 60km（AGCM60）の 2 種類のものを使用する（前者を MRI-AGCM3.2S、後者を MRI-AGCM3.2H と表記している文献もある）。AGCM20 の切断波数は 959 で、対応する格子数は東西 1920 格子、南北 960 格子、AGCM60 では切断波数 319 で、対応する格子数は東西 640 格子、南北 320 格子となっている。鉛直座標系は σ -p ハイブリッド座標、鉛直層数はいずれにおいても 64 層で、最上層は 0.01hPa に置いている。時間積分は保存性のある 2 タイムレベルセミインプリシット・セミラグランジュ法（Yoshimura and Matsumura, 2005）で、積分時間間隔は AGCM20 では 10 分、AGCM60 では 20 分となっている。

積雲対流スキームは、このモデルの開発の際に新しく開発された Yoshimura スキーム（Yoshimura et al., 2015）を用いる。ただし後述するマルチ物理実験では Yoshimura スキームの他に Arakawa-

Schubert スキーム (Arakawa and Schubert, 1974; Randall and Pan, 1993)、Kain-Fritsch スキーム (Kain and Fritsch, 1993) を用いる。Yoshimura スキームは Tiedtke (1989) のスキームをベースにしたものである。Arakawa-Schubert 型の積雲スキームにおいては 1 つの格子の中で高さの異なる複数の上昇流を想定しているが、計算量が多くなるためそれぞれの上昇流は単純なものを仮定している。一方 Tiedtke 型の積雲スキームでは 1 つの格子につき 1 つだけの上昇流を扱うかわりに、それをより精緻に計算する。新しい積雲スキームにおいては、1 つの格子の中で Tiedtke 型の上昇流を 2 つ計算する。それぞれが最も高い上昇流と最も低い上昇流を表現しており、その間の高さの上昇流の性質が両者の線形内挿で表されると仮定することにより、Arakawa-Schubert スキームと同様に複数の上昇流の存在を想定することができる。

雲物理過程には、雲水量・雲量を予報変数とした Tiedtke (1993) のスキームを使用している (Kawai, 2006)。雲は断熱・非断熱の冷却、および積雲対流からのデトレインメントによって生成され、加熱や周囲との混合による蒸発、および降水への変換によって消滅する。層積雲パラメタリゼーションスキームはこの実験においては使用していない。

放射過程は、エアロゾルとの相互作用の部分を除いて、気象庁全球予報モデルのスキーム (JMA, 2007) を使用している。計算負荷を考慮して、放射過程の計算は東西方向の 2 格子おきに計算している。太陽(短波)放射については 1 時間ごと、赤外(長波)放射については 3 時間ごとに計算し、時空間内挿して用いている。長波放射における温室効果を考慮するため、二酸化炭素 (CO₂) に加えメタン (CH₄)、亜酸化窒素 (N₂O)、およびフロン (CFCs) の吸収も計算している。

エアロゾルの直接効果については、硫酸、黒色炭素、有機炭素、海塩、鉱物ダストの 5 種によるものを計算する。それぞれの分布は外部ファイルから与える。エアロゾルの間接効果についてはこの実験においては考慮していない。

境界層スキームについては Mellor and Yamada (1974) の Level 2 スキーム、陸面スキームについては Simple Biosphere model (SiB) の改良版 (Hirai et al., 2007) を使用している。重力波抵抗スキームについては Iwasaki et al. (1989) を用いており、50hPa より上の高度にはレーリー摩擦を導入している。

海面過程においては、風と太陽放射の短時間の変動による大気海面の日変化を表現するために、単純化した海面表層スキームを導入している (Yukimoto et al., 2011)。このスキームでは厚さ 1m の層を仮定し、この層の最下部 (深さ 1m) での温度が海面水温境界値ファイルで与えられた値であるとする。最下部からの熱フラックスの係数が表面風速に依存するようにし、このスキームで計算された表面温度を、大気モデルの下端境界温度として使用する。このスキームを使用することにより、熱帯の風の弱い晴れの日で最大 2°C 程度の日変動が生じる。計算された表面温度の月平均と、境界値ファイルで与えられた海面水温の値との差は多くの場所で 0.1°C 以内である。

2.2. 実験設定 (使用シナリオ等)

2.2.1. 共通設定

それぞれの実験は大気モデルに海面水温・海氷密接度・海氷厚・温室効果ガス・オゾン・エアロゾル等の境界条件を与えて行う。実験ごとに異なる境界条件設定については表 1 に示した。

過去の期間をシミュレートする実験ではなるべく現実に近い条件の実験を行って観測された気候との比較を通じてモデルの気候再現性能を確認するため、海面水温・海水密接度・海水厚については観測された値を用いる。将来気候をシミュレートする実験では、観測値と、IPCC 第5次報告書のために提出された各機関の気候海洋結合モデル実験（CMIP5）結果を用いて、将来の推定値を作成しそれを使用する。非温暖化実験では、観測された値から温暖化トレンドに相当する成分を差し引いた値を使用する。温室効果気体・オゾン・エアロゾルの濃度等については、過去から将来にかけての一貫性を持たせるため、CMIP 実験を行う際に規定されている値や、他の気候モデル実験の出力を用いた。

表 1: 各実験で与えた実験条件の比較

	高解像度 実験	マルチシナリオ・ マルチ物理実験	大規模アンサンブル 実験 (d4PDF シリーズ)	150 年連続実験
解像度	20km	60km		20km, 60km
期間	1979-2003, 2075-2099	1983-2003 2079-2099	1951-2010, +4°C (60 年) , +2°C (60 年) , +1.5°C (30 年)	1950-2099
アンサンブル	過去×4, RCP2.6/8.5 ×4	(物理×3) × (過 去・RCP8.5×4)・ (RCP2.6/4.5/6.0 ×4)	過去×100, 非温暖化×100, +4°C×90, +2°C/+1.5°C ×54	20km: 過去×1, RCP8.5 ×1 60km: 過去×4, RCP2.6/4.5/6.0/8.5×1
海面水温 (現在気候)	HadISST1.1 月平均 (1°×1°)		COBESST2 月平均 (1°×1°)	HadISST2 日別 (0.25°× 0.25°)
海面水温 (将来気候)	CMIP5 モデル平均・3 クラスタ ーの昇温量を観測に上乗せ		CMIP5 の 6 モデルの昇 温量を観測に上乗せ	CMIP5 モデル平均の昇温 量を観測に上乗せ
オゾン		MRI-CCM 実験の月平均 3 次元出力 (5 年移動平均)		CMIP6 規定の月平均 3 次 元データ
エアロゾル		MRI-CGCM3 実験の月平均 3 次元出力 (5 年移動平均)		火山以外: MRI-ESM2 CMIP6 実験の月平均 3 次 元出力 火山: CMIP6 規定の月平 均 3 次元データ
温室効果ガ ス	CMIP5 規定の年別値		過去: CMIP5 規定の年別 値 +2°C/+4°C: RCP8.5 の 2030/2040/2090 年の値	CMIP6 規定の年別値
太陽活動	一定			CMIP6 規定の月別値

2.2.2. 高解像度実験 (20km、現在：4 初期値、将来：4SST×2 シナリオ (RCP2.6/8.5))

高解像度実験は解像度 20km のモデルを用いて、20 世紀末 25 年 (1979~2003 年) と 21 世紀末 25 年 (2075~2099 年) について行った。20 世紀末については 4 メンバーの初期値アンサンブル、21 世紀末については RCP2.6 シナリオ、RCP8.5 シナリオ (第 1 章参照) の 2 つについての実験を、4 種類の海面水温 (SST) 変化パターンを用いて行った。

20 世紀末実験においては、SST・海水密接度については年々変動を含んだ月平均値 (HadISST; Rayner et al., 2003)、海水厚については年々変動を含まない月平均気候値 (Bourke and Garrett, 1987)

を使用した。

21 世紀末実験においては、20 世紀末実験で用いた値と、IPCC 第 5 次報告書のために提出された各機関の大気海洋結合モデル実験 (CMIP5) 結果を用いて、将来の推定値を作成しそれを使用した。21 世紀末実験と 20 世紀末実験との差を気候の変化予測として評価する。使用したモデルは表 2 に示した 28 のモデルの、20 世紀再現実験 (historical) および RCP シナリオ実験の結果である。それぞれのモデルで複数のランがある場合は 1 つのランのみを使用した。28 のモデルを、後述するように 3 つのクラスターに分類し (表 2 の数字)、それぞれのクラスターで平均したものと、3 クラスター全てを平均したものの合計 4 種類の推定値を作成し使用した。

表 2: 高解像度実験、マルチシナリオ・マルチ物理実験、大規模アンサンブル実験（d4PDF）において、それぞれで使用した CMIP5 モデル。数字はクラスターの番号、d4PDF での大文字 2 文字は、使用した 6 モデルについてそれぞれに対応する実験名を表す。

Model ID	Modeling Center (Country)	高解像度実験、 マルチシナリ オ・マルチ物理 実験(RCP6.0 以 外)	マルチシ ナリオ・ マルチ物 理実験 (RCP6.0)	d4PDF
bcc-csm1-1	BCC (China)	2	2	
bcc-csm1-1-m	BCC (China)	2	2	
CCSM4	NCAR (USA)	1	1	CC
CESM1-CAM5	NSF-DOE-NCAR (USA)	2	2	
CSIRO-Mk3-6-0	CSIRO-QCCCE (Australia)	2	2	
FGOALS-s2	LASG-IAP (China)	1	1	
FIO-ESM	FIO (China)	1	1	
GFDL-CM3	NOAA-GFDL (USA)	3	3	GF
GFDL-ESM2G	NOAA-GFDL (USA)	3	3	
GFDL-ESM2M	NOAA-GFDL (USA)	3	3	
GISS-E2-H	GISS (USA)	2	2	
GISS-E2-R	GISS (USA)	2	2	
HadGEM2-AO	MOHC (UK)	2	2	HA
HadGEM2-ES	MOHC (UK)	2	2	
IPSL-CM5A-LR	IPSL (France)	1	1	
MIROC5	MIROC (Japan)	3	3	MI
MIROC-ESM	MIROC (Japan)	2	2	
MIROC-ESM- CHEM	MIROC (Japan)	2	2	
MRI-CGCM3	MRI (Japan)	2	2	MR
NorESM1-M	NCC (Norway)	3	3	
NorESM1-ME	NCC (Norway)	3	3	
CanESM2	CCCma (Canada)	2		
CESM1-WACCM	NSF-DOE-NCAR (USA)	1		
CNRM-CM5	CNRM-CERFACS (France)	1		
FGOALS-g2	LASG-CESS (China)	1		
IPSL-CM5A-MR	IPSL (France)	1		
MPI-ESM-LR	MPI-M (Germany)	2		
MPI-ESM-MR	MPI-M (Germany)	2		MP

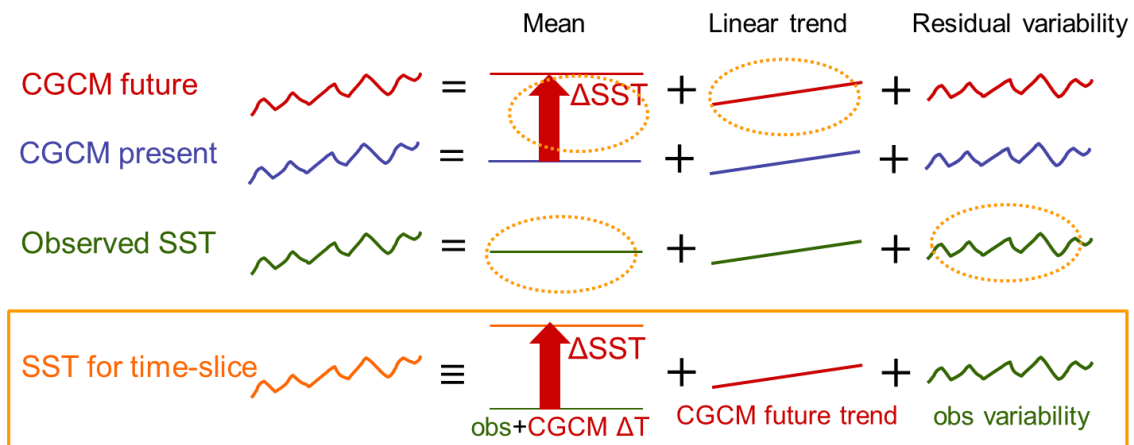


図 1: 将来実験に用いる海面水温の計算方法

将来の推定値の作成手法は Mizuta et al. (2008)で説明されているが、以下に概略を述べる。

まず観測の SST およびモデル平均の SST を、各月ごと、各点ごとに、長期間平均・線形トレンド・それらを差し引いた残差の 3 つの項に分離する。残差の項を年々変動と呼ぶことにする。そして将来実験に用いる値は以下の式で決める:

$$\begin{aligned} & \text{観測長期間平均} + (\text{モデル将来長期間平均} - \text{モデル現在長期間平均}) \\ & + \text{モデル将来トレンド} + \text{観測年々変動} \end{aligned}$$

これを図に示したものが図 1 となる。将来実験にとっては期間平均の現在から将来への変化分が気候変化の重要な要素であるから、長期間の平均値に関しては観測値からモデルでシミュレートされた変化分を上乗せする形にする。期間内のトレンドについてはモデルアンサンブル平均を用いるが、将来の年々変動についてはモデルごとに変化傾向が異なっており、またモデルアンサンブル平均では変動部分が相殺されてしまうことから、現在の年々変動がそのまま将来にも起こるという設定にし、観測値の年々変動を用いることとした。年々変動の位相は 1979 年の位相が 2075 年、1980 年の位相が 2076 年というように 96 年ずらしたものとしている。

21 世紀末実験に用いる海氷は、各月の半球別の海氷面積の減少が SST と同じ式に従うようにする。その面積になるように観測の分布を後退させる形で 21 世紀末実験に用いる海氷密接度分布を決める。元となる観測の分布は、年々変動の位相が SST と一致するように、各年月の 96 年前のものを用いる。これにより、将来実験においても観測に近い形で海氷分布の年々変動が与えられる。また将来実験の海氷厚は、現在の観測値にどの場所でも一様な定数をかけたものとする。定数は月ごと・半球ごとの海氷量（海氷密接度 × 海氷厚）の減少割合がモデルアンサンブル平均の結果と一致するように決める。

温室効果気体（CO₂, CH₄, N₂O, CFCs）の濃度は、20 世紀末実験では観測値、21 世紀末実験においては RCP の各シナリオに従った濃度を用いた。濃度は全球で一様な値を年ごとに変化させている。オゾン分布については気象研究所化学輸送モデル、エアロゾル分布については気象研究所地球

システムモデルを用いた実験における各期間の結果をそれぞれ使用した。いずれも月平均の3次元分布に5年の移動平均をかけたものを外部境界条件として与えている。

以下に SST 変化のクラスター分類について述べる。表 2 に示されている 28 のモデルの、historical 実験と RCP8.5 実験の差についてクラスター分析を行った (Mizuta et al., 2014)。各モデルで、historical 実験の 1979~2003 年平均から RCP8.5 実験の 2075~2099 年平均へ SST 変化の空間分布を計算する。各モデルでの熱帯 (南緯 30 度~北緯 30 度) での変化について、平均の変化量で規格化した後、空間パターンの全モデル平均からの偏差を計算する。それをモデル間のパターン相関 r から $d=2(1-r)$ をノルム (距離) と定義してクラスター分析をおこなう。図 2 はこの手法によって分類した結果である。同じ機関からのモデルは、異なるモデルであってもお互いの距離が小さく、同じクラスターに分類される傾向が強いことが分かる。3 クラスター段階での結果からクラスター1、クラスター2、クラスター3 の3つに分類した。

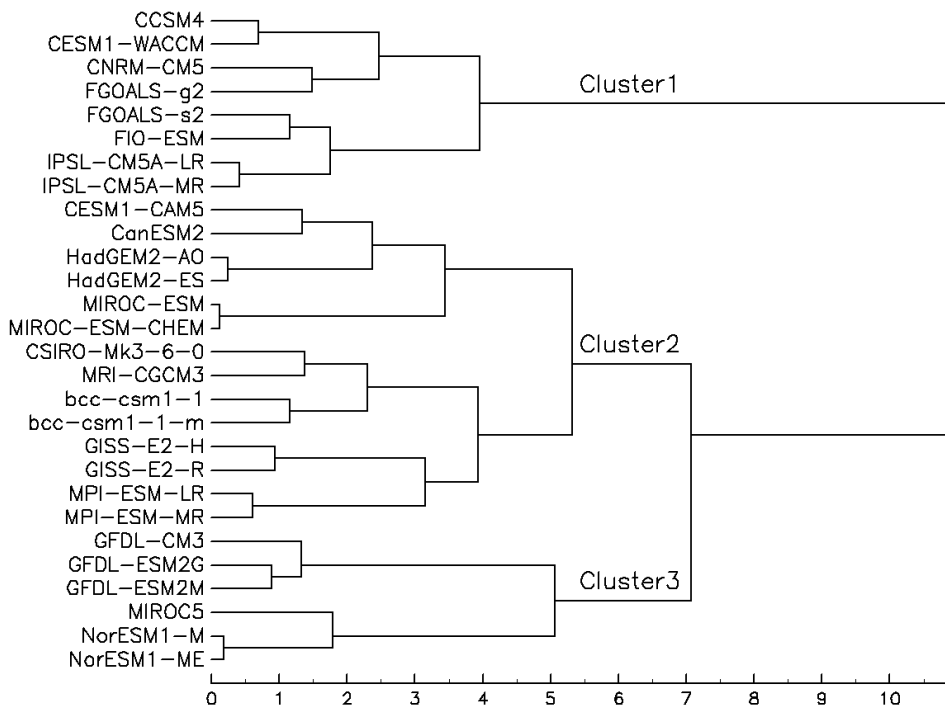


図 2: CMIP5 モデルの SST 変化について、熱帯 (30°S-30°N) でのクラスター分析の結果。

クラスターごとに、規格化した変化パターンを各月ごとに平均し、最後に全モデル平均の熱帯平均の昇温量をかかけたものを、各クラスターでの SST 将来変化とした。海水密接度・海水厚についても、SST と同様にクラスターごとに縮小量を算出した。図 3 はこのようにして計算した各クラスターでの SST 将来変化分布である。クラスター2 (図 3 c,g) においては中央から東部の熱帯太平洋で他のクラスターよりも昇温が大きく、全平均の特徴がより強く出ているモデル群であると言える。この

パターンは観測される SST のエルニーニョ・南方振動（ENSO）に伴う年々変動のパターンに似ており、CMIP3 モデルにおける多くのモデルでエルニーニョ型の応答（Yamaguchi and Noda, 2006）を示すことと整合的であると考えられる。他方、クラスター1（図 3b,f）においては東部熱帯太平洋の昇温が他のクラスターよりずっと小さく、クラスター2 とは反対の傾向である。また南半球での昇温が大きく、中緯度（40 度付近）を比較すると北半球と南半球に同程度の昇温が見られる。クラスター3（図 3d,h）においては北西太平洋で昇温が大きく、北インド洋・北大西洋でも他のクラスターより昇温が大きい。一方で南半球では昇温が小さく、南北のコントラストが大きい。すなわち、SST 変化パターンの分類は、熱帯における変化の東西勾配と、南北半球間の昇温の違いで特徴付けられる。

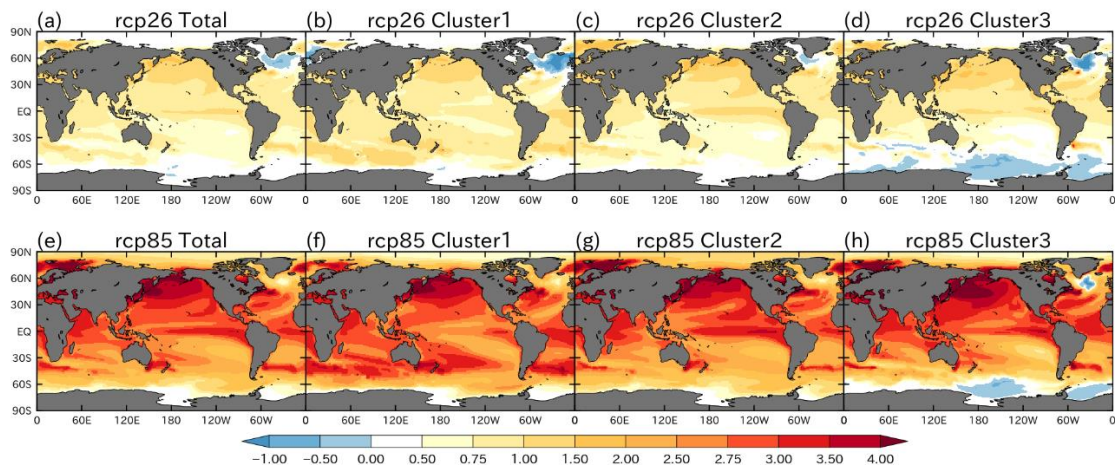


図 3: (a-d) RCP2.6 実験、(e-h) RCP8.5 実験について、(a, e) 全 28 モデルおよび(b-d, f-h) 3 つの各クラスターのモデルで平均した、年平均海面水温変化分布。各モデルについてその熱帯平均変化量で規格化してから平均し、最後に全モデル平均の熱帯平均の昇温量をかかけたものを示している。単位は $^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.3. 150 年連続実験（20km \times 1 メンバー（RCP8.5）、60km \times 4 シナリオ（RCP2.6/4.5/6.0/8.5））

150 年連続実験は、AGCM20 については RCP8.5 シナリオ、AGCM60 については RCP8.5, RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6 の 4 シナリオの実験を行った。AGCM60 の結果を領域 20km モデルにダウンスケーリングしている。いずれのシナリオも 1950 年から 2099 年までの実験で、これまでの気候を再現する過去実験（1950～2014 年）を異なる初期値から行い、それぞれのシナリオでの将来実験（2015～2099 年）に接続した(Mizuta et al., 2022)。

境界条件設定については CMIP6 の高解像度モデル相互比較プロジェクト HighResMIP の実験設定である Haarsma et al. (2016) に従った。過去実験においては、HighResMIP の highresSST-present 実験と同じ、HadISST2.2 (Kennedy et al., 2017) 0.25 度格子の日別観測 SST と観測海水密接度を使用した。オゾン、火山性エアロゾル、太陽活動は CMIP6 の historical 実験と同じ設定を使用した。火山以外のエアロゾルについては、気象研究所地球システムモデル MRI-ESM2 による CMIP6 の historical 実験 (Yukimoto et al., 2019) からの月平均 3 次元出力を使用した。

将来実験においては、CMIP5 モデル平均の昇温量を観測 SST に上乗せした海面水温を使用した（後述）。オゾン、火山性エアロゾル、太陽活動は CMIP6 の SSP5-8.5, SSP4-6.0, SSP2-4.5, SSP1-

2.6 実験と同じ設定、火山以外のエアロゾルについては、MRI-ESM2 による SSP5-8.5, SSP4-6.0, SSP2-4.5, SSP1-2.6 実験からの月平均出力を使用した。

RCP8.5 シナリオの実験の海面水温については、highresSST-future 実験の規定と同じ設定、すなわち北極域の海氷変動の再現性を基準として選ばれた 8 つの CMIP5 モデル (ACCESS1-0, ACCESS1-3, GFDL-CM3, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, MPI-ESM-MR, CNRM-CM5, HadGEM2-ES) の平均の昇温量を用いた。そのためモデルの数や対応させる年々変動の期間などは、本データセットの他の実験のものとは異なっている。また連続的な実験なので、2015 年付近で大きな不連続が生じないように考慮されている。2015 年については観測データを使用した。それぞれのモデルの 2016 年以降の月平均海面水温について、2005~2025 年平均からの偏差を計算する。月ごとに 9 年移動平均した後、全てのモデルで平均し、2007~2015 年平均の観測 SST に加える。これで年々変動を含まない 2016 年以降の海面水温が規定される (図 4 の赤線の後ろの黒点線)。次に年々変動成分として、観測 SST の 9 年移動平均からの偏差を 1980~2015 年について日別に作成し、その時系列を 2016~2051 年、2052~2087 年、2088~2099 年の海面水温に加えた (図 4 赤線)。2016, 2052, 2088 年 1 月の値は前年末の値とで線形内挿を行って、不連続が生じないようにしている。海氷密接度は、観測、CMIP5 モデルそれぞれについて、月平均データから海氷密接度を海面水温の関数で表現する式を作成する。上記で作成された将来気候実験での海面水温をそれに入力することで、将来気候実験での海氷密接度を作成している。2016~2030 年については観測と CMIP5 モデル両者の式の線形内挿、それより先は CMIP5 モデルの式を使用している。

その他のシナリオについては highresSST-future 実験と同じ実験設定で、海面水温変化を RCP6.0, RCP4.5, RCP2.6 シナリオのものとする。ただし HighResMIP の海面水温将来変化に用いている 8 モデルでは、他のシナリオ実験の結果が十分な数だけ得られないため、RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 シナリオの海面水温将来変化については表 2 の 28 の CMIP5 モデル (RCP6.0 については 21 モデル) の平均を用いた。図 4 は作成した 4 シナリオの海面水温の時系列を示したものである。年々変動成分は観測のものを用いているため、各シナリオでの年々変動成分は同じ形となっている。RCP6.0 は 2070 年近辺まで RCP4.5 を下回る放射強制力であるため、海面水温も RCP4.5 を下回っている。作成した海面水温について、1979~2003 年から、2075~2099 年までの変化パターンを図 5 に示した。前節の高解像度実験でのものと大まかな分布は類似しているが、作成方法や用いる CMIP5 モデルの数が異なるため細かな変化パターンは異なっている。

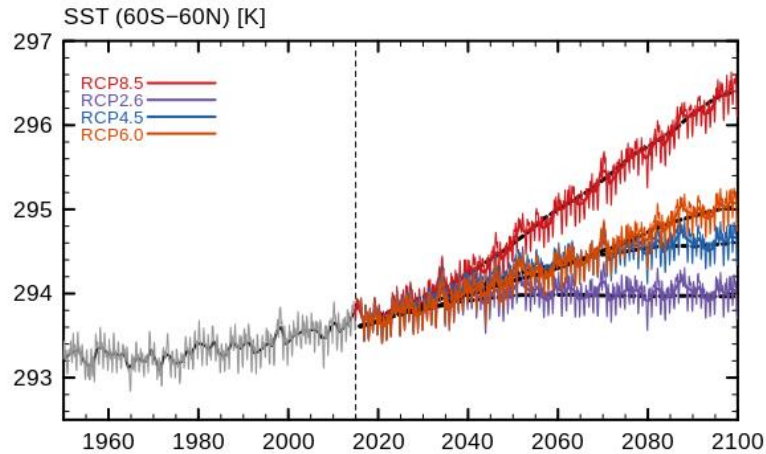


図 4: 150 年連続実験で与えた海面水温の 60°S~60°N 平均値の時系列。細線が月平均値、太線が年平均値を表す。2015 年以降の黒点線は、年々変動成分を加える前の水温上昇量を CMIP5 モデルのシナリオ実験結果から算出したもの。

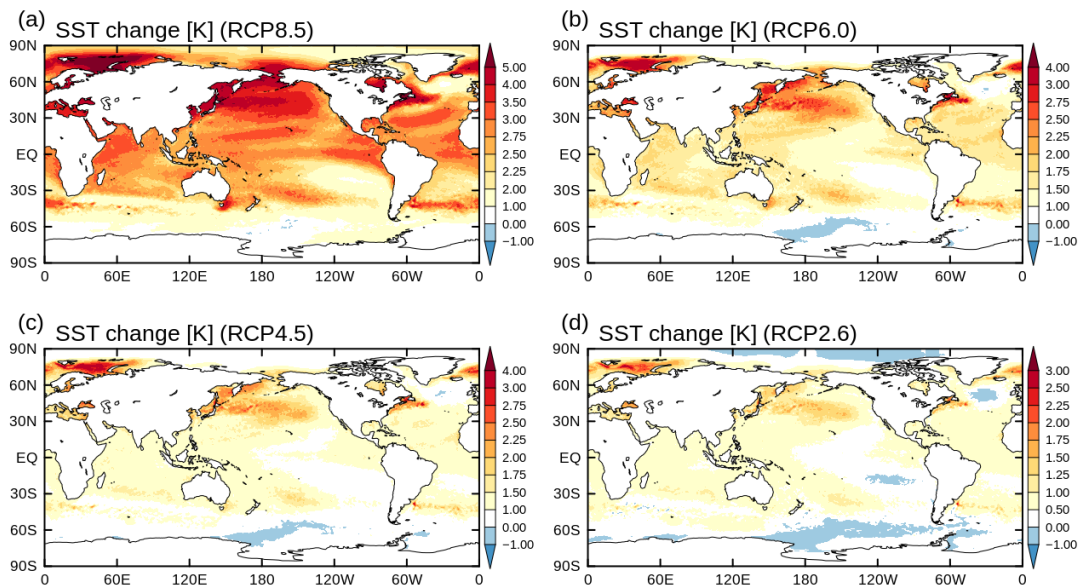


図 5: 150 年連続実験の(a) RCP8.5、(b) RCP6.0、(c) RCP4.5、(d) RCP2.6 実験で与えた海面水温の、1979~2003 年平均と 2075~2099 年平均の差。

2.2.4. 大規模アンサンブル実験 (60km、過去/非温暖化×100 メンバー、4°C×90 メンバー、2°C/1.5°C×54 メンバー)

大規模アンサンブル実験 (d4PDF シリーズ) では、以下の 5 種の実験を行った。いずれも実験期間は 60 年である。

- 過去実験: 過去の気候を再現する実験
- 非温暖化実験: 過去実験の期間で地球温暖化が進行しなかった場合を表現する実験
- 4°C上昇実験: 全球平均地上気温が工業化前に比べ 4°C上昇した気候を表現する実験

- 2°C上昇実験: 全球平均地上気温が工業化前に比べ 2°C上昇した気候を表現する実験
- 1.5°C上昇実験: 全球平均地上気温が工業化前に比べ 1.5°C上昇した気候を表現する実験

3種類の将来実験は、排出シナリオに従った実験ではなく、昇温幅を固定した実験である。これは実験の初期と末期で温暖化の段階が異なると同一のサンプルとして扱うのに困難が生じるため、温暖化の段階を固定して長期のトレンドが含まれないようにするためである。昇温幅に比例して変化していくような現象の場合は、温暖化の途中の段階での状態は、昇温幅から線形内挿で推定することができる。例えば 3°C上昇時の変化は 2°C上昇時と 4°C上昇時の変化の間であると推定する。昇温幅に比例して変化していくかどうかは現象によって異なるので、過去実験と複数の将来実験を比較するなどして確認しておく必要がある。

非温暖化実験は過去実験と比較することで過去の温暖化影響を定量化するアトリビューション研究に利用することができる。また期間内で温暖化による長期トレンドが含まれないため、その影響を考慮する必要のある解析においては将来実験の比較対象として利用できる。

実験名と実験年・アンサンブル数の対応については表 3 に示している。実験設定は、過去実験・非温暖化実験・4°C上昇実験については Mizuta et al. (2017)、2°C上昇実験については Fujita et al. (2019)、1.5°C上昇実験については Nosaka et al. (2020) に記載されている。過去実験・非温暖化実験では 1951 年から 2010 年までの 60 年を解析対象とする。将来実験では便宜上 21 世紀の年号を与えているが、実際のこの年を想定したものではないことに注意する必要がある。それぞれの実験でアンサンブル実験を行っており、アンサンブル数は過去実験・非温暖化実験で 100、4°C上昇実験では 90、2°C上昇実験・1.5°C上昇実験では 54 である。

表 3: d4PDF シリーズの実験名と実験年・アンサンブル数

実験	実験名	年	アンサンブル数
過去実験	HPB_mXXX	1951-2010	100 (XXX=001-100)
非温暖化実験	HPB_NAT_mXXX	1951-2010	100 (XXX=001-100)
4°C上昇実験	HFB_4K_YY_mXXX	60 年	6 (YY=CC,GF,HA,MI,MP,MR) ×15 (XXX=101-115)
2°C上昇実験	HFB_2K_YY_mXXX	60 年	6 (YY=CC,GF,HA,MI,MP,MR) ×9 (XXX=101-109)
1.5°C上昇実験	HFB_1.5K_YY_mXXX	30 年	6 (YY=CC,GF,HA,MI,MP,MR) ×9 (XXX=001-009)

SST・海氷密接度・海氷厚については、過去実験では観測の値をベースに作成したものを用いた。それぞれに摂動を加えた 100 種類の分布の値を作成し与えることで 100 のアンサンブル実験を行った。非温暖化実験では過去実験で用いるデータからトレンド成分を除去したものを用いた。将来実験においては 6 種類の将来変化分布を用意し、各パターンに 15 種類または 9 種類の摂動を加えた合計 90 種類または 54 種類の分布の値を与えることでアンサンブル実験を行った。これらについて詳しくは後述する。

温室効果ガス (CO₂, CH₄, N₂O, CFCs) の濃度は、過去実験では各年の観測値、非温暖化実験では

観測値の 1850 年に相当する濃度、4°C上昇実験・2°C上昇実験・1.5°C上昇実験においてはそれぞれ RCP8.5 シナリオの 2090 年・2040 年・2030 年に相当する濃度を用いた。濃度は全球で一様な値を年ごとに変化させている。オゾン分布については気象研究所化学輸送モデル、エアロゾル分布については気象研究所地球システムモデルを用いた実験結果をそれぞれ使用した。オゾン・エアロゾルいずれも月平均の 3 次元分布に 5 年の移動平均をかけたものを外部境界条件として与えている。過去実験では対応する各年の値、4°C上昇実験・2°C上昇実験・1.5°C上昇実験では温室効果ガスと同じ対応年の値を用いた。非温暖化実験については、オゾンは 1961 年の値、エアロゾルは硫酸エアロゾル・黒色炭素・有機炭素については工業化前実験の気候値に固定し、その他のエアロゾル分布（土壌粒子・海塩粒子）については過去実験と同じ値を用いた。

各実験での SST・海氷密接度・海氷厚の詳細を以下に述べる。

(1) 過去実験

過去実験の海面水温データは、COBE-SST2 (Hirahara et al., 2014) の 1951 年から 2010 年までのものを使用した。COBE-SST2 は、船舶と漂流ブイによる観測データの観測バイアスを適切に除去し、全球の緯度 1 度、経度 1 度の格子における最適な水温値を日別に計算し、これらの月ごとに平均したものである。COBE-SST2 には、衛星観測が始まる 1978 年 12 月以前の、Walsh and Chapman (2001) による海氷密接度データと衛星観測データから自前で解析した海氷密接度解析データとを使用し、これらの海氷密接度データと整合するように日々の海面水温変化を求めている。さらに、COBE-SST2 では解析値の誤差も同時に推定され、解析値とともに配布されている。

100 例の過去アンサンブル実験を行うために、海面水温解析の推定誤差と同等の振幅を持つ海面水温摂動を作成した。この摂動は、海面水温解析時に使用される年々変動を表す経験的直交関数 (Empirical Orthogonal Function: EOF) を利用して構成される。この EOF は海面水温の衛星観測データを含めて高精度な水温データから求めたものである。ここでは、推定誤差が各月の観測データ数が衛星観測のものに比べて少ないために生じられる誤差とし、誤差の変動成分もまた同じ EOF で表現できると仮定している。また、摂動の時間変化は観測された水温変動と同じ周期性を持つとして、各 EOF 成分について、自己回帰移動平均モデルによりランダムに生成したものとする。海洋にみられる中小規模渦による数百 km スケールの海面水温変動は EOF では表現されないため、衛星解析と衛星を使用しない解析との分散の差を補う渦変動も摂動に加味した。

この摂動を使用することで、初期値摂動と同等のモデルアンサンブルスプレッドが表現できることを確認している。また、摂動海面水温で大気モデルを駆動することで、過去に発生した顕著なイベントの再現性が向上する場合もあることを確認しているが、包括的な検証は今後行う。

上記した推定誤差は観測データの時空間的な粗密を反映したもので、観測データが少なくなる過去ほど誤差は大きい。しかしながら、今回の過去実験においては摂動の振幅の時間変化を考慮しないで済むようにしたい。後述する将来実験や非温暖化実験結果と現在実験とを統計的に比較する際に、海面水温の変動要因を最小限にしておきたいというのが理由である。そこで、今回の実験で使用する摂動には、近年の代表的な推定誤差であるところの、海面水温の年々変動の標準偏差の 30% を与えた。

海面水温摂動に整合するように、海氷密接度データにも摂動を与える。海面水温解析時に、海氷密

接度の二次式（海氷-海面水温関係式）を用いて、時々刻々の密接度に対応する海面水温を計算しているが、海氷密接度の摂動を求める場合には、この逆の変換を行う。この二次式の係数は、海域別、季節別に定義されている。

海氷の厚さは、その気候値（Bourke and Garrett, 1987）を元に、海氷密接度に整合するものを与えた。厚さの時間変化は、気候値に密接度を乗じたものとした。

(2) 非温暖化実験

非温暖化実験では、観測された SST から経年変化のトレンド成分を除いたものを使用した。観測データのトレンド成分は、Hirahara et al. (2014) にならって、1951 年から 2010 年までの解析値を EOF 展開したときの第一モードとした。このモードに射影された SST 変動は、全球平均 SST の時間変化をほぼ説明する。トレンドを含んでいない非温暖化実験出力は、上記の将来実験と直接対比できるものであるために使い勝手が良い。また、過去実験と対比すれば、気候状態に温暖化の影響がどれだけ含まれるかを検証するイベント・アトリビューションを 1950 年以降の 60 年間について行うことができる。

非温暖化状態は、トレンド成分の 1900 年から 1919 年までの 20 年間の平均として定める。これに、上記のトレンドを含まない年々変動と、過去実験で使用したのと同じ 100 個の摂動を加えたものを、モデルに与える SST とした。海氷密接度は、この SST 時系列から、過去実験と同じ海氷-海面水温関係式を用いて求めた。この海氷密接度に相当する海氷の厚さを求める手順も過去実験のものと同じである。

(3) 将来実験

非温暖化実験でも使用した、観測された海面水温からトレンド成分を除いたものに、将来の海面水温変化パターンを加えたものを、将来実験の SST として与える。観測に合わせて 60 年分の将来の海面水温を用意するが、将来変化パターンは時間変化しない。

将来の海面水温変化パターンは、表 2 の右の列に示されている、CMIP5 の RCP8.5 実験の主要 6 モデルの 2070 年から 2099 年の平均的水温変化量として定義した。6 モデルは海面水温変化パターンのクラスター分析をもとに、パターンが互いに似ていないモデルを主要なモデルから選定した。気象研大気モデルにこれらの海面水温変化パターンを与えたとき全球平均地上気温が $+4^{\circ}\text{C}$ ・ $+2^{\circ}\text{C}$ ・ $+1.5^{\circ}\text{C}$ に近い応答となるように、海面水温変化パターンに CMIP モデル依存の係数を乗じる (Shiogama et al., 2010)。このように作成した 6 種類の変化パターンを図 6 に示す。これに過去実験で使用した海面水温摂動の内、任意の 15 個（または 9 個）を選び使用した。摂動は 6 モデルの変化パターンを変えた各実験間で同じものを使用した。

将来の海氷密接度は次のように求めた。まず、CMIP5 の 36 個の気候モデルによる、それぞれの将来実験に対応する年での将来実験のモデル平均海氷密接度を求める。この海氷密接度の半球別積算値（海氷面積）の季節変化からずれないように、かつ、上記の将来海面水温に整合するように、将来の海氷密接度を決定する。過去実験と同様に、将来の海氷密接度についても、海面水温から海氷密接度を計算する二次式を用いる。ただし、氷縁（海氷密接度が零）での水温値を示す二次式の定数項を、CMIP5 モデル平均の将来の海氷面積と合うように、半球別一定の量を加減しながら季節ごとに変更した。求めた海氷密接度の分布を図 7 に示す。

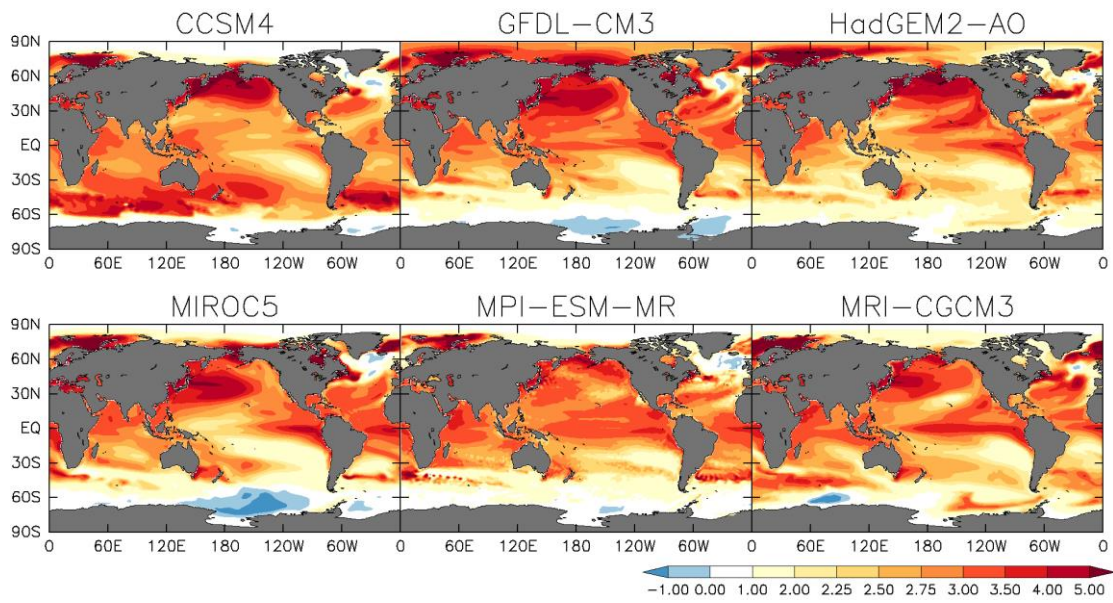


図 6: 4°C上昇実験で使用した、CMIP5 の 6 モデルごとの海面水温変化パターン。全ての月、全ての年、全てのメンバーを平均したもの。単位は°C。

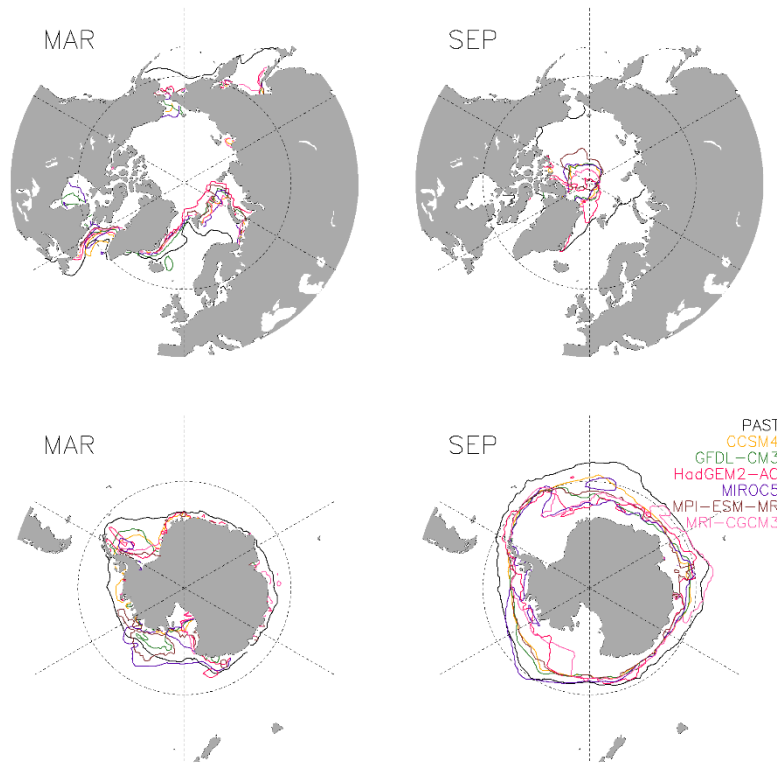


図 7: 過去実験（黒）および使用した CMIP5 結合モデルごとの 4°C 上昇実験（色）における氷縁分布。海水密度度が 15% の等値線を描いている。（上）北半球・（下）南半球の、（左）3 月・（右）9 月の平均。

将来の海氷の厚さについても同様に、CMIP5 モデル平均からずれず、かつ海水密度度と整合するように求める。ここで、海氷の厚さの将来分布の気候値は Bourke and Garrett (1987) の気候値を

季節別に一定数倍したものとする。その係数は、将来の海氷の厚さ半球別積算気候値の季節変化が、CMIP5 モデル平均のものと一致するように、季節ごとに求めた。現在実験と同様、将来の密接度の時間変化に将来の海氷厚の気候値を乗じて海氷の厚さの時空間変化を計算した。

2.2.5. マルチシナリオ・マルチ物理実験(60km、現在:3 物理(YS/AS/KF)、将来: 3SST(C1/C2/C3) ×3 物理 (YS/AS/KF) ・3SST (C1/C2/C3) ×4 シナリオ (RCP2.6/4.5/6.0/8.5))

温暖化予測においては、さまざまな不確実性の要因の存在を考慮する必要がある。不確実性の要因としては、(1) 排出シナリオ間の不確実性、(2) モデルパラメタリゼーションによる不確実性、(3) 気候モデル間の不確実性、(4) 気候システムの内部変動の不確実性があげられる。(1)について考慮するために、CMIP5 の RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 の 4 つのシナリオについてのアンサンブル実験を行った。(2)について考慮するために、スキーム間の差が大きいと考えられる積雲対流スキームを Yoshimura スキーム (YS) から Arakawa-Schubert スキーム (AS)、Kain-Fritsch スキーム (KF) に変えた 3 種類のアンサンブル実験を行った。(3)については、高解像度実験と同様に、CMIP5 における多数の大気海洋結合モデル間の SST 変化パターンの違いを考慮したアンサンブル実験を行った。なお(4)については大規模アンサンブル実験 (d4PDF) で扱っている。

図 8 は(1)から(3)を組み合わせて行った実験の概要を示したものである。海面水温アンサンブルについては、高解像度実験と同じ設定としている。3 クラスターの分類は、historical 実験と RCP8.5 実験との差から求めたものを、他のシナリオの実験でも使用した。

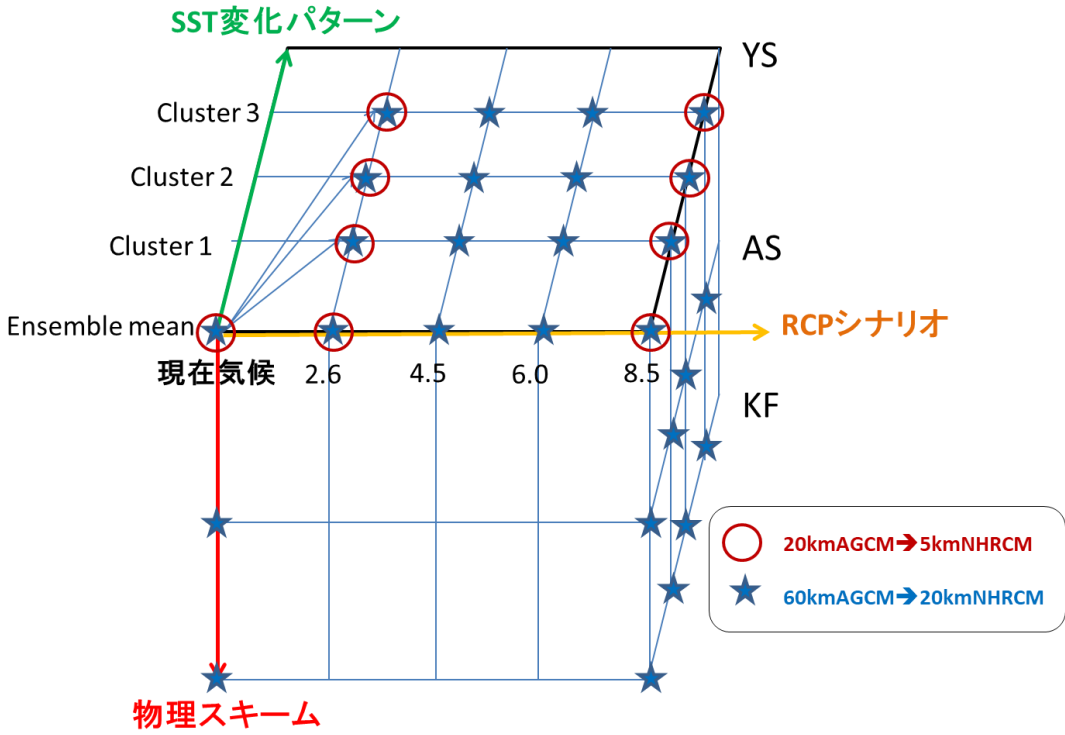


図 8: マルチシナリオ・マルチ物理実験の概要。横軸が排出シナリオを変える実験、鉛直軸が物理過程スキームを変える実験、前後の軸が海面水温変化パターンを変える実験を表す。青い星印がマルチシナリオ・マルチ物理実験で行う実験、赤の丸印が高解像度実験を表す。

3. 出力ファイルの情報

3.1. はじめに：全球モデルの出力ライブラリについて

全球モデルのデータは、4つのデータセット（①高解像度実験、③マルチシナリオ・マルチ物理実験、④150年連続実験、⑤大規模アンサンブル実験（d4PDF シリーズ））からなる。それらはいずれも基本的に MRI-AGCM によっており、同じ出力ライブラリ（MOMO）が使われる。出力データの評価方法も同一で、出力形式も似通っている。

MRI-AGCM では数値計算開始時に、MOMO での出力の登録を行う。ファイルセットごとに、ファイル名、出力要素、空間情報（水平分解能等、鉛直レベル）、出力時間間隔、時間平均値・瞬間値の別を設定する。

MRI-AGCM では、出力可能な要素については基本的に全時間ステップで評価計算し、MOMO に渡す。MOMO は出力する要素について、必要な処理を行う。主な計算処理は鉛直方向の内挿である。瞬間値出力する場合には期間の最初（たとえば3時間間隔の出力では、0, 3, 6, ..., 21 UTC）の時間ステップでのみ記憶領域に格納するのに対し、平均値出力する場合には記憶領域に時間刻みを乗じつつ和（積算）の形で格納していく。期間の最後で、瞬間値は格納された値を、平均値は格納された値を期間の長さで除した値を、ファイルに出力する。

ここで鉛直レベルをもつ物理量（たとえば大気温度）については、モデルの鉛直レベルの値をそのまま出力することもできるが、通常は指定された鉛直気圧レベルで出力される。鉛直内挿では、指定鉛直気圧に近い2レベルの線形内挿で行われるが、指定鉛直気圧が地表面気圧に比べて同程度以上の値の場合には鉛直内挿ができない。モデル最下層の気圧と地表面気圧の間にあるときは最下層の値がそのまま用いられる。地表面気圧よりも大きい場合には「欠損値」となり、時間平均で出力する場合に積算しない。値がある（欠損でない）時間は WMSK（マスク）という変数に積算され、時間平均を算出するための除算ではこれが用いられる。時間平均のファイルでこの WMSK が出力要素に含まれる場合には、その指定鉛直気圧レベルに値があった（欠損でなかった）時間の割合を意味する。

水平平均が必要な場合（たとえば 1.25 度、2.5 度格子での出力や、東西平均出力の場合）は、MOMO ではモデルの格子で格納され、ファイルへの出力時に平均処理が行われる。

データファイルの形式は表4の4つがある。

表 4: データファイルの形式

名称	概要	メタ情報	備考
GrADS 4 バイト	4 バイト実数バイナリ形式 big_endian	ctl ファイル	
GrADS 2 バイト	2 バイト符号あり整数バイナリ形式 big_endian	ctl ファイル	
GRIB	GRIB	ctl ファイル	
netCDF	netCDF	ヘッダ内	台風トラック

なお台風トラックデータは、後処理で作成する。

3.2. ファイル

以下、各実験（①、③～⑤）の情報ごとに、ファイルの説明をまとめる。要素の略号は 3.3 で後述する。

①高解像度実験（全球及び日本域気候予測データ）

○実験名：

20 世紀末： SPA_m01, SPA_m02, SPA_m03, SPA_m04

21 世紀末 (RCP2.6)： SFA_rcp26, SFA_rcp26_c1, SFA_rcp26_c2, SFA_rcp26_c3

21 世紀末 (RCP8.5)： SFA_rcp85, SFA_rcp85_c1, SFA_rcp85_c2, SFA_rcp85_c3

○データ期間

20 世紀末 1979～2004 年（25 年間）

※m01 のみ、2010/08 まで延長

21 世紀末 2075～2099 年（25 年間）

○各ファイル情報

EXP には実験名、yyyy には西暦年、mm([01～12]) には月が入る。

・大気 3 次元 12 時間瞬間値（水平 2.5 度）

ファイル名： atm_24levs_snp_12hr_2.5deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報： 12 時間間隔、瞬間値

空間情報： 全球、水平 2.5 度平均、鉛直 24 層

データ形式： GrADS

要素 (5)： U,V,T,Z,OMEGA

・大気 3 次元月平均値（水平 1.25 度）

ファイル名： atm_avr_mon_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報： 1 か月間隔、平均値

空間情報： 全球、水平 1.25 度平均、鉛直 24 層

データ形式： GrADS

要素 (20)： U,V,OMEGA,Z,T,Q, RH, CVR,CWC, RSHRT, RLONG, HRCV, HRLC, QU, QV, OZON,
UU, VV, UV, WMSK

・大気 3 次元 6 時間瞬間値（水平 1.25 度）

ファイル名： atm_snp_6hr_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値
空間情報 : 全球、水平 1.25 度平均、鉛直 12 層
データ形式 : GrADS
要素 (7) : U, V, T, Q, Z, CWC, OMEGA

・ 大気 2 次元 6 時間瞬間値 (2 バイト)

ファイル名 : atm_snp_6hr_2byte_EXP_yyyymm.dr
時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値
空間情報 : 全球
データ形式 : GrADS (2 バイト圧縮)
要素 (14) : U850, U700, U500, U300, V850, V700, V500, V300, T850, T700, T500, T300, OMG700, OMG300

・ 大気東西平均 2 次元月平均値

ファイル名 : atm_zonal_avr_mon_EXP_yyyymm.grib
時間情報 : 1 か月間隔、平均値
空間情報 : 全球 (東西平均値)、鉛直 24 層
データ形式 : GRIB
要素 (20) : U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, HRCV, HRLC, QU, QV, OZON, UU, VV, UV, WMSK

・ 大気東西平均 2 次元日平均値

ファイル名 : epflux_avr_day_EXP_yyyymm.grib
時間情報 : 1 日間隔、平均値
空間情報 : 全球 (東西平均値)、鉛直 24 層
データ形式 : GRIB
要素 (10) : U, V, T, OMEGA, UV, VT, WU, U_V, V_T, W_U
目的 : EP フラックス計算用

・ 水平 2 次元降水 1 時間平均値

ファイル名 : precipi_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib
時間情報 : 1 時間間隔、平均値
空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
データ形式 : GRIB
要素 (1) : PRECIPI

・ 水平 2 次元 6 時間平均値 (1.25 度)

ファイル名 : sfc_avr_6hr_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 6 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)、1.25 度平均

データ形式 : GrADS

要素 (5) : PRECIPI, PPCI, FLSH, FLLH, ULWT

・ 水平 2 次元日平均値

ファイル名 : sfc_avr_day_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 日間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (2) : TA, PRECIPI

・ 水平 2 次元月平均値

ファイル名 : sfc_avr_mon_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 か月間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (大気、36) : TA, TGEF, SLP, PS, UA, VA, WIND, RHA, QA, PRECIPI, SNP, PPCI, EVSPS, UMOM, VMOM, FLLH, FLSH, DLWB, ULWB, DSWB, USWB, CSDSWB, CSUSWB, CSDLWB, DSWT, USWT, ULWT, CSULWT, CSUSWT, PWATER, TLOUD, TCWC, VINTQU, VINTQV, TOTALHP, TOTALHM

要素 (陸面、20) : WSL010, H2OSLT, ROFS, ROF, EVDWVEG, EVDWSL, TRNSL, H2OSL1, H2OSL2, H2OSL3, TMP SL1, TMP SL2, TMP SL3, TMP SL4, CVRSNWA, SWE, DEPSNW, TMP SNW, EVDWSN, SN2SL

要素 (海面、3) : AICE, YICE, YSNW

・ 水平 2 次元日本域 1 時間平均値

ファイル名 : sfc_japan_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 日本域 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (5) : DLWB, DSWB, QA, TLOUD, PS

目的 : 陸面モデル強制用 (全球の PRECIPI が必要、ただし地上気温 TA が不足)

・ 水平 2 次元日最高

ファイル名 : sfc_max_day_EXP_yyyymm.grib

時間情報：1 日間隔、最大値
空間情報：全球（水平 2 次元）
データ形式：GRIB
要素 (3)：TA, RHA, WIND

・ 水平 2 次元日最低

ファイル名：sfc_min_day_EXP_yyyymm.grib
時間情報：1 日間隔、最小値
空間情報：全球（水平 2 次元）
データ形式：GRIB
要素 (2)：TA, RHA

・ 水平 2 次元 6 時間瞬間値（2 バイト）

ファイル名：sfc_snp_6hr_2byte_EXP_yyyymm.dr
時間情報：6 時間間隔、瞬間値
空間情報：全球（水平 2 次元）
データ形式：GrADS 形式（2 バイト）
要素 (7)：SLP, UAOPN, VAOPN, TA, QA, PS, PRECIPI

※大気鉛直層（24 層）：1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0.5hPa

※大気鉛直層（12 層）：1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100hPa

③マルチシナリオ・マルチ物理実験（マルチシナリオ・マルチ物理予測データ）

○実験名：

20 世紀末 (YS)：HPA_m02, HPA_as_m02, HPA_kf_m02
21 世紀末 (YS, RCP2.6)：HFA_rcp26, HFA_rcp26_c1, HFA_rcp26_c2, HFA_rcp26_c3
21 世紀末 (YS, RCP4.5)：HFA_rcp45, HFA_rcp45_c1, HFA_rcp45_c2, HFA_rcp45_c3
21 世紀末 (YS, RCP6.0)：HFA_rcp60, HFA_rcp60_c1, HFA_rcp60_c2, HFA_rcp60_c3
21 世紀末 (YS, RCP8.5)：HFA_rcp85, HFA_rcp85_c1, HFA_rcp85_c2, HFA_rcp85_c3
21 世紀末 (AS, rcp8.5)：HFA_as_rcp85, HFA_as_rcp85_c1, HFA_as_rcp85_c2, HFA_as_rcp85_c3
21 世紀末 (KF, RCP8.5)：HFA_kf_rcp85, HFA_kf_rcp85_c1, HFA_kf_rcp85_c2, HFA_kf_rcp85_c3

○期間

20 世紀末：1983～2003 年（21 年間）

21 世紀末：2079～2099 年（21 年間）

○ファイル情報

EXP には実験名、yyyy には西暦年、mm([01～12]) には月が入る。

・ 大気 3 次元月平均値（1.25 度）

ファイル名：atm_avr_mon_1.25deg.dr

時間情報：1 か月間隔、平均値

空間情報：全球、水平 1.25 度平均、鉛直 24 層

データ形式：GrADS

要素 (18)：U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, QU, QV, OZON, UU, VV, UV, WMSK

・ 大気東西平均 2 次元月平均値

ファイル名：atm_zonal_avr_mon.dr

時間情報：1 か月間隔、平均値

空間情報：全球（東西平均値）、鉛直 24 層

データ形式：GrADS

要素 (18)：U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, QU, QV, OZON, UU, VV, UV, WMSK（atm_avr_mon に同じ）

・ 水平 2 次元日平均値

ファイル名：sfc_avr_day.dr

時間情報：1 日間隔、平均値

空間情報：全球（水平 2 次元）

データ形式：GrADS

要素 (2)：TA, PRECIPI

・ 水平 2 次元月平均値

ファイル名：sfc_avr_mon.dr

時間情報：1 か月間隔、平均値

空間情報：全球（水平 2 次元）

データ形式：GrADS

要素（大気、32）：TA, TGEF, SLP, PS, UA, VA, WIND, RHA, QA, PRECIPI, SNP, PPCI, EVSPS, UMOM, VMOM, FLLH, FLSH, DLWB, ULWB, DSWB, USWB, CSDSWB, CSUSWB, CSDLWB, DSWT, USWT, ULWT, CSULWT, CSUSWT, PWATER, TLOUD, TCWC

要素（陸面、20）：WSL010, H2OSLT, ROFS, ROF, EVDWVEG, EVDWSL, TRNSL, H2OSL1,

H2OSL2, H2OSL3, TMP SL1, TMP SL2, TMP SL3, TMP SL4, CVRSNWA, SWE, DEPSNW,
TMP SNW, EVDWSN, SN2SL,
要素 (海面、3) : AICE, YICE, YSNW,

※大気鉛直レベル (24 層) : 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50,
30, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0.5hPa

④150 年連続実験 (全球及び日本域 150 年連続実験データ)

○実験名

20km 過去 : SPD

20km 将来 : SFA

60km 過去 : HPD, HPD_m[01~03]

60km 将来 : HFA, HFA_rcp26, HFA_rcp45, HFA_rcp60

○データ期間

過去 : 1950~2014 年 (65 年間)

将来 : 2015~2099 年 (85 年間)

○ファイル

・大気 3 次元 12 時間瞬間値 (2.5 度)

ファイル名 : atm_24levs_snp_12hr_2.5deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 12 時間間隔、瞬間値

空間情報 : 全球、水平 2.5 度平均、鉛直 24 層

データ形式 : GrADS

要素 (5) : U,V,T,Z,OMEGA

・大気 3 次元月平均値 (1.25 度)

ファイル名 : atm_avr_mon_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 1 か月間隔、平均値

空間情報 : 全球、水平 1.25 度平均、鉛直 24 層

データ形式 : GrADS

要素 (20) : U,V,OMEGA,Z,T,Q, RH, CVR,CWC, RSHRT, RLONG, HRCV, HRLC, QU, QV, OZON,

UU, VV, UV, WMSK

・大気 3 次元 6 時間瞬間値 (1.25 度)

ファイル名 : atm_snp_6hr_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値

空間情報：全球、水平 1.25 度平均、鉛直 12 層

データ形式：GrADS

要素 (7)：U, V, T, Q, Z, CWC, OMEGA

・ 大気 2 次元 6 時間瞬間値 (2 バイト)

ファイル名：atm_snp_6hr_2byte_EXP_yyyymm.dr

時間情報：6 時間間隔、瞬間値

空間情報：全球

データ形式：GrADS (2 バイト圧縮)

要素 (14)：U850, U700, U500, U300, V850, V700, V500, V300, T850, T700, T500, T300, OMG700, OMG300

・ 大気東西平均 2 次元月平均値

ファイル名：atm_zonal_avr_mon_EXP_yyyymm.dr

時間情報：1 か月間隔、平均値

空間情報：全球 (東西平均値)、鉛直 24 層

データ形式：GrADS

要素 (20)：U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, HRCV, HRLC, QU, QV, OZON, UU, VV, UV, WMSK

・ 大気東西平均 2 次元日平均値

ファイル名：epflux_avr_day_EXP_yyyymm.dr

時間情報：1 日間隔、平均値

空間情報：全球 (東西平均値)、鉛直 24 層

データ形式：GrADS

要素 (10)：U, V, T, OMEGA, UV, VT, WU, U_V, V_T, W_U

目的：EP フラックス計算用

・ 水平 2 次元降水 1 時間平均値

ファイル名：precipi_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報：1 時間間隔、平均値

空間情報：全球 (水平 2 次元)

データ形式：GRIB

要素 (1)：PRECIPI

・ 水平 2 次元 3 時間平均値

ファイル名：sfc_avr_3hr_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 3 時間間隔、平均値
空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
データ形式 : GrADS
要素 (5) : ROF, ROFS, DLWB, DSWB, TLOUD

・ 水平 2 次元 6 時間平均値

ファイル名 : sfc_avr_6hr_1.25deg_EXP_yyyyymm.dr
時間情報 : 6 時間間隔、平均値
空間情報 : 全球 (水平 2 次元)、1.25 度
データ形式 : GrADS
要素 (5) : PRECIP, PPCI, FLSH, FLLH, ULWT

・ 水平 2 次元日平均値

ファイル名 : sfc_avr_day_EXP_yyyyymm.dr
時間情報 : 1 日間隔、平均値
空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
データ形式 : GrADS
要素 (2) : TA, PRECIP

・ 水平 2 次元月平均値

ファイル名 : sfc_avr_mon_EXP_yyyyymm.dr
時間情報 : 1 か月間隔、平均値
空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
データ形式 : GrADS
要素 (大気、36) : TA, TGEF, SLP, PS, UA, VA, WIND, RHA, QA, PRECIP, SNP, PPCI, EVSPS, UMOM, VMOM, FLLH, FLSH, DLWB, ULWB, DSWB, USWB, CSDSWB, CSUSWB, CSDLWB, DSWT, USWT, ULWT, CSULWT, CSUSWT, PWATER, TLOUD, TCWC, VINTQU, VINTQV, TOTALHP, TOTALHM
要素 (陸面、20) : WSL010, H2OSLT, ROFS, ROF, EVDWVEG, EVDWSL, TRNSL, H2OSL1, H2OSL2, H2OSL3, TMPSL1, TMPSL2, TMPSL3, TMPSL4, CVRSNWA, SWE, DEPSNW, TMPSNW, EVDWSN, SN2SL
要素 (海面、3) : AICE, YICE, YSNW

・ 水平 2 次元日本域 1 時間平均値

ファイル名 : sfc_japan_avr_1hr_EXP_yyyyymm.dr
時間情報 : 1 時間間隔、平均値
空間情報 : 日本域 (水平 2 次元)

データ形式 : GrADS

要素 (5) : DLWB, DSWB, QA, TLOUD, PS

目的 : 陸面モデル強制用 (全球の PRECIPI, TA が必要)

・ 水平 2 次元日最高

ファイル名 : sfc_max_day_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 1 日間隔、最大値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GrADS

要素 (3) : TA, RHA, WIND

・ 水平 2 次元日最低

ファイル名 : sfc_min_day_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 1 日間隔、最小値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GrADS

要素 (2) : TA, RHA

・ 水平 2 次元 3 時間平均値

ファイル名 : sfc_snp_3hr_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 3 時間間隔、瞬間値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GrADS

要素 (大気、2) : QA, TGEF

要素 (陸面、1) : WSL010

・ 水平 2 次元 6 時間瞬間値 (2 バイト)

ファイル名 : sfc_snp_6hr_2byte_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GrADS 形式 (2 バイト)

要素 (7) : SLP, UAOPN, VAOPN, TA, QA, PS, PRECIPI

・ 水平 2 次元日平均値

ファイル名 : sfc_souseid_avr_day_yyyymm.grib

時間情報 : 1 日間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (大気、4) : WIND, RHA, TLOUD, FLLH

要素 (陸面、9) : TMPGRD, TRNSL, EVPSL, PRCSL, SN2SL, H2OSL1, H2OSL2, H2OSL3, SWE

・ 水平 2 次元海面更正気圧 1 時間平均値

ファイル名 : slp_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (1) : SLP

・ 水平 2 次元地上気温 1 時間平均値

ファイル名 : ta_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (1) : TA

・ 水平 2 次元東西風速 1 時間平均値

ファイル名 : ua_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (1) : UA

・ 水平 2 次元南北風速 1 時間平均値

ファイル名 : va_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (1) : VA

⑤ 大規模アンサンブル実験 (全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ))

○ 実験名 :

非温暖化条件実験 : HPB_NAT_m[001~100]

20 世紀末実験 : HPB_m[001~100]

1.5 °C 昇温実験 : HFB_1.5K_CC_m[001 ~ 009], HFB_1.5K_GF_m[001 ~ 009],

HFB_1.5K_HA_m[001~009], HFB_1.5K_MI_m[001~009], HFB_1.5K_MP_m[001~009],
HFB_1.5K_MR_m[001~009]
2°C 昇温実験 : HFB_2K_CC_m[101~109], HFB_2K_GF_m[101~109], HFB_2K_HA_m[101~
109], HFB_2K_MI_m[101~109], HFB_2K_MP_m[101~109], HFB_2K_MR_m[101~109]
4°C 昇温実験 : HFB_4K_CC_m[101~115], HFB_4K_GF_m[101~115], HFB_4K_HA_m[101~
115], HFB_4K_MI_m[101~115], HFB_4K_MP_m[101~115], HFB_4K_MR_m[101~115]

○データ期間

非温暖化条件実験 : 1950~2010 年 (60 年間)
20 世紀末実験 : 1951~2011 年 (61 年間)
1.5°C 昇温実験 : 2078~2110 年 (33 年間)
2°C, 4°C 昇温実験 : 2031~2091 年 (61 年間)

○各ファイル情報

EXP には実験名、yyyy には西暦年、mm([01~12]) には月が入る。

・大気 3 次元 12 時間瞬間値 (2.5 度)

ファイル名 : atm_24levs_snp_12hr_2.5deg_EXP_yyyymm.dr
時間情報 : 12 時間間隔、瞬間値
空間情報 : 全球、水平 2.5 度平均、鉛直 24 層
データ形式 : GrADS
要素 (5) : U, V, T, Z, OMEGA

・大気 3 次元月平均値 (1.25 度)

ファイル名 : atm_avr_mon_1.25deg_EXP_yyyymm.dr
時間情報 : 1 か月間隔、平均値
空間情報 : 全球、水平 1.25 度平均、鉛直 24 層
データ形式 : GrADS
要素 (18) : U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, QU, QV, OZON, UU, VV,
UV, WMSK

・大気 3 次元 6 時間瞬間値 (1.25 度平均)

ファイル名 : atm_snp_6hr_1.25deg_EXP_yyyymm.dr
時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値
空間情報 : 全球、水平 2.5 度平均、鉛直 12 層
データ形式 : GrADS
要素 (7) : U, V, T, Q, Z, CWC, OMEGA

- ・ 大気 2 次元 6 時間瞬間値 (2 バイト)

ファイル名 : atm_snp_6hr_21byte_EXP_yyyymm.dr

時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値

空間情報 : 全球

データ形式 : GrADS

要素 (14) : U850, U700, U500, U300, V850, V700, V500, V300, T850, T700, T500, T300, OMG500, OMG300

- ・ 大気東西平均 2 次元月平均値

ファイル名 : atm_zonal_avr_mon_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 か月間隔、平均値

空間情報 : 全球 (東西平均値)、鉛直 24 層

データ形式 : GRIB

要素 (18) : U, V, OMEGA, Z, T, Q, RH, CVR, CWC, RSHRT, RLONG, QU, QV, OZON, UU, VV, UV, WMSK

- ・ 大気東西平均 2 次元日平均値

ファイル名 : epflux_avr_day_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 日間隔、平均値

空間情報 : 全球 (東西平均値)、鉛直 24 層

データ形式 : GRIB

要素 (10) : U, V, T, OMEGA, UV, VT, WU, U_V, V_T, W_U

目的 : EP フラックス計算用

- ・ 水平 2 次元降水 1 時間平均値

ファイル名 : precipi_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 1 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素 (1) : PRECIPI

- ・ 水平 2 次元 3 時間平均値

ファイル名 : sfc_avr_3hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報 : 3 時間間隔、平均値

空間情報 : 全球 (水平 2 次元)

データ形式 : GRIB

要素（陸面、2）：ROF, ROFS

- ・ 水平 2 次元 6 時間平均値（1.25 度）

ファイル名：sfc_avr_6hr_1.25deg_EXP_yyyymm.dr

時間情報：6 時間間隔、平均値

空間情報：全球（水平 2 次元）、1.25 度平均

データ形式：GrADS

要素 (5)：PRECIPI, PPCI, FLSH, FLLH, ULWT

- ・ 水平 2 次元日平均値

ファイル名：sfc_avr_day_EXP_yyyymm.grib

時間情報：1 日間隔、平均値

空間情報：全球（水平 2 次元）

データ形式：GRIB

要素 (2)：TA, PRECIPI

- ・ 水平 2 次元月平均値

ファイル名：sfc_avr_mon_EXP_yyyymm.grib

時間情報：1 か月間隔、平均値

空間情報：全球（水平 2 次元）

データ形式：GRIB

要素（大気、36）：TA, TGEF, SLP, PS, UA, VA, WIND, RHA, QA, PRECIPI, SNP, PPCI, EVSPS, UMOM, VMOM, FLLH, FLSH, DLWB, ULWB, DSWB, USWB, CSDSWB, CSUSWB, CSDLWB, DSWT, USWT, ULWT, CSULWT, CSUSWT, PWATER, TLOUD, TCWC, VINTQU, VINTQV, TOTALHP, TOTALHM

要素（陸面、20）：WSL010, H2OSLT, ROFS, ROF, EVDWVEG, EVDWSL, TRNSL, H2OSL1, H2OSL2, H2OSL3, TMP SL1, TMP SL2, TMP SL3, TMP SL4, CVRSNWA, SWE, DEPSNW, TMPSNW, EVDWSN, SN2SL

要素（海面、3）：AICE, YICE, YSNW

- ・ 水平 2 次元日本域 1 時間平均値

ファイル名：sfc_japan_avr_1hr_EXP_yyyymm.grib

時間情報：1 時間間隔、平均値

空間情報：日本域（水平 2 次元）

データ形式：GRIB

要素 (8)：SLP, UAOPN, VAOPN, TA, QA, DLWB, DSWB, TLOUD

- ・ 水平 2 次元日最高
 ファイル名 : sfc_max_day_EXP_yyyymm.grib
 時間情報 : 1 日間隔、最大値
 空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
 データ形式 : GRIB
 要素 (3) : TA, RHA, WIND

- ・ 水平 2 次元日最低
 ファイル名 : sfc_min_day_EXP_yyyymm.grib
 時間情報 : 1 日間隔、最小値
 空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
 データ形式 : GRIB
 要素 (2) : TA, RHA

- ・ 水平 2 次元 6 時間瞬間値 (2 バイト)
 ファイル名 : sfc_snp_6hr_2byte_EXP_yyyymm.dr
 時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値
 空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
 データ形式 : GrADS (2 バイト)
 要素 (7) : SLP, UAOPN, VAOPN, TA, QA, PS, PRECIPI

- ・ 水平 2 次元日平均値
 ファイル名 : sfc_souseid_yyyymm.grib
 時間情報 : 6 時間間隔、瞬間値
 空間情報 : 全球 (水平 2 次元)
 データ形式 : GRIB
 要素 (大気、4) : WIND, RHA, TLOUD, FLLH
 要素 (陸面、9) : TMPGRD, TRNSL, EVPSL, PRCSL, SN2SL, H2OSL1, H2OSL2, H2OSL3, SWE

- ・ 台風トラック
 ファイル名 : EXP.nc
 データ形式 : netCDF
 要素 : 識別番号、ステップ番号、年月日時、位置 (経度、緯度)、850hPa 最大風速、地上最大風速、最低海面更生気圧、環境場との海面更生気圧差、300/500/700hPa での中心気温偏差、300hPa と 850hPa での気圧差

※大気鉛直層 (24 層) : 1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30,

20, 15, 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0.5hPa

※大気鉛直層（12層）：1000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100hPa

3.3. 要素

3次元大気物理量

U	東西風速（西風）	[m/s]
V	南北風速（南風）	[m/s]
T	気温	[K]
Z	ジオポテンシャル高度	[m ² /s ²]
OMEGA	鉛直速度（P面速度）	[Pa/s]
Q	絶対湿度	[kg/kg]
RH	相対湿度	[%]
CVR	雲量	[%]
CWC	雲水量	[kg/kg]
RSHRT	短波放射加熱率	[K/s]
RLONG	長波放射加熱率	[K/s]
HRCV	積雲による加熱率	[K/s]
HRLC	大規模凝結による加熱率	[K/s]
QU	水蒸気東西フラックス	[kg/kg m/s]
QV	水蒸気南北フラックス	[kg/kg m/s]
OZON	オゾン濃度	[ppmv]
UU	東西運動量フラックス	[m ² /s ²]
VV	南北運動量フラックス	[m ² /s ²]
UV	東西風速×南北風速	[m ² /s ²]
VT	南北風速×気温	[Km/s]
WMSK	気圧露出マスク	[0-1]
WU	鉛直速度 × 東西風速	[Pa/s m/s]
U_V	西風（時間平均）×南風（時間平均）	[m ² /s ²]
V_T	南風（時間平均）×気温（時間平均）	[m ² /s ²]
W_U	鉛直速度（時間平均）×西風（時間平均）	[Pa/s m/s]

2次元大気物理量

PRECIPI	全降水量	[kg/m ² /s]
TA	地上気温	[K]
PPCI	対流性降水量	[kg/m ² /s]

FLSH	顕熱フラックス	[W/m ²]
FLLH	潜熱フラックス	[W/m ²]
ULWT	OLR (大気上端上向き放射)	[W/m ²]
TGEF	有効放射温度	[K]
SLP	海面更正気圧	[Pa]
PS	地上気圧	[Pa]
UA	地上東西風速	[m/s]
VA	地上南北風速	[m/s]
WIND	地上風速	[m/s]
RHA	地上相対湿度	[%]
QA	地上絶対湿度	[kg/kg]
SNP	降雪量	[kg/m ² /s]
EVSPS	地表面蒸発散フラックス	[kg/m ² /s]
UMOM	地表面東西運動量フラックス	[N/m ²]
VMOM	地表面南北運動量フラックス	[N/m ²]
DLWB	地上下向き長波放射	[W/m ²]
ULWB	地上上向き長波放射	[W/m ²]
DSWB	地上下向き短波放射	[W/m ²]
USWB	地上上向き短波放射	[W/m ²]
CSDSWB	地上晴天下向き短波放射	[W/m ²]
CSUSWB	地上晴天上向き短波放射	[W/m ²]
CSDLWB	地上晴天下向き長波放射	[W/m ²]
DSWT	大気上端下向き短波放射	[W/m ²]
USWT	大気上端上向き短波放射	[W/m ²]
ULWT	大気上端上向き長波放射	[W/m ²]
CSULWT	大気上端晴天上向き長波放射	[W/m ²]
CSUSWT	大気上端晴天上向き短波放射	[W/m ²]
PWATER	可降水量	[kg/m ²]
TCLOUD	全雲量	[%]
TCWC	全雲水量	[kg/m ²]

陸面物理量

ROF	全河川流出量	[kg/m ² /s]
ROFS	表面流出量	[kg/m ² /s]
WSL010	土壌表層 10cm 水分量	[kg/m ²]

H2OSLT	土壌全層水分量	[kg/m ²]
EVDWVEG	葉への結露－蒸発	[kg/m ² /s]
EVDWSL	土壌への結露－蒸発	[kg/m ² /s]
TRNSL	土壌からの蒸散	[kg/m ² /s]
H2OSL1	土壌第1層水分質量	[kg/m ²]
H2OSL2	土壌第2層水分質量	[kg/m ²]
H2OSL3	土壌第3層水分質量	[kg/m ²]
TMPSL1	土壌第1層温度	[K]
TMPSL2	土壌第2層温度	[K]
TMPSL3	土壌第3層温度	[K]
TMPSL4	土壌第4層温度	[K]
CVRSNWA	積雪被覆率	[0-1]

海洋物理量

AICE	海氷密接度	[0-1]
YICE	海氷質量	[kg/m ²]
YSNW	海氷上積雪量	[kg/m ²]

3.4. 詳細情報

3.4.1. 2バイトデータの変換方法について

2バイト（8bit）整数データは、-32768～32767の値をとる（32768=2¹⁵である）。表5に示す式に代入することで実際の物理量に変換することができる。

表 5: 2バイトデータの変換式

物理量	変換式	単位	備考
海面更生気圧 SLP	$X + 100000$	[Pa]	
地上気圧 PS	$X + 75000$	[Pa]	
水平風速 U, V, UA, VA	$X \times 0.01$	[m/s]	
鉛直速度 OMEGA, OMG	$X \times 0.001$	[Pa/s]	
気温 T, TA	$X \times 0.005 + 273.15$	[K]	
比湿 Q, QA	$X \times 0.000001 + 0.02$	[kg/kg]	
降水量 PRECIPI	$X \times 0.000001 + 0.03$	[kg/m ² /s]	

3.4.2. データハンドリングの方法について

MOMOで作成されたデータはGrADS*1（Grid Analysis and Display System）を用いて使用することが最も簡便である。GrADSは、気象・気候データの解析・可視化において広く使用されているツールであり、GrADSを用いて解析・可視化を行うことを推奨する。

*1 GrADS (<http://cola.gmu.edu/grads/>)

3.4.3. 台風トラックデータについて

大規模アンサンブル実験では、事後処理で台風に相当すると考えられる熱帯低気圧の中心付近の情報を作り、台風トラックデータとして作成・公開している。

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

全球モデルによる各種実験の出力値については、バイアス補正は行っていない。

4.2. 各予測要素の特徴

本節では、全球モデル実験における全球規模および日本付近の気候再現性と将来予測について、気温と降水量を対象にその特徴を整理するとともに、CMIP5 および CMIP6 のマルチモデル実験の結果と比較する。

4.2.1. 現在気候の再現性

20km 格子全球モデル (MRI-AGCM20) の地上気温の気候値とモデルバイアスについて図 9 に示す。冬季は、北半球中緯度陸上で低温バイアス、両半球の極域で高温バイアスが見られる。夏季は、北半球陸上のバイアスは冬季より小さいものの、ユーラシア大陸中緯度やアフリカ大陸で高温バイアスが見られる。60km 格子全球モデル (MRI-AGCM60) も同様のバイアス特性をもつ (図省略)。

MRI-AGCM20 の降水量の気候値とモデルバイアスを図 10 に示す。熱帯域では赤道収束帯 (ITCZ) 付近で多雨バイアスが見られる。冬季の北太平洋中緯度域で多雨バイアスが見られる。MRI-AGCM60 も同様のバイアス特性をもつ (図省略)。

日本付近の降水量の気候値とモデルバイアスを図 11 に示す。年平均の降水量バイアスは小さいが、冬季は、太平洋の中緯度域や日本海で多雨バイアスが見られる。夏季は、梅雨・メイユ降水帯の北側で少雨バイアス、太平洋の亜熱帯域で多雨バイアスが見られる。MRI-AGCM20 と MRI-AGCM60 のバイアス特性は似ているが、夏季の少雨バイアスは MRI-AGCM20 の方が小さい。

地上気温および降水量の気候値の空間分布再現性について、東アジアと全球を対象に MRI-AGCM と CMIP5 マルチモデルを Taylor ダイアグラムにより評価した (図 12)。CMIP5 マルチモデルでは、大気海洋結合モデル実験 (historical 実験) よりも大気モデル実験 (amip 実験) の方が総じて再現性が高い傾向が見られる。前者ではモデルが表現する海洋状態は誤差を含むためそれが大気の誤差要因となるのに対し、後者では観測された海面水温 (正解) を大気モデルに与えているためである。ただし例外として、夏季東アジアの降水量分布では結合モデル実験の方が高い再現精度を示す傾向がある (図 12f)。MRI-AGCM は CMIP5 マルチモデルよりも総じて高い再現精度を示す。MRI-AGCM の高い再現精度は世界の他の地域でも確認されている (Ito et al., 2020b)。MRI-AGCM で異なる積雲対流スキームを用いた実験では、降水量分布において、KF 積雲スキームの場合は YS 積雲スキーム (標準実験) と同程度の再現精度を示し、AS 積雲スキームの場合は相対的にやや低い再現精度を示す。大気解像度の違い (MRI-AGCM20 と MRI-AGCM60) による再現性能の違いは小さい。

4.2.2. 将来予測の特徴

(1) 全球平均気温

全球平均した年平均地上気温偏差の時系列を図 13 に示す。20 世紀末（1984～2003 年平均）に対する 21 世紀末（2080～2099 年）の昇温量は、高解像度実験（データセット①）では、RCP2.6、RCP8.5 の各シナリオで、1.0℃、3.6℃である（いずれもアンサンブル平均値、以降の記載も同様）。マルチシナリオ・マルチ物理実験（データセット③）では、RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 の各シナリオで、1.0℃、1.8℃、2.2℃、3.6℃である。データセット①と③では同一の海面水温（SST）を用いているため両者の昇温量はほぼ同じである。

150 年連続実験（データセット④）における 21 世紀末の昇温量は、RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0、RCP8.5 の各シナリオで、0.9℃、1.8℃、2.2℃、3.8℃である。RCP2.6/RCP4.5/RCP6.0 シナリオ予測では、データセット④と③ではほぼ同じ将来 SST を与えているため（ただし、年々変動成分の与え方が少し異なる）、両者の昇温量はほぼ同じである。一方で RCP8.5 シナリオ予測では、データセット④と③では将来 SST が異なるため（詳細は 1.2.2.3 を参照）、両者の昇温量に違いが見られる。

大規模アンサンブル実験（d4PDF シリーズ、データセット⑤）における昇温量（20 世紀末に対する偏差）は、1.5℃上昇実験、2℃上昇実験、4℃上昇実験でそれぞれ、0.8℃、1.4℃、3.5℃である。非温暖化実験からの偏差はそれぞれ、1.5℃、2.1℃、4.2℃である。このデータセットの将来実験では、長期トレンドを取り除いた SST や温室効果ガスを与えているため、他のデータセットとは異なり、気温の長期トレンドは見られない。

ここで、CMIP5 マルチモデルによる予測結果を図 14 に示す。IPCC (2013)によれば、20 世紀末（1986～2005 年平均）に対する 21 世紀末（2081～2100 年平均）の昇温量は、RCP2.6 シナリオでは平均で 1.0℃（可能性が高い予測幅：0.3～1.7℃）、RCP8.5 シナリオでは平均で 3.7℃（可能性が高い予測幅：2.6～4.8℃）である。データセット①および③～⑤（以降では、本データセットと呼ぶ）の昇温量は CMIP5 モデル平均とほぼ一致している。一方で、本データセットの予測幅は CMIP5 モデルの予測幅と比べて大幅に小さい。これは、MRI-AGCM による一連の温暖化実験ではモデルの違いによる気候感度の不確実性が考慮されていないことに起因する。この点については本データセットを利用する際は十分に留意して頂きたい。

(2) 全球的な分布

MRI-AGCM20 の地上気温変化（RCP8.5 シナリオ、21 世紀末）の全球分布を図 15a-c に示す。大規模な特徴として、陸上の昇温が海上よりも大きいこと、高緯度の昇温が低緯度より大きいこと、北半球の昇温が南半球よりも大きいことが挙げられる。ただし季節性もあり、北極域では冬季の昇温が大きい一方で夏季の昇温は小さく、北半球亜熱帯～中緯度の乾燥域では夏季の昇温が大きい。このような特徴は CMIP5 モデル平均で見られるものとおおむね一致する（図 15d-f）。

MRI-AGCM20 の降水量変化（図 16a-c）の大規模な特徴として、熱帯域および中高緯度域で増加、亜熱帯域で減少の傾向が見られる。熱帯域の海上では、太平洋赤道域やインド洋西部など、SST 昇

温が周囲よりも相対的に大きな海域で降水量が増加する傾向が見られる。モンスーン地域では雨季の降水量が増加する傾向が見られる。このような特徴は CMIP5 モデル平均で見られるものとおおむね一致する（図 16d-f）。両者の目立つ相違点としては、6-8 月平均（JJA）の北西熱帯太平洋、12-2 月平均（DJF）の太平洋西部赤道域や南米などである。

（3）日本付近

1) 気温

日本付近で領域平均（図 17）した気温の将来変化を図 18～20 に示す。本データセットの予測値はおおむね CMIP5 モデル予測の平均値付近に位置している。例えば、高解像度実験（データセット①）における 21 世紀末の昇温量は、RCP2.6 シナリオで 1.1°C、RCP8.5 シナリオで 4.0°C に対して、CMIP5 モデル平均の昇温量はそれぞれ、1.3°C、4.0°C である。一方で、本データセットの予測幅は CMIP5 モデルの予測幅と比べて大幅に小さいことが分かる。例えば、大規模アンサンブル実験（データセット⑤）の 4°C 上昇実験のメンバー間のばらつき（標準偏差）は 0.33°C に対して、CMIP5 モデル間のばらつきは 0.85°C である。これは前述の通り、MRI-AGCM による一連の温暖化実験ではモデルの違いによる気候感度の不確実性が考慮されていないことに起因する。この点については本データセットを利用するには十分に留意して頂きたい。なお、CMIP6 モデルは CMIP5 モデルに比べて大きな気温上昇量を予測する傾向がある。これは、CMIP6 モデル群には高気候感度のモデルがいくつか含まれているためである。

高解像度実験（データセット①）における気温変化の空間分布を図 21 に示す。日本付近では高緯度側および大陸側ほど気温上昇量が大きく、特に冬季にその傾向が顕著である。これは全球規模で見られる昇温パターンの特徴を反映している（図 15）。なお、冬季のオホーツク海の大きな昇温は海水減少に伴うものである。他のデータセット（図省略）、および CMIP5 モデル平均/CMIP6 モデル平均でもおおむね同様の傾向が見られる（図 22、23）。

2) 降水量

日本付近で領域平均した降水量の将来変化を図 24～26 に示す。本データセットの予測を見ると、年降水量は、増加を予測する実験/メンバーが多いものの、減少を予測する実験/メンバーも一定数あり、定性的にも定量的にも不確実性が大きい。季節別では、冬季よりも夏季において増加傾向がやや明瞭である。このような将来変化の特徴は CMIP5 モデル/CMIP6 モデル予測による平均的な変化とおおむね一致する。

本データセットにおける降水量変化の空間分布を図 27～31 に示す。モデルや実験設定の違いにより降水量変化の空間パターンは異なるものの、高排出シナリオ実験（高昇温実験）ほど大きな変化が予測されている。年降水量は、高緯度側及び大陸側で増加する傾向が見られる。日本付近は増減の遷移域に位置するため明瞭な傾向は見られないが、北日本では増加傾向を支持する実験結果が多い。冬季と夏季では降水量変化の空間パターンがやや異なる。冬季は、高緯度側及び大陸側における増加傾向とともに、日本の南海上～北太平洋中緯度（北緯 30 度付近）では減少傾向が見られる。夏季は、東アジアでは大陸上を中心に全般的に増加傾向であるが、日本列島の太平洋側などの一部の

地域では減少するところもある。

MRI-AGCM で予測される上述の特徴は、CMIP5/CMIP6 モデルによる平均的な予測傾向とおおむね整合するが、夏季についてはやや違いが見られる（図 32、33）。すなわち、MRI-AGCM は日本付近の一部で減少傾向を予測するのに対して、CMIP5/CMIP6 モデルの多数は増加傾向を予測している。予測の違いは日本付近だけでなく北西熱帯太平洋でも見られる（図 16）。この原因として、実験方式の違い（大気モデル（AGCM）実験 vs 大気海洋結合モデル（AOGCM）実験）、モデルの気候再現性能の違い（Ose, 2019b）、解像度の違い（Ito et al., 2020a）などが指摘されているが、現時点ではどちらの予測が確からしいのか分かっていない。なお、CMIP5 モデル予測と CMIP6 モデル予測を比較すると、両者の基本的な特徴は似ているが、夏季の降水量増加域の中心は CMIP5 予測では海洋上（日本付近を含む）にあるが CMIP6 予測では大陸上に分布するなどの違いが見られる。

このように、降水量の将来変化はモデルや実験設定の違いにより予測結果が大きくばらつく。すなわち、予測の不確実性が大きい。特に、モデルで用いる積雲対流スキームの違いは降水量予測の主要な不確実要因の一つである（図 31; Endo et al., 2012; Ose, 2019a）。このため、特定の実験データを解析して有意な将来変化が検出されたとしても、その結果には定性的/定量的に大きな不確実性が含まれていることに十分留意して頂きたい。

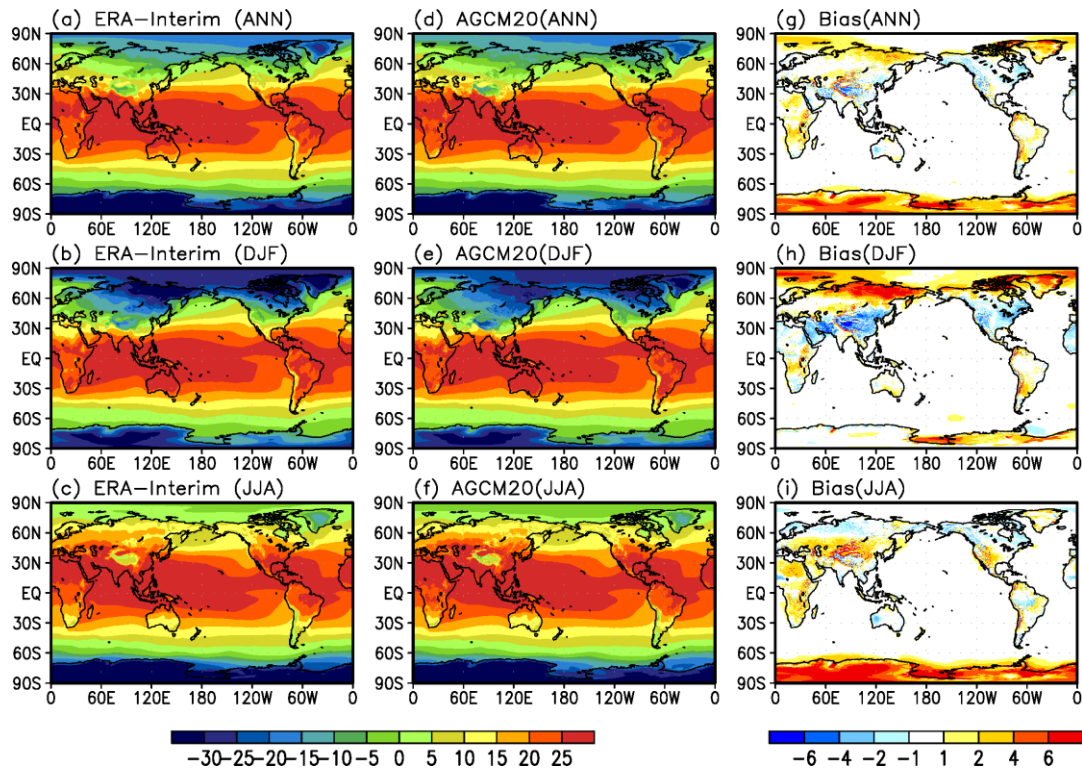


図 9: 地上気温の気候値及びモデルバイアス。(a-c) 再解析 (ERA-Interim)、(d-f) MRI-AGCM20、(g-i) MRI-AGCM20 マイナス ERA-Interim。(上段) 年平均、(中段) 12~2 月平均、(下段) 6~8 月平均。平均期間は 1984~2003 年、単位は°C。

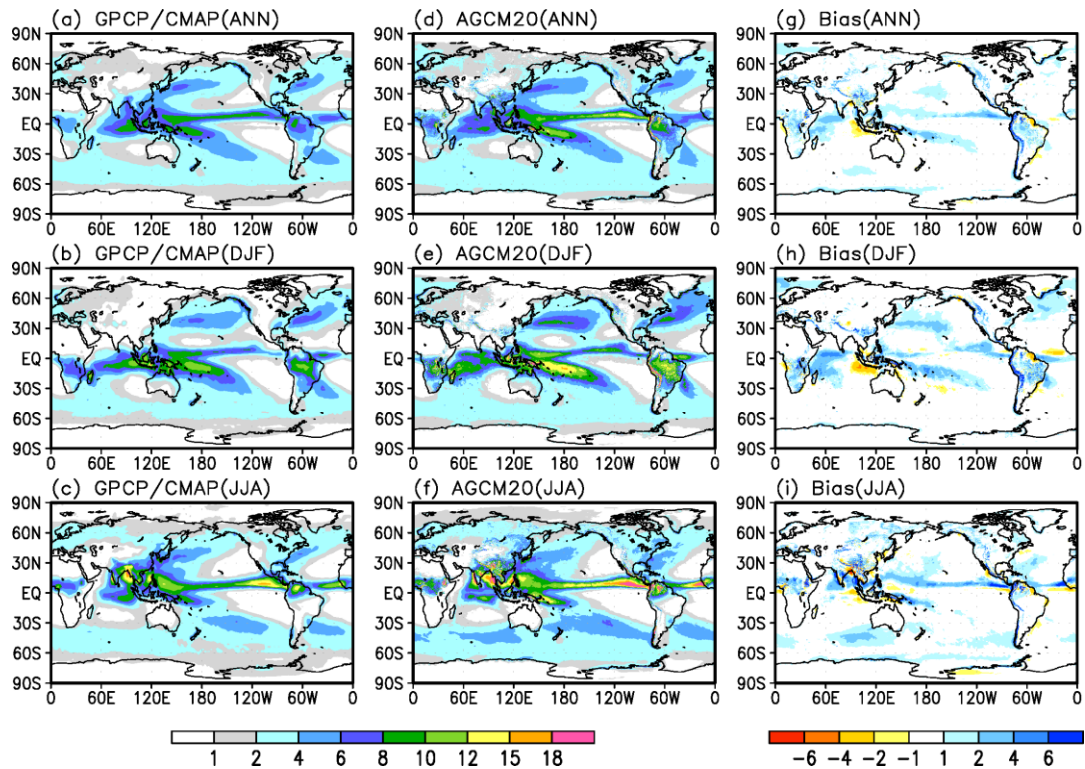


図 10: 図 9 に同じ、ただし降水量 [mm/日]。検証データとして GPCP (Huffman et al., 2009) と CMAP (Xie and Arkin, 1997) の平均値を使用。

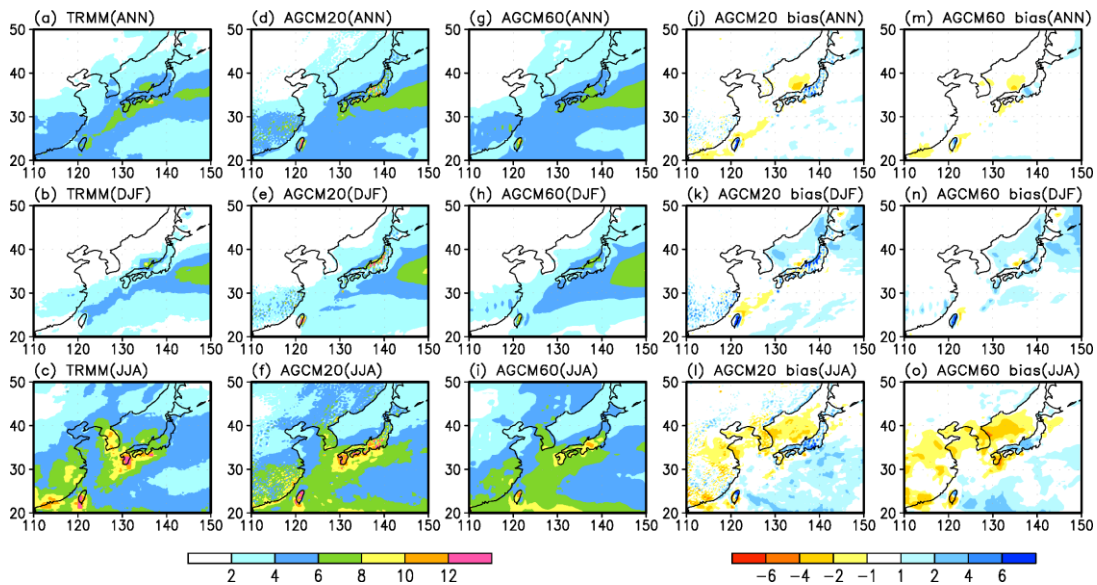


図 11: 日本付近における降水量の気候値及びモデルバイアス。(a-c) 衛星観測 (TRMM-3B42)、(d-f) MRI-AGCM20、(g-i) MRI-AGCM60、(j-l) MRI-AGCM20 マイナス TRMM、(m-o) MRI-AGCM60 マイナス TRMM。年 (上段) 平均、(中段) 12~2月平均、(下段) 6~8月平均。平均期間は、モデルデータは 1984~2003 年、衛星観測データは 1998~2015 年。単位は mm/日。

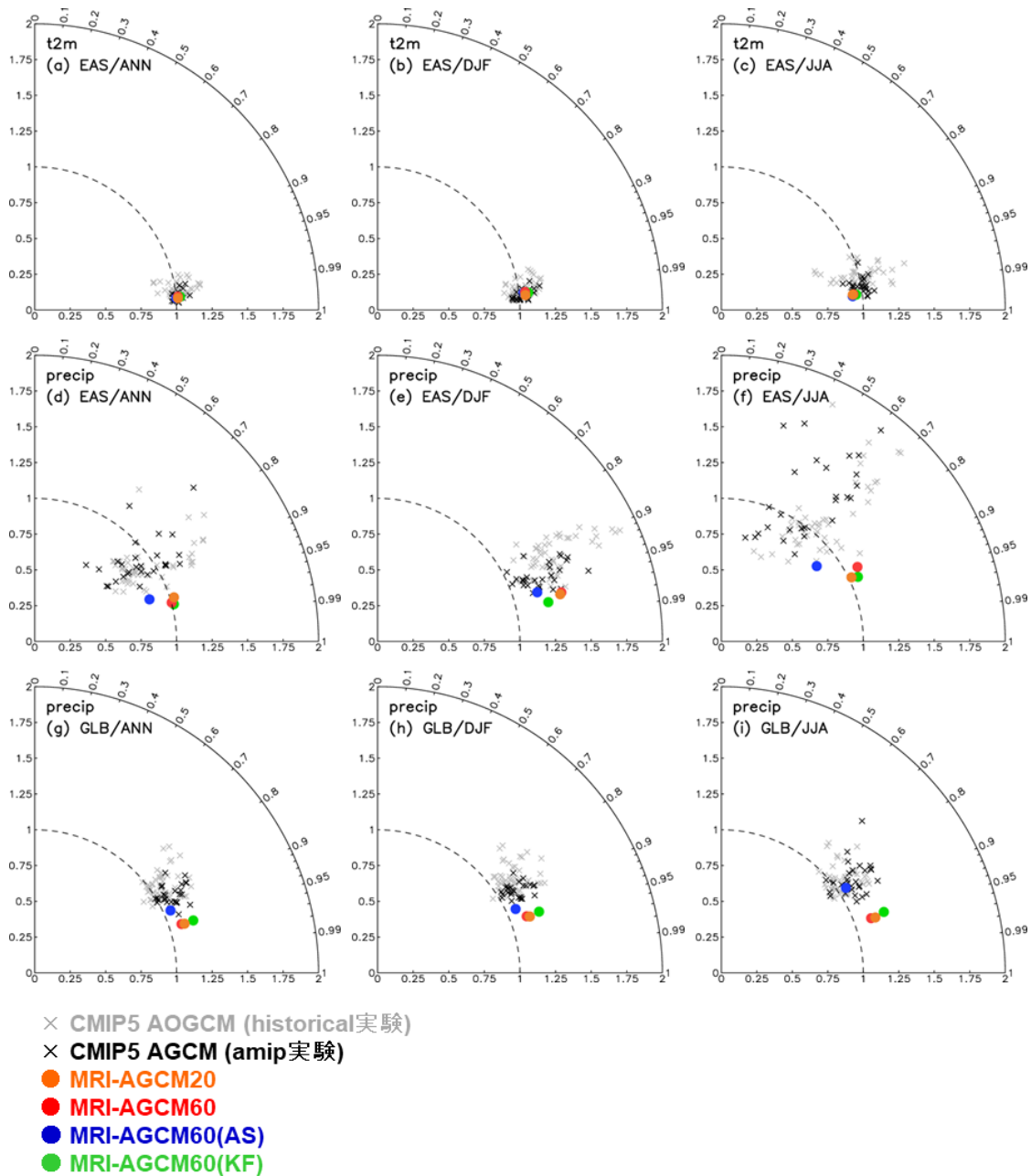


図 12: (a-c) 地上気温及び (d-i) 降水量の気候値分布の再現性 (Taylor ダイアグラム)。対象領域は、(a-f) 東アジア (100°E~160°E、20°N~50°N) と (g-i) 全球 (90°S~90°N)。(左列) 年平均、(中列) 12~2 月平均、(右列) 6~8 月平均。マークの意味は凡例を参照。参照データは、地上気温は ERA-Interim、降水量は GPCP と CMAP の平均値。平均期間は 1984~2003 年。モデル出力値を観測値と同じ緯度経度 2.5 度格子に変換してスコア計算した。地上気温について標高 1000m 以下のグリッドを計算対象とした。

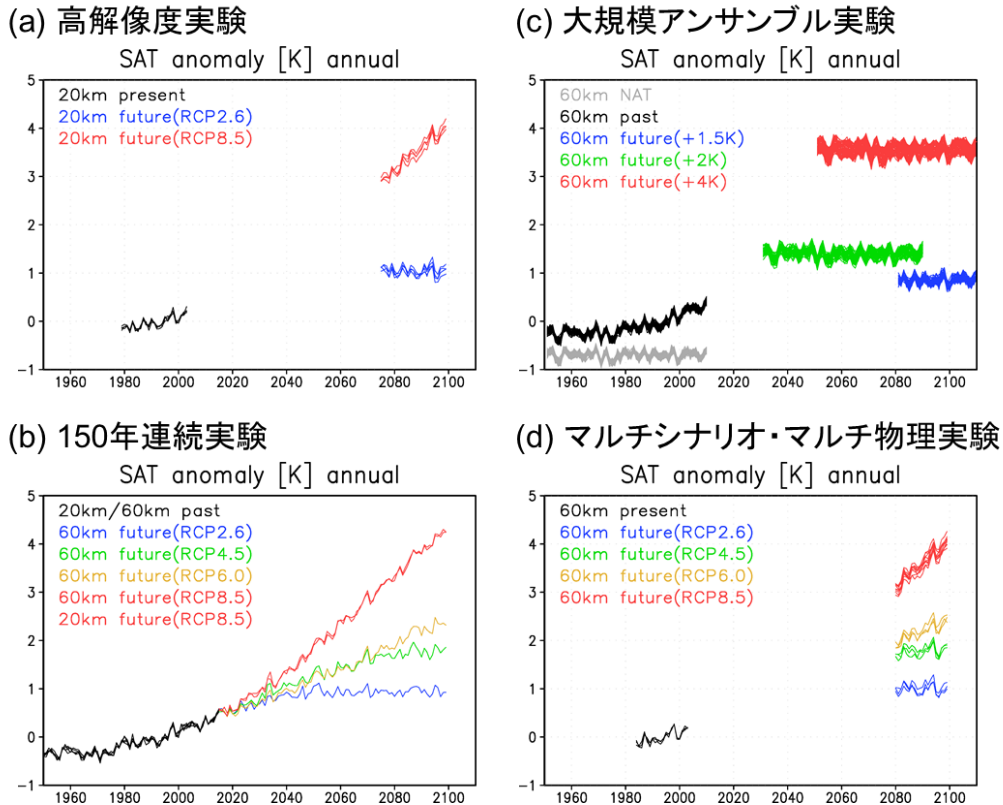


図 13: 全球平均した年平均地上気温偏差の時系列 (1950~2110 年)。(a) 高解像度実験 (データセット①)、(b) 150 年連続実験 (データセット④)、(c) 大規模アンサンブル実験 (d4PDF シリーズ; データセット⑤)、(d) マルチシナリオ・マルチ物理実験 (データセット③)。偏差の基準は 1984~2003 年平均値。単位は $^{\circ}\text{C}$ 。

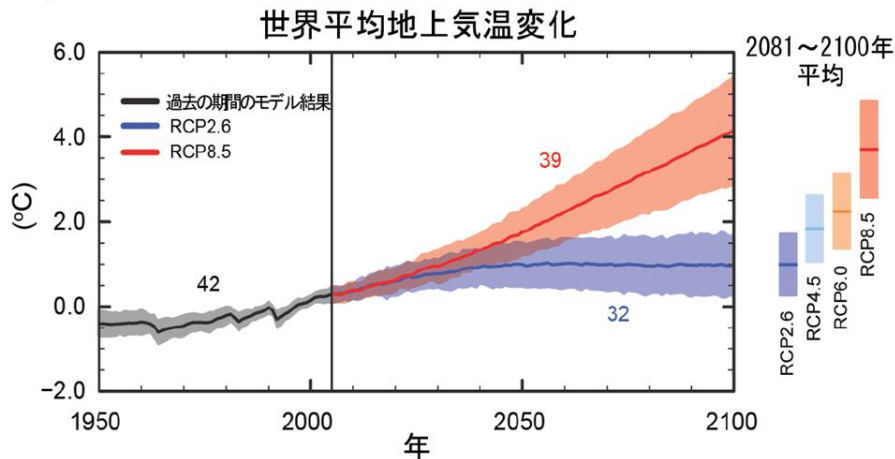


図 14: CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた 1986~2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅 (陰影) の時系列を、RCP2.6 シナリオ (青色) と RCP8.5 シナリオ (赤色) について示す。過去の再現実験を、黒線と灰色の陰影で示す。全ての RCP シナリオに対して、2081~2100 年の平均値と不確実幅を彩色した縦帯で示す。数値は、複数モデル平均の算出で使用した CMIP5 モデルの数を示す。(IPCC 第 5 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約 気象庁訳 (気象庁, 2015) の図 SPM.7 (a) を転載)

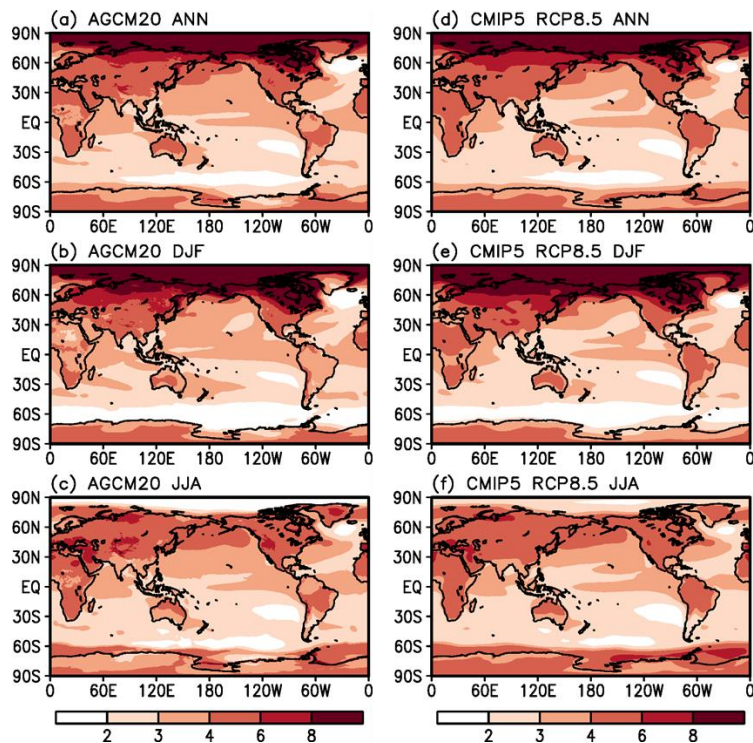


図 15: 地上気温の将来変化 (°C)。(a-c) MRI-AGCM20、(d-f) CMIP5 マルチモデル (42 モデル) 平均。(上段) 年平均、(中段) 12~2 月平均、(下段) 6~8 月平均。将来変化は RCP8.5 シナリオにおける 2080~2099 年平均と 1984~2003 年平均の差。

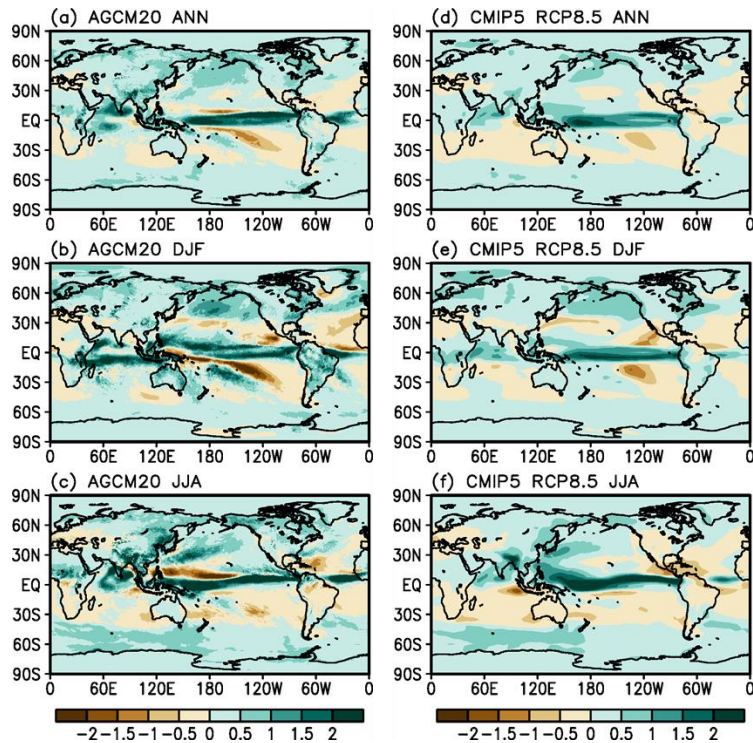


図 16: 図 15 に同じ。ただし降水量の変化 (mm/日)。

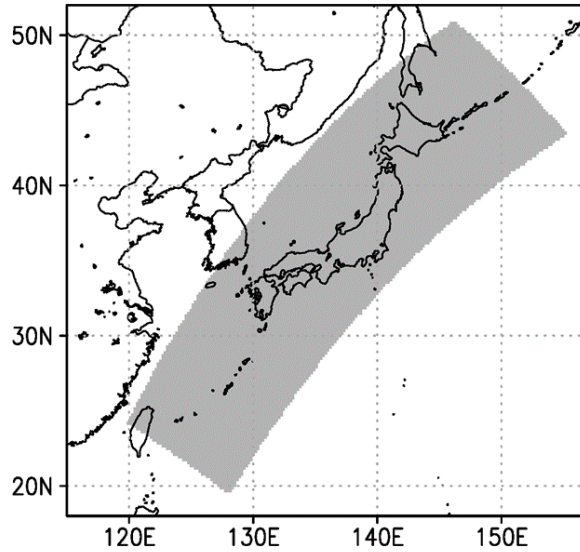


図 17: 日本付近の領域平均値の算出で使用した領域 (Ito et al. (2020a) に基づく)。

Comparison of 6models experiments

VAR: TA SEASON: ann

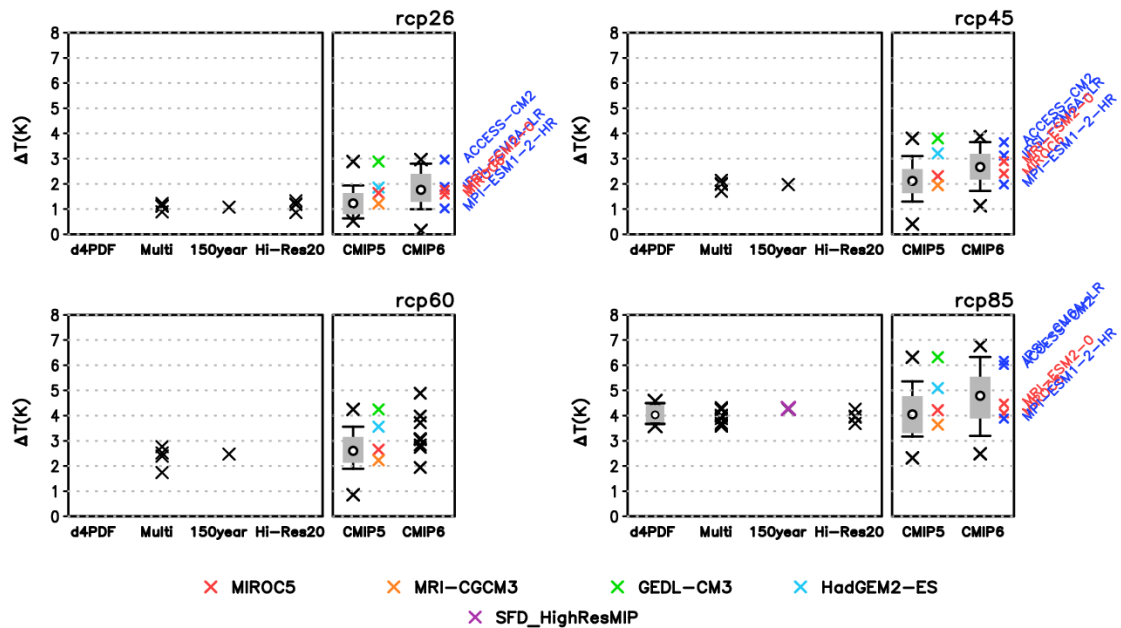


図 18: 年平均気温の将来変化のデータセット間比較。(左上) RCP2.6、(右上) RCP4.5、(左下) RCP6.0、(右下) RCP8.5 シナリオに基づく予測。各パネルの左側は本データセット、右側は CMIP5 及び CMIP6 のマルチモデル予測。CMIP5、CMIP6、d4PDF の結果を箱ひげ図で示し、下から、最小値、10 パーセンタイル値、25 パーセンタイル値、平均値、75 パーセンタイル値、90 パーセンタイル値、最大値を表す。環境省推進費 S-8 (S-15) で利用された CMIP5 の 4 モデル (CMIP6 の 5 モデル) を箱ひげ図の右側にカラーでプロットした (MIROC6 (赤)、MRI-ESM2.0 (赤)、ACCESS-CM2 (青)、IPSL-CM6A-LR (青)、MPI-ESM1-2-HR (青))。将来変化は 2080~2099 年平均 (d4PDF のみ 2084~2103 年平均) と 1984~2003 年平均の差。

Comparison of 6models experiments

VAR: TA SEASON: djf

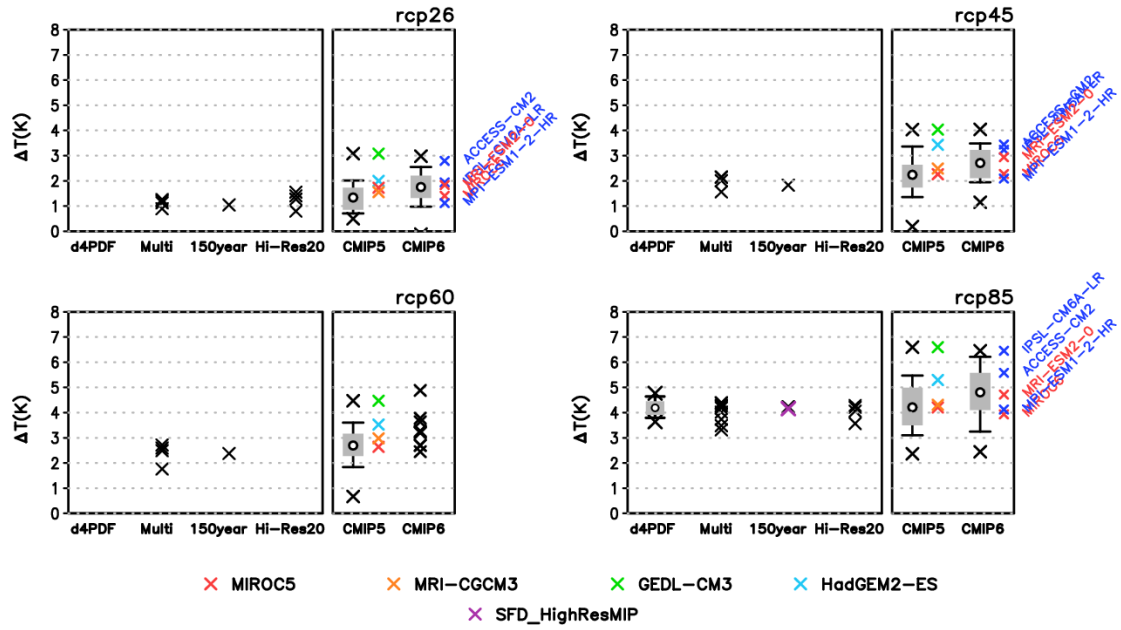


図 19: 図 18 に同じ。ただし 12~2 月 (DJF) 平均。

Comparison of 6models experiments

VAR: TA SEASON: jja

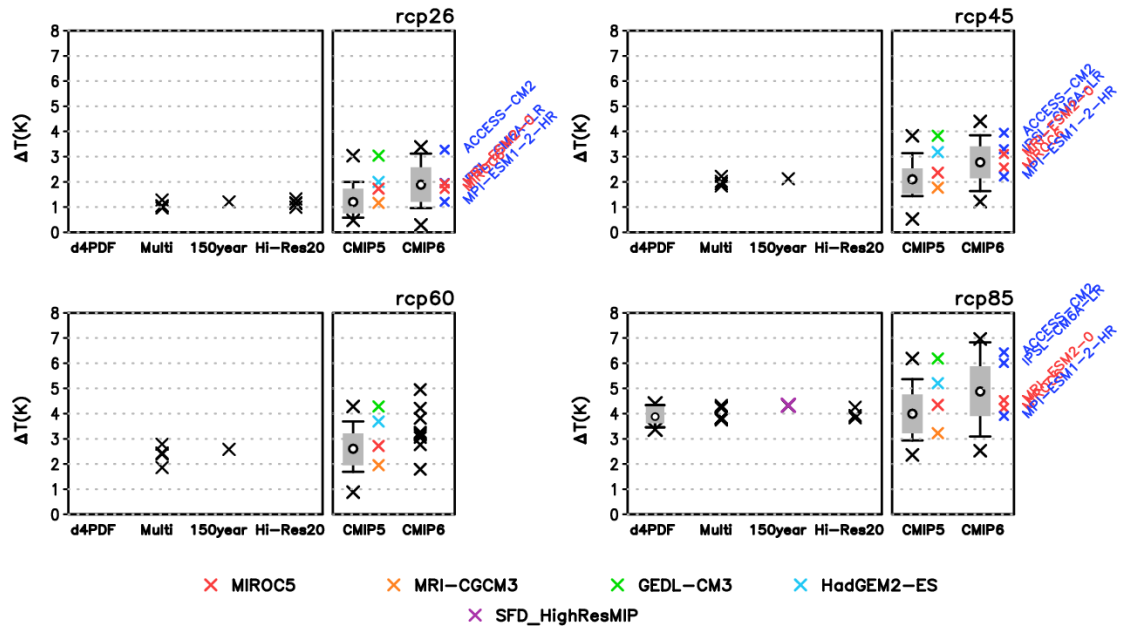


図 20: 図 18 に同じ。ただし 6~8 月 (JJA) 平均。

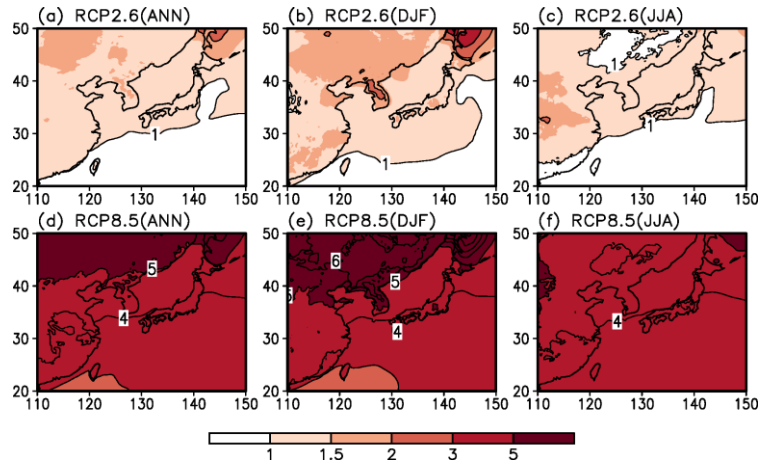


図 21: 高解像度実験における地上気温の将来変化 (°C)。(a-c) RCP2.6 シナリオ、(d-f) RCP8.5 シナリオに基づく予測。(左列) 年平均、(中列) 12~2 月平均、(右列) 6~8 月平均。将来変化は 2080~2099 年平均と 1984~2003 年平均の差。

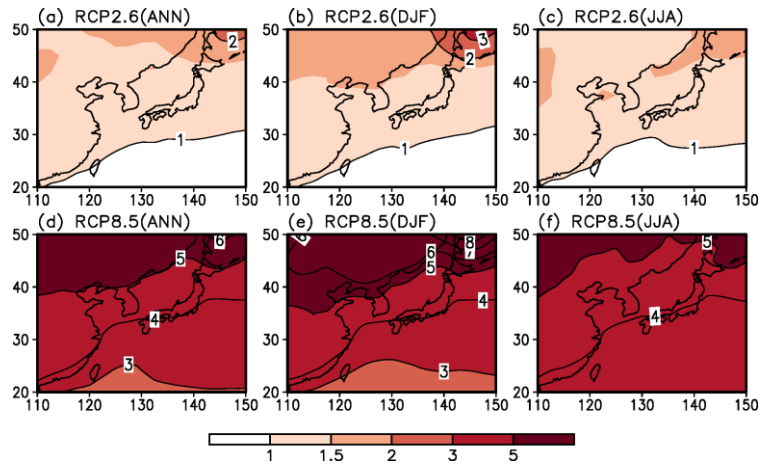


図 22: 図 21 に同じ。ただし CMIP5 マルチモデル予測。

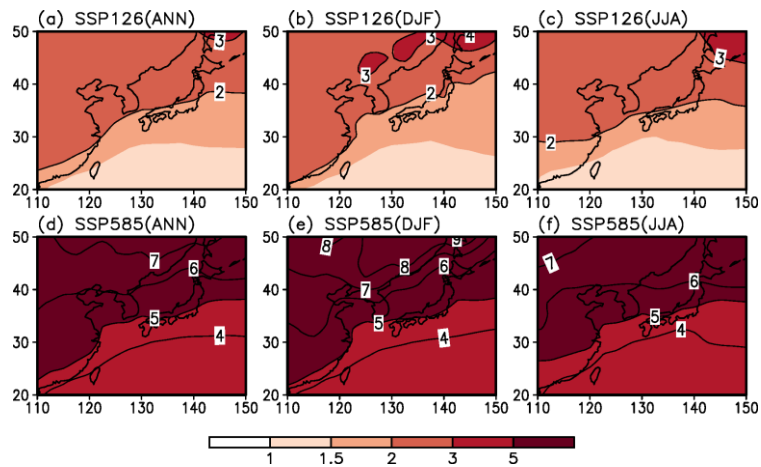


図 23: 図 21 に同じ。ただし CMIP6 マルチモデル予測。(a-c) SSP126 シナリオ、(d-f) SSP585 シナリオに基づく予測。

Comparison of 6models experiments

VAR: PRECIPI SEASON: ann

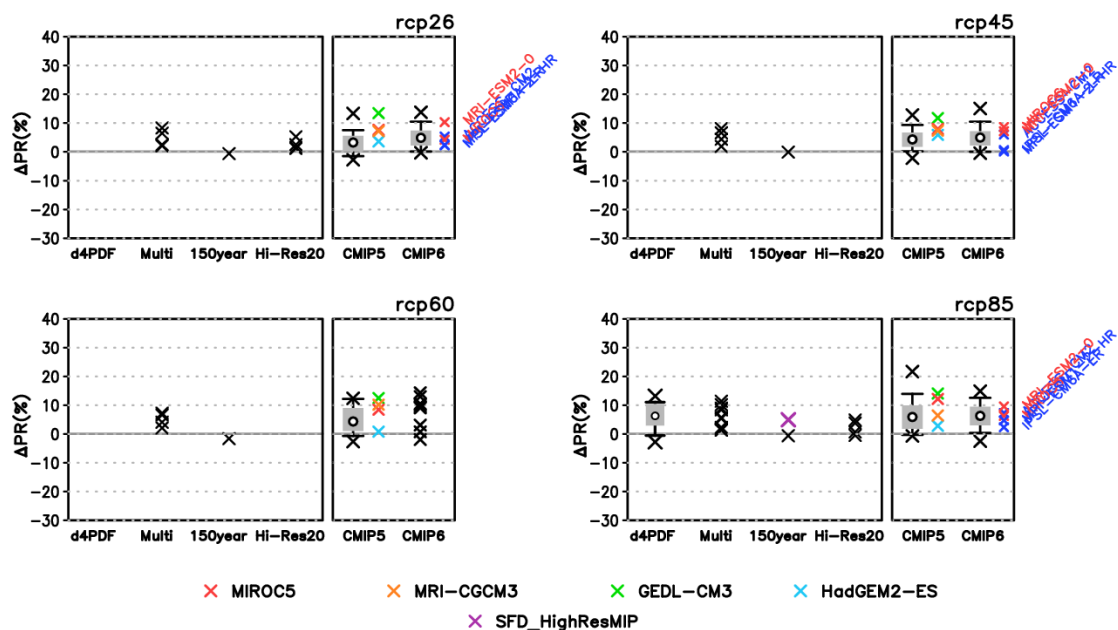


図 24: 図 18 に同じ。ただし年平均降水量の将来変化率 (%)

Comparison of 6models experiments

VAR: PRECIPI SEASON: djf

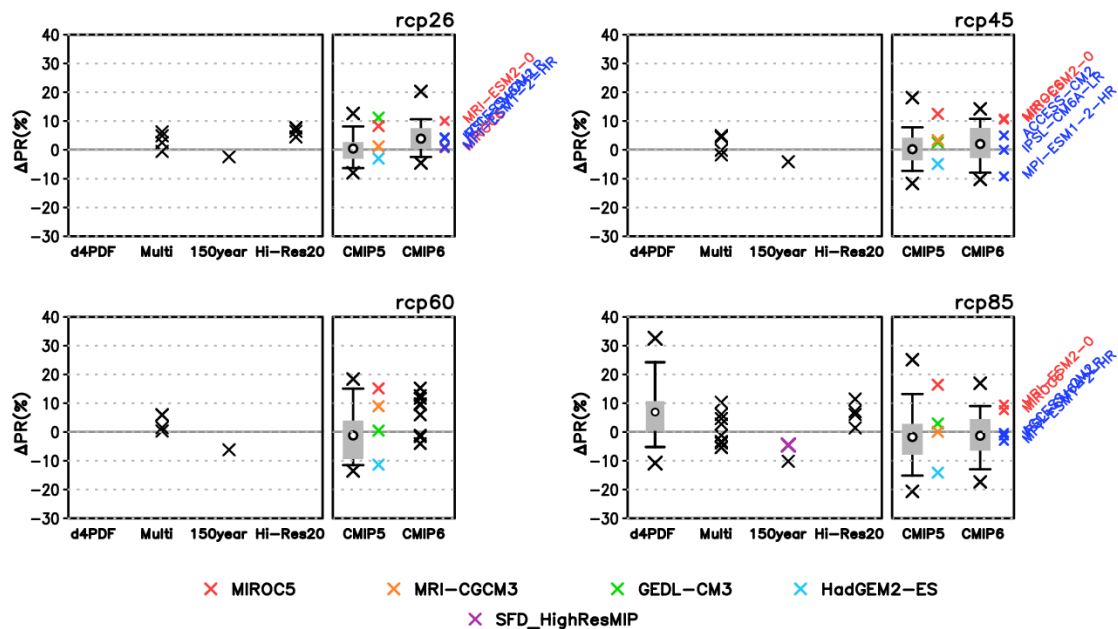


図 25: 図 24 に同じ。ただし 12~2 月 (DJF) 平均。

Comparison of 6models experiments

VAR: PRECIPI SEASON: jja

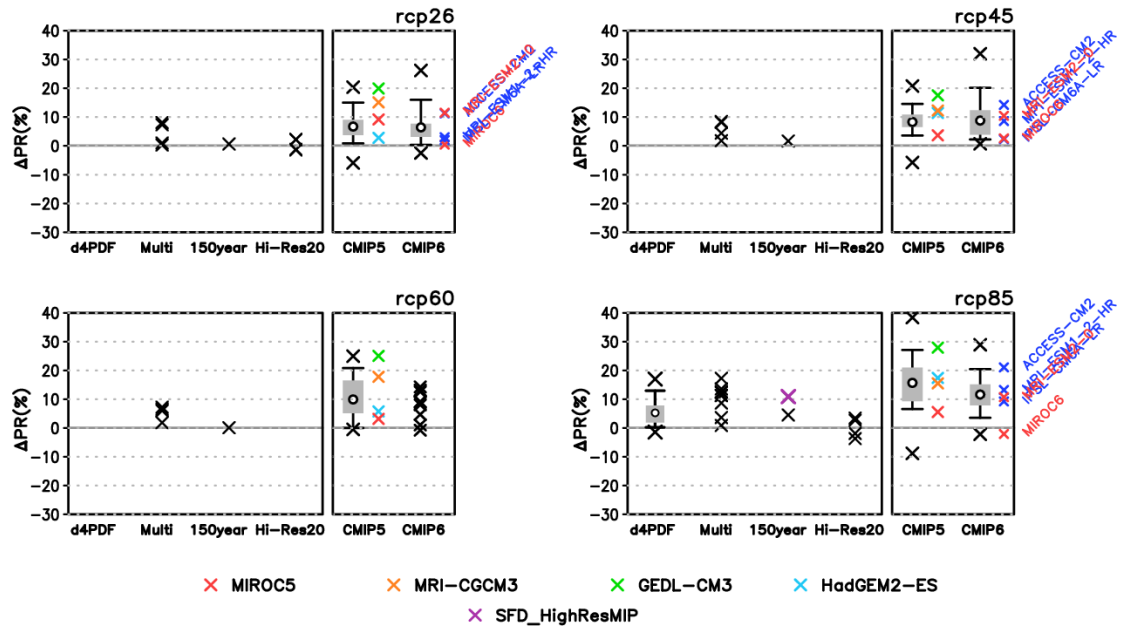


図 26: 図 24 に同じ。ただし 6~8 月 (JJA) 平均。

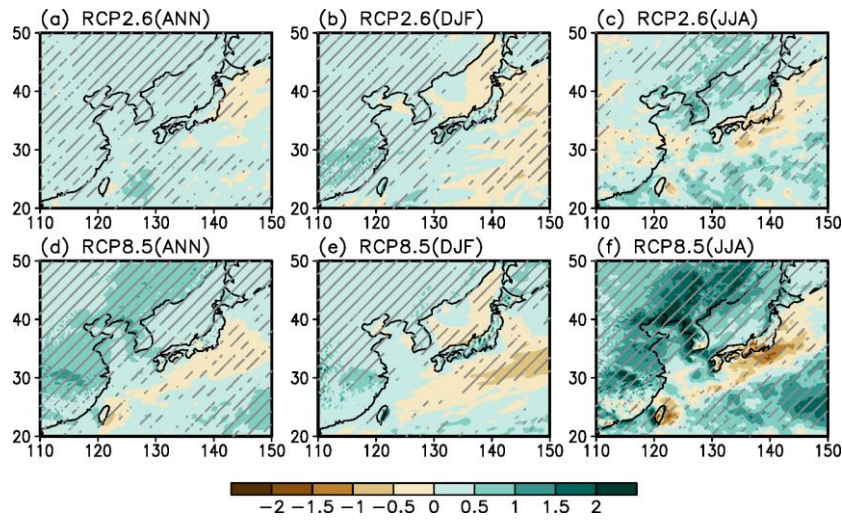


図 27: 高解像度実験における降水量の将来変化 (mm/日)。(a-c) RCP2.6 シナリオ予測、(d-f) RCP8.5 シナリオ予測。(左列) 年平均、(中列) 12~2 月平均、(右列) 6~8 月平均。将来変化は 2080~2099 年平均と 1984~2003 年平均の差。80%以上のメンバーで将来変化の符号が一致する領域を斜線で示す。

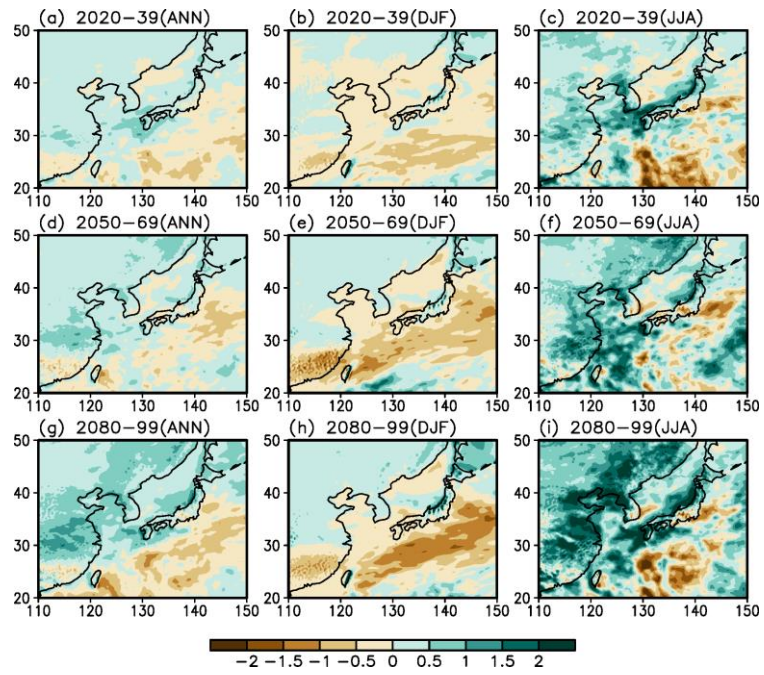


図 28: 図 27 に同じ。ただし 150 年連続実験の RCP8.5 シナリオ予測。(a-c) 2020~2039 年平均、(d-f) 2050~2069 年平均、(g-i) 2080~2099 年平均。1 メンバーによる実験のため斜線は施していない。

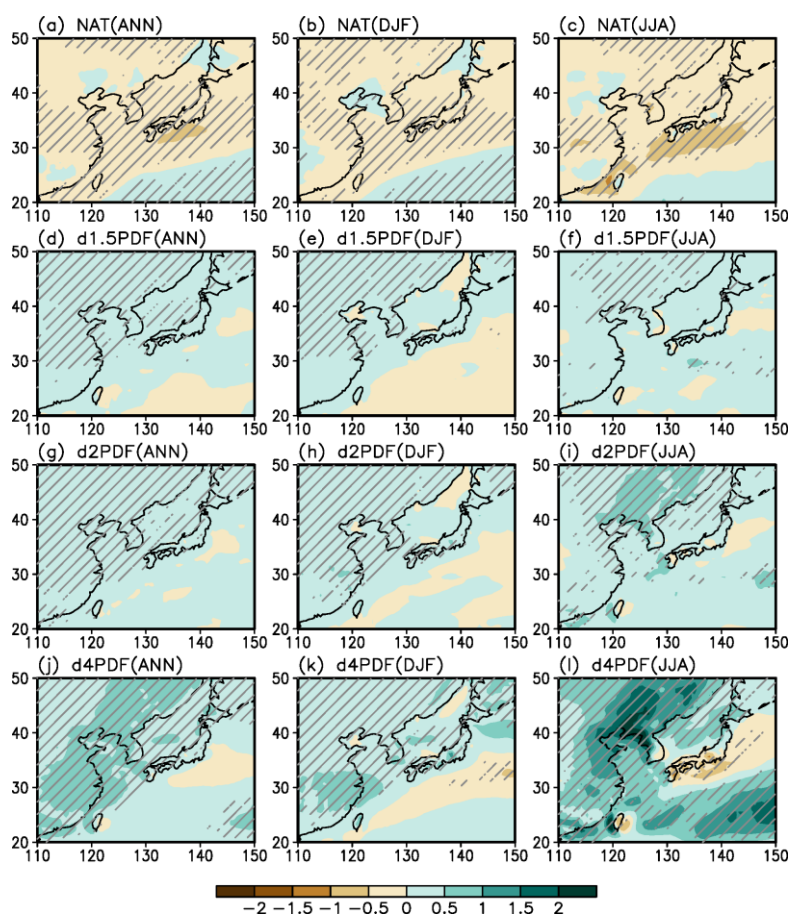


図 29: 図 27 に同じ。ただし大規模アンサンブル実験 (d4PDF シリーズ)。(a-c) 非温暖化実験 (1984~2003 年平均)、(d-f) 1.5°C 上昇実験 (2084~2103 年平均)、(g-i) 2°C 上昇実験 (2064~2083 年平均)、(j-l) 4°C 上昇実験 (2084~2103 年平均)。偏差の基準は過去実験の 1984~2003 年平均。

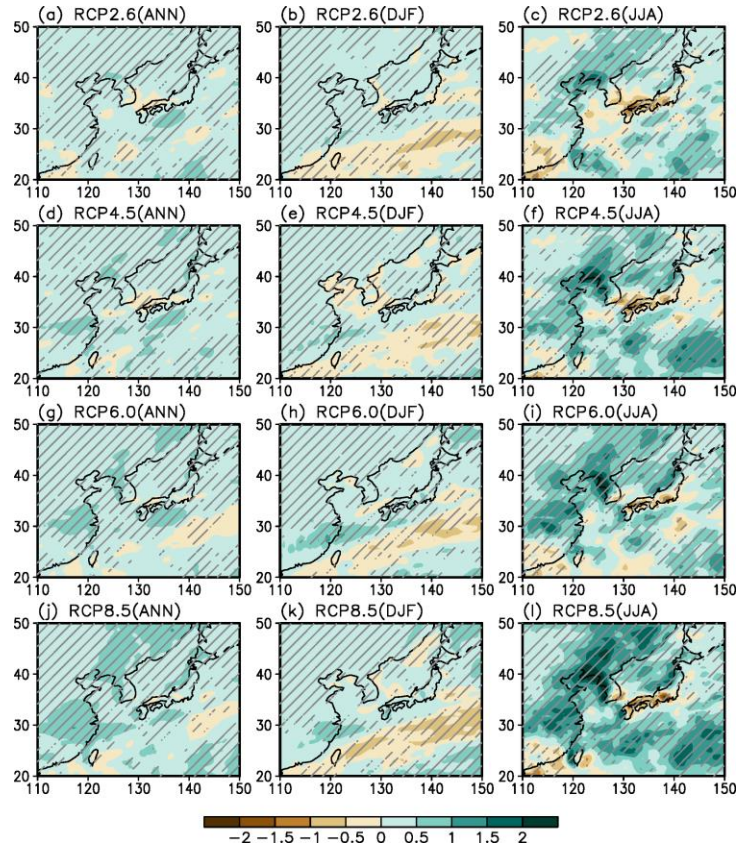


図 30: 図 27 に同じ。ただしマルチシナリオ実験。(a-c) RCP2.6 シナリオ予測、(d-f) RCP4.5 シナリオ予測、(g-i) RCP6.0 シナリオ予測、(j-l) RCP8.5 シナリオ予測。

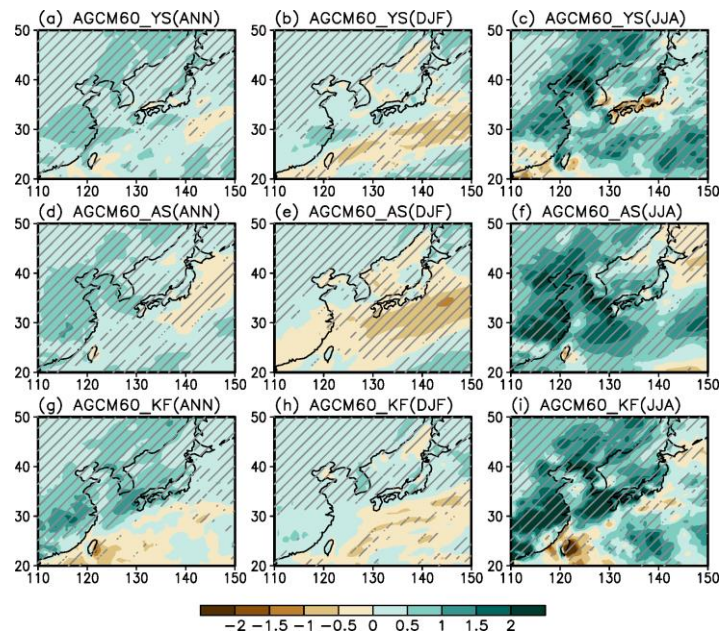


図 31: 図 27 に同じ。ただしマルチ物理実験。(a-c) YS 積雲実験 (標準実験)、(d-f) AS 積雲実験、(g-i) KF 積雲実験。

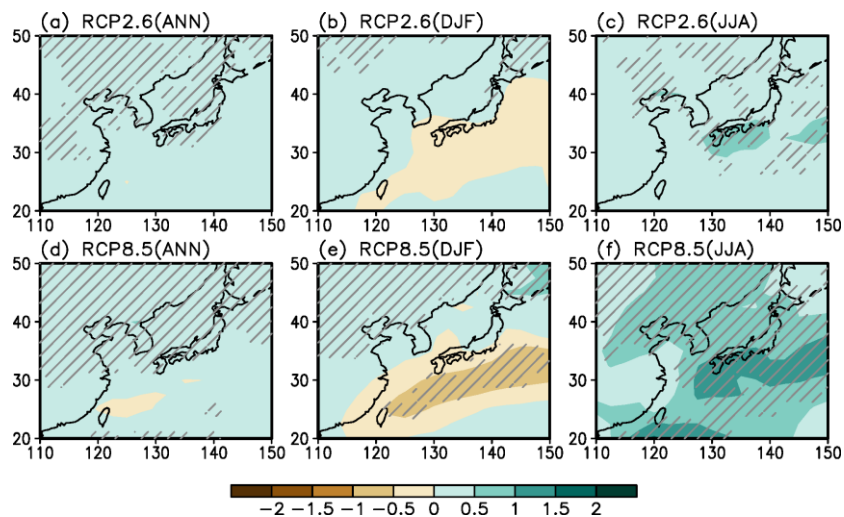


図 32: 図 27 に同じ。ただし CMIP5 マルチモデル予測。

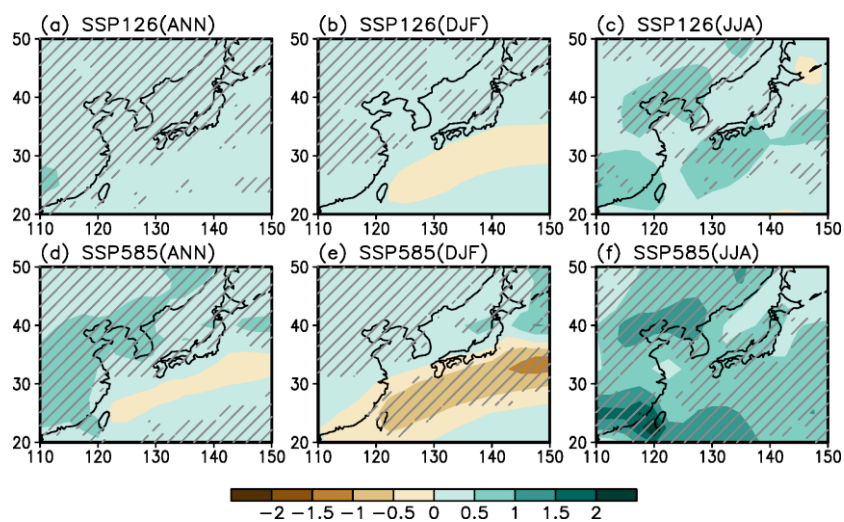


図 33: 図 27 に同じ。ただし CMIP6 マルチモデル予測。(a-c) SSP126 シナリオ、(d-f) SSP585 シナリオに基づく予測。

5. 注意事項

5.1. 高解像度実験

5.1.1. 利用条件

気象庁気象研究所は、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム（2012～2016年度）のもとで、地球温暖化対策に資する高解像度データセットを作成しました。本データセット作成のための計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータ特別推進課題で行いました。このデータセットを文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム（DIAS）の協力を得て、無償で提供します。

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

5.1.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した気象庁気象研究所に属します。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、気象庁気象研究所はその責任を負うものではありません。

5.1.3. 問い合わせ先

名前：気象庁 気象研究所

組織名：気候変動リスク情報創生プログラム

5.2. 150年連続実験

5.2.1. 利用条件

気象庁気象研究所は、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム（2017～2021年度）のもとで、地球温暖化対策に資する高解像度データセットを作成しました。このデータセットを文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム（DIAS）の協力を得て、無償で提供します。

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

5.2.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した気象庁気象研究所に属します。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、気象庁気象研究所はその責任を負うものではありません。

5.2.3. 問い合わせ先

名前：気象庁気象研究所

組織名：統合的気候モデル高度化研究プログラム

5.3. 大規模アンサンブル実験

5.3.1. 利用条件

気象庁気象研究所、東京大学大気海洋研究所、京都大学防災研究所、国立環境研究所、海洋研究開発機構、筑波大学（以下当事機関）は、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム（2012～2016年度）、同省気候変動適応技術社会実装プログラム（2015～2019年度）、および同省統合的気候モデル高度化研究プログラム（2017～2021年度）下の合同プロジェクトにより、本格化する地球温暖化対策推進に資するために、高解像度大規模データベース「d4PDF (database for Policy Decision making for Future climate change)」を作成しました。本データベース作成のための計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータ特別推進課題で行いました。このデータベースを、文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム（DIAS）の協力を得て、無償で提供します。

5.3.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した当事機関に属します。データの利用者が大規模アンサンブル実験（d4PDF）を利用して生じるいかなる損害についても、当事機関はその責任を負うものではありません。

5.3.3. 問い合わせ先

問い合わせ先：d4PDF サポートチーム

組織名：気候変動リスク情報創生プログラム

電子メールアドレス：d4pdf-support@jamstec.go.jp

5.4. マルチシナリオ・マルチ物理実験

5.4.1. 利用条件

1. 利用者は、本データセットを研究、教育、施策検討等の公的目的のみに利用し、営利などのそれ以外の目的に利用しないこと。（データ作成者より、利用者に対し利用目的を確認する場合がある旨留意すること。）
2. 利用者は、本データセットの内容を改変しないこと。
3. 利用者は、本データセットを第三者に提供しないこと。
4. 利用者は、本データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上发表・報告等を行った場合は、データ引用文に掲載されている文章をカッコ書きで引用すること。
5. 利用者は、本データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上发表・報告等を行った場合は、公表物の写し（論文の場合は別刷り、口頭・ポスター発表の場合は講演要旨のコピー）を「問い合わせ先」に提出すること。

5.4.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した環境省に属します。データの利用者が当該データセットを利用して生じるいかなる損害についても、環境省はその責任を負うものではありません。

5.4.3. 問い合わせ先

名前：地球環境局総務課気候変動適応室

組織名：環境省

住所：〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2 中央合同庁舎 5 号館

電話番号：+81-3-5521-8242

6. 利活用例

文部科学省・気象庁「日本の気候変動 2020」

7. 引用文献

- Arakawa, A. and W. H. Schubert, 1974: Interaction of cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 674–701, doi:10.1175/1520-0469(1974)031<0674:IOACCE>2.0.CO;2.
- Bourke, R.H. and R.P. Garrett, 1987: Sea ice thickness distribution in the Arctic Ocean. *Cold Regions Sci. and Tech.*, **13**, 259–280, doi:10.1016/0165-232X(87)90007-3.
- Endo, H., A. Kitoh, T. Ose, R. Mizuta, and S. Kusunoki, 2012: Future changes and uncertainties in Asian precipitation simulated by multiphysics and multi-sea surface temperature ensemble experiments with high-resolution Meteorological Research Institute atmospheric general circulation models (MRI-AGCMs). *J. Geophys. Res.*, **117**, D16118, doi:10.1029/2012JD017874.
- Fujita, M., R. Mizuta, M. Ishii, H. Endo, T. Sato, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Sugimoto, K. Ishihara, and S. Watanabe, 2019: Precipitation changes in a climate with 2-K surface warming from large ensemble simulations using 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Geophysical Research Letters*, **46**, 435–442.
- Haarsma, R. J., M. Roberts, P. L. Vidale, C. A. Senior, A. Bellucci, Q. Bao, P. Chang, S. Corti, N. S. Fučkar, V. Guemas, J. von Hardenberg, W. Hazeleger, C. Kodama, T. Koenigk, L.-Y. R. Leung, J. Lu, J.-J. Luo, J. Mao, M. S. Mizieliński, R. Mizuta, P. Nobre, M. Satoh, E. Scoccimarro, T. Semmler, J. Small, and J.-S. von Storch, 2016: High Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP v1.0) for CMIP6. *Geosci. Model Dev.*, **9**, 4185–4208, doi:10.5194/gmd-9-4185-2016.
- Hirahara, S., M. Ishii, and Y. Fukuda, 2014: Centennial-scale sea surface temperature analysis and its uncertainty. *J. Climate*, **27**, 57–75, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00837.1.
- Hirai, M., T. Sakashita, H. Kitagawa, T. Tsuyuki, M. Hosaka, and M. Oh'izumi, 2007: Development and validation of a new land surface model for JMA's operational global model using the CEOP observation dataset. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85A**, 1–24.
- Huffman, G. J., R. F. Adler, D. T. Bolvin, and G. Gu, 2009: Improving the global precipitation record: GPCP Version 2.1, *Geophys. Res. Lett.*, **36**, L17808.
- Ito, R., T. Ose, H. Endo, R. Mizuta, K. Yoshida, A. Kitoh, and T. Nakaegawa, 2020a: Seasonal characteristics of future climate change over Japan and the associated atmospheric circulation anomalies in global model experiments. *Hydrol. Res. Lett.*, **14**, 130–135.
- Ito, R., T. Nakaegawa, and I. Takayabu, 2020b: Comparison of regional characteristics of land precipitation climatology projected by an MRI-AGCM multi-cumulus scheme and multi-SST ensemble with CMIP5 multi-model ensemble projections, *Prog. Earth Planet. Sci.*, **7**, 77, doi: 10.1186/s40645-020-00394-4.
- Iwasaki, T., S. Yamada, and K. Tada, 1989: A parameterization scheme of orographic gravity wave drag with the different vertical partitioning, part 1: Impact on medium range forecast. *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 11–41.
- Japan Meteorological Agency, 2007: *Outline of the operational numerical weather prediction at the*

- Japan Meteorological Agency (Appendix to WMO numerical weather prediction progress report)*. Japan Meteorological Agency, 194pp. [available online at <https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/outline2007-nwp/index.htm>].
- Kain, J. S., and J. M. Fritsch (1993), Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch scheme, in *The Representation of Cumulus Convection in Numerical Models*, Meteorol. Monogr., vol. 24, edited by K. A. Emanuel and D. J. Raymond, pp. 165–170, Am. Meteorol. Soc., Boston.
- Kawai, H., 2006: PDF cloud scheme and prognostic cloud scheme in JMA global model. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Ocean Modeling*, 36, 4.15–4.16.
- Kennedy, J., H. Titchner, N. Rayner, and M. Roberts, 2017: input4MIPs. MOHC. SSTsAndSeaIce. HighResMIP. MOHC-HadISST-2-2-0-0-0. Earth System Grid Federation. doi:10.22033/ESGF/input4MIPs.1221.
- Mellor, G. L. and T. Yamada, 1974: A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1791–1806.
- Mizuta, R., Y. Adachi, S. Yukimoto, and S. Kusunoki, 2008: Estimation of future distribution of sea surface temperature and sea ice using CMIP3 multi-model ensemble mean. *Tech. Rep. Meteor. Res. Inst.*, 56, 28pp.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh, 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. *J. Meteor. Soc. Japan*, 90A, 233-258.
- Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, 10, 167–171, doi:10.2151/sola.2014-035.
- Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, and M. Kimoto, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383–1398, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1.
- Mizuta, R., M. Nosaka, T. Nakaegawa, H. Endo, S. Kusunoki, A. Murata, and I. Takayabu, 2022: Extreme precipitation in 150-year continuous simulations by 20-km and 60-km atmospheric general circulation models with dynamical downscaling over Japan by a 20-km regional climate model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 100, 523-532.
- Nosaka, M., M. Ishii, H. Shiogama, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, and H. Sasaki, 2020: Scalability of future climate changes across Japan examined with large-ensemble simulations at + 1.5 K, +2 K, and + 4 K global warming levels. *Prog. Earth Planet. Sci.*, 7, 27, doi:10.1186/s40645-020-00341-3.
- Ose, T., 2019a: Characteristics of future changes in summertime East Asian monthly precipitation in MRI-AGCM global warming experiments. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 317–335.
- Ose, T., 2019b: Future changes in summertime East Asian monthly precipitation in CMIP5 and their dependence on present-day model climatology. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 1041–1053.
- Randall, D., and D.-M. Pan, 1993: Implementation of the Arakawa-Schubert cumulus parameterization with a prognostic closure. *Meteorological Monograph/The representation of cumulus convection in numerical models*, 46, 145-150.
- Rayner, N. A., D. E. Parker, E. B. Horton, C. K. Folland, L. V. Alexander, D. P. Rowell, E. C. Kent, and A. Kaplan, 2003: Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J. Geophys. Res.*, **108(D14)**, 4407, doi:10.1029/2002JD002670.
- Shiogama, H., N. Hanasaki, Y. Masutomi, T. Nagashima, T. Ogura, K. Takahashi, Y. Hijioka, T. Takemura, T. Nozawa, and S. Emori, 2010: Emission scenario dependencies in climate change assessments of the hydrological cycle. *Climatic Change*, 99, 321-329, doi: 10.1007/s10584-009-9765-1.
- Tiedtke, M., 1989: A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale

- models. *Mon. Wea. Rev.*, **117**, 1779–1800.
- Tiedtke, M., 1993: Representation of clouds in large-scale models. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 3040–3061.
- Walsh, J. E., and W. L. Chapman, 2001: 20th-century sea-ice variations from observational data. *Ann. Glaciol.*, **33**, 444–448.
- Xie, P.-P., and P. A. Arkin, 1997: Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates and numerical model outputs, *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **78**, 2539–2558.
- Yamaguchi, K., and A. Noda, 2006: Global warming patterns over the North Pacific: ENSO versus AO. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 221–241, doi:10.2151/jmsj.84.221.
- Yoshimura, H., and T. Matsumura, 2005: A two-timelevel vertically-conservative semi-Lagrangian semiimplicit double Fourier series AGCM. *CAS/JSC WGNE Research Activities in Atmospheric and Ocean Modeling*, **35**, 3.27-3.28.
- Yoshimura, H., R. Mizuta, and H. Murakami, 2015: A spectral cumulus parameterization scheme interpolating between two convective updrafts with semi-lagrangian calculation of transport by compensatory subsidence. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 597-621, doi:10.1175/MWR-D-14-00068.1.
- Yukimoto, S., H. Yoshimura, M. Hosaka, T. Sakami, H. Tsujino, M. Hirabara, T. Y. Tanaka, M. Deushi, A. Obata, H. Nakano, Y. Adachi, E. Shindo, S. Yabu, T. Ose and A. Kitoh, 2011: Meteorological Research Institute-Earth System Model v1 (MRIESM1) --Model description--. *Tech. Rep. Meteor. Res. Inst.*, **64**, 88 pp.
- Yukimoto, S., H. Kawai, T. Koshiro, N. Oshima, K. Yoshida, S. Urakawa, H. Tsujino, M. Deushi, T. Tanaka, M. Hosaka, S. Yabu, H. Yoshimura, E. Shindo, R. Mizuta, A. Obata, Y. Adachi, and M. Ishii, 2019: The Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and Basic Evaluation of the Physical Component. *J. Meteor. Soc. Japan*, **97**, 931–965, doi:10.2151/jmsj.2019-051.
- 気象庁, 2015: IPCC 第 5 次評価報告書第 I 作業部会報告書 政策決定者向け要約 気象庁訳. https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/ipcc_ar5_wg1_spm_jpn.pdf.
- 文部科学省・気象庁, 2020: 「日本の気候変動 2020 - 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書 -」, <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

II. ① 全球及び日本域気候予測データ

①の全球データについてはIを参照のこと。

1. データセットの概要

日本を対象にした高解像度データセットである。5km 及び 2km の格子間隔の気象研究所非静力学地域気候モデル (NHRCM; Sasaki et al., 2008) を用いた力学的ダウンスケーリングによってデータが作成された。水平解像度を重視しており、特に 2km 格子モデルは積雲パラメタリゼーションを使用しない雲解像モデルとなっている。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 非静力学地域気候モデル (NHRCM)

非静力学地域気候モデル (NHRCM) とは、気象庁の非静力学メソスケールモデル (JMA-NHM; Saito et al., 2006, 2007) をもとに、気候シミュレーション用に開発されたモデルである。

2.2. モデル諸元

本データセットの作成のために使用された NHRCM の諸元は表 1 の通りである。詳細は、Nakano et al. (2012)、Murata et al. (2015, 2017)、Kawase et al. (2021)などを参照されたい。

表 1 モデル諸元

(a) 5km, 2km 格子共通

基礎方程式系	完全圧縮方程式系
水平座標系	ランベルト投影
鉛直格子構造	Lorenz グリッド
水平格子構造	Arakawa C グリッド
移流項の計算	2次フラックス形式、風上値による移流補正スキーム
時間積分法	リープフロッグにタイムフィルターを併用
音波の扱い	水平・鉛直ともにインプリシットに扱う
上部境界条件	摩擦のない固定壁にレーリー摩擦による吸収層を併用
計算拡散	4次の線形拡散、非線形拡散
短波放射	Two streams with delta-Eddington
長波放射	Table look-up and k-distribution
乱流クロージャー	Improved Mellor-Yamada (MYNN) Level 3

(b) 5km, 2km 格子の相違点

実験	5km 格子	2km 格子
水平格子数	527 × 804	525 × 1721

側面緩和帯の格子数	30	10
鉛直層数	50	60
上部ダンピング層数	10	12
鉛直座標系	地形に沿った座標系	地形・気圧ハイブリッド
エンベロープマウンテン	無	有
積雲パラメタリゼーション	Kain-Fritsch + 島対応	無
雲物理過程	3-ice, 1-moment	3-ice, 2-moment
陸面モデル	MJ-SiB	MJ-SiB with iSiB
不凍水スキーム	無	有
海面フラックス	Kondo	Beljaars and Holtslag
海面粗度	Kondo	Beljaars
都市	-	SPUC

2.3. 実験設定

領域モデルを動かすには下部（海面水温のみ）と側面の境界値が必要である。これらについては、親モデル（上流側のモデル）の計算結果を用いた。例えば、5km 格子の NHRCM の親モデルは全球気候モデルである（図 1）。

データ出力の対象期間は、現在気候、将来気候とも 20 年間で、前者が 1980 年 9 月 1 日から 2000 年 8 月 31 日、後者が 2076 年 9 月 1 日から 2096 年 8 月 31 日を想定している。但し、並列して計算を行えるように、1 年ごと（9 月 1 日から翌年 8 月 31 日）に分けて計算を行った（モデルの助走期間を考慮しているため、実際の開始日は 9 月 1 日より 1 か月程度早い）。また、これらの数値実験は天気予報のようなものではなく「気候実験」であるので、実験上の日時が現実のそれと対応しているわけではない。

数値実験の種類については、現在気候実験が 1 種類であるのに対し、将来気候実験は 8 種類（2 シナリオ×4 メンバー）となっている（表 2）。ここでシナリオとは、人間活動による今後の温室効果気体の排出を仮定したもので、Representative Concentration Pathways（RCP: 代表的濃度経路）と呼ばれるシナリオのうち RCP2.6 と RCP8.5 を用いた。これらのシナリオは、温室効果気体排出量のそれぞれ低位安定化シナリオと高位参照シナリオが想定されたものである。また、メンバーとは少しずつ異なる数値実験（アンサンブル実験と呼ばれている）の各実験のことであり、ここでは少しずつ異なる海面水温データを使用して四つのメンバーが構成されている。詳しくは Mizuta et al. (2014)を参照されたい。アンサンブル実験を行うことによって計算結果のばらつきの程度が分かるため、将来気候予測結果の信頼性の評価が可能となる。

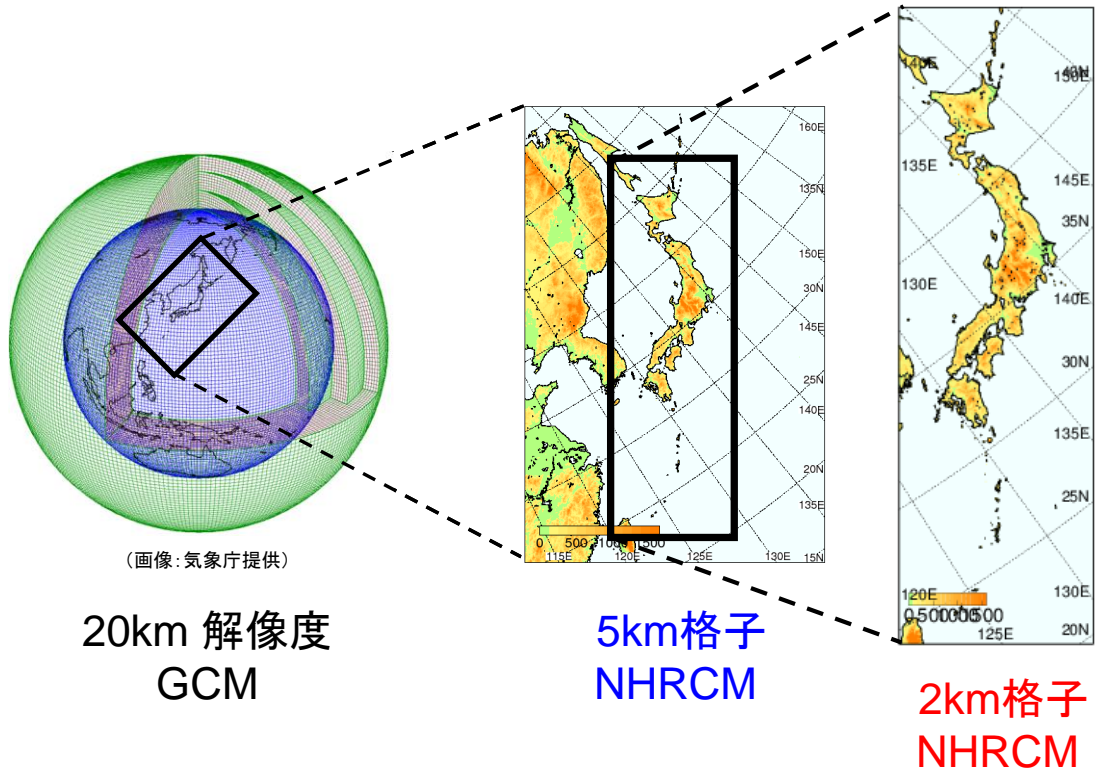


図1 ネスティング方法

表2 数値実験の種類

実験名	内容
SPA	現在気候実験 (1980-1999)
SFA_rcp85	RCP8.5シナリオ, CMIP5アンサンブルSSTによる将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp85_c1	RCP8.5シナリオ, CMIP5 SSTクラスター1による将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp85_c2	RCP8.5シナリオ, CMIP5 SSTクラスター2による将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp85_c3	RCP8.5シナリオ, CMIP5 SSTクラスター3による将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp26	RCP2.6シナリオ, CMIP5アンサンブルSSTによる将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp26_c1	RCP2.6シナリオ, CMIP5 SSTクラスター1による将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp26_c2	RCP2.6シナリオ, CMIP5 SSTクラスター2による将来気候実験 (2076-2095)
SFA_rcp26_c3	RCP2.6シナリオ, CMIP5 SSTクラスター3による将来気候実験 (2076-2095)

※ 5km、2km 格子共通

※ CMIP5 による SST に関しては Mizuta et al.(2014)を参照のこと。

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

ファイル名については表3の通りである。

表3 ファイル名

(a) 5km 格子

ファイル名 (*1)	データ形式 (*2)	内容
SPA_5km_iyyyy_yyyymmdd_surf.grb2	grib2	地上大気データ (*4)
SPA_5km_iyyyy_yyyymmdd_ph2m.grb2	grib2	熱力学関連2次元データ (*4)
SPA_5km_iyyyy_yyyymmdd_plev.grb2	grib2	等気圧面データ (*4)
yyyyymmdd0000_dx05_sib.data	独自形式 (*3)	土壌関連データ (*4)
yyyyymmdd0000_dx05_3d.data	独自形式 (*3)	大気3次元データ (*5)
cnst.dat	32bit 実数バイナリ	定数データ

(b) 2km 格子

ファイル名 (*1)	データ形式	内容
SPA_2km_iyyyy_yyyymmdd_surf.grb2	grib2	地上大気データ (*4)
SPA_2km_iyyyy_yyyymmdd_ph2m.grb2	grib2	熱力学関連2次元データ (*4)
SPA_2km_iyyyy_yyyymmdd_plev.grb2	grib2	等気圧面データ (*4)
cnst.dat	32bit 実数バイナリ	定数データ

(*1) iyyy = 初期値の年（例：1980）、yyyyymmdd = 年月日（例：19800915）

(*2) バイトオーダー：big endian

(*3) DIAS にサンプルプログラム有り

(*4) 地上大気データ・熱力学関連2次元データ・等気圧面データについては、初期時刻から当年8/31までのデータは保存されていない。8月のデータは（当年ではなく）翌年のものであるため、8/31から9/1の間は（積分が連続していないという意味で）不連続である。

(*5) 大気3次元データ・土壌関連データについては全積分期間（7/20 00UTC から翌年9/1 00UTC まで）のものを保存してある。他のデータと同様に、当年8/31までのデータは使わず、9/1以降のデータを使用すること。

3.2. 時空間諸元

時空間についての諸元は表4の通りである。

表4 時空間諸元

(a) 5km 格子

内容	出力水平格子数	出力時間間隔
地上大気データ	527 × 804	30分
熱力学関連2次元データ	527 × 804	1時間
等気圧面データ (*1)	527 × 804	6時間

土壌関連データ (*2)	467 × 747	1時間
大気3次元データ (*2,3)	467 × 747	3時間

(b) 2km 格子

内容	出力水平格子数	出力時間間隔
地上大気データ	525 × 1721	1時間
熱力学関連2次元データ	525 × 1721	1時間
等気圧面データ (*4)	525 × 1721	6時間

(*1) 出力鉛直レベル： 1000, 850, 500, 300, 200 hPa

(*2) 側面緩和帯（各 30 格子）のデータを出力していない

(*3) 出力鉛直総数： 50（モデル面）

(*4) 出力鉛直レベル： 1000, 975, 950, 925, 900, 875, 850, 800, 750, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100 hPa

3.3. 要素（物理量）の説明

以下の表 5 に示された予測要素が出力されている。

表 5 出力されている予測要素

(a) 5km 格子

・ 地上大気データ

変数名	内容	単位
RR1	30分降水量（SMQR+SMQI+SMQS+SMQG）	mm
QR1	雨の30分降水量	mm
QI1	雲氷の30分降水量	mm
QS1	雪の30分降水量	mm
QG1	霰の30分降水量	mm
QH1	（使用不可）	
PSFC	地上気圧	hPa
PSEA	海面更正気圧	hPa
USFC	地上の x 方向の風速	m/s
VSFC	地上の y 方向の風速	m/s
TSFC	地上気温	K
TTDSFC	地上湿数	K
CLL	下層雲量	0~1
CLM	中層雲量	0~1
CLH	上層雲量	0~1
CLA	全層雲量	0~1
TPW	可降水量	kg/m ²

・熱力学関連 2次元データ

変数名	内容	単位
W_G1 (使用不可)	土壌第 1 層の飽和度 yyyymmdd0000_dx05_sib.dataの飽和度を使用のこと	
W_G2 (使用不可)	土壌第 2 層の飽和度 yyyymmdd0000_dx05_sib.dataの飽和度を使用のこと	
FLSH	上向き顕熱フラックス	W/m ²
FLLH	上向き潜熱フラックス	W/m ²
RSDB	地表面下向き短波フラックス	W/m ²
RSUB	地表面上向き短波フラックス	W/m ²
RLDB	地表面下向き長波フラックス	W/m ²
RLUB	地表面上向き長波フラックス	W/m ²
RBEAM	水平面直達日射フラックス	W/m ²
RDIFF	天空散乱日射フラックス	W/m ²
SOLAR	地表面下向き短波放射フラックス (正味 : URSDB-URSUB)	W/m ²
TCWC	凝結物の鉛直積算量	kg/m ²
QVGRD	地表面の比湿	kg/kg
TIN1	土壌第 1 層の温度	K
TIN2	土壌第 2 層の温度	K
TIN3	土壌第 3 層の温度	K
TIN4	土壌第 4 層の温度	K
ATSFC	地上最高気温	K
ITSFC	地上最低気温	K
AVEL	地上最大風速	m/s

・等気圧面データ

変数名	内容	単位
T	気温	K
Z	ジオポテンシャル高度	m
U	x方向の風速	m/s
V	y方向の風速	m/s
W	z方向の風速	m/s
TTD	湿数	K
CVR	雲量	0-1
CWC	雲水量	kg/kg
OMG	鉛直p速度	hPa/hour

VOR850	渦度 (850hPaのみ)	10 ⁻⁶ /s
VOR500	渦度 (500hPaのみ)	10 ⁻⁶ /s

・ 土壌関連データ

※ 特に断り書きがない場合は瞬間値、「平均」とあるものは1時間平均

変数名	内容	単位	層
Z0	粗度	m	1
FLPT	温位フラックス	m K/s	1
FLQV	水蒸気フラックス	m/s	1
UMOM	$\tau X/\rho$	m ² /s ²	1
VMOM	$\tau Y/\rho$	m ² /s ²	1
FLG1	(地表から土壌第1層への) 地熱フラックス	W/m ²	1
FLG2	(土壌第1層から第2層への) 地熱フラックス	W/m ²	1
FLG3	(土壌第2層から第3層への) 地熱フラックス	W/m ²	1
FLG4	(土壌第3層から土壌下端への) 地熱フラックス	W/m ²	1
RSDB	地表面下向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
RSUB	地表面上向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
RLDB	地表面下向き長波フラックス [平均]	W/m ²	1
RLUB	地表面上向き長波フラックス [平均]	W/m ²	1
RSUT	大気上端での下向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
RSDB	大気上端での上向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
RLUT	大気上端での上向き長波フラックス [平均]	W/m ²	1
CLA	全雲量 [平均]	%	1
CSDB	晴天時の地表面下向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
CSUB	晴天時の地表面上向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
CLDB	晴天時の地表面下向き長波フラックス [平均]	W/m ²	1
CSUT	晴天時の大気上端での上向き短波フラックス [平均]	W/m ²	1
CLUT	晴天時の大気上端での上向き長波フラックス [平均]	W/m ²	1
FLSH	上向き顕熱フラックス [平均]	W/m ²	1
FLLH	上向き潜熱フラックス [平均]	W/m ²	1
TSC	キャノピー温度	K	1
TSG	下草/裸地面温度	K	1
TSS	雪面の温度	K	1
TSD1	土壌第1層の温度	K	1
TSD2	土壌第2層の温度	K	1
TSD3	土壌第3層の温度	K	1
MSC	キャノピー水分比	%	1

ISC	キャノピー氷比	%	1
MSG	下草／裸地面上の水分比	%	1
ISG	下草／裸地面上の氷比	%	1
SW1	土壌第1層の水分飽和度	%	1
SW2	土壌第2層の水分飽和度	%	1
SW3	土壌第3層の水分飽和度	%	1
SI1	土壌第1層の氷飽和度	%	1
SI2	土壌第2層の氷飽和度	%	1
SI3	土壌第3層の氷飽和度	%	1
CVRS	雪の被覆率	%	1
TSS1	雪第1層の温度	K	1
TSS2	雪第2層の温度	K	1
TSS3	雪第3層の温度	K	1
TSS4	実質的なモデル出力なし		
SWE1	雪第1層の積雪相当水量	kg/m ²	1
SWE2	雪第2層の積雪相当水量	kg/m ²	1
SWE3	雪第3層の積雪相当水量	kg/m ²	1
SWE4	実質的なモデル出力なし		
WTR1	雪第1層の含水量	kg/m ²	1
WTR2	雪第2層の含水量	kg/m ²	1
WTR3	雪第3層の含水量	kg/m ²	1
WTR4	実質的なモデル出力なし		
RHO1	雪第1層に含まれる雪の密度	kg/m ³	1
RHO2	雪第2層に含まれる雪の密度	kg/m ³	1
RHO3	雪第3層に含まれる雪の密度	kg/m ³	1
RHO4	実質的なモデル出力なし		
FLS0	(地表から雪第1層への) 積雪内の伝導熱 [平均]	W/m ²	1
FLS1	(雪第1層から第2層への) 積雪内の伝導熱 [平均]	W/m ²	1
FLS2	(雪第2層から第3層への) 積雪内の伝導熱 [平均]	W/m ²	1
FLS3	(雪第3層から土壌への) 積雪内の伝導熱 [平均]	W/m ²	1
FLS4	実質的なモデル出力なし		
RDSS	(地表から雪第1層への) 短波放射 [平均]	W/m ²	1
ROFS	地表面流出 [平均]	mm/day	1
ROFB	土壌 3 層底面での下向き重力排水 [平均]	mm/day	1
RON0	雪なし部分格子での土壌第1層への水の浸透 [平均]	mm/day	1

RON1	雪なし部分格子での土壌第1層から第2層への水の流出 [平均]	mm/day	1
RON2	雪なし部分格子での土壌第2層から第3層への水の流出 [平均]	mm/day	1
ROS0	雪あり部分格子での土壌第1層への水の浸透 [平均]	mm/day	1
ROS1	雪あり部分格子での土壌第1層から第2層への水の流出 [平均]	mm/day	1
ROS2	雪あり部分格子での土壌第2層から第3層への水の流出 [平均]	mm/day	1
LTRS	葉から大気への蒸散 [平均]	W/m ²	1
LINT	葉での遮断損失 [平均]	W/m ²	1
LSBL	雪から大気への昇華 [平均]	W/m ²	1
TSD4	土壌第4層の温度 (雪あり、なし部分格子で共通)	K	1
SNMT	日融雪量 [平均]	mm/day	1
TC_N	雪なし部分格子のキャノピー温度	K	1
TC_S	雪ありし部分格子のキャノピー温度	K	1
TG_N	雪なし部分格子の下草/裸地面温度	K	1
TG_S	雪面の温度	K	1
TD_N	雪なし部分格子の土壌温度 (第1~3層)	K	3
TD_S	雪あり部分格子の土壌温度 (第1~3層)	K	3
WD_N	雪なし部分格子の土壌水の飽和度 (第1~3層)	0-1	3
WD_S	雪あり部分格子の土壌水の飽和度 (第1~3層)	0-1	3
ID_N	雪なし部分格子の土壌氷の飽和度 (第1~3層)	0-1	3
ID_S	雪あり部分格子の土壌氷の飽和度 (第1~3層)	0-1	3
TS_S	雪あり格子の積雪各層の温度 (第1~4層)	K	4
WTR_S	雪あり格子の積雪各層の含水量 (第1~4層)	kg/m ²	4
SWE_S	雪あり格子の積雪各層の相当水量 (第1~4層)	kg/m ²	4
RHO_S	雪あり格子の積雪各層の密度 (第1~4層)	kg/m ³	4
AGE_S	雪あり格子の積雪第1層の降雪後の経過時間	0 --	1
INF_S	雪の層の情報		1
ENG_S	0°Cの水を基準とした雪の熱量	J/m ²	1
CVR_S	雪の被覆率	0-1	1
ALB_S	雪のアルベド	0-1	2
SWE_T	(積雪全層の) 積雪相当水量	kg/m ²	1
SNDEP	積雪深	m	1

・大気 3次元データ

変数名	内容	単位	層数
DNSG2	密度×G1/2 (*1)	kg/m ³	50
U	x 方向の運動量	kg/m ² /s	50
V	y 方向の運動量	kg/m ² /s	50
W	z 方向の運動量	kg/m ² /s	50
PT	温位偏差 (*2)	K	50
TIN	地中温度	K	4
TSD4	土壌第4層の温度	K	1
CVRS	雪の被覆率	%	1
QV	水蒸気の混合比	kg/kg	50
W_G	体積含水率	m ³ /m ³	2
QC	雲水の混合比	kg/kg	50
QR	雨の混合比	kg/kg	50
ETURB	乱流エネルギー	J/kg	50
PTSQ	液水温位の揺らぎの自己相関	K ²	50
QWSQ	総水混合比の揺らぎの自己相関	kg ² /kg ²	50
PTQW	液水温位の揺らぎと総水混合比の揺らぎの相関	K kg/kg	50
PRS	気圧の基本場からの偏差	Pa	50
QCI	雲氷の混合比	kg/kg	50
QS	雪の混合比	kg/kg	50
QG	霰の混合比	kg/kg	50
PSEA	海面更正気圧	hPa	1

(*1) $G1/2 = 1 - Z_s/H$ (Z_s =地面の高さ、 H =モデル上端の高さ)

(*2) 温位偏差の基準値は高度にかかわらず 300K

・ 定数データ

変数名	内容	単位
ZS	地形標高	m
SL	海陸比 (0~1, 0: 海, 1: 陸)	
FLAT	緯度	度
FLON	経度	度
KIND	地表面の種別 (1: 陸, 2: 海, 3: 雪, 4: 海水)	
ROUGH	地表面の運動量粗度長	m
EvEf	地表面の蒸発効率 (0~1)	
Albedo	地表面のアルベド (0~1)	
FKTG	地表面の熱拡散係数	m ² s ⁻¹
ROCTG	地表面の熱容量	J m ⁻³ K ⁻¹

URBN	都市熱	$W m^{-2}$
------	-----	------------

(b) 2km 格子

・ 地上大気データ

変数名	内容	単位
RR1	1時間降水量 (SMQR+SMQI+SMQS+SMQG)	mm
QR1	雨の1時間降水量	mm
QI1	雲氷の1時間降水量	mm
QS1	雪の1時間降水量	mm
QG1	霰の1時間降水量	mm
QH1	(使用不可)	
PSFC	地上気圧	hPa
PSEA	海面更正気圧	hPa
USFC	地上のx方向の風速	m/s
VSFC	地上のy方向の風速	m/s
TSFC	地上気温	K
TTDSFC	地上湿数	K
CLL	下層雲量	%
CLM	中層雲量	%
CLH	上層雲量	%
CLA	全層雲量	%
TPW	可降水量	kg/m^2

・ 熱力学関連 2次元データ

変数名	内容	単位
W_G1	土壌第1層の飽和度	m^3/m^3
W_G2	土壌第2層の飽和度	m^3/m^3
FLSH	上向き顕熱フラックス	W/m^2
FLLH	上向き潜熱フラックス	W/m^2
RSDB	地表面下向き短波フラックス	W/m^2
RSUB	地表面上向き短波フラックス	W/m^2
RLDB	地表面下向き長波フラックス	W/m^2
RLUB	地表面上向き長波フラックス	W/m^2
RBEAM	水平面直達日射フラックス	W/m^2
RDIF	天空散乱日射フラックス	W/m^2
SOLAR	地表面下向き短波放射フラックス (正味: URSDB-URSUB)	W/m^2

TCWC	凝結物の鉛直積算量	kg/m ²
QVGRD	地表面の比湿	kg/kg
TIN1	土壌第1層の温度	K
TIN2	土壌第2層の温度	K
TIN3	土壌第3層の温度	K
TIN4	土壌第4層の温度	K
UL2	モデル最下層のx方向の風速	m/s
VL2	モデル最下層のy方向の風速	m/s
PTL2	モデル最下層の温位	K
ATSFC	地上最高気温	K
ITSFC	地上最低気温	K
AVEL	地上最大風速	m/s
WBGT	地上湿球黒球温度	K
SNDEP	地上積雪深	m
SNSWE	地上積雪相当水量	kg/m ²
SNCVR	地上積雪被覆率	%

・等気圧面データ

変数名	内容	単位
T	気温	K
Z	ジオポテンシャル高度	m
U	x方向の風速	m/s
V	y方向の風速	m/s
W	z方向の風速	m/s
TTD	湿数	K
CVR	雲量	0-1
CWC	雲水量	kg/kg
OMG	鉛直p速度	hPa/hour
VOR850	渦度 (850hPaのみ)	10 ⁻⁶ /s
VOR700	渦度 (700hPaのみ)	10 ⁻⁶ /s
VOR500	渦度 (500hPaのみ)	10 ⁻⁶ /s

・定数データ

変数名	内容	単位
ZS	地形標高	m
SL	海陸比 (0~1, 0: 海, 1: 陸)	
FLAT	緯度	度
FLON	経度	度

KIND	地表面の種別 (1: 陸, 2: 海, 3: 雪, 4: 海氷)	
ROUGH	地表面の運動量粗度長	m
EvEf	地表面の蒸発効率 (0~1)	
Albedo	地表面のアルベド (0~1)	
FKTG	地表面の熱拡散係数	$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
ROCTG	地表面の熱容量	$\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1}$
URBN	都市熱	W m^{-2}

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

本データセットのデータに対してバイアス補正は行われていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

地上気温と降水量の平均的な精度については、Murata et al. (2017)の Fig. S1 を参照されたい。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

本データセットの利用条件は以下の通りである。

5km 格子

創生プログラム 5km 格子 NHRCM 日本域気候予測データセット公開ポリシー

気象庁気象研究所、筑波大学、名古屋大学（以下当事機関）は、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム(2012~2016年度)の下で、地球温暖化対策に資する日本域高解像度データセットを作成しました。本データセット作成のための計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータ特別推進課題で行いました。このデータセットを文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム (DIAS) の協力を得て、無償で提供します。

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

引用文献

Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, M. Oh'izumi, T. Kato, T. Aoyagi, F. Shido, K. Hibino, S. Kanada, A. Suzuki-Parker, and T. Nagatomo, 2015: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations with a high-resolution regional climate model. SOLA, 11, 90–94,

doi:10.2151/sola.2015-022

Kawase, H., A. Murata, K. Yamada, T. Nakaegawa, R. Ito, R. Mizuta, M. Nosaka, S. Watanabe, H. Sasaki, 2021: Regional characteristics of future changes in snowfall in Japan under RCP2.6 and RCP8.5 scenarios, SOLA, 17, 1–7, doi: 10.2151/sola.2021-001.

謝辞の例

(和文) 本研究では、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」において、地球シミュレータを用いて作成されたデータを使用した。

(英文) This study used data produced with the Earth Simulator by the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

2km 格子

創生プログラム 2km 格子 NHRCM 日本域気候予測データセット公開ポリシー

気象庁気象研究所、東京大学（以下当事機関）は、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム(2012～2016 年度)の下で、地球温暖化対策に資する日本域高解像度データセットを作成しました。本データセット作成のための計算は、海洋研究開発機構の地球シミュレータで実施されました。このデータセットを文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム (DIAS) の協力を得て、無償で提供します。

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

引用文献

Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, T. Aoyagi, M. Oh'izumi, N. Seino, F. Shido, K. Hibino, K. Ishihara, H. Murai, S. Yasui, S. Wakamatsu, and I. Takayabu, 2017: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations using a convection-permitting regional climate model with urban canopy. SOLA, 13, 219–223, doi:10.2151/sola.2017-040.

謝辞の例

(和文) 本研究では、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」において、地球シミュレータを用いて作成されたデータを使用した。

(英文) This study used data produced with the Earth Simulator by the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した気象庁気象研究所に属します。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、気象庁気象研究所はその責任を負うものではありません。

5.3. 問い合わせ先

名前：気象庁 気象研究所

組織名：気候変動リスク情報創生プログラム、統合的気候モデル高度化研究プログラム

6. 利活用例

(1) 気候変動による観光業への影響

文部科学省・気象庁による「日本の気候変動 2020（詳細版）」の付録 3.3.6

7. 引用文献

Kawase, H., A. Murata, K. Yamada, T. Nakaegawa, R. Ito, R. Mizuta, M. Nosaka, S. Watanabe, and H. Sasaki, 2021: Regional characteristics of future changes in snowfall in Japan under RCP2.6 and RCP8.5 scenarios. SOLA, 17, 1–7, doi: 10.2151/sola.2021-001.

Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. SOLA, 10, 167–171, doi:10.2151/sola.2014-035.

Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, M. Oh'izumi, T. Kato, T. Aoyagi, F. Shido, K. Hibino, S. Kanada, A. Suzuki-Parker, and T. Nagatomo, 2015: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations with a high-resolution regional climate model. SOLA, 11, 90–94, doi:10.2151/sola.2015-022.

Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, T. Aoyagi, M. Oh'izumi, N. Seino, F. Shido, K. Hibino, K. Ishihara, H. Murai, S. Yasui, S. Wakamatsu, and I. Takayabu, 2017: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations using a convection-permitting regional climate model with urban canopy. SOLA, 13, 219–223, doi:10.2151/sola.2017-040.

Nakano, M., T. Kato, S. Hayashi, S. Kanada, Y. Yamada, and K. Kurihara, 2012: Development of a 5-km-mesh cloud-system-resolving regional climate model at the Meteorological Research Institute. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 339–350, doi: 10.2151/jmsj.2012-A19.

Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. Mon. Wea. Rev., 134, 1266–1298, doi.org/10.1175/MWR3120.1.

Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita, and Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. J. Meteor. Soc. Japan, 85B, 271–304,

doi:10.2151/jmsj.85B.271.

Sasaki, H., K. Kurihara, I. Takayabu, and T. Uchiyama, 2008: Preliminary experiments of reproducing the present climate using the non-hydrostatic regional climate model. SOLA, 4, 25–28, doi:10.2151/sola.2008-007.

III. ② 日本域気候予測データ

1. はじめに

気象庁では、地球温暖化に伴う気候変動の影響評価、緩和策及び適応策の策定、地球温暖化に関する科学的知見の普及・啓発等に寄与することを目的に、平成 8 年度から数年ごとに、最新の気候モデルによる予測実験結果を公表している。水平解像度 5km の非静力学地域気候モデルの計算結果に基づき、平成 29 年 3 月に「地球温暖化予測情報第 9 巻」¹（RCP8.5 シナリオ）を公表したのについて、令和 2 年 12 月には異なる温室効果ガス排出シナリオ（RCP2.6 シナリオ）に基づく予測を追加し、観測されている変化も含めた気候変動に関する最新の科学的知見を総合的にとりまとめた「日本の気候変動 2020」²を文部科学省とともに公表した。

本データセットではこの 2 つの RCP シナリオの予測について、水平解像度 2km への力学的ダウンスケーリングを行った予測を追加し、「気候予測データセット 2022」の一部として提供を開始した。なお、これに伴い、データセットの名称を『「地球温暖化予測情報第 9 巻」データセット（「第 9 巻」データセット）』から、「日本域気候予測データ」に変更している。

温室効果ガス排出シナリオ以外の設定は共通であることから、本解説書では、水平解像度 5km の非静力学地域気候モデルによる予測結果を「日本域気候予測データ」の「5km 版」、または単に「5km 版」と総称する。

また、水平解像度 2km の予測結果を「日本域気候予測データ」の「2km 版」、または単に「2km 版」と呼ぶことにする。「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」両方を指す場合、本解説書では単に「日本域気候予測データ」と呼ぶ。

「日本域気候予測データ」のデータセットは、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」（平成 24～28 年度）及び「統合的気候モデル高度化研究プログラム」（平成 29 年度～令和 3 年度）のもと、気象庁気象研究所が開発した気候モデルを利用して作成されたものである。「日本域気候予測データ」は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書が想定する温室効果ガスの濃度変化に係わる 4 つの RCP シナリオ³のうち、濃度が最も多くなるシナリオ（RCP8.5 シナリオ）及び最も低くなるシナリオ（RCP2.6 シナリオ）に基づいた予測である。

「5km 版」データセットに基づく、地方や都道府県ごとの詳細な予測は、気象庁ホームページの「日本の各地域における気候変化」⁴で公表している。

本解説書第 2 章「Ⅲ ② 日本域気候予測データ」では、気候変動の影響評価や適応策に関する調査・研究において、「日本域気候予測データ」の特徴や限界が理解された上で効果的・適切に利用されることを目的にまとめたものである。

本解説書第 2 章「Ⅲ ② 日本域気候予測データ」のおすすめの読み方は以下のとおり。

- ・ まずは、データセットの内容・構成をはじめ、利用条件、免責事項を記した第 2 項と、利用上の留意点や推奨される利用方法を記した第 3 項を参照。

¹ <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/index.html>

² <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

³ 代表的濃度経路（Representative Concentration Pathways）シナリオ。社会・経済的な将来像を仮定せず、将来予測される多様な放射強制力の経路の中から、代表的なものを選択する

⁴ https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html

- ・ そのうえで、第4項と第6項の中で利用する要素のところを参照。
 - ・ 予測計算に用いた全球大気モデルの特徴を知りたい場合は第5項を参照。
 - ・ 利用例については、「日本域気候予測データ」の具体的な利用例も含めて第7項にまとめている。
- 本解説書第2章「Ⅲ ② 日本域気候予測データ」について不明な点等あれば、下記問い合わせ先まで連絡いただきたい。

お問い合わせ先：

気象庁 大気海洋部 気候情報課 地球温暖化予測情報担当

(住所) 〒105-8431 東京都港区虎ノ門3-6-9

(電子メール) clime@met.kishou.go.jp

(電話) 代表 03-6758-3900 内線 4559

2. データセットの概要

2.1 予測計算の概要

「日本域気候予測データ」の予測は、21世紀末を対象に気候モデルを用いて計算した予測である。

本項では、「日本域気候予測データ」で用いた気候モデル、予測計算に用いた温室効果ガス排出シナリオ、将来の海面水温（SST）の変化パターン等について説明する（概要は表 2.1 を参照）。

表 2.1 「日本域気候予測データ」予測計算の概要

対象領域	日本域
期間	現在：20世紀末（1980～1999年） 将来：21世紀末（2076～2095年）
気候モデル	気象研究所地域気候モデル NHRCM02（「2km版」のみ） 気象研究所地域気候モデル NHRCM05（「5km版」のみ） 気象研究所全球大気モデル MRI-AGCM3.2S
水平解像度	（「5km版」）5km、（「2km版」）2km
メンバー数	現在：1メンバー（20年分） 将来：4メンバー（80年分）
温室効果ガス排出シナリオ	RCP8.5、RCP2.6
将来の SST	CMIP5 ⁵ モデルの予測に基づく4つの変化パターン

（1）気候モデル

気候モデルとは、気候システムを構成する大気、海洋、陸面、氷床等の中で起こる動きや変化を物理の法則に従って定式化し、計算機（スーパーコンピュータ）の中で擬似的な地球を再現しようとする計算プログラムである。

⁵ Coupled Model Intercomparison Project Phase 5：第5次大気海洋結合モデル相互比較プロジェクト

「5km 版」データセットは、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」（平成 24～28 年度）及び「統合的気候モデル高度化研究プログラム」（平成 29 年度～令和 3 年度）のもと、気象庁気象研究所が開発した水平解像度 5km の非静力学地域気候モデル (NonHydrostatic Regional Climate Model: NHRCM05) (Sasaki et al., 2011) を用いた将来予測計算の結果に基づいて作成された。「2km 版」データセットは、「統合的気候モデル高度化研究プログラム」において、同じく気象庁気象研究所が開発した水平解像度 2km の非静力学地域気候モデル (NHRCM02) (Murata et al. 2017) による計算結果に基づいて作成された。

「日本域気候予測データ」の予測計算では、まず、気象庁気象研究所が開発した水平解像度 20km の全球大気モデル (MRI-AGCM3.2S) (Mizuta et al., 2012) に海面水温・海氷被覆データを境界条件として与え、20 世紀末 20 年分 (1980～1999 年、以下「現在気候」という。) 及び 21 世紀末 20 年分 (2076～2095 年、以下「将来気候」という。) の計算を行った。次に、それらの結果を境界条件として、「5km 版」データセットでは、日本とその周辺を対象として NHRCM05 による計算を行った (図 2.1)。

「5km 版」データセットの計算で用いた NHRCM05 は「地球温暖化予測情報第 8 巻」(気象庁, 2013) (以下「第 8 巻」という。) で用いられた気候モデルとほぼ同じであるが、鉛直方向を高分解能化 (40 層から 50 層へ) したほか、降水過程において海陸の雲底高度の違いや島の面積を考慮するなどの改良が加えられている (文部科学省研究開発局, 2016 など)。

なお、都市化が進行した地域ではヒートアイランド現象に伴い局地的に気温が高くなるが (気象庁, 2016)、NHRCM05 では都市化による影響は考慮されていない。

「2km 版」データセットでは、「5km 版」データセットで用いた NHRCM05 による計算結果を境界条件として、日本とその周辺を対象に、NHRCM02 によるさらに細かい解像度の計算を行った (図 2.1)。

「2km 版」データセットの計算で用いた NHRCM02 は、「5km 版」で用いられた NHRCM05 では考慮されていなかった都市化による影響を含めることができる都市モデルが新たに導入されるなど、様々な改良が加えられている (表 2.2)。

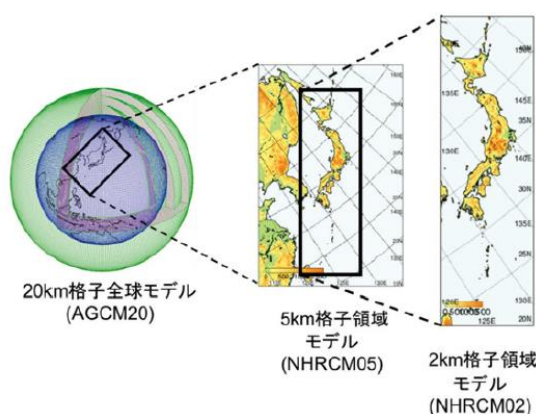


図 2.1 NHRCM02 で計算を行った領域 (文部科学省研究開発局, 2014 より引用)

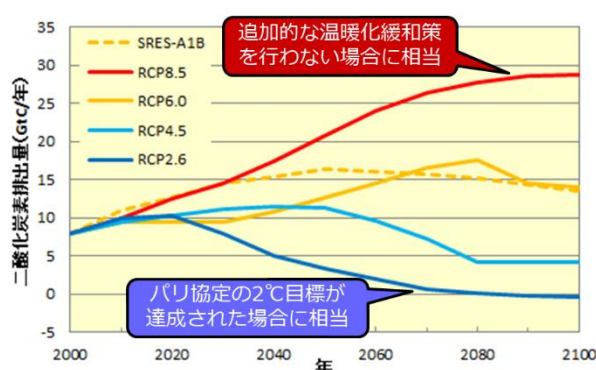


図 2.2 各 RCP シナリオにおける二酸化炭素排出量

表 2.2 NHRCM05 及び NHRCM02 の主な違い

対象領域	NHRCM05	NHRCM02
水平解像度	5km	2km
水平格子点数	527 × 804	525 × 1721
鉛直層数	50	60
積雲対流スキーム	Kain-Fritsch (Kain and Fritsch, 1990)	無し
陸面過程	MRI/JMA-SiB (Hirai and Ohizumi, 2004)	MRI/JMA-SiB + iSiB 植生モデル (大泉・徳広, 2013)
都市モデル	無し	SPUC (Aoyagi and Seino, 2011)

(2) 温室効果ガス排出シナリオ

将来の気候を予測する場合、地球温暖化の原因である二酸化炭素などの温室効果ガス濃度がどのように変化するかによって予測結果に大きな違いが生じる。

「日本域気候予測データ」の予測計算で与えられた温室効果ガス濃度の見通しは、IPCC 第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書 (IPCC, 2013) (以下「AR5」という。) で用いられた RCP8.5 シナリオ (高位参照シナリオ: 追加的な緩和策を行わないことを想定したシナリオ) 及び RCP2.6 シナリオ (低位安定化シナリオ: 工業化以前を基準にした世界平均気温の上昇をおおむね 2°C 以内に抑えることに相当するシナリオ) を基にしている。両者は、想定されている 4 つの RCP シナリオ (図 2.2) のうち、温室効果ガスの排出が最も多いシナリオと最も少ないシナリオである。

(3) 将来の海面水温の変化パターン

MRI-AGCM3.2S、NHRCM05、NHRCM02 いずれも大気の変動のみを予測計算する気候モデルであるため、海面水温 (SST) データを別に用意し、与える必要がある。本予測計算では、Mizuta et al.(2014)に基づき、RCP8.5、RCP2.6 それぞれのシナリオ下での 4 通りの予測結果を用いた。

具体的には、まず、第 5 次大気海洋結合モデル相互比較プロジェクト (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5: CMIP5) において RCP8.5、RCP2.6 それぞれのシナリオ下での予測計算を行った全球大気海洋結合モデルから 28 モデル⁶を選択して、全モデルによる平均値を将来の海面水温の変化量の 1 つとする (図 2.3(a)、(e))。次に、降水や大気循環に大きな影響を与える熱帯域の SST 変化を対象にクラスター解析を行い 3 パターンに分類する。そして、RCP8.5、RCP2.6 それぞれのシナリオ下での予測結果について、各パターンにおいて選択されたモデルの SST 分布を平均した上で、熱帯域 (30°S ~ 30°N) で平均した SST の昇温量が 28 モデルによる平均値と同じになるように全球の SST の昇温量を規格化する (図 2.3(b)~(d)、(f)~(h))。MRI-AGCM3.2S 並びに

⁶ CMIP5 に提出された約 60 モデルの予測計算結果のうち、現在気候、RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオが計算されている 28 モデルを選択。

NHRCM05 及び NHRCM02 を用いて将来気候を計算する際は、現在の観測値(平均値及び年々変動)にこれらの SST 将来変化パターンを加えたものを与えている。

(4) 「日本域気候予測データ」の特徴

「日本域気候予測データ」の予測計算では、4 種類の海面水温変化パターンそれぞれに対して MRI-AGCM3.2S 並びに NHRCM05 及び NHRCM02 による計算(アンサンブル実験⁷)を行ったことから、4 種類(メンバー)の予測結果に基づいた不確実性の定量的な評価が可能である。

これまでの地球温暖化予測は、計算機資源の限界などから、現在気候、将来気候ともに 20 年程度の計算を 1 回ずつ行うことが多かった。このため、気候モデル(MRI-AGCM3.2S や NHRCM05、NHRCM02 などの総称)の信頼性自体は現在気候の再現性を評価することで確認できるが、将来気候における数年から数十年周期の自然変動の影響に伴う不確実性は定量的に評価することができなかった。この不確実性は、降水量の将来変化において特に顕著である。しかし、本データセットでは 4 メンバーの予測計算を行うことで、単一の気候モデルではあるが、20 年平均値が 4 つ、年々変動には 80 年分(20 年×4 メンバー)のデータを用いることができた。このため、これらのデータの相互比較などにより、予測結果のばらつき具合に基づく不確実性の幅、信頼性の評価を行うことが可能である。

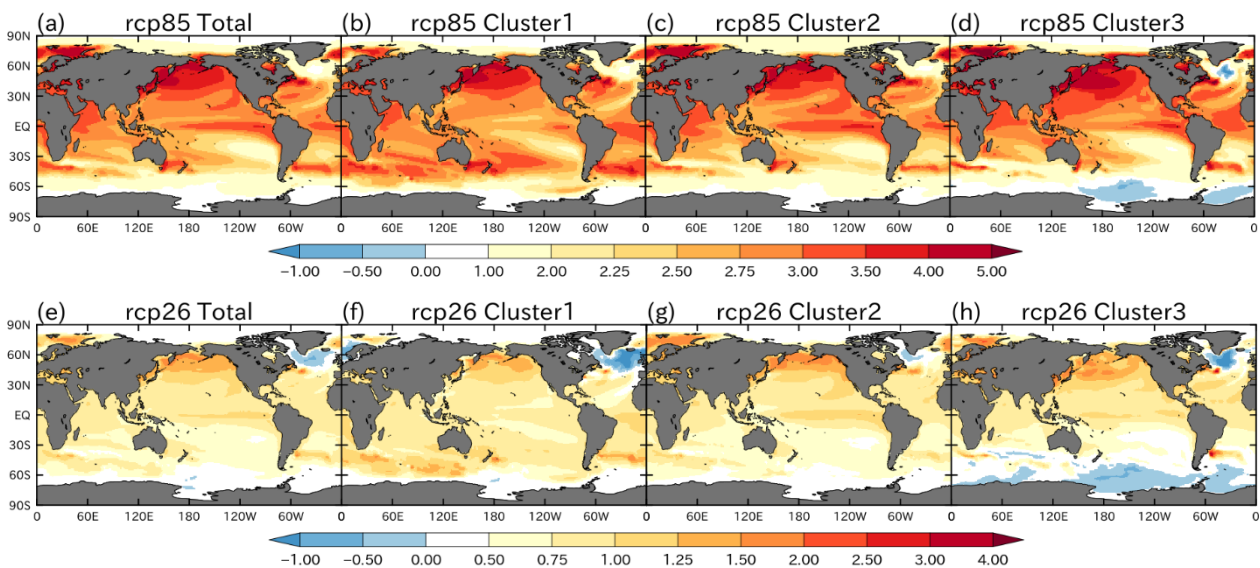


図 2.3 SST 分布の異なる 4 パターン(将来変化)

上段(a~d)がRCP8.5シナリオ、下段がRCP2.6シナリオ。熱帯域のSSTの昇温量が同じになるように規格化している。(Mizuta et al., 2014 を改変)

- (a), (e) 全 28 モデルの平均で熱帯太平洋中部から東部での昇温が大きく、エルニーニョ的な変化を示す。
- (b), (f) クラスタ1 (8 モデル) : 熱帯太平洋中部から東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストも小さい。
- (c), (g) クラスタ2 (14 モデル) : (a), (e) よりもさらにエルニーニョ的な変化を示す。
- (d), (h) クラスタ3 (6 モデル) : 熱帯太平洋中部から東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストが大きい。

⁷ 初期値にある観測(解析)誤差程度のわずかな違いや数値モデルの不完全性に基づくばらつきなどをもとに複数の計算を行い、それぞれの結果を統計的に処理する予測手法。

2.2 内容・構成

現在、データ統合・解析システム（DIAS）を通じて提供している「日本域気候予測データ」は、NHRCM05 または NHRCM02 による RCP8.5 シナリオ及び RCP2.6 シナリオに基づく将来予測計算の結果を、気象庁が解析した日本の気候予測データである。

「日本域気候予測データ」には、大きく分けて「モデル格子点データ」と「観測地点データ」の2種類がある。気候モデルの計算結果にはモデル特有の系統誤差（気候モデルが持つ特徴的な偏向：バイアス）が含まれているが、「モデル格子点データ」はバイアス補正をしていない値、「観測地点データ」はバイアス補正した値である。データセットの概要については表 2.3 を、データ形式、提供要素等の詳細については別紙 1 を、バイアスの補正方法については次項（第 2.3 項）を参照のこと。

表 2.3 「日本域気候予測データ」データセットの概要

	モデル格子点データ	観測地点データ
予測要素	平均・日最高・日最低気温、降水量、積雪深及び降雪量	気温の階級別日数（※1）、大雨・短時間強雨（※2）、年最深積雪・年降雪量 ※1：猛暑日、真夏日、夏日、熱帯夜、冬日、真冬日 ※2：日降水量 100mm・200mm 以上の発生日数、1 時間降水量 30mm・50mm 以上の発生回数、年最大日降水量、無降水日数
水平解像度	（「5km 版」）5km 格子 （「2km 版」）2km 格子	気象庁アメダス観測地点に対応するモデル格子点
データの種類	日別値、月別値、3 か月別値、年別値	月別値、3 か月別値、年別値 ※雪要素は年別値のみ
実験の種類	現在気候再現実験（1 メンバー） 将来気候予測実験（4 メンバー、4 メンバー平均）	現在気候再現実験（1 メンバー） 将来気候予測実験（4 メンバー平均）
バイアス補正	なし	あり
ファイル形式	バイナリ形式	カンマ区切りテキスト（csv 形式）

2.3 バイアス補正

気候モデルの計算結果には、気候モデル特有の系統誤差（バイアス）が含まれている。気温の階級別日数や大雨の出現頻度等、閾値が関係する統計量の変化は、気候モデルの出力値と現実の観測の出現頻度が十分に一致していないと、バイアスが増幅されて変化量の算出に影響し、適切な予測値を得られない場合がある。

バイアス補正済みデータである「観測地点データ」は、以下に述べるとおり、最も基本的でシンプ

ルな方法である線形関係を仮定した方法で補正した値を用いて算出したデータである。

「5km 版」データセット及び「2km 版」データセットのバイアス補正には、気象官署及びアメダス観測による同じ観測値を用いている。

なお、バイアス補正には、ここで示す方法以外にも様々な方法があり、目的に応じて適切な方法を選択するとより有効である。

(1) 気温の補正

観測値と、地域気候モデルの対応する格子点における現在気候の再現値を比較して、日平均気温・日最高気温・日最低気温を補正するが、これらの要素を独立に補正すると日較差（日最高気温と日最低気温の差）と日平均気温と日最低気温の差を日較差で割ったものに大きな相対誤差が生じる可能性がある。このため、各要素を以下の手順で補正している。観測値と現在気候の比較から求めた補正係数を、将来気候についても同様に適用する。

- ① 現在気候に対応する期間における観測値の日平均気温を、地点別・月別に高い方から順に並べかえる。
- ② 各観測地点に対応するモデル格子点の現在気候再現値の日平均気温を、地点別・月別に高い方から順に並べかえる。
- ③ 観測値とモデル格子点の現在気候再現値を線形関係と仮定し、最小自乗法により月ごとに補正係数を求めて補正する。
- ④ 日較差と日平均気温と日最低気温の差を日較差で割ったものについても日平均気温と同様に①～③の手順で補正係数を求めて補正する。
- ⑤ 補正した日平均気温、日較差、日平均気温と日最低気温の差を日較差で割ったものから、日最高気温、日最低気温の補正值を求める。

「観測地点データ」に収録している気温の階級別日数（猛暑日、熱帯夜等）は、上記手順で求めた日最高気温と日最低気温の補正值を用いて算出したデータである。

(2) 降水量の補正

観測値と、地域気候モデルの対応する格子点における現在気候を比較して、以下の手順で補正している。求めた補正係数は、将来気候についても同様に適用する。

- ① 現在気候に対応する期間における観測値の 0.5mm 以上の 1 時間降水量を、地点別・月別に多い方から順に並べかえる。
- ② 各観測地点に対応するモデル格子点の現在気候再現値の 1 時間降水量を、地点別・月別に多い

方から順に並べかえる。

- ③ ①と②の総サンプル数を少ない方に合わせる（総サンプル数の多い方を、少ない方のサンプル数と同じ数までで打ち切る）。
- ④ サンプル数を揃えた観測値とモデル格子点の現在気候再現値を線形関係と仮定し、最小自乗法により月ごとに補正係数を求めて補正する。ただし、ここで補正した値が0.5mm未満となった場合には、無降水として0で上書きする。

「観測地点データ」に収録している大雨・短時間強雨の発生頻度（日降水量200mm以上、1時間降水量50mm以上等）は、上記手順で求めた1時間降水量の補正值を用いて算出したデータである。

（3）年最深積雪・年降雪量の補正方法

観測値と、地域気候モデルの対応する格子点における現在気候を比較して、以下の手順で補正している。求めた補正係数は、将来気候についても同様に適用する。

- ① 現在気候に対応する期間における観測値の1.0cm以上の年降雪量・年最深積雪を、地点別に多い方から順に並べかえる。
- ② 各観測地点に対応するモデル格子点の現在気候再現値の年降雪量・年最深積雪を、地点別に多い方から順に並べかえる。
- ③ ①と②の総サンプル数を少ない方に合わせる（総サンプル数の多い方を、少ない方のサンプル数と同じ数までで打ち切る）。
- ④ サンプル数を揃えた観測値とモデル格子点の現在気候再現値を線形関係と仮定し、最小自乗法により補正係数を求めて補正する。ただし、ここで補正した値が1.0cm未満となった場合には、無降雪・無積雪として0.0cmで上書きする。

2.4 利用条件

本データセットの利用にあたっては、下記事項（1）～（6）を遵守のこと。

- （1）本資料「気候予測データセット2022解説書」第2章「Ⅲ②日本域気候予測データ」を読み、記載されている利用上の留意点等について了解した上で利用する。
- （2）本データを利用した調査・研究を委託する場合を除き、第三者には提供しない。
- （3）調査・研究の委託に伴う第三者への提供の際は、委託の終了後に当該第三者からデータを回収する。

(4) 本データを用いた成果を公表する場合には、「気候予測データセット 2022 ②日本域気候予測データ」を使用したことを明記するとともに、以下の例のように記載する。

(「5km 版」の場合) 同データセットは、気象庁気象研究所が開発した気候モデルを利用して、文部科学省気候変動リスク情報創生プログラム (RCP8.5 シナリオ) 及び統合的気候モデル高度化研究プログラム (RCP2.6 シナリオ) において計算されたデータを元に作成されたものである。

(「2km 版」の場合) 同データセットは、気象庁気象研究所が開発した気候モデルを利用して、統合的気候モデル高度化研究プログラムにおいて計算されたデータを元に作成されたものである。

(5) 本データを用いた成果を公表した資料等を気象庁に提供する。

(6) その他、気象庁の指示事項に従う。

2.5 免責事項

(1) 気象庁は、本データセットの作成にあたって細心の注意を払っているが、データの信頼性について一切保証するものではない。また利用者が本データセットを利用することによって生じる、いかなる損害についても責任を負うものではない。

(2) 気象庁は、予告なしに本データに係る情報を変更・削除することがあるが、これによって生じる利用者のいかなる損害についても、責任を負うものではない。

第2項の参考文献

大泉三津夫, 徳広貴之, 2013 : i-SiB 植生キャノピーサブモデルの NHRCM へのインパクト. 気象学会春季大会予稿集, A215.

気象庁, 2013. 地球温暖化予測情報第8巻, 平成25年3月, 88pp.

気象庁, 2016. ヒートアイランド監視報告2015, 平成28年7月, 67pp.

文部科学省研究開発局, 2014. 気候変動リスク情報創生プログラム テーマ C 気候変動リスク情報の基盤技術開発 平成25年度研究成果報告書, 平成26年3月, 249pp.

文部科学省研究開発局, 2016. 気候変動リスク情報創生プログラム テーマ C 気候変動リスク情報の基盤技術開発 平成27年度研究成果報告書, 平成28年3月, 212pp.

Aoyagi T. and N. Seino, 2011: A square prism urban canopy scheme for the NHM and its evaluation on summer conditions in the Tokyo metropolitan area, Japan. J. Appl. Meteor. Climatol., 50, 1476-1496.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K.

- Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535pp.
- Hirai M. and M. Ohizumi, 2004: Development of a new land-surface model for JMA-GSM. Extended abstract of 20th conference on weather analysis forecasting/16th Conf NWP, P2.22. https://ams.confex.com/ams/84Annual/techprogram/paper_68652.htm.
- Kain J.S. and J.M. Fritsch, 1990: A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. *J. Atmos. Sci.*, 47, 2784–2802, doi:10.1175/1520-0469(1990)047<2784:AODEPM>2.0.CO;2.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh 2012. Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. *J. Meteor. Soc. Japan*, 90A, 233-258, doi:10.2151/jmsj.2012-A12.
- Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh 2014. Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes. *SOLA*, 10, 167–171, doi:10.2151/sola.2014-035.
- Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, M. Nosaka, T. Aoyagi, M. Oh'izumi, N. Seino, F. Shido, K. Hibino, K. Ishihara, H. Murai, S. Yasui, S. Wakamatsu, I. Takayabu, 2017: Projection of future climate change over Japan in ensemble simulations using a convection-permitting regional climate model with urban canopy. *SOLA*, 13, 219–223, doi:10.2151/sola.2017-040.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara 2011. Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model. *SOLA*, 7, 173–176, doi:10.2151/sola.2011-044.

3. 利用上の留意点

気候モデルとは、気候システムを構成する大気、海洋、陸面、氷床等の中で起こる動きや変化を物理の法則に従って定式化し、計算機（スーパーコンピュータ）の中で擬似的な地球を再現しようとする計算プログラムである。しかし、予測の前提となる将来の大気中の温室効果ガス濃度は、今後の温室効果ガス排出量や、海洋や生態系における二酸化炭素吸収量によって大幅に変わる可能性があること、気候モデルは現実の大気や海洋の運動を完全に再現できるものではなく仮定や近似に由来する系統誤差（バイアス）が含まれること、大気や海洋の変動の中には本質的に予測困難な性質が含まれること等から、予測結果には避けられない不確実性が伴う。これらの不確実性を理解し、適切に評価したうえで、予測データを気候変動対策に利用することが推奨される。

「日本域気候予測データ」を利用するにあたっては、以下の事項に留意すること。なお、気候変動予測の手法や不確実性については「日本の気候変動 2020 詳細版」でより詳しく解説している。

3.1 全般的な留意点

本項では、地球温暖化予測を利用する場合の一般的な留意点を中心に記す。

① 気候モデルによる計算結果には特有のバイアスがある

気候モデルは現実の大気や海洋の運動を完全に再現できるものではなく、計算結果には気候モデル特有のバイアスが含まれている。このため、気候モデルによる予測値をそのまま利用するのは適切ではない。

本データセットには、現在気候におけるバイアスが将来気候にも同じように現れるという前提のもとで、予測データを統計的に補正した「観測地点データ」も収録している。バイアス補正を行っていない「モデル格子点データ」を利用する際は、将来気候の予測値そのものを用いるのではなく、現在気候に対する将来気候の変化量（比）を用いることにより、ある程度バイアスの影響が除去されると考える。

また、気候モデルの地形（山岳の起伏、海岸線、都市の存在など）も現実のものとは完全に一致するものではない上、気候モデルで再現できる現象のスケールは、水平解像度の数倍程度以上のものである。これを踏まえ、特定の地点（格子点）の結果に着目するのではなく、都道府県レベルなどある程度の広がりを持つ領域を対象として結果を解釈する必要がある。

② 地球温暖化予測では大気や海洋の自然変動のタイミングは予測対象ではない

エルニーニョ現象やラニーニャ現象などが繰り返し発生するように、大気と海洋は様々な時空間規模で変動している。自然の大気や海洋の変動を模した気候モデルによるシミュレーション結果にも、様々な種類の自然変動が温室効果ガス濃度の増加に伴う長期変化に重なって現れる。しかし、気候モデルで 21 世紀末といった将来の自然変動の振幅や位相（高温期や低温期のタイミング）までを予測することは不可能である。そのため、気候モデルの予測結果に現れる年々～数十年周期の自然変動の位相等は予測の対象外であり、20 年間といった長い期間にわたる計算結果を解析することで、

地球温暖化に伴う長期的な気候の変化を抽出することができる。

③ 気温に比べ、降水量の将来予測は不確実性が大きい

降水量の将来予測は、台風や梅雨期の大雨等の顕著現象の発生頻度や程度に大きく影響される。このような降水の顕著現象は気温等に比べて空間代表性が小さく（狭い地域で集中的に雨が降る等）、また発生頻度が稀であるため、解析に利用できる標本の数が限られ、確からしい系統的な変化傾向の検出が難しくなる場合がある。このため、降水量については、特定の狭い地域の変化傾向に着目せず、広域的に平均や積算した傾向として把握することが重要である。

④ 温室効果ガス排出量により将来予測結果は異なる

将来予測の結果は、採用する温室効果ガス排出シナリオによって異なる（図 3.1）。また、排出シナリオはあくまでも仮定に基づくものであり、実際の温室効果ガス排出量や大気中の温室効果ガス濃度は今後の社会・経済の動向に大きく左右される。

「日本域気候予測データ」の予測では、4つのRCPシナリオの中で温室効果ガスの排出が最大となるRCP8.5シナリオと最小となるRCP2.6シナリオを採用しており、両シナリオの結果を比較することで排出シナリオの違いによる予測の幅を考慮することが可能である。ただし、温室効果ガスの排出量が多いほど降水量などの要素の変化も大きくなるという関係が常に成立するとは限らないことに注意が必要である。

⑤ 同一の気候モデルによる4種類の計算結果である

AR5では、RCP8.5シナリオの予測において、世界各国の研究機関等による39種類の気候モデルによる予測結果が用いられており、その結果、1986～2005年平均に対する今世紀末（2081～2100年）の世界平均気温の上昇量が2.6～4.8℃となることを示している（図 3.1）。このばらつき具合は、各気候モデルの違いによるものである。

「日本域気候予測データ」では、将来のSST変化パターンが異なる4メンバーの予測が行われているものの、どれも同じ気候モデルによる予測結果である。このため、基本的には同じバイアスが現れていると考えられる。また、与えられた4種類のSSTはどれも熱帯域のSSTの上昇量が同じになるように規格化されていることから、世界的な温暖化の程度も大きくは異なっておらず、AR5で示されているものと比べて小さいばらつきしか表現できていないと考えられる。このため、「日本域気候予測データ」だけではなく他の予測結果との比較を行い、信頼性を評価することが望ましい。また、適当な比較対象となりうる予測結果が入手できない場合なども、「信頼性を評価できないこと」と「信頼性を考慮する必要がないこと」との混同を生じないように注意が必要である。

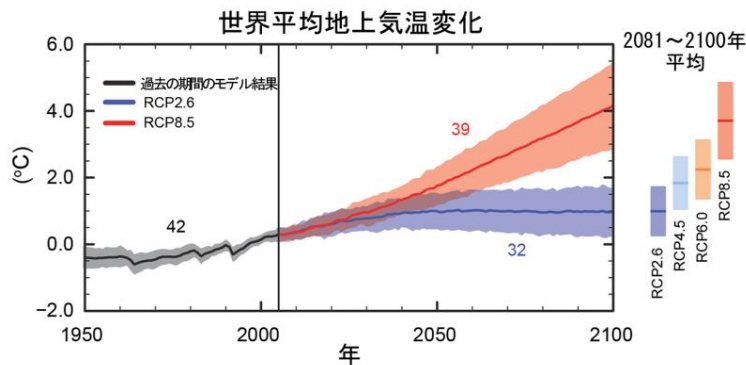


図 3.1 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた世界平均地上気温の時系列（1950～2100 年）

1986～2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化。予測と不確実性の幅（陰影）の時系列を、RCP2.6（青）と RCP8.5（赤）のシナリオについて示した。黒（と灰色の陰影）は、復元された過去の強制力を用いてモデルにより再現した過去の推移である。全ての RCP シナリオに対し、2081～2100 年の平均値と不確実性の幅を彩色した縦帯で示している。数値は、複数モデルの平均を算出するために使用した CMIP5 のモデルの数を示している。AR5 政策決定者向け要約（気象庁訳⁸）より引用。

3.2 各要素の留意点

本項では、第 4 項～第 6 項にまとめた「日本域気候予測データ」の予測の評価結果に基づいて、気温、降水及び雪の要素に関する予測値の利用の限界や注意点等をまとめる。なお、ここでは全体的な傾向を中心に示しており、要素、領域、季節等によっては例外もある。

（1）気温要素

- ・ 各要素ともに予測の信頼性は高い。
- ・ バイアス補正した地点別の予測も信頼性がある。ただし、現在気候の再現性が高い地点に限る。

<理由>

- ・ ほかのモデルの予測との整合性が高い。
- ・ バイアス補正した地点ごとのモデル値は、多くの地点で現在気候の再現性が高い。

（2）降水要素

- ・ 年の統計値については概ね信頼性があるが、地方や都道府県スケールでは信頼性が低い場合がある。季節別の統計値についても、季節別降水量など信頼性が低い場合がある。
- ・ 短時間強雨（1 時間降水量 30mm・50mm 以上の降水）の発生頻度は、地方や都道府県スケールでも概して増加するという変化傾向については季節の統計値についても信頼性がある。
- ・ 大雨（日降水量 100mm・200mm 以上の降水）の発生頻度は、地方や都道府県スケールにおける季節の統計値は信頼性が低い。

⁸ <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html>

<理由>

- ・ 降水量は、地域によってはほかのモデルの予測と整合しない場合があり、特に季節の統計値については不確実性が大きい。また、前項③で示した通り「日本域気候予測データ」の解像度であっても降水量の予測はある程度広域的に見る必要があり、比較対象となる多くの気候予測モデルの解像度は「日本域気候予測データ」よりも粗いことから、地域単位での予測については信頼性を評価しきれない部分が多いと考えられる。
- ・ 短時間強雨の頻度は、気温の上昇（予測の信頼性の高い要素）に伴う大気の水蒸気量の増加により一般的に増加することが複数の予測や理論で示されている。このことは、「日本域気候予測データ」では全国的に各季節で有意に増加すると予測していることと整合している。これらのことから、短時間強雨の変化傾向については、季節別の発生頻度にも信頼性があると考えられる。なお、上記のメカニズムは日降水量で定義される大雨の増加にも寄与すると考えられるが、大雨については循環場や台風の変化（気候モデルの不確実性の大きい要素）などにも影響される。季節別の大雨日数の予測は地方によって増減がばらついており、変化傾向の信頼性は高くないと考えられる。
- ・ 地点別の統計値は現在気候の再現性が低い。

(3) 雪要素

- ・ 年の統計値について概ね信頼性があるが、地方スケールで平均した値は信頼性が低い場合がある。

<理由>

- ・ 気温の上昇に伴って雪が融解しやすくなり、減少するという定性的な傾向は信頼性が高いと考えられる。一方で、地域単位での定量的な変化は降水量の増減にも影響されるため、信頼性には限界があると考えられる。
- ・ 月の統計値について、冬の初めや終わりの時期、雪が比較的少ない地域では観測のサンプル数が多くないため、補正が十分に行えない。
- ・ 都道府県スケールで平均した年の統計値には、現在気候の再現性の高さにばらつきがある。
- ・ 地点別の統計値は現在気候の再現性が低い。

3.3 推奨される利用方法

気候モデルの出力値そのものにはバイアスが含まれることから、将来予測を適切に行うためにはバイアスを補正することが推奨される。特に、猛暑日・熱帯夜といった気温の階級別日数や、1時間降水量 50mm・日降水量 100mm といった大雨頻度など、ある閾値に基づく統計値を解析する場合は、バイアス補正が必要である。

本項では、本データセットの推奨される利用方法の例を記す。

- ① 解析したい要素や地域について、現在気候の全期間（20年間）にわたる気候モデル出力値の平

均や積算等の統計値を算出する。

- ② 同じ要素、地域、期間の統計値をアメダス等の観測値から算出する。
- ③ ①と②で算出した値を比較し、気候モデルがどの程度まで現在の気候を再現しているか検証しておく。これにより、気候モデルの性能や系統誤差（気候モデルが持つ特徴的な偏向）を把握する。また、①と②で算出された値の統計的関係性を求め、①の値を補正する。
- ④ 解析したい要素や地域について、将来気候予測実験の全期間（20年間）にわたる気候モデル出力値の平均や積算等の統計値を算出する。また、現在気候における系統誤差が将来気候にも同じように現れると仮定し、③で求めた統計的関係性を適用して将来予測の統計値を補正する。
- ⑤ ③と④で得られた現在気候の補正值と将来気候の補正值の差分を求め、温暖化に伴う気候変化量の予測値とする。気候モデルの出力値そのものは、系統誤差を含んでいる可能性があるが、補正した将来気候予測結果と補正した現在気候再現結果の差分を解析することで、系統誤差の影響を低減することができる。変化量ではなく将来の予測値そのものを示す場合には、②で得られた観測値にこの差分を加えることにより予測値とする。

※ 利用にあたっての手順の概要は、資料1に示す。

4. 「日本域気候予測データ」の予測の特徴

第3項で示した通り、「日本域気候予測データ」の予測を用いる際には、他の予測結果との比較を行い、信頼性を評価することが望ましい。本項では、「日本域気候予測データ」の予測の主な特徴と、AR5、「第8巻」といったほかの予測との比較結果等をまとめる。「日本域気候予測データ」及び比較する予測の概要は、表4.1のとおり。

表4.1 「日本域気候予測データ」及び比較に用いた予測

予 測	概 要
＜日本域気候予測データ(第9巻)＞ 地球温暖化予測情報第9巻 (気象庁, 2017) 日本の気候変動2020 (文部科学省・気象庁, 2020)	【温室効果ガス排出シナリオ】 RCP8.5 シナリオ、RCP2.6 シナリオ 【予測の数】 4 ケース 【水平解像度】 (「5km 版」) 5km、(「2km 版」) 2km 【将来変化】 20 世紀末 (1980～1999 年) に対する 21 世紀末 (2076～2095 年) の変化
地球温暖化予測情報第8巻 (気象庁, 2013)	【温室効果ガス排出シナリオ】 SRESA1B シナリオ (RCP6.0 シナリオに相当) 【予測の数】 1 ケース 【水平解像度】 5km 【将来変化】 20 世紀末 (1980～1999 年) に対する 21 世紀末 (2076～2095 年) の変化
21 世紀末における日本の気候 (環境省・気象庁, 2015) ⁹	【温室効果ガス排出シナリオ】 4 つの RCP シナリオ 【予測の数】 RCP2.6・RCP4.5・RCP6.0 シナリオは各 3 ケース、RCP8.5 シナリオは 9 ケース 【水平解像度】 20km 【将来変化】 20 世紀末頃 (1984～2004 年) に対する 21 世紀末 (2080～2100 年) の変化
気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第5次評価報告書 (AR5) 第1作業部会報告書 (IPCC, 2013)	【温室効果ガス排出シナリオ】 4 つの RCP シナリオ 【評価に用いられた予測】 CMIP5 で用いられた各国研究機関の気候モデルの計算結果等。 【将来変化】 20 世紀末頃 (1986～2005 年) に対する 21 世紀末 (2080～2100 年) の変化をはじめ、21 世紀中頃や 22 世紀以後の予測もあり。
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 (d4PDF)	【温室効果ガス排出シナリオ】 全球平均気温 2℃上昇 (RCP8.5 シナリオにおける 2040 年に相当) 及び 4℃上昇 (RCP8.5 シナリオにおける 2090 年に相当) 【予測の数】 2℃上昇 54 ケース、4℃上昇 90 ケース、現在気候 100 ケース 【水平解像度】 20km 【将来変化】 現在気候 (1950 年～2011 年) に対する 2℃上昇及び 4℃上昇条件下での変化

⁹ http://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_tekiou/2015/index.html

4.1 気温要素

(1) 平均気温 (図 4.1)

< 「5km 版」 >

- ・ 年平均気温は、全国平均で RCP8.5 (RCP2.6) シナリオの下では 3.9~5.1°C (1.0~1.8°C) 上昇。

< 「2km 版」 >

- ・ 年平均気温は、全国平均で RCP8.5 (RCP2.6) シナリオの下では 3.9~5.1°C (1.0~1.8°C) 上昇。

< ほかの予測 >

- ・ AR5 の 21 世紀末の予測では、日本付近の年平均気温は RCP8.5 (RCP2.6) シナリオの下では 4~5°C (1~2°C) 上昇。
- ・ 「第 8 巻」 (A1B シナリオ : RCP6.0 シナリオに相当) の年平均気温は、全国平均で 2.5~3.5°C 上昇。
- ・ 「21 世紀末における日本の気候」の予測では、年平均気温は、全国平均で RCP8.5 (RCP2.6) シナリオの下では 3.4~5.4°C (0.5~1.7°C) 上昇。

< 比較結果 >

- ・ 「日本域気候予測データ」の年平均気温の予測は、ほかの予測の傾向と整合的であり、信頼性は高い。

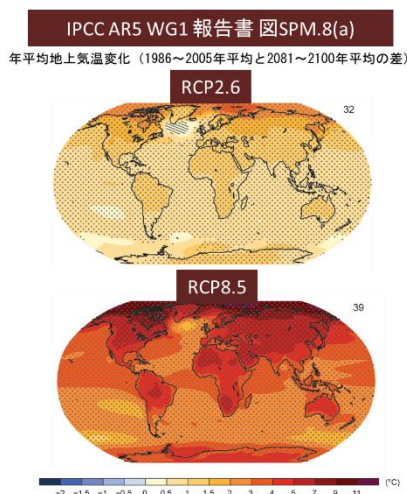
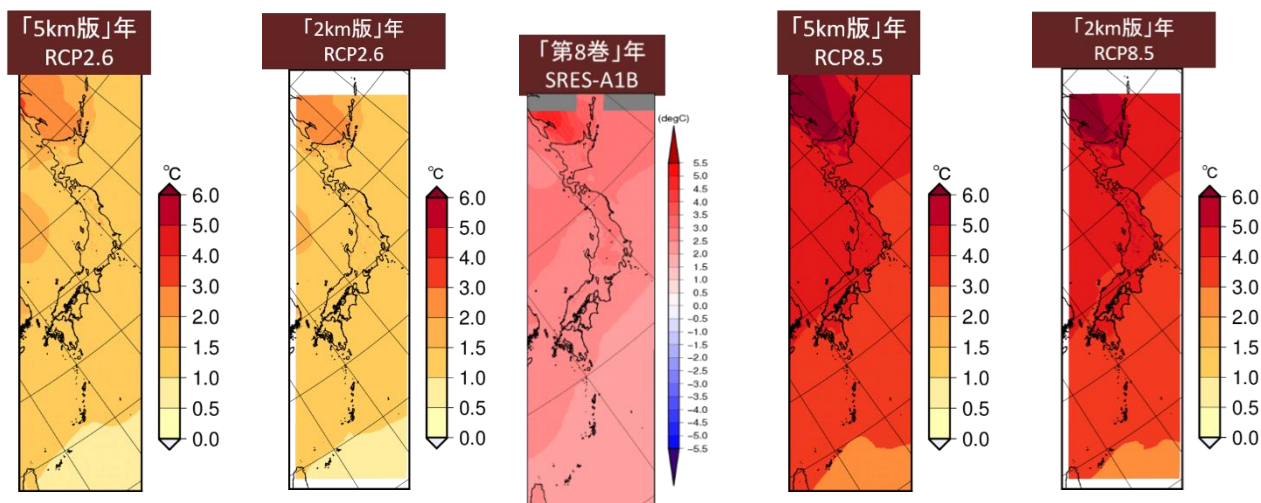


図 4.1 年平均気温の将来予測

上図：左から順に、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける年平均気温の将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。下図：AR5 に掲載されている RCP2.6 シナリオ及び RCP8.5 シナリオにおける CMIP5 複数モデル平均の将来変化（将来気候：2081～2100 年、現在気候：1986～2005 年）。図右上の数字はメンバー数を示す。斜線部は、複数モデル平均の変化量が自然起源の内部変動性に比べ小さい（つまり、20 年間の自然起源の内部変動性の 1 標準偏差未満）ことを示す。また点描影は、自然起源の内部変動性に比べ大きく（つまり、20 年間の自然起源の内部変動性の 2 標準偏差以上）かつ少なくとも 90% のモデルが同じ符号の変化をしている領域を示す。

(2) 極端な気温（猛暑日、熱帯夜、真冬日など）（図 4.2）

< 「5km 版」 >

- ・ 猛暑日（最高気温が 35℃以上の日）、真夏日（最高気温が 30℃以上の日）、夏日（最高気温が 25℃以上の日）及び熱帯夜（最低気温が 25℃以上の日¹⁰）の年間日数は全国的に増加する。例えば、全国平均では、RCP8.5（RCP2.6）シナリオの下では猛暑日は約 19 日（約 3 日）、真夏日は約 49 日（約 13 日）、熱帯夜は約 41 日（約 9 日）増加する。
- ・ 真冬日（最高気温が 0℃未満の日）及び冬日（最低気温が 0℃未満の日）の年間日数は全国的に減少する。例えば、RCP8.5（RCP2.6）シナリオの下では真冬日は北日本日本海側で約 38 日（約 15 日）、冬日は東日本日本海側で約 49 日（約 22 日）減少する。

< 「2km 版」 >

- ・ 猛暑日（最高気温が 35℃以上の日）、真夏日（最高気温が 30℃以上の日）、夏日（最高気温が 25℃以上の日）及び熱帯夜（最低気温が 25℃以上の日）の年間日数は全国的に増加する。例えば、全国平均では、RCP8.5（RCP2.6）シナリオの下では猛暑日は約 18 日（約 3 日）、真夏日は約 47 日（約 12 日）、熱帯夜は約 38 日（約 8 日）増加する。
- ・ 真冬日（最高気温が 0℃未満の日）及び冬日（最低気温が 0℃未満の日）の年間日数は全国的に減少する。例えば、RCP8.5（RCP2.6）シナリオの下では真冬日は北日本日本海側で約 38 日（約 15 日）、冬日は東日本日本海側で約 48 日（約 21 日）減少する。

< ほかの予測 >

- ・ AR5 では、世界平均気温が上昇するのに伴い、ほとんどの場所において極端な高温現象が増えて極端な低温現象が減少することはほぼ確実であると評価されている。
- ・ 「第 8 巻」では、「日本域気候予測データ」と同様に、猛暑日、真夏日及び熱帯夜の年間日数は全国的に増加する。また、真冬日及び冬日の年間日数は減少する。
- ・ 「21 世紀末における日本の気候」の RCP8.5（RCP2.6）シナリオに基づく予測では、真夏日日数は全国平均で約 50 日（約 10 日）増加し、真冬日は北日本日本海側で約 40 日（約 10 日）減少する。

< 比較結果 >

- ・ 「日本域気候予測データ」の極端な気温の予測は、ほかの予測の傾向と整合的である。

¹⁰ 熱帯夜は夜間の最低気温が 25℃以上の日であるが、ここでは便宜的に日中も含めた最低気温が 25℃以上の日を便宜的に熱帯夜としている。

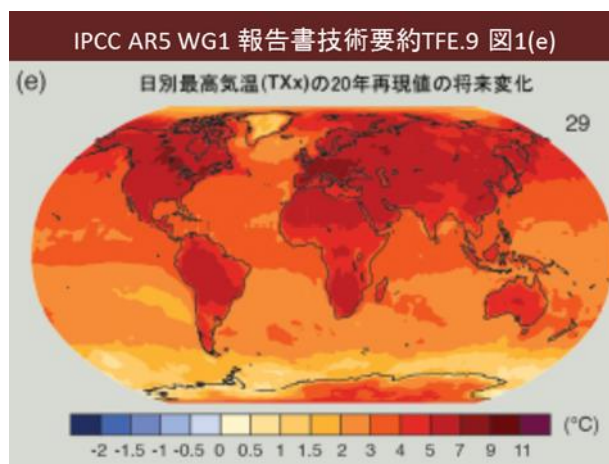
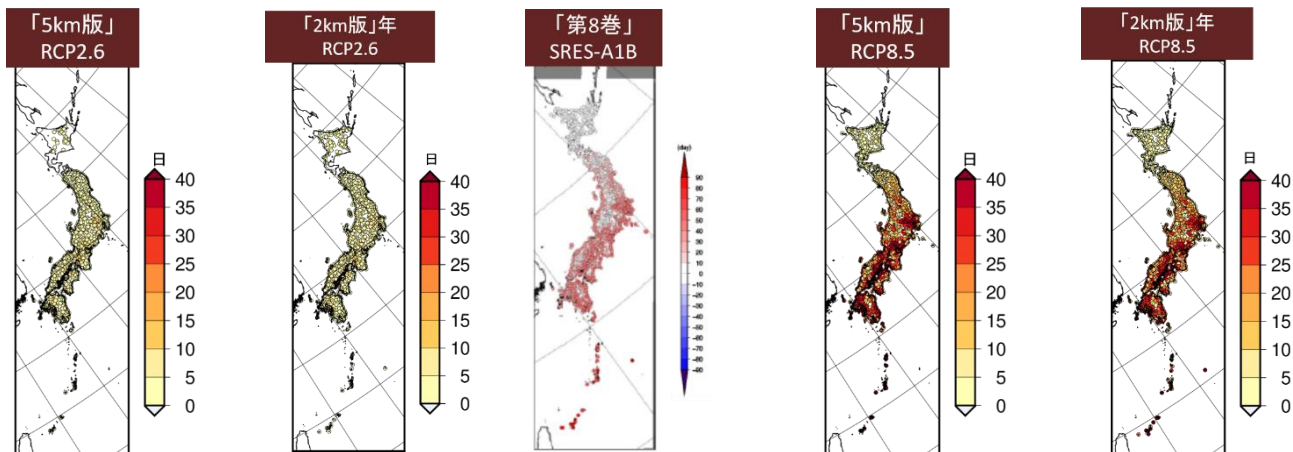


図 4.2 猛暑日（年間日数）と日別最高気温 20 年再現値の将来予測

上図：左から順に「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける猛暑日（年間日数）の将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。下図：AR5 に掲載されている日別最高気温 20 年再現値の将来変化（将来気候：2081～2100 年、現在気候：1986～2005 年）。RCP8.5 シナリオに基づく、CMIP5 複数モデル平均。図右上の数字はメンバー数を示す。

4.2 降水要素

(1) 年降水量 (図 4.3)

<「5km 版」>

- ・ RCP2.6 シナリオの下で沖縄・奄美において有意な増加が予測されている点を除き、ほぼ全国的に有意な変化傾向は見られない。

<「2km 版」>

- ・ RCP8.5 シナリオの下で北日本日本海側・北日本太平洋側において有意な増加と東日本太平洋側で有意な減少、RCP2.6 シナリオの下で北日本日本海側と沖縄・奄美において有意な増加が予測されている点を除き、ほぼ全国的に有意な変化傾向は見られない。

<ほかの予測>

- ・ AR5 の RCP8.5 シナリオに基づく予測の日本域では、北海道付近を除き明瞭な増減傾向は現れていない。RCP2.6 シナリオに基づく予測の日本域では明瞭な増減傾向は現れていない。
- ・ 「第 8 巻」では、北日本では有意な増加傾向となっていたが、ほかの地域平均では有意な変化傾向は見られなかった。
- ・ 「21 世紀末における日本の気候」では、増加するケースと減少するケースがあり、有意な傾向は見られない。
- ・ d4PDF では、沖縄・奄美で 4°C 昇温時 (おおむね RCP8.5 シナリオに対応) よりも 2°C 昇温時 (おおむね RCP2.6 シナリオに対応) に降水量が大きく増加する結果を示すメンバーはほぼ存在しない。また、沖縄・奄美に限らず、日本付近の降水量の将来変化は、境界条件として与える海面水温の分布によって、その大きさや空間分布が大きく異なっている。

<比較結果>

- ・ 「日本域気候予測データ」の年降水量の予測は、多くの地域について明瞭な変化傾向が見られないとしているが、これはほかの予測の傾向と比べて大きな違いはない。
- ・ 沖縄・奄美の降水量について、「5km 版」「2km 版」ともに RCP2.6 シナリオにおいて有意に増加することが予測されている。ただし、この結果はほかの予測では確認されておらず、RCP8.5 シナリオと比べて変化量が大きくなる点でもほかの予測と異なる傾向である。
- ・ 日本付近の降水量変化については、詳細地形の影響も大きく、「2km 版」であっても、解像度が低い全球モデルで評価可能な部分は限定的である。現時点では、適当な比較対象となる他の高解像度のモデルによる予測結果が少なく、モデルの違い等に起因する不確実性の評価が難しい。

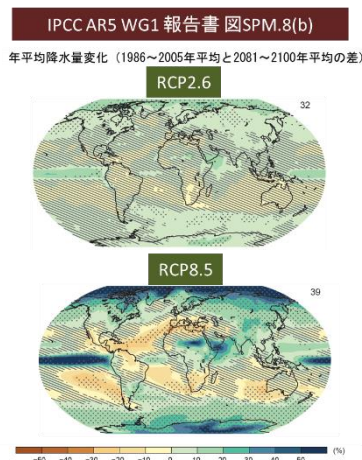
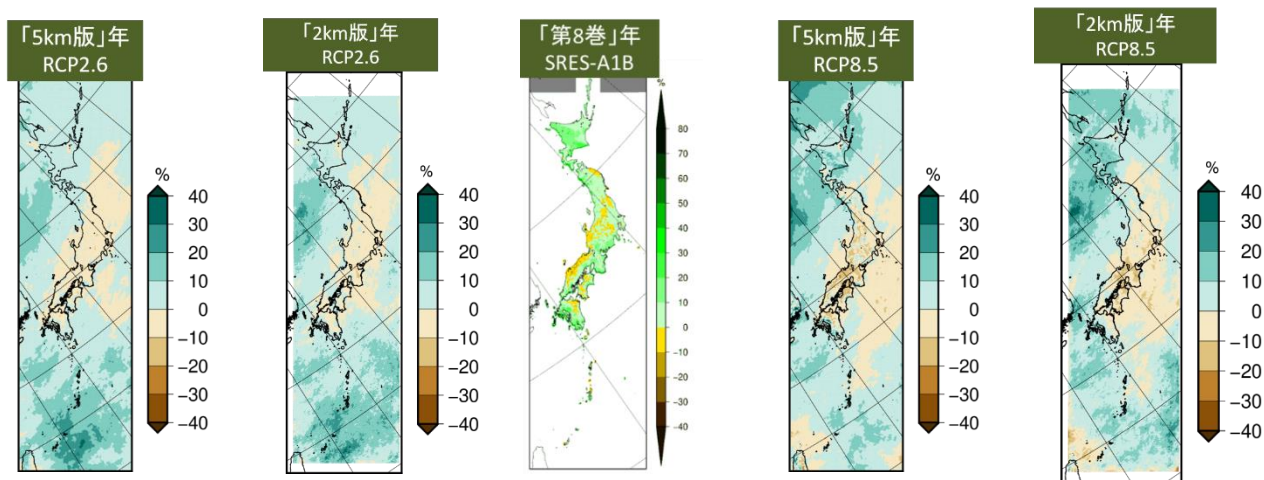


図 4.3 年降水量の将来予測
図の見方は図 4.1 と同様。

(2) 季節別降水量 (図 4.4、図 4.5)

< 「5km 版」 >

- ・ 夏の降水量は、九州東部～本州太平洋側の広い範囲で減少する。一方、秋の降水量は、増加傾向を示すところが多い。RCP2.6 シナリオの下で沖縄・奄美の降水量が増加する傾向は夏、秋において明瞭に見られる。

< 「2km 版」 >

- ・ 夏の降水量は、九州東部～本州太平洋側の広い範囲で減少する。一方、秋の降水量は、増加傾向を示すところが多い。RCP2.6 シナリオの下で沖縄・奄美の降水量が増加する傾向は夏、秋において明瞭に見られる。

<ほかの予測>

- ・ AR5 では、夏の日本付近は広く降水量の増加が予測されている。
- ・ 「第 8 巻」の夏の降水量は、九州東部や四国地方西部等では「日本域気候予測データ」と同様に減少が予測されているが、近畿地方や中部地方では「日本域気候予測データ」とは異なって増加

が予測されている。「第8巻」の秋の降水量は、「日本域気候予測データ」とは異なって減少傾向を示すところが多い。

<比較結果>

- ・ 「日本域気候予測データ」の季節別降水量の予測は、ほかの予測の傾向と異なるところが見られる。これらの予測間のばらつきは、梅雨前線や秋雨前線、台風等の予測傾向の違いが関連していると考えられ、予測の信頼性は低い。

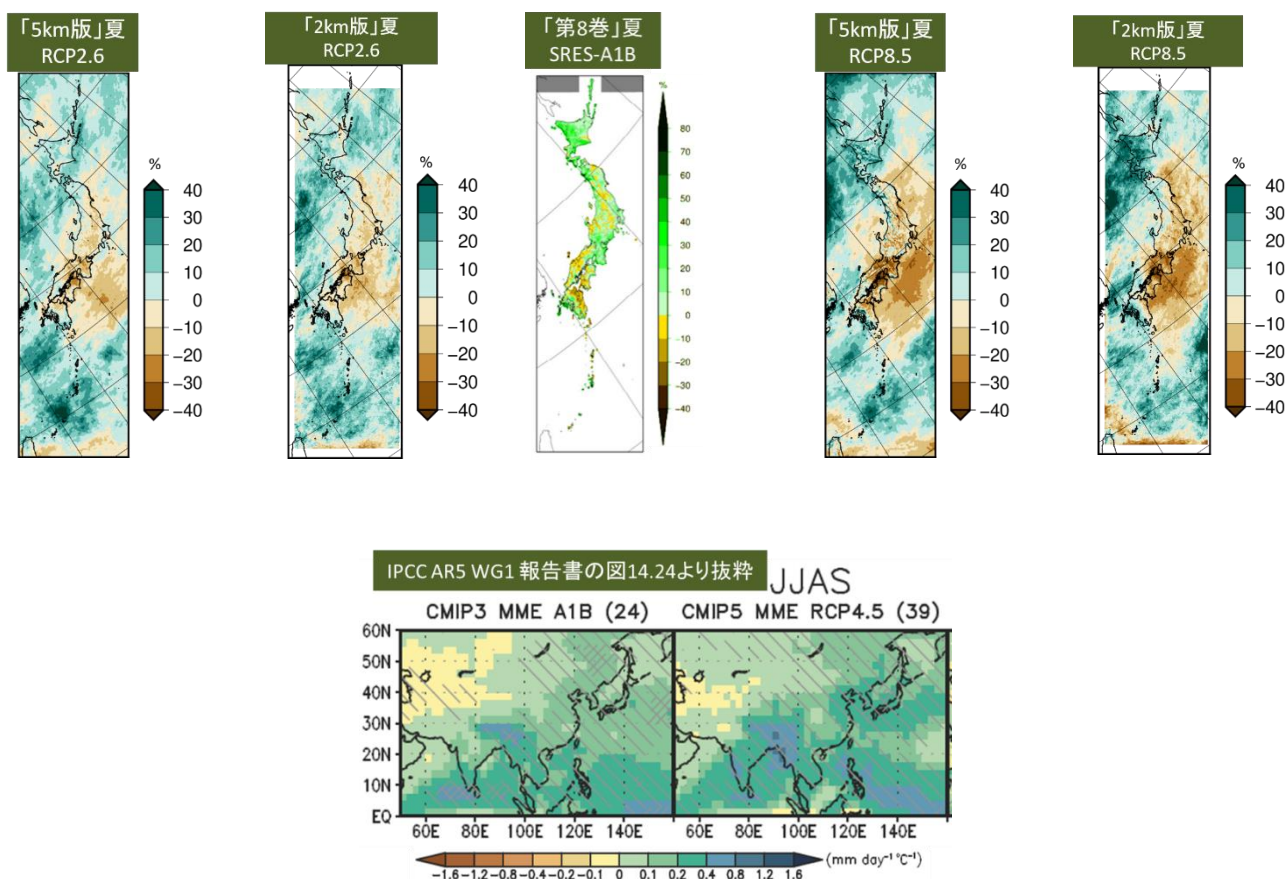


図 4.4 夏の降水量の将来予測

上図：左から順に「日本域気候予測データ」の「5km版」及び「2km版」のRCP2.6シナリオ、「第8巻」、「日本域気候予測データ」の「5km版」及び「2km版」のRCP8.5シナリオにおける夏季（6～8月）降水量の将来変化（将来気候：2076～2095年、現在気候：1980～1999年）。下図：AR5に掲載されている6～9月平均の将来変化（将来気候：2081～2100年、現在気候：1986～2005年）。図右上の括弧内の数字はメンバー数を示す。降水量偏差の変化符号が66%（90%）以上のメンバーで一致する場合に片方向（両方向）斜線を表示。

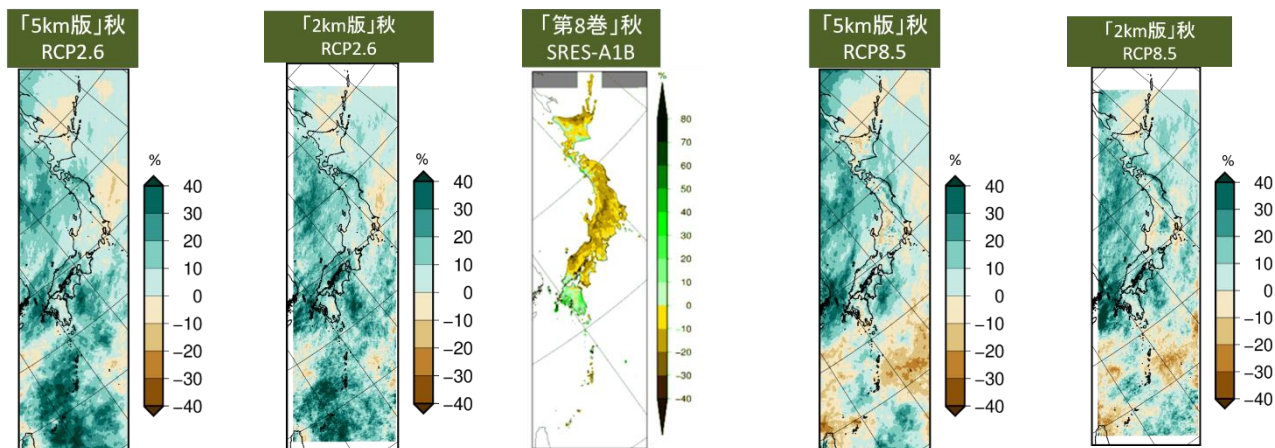


図 4.5 秋の降水量の将来予測

左から順に「日本域気候予測データ」の「5km版」及び「2km版」のRCP2.6シナリオ、「第8巻」、「日本域気候予測データ」の「5km版」及び「2km版」のRCP8.5シナリオにおける秋季（9～11月）降水量の将来変化（将来気候：2076～2095年、現在気候：1980～1999年）。

（3）極端な降水（大雨日数、短時間強雨の発生頻度、年最大日降水量）（図 4.6、図 4.7）

< 「5km版」 >

- ・ 年間の大雨日数（日降水量 100mm 以上・200mm 以上の日数）は、RCP8.5、RCP2.6 いずれのシナリオの下でも全国的に概ね増加する。ただし、夏の大雨日数（日降水量 100mm 以上の日数）は、都道府県レベルで見ると、九州東部から近畿地方の一部では減少傾向である。
- ・ 短時間強雨の発生回数（1 時間降水量 30mm 以上・50mm 以上の発生回数）は、年及び季節ともに全国的に概ね増加する。
- ・ 年最大日降水量は、全国的に増加する。
- ・ 上記いずれの要素においても、増加幅はほぼ全ての地域で RCP8.5 シナリオの方が大きくなるが、沖縄・奄美では両シナリオで同程度の増加が予測されている。

< 「2km版」 >

- ・ 年間の大雨日数（日降水量 100mm 以上・200mm 以上の日数）は、RCP8.5、RCP2.6 いずれのシナリオの下でも全国的に概ね増加する。ただし、夏の大雨日数（日降水量 100mm 以上の日数）は、都道府県レベルで見ると、四国から近畿地方の一部では減少傾向である。
- ・ 短時間強雨の発生回数（1 時間降水量 30mm 以上・50mm 以上の発生回数）は、年及び季節ともに全国的に概ね増加する。
- ・ 年最大日降水量は、全国的に増加する。
- ・ 上記いずれの要素においても、増加幅はほぼ全ての地域で RCP8.5 シナリオの方が大きくなるが、沖縄・奄美では両シナリオで同程度の増加が予測されている。

< ほかの予測 >

- ・ AR5 では、地球温暖化の進行に伴って大気中の水蒸気量が増加すると極端な降水が強化される

と述べられている。また、中緯度陸域の大部分と湿潤な熱帯地域では、世界が温暖化すれば極端な降水現象が強度と頻度ともに増すであろうことの可能性は非常に高いと評価されている。

- ・ 「21 世紀末における日本の気候」では、大雨による降水量は全国的に増加する（RCP2.6 は約 10%、RCP8.5 は約 25%増加）。
- ・ d4PDF では、大雨の発生回数はいずれの地域においても有意に増加する。増加率は全国平均では「日本域気候予測データ」の「5km 版」と概ね整合している一方、地域単位では異なる場合がある。また、4°C 昇温時よりも 2°C 昇温時の増加率が大きくなる地域は存在しない。

<比較結果>

- ・ 「日本域気候予測データ」の極端な降水の頻度や強度の予測は、全国的に見ると増加傾向であり、ほかの予測の傾向と概ね整合的である。ただし、季節別の大雨日数は、地方によって減少傾向のところがあり、年間の日数と比べて信頼性が低いとみられる。
- ・ 多くの地域で全国平均と同様の増加傾向が見られる点については信頼性が高いと考えられるが、地域単位での定量的な変化量の予測については不確実性が大きいと考えられる。

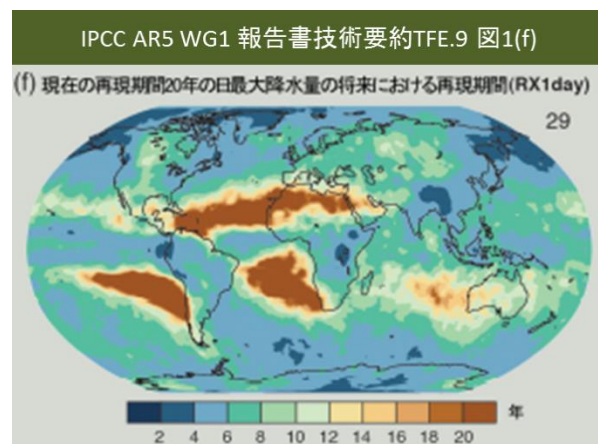
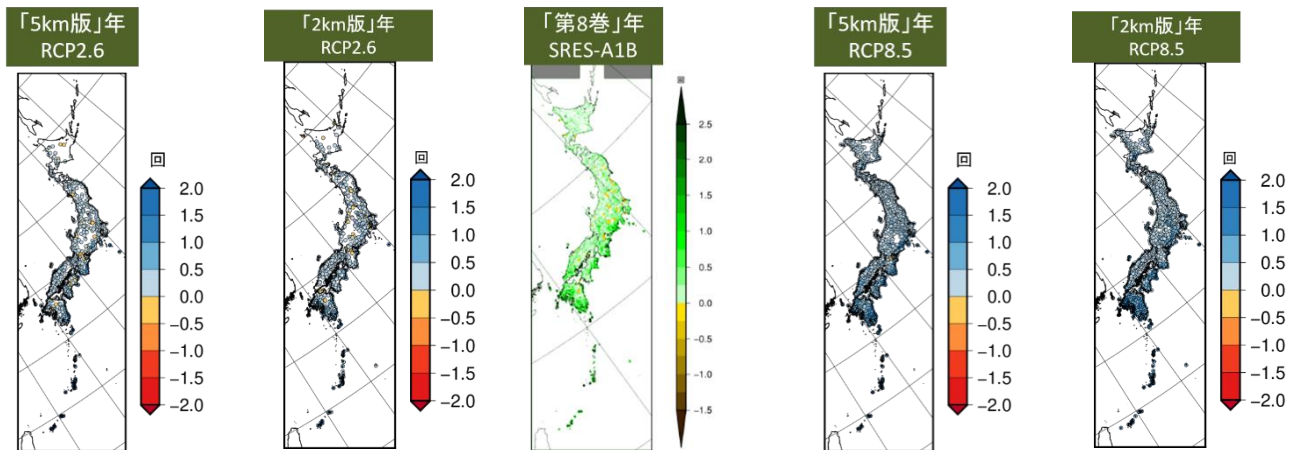


図 4.6 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数と現在の再現期間 20 年の日最大降水量の将来予測
 上図：左から順に「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、
 「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける 1 時間降水量 50mm
 以上の年間発生回数の将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。下図：AR5 に掲
 載されている 1986～2005 年に再現期間 20 年であった日最大降水量の 2081～2100 年における再現期間を
 示す。RCP8.5 シナリオに基づく、CMIP5 複数モデル平均。図右上の数字はメンバー数を示す。

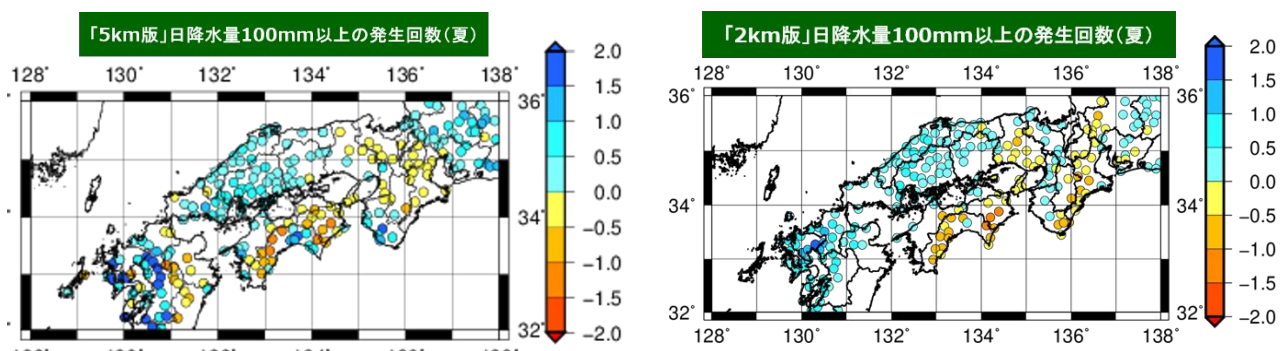


図 4.7 夏の日降水量 100mm 以上の発生回数の将来予測
 バイアス補正した「日本域気候予測データ」の「5km 版」（左図）及び「2km 版」（右図）の RCP8.5 シナリ
 オにおける予測結果。4 メンバーの傾向が一致した地点のみ表示（現在気候及び将来気候ともに発生しない
 場合は表示対象外）。

(4) 無降水日数 (図 4.8)

<「5km 版」>

- ・ 年間の無降水日数 (日降水量が 1mm 未満の日) は、RCP8.5 シナリオでは、全国平均及び多くの地域で有意な変化が予測されていて、都道府県別に細かくみた場合、北海道の一部を除いて全国的に増加する。ただし、北海道の春・夏・冬や、東・北日本太平洋側の冬では、減少傾向を示すところが多くある。RCP2.6 シナリオでは、全国平均及び多くの地域では有意な変化が予測されていない。

<「2km 版」>

- ・ 年間の無降水日数 (日降水量が 1mm 未満の日) は、RCP8.5 シナリオでは、全国平均及び多くの地域で有意な変化が予測されていて、都道府県別にみた場合、北海道の一部を除いて全国的に増加する。ただし、北海道の春・冬や、東・北日本太平洋側の冬では、減少傾向を示すところが多くある。RCP2.6 シナリオでは、全国平均及び多くの地域では有意な変化が予測されていない。

<ほかの予測>

- ・ 「第 8 巻」では、年間の無降水日数は、北海道の一部を除いて全国的に増加する。北日本の夏や北海道や東日本太平洋側の一部の冬では減少傾向を示す。
- ・ 「21 世紀末における日本の気候」では、RCP8.5 では全国的に増加するが、RCP2.6 や RCP4.5 といった温室効果ガスの排出量が少ないシナリオでは減少するケースもある。
- ・ 地球温暖化に伴う飽和水蒸気量の増加により極端な降水の強度と頻度が増すのに対し、地面や海面からの蒸発散により水蒸気を供給する効率の変化は相対的に小さいため、降水イベント間の間隔が長くなり、無降水日数が増える可能性が指摘されている (Giorgi et al., 2011, Trenberth 2011)。

<比較結果>

- ・ 「日本域気候予測データ」の無降水日数の予測は、RCP8.5 シナリオでは全国的に見ると増加傾向であり、ほかの予測の傾向と整合的である。季節別では北海道等の一部の地域で減少傾向のところがある。RCP2.6 シナリオの下では全国的に有意な変化傾向が見られない。RCP8.5 シナリオに対して相対的に変化が小さくなる傾向は、ほかの予測の傾向や、飽和水蒸気量の増加によって無降水日数が増えるというメカニズムと整合していると考えられる。

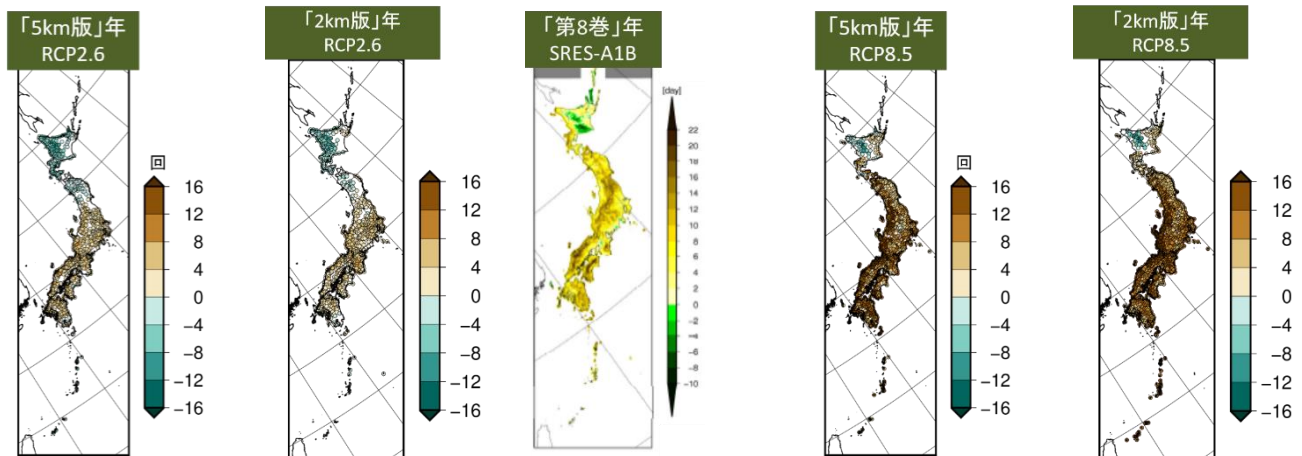


図 4.8 年間の無降水日数の将来予測

左から順に「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。

4.3 雪要素

（1）年最深積雪（図 4.9）

< 「5km 版」 >

- ・ RCP8.5 シナリオの下では、北海道の内陸の一部地域を除いて全国的に減少する。RCP2.6 シナリオの下では、本州以南でのほとんどの地域で有意に減少する一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。

< 「2km 版」 >

- ・ RCP8.5 シナリオの下では、北海道の内陸の一部地域を除いて全国的に減少する。RCP2.6 シナリオの下では、本州以南でのほとんどの地域で有意に減少する一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。

< ほかの予測 >

- ・ AR5 では、今世紀にわたる地球全体の気温上昇に伴い、北半球の積雪面積が減少する可能性は非常に高いと評価している。
- ・ 「第 8 巻」では、北海道の内陸の一部地域を除いて全国的に減少する。
- ・ 「21 世紀末における日本の気候」では、全国的に減少する。

< 比較結果 >

- ・ 「日本域気候予測データ」の最深積雪の予測は、全国的に減少しており、ほかの予測の傾向と整合的である。

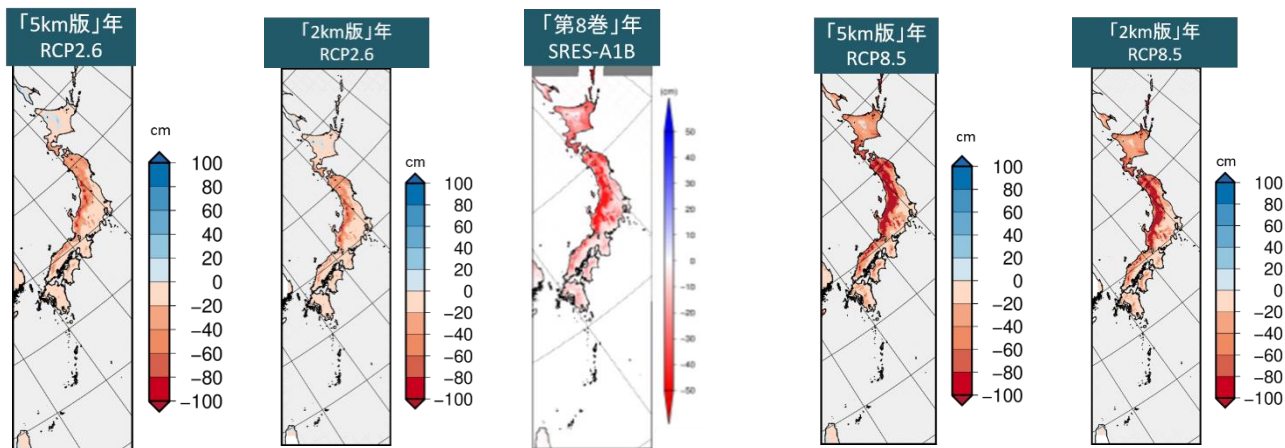


図 4.9 年最深積雪の将来予測

左から順に、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。

（2）年降雪量（図 4.10）

< 「5km 版」 >

- ・ RCP8.5 シナリオの下では、北海道の内陸の一部地域を除いて全国的に減少する。RCP2.6 シナリオの場合、本州以南でのほとんどの地域で有意に減少する一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。
- ・ 地域ごとに見ると、大半で減少傾向が明瞭となっている。ただし、北海道内陸部や RCP2.6 シナリオにおける東日本日本海側の山岳部には、厳冬期の降雪量及び最深積雪が増加する地域もあると予測されている。

< 「2km 版」 >

- ・ RCP8.5 シナリオの下では、北海道の内陸の一部地域を除いて全国的に減少する。RCP2.6 シナリオの場合、本州以南でのほとんどの地域で有意に減少する一方で、北海道では変化傾向が不明瞭である。
- ・ 地域ごとに見ると、大半で減少傾向が明瞭となっている。ただし、北海道内陸部や RCP2.6 シナリオにおける東日本日本海側の山岳部には、厳冬期の降雪量及び最深積雪が増加する地域もあると予測されている。

<ほかの予測>

- ・ 「第 8 巻」と「21 世紀末における日本の気候」も「日本域気候予測データ」と同様に、全国的に減少する一方、北海道の内陸の一部地域では増加傾向が見られる。
- ・ 地球温暖化による気温や海面水温の上昇を背景として大気中の水蒸気量が増加することで、温暖化時でも十分に寒冷な地域においては降雪量が増加することが指摘されている (Brown and Mote, 2009)。

<比較結果>

- ・ 「日本域気候予測データ」の降雪量の予測は、全国的に減少し、北海道の内陸等の一部地域では増加傾向であり、ほかの予測の傾向と整合的である。
- ・ 降雪量の変化は気温に加えて降水量の変化を反映する。そのため、降雪量についても降水量と同様に地域単位での定量的な変化量については信頼性に限界があると考えられる。

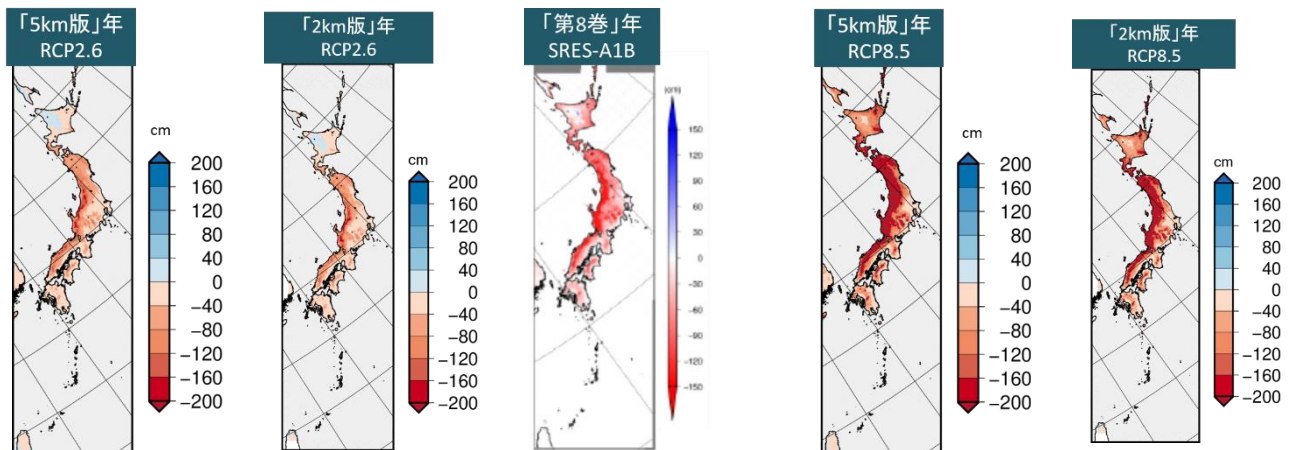


図 4.10 年降雪量の将来予測

左から順に、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「日本域気候予測データ」の「5km 版」及び「2km 版」の RCP8.5 シナリオにおける将来変化（将来気候：2076～2095 年、現在気候：1980～1999 年）。

第 4 項の参考文献

- Brown, R. D., P. Mote 2009. The response of Northern Hemisphere snow cover to a changing climate, *J. Clim.*, 22, 2124–2145.
- Giorgi, F., E.-S. Im, E. Coppola, N. S. Diffenbaugh, X. J. Gao, L. Mariotti, and Y. Shi 2011. Higher hydroclimatic intensity with global warming. *J. Climate*, 24, 5309–5324. doi:10.1175/2011JCLI3979.1.
- Trenberth, K. E. 2011: Changes in precipitation with climate change. *Clim. Res.*, 47, 123–138, doi:10.3354/cr00953.

5. 全球大気モデルの評価

「日本域気候予測データ」の「5km版」は、水平解像度 20km の気象研究所全球大気モデル (MRI-AGCM3.2S) による出力を側面境界値として水平解像度 5km の非静力学地域気候モデル (NHRCM05) を実行した結果に基づく。「2km版」は、NHRCM05 による出力を側面境界値として、さらに水平解像度 2km の非静力学地域気候モデル (NHRCM02) を実行した結果に基づく。これらモデルの下部境界には 4 種類の海面水温 (SST) 変化パターンを与え、将来変化の予測不確実性の評価を行っている (詳細は「日本の気候変動 2020」詳細版 付録 1 を参照)。

第 4.2 項 (2) で示したとおり、特に、季節別降水量の予測については、モデル間のばらつきが大きいことから、気象研究所全球大気モデルの予測の特徴について、確認しておくことが望ましい。また、他の季節、要素、シナリオについても、予測結果を利用するにあたっては同様の評価を行うことが望ましい。

5.1 全球大気モデル予測の評価及び他のモデルとの比較の必要性

全球大気モデル予測の評価と他のモデルとの比較の必要性について、日本域の降水量の将来変化を例に説明する。

地球温暖化に伴う降水量変化は、全球的に見ると第 0 近似的には気温上昇による大気中の水蒸気増加 (相対湿度はほぼ一定と考える) に伴う水蒸気輸送の強化が原因となる「多雨域の更なる多雨化と少雨域の更なる少雨化」(要因①) とされる。日本の夏季は多雨域に含まれることから、将来は大気中の水蒸気が増加により基本的には降水量増加が予測される。

しかし、これに大気循環場の変化に伴う降水量の変化 (要因②) が加わる。地球大気の場合によって昇温する度合いが異なるため、それが原因で大気の循環に変化が生じるためである。具体的には、熱帯と極域の南北差、赤道太平洋の東西等の海面水温上昇の海域差、大陸と海洋の間、地表付近と大気上層の間等に昇温の差が生じる。この結果、ハドレー循環やジェット気流、ウォーカー循環、モンスーン循環、積雲対流等、関係する大気循環に変化が生じる。更には、昇温によって各地表面では蒸発量は一般に増加 (要因③) し、これがそのまま降水量の増加に寄与することも考慮する必要がある。

このうち、①と③については降水分布の現在気候再現性に基づいて将来降水変化の予測精度もある程度評価できそうである。予測が難しいのは、②の大気循環場の変化に伴う降水量の変化の評価である。②の原因となる、「熱帯と極域の南北差、赤道太平洋の東西等の海面水温上昇の海域差、大陸と海洋の間、地表付近と大気上層の間等の昇温の差」の将来変化についてはモデル間で概ね共通した傾向が見られるものの、これらの影響を受ける中で、日本列島スケールでの大気循環の変化についてはモデル間で定量的に一致するまでには至っていないからである。この不確実性の中には、海面水温の昇温分布のモデル依存性といった分かりやすい違いの他に、モデルの積雲対流スキームといったモデル内部の物理過程の違いも含まれていて、モデルの良し悪しの判断は容易ではない。

気候モデルの地球温暖化予測モデルとしての評価は、長期平均や年々変動も含めた現在気候の様々な再現性で判断するしかないが、多面的に全て調べることは困難であることから、地球温暖化の予測結果については他のモデルと比較し評価することが重要である。

5.2 他のモデル予測と比較した際の特徴

「日本域気候予測データ」では考慮されていない予測不確実性の一つに、モデルで用いているパラメタリゼーション方式の違いがある。気候モデルではモデル格子平均量を用いて格子間隔より小さなスケールの集団効果を近似的に表現（パラメタリゼーション）しているが、その方式は様々あり経験的な要素も含まれる。中でも積雲対流パラメタリゼーションの違いは降水の将来予測の不確実性に大きな影響を及ぼすと考えられる。このため、水平解像度 60km の気象研究所全球大気モデル（MRI-AGCM3.2H）を用いて、上述の 4 種類の SST パターンに加えて 3 種類の積雲対流パラメタリゼーションに基づくアンサンブル予測実験が別途実施されている。

その他の物理過程やモデル構成の違いも含めて予測不確実性を評価する手段としては、気象研究所全球大気モデルの予測結果を、第 5 次及び第 6 次結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP5 及び CMIP6）のマルチモデルの予測結果と比較することが有効である。ただし、CMIP モデルは大気の水平解像度が 100km～400km 程度と低解像度であるため、台風や梅雨前線のような細かな空間構造をもつ気象現象の再現性能が不十分であることや、海面水温分布のバイアス（CMIP モデルは大気海洋結合モデルなので海洋も予測対象となる）に由来する大気循環のバイアスが含まれている等の欠点がある。

「日本域気候予測データ」で用いた 20km 格子の気象研究所全球大気モデルと上述の他モデルの比較結果は、「気候予測データセット 2022 解説書」の第 2 章第 1 節第 4.2 項にまとめられており、日本付近では、気温については概ね同様の特徴がみられること、降水量については、平均的な予測傾向としては概ね整合しているものの、特に夏季の降水量についてはやや違いが見られることが指摘されている。CMIP5 モデルとの予測結果の比較については、「日本の気候変動 2020」も参照されたい。このように、夏季の降水量の将来変化については、モデルにより差があることから、特に注意が必要である。なお、梅雨の季節進行の評価については、「日本の気候変動 2020」を参照されたい。

6. 「日本域気候予測データ」データの評価－現在気候の再現性－

気候モデルを用いた温暖化予測の信頼性を評価するためには、第4項と第5項で示したほかのモデルとの比較等に加えて、気候モデルの出力値及び補正值がどの程度現実の気候を再現できているのかを確認することが重要である。

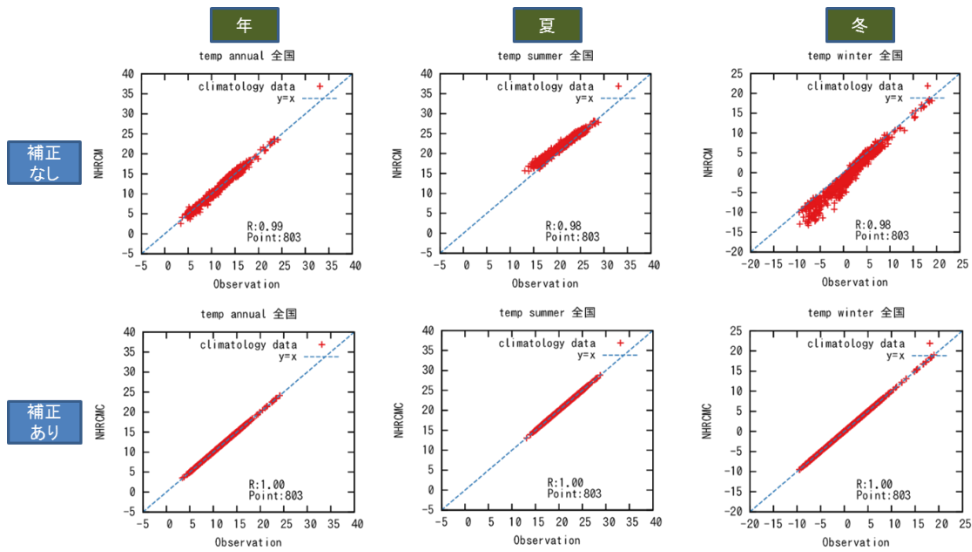
本項では、「日本域気候予測データ」データセットの主な要素について、地域気候モデルの出力値である「モデル格子点データ」（以下「モデル値（補正なし）」という。）及び第2.3項で示した方法で補正した「観測地点データ」（以下「モデル値（補正あり）」という。）の現在気候の再現性を評価した結果をまとめる。

6.1 気温要素

（1）平均気温

モデル値（補正なし）には、5km版では、夏（6～8月）は北日本に正のバイアスがあり、冬（12～2月）は北日本と東日本に負のバイアスがある。2km版では、5km版よりも多くの地域にバイアスが存在する。具体的には、東日本太平洋側～西日本の年平均・春・夏・秋、沖縄・奄美の年平均・春・夏において正のバイアスがあり、北日本～東日本日本海側では、夏に正のバイアス、冬に負のバイアスがある。モデル値（補正あり）では、ばらつきはほとんどなく、また、バイアスは解消される（図6.1）。

「5km 版」



「2km 版」

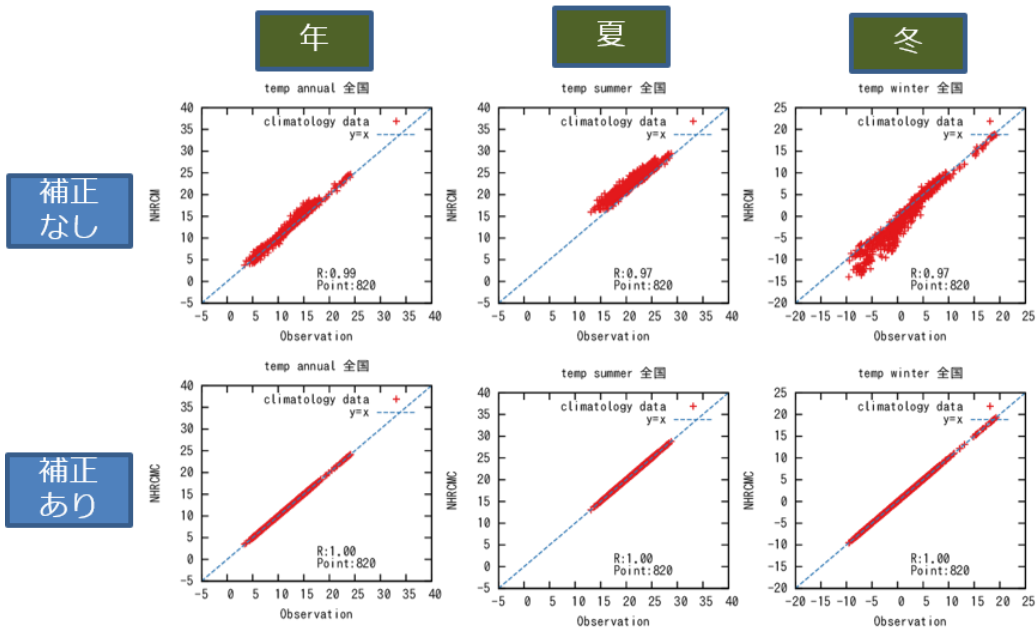


図 6.1 全国アメダス地点における 20 年平均した年平均気温の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）の平均気温と各地点に対応するモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

(2) 日最高気温

モデル値（補正なし）には、5km 版では、年平均、秋及び冬の全地域、春の東日本太平洋側及び西日本、夏の西日本太平洋側及び沖縄・奄美で負のバイアスがある。2km 版では、5km 版よりは少なくなっているものの、夏の北日本太平洋側に正のバイアスがあり、年平均の北日本日本海側、冬の北・東日本に負のバイアスがある。沖縄・奄美では年平均、春、秋平均において正のバイアスがある。全国で見た場合、平均気温と同様に冬の負のバイアスが他の季節に比べて大きい。モデル値（補正あり）では、ばらつきはほとんどなく、また、バイアスは解消される（図 6.2）。

都道府県平均や地点別のモデル値（補正なし）では、特に 5km 版において、頻度分布の両端で観測値と数℃程度のずれが生じているところがあるが、モデル値（補正あり）では概ね観測の頻度分布と一致する（図 6.3）。

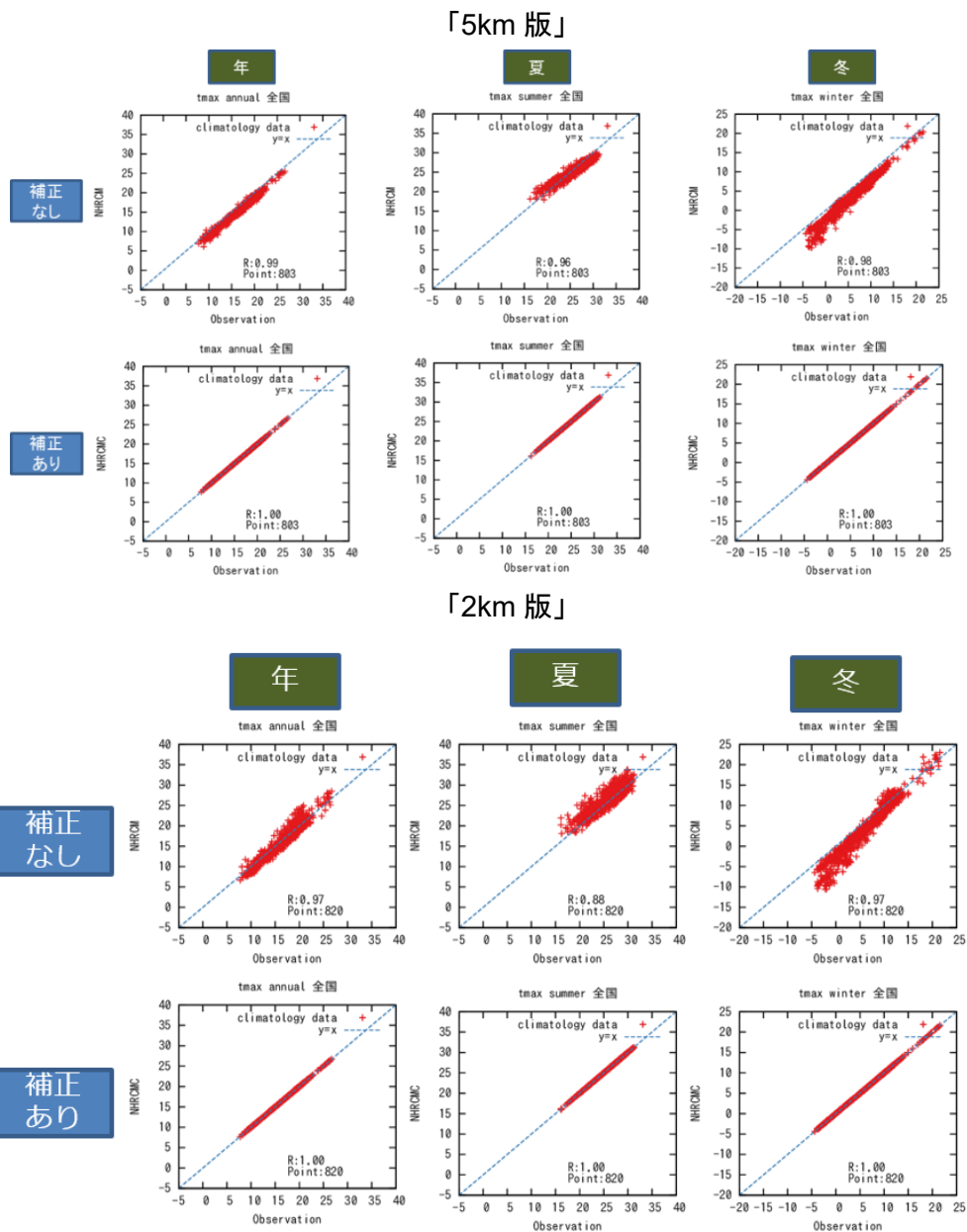
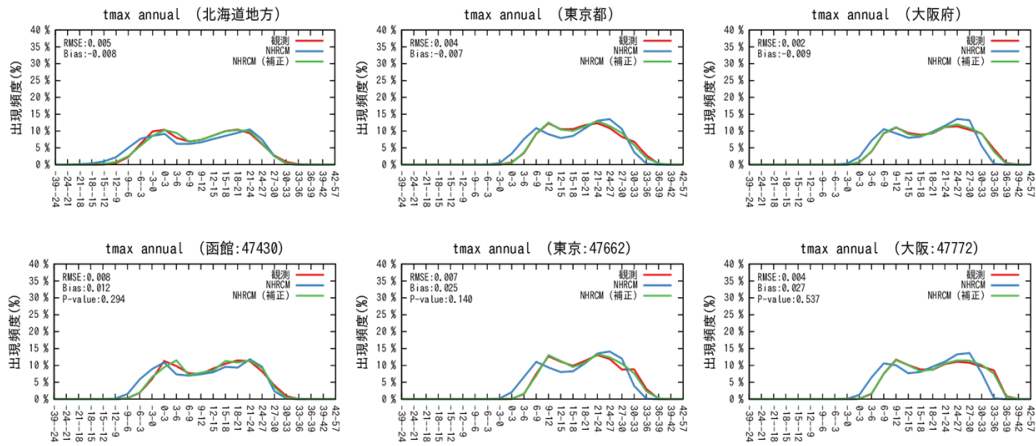


図 6.2 全国アメダス地点における 20 年平均した日最高気温の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）の最高気温と各地点に対応するモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

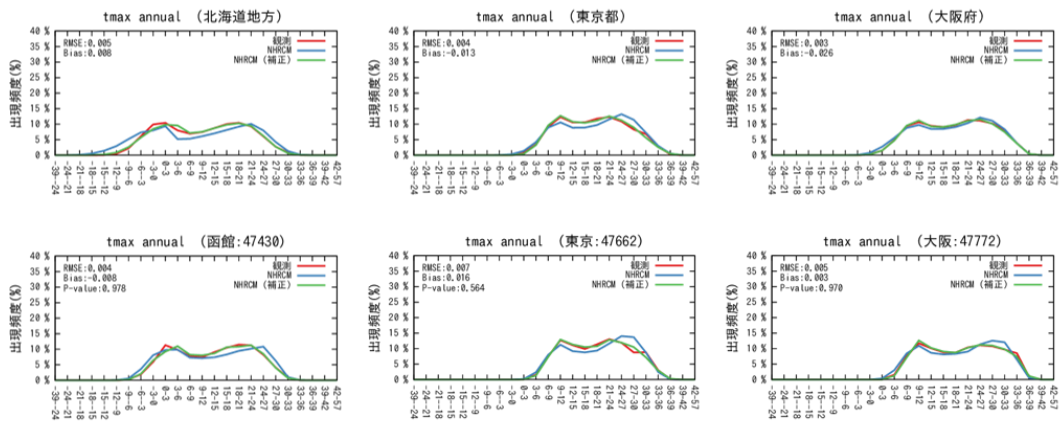


図 6.3 都道府及び地点別の最高気温の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に北海道、東京都、大阪府、下段は左から順に函館（北海道）、東京（東京都）、大阪（大阪府）における 1980～1999 年の日最高気温の階級相対出現頻度（3℃ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差、P-value：K-S 検定の P 値を示す（RMSE、P-value の詳細については資料 2 を参照）。

(3) 日最低気温

モデル値（補正なし）について、5km 版及び 2km 版ともに、年平均及び各季節（冬を除く）でほぼ全ての地域に正のバイアスがある。これに加えて、冬では、5km 版では北日本日本海側、東日本日本海側に、2km 版では北日本と東日本日本海側に負のバイアスがある。モデル値（補正あり）では、バイアスは解消される（図 6.4）。

都道府県平均や地点別のモデル値（補正なし）では、頻度分布の両端で観測値と数°C程度のずれが生じているところがあるが、モデル値（補正あり）では概ね観測の頻度分布と一致する（図 6.5）。

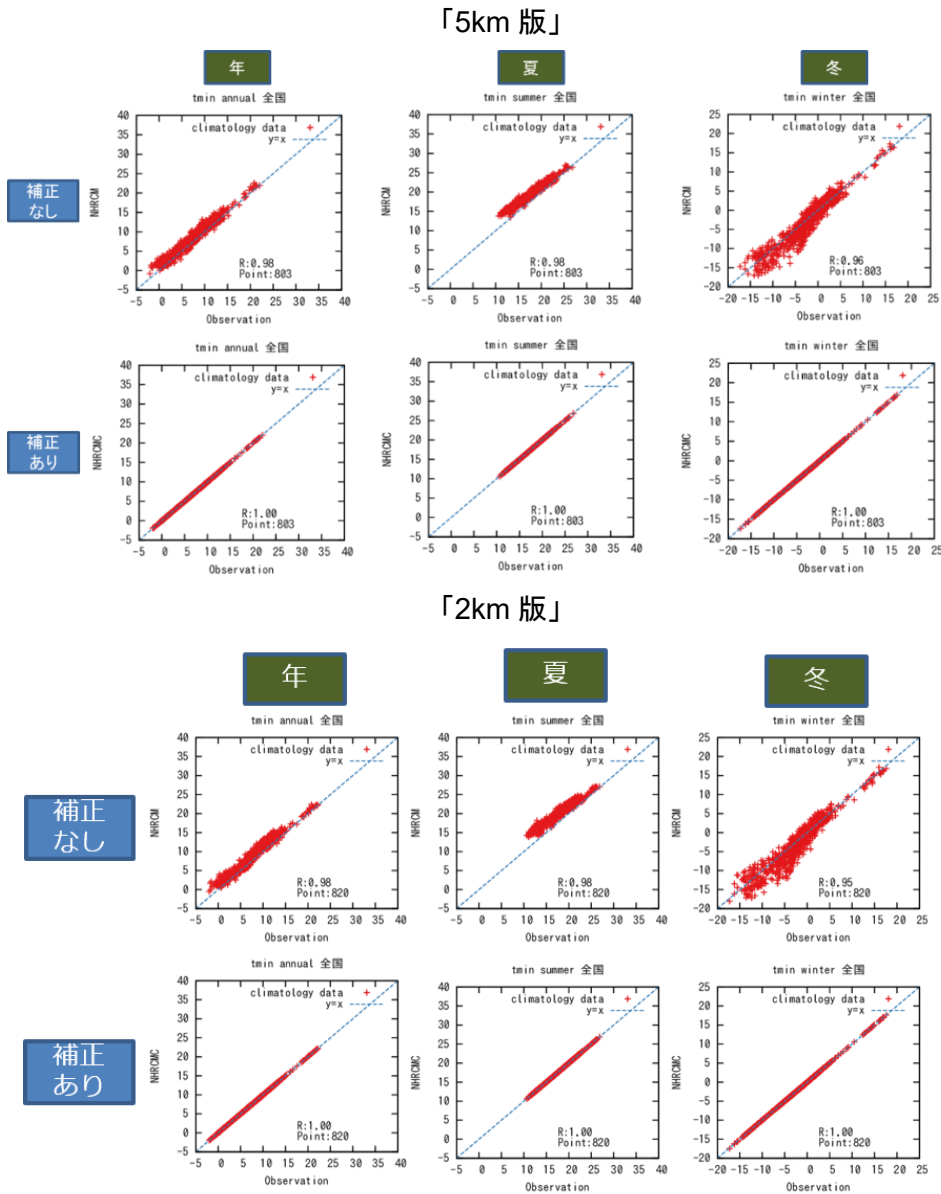
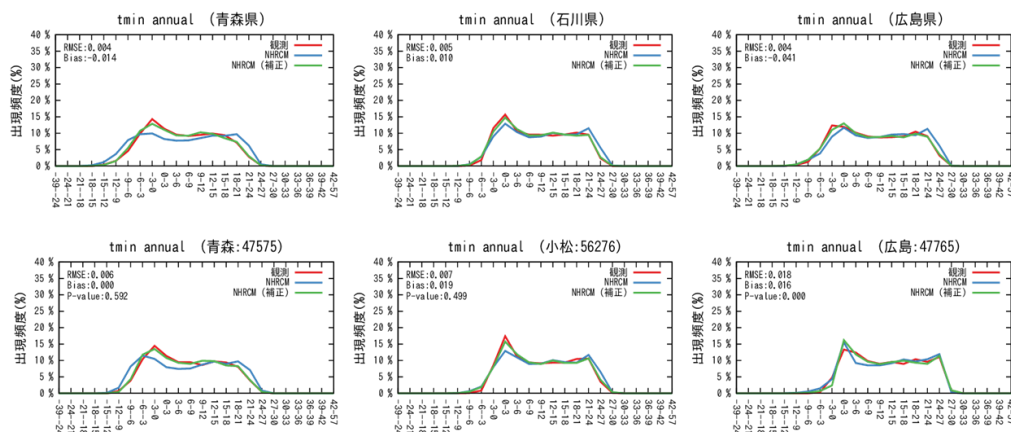


図 6.4 全国アメダス地点における 20 年平均した最低気温の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）の最低気温と各地点に対応するモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

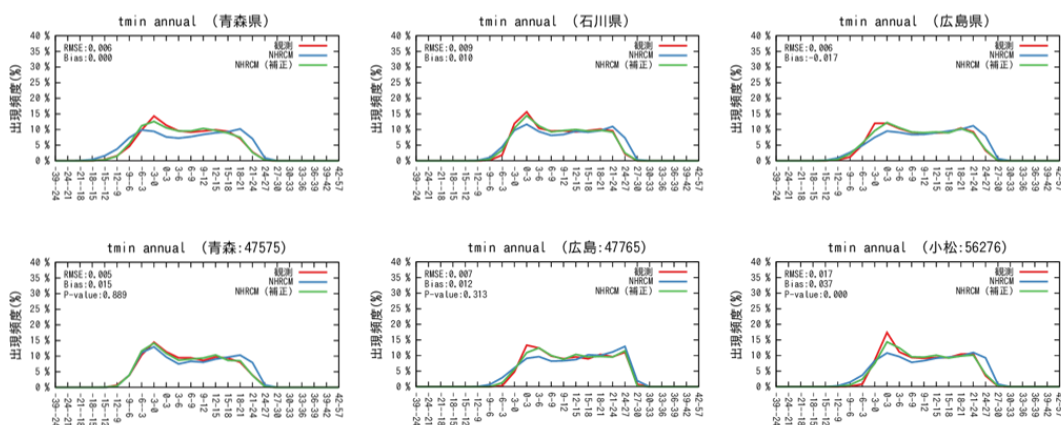


図 6.5 県及び地点別の最低気温の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に青森県、石川県、広島県、下段は左から順に青森（青森県）、小松（石川県）、広島（広島県）における 1980～1999 年の日最低気温の階級相対出現頻度（3℃ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差、P-value：K-S 検定の P 値を示す（RMSE、P-value の詳細については資料 2 を参照）。

6.2 降水要素

(1) 降水量

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきが大きい。補正を行うことによりばらつきが小さくなるとともに、バイアスは概ね解消する（図 6.6）。

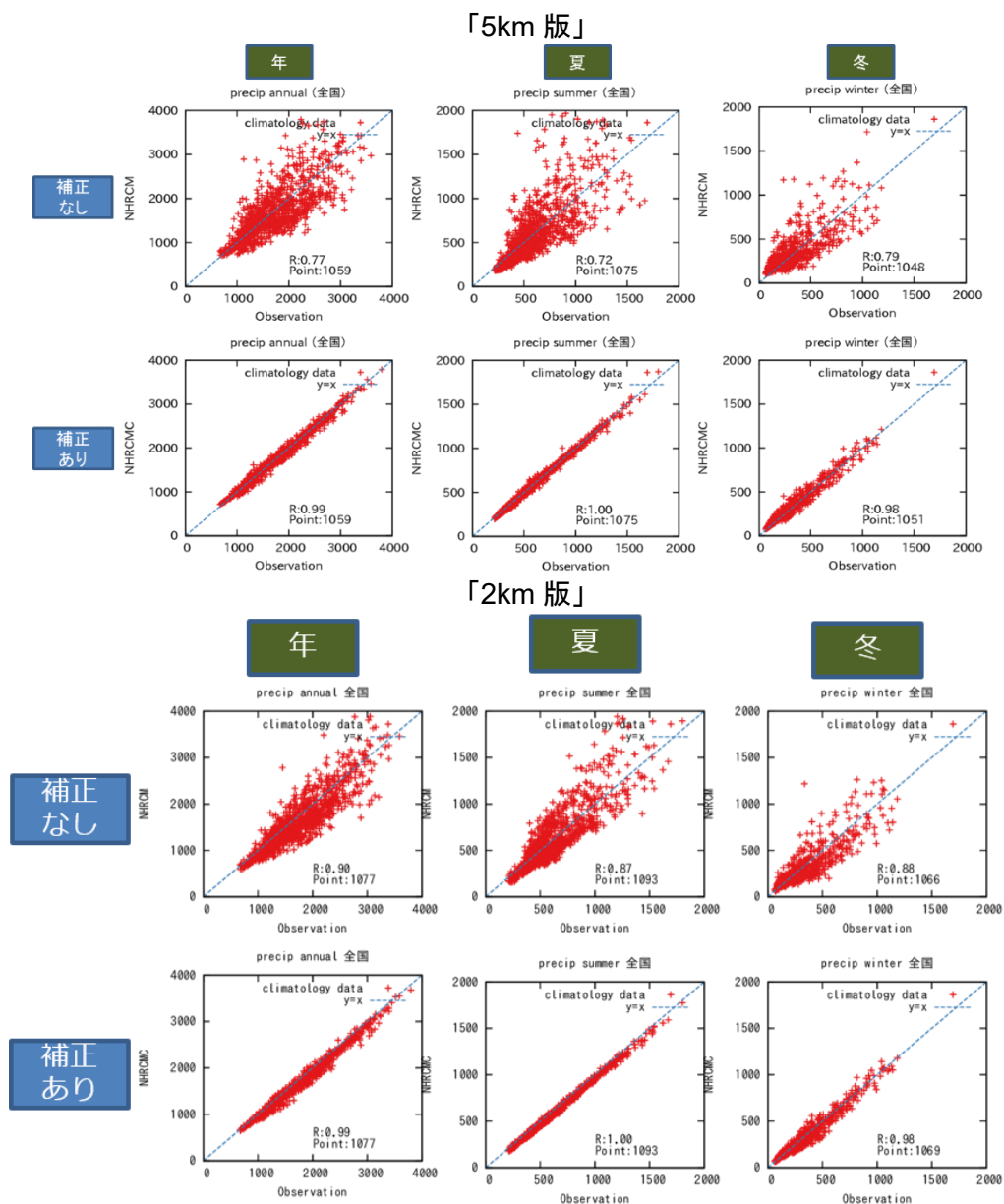


図 6.6 全国アメダス地点における 20 年平均した降水量の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）降水量（mm）の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

(2) 無降水日

全国及び各地方において、5km版及び2km版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、正のバイアスがある。補正を行うことによりばらつきが低減するが、依然として、正のバイアスがある（図6.7）。

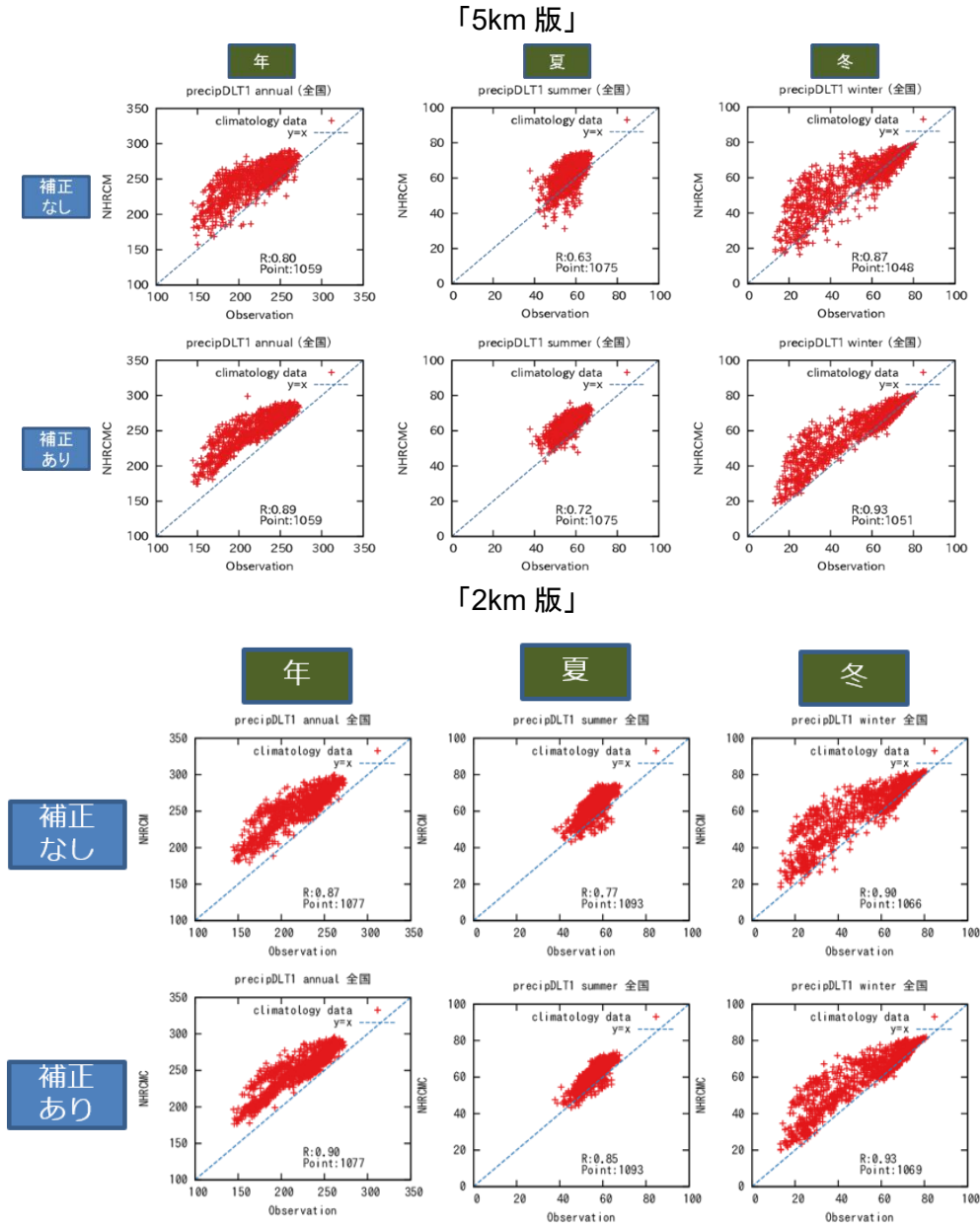


図6.7 全国アメダス地点における20年平均した無降水日数の観測値とモデル値の散布図

「5km版」と「2km版」それぞれについて、全国のアメダス地点における20年平均（1980～1999年平均）した年（左）、夏（6～8月；中）及び冬（12～2月；右）の無降水日数の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが8割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値はR：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

(3) 日降水量 100mm 以上の日数

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスの大きい地方もあるが、補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスが小さくなる（図 6.8）。

地点別のモデル値は補正を施しても現在気候の再現性は全般に高くないが、補正値を都道府県で平均すると再現性は良くなる（図 6.9）。

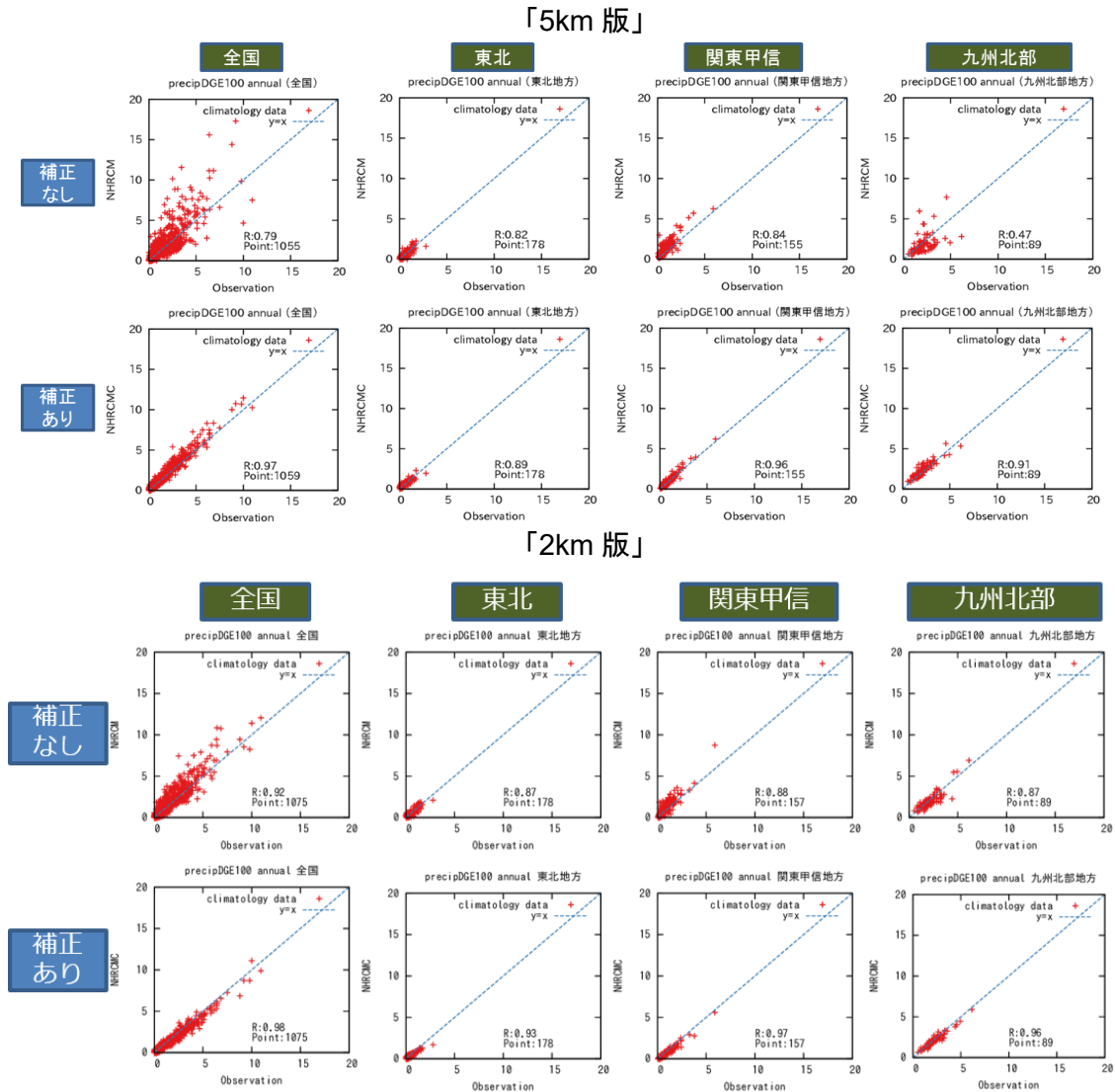
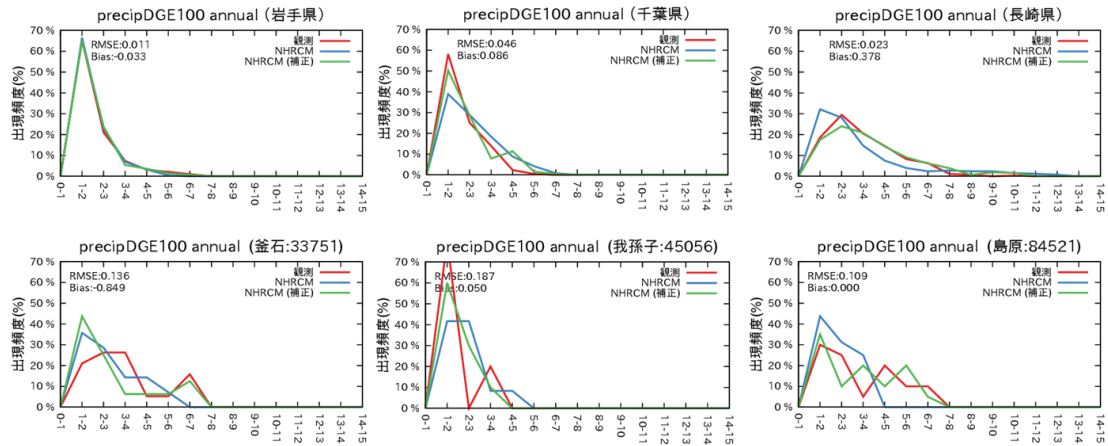


図 6.8 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した日降水量 100mm 以上の年間日数の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び各地方（左から順に全国、東北地方、関東甲信地方、九州北部地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した日降水量 100mm 以上の年間日数の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

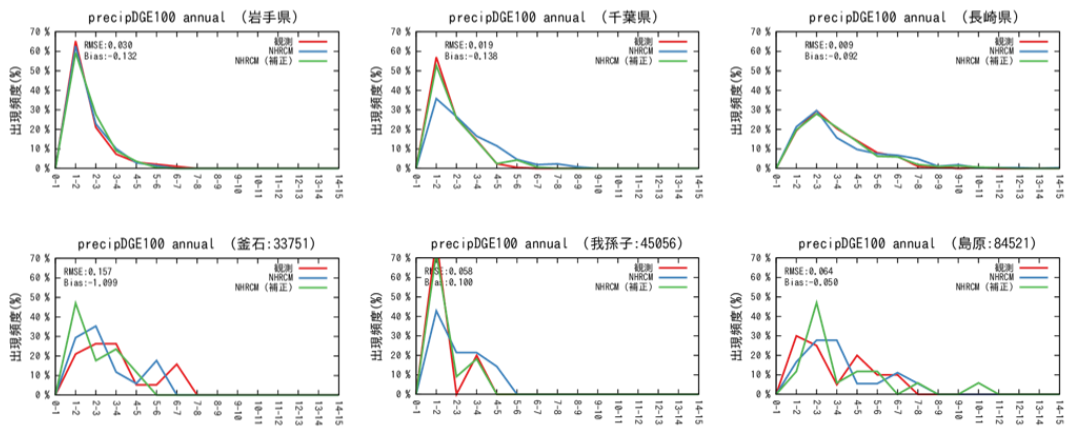


図 6.9 県等及び地点別の日降水量 100mm 以上の年間日数の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に岩手県、千葉県、長崎県、下段は左から順に釜石(岩手県)、我孫子(千葉県)、島原(長崎県)における 1980~1999 年の日降水量 100mm 以上の年間日数の階級相対出現頻度(1 回ごと)。赤線:観測値、青線:モデル値(補正なし)、緑線:モデル値(補正あり)。図中左上の数値は RMSE:平方根平均二乗誤差、Bias:観測値とモデル(補正あり)の 20 年平均値の差を示す(RMSE の詳細については資料 2 を参照)。

(4) 日降水量 200mm 以上の日数

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスが大きい。補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスが小さくなる（図 6.10）。

地点別のモデル値は、5km 版の屋久島など、補正を施しても現在気候の再現性は全般に高くないが、補正値を都道府県で平均すると再現性は良くなる（図 6.11）。

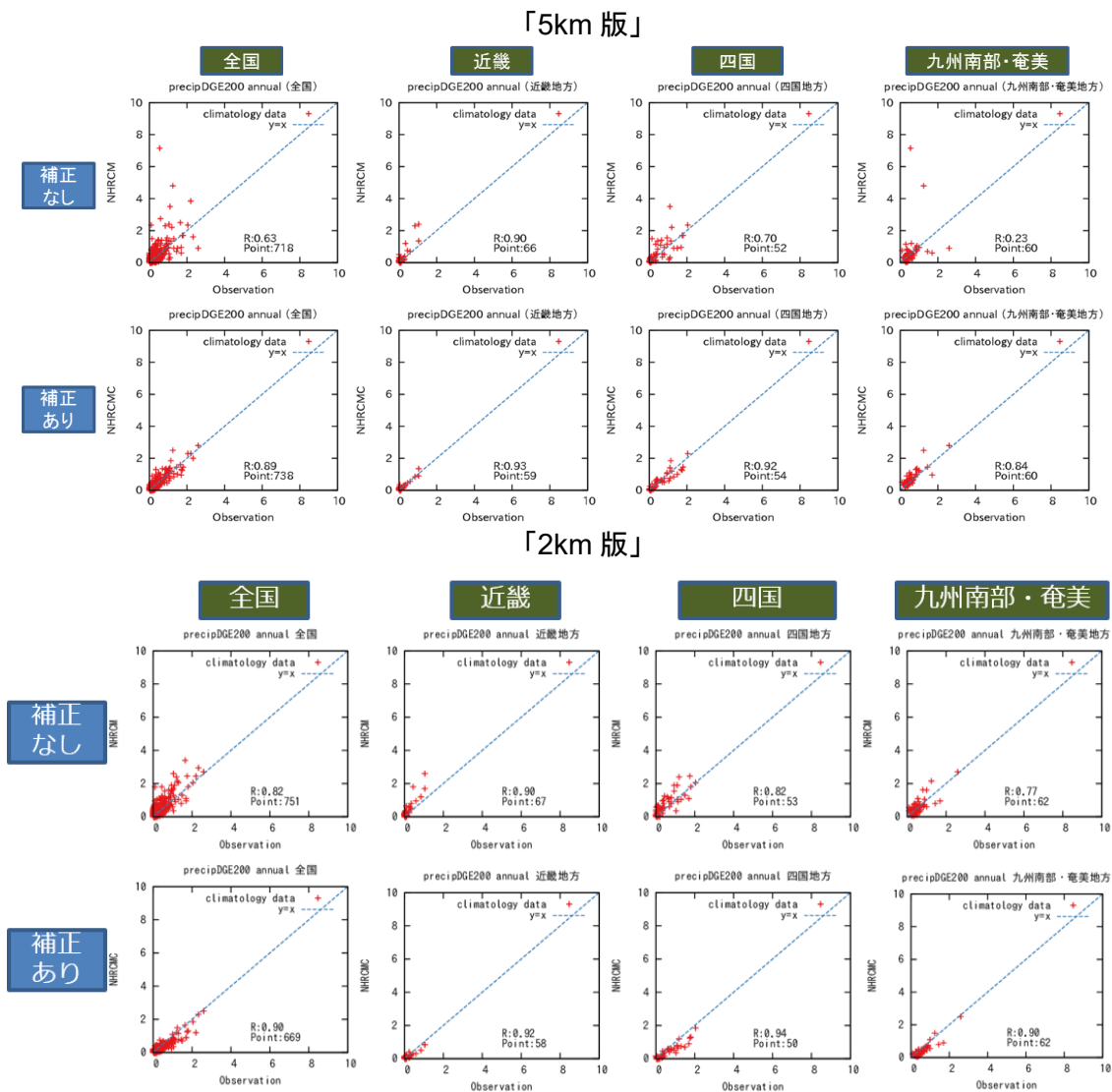
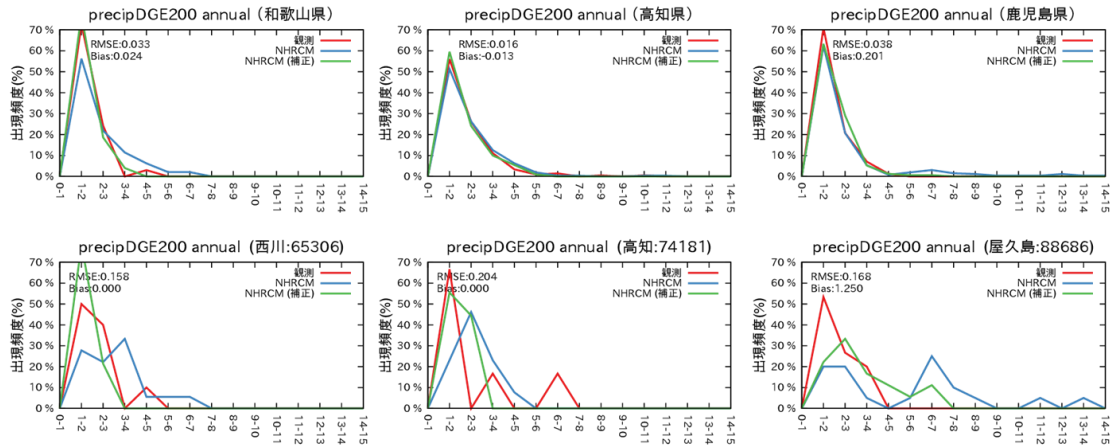


図 6.10 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した日降水量 200mm 以上の年間日数の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び各地方（左から順に全国、近畿地方、四国地方、九州南部・奄美地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した日降水量 200mm 以上の年間日数の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

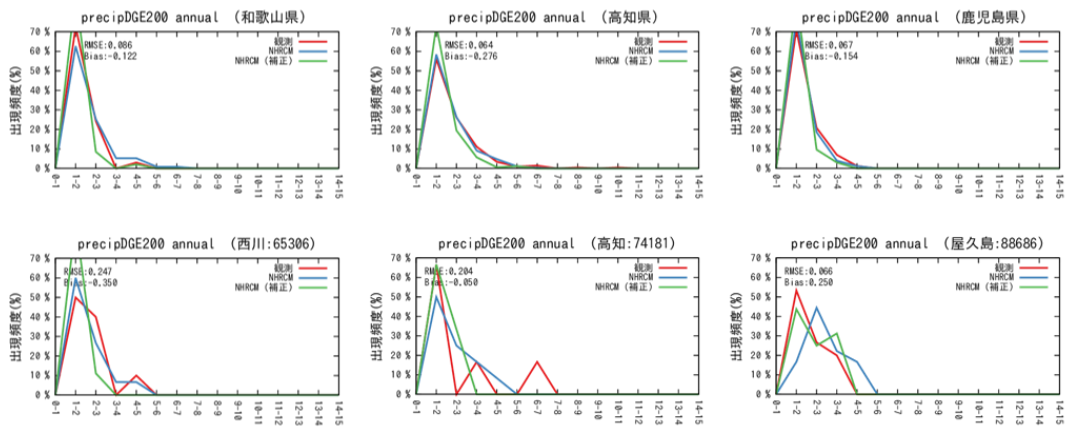


図 6.11 県等及び地点別の日降水量 200mm 以上の年間日数の頻度分布

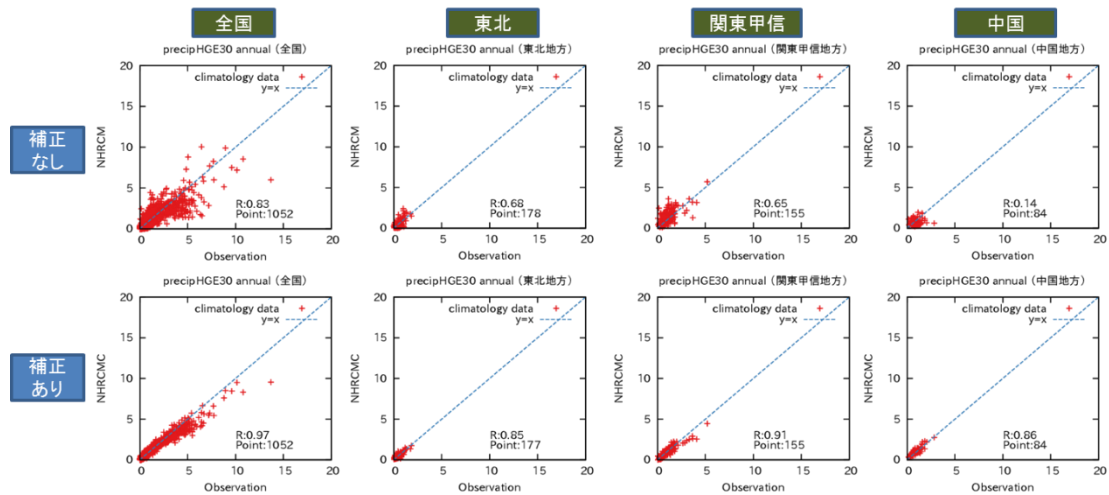
「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に和歌山県、高知県、鹿児島県、下段は左から順に西川（和歌山県）、高知（高知県）、屋久島（鹿児島県）における 1980～1999 年の日降水量 200mm 以上の年間日数の階級相対出現頻度（1 回ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差を示す（RMSE の詳細については資料 2 を参照）。

(5) 1時間降水量 30mm 以上の発生回数

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスの大きい地方もあるが、補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスが小さくなる（図 6.12）。

地点別のモデル値は補正を施しても現在気候の再現性は全般に高くないが、補正値を都道府県で平均すると再現性は良くなる（図 6.13）。

「5km 版」



「2km 版」

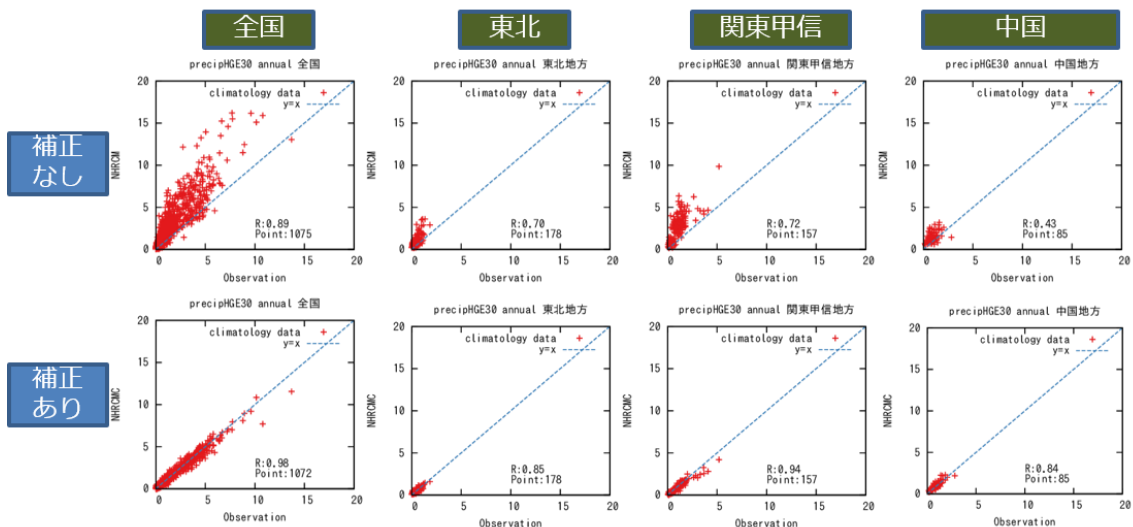
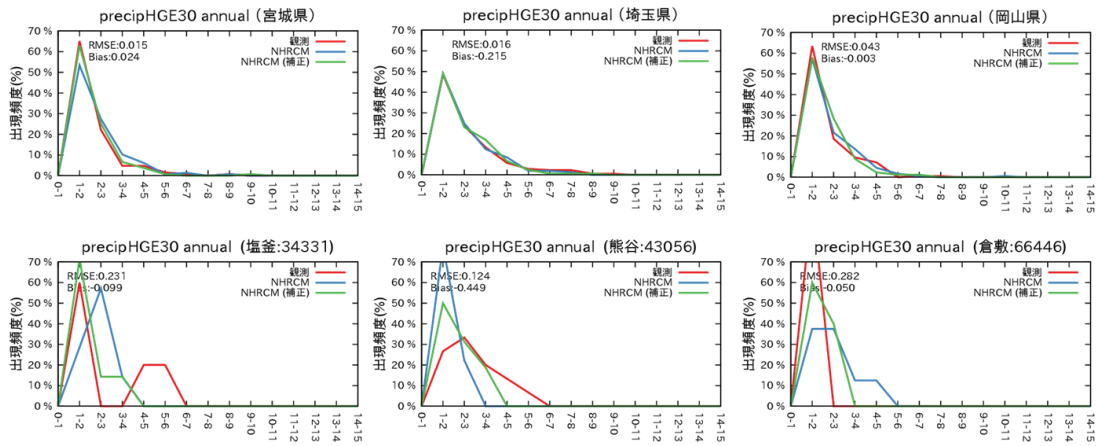


図 6.12 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び地方（左から順に全国、東北地方、関東甲信地方、中国地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

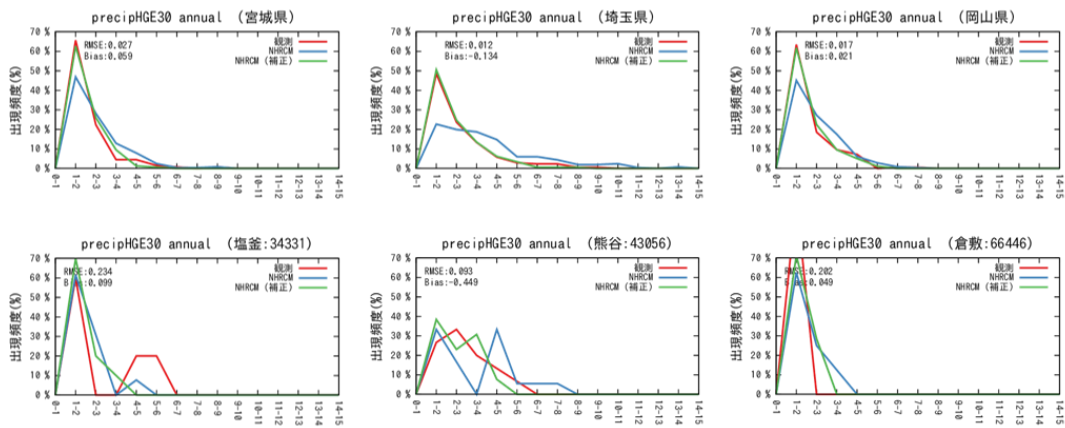


図 6.13 県等及び地点別の 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生回数の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に宮城県、埼玉県、岡山県、下段は左から順に塩釜（宮城県）、熊谷（埼玉県）、倉敷（岡山県）における 1980～1999 年の 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生頻度の階級相対出現頻度（1 回ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差を示す（RMSE の詳細については資料 2 を参照）。

(6) 1時間降水量 50mm 以上の発生回数

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスが大きいが、補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスが小さくなる（図 6.14）。ただし、5km 版の四国地方～沖縄地方のモデル値（補正あり）では、やや正のバイアスがある。

地点別のモデル値は補正を施しても現在気候の再現性は全般に高くないが、補正値を都道府県で平均すると再現性は良くなる（図 6.15）。

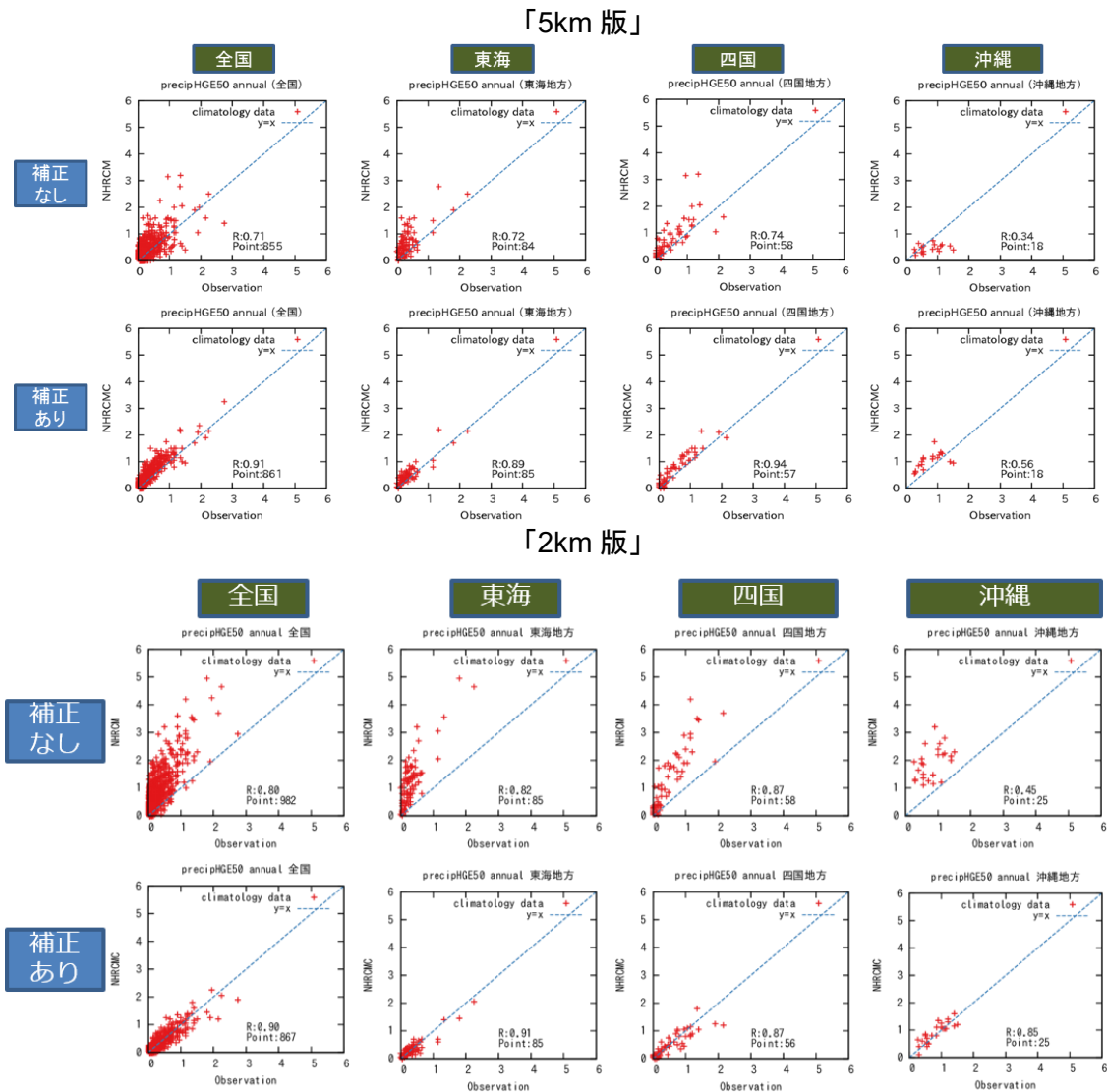
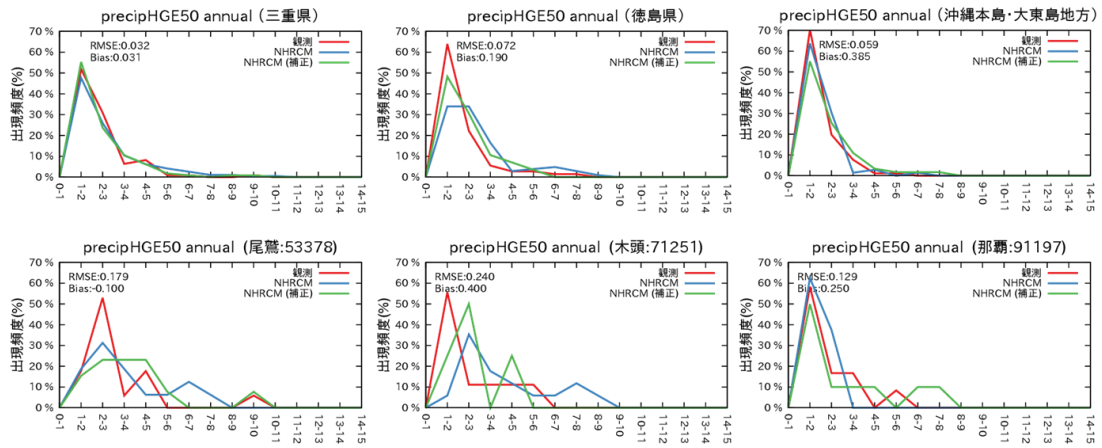


図 6.14 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び各地方（左から順に全国、東海地方、四国地方、沖縄地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

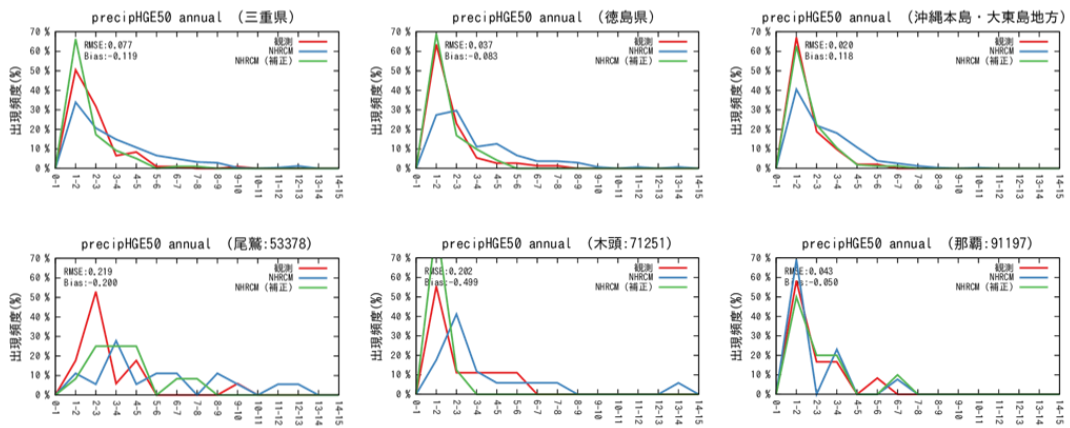


図 6.15 県等及び地点別の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に三重県、徳島県、沖縄本島・大東島地方、下段は左から順に尾鷲（三重県）、木頭（徳島県）、那覇（沖縄県）における 1980～1999 年の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生頻度の階級相対出現頻度（1 回ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差を示す（RMSE の詳細については資料 2 を参照）。

(7) 年最大日降水量

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスの大きい地方もあるが、補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスが小さくなる（図 6.16）。ただし、九州南部・奄美地方や沖縄地方のモデル値（補正あり）では、5km 版ではやや正のバイアスがある。

地点別のモデル値は補正を施しても現在気候の再現性は全般に高くないが、補正値を都道府県で平均すると再現性は良くなる（図 6.17）。

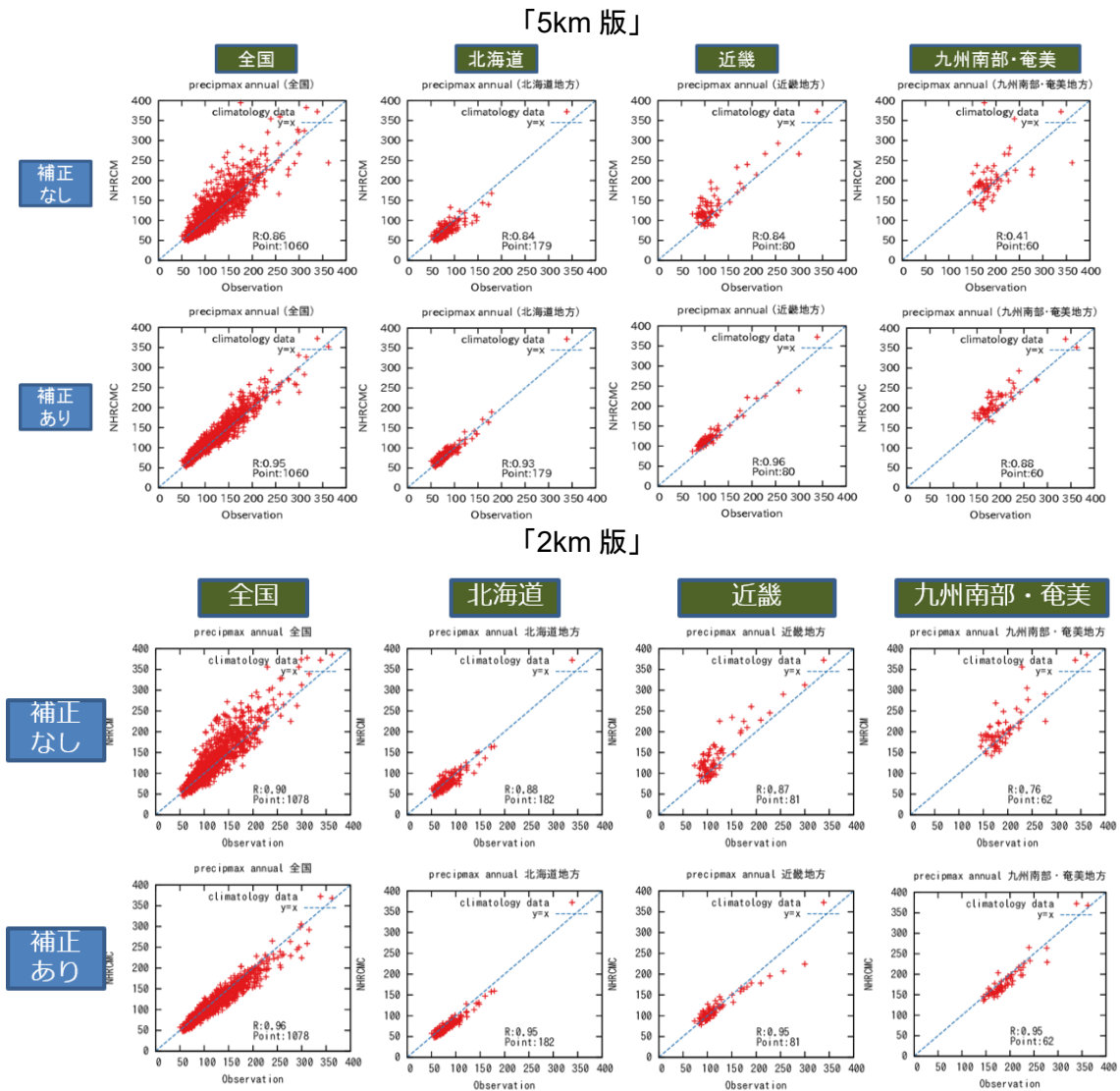
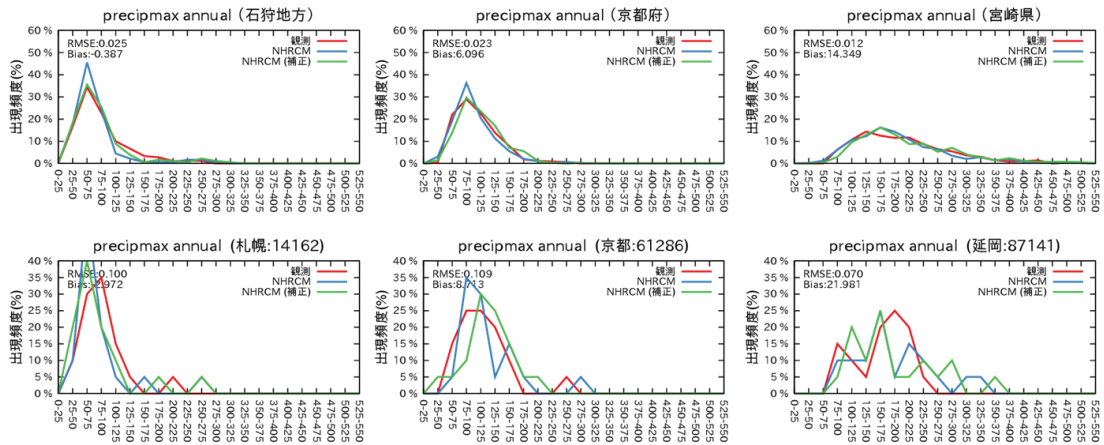


図 6.16 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した年最大日降水量の観測値とモデル値の散布図

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び地方（左から順に全国、北海道地方、近畿地方、九州南部・奄美地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年最大日降水量（mm）の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

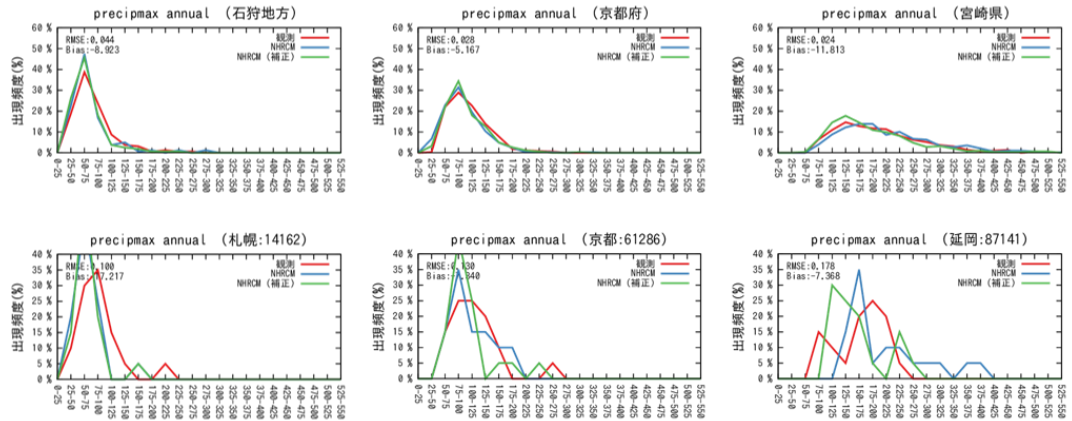


図 6.17 府県等及び地点別の年最大日降水量の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、上段は左から順に石狩地方（北海道石狩振興局）、京都府、宮崎県、下段は左から順に札幌（北海道）、京都（京都府）、延岡（宮崎県）における 1980～1999 年の年最大日降水量の階級相対出現頻度（25mm ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差を示す（RMSE の詳細については資料 2 を参照）。

6.3 雪要素

(1) 年最深積雪

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、モデル値（補正なし）と観測値との関係にはばらつきがあり、バイアスの大きい地方もあるが、補正を行うことによりばらつきが低減し、バイアスはほぼ無くなる（図 6.18）。

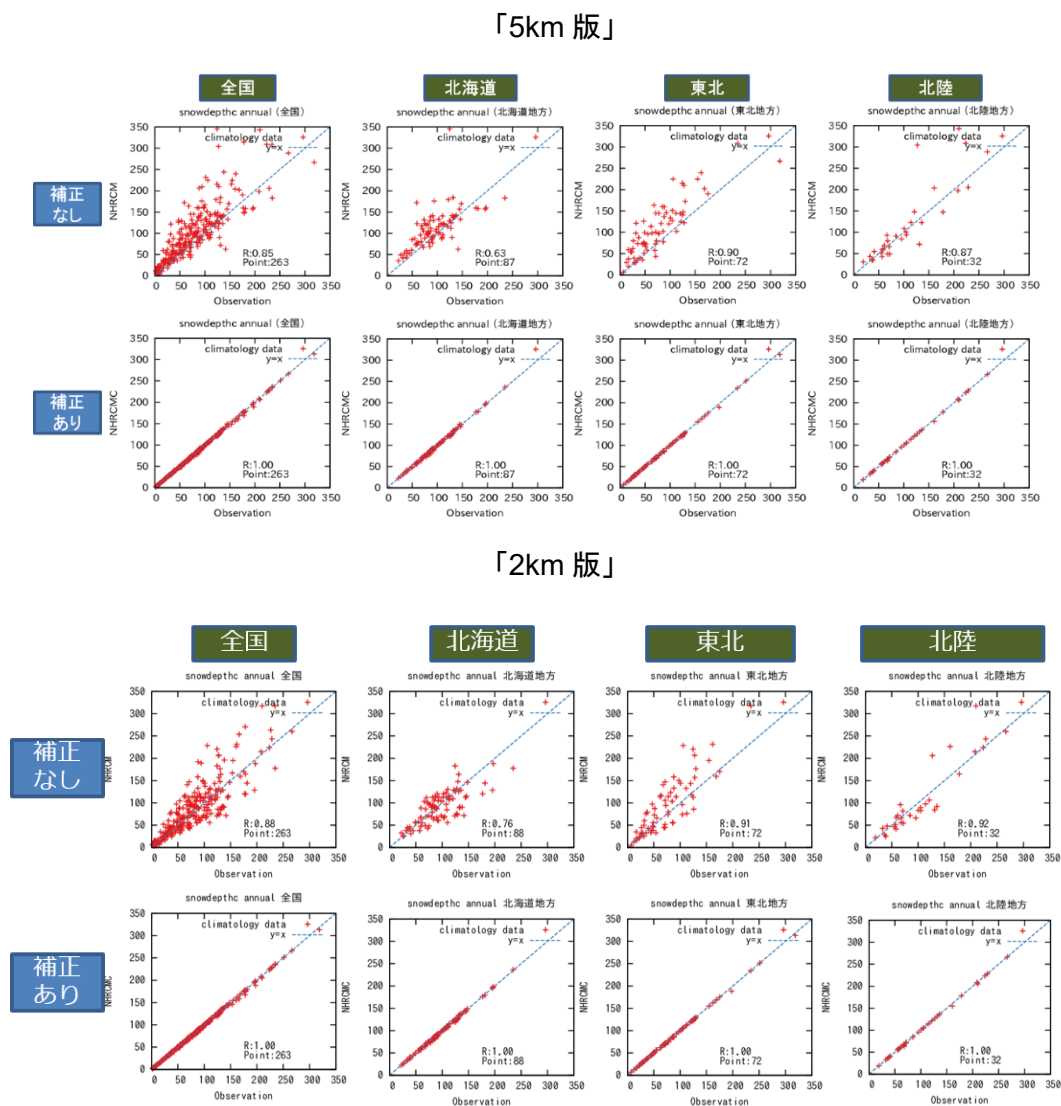


図 6.18 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した年最深積雪の観測値とモデル値の散布図
「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び各地方（左から順に全国、北海道地方、東北地方、北陸地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年最深積雪（cm）の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 7 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

(2) 年降雪量

全国及び各地方において、5km 版及び 2km 版ともに、全般にモデル値（補正なし）には負のバイアスがあるが、補正を行うことによりバイアスはほぼ無くなる（図 6.19）。

地点別のモデル値（補正あり）について、現在気候の再現性は高くはないところが多い（図 6.20）。

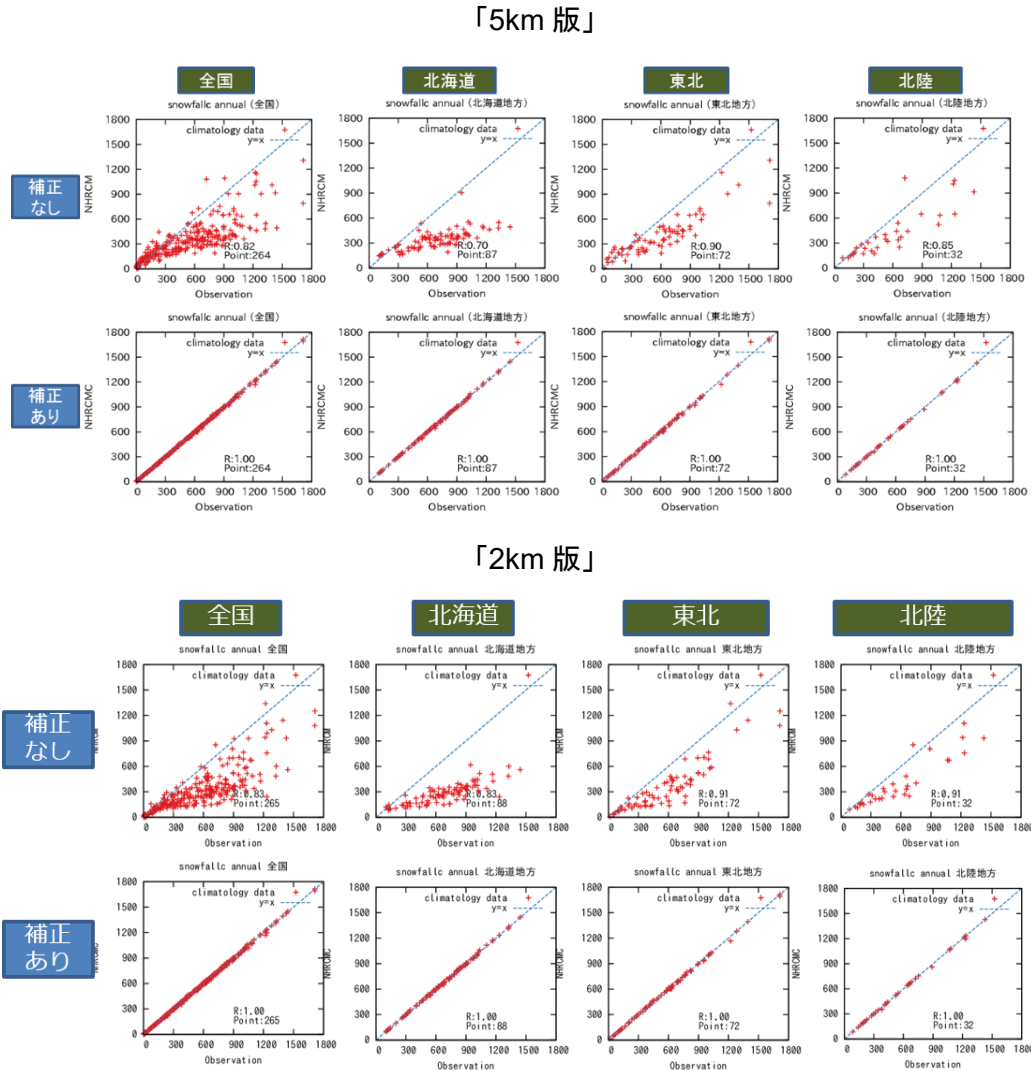
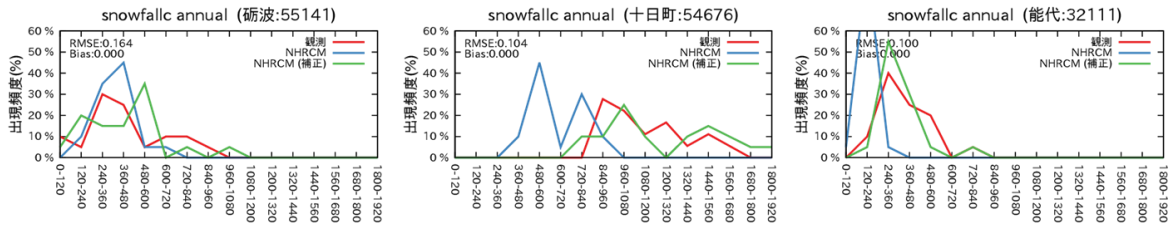


図 6.19 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した年降雪量の観測値とモデル値の散布図
 「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、全国及び各地方（左から順に全国、北海道地方、東北地方、北陸地方）のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年最深積雪（cm）の観測値とモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 7 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。图中右下の数値は R：相関係数、Point：プロット数を示す。

「5km 版」



「2km 版」

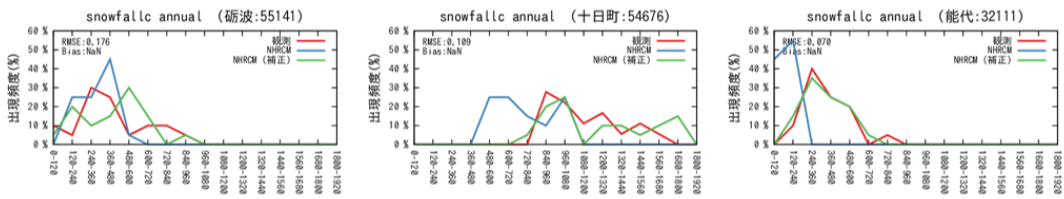


図 6.20 地点別の年降雪量の頻度分布

「5km 版」と「2km 版」それぞれについて、左から順に砺波（富山県）、十日町（新潟県）、能代（秋田県）における 1980～1999 年の年降雪量の階級相対出現頻度（120cm ごと）。赤線：観測値、青線：モデル値（補正なし）、緑線：モデル値（補正あり）。図中左上の数値は RMSE：平方根平均二乗誤差、Bias：観測値とモデル（補正あり）の 20 年平均値の差を示す（RMSE の詳細については資料 2 を参照）。

7. 「日本域気候予測データ」の利活用例

7.1 地球温暖化予測情報

気象庁は、本データセットに基づく21世紀末における日本の気候の予測を「地球温暖化予測情報第9巻」として、2017年3月に公表した(図7.1)。更に、2020年12月にはRCP2.6シナリオに基づく予測を追加し、観測されている変化も含めた気候変動に関する最新の科学的知見を総合的にとりまとめた「日本の気候変動2020」を文部科学省とともに公表した。

また、本データセットを用いた地方・都道府県別の予測情報を作成し、各都道府県の気象庁ホームページ等を通じて公開している。(図7.2)

これらの情報が、気候変動の影響評価、気候変動対策の検討、気候変動に関する科学的知見の普及・啓発などに利活用されることが期待される。

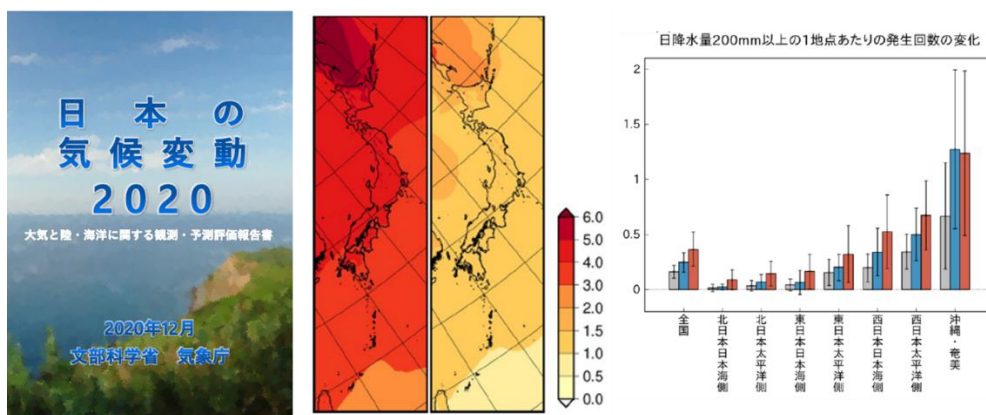


図 7.1 「日本の気候変動 2020」

全国及び7地域(北日本日本海側など)における21世紀末の気候の予測。

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

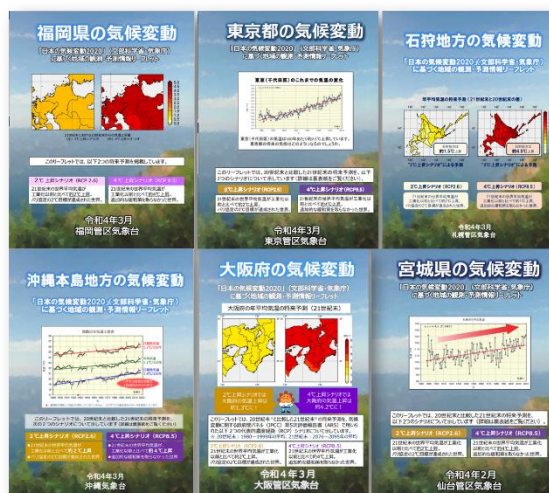


図 7.2 都道府県版リーフレット

本データに基づく、各都道府県における気候変動の観測成果・将来予測に関する情報をとりまとめたリーフレット。

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html

7.2 地域気候変動適応計画

「気候変動適応法」(2018年6月成立、12月施行)¹¹では、都道府県及び市町村に対して、その区域における気候変動適応に関する施策の推進を図るため、地域気候変動適応計画の策定を求めている。地方公共団体では、環境省が作成した「地域気候変動適応計画策定マニュアル」(2018年11月)を参考に計画の策定が進められている。同マニュアルでは、策定の最初のステップの1つとして、それぞれの区域の気候・気象(気温、降水等)の特徴やこれまでの変化及び将来の予測についての情報を整理することが示されている。また、気候・気象に関する最新のデータやデータの扱い、解釈等については、最寄りの管区・地方气象台等に相談するよう記載されている。

こういった中、地域の気候変動適応計画の策定において、「日本域気候予測データ」の予測の利用も進められている(図7.3)。また、長野県環境保全研究所(信州気候変動適応センター)では、気象庁とともに、「日本域気候予測データ」を用いたリンゴ凍霜害リスクの将来変化の評価事例を計算しており(瀬崎ほか, 2022)、適応策策定における「日本域気候予測データ」の活用可能性の検討を進めている(図7.4)。

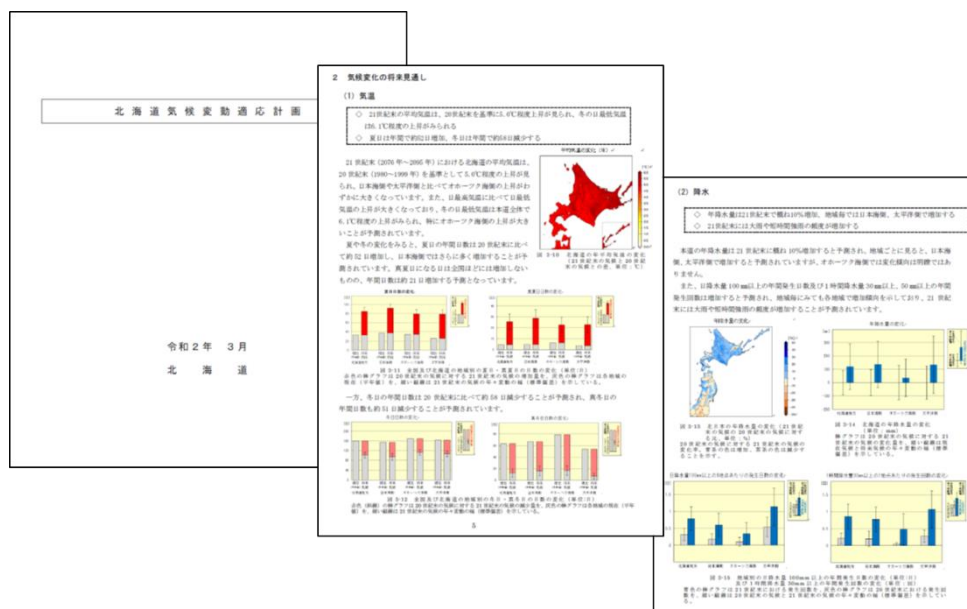


図 7.3 「北海道気候変動適応計画」(令和2年3月策定) より
<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/tot/HoLCCAC.html>

¹¹ <http://www.env.go.jp/earth/tekiou.html>

果樹試験場

	10月～2月 最低気温	低温要求を満たす日 (Day1)	3月 平均気温	発芽日 (Day2)	凍霜害リスク日 (Day3) 年間日数			
					2℃以下	1℃以下	0℃以下	
現在気候	-0.3℃	1月13日	2.9℃	4月5日	4.8日	3.5日	1.9日	
将来気候	RCP2.6 4メンバー平均	1.5℃ (+1.9)	1月21日 (+8.7)	4.3℃ (+1.3)	3月31日 (-4.9)	4.0日 (-0.8)	2.3日 (-1.2)	1.3日 (-0.6)
	RCP8.5 4メンバー平均	5.1℃ (+5.5)	2月11日 (+29.2)	7.6℃ (+4.6)	3月19日 (-17.1)	3.6日 (-1.2)	2.0日 (-1.5)	0.9日 (-1.0)

- ・ 現在気候は1980-1999年、将来気候は2076-2095年の20年平均値
- ・ ()内の数値は将来変化量 (将来気候 - 現在気候)

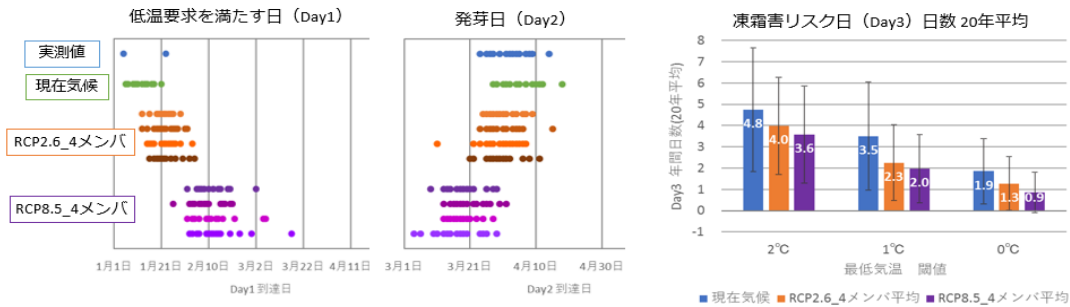


図 7.4 長野県におけるリンゴ凍霜害リスクの将来変化評価 (瀬崎ほか, 2022)

7.3 気候変動影響評価

現在、大学、研究機関、民間企業において気候変動影響評価の研究が進められている。例えば、2017年度から2019年度にかけて行われた「地域適応コンソーシアム事業」では、各地域のニーズに沿った気候変動に関する情報の収集・整理を行うとともに、地方公共団体、大学、研究機関など、地域の関係者との連携体制を構築し、具体的な適応策の検討が進められた。同事業では様々な気候予測データが利用されており、「日本域気候予測データ」も含まれている (図 7.5)。

項目	豪雨の発生頻度・降水量の強度の変化	
気候シナリオ名	気象研究所2km力学的DSデータ by 創生プログラム	大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ (東北から九州) by SI-CAT
気候モデル	MRI-NHRCM02	MRI-NHRCM05
気候パラメータ	降水量	
排出シナリオ	RCP8.5	
予測期間	21世紀末	

温暖化予測情報第9巻 by 創生プログラム

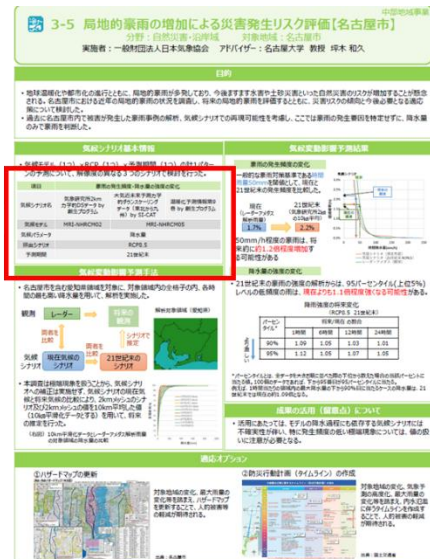


図 7.5 「地域適応コンソーシアム事業」成果報告 3-5 より名古屋市を対象とした局地的豪雨の増加による災害発生リスク評価。「日本域気候予測データ (第 9 巻) データ」が利用されている。

第7項の参考文献

瀬崎歩美, 原田昌, 池田友紀子, 浜田崇, 2022: 長野県でのリンゴ凍霜害リスクの将来変化の解析
～休眠打破時期の遅れに関する評価～. ヤマセ研究会研究成果報告書(掲載予定).

推奨される利用方法

STEP1 モデル特性の把握

- ・ 気候モデルの特徴について把握します。
- ・ 各要素の不確実性について把握します。

【第4項、第5項】

STEP2 再現性の把握

- ・ 現在気候におけるモデル値と観測値を比較して、モデルがどの程度まで現在気候を再現しているか検証します。

【第6項】

STEP3 補正の実施

- ・ 現在気候におけるモデル値と観測値の統計的関係を用いて、モデル値を補正します。
- ・ 補正したモデル値と観測値を比較して、現在気候の再現性を確認します。

【第2項、第6項】

STEP4 将来予測の作成

- ・ 現在気候における系統誤差（バイアス）が将来気候にも同じように現れると仮定し、将来気候のモデル値にも補正を実施します。
- ・ 現在気候の補正值と将来気候の補正值の差分を求め、地球温暖化に伴う気候変化量の予測値とします。

【第4項、第7項】

STEP1：モデル特性の把握

○要点

- ・ 気候モデルには特有のバイアスがあるため、モデル値を利用する場合には、複数のモデルとの比較等により、その特徴を把握することが重要です。
- ・ 要素や季節によっては不確実性の大きいものもあるため、それらの特徴を把握しておく必要があります。

複数のモデルと比較することで、気候モデルの特徴を把握できます。【第5項】

5. 全球大気モデルの評価

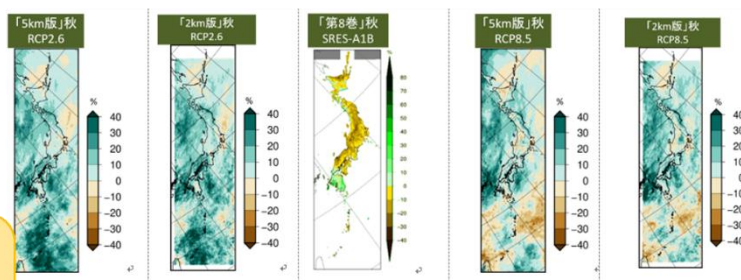
5.1 全球大気モデル予測の評価及び他のモデルとの比較の必要性

5.2 他のモデル予測と比較した際の特徴

【第5項】

要素や季節によっては、予測のばらつきが大きいものもあります。（季節別降水量など）

【第4項、第5項】

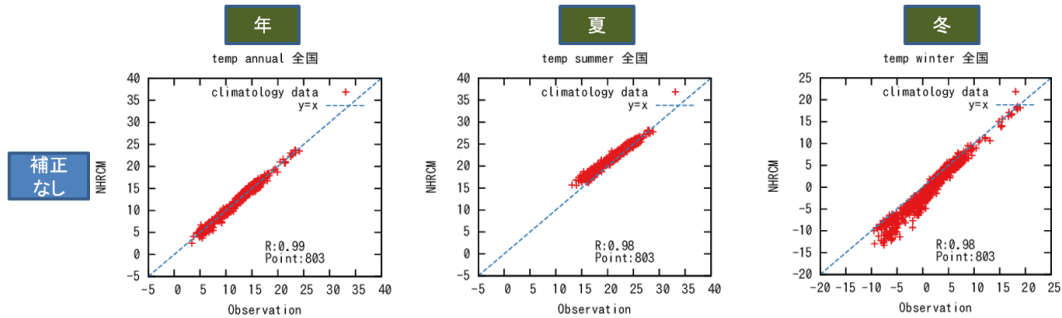


秋の降水量の将来予測【第4項 図4.5】

STEP 2 : 再現性の把握

○要点

- 現在気候における気候モデルの出力値とアメダス等の観測値を比較して、気候モデルがどの程度まで現在の気候を再現しているか検証します。



平均気温の観測値とモデル値（補正なし）の散布図（全国）
【第6項 図6.1上段より】

解析したい要素や地域について、平均や積算等の統計値を、現在気候のモデル値と同じ期間の観測値のそれぞれで算出します。

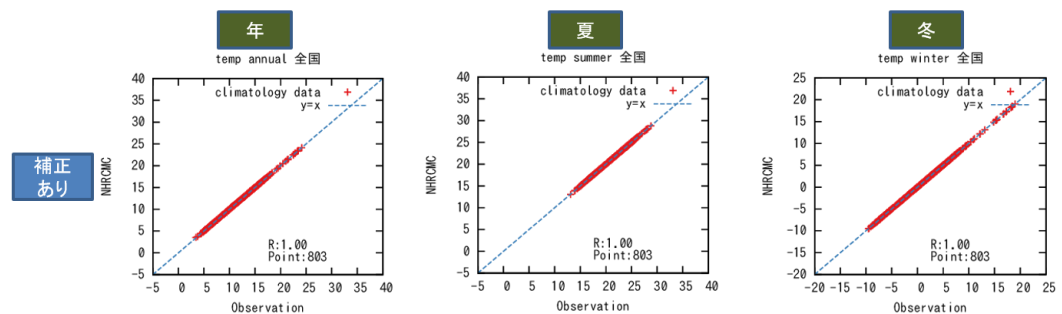
モデル値と観測値を比較することで、気候モデルの性能や統計的誤差を把握できます。

【第6項】

STEP 3 : 補正の実施

○要点

- 現在気候におけるモデル値と観測値の統計的関係性を用いて、モデル値に含まれるバイアスを補正します。
- 補正したモデル値と観測値を比較して、現在気候の再現性を確認します。
- 補正には様々な手法があるため、利用目的に合わせて補正手法を選択します。



平均気温の観測値とモデル値（補正あり）の散布図（全国）
【第6章 図6.1上段より】

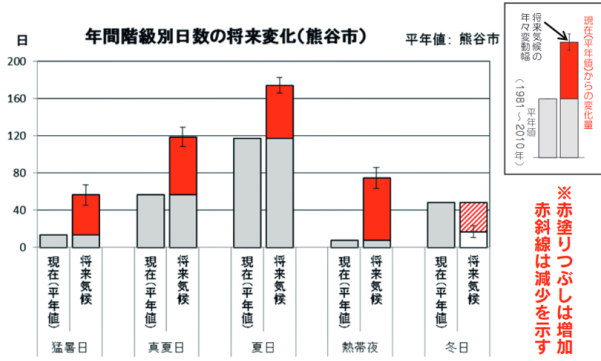
「第9巻」では線形関係を仮定し、補正を実施しています。【第2項】

補正したモデル値と観測値を比較することで、再現性を確認できます。【第6項】

STEP4：将来予測の作成

○要点

- 現在気候における系統誤差（バイアス）が将来気候にも同じように現れると仮定し、将来気候のモデル値にも補正を実施します。
- 現在気候の補正值と将来気候の補正值の差分を求め、地球温暖化に伴う気候変化量の予測値とします。
- 変化量ではなく将来の予測値そのものを示す場合には、観測値にこの差分を加えます。



将来予測の例【第7項 図7.2の資料の一部に利用】

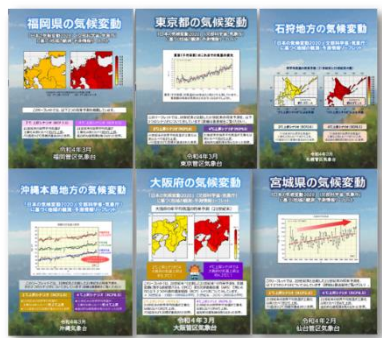
「STEP3」で得られた統計的関係性を将来にも適用して将来変化量を算出します。将来の予測値を示す場合は観測値（灰色棒グラフ部分）に変化量（赤色棒グラフ部分）を加えて示します。

補正を実施して得られた将来予測について、他の予測情報やモデルと比較して、その特徴を把握します。【第4項】

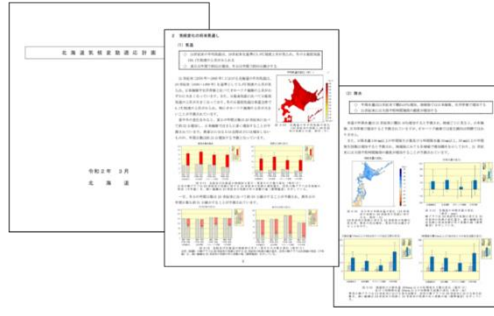
＜参考＞ データセット利活用例

○要点

- 本データセットを用いた地方・都道府県別の予測情報が、気象台ホームページ等を通じて順次公開されています。
- 地域気候変動適応計画の策定において、「第9巻」の予測の利用も進められています。



「都道府県版リーフレット」【第7章 図7.2】



「北海道気候変動適応計画」【第7項 図7.3】

現在気候の再現性の評価指標

本書では、現在気候の再現性を評価するため、モデル値（補正あり）と観測値の一致の度合いを示す指標として、RMSE と P 値を用いた（P 値は気温要素の地点の評価のみ）。それぞれの算出方法は以下の通り。

（1）RMSE

- ① 田中ほか(2008)を参考に、図 A1.1 のように階級を定める。
- ② 各階級における相対度数を用いて、以下の通り RMSE を求める。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (x_2 - x_1)^2}$$

K は階級の総数、 x_1 は各階級における観測値の相対度数、 x_2 は各階級におけるモデル値（補正あり）の相対度数。

（2）P 値

- ① RMSE と同様、図 A1.1 のように階級を定める。
- ② 各階級の発生回数に対して、適合度の検定手法の 1 つであるコルモゴロフ-スミルノフ検定を実施し、P 値を求める。

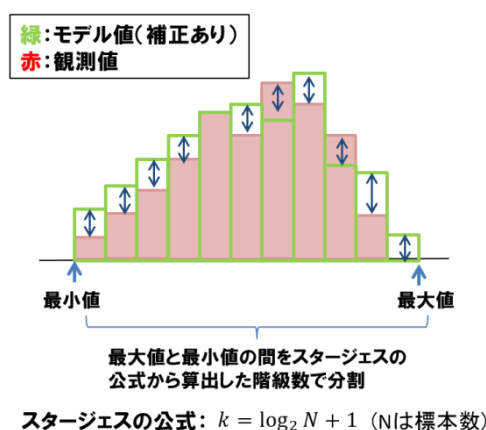


図 A1.1 モデル値（補正あり）と観測値の頻度分布のイメージ

緑の棒グラフはモデル値（補正あり）、赤の棒グラフは観測値を示す。モデル値（補正あり）と観測値の全標本の最大値と最小値の間を、スタージェスの公式から求めた階級数で分割する。

資料 2 の参考文献

田中賢治, 萩澤佑樹, 佐久間良一, 小尻利治, 2008: 気候モデルのバイアス検出と補正. 京都大学防災研究所年報, 第 51 号 B.

日本域気候予測データ（「地球温暖化予測情報第9巻」）
データセットの形式、要素について

1. データの種類

データの名称	概要	別紙1の 番号
格子点データ（バイアス補正なしデータ）	平均気温、最高気温、最低気温、降水量、積雪深、降雪量。 日別値、月別値、3か月別値、年別値を収録。	2.1
観測地点データ（バイアス補正済データ）	地上のバイアス補正済の気温と降水量に関する階級別日数/回数。 月別値、3か月別値、年別値を収録。	2.2
モデル格子情報	高度、海陸比、緯度・経度等。	2.3
地域格子情報	府県番号、地域番号等。	2.4
観測地点と格子点の 対応情報	地点番号、格子番号等。	2.5
アメダスと地域の対 応情報	地点番号、地域番号等。	2.6

2. データの種類ごとの情報

2.1 格子点データ（バイアス補正なしデータ）

2.1.1 共通情報

投影法	投影図法：ランベルト正角円錐図法 格子間隔：（「5km 版」）5km(各方向)、（「2km 版」）2km(各方向) 基準緯度・経度：80°E - 30°N, 60°N 基準格子：2.3 モデル格子情報を参照
ファイル形式	ファイル形式：2 バイト符号なし整数 未定義値：65535 バイトオーダー：Little Endian 格子数：（「5km 版」）X 方向 467、Y 方向 744、（「2km 版」）X 方向 485、Y 方向 1681 1 年間は 365 日または 366 日(閏年を考慮する)で、年界は 9 月 1 日～翌 8 月 31 日。
データ構造	DATA(Xn,Yn,En,Dn) Xn：（「5km 版」）X 座標、Xmax=467 （「2km 版」）X 座標、Xmax=485 Yn：（「5km 版」）Y 座標、Ymax=744 （「2km 版」）Y 座標、Ymax=1681 En：要素、要素数は 6 Dn：日時、範囲はデータの種類による データ構造は以下の規則に従う。 DATA(1,1,1,1),DATA(2,1,1,1),.....DATA(Xmax,1,1,1) DATA(1,2,1,1),DATA(2,2,1,1),.....DATA(Xmax,2,1,1) DATA(1,Ymax,1,1),DATA(2,Ymax,1,1),.....DATA(Xmax,Ymax,1,1) DATA(1,1,2,1),DATA(2,1,2,1),.....DATA(Xmax,Ymax,2,1) DATA(1,1,Emax,1),DATA(2,1,Emax,1),.....DATA(Xmax,Ymax,Emax,1) DATA(1,1,1,2),DATA(2,1,1,2),.....DATA(Xmax,Ymax,Emax,2) DATA(1,1,1,Dmax),DATA(2,1,1,Dmax),DATA(Xmax,Ymax,Emax,Dmax)

格納順	要素名	要素	変換	変換後の単位
1	TS	平均気温	data*0.01	K
2	TShMAXd	日最高気温	data*0.01	K
3	TShMINd	日最低気温	data*0.01	K

4	PREC	降水量	data	mm
5	SNDEPhMAX	最深積雪	data	cm
6	SNFALL	降雪量	data	cm

2.1.2 日統計値

ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/daily/ (「5km 版」は daily、「2km 版」は daily_2km) -@@@-YYYY.dat</p> <p>@@@@ : メンバー名</p> <p>現在気候 : SPA</p> <p>将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85 (メンバー0)、SFA_rcp85_c1 (メンバー1)、SFA_rcp85_c2 (メンバー2)、SFA_rcp85_c3 (メンバー3)、SFA_rcp85_ens (アンサンブル平均)</p> <p>将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26 (メンバー0)、SFA_rcp26_c1 (メンバー1)、SFA_rcp26_c2 (メンバー2)、SFA_rcp26_c3 (メンバー3)、SFA_rcp26_ens (アンサンブル平均)</p> <p>YYYY : 4桁の西暦 (現在気候 : 1980~1999年、将来気候 : 2076~2095年)</p>
GrADS CTL ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/daily/ (「5km 版」は daily、「2km 版」は daily_2km) -@@@.ctl</p>
収録期間	<p>1 ファイルに 1 年 (当年 9 月 1 日~翌年 8 月 31 日までの 365 または 366 日) 分の日統計値データが収録されている。</p> <p>日界は 10 時~翌 9 時</p>

2.1.3 月統計値

ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/monthly/ (「5km 版」は month、「2km 版」は month_2km) -@@@.dat</p> <p>@@@@ : メンバー名</p> <p>現在気候 : SPA</p> <p>将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85 (メンバー0)、SFA_rcp85_c1 (メンバー1)、SFA_rcp85_c2 (メンバー2)、SFA_rcp85_c3 (メンバー3)、SFA_rcp85_ens (アンサンブル平均)</p> <p>将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26 (メンバー0)、SFA_rcp26_c1 (メンバー1)、SFA_rcp26_c2 (メンバー2)、SFA_rcp26_c3 (メンバー3)、SFA_rcp26_ens (アンサンブル平均)</p>
GrADS CTL ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/monthly/ (「5km 版」は month、「2km 版」は month_2km) -@@@.ctl</p>
収録期間	<p>現在気候 : 1980 年 9 月~2000 年 8 月、将来気候 : 2076 年 9 月~2096 年 8 月</p> <p>1 ファイルに 20 年 (240 か月) 分の月統計値データが収録されている。</p>

2.1.4 季節統計値

ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/seasonally/ (「5km 版」は %%%%, 「2km 版」は %%%_%2km) -@@@@.dat</p> <p>@@@@ : メンバー名</p> <p>現在気候 : SPA</p> <p>将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85 (メンバー0)、SFA_rcp85_c1 (メンバー1)、SFA_rcp85_c2 (メンバー2)、SFA_rcp85_c3 (メンバー3)、SFA_rcp85_ens (アンサンブル平均)</p> <p>将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26 (メンバー0)、SFA_rcp26_c1 (メンバー1)、SFA_rcp26_c2 (メンバー2)、SFA_rcp26_c3 (メンバー3)、SFA_rcp26_ens (アンサンブル平均)</p> <p>%%%% : 季節 (spring、summer、autumn、winter)</p>
GrADS CTL ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) @@@@/seasonally/ (「5km 版」は %%%%, 「2km 版」は %%%_%2km) -@@@@.ctl</p>
収録期間	<p>現在気候 : 1980 年 11 月~2000 年 8 月、将来気候 : 2076 年 11 月~2096 年 8 月 (3 か月の最終月を示す。例えば 1980 年 11 月は、1980 年の秋 (9~11 月の 3 か月) を示す)。</p> <p>1 ファイルに 20 年分の季節統計値データが収録されている。</p>

2.1.5 年統計値

ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/annually/ (「5km 版」は annual、「2km 版」は annual_2km) -@@@@.dat</p> <p>@@@@ : メンバー名</p> <p>現在気候 : SPA</p> <p>将来気候 : SFA_rcp85 (メンバー0)、SFA_rcp85_c1 (メンバー1)、SFA_rcp85_c2 (メンバー2)、SFA_rcp85_c3 (メンバー3)、SFA_rcp85_ens (アンサンブル平均)</p> <p>将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26 (メンバー0)、SFA_rcp26_c1 (メンバー1)、SFA_rcp26_c2 (メンバー2)、SFA_rcp26_c3 (メンバー3)、SFA_rcp26_ens (アンサンブル平均)</p>
GrADS CTL ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) binary/@@@@/annually/ (「5km 版」は annual、「2km 版」は annual_2km) -@@@@.ctl</p>
収録期間	<p>現在気候 : 1980~1999 年、将来気候 : 2076~2095 年</p> <p>1 ファイル 20 年分の年統計値データが収録されている。</p>

2.1.6 バイナリデータの解析・描画に関する情報

格子点値の解析・描画には、(1)に示すようなツールをご利用いただけます。解析・描画結果の評価の際には(2)に示す点についてご注意ください。

(1) バイナリデータ解析・描画ツール

「日本域気候予測データ」の格子点データはすべてバイナリ形式となっております。バイナリデータの解析・描画向けに、以下二つのツールを紹介します。

- 格子点値解析描画ツール GrADS

GrADS (Grid Analysis and Display System, <http://cola.gmu.edu/grads/>)はオープンソースのソフトウェアで、Linux や Windows などの主要なプラットフォームで動作させることができます。「日本域気候予測データ」では、GrADSによるバイナリデータの読み込みに必要な GrADS CTL ファイルを併せて提供しております。予測データの描画や解析にご利用ください。

- GPV 読み込みマクロ

バイナリ形式の格子点値をテキスト形式 (csv 形式) に変換する Excel マクロ (日本域気候予測データ GPV マクロ.xlsm) を併せて提供しておりますので、目的に応じてご利用ください。マクロの利用方法につきましては別紙 2 をご覧ください。

(2) 注意事項

- ① 「日本域気候予測データ」の格子点データは、4 バイト浮動小数で計算した後 2 バイト符号なし整数で出力しています。このため、2 バイト符号なし整数の統計値から別の統計値を計算すると、値が異なる場合があります。例えば、以下のような場合です。
 - 各月の統計値から季節、年の統計値を算出
 - 各メンバーの統計値からアンサンブル平均の統計値を算出
- ② 「日本域気候予測データ」の格子点データの投影法は、ランベルト正角円錐図法です。付属の GrADS CTL ファイルを用いた GrADS での解析・描画の際は GrADS による座標変換が施されるため、GrADS で出力した値が格子点データの値そのものとは異なる場合があります。座標変換を行わずに解析・描画を行う場合は GrADS CTL ファイルの "pdef" から始まる行を削除し、"xdef" から始まる行と "ydef" から始まる行を 2.1.1 共通情報を参考に、適切に書き直す必要があります。
- ③ 「日本域気候予測データ」の格子点データは、全球大気モデルによる予測結果を側面境界値として、地域気候モデルを実行することで計算した結果です。全球大気モデルと地域気候モデルの境界においては、その内側と外側において、格子間隔や物理過程において差が生じるため、側面境界値付近の値は、適切な値とはならないことに留意してください。「5km 版」では東西南北 30 格子、「2km 版」では東西南北 20 格子を、額縁領域としてそれぞれ設定し、そこでの予測結果については掲載を除外しています。

2.2 観測地点データ（バイアス補正済データ）

2.2.1 共通情報

<p>ファイル形式</p>	<p>ファイル形式：カンマ区切りテキスト（csv 形式） 1 年間は 365 日または 366 日(閏年を考慮する)で、年界は 9 月 1 日～翌 8 月 31 日。 未定義値：なし</p>
<p>データ構造</p>	<p>補正済データに収録されている数値は以下のとおりである。</p> <p>sfc_no(Pn)：観測地点番号 lat(Pn)：緯度 lon(Pn)：経度 DATA(Pn,Dn)：補正済み地点別値 date(Dn)：対象時刻 flag(Pn,Dn)：予測信頼度フラグ 0：将来気候 4 メンバーの予測傾向が一致しない場合、あるいは、将来気候 4 メンバーのいずれか及び現在気候の日数/発生回数がともに 0 の場合 1：上記以外の場合</p> <p>Pn：地点数 Dn：日時、範囲はデータの種類による</p> <p>データ構造は以下の規則に従う。ただし、角括弧内は将来気候のデータのみ収録されている。</p> <p>DATE,date(1)（日付部） sfc_no,lat,lon,value[_ens,MEM-FLG]（ヘッダ一部） sfc_no(1),lat(1),lon(1),DATA(1,1)[,flag(1,1)] sfc_no(2),lat(2),lon(2),DATA(2,1)[,flag(2,1)] sfc_no(Pn),lat(Pn),lon(Pn),DATA(Pn,1)[,flag(Pn,1)] DATE,date(2)（日付部） sfc_no,lat,lon,value[_ens,MEM-FLG]（ヘッダ一部） sfc_no(1),lat(1),lon(1),DATA(1,2)[,flag(1,2)] sfc_no(2),lat(2),lon(2),DATA(2,2)[,flag(2,2)] sfc_no(Pn),lat(Pn),lon(Pn),DATA(Pn,2)[,flag(Pn,2)] DATE,date(Dn)（日付部） sfc_no,lat,lon,value[_ens,MEM-FLG]（ヘッダ一部） sfc_no(1),lat(1),lon(1),DATA(1,Dn)[,flag(1,Dn)] sfc_no(2),lat(2),lon(2),DATA(2,Dn)[,flag(2,Dn)]</p>

 sfc_no(Pn),lat(Pn),lon(Pn),DATA(Pn,Dn)[,flag(Pn,Dn)]
--	---

要素名	要素	単位
t2mx_ud0	補正済日最高気温 0°C未満の日数	日
t2mx_ov25	補正済日最高気温 25°C以上の日数	日
t2mx_ov30	補正済日最高気温 30°C以上の日数	日
t2mx_ov35	補正済日最高気温 35°C以上の日数	日
t2mn_ud0	補正済日最低気温 0°C未満の日数	日
t2mn_ov25	補正済日最低気温 25°C以上の日数	日
ppsf_max	補正済年最大日降水量※	mm
ppsf_ov1	補正済日降水量 1mm 以上の日数	日
ppsf_ov100	補正済日降水量 100mm 以上の日数	日
ppsf_ov200	補正済日降水量 200mm 以上の日数	日
pre1_ov30	補正済 1 時間降水量 30mm 以上の回数	回
pre1_ov50	補正済 1 時間降水量 50mm 以上の回数	回
sndpmx	補正済年最深積雪※	cm
snow	補正済年降雪量※	cm

※年別値のみ

2.2.2 月別値

ファイル名	(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) csv/@@@@/monthly/ (「5km 版」は adjust_&&&&_monthly、「2km 版」は adjust_&&&&_monthly_2km) -nhrcmc-@@@@_YYYY.csv @@@@ : メンバー名 現在気候 : SPA 将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85_ens 将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26_ens &&&& : 要素名 YYYY : 4 桁の西暦
収録期間	1 ファイルに 1 年 (12 か月) 分の月統計値データが収録されている。

2.2.3 3 か月別値

ファイル名	(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) csv/@@@@/seasonally/ (「5km 版」は adjust_&&&&_seasonally、「2km 版」は adjust_&&&&_seasonally_2km) -nhrcmc-@@@@_YYYY.csv
-------	--

	<p>@@@@ : メンバー名 現在気候 : SPA 将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85_ens 将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26_ens</p> <p>&&&& : 要素名 YYYY : 4 桁の西暦 %%%% : 季節 (spring、summer、autumn、winter)</p>
収録期間	1 ファイルに 1 年 (4 季節) 分の季節統計値データが収録されている。

2.2.4 年別値

ファイル名	<p>(「5km 版」は data/、「2km 版」は data_2km/) csv/@@@@/annually/ (「5km 版」は adjust_&&&&_annually、「2km 版」は adjust_&&&&_annually_2km) -nhrcmc-@@@@_YYYY.csv</p> <p>@@@@ : メンバー名 現在気候 : SPA 将来気候 (RCP8.5 シナリオ) : SFA_rcp85_ens 将来気候 (RCP2.6 シナリオ) : SFA_rcp26_ens</p> <p>&&&& : 要素名 YYYY : 4 桁の西暦</p>
収録期間	1 ファイルに 1 年分の年統計値データが収録されている。

2.3 モデル格子情報

2.3.1 バイナリ形式

ファイル名	(「5km 版」は meta/cnst、「2km 版」は meta_2km/cnst_2km) .dat
GrADS CTL ファイル名	(「5km 版」は meta/cnst、「2km 版」は meta_2km/cnst_2km) .ctl
データ 形式	データ型：4バイト浮動小数 バイトオーダー：Big Endian 未定義値：-999.9
データ 構造	DATA(Xn,Yn,En) Xn：(「5km 版」) X 座標、Xmax=467 (「2km 版」) X 座標、Xmax=485 Yn：(「5km 版」) Y 座標、Ymax=744 (「2km 版」) Y 座標、Ymax=1681 En：要素（下表参照） データ構造は以下の規則に従う。 DATA(1,1,1),DATA(2,1,1),.....DATA(Xmax,1,1) DATA(1,2,1),DATA(2,2,1),.....DATA(Xmax,2,1) DATA(1,Ymax,1),DATA(2,Ymax,1),.....DATA(Xmax,Ymax,1) DATA(1,1,2),DATA(2,1,2),.....DATA(Xmax,Ymax,2) DATA(1,Ymax,Emax),DATA(2,Ymax,Emax),.....DATA(Xmax,Ymax,Emax)

格納順	要素名	概要	変換	変換後の単位
1	ZS	モデル地形表面高度	data	m
2	SL	海陸比	data	比率 (0~1)
3	FLAT	緯度	data	deg
4	FLON	経度	data	deg

2.3.2 テキスト形式

ファイル名	(「5km 版」は meta/cnst、「2km 版」は meta_2km/cnst_2km) .csv
ファイル形式	ファイル形式：カンマ区切りテキスト (csv 形式) 未定義値：なし

フィールド番号	フィールド名	概要
1	X	モデル格子番号 (X 座標：「5km 版」は 1~467、「2km 版」は 1~485)
2	Y	モデル格子番号 (Y 座標：「5km 版」は 1~744、「2km 版」は 1~1681)
3	FLAT	緯度
4	FLON	経度
5	ZS	モデル地形表面高度
6	SL	海陸比

2.4 地域格子情報

2.4.1 バイナリ形式

ファイル名	(「5km 版」は meta/meta、「2km 版」は meta_2km/meta_2km) .dat
GrADS CTL ファイル名	(「5km 版」は meta/meta、「2km 版」は meta_2km/meta_2km) .ctl
ファイル 形式	データ型 : 4 バイト浮動小数 未定義値 : -1.0
データ 構造	DATA(Xn,Yn,En) Xn : (「5km 版」) X 座標、Xmax=467 (「2km 版」) X 座標、Xmax=485 Yn : (「5km 版」) Y 座標、Ymax=744 (「2km 版」) Y 座標、Ymax=1681 En : 要素 (下表参照) データ構造は以下の規則に従う。 DATA(1,1,1),DATA(2,1,1),.....DATA(Xmax,1,1) DATA(1,2,1),DATA(2,2,1),.....DATA(Xmax,2,1) DATA(1,Ymax,1),DATA(2,Ymax,1),.....DATA(Xmax,Ymax,1) DATA(1,1,2),DATA(2,1,2),.....DATA(Xmax,Ymax,2) DATA(1,Ymax,Emax),DATA(2,Ymax,Emax),.....DATA(Xmax,Ymax,Emax)

格納順	要素名	概要
1	huk	府県番号
2	area1	全般季節予報で用いる予報区分の番号
3	area2	area1 を日本海側と太平洋側に区分した番号
4	area3	地方季節予報で用いる予報区分の番号
5	area4	area3 を日本海側や太平洋側等に区分した番号
6	area5	area3 の東北地方を東北北部と東北南部に区分した番号

※ 番号の詳細は、地域格子情報(CSV)のフォーマット(「5km 版」は meta/、「2km 版」は meta_2km/ /meta_format.csv) を参照。

2.4.2 テキスト形式

ファイル名	(「5km 版」は meta/meta、「2km 版」は meta_2km/meta_2km) .csv
ファイル形式	カンマ区切りテキスト (csv 形式) 未定義値 : -999000000

フィールド番号	フィールド名	概要
1	nhrcm_lon	経度
2	nhrcm_lat	緯度
3	nhrcm_x	モデル格子番号 (X 座標:「5km 版」は 1~467、「2km 版」は 1~485)
4	nhrcm_y	モデル格子番号 (Y 座標:「5km 版」は 1~744、「2km 版」は 1~1681)
5	nhrcm_SL	海陸比
6	nhrcm_huk_no	府県番号
7	nhrcm_area1_no	全般季節予報で用いる予報区分の番号
8	nhrcm_area2_no	area1 を日本海側と太平洋側に区分した番号
9	nhrcm_area3_no	地方季節予報で用いる予報区分の番号
10	nhrcm_area4_no	area3 を日本海側や太平洋側等に区分した番号
11	nhrcm_area5_no	area3 の東北地方を東北北部と東北南部に区分した番号

※ 番号の詳細は、地域格子情報(CSV)のフォーマット(「5km 版」は meta/、「2km 版」は meta_2km/) meta_format.csv) を参照。

2.5 観測地点と格子点の対応情報

ファイル名	気温：(「5km 版」は meta/temp_index、「2km 版」は meta_2km/temp_index_2km) .csv 降水：(「5km 版」は meta/prec_index、「2km 版」は meta_2km/prec_index_2km) .csv 雪：(「5km 版」は meta/snow_index、「2km 版」は meta_2km/snow_index_2km) .csv
ファイル形式	ファイル形式：カンマ区切りテキスト (csv 形式) 未定義値：-999

フィールド番号	フィールド名	概要
1	Amedas/Kansyo	観測地点種別 (A：アメダス、K：地上気象観測)
2	sfc_no	観測地点番号
3	sfc_name	観測地点名
4	lat	観測地点の緯度
5	lon	観測地点の経度
6	huk_no	府県番号
7	area1	全般季節予報で用いる予報区分の番号
8	area2	area1 を日本海側と太平洋側に区分した番号
9	area3	地方季節予報で用いる予報区分の番号
10	area4	area3 を日本海側や太平洋側等に区分した番号
11	area5	area3 の東北地方を東北北部と東北南部に区分した番号
12	nhrcm_i	対応するモデルの格子 (X 座標：「5km 版」は 1~467、「2km 版」は 1~485)
13	nhrcm_j	対応するモデルの格子 (Y 座標：「5km 版」は 1~744、「2km 版」は 1~1681)
14	old_sfc_no(1)	アメダス/地上気象観測の地点番号 (期間 1)
15	alt(1)	観測地点の標高 (期間 1) (m)
16	start(1)	観測開始年月日 (期間 1)
17	end(1)	観測終了年月日 (期間 1)
	...	
34	old_sfc_no(6)	アメダス/地上気象観測の地点番号 (期間 6)
35	alt(6)	観測地点の標高 (期間 6) (m)
36	start(6)	観測開始年月日 (期間 6)
37	end(6)	観測終了年月日 (期間 6)

※ 府県・地域番号の詳細は、地域格子情報 (CSV) のフォーマット ((「5km 版」は meta/、「2km 版」は meta_2km/) meta_format.csv) を参照。

※ 14 番以降は、現在気候 (1980 年 9 月~2000 年 8 月) の期間内で、当該要素について累年統計

可能な地点情報を、観測期間の古い順に6世代まで記載している。観測開始（終了）年月日は、4桁の西暦+2桁の月+2桁の日で示しており、「99990909」は観測継続中を示す。なお、観測期間は観測地点情報に変更がない期間を一世代としており、この期間の全てまたは一部が現在気候に含まれる場合に記載した。

※ 未定義値：-999 は、2km版においてモデルの領域外に観測地点が位置するため、対応するモデルの格子が存在しない場合に記載される。

2.6 アメダスと地域の対応情報

ファイル名	(「5km 版」は meta/、「2km 版」は meta_2km/) amd_area.csv
ファイル形式	ファイル形式：カンマ区切りテキスト (csv 形式) 未定義値：なし

フィールド番号	フィールド名	概要
1	amd_no	アメダス地点番号
2	amd_name_kj	アメダス地点名 (漢字)
3	amd_name_kn	アメダス地点名 (カナ)
4	lat_d	観測地点の緯度 (度)
5	lat_m	観測地点の緯度 (分)
6	lon_d	観測地点の経度 (度)
7	lon_m	観測地点の経度 (分)
8	ctv_name_kj	市町村名 (漢字)
9	ctv_name_kn	市町村名 (カナ)
10	area1	全般季節予報で用いる予報区分の番号
11	area2	area1 を日本海側と太平洋側に区分した番号
12	area3	地方季節予報で用いる予報区分の番号
13	area4	area3 を日本海側や太平洋側等に区分した番号
14	area5	area3 の東北地方を東北北部と東北南部に区分した番号
15	huk_no	府県番号

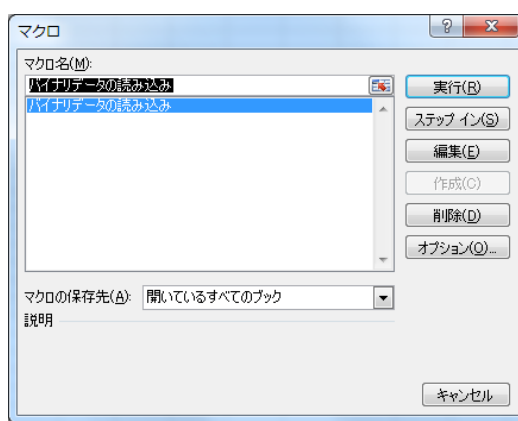
※ 府県・地域番号の詳細は、地域格子情報 (CSV) のフォーマット ((「5km 版」は meta/、「2km 版」は meta_2km/) meta_format.csv) を参照。

GPV 読み込みマクロの使い方

このマクロは、バイナリ形式の温暖化予測情報 GPV ファイルを開いて、任意のデータを読み込み、シートに貼り付けます。格子点情報をエクセルで処理したい場合にご利用ください。

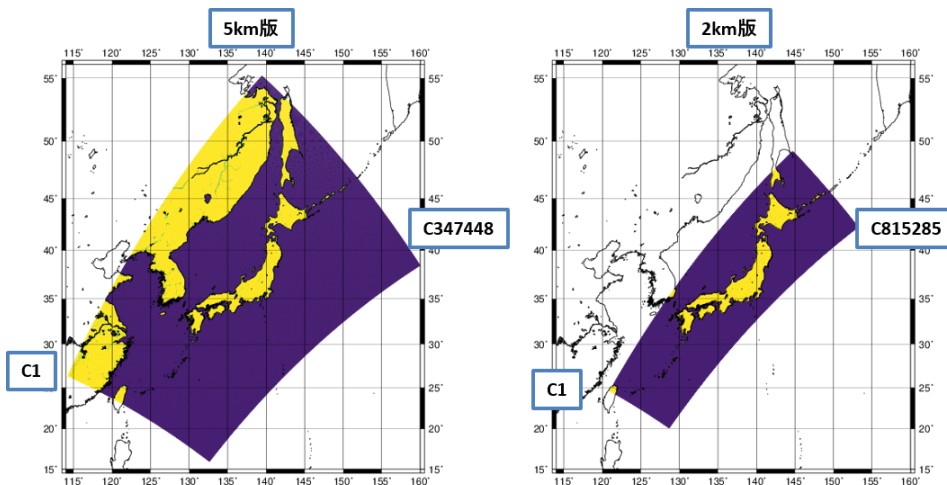
1. 使い方

- ① 「日本域気候予測データ GPV マクロ.xlsm」をエクセルから開きます。シート中に記載しているように、「Ctrl + Shift + a」を押して実行するか、「開発」タブ→「マクロ」をクリックして以下のようなウィンドウを開き、「バイナリデータの読み込み」というマクロを実行します。



- ② マクロを実行すると、以下のようなウィンドウが開きます。

- ③ 読み込みたいバイナリデータの日付や要素等を選択した後、「実行する」ボタンをクリックします。
- ✓ 季節統計のバイナリデータを指定する場合、月の指定は季節の中央の月（春の場合 4 月、夏の場合 7 月、秋の場合 10 月、冬の場合 1 月）としてください。
 - ✓ 「統計期間の指定」で年統計を指定した場合の「日付の指定」の月と日の指定および月統計または季節統計を指定した場合の日の指定は無効です。
 - ✓ 「実行前に設定を確認する」チェックボックスにチェックを入れると、マクロによるバイナリデータの読み込みを実行する前に設定値を確認できます。
 - ✓ 「日本域気候予測データのデータフォルダ（gwp9）の場所を指定する」ボックスには、“data”フォルダが保存されているフォルダの絶対パスを入力してください。初期値として、このマクロが保存されているフォルダの絶対パスが表示されています。
- ④ 実行後、新しいシートが作成され、A 列に経度、B 列に緯度、C 列にバイナリデータの値が出力されます。C1 セルがデータの北西端となり、5km 版の場合は C347448 セル、2km 版の場合は C815285 セルがそれぞれ南東端の格子の値になります。格子点値が存在する領域は下図のとおりです。



2. 注意点

- ・ 本マクロは自由に改変していただいてかまいません。
- ・ 気象庁は、本マクロの作成にあたって細心の注意を払っておりますが、利用者が本マクロを利用することによって生じる、いかなる損害についても責任を負うものではありません。あらかじめ、ご了承ください。

IV. ③ マルチシナリオ・マルチ物理予測データ

③の全球のデータについてはIを参照のこと。

1. データセットの概要

日本を対象にしたマルチシナリオのデータセットである。20kmの格子間隔の気象研究所非静力学地域気候モデル（NHRCM; Sasaki et al., 2008）を用いた力学的ダウンスケーリングによってデータが作成された。不確実性評価のため、複数シナリオかつ複数物理パラメータによるメンバーで構成されたアンサンブルシミュレーションとなっている。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 非静力学地域気候モデル（NHRCM）

非静力学地域気候モデル（NHRCM）とは、気象庁の非静力学メソスケールモデル（JMA-NHM; Saito et al., 2006, 2007）をもとに、気候シミュレーション用に開発されたモデルである。

2.2. モデル諸元（解像度等）

本データセットの作成のために使用された NHRCM の諸元は表 1 の通りである。詳細は Kawase et al. (2015), Murata et al. (2016)を参照されたい。

表 1 モデル諸元

基礎方程式系	完全圧縮方程式系
水平座標系	ランベルト投影
鉛直格子構造	Lorenz グリッド
水平格子構造	Arakawa C グリッド
移流項の計算	2次フラックス形式、風上値による移流補正スキーム
時間積分法	リープフロッグにタイムフィルターを併用
音波の扱い	水平・鉛直ともにインプリシットに扱う
上部境界条件	摩擦のない固定壁にレーリー摩擦による吸収層を併用
計算拡散	4次の線形拡散、非線形拡散
短波放射	Two streams with delta-Eddington
長波放射	Table look-up and k-distribution
乱流クロージャー	Improved Mellor-Yamada (MYNN) Level 3
水平格子数	211×175
側面緩和帯の格子数	10
鉛直層数	40
上部ダンピング層数	8
鉛直座標系	地形に沿った座標系
エンベロープマウンテン	無
積雲パラメタリゼーション	Kain-Fritsh + 島対応

雲物理過程	3-ice, 2-moment
陸面モデル	MJ-SiB
不凍水スキーム	有
海面フラックス	Beljaars and Holtslag
海面粗度	Beljaars
都市	-

2.3. 実験設定

領域モデルを動かすには下部（海面水温のみ）と側面の境界値が必要である。これらについては、親モデル（上流側のモデル）の計算結果を用いた。つまり、20km 格子の NHRCM の親モデルは全球気候モデルである（図 1）。

データ出力の対象期間は、現在気候、将来気候とも 20 年間で、前者が 1984 年 9 月 1 日から 2004 年 8 月 31 日、後者が 2080 年 9 月 1 日から 2100 年 8 月 31 日を想定している。但し、並列して計算を行えるように、1 年ごと（9 月 1 日から翌年 8 月 31 日）に分けて計算を行った（モデルの助走期間を考慮しているため、実際の開始日は 9 月 1 日より 1 か月程度早い）。また、これらの数値実験は天気予報のようなものではなく「気候実験」であるので、実験上の日時が現実のそれと対応している訳ではない。

全体のデータセットは過去や将来気候を想定した各実験によって出力されたデータから成り、それぞれの実験は多数のメンバーで構成されている。ここで、メンバーとは少しずつ異なる数値実験（アンサンブル実験と呼ばれている）の各実験のことであり、温室効果気体排出シナリオ（RCP）、海面水温（SST）、モデルのパラメータ（積雲対流）の三つの要素を変えた全球気候モデルの計算結果を境界条件とした数値実験が実施された（境界条件が異なるだけで、NHRCM の設定はどの実験でも同一である）。メンバー構成の詳細については表 2 を参照されたい。

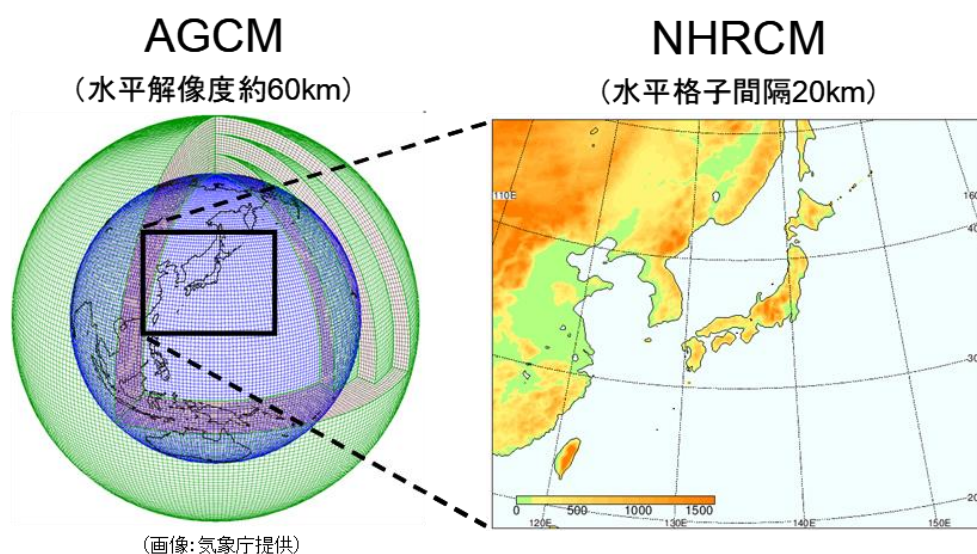


図 1 ネスティング方法
2-157

表 2 数値実験の種類

実験名	内容	メンバー数
HPA_[m02, kf_m02, as_m02]	現在気候実験	3 (3パラメータ)
HFA_[rcp85, kf_rcp85, as_rcp85]_xx	RCP8.5シナリオ実験	9 (3SST×3パラメータ)
HFA_rcp60_xx	RCP6.0シナリオ実験	3 (3SST)
HFA_rcp45_xx	RCP4.5シナリオ実験	3 (3SST)
HFA_rcp26_xx	RCP2.6シナリオ実験	3 (3SST)

※ xx : SSTの種類を表す (c1, c2, c3 の3種類)

3. 出力ファイルの情報 (メタデータ)

3.1. ファイル名

ファイル名については表3の通りである。

表 3 ファイル名

ファイル名 (*1)	データ形式 (*2)	内容
yyyymmdd0000_surf.dat	32bit 実数バイナリ	地上大気データ
yyyymmdd0000_ph2m.dat	32bit 実数バイナリ	熱力学関連2次元データ
yyyymmdd0000_plev.dat	32bit 実数バイナリ	気圧面データ
yyyymmdd0000_SiB.data	独自形式	土壌関連データ

(*1) yyyymmdd = 年月日 (例 : 19840720)

(*2) バイトオーダー : big endian

3.2. 時空間幅 (期間、領域、鉛直層トップ)

時空間についての諸元は表4の通りである。

表 4 時空間諸元

内容	出力水平格子数	出力時間間隔
地上大気データ	211×175	1時間
熱力学関連2次元データ	211×175	1時間
等気圧面データ	211×175	1時間
土壌関連データ	211×175	1時間

3.3. 要素 (物理量) の説明

以下の表5に示された予測要素が出力されている。

表 5 出力されている予測要素

・地上大気データ

変数名	内容	単位
-----	----	----

SMQR	雨の積算降水量	mm
SMQI	雲氷の積算降水量	mm
SMQS	雪の積算降水量	mm
SMQG	霰の積算降水量	mm
SMQH	(使用不可)	
RAIN	積算降水量	mm
PSEA	海面更正気圧	hPa
PSURF	地上気圧	hPa
U	地上のx方向の風速	m/s
V	地上のy方向の風速	m/s
T	地上気温	K
TTD	地上湿数	K
CLL	下層雲量	0~1
CLM	中層雲量	0~1
CLH	上層雲量	0~1
CLA	全層雲量	0~1
TPW	可降水量	kg/m ²

・熱力学関連 2次元データ

変数名	内容	単位
W_G1 (使用不可)	土壌第 1 層の飽和度 yyyyymmdd0000_SiB.data の飽和度を使用のこと	
W_G2 (使用不可)	土壌第 2 層の飽和度 yyyyymmdd0000_SiB.data の飽和度を使用のこと	
UFLSH	上向き顕熱フラックス	W/m ²
UFLH	上向き潜熱フラックス	W/m ²
URSDB	地表面下向き短波フラックス	W/m ²
URSUB	地表面上向き短波フラックス	W/m ²
URLDB	地表面下向き長波フラックス	W/m ²
URLUB	地表面上向き長波フラックス	W/m ²
USOLAR	地表面下向き短波放射フラックス (正味 : URSDB-URSUB)	W/m ²
QVGRD	地表面の比湿	kg/kg
TIN1	土壌第1層の温度	K
TIN2	土壌第2層の温度	K
TIN3	土壌第3層の温度	K

TIN4	土壌第4層の温度	K
A_TSFC	地上最高気温	K
I_TSFC	地上最低気温	K
A_VEL	地上最大風速	m/s

・等気圧面データ

T, Z, U, V, W, TTD, CVW, CWC, OMG: 1000, 850, 500, 300, 200 hPa

VOR: 850, 500 hPa

変数名	内容	単位	層数
T	気温	K	5
Z	ジオポテンシャル高度	m	5
U	x方向の風速	m/s	5
V	y方向の風速	m/s	5
W	z方向の風速	m/s	5
TTD	湿数	K	5
CVR	雲量	0-1	5
CWC	雲水量	kg/kg	5
OMG	鉛直p速度	hPa/hour	2
VOR	渦度	10 ⁻⁶ /s	2
SMQR	雨の積算降水量	mm	1
SMQI	雲氷の積算降水量	mm	1
SMQS	雪の積算降水量	mm	1
SMQG	霰の積算降水量	mm	1
SMQH	(使用不可)		1
RAIN	積算降水量	mm	1
PSEA	海面更正気圧	hPa	1
Psrf	地上気圧	hPa	1
Usrf	地上のx方向の風速	m/s	1
Vsrf	地上のy方向の風速	m/s	1
Tsrf	地上気温	K	1
TTDsrf	地上湿数	K	1

・土壌関連データ

※ 特に断り書きがない場合は瞬間値、「平均」とあるものは1時間平均

変数名	内容	単位
Z0	粗度	m
FLPT	温位フラックス (= (u_*)*(PT_*))	m K/s

FLQV	水蒸気フラックス (= $(u_*) \cdot (q_*)$)	m/s
UMOM	$\text{Tau}_x / \text{Rho}$ (= $(u_*) \cdot (U_*)$)	m^2/s^2
VMOM	$\text{Tau}_y / \text{Rho}$ (= $(u_*) \cdot (V_*)$)	m^2/s^2
FLG1	地熱フラックス (SURF. to 1st SOIL)	W/m^2
FLG2	地熱フラックス (1st to 2nd SOIL)	W/m^2
FLG3	地熱フラックス (2nd to 3rd SOIL)	W/m^2
FLG4	地熱フラックス (3rd to BOT.SOIL)	W/m^2
RSDB	地表面下向き短波フラックス [平均]	W/m^2
RSUB	地表面上向き短波フラックス [平均]	W/m^2
RLDB	地表面下向き長波フラックス [平均]	W/m^2
RLUB	地表面上向き長波フラックス [平均]	W/m^2
RSDT	トップでの下向き短波フラックス [平均]	W/m^2
RSUT	トップでの上向き短波フラックス [平均]	W/m^2
RLUT	トップでの上向き長波フラックス [平均]	W/m^2
CLA	全雲量 [平均]	%
CSDB	晴天時地表面下向き短波フラックス [平均]	W/m^2
CSUB	晴天時地表面上向き短波フラックス [平均]	W/m^2
CLDB	晴天時地表面下向き長波フラックス [平均]	W/m^2
CSUT	トップでの晴天時下向き短波フラックス [平均]	W/m^2
CLUT	トップでの晴天時下向き長波フラックス [平均]	W/m^2
FLSH	上向き顕熱フラックス [平均]	W/m^2
FLLH	上向き潜熱フラックス [平均]	W/m^2
TSC	キャノピー温度	K
TSG	下草／裸地面温度	K
TSS	雪面の温度	K
TSD1	土壌第1層の温度	K
TSD2	土壌第2層の温度	K
TSD3	土壌第3層の温度	K
MSC	キャノピー水分比	%
ISC	キャノピー氷比	%
MSG	下草／裸地面上の水分比	%
ISG	下草／裸地面上の氷比	%
SW1	土壌第1層の水分飽和度	%
SW2	土壌第2層の水分飽和度	%
SW3	土壌第3層の水分飽和度	%
SI1	土壌第1層の氷飽和度	%
SI2	土壌第2層の氷飽和度	%

SI3	土壌第3層の水飽和度	%
CVRS	雪の被覆率	%
TSS1	雪第1層の温度	K
TSS2	雪第2層の温度	K
TSS3	雪第3層の温度	K
TSS4	(使用不可)	
SWE1	雪第1層の積雪相当水量	kg/m ²
SWE2	雪第2層の積雪相当水量	kg/m ²
SWE3	雪第3層の積雪相当水量	kg/m ²
SWE4	(使用不可)	
WTR1	雪第1層の含水量	kg/m ²
WTR2	雪第2層の含水量	kg/m ²
WTR3	雪第3層の含水量	kg/m ²
WTR4	(使用不可)	
RHO1	雪第1層に含まれる雪の密度	kg/m ³
RHO2	雪第2層に含まれる雪の密度	kg/m ³
RHO3	雪第3層に含まれる雪の密度	kg/m ³
RHO4	(使用不可)	
FLS0	積雪内の伝導熱 (SURF. to 1st SNOW) [平均]	W/m ²
FLS1	積雪内の伝導熱 (1st SNOW to LOWER) [平均]	W/m ²
FLS2	積雪内の伝導熱 (2nd SNOW to LOWER) [平均]	W/m ²
FLS3	積雪内の伝導熱 (3rd SNOW to SOIL) [平均]	W/m ²
FLS4	(使用不可)	W/m ²
RDSS	短波放射 (SKIN to 1st SNOW) [平均]	W/m ²
ROFS	地表面流出 [平均]	mm/day
ROFB	土壌3層底面での下向き重力排水 [平均]	mm/day
RON0	雪のない部分格子での土壌1層への水の浸透 [平均]	mm/day
RON1	雪のない部分格子での土壌1層→2層への水の流出 [平均]	mm/day
RON2	雪のない部分格子での土壌2層→3層への水の流出 [平均]	mm/day
ROS0	雪のある部分格子での土壌1層への水の浸透 [平均]	mm/day
ROS1	雪のある部分格子での土壌1→2層への水の流出 [平均]	mm/day
ROS2	雪のある部分格子での土壌2→3層への水の流出 [平均]	mm/day
LTRS	葉から大気への蒸散 [平均]	W/m ²
LINT	葉での遮断損失 [平均]	W/m ²

LSBL	雪から大気への昇華 [平均]	W/m ²
TSD4	土壌第4層の温度 (雪有り/無し部分格子で共通)	K
SNMT	日融雪量 [平均]	mm/day
TC_N	雪のない部分格子のキャノピー温度	K
TC_S	雪のある部分格子のキャノピー温度	K
TG_N	雪のない部分格子の下草/裸地面温度	K
TG_S	雪面の温度	K
TD_N	雪のない部分格子の土壌温度 (1層~3層)	K
TD_S	雪のある部分格子の土壌温度 (1層~3層)	K
WD_N	雪のない部分格子の土壌水の飽和度 (1層~3層)	0~1
WD_S	雪のある部分格子の土壌水の飽和度 (1層~3層)	0~1
ID_N	雪のない部分格子の土壌水の飽和度 (1層~3層)	0~1
ID_S	雪のある部分格子の土壌水の飽和度 (1層~3層)	0~1
TS_S	雪のある格子の積雪各層の温度 (1層~4層)	K
WTR_S	雪のある格子の積雪各層の含水量 (第1~4層)	kg/m ²
SWE_S	雪のある格子の積雪各層の相当水量 (第1~4層)	kg/m ²
RHO_S	雪のある格子の積雪各層の密度 (1層~4層)	kg/m ²
AGE_S	雪のある格子の積雪1層の降雪後の経過時間	0~8674
INF_S	雪の層の情報	(-999,-2,-1,0,1,2,3)
ENG_S	0℃の水を基準とした雪の熱量	J/m ²
CVR_S	雪の被覆率	0~1
ALB_S	雪のアルベド	0~1
SWE_T	(積雪全層の) 積雪相当水量	kg/m ²
SNDEP	積雪深	m

・定数データ

変数名	内容	単位
FLAT	緯度	度
FLON	経度	度
ZS	地形標高	m
SL	海陸比 (0~1, 0: 海, 1: 陸)	

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

バイアス補正が行われたデータも提供されている。詳細は DIAS 内の説明を参照のこと。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

環境省によるパンフレット「21世紀末における日本の気候」
(http://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_tekiou/2015/index.html)
を参照されたい。

4.3. 空間解像度

このデータセットは、他の類似のデータセットと比べると、シナリオ、モデル内パラメータを変えたアンサンブルメンバーが多い一方、水平解像度が比較的粗めとなっている。これは、シナリオの不確実性、モデルの不確実性を評価する目的に沿ってデータセットが作成されたことによる。従って、高い解像度が必要な解析（影響評価等）の際には、5km以下の格子間隔を有する他のデータセットを活用することが望ましい。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

1. 利用者は、本データセットを研究、教育、施策検討等の公的目的のみに利用し、営利などのそれ以外の目的に利用しないこと（データ作成者より、利用者に対し利用目的を確認する場合がある旨留意すること）。
2. 利用者は、本データセットの内容を改変しないこと。
3. 利用者は、本データセットを第三者に提供しないこと。
4. 利用者は、本データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上発表・報告等を行った場合は、データ引用文に掲載されている文章をカッコ書きで引用すること。
5. 利用者は、本データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上発表・報告等を行った場合は、公表物の写し（論文の場合は別刷り、口頭・ポスター発表の場合は講演要旨のコピー）を「問い合わせ先」に提出すること。

5.2. 謝辞の記載方法

利用者は、本データセットを利用した学会発表・論文発表・誌上発表・報告等を行う場合は、“利用したデータセットは「平成25年度環境省地球温暖化影響の理解のための気候変動予測等実施委託業務」及び「平成26年度環境省地球温暖化影響の理解のための気候変動予測等実施委託業務」において、気象庁及び文部科学省気候変動リスク情報創生プログラムの協力の下、気象庁気象研究所開発の気候モデルを利用して作成・提供されたものである。”等の文章を謝辞等として明記すること。

5.3. 問い合わせ先

名前：地球環境局総務課気候変動適応室
組織名：環境省
住所：〒100-8975 東京都千代田区霞が関1-2-2 中央合同庁舎5号館

電話番号 : +81-3-5521-8242

6. 利活用例

パンフレット「21 世紀末における日本の気候」

(http://www.env.go.jp/earth/ondanka/pamph_tekiou/2015/index.html)

を参照されたい。

7. 引用文献

- Kawase, H., H. Sasaki, A. Murata, M. Nosaka, and N. N. Ishizaki, 2015: Future changes in winter precipitation around Japan projected by ensemble experiments using NHRCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, 92, 571–580, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-034>.
- Murata, A., H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka, 2016: Identification of key factors in future changes in precipitation extremes over Japan using ensemble simulations. *Hydrological Research Letters*, 10, 126–131, <https://doi.org/10.3178/hrl.10.126>.
- Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1266–1298, doi.org/10.1175/MWR3120.1.
- Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita, Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85B, 271–304, [doi:10.2151/jmsj.85B.271](https://doi.org/10.2151/jmsj.85B.271).
- Sasaki, H., K. Kurihara, I. Takayabu, and T. Uchiyama, 2008: Preliminary experiments of reproducing the present climate using the non-hydrostatic regional climate model. *SOLA*, 4, 25–28, [doi:10.2151/sola.2008-007](https://doi.org/10.2151/sola.2008-007).

V. ④ 全球及び日本域 150 年連続実験データ

④の全球のデータについてはIを参照のこと。

1. データセットの概要

日本を対象にした 1950 年から 2099 年までの連続した 150 年のデータセットである。20km 水平解像度の気象研究所非静力学地域気候モデル（NHRCM; Sasaki et al., 2008）を用いた力学的ダウンスケーリングによってデータが作成された。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 非静力学地域気候モデル（NHRCM）

非静力学地域気候モデル（NHRCM）とは、気象庁の非静力学メソスケールモデル（JMA-NHM; Saito et al., 2006, 2007）をもとに、気候シミュレーション用に開発されたモデルである。

2.2. モデル諸元

本データセットの作成のために使用された NHRCM の諸元は VI.2.2 日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ、20km 格子 NHRCM）と同様である。

2.3. 実験設定

領域モデルを動かすには下部（海面水温のみ）と側面の境界値が必要である。これらについては、親モデル（上流側のモデル）の計算結果を用いた。親モデルの全球気候モデルは 150 年連続実験（I.2.2.3, Mizuta et al., 2022）の 60km モデルである。

データ出力の対象期間は、1950 年から 2099 年で、1950 年 9 月 1 日から 2099 年 8 月 31 日を想定している。ただし、並列して計算を行えるように、1 年ごと（9 月 1 日から翌年 8 月 31 日）に分けて計算を行った（モデルの助走期間を考慮しているため、実際の開始日は 9 月 1 日より 1 か月程度早い）。また、これらの数値実験は天気予報のようなものではなく「気候実験」であるので、実験上の日時が現実のそれと対応しているわけではない。

温室効果ガス排出シナリオは Representative Concentration Pathways（RCP: 代表的濃度経路）と呼ばれるシナリオのうち RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 の 4 種類が用いられ、4 つのアンサンブル計算となっており、各シナリオにおける日本の陸上の平均地上気温は図 2 に示すような気温上昇となっている

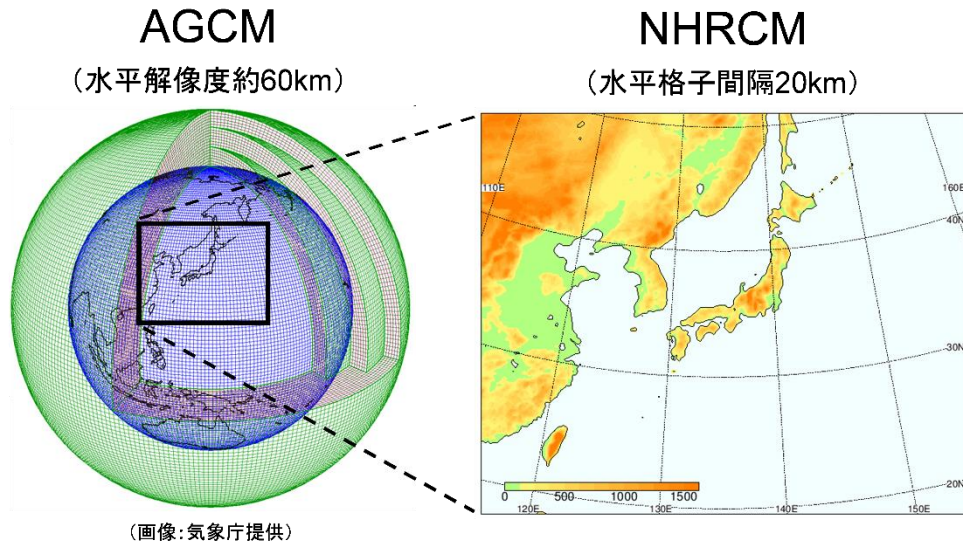


図1 ネスティング方法

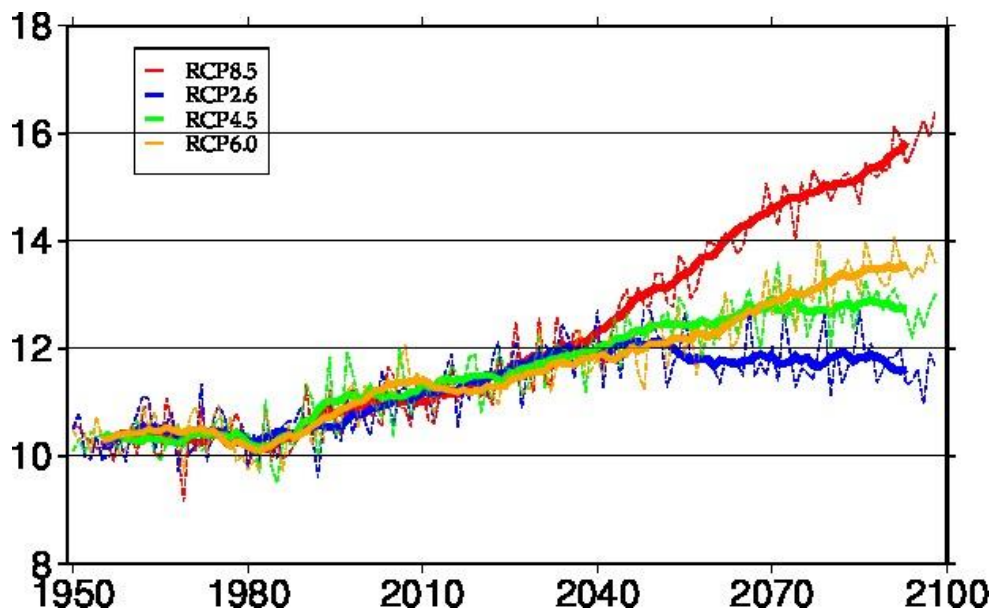


図2 150年連続ランによる日本の平均地上気温の予測。(縦軸:日本陸上格子の年平均気温, °C)

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

ファイル名については表 1 の通りである。

表 1 ファイル名

ファイル名 (*1)	データ形式 (*2)	内容
surf_XXX_yyyyymm.grb	grib1	地上大気データ (*3)
ph2m_XXX_yyyyymm.grb	grib1	熱力学関連 2 次元データ (*3)
sib_XXX_yyyyymm.grb	grib1	土壌関連データ (*3)

(*1) XXX は実験名を表し、HPD, HPD_m01, HPD_m02, HPD_m03 が 1950 年から 2014 年のデータを示し、HFD, HFD_rcp26, HFD_rcp45, HFD_rcp60, HFD_rcp85 が 2015 年から 2099 年のそれぞれ RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5 シナリオに対応している。

(*2) バイトオーダー : big endian

(*3) 地上大気データ・熱力学関連 2 次元データ・土壌関連データについては、初期時刻から当年 8 月 31 日までのデータは保存されていない。8 月のデータは（当年ではなく）翌年のものであるため、8 月 31 日から 9 月 1 日の間は（積分が連続していないという意味で）不連続である。

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

VI.3.2 日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ、20km 格子 NHRCM）と同様

3.3. 要素（物理量）の説明

VI.3.3 日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ、20km 格子 NHRCM）と同様

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

本データセットのデータに対してバイアス補正は行われていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

以下の WEB を参照されたい。

<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>

5. 注意事項

5.1. 利用条件

気象庁気象研究所は、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム(2017～2021 年度)のもとで、地球温暖化対策に資する高解像度データセットを作成しました。このデータセットを文部科学省地球環境情報プラットフォーム構築推進プログラム (DIAS) の協力を得て、無償で提供します。

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した気象庁気象研究所に属します。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、気象庁気象研究所はその責任を負うものではありません。

5.3. 問い合わせ先

名前：気象庁 気象研究所

組織名：統合的気候モデル高度化研究プログラム

6. 利活用例

なし

7. 引用文献

- Mizuta, R., M. Nosaka, T. Nakaegawa, H. Endo, S. Kusunoki, A. Murata, and I. Takayabu, 2022: Extreme precipitation in 150-year continuous simulations by 20-km and 60-km atmospheric general circulation models with dynamical downscaling over Japan by a 20-km regional climate model. *J. Meteor. Soc. Japan*, in press.
- Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model, *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1266–1298, doi:10.1175/MWR3120.1.
- Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita, Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85B, 271–304, doi:10.2151/jmsj.85B.271.
- Sasaki, H., K. Kurihara, I. Takayabu, and T. Uchiyama, 2008: Preliminary experiments of reproducing the present climate using the non-hydrostatic regional climate model, *SOLA*, 4, 25–28, doi:10.2151/sola.2008-007.

VI. ⑤ 全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ)

⑤の全球のデータについてはIを参照のこと。

1. データセットの概要

日本を対象にした多数メンバーのデータセットである。20kmの格子間隔の気象研究所非静力学地域気候モデル (NHRCM; Sasaki et al., 2008) を用いた力学的ダウンスケーリングによってデータが作成された。不確実性評価のためメンバー数を重視している。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 非静力学地域気候モデル (NHRCM)

非静力学地域気候モデル (NHRCM) とは、気象庁の非静力学メソスケールモデル (JMA-NHM; Saito et al., 2006, 2007) をもとに、気候シミュレーション用に開発されたモデルである。

2.2. モデル諸元

本データセットの作成のために使用された NHRCM の諸元は表 1 の通りである。詳細は、Sasaki et al. (2011), Murata et al. (2013) を参照されたい。

表 1 モデル諸元

基礎方程式系	完全圧縮方程式系
水平座標系	ランベルト投影
鉛直格子構造	Lorenz グリッド
水平格子構造	Arakawa C グリッド
移流項の計算	2次フラックス形式、風上値による移流補正スキーム
時間積分法	リープフロッグにタイムフィルターを併用
音波の扱い	水平・鉛直ともにインプリシットに扱う
上部境界条件	摩擦のない固定壁にレーリー摩擦による吸収層を併用
計算拡散	4次の線形拡散、非線形拡散
短波放射	Two streams with delta-Eddington
長波放射	Table look-up and k-distribution
乱流クロージャー	Improved Mellor-Yamada (MYNN) Level 3
水平格子数	211×175
側面緩和帯の格子数	10
鉛直層数	40
上部ダンピング層数	8
鉛直座標系	地形に沿った座標系

エンベロープマウンテン	無
積雲パラメタリゼーション	Kain-Fritsh + 島対応
雲物理過程	3-ice, 2-moment
陸面モデル	MJ-SiB
不凍水スキーム	有
海面フラックス	Beljaars and Holtslag
海面粗度	Beljaars
都市	-

2.3. 実験設定

領域モデルを動かすには下部（海面水温のみ）と側面の境界値が必要である。これらについては、親モデル（上流側のモデル）の計算結果を用いた。つまり、20km 格子の NHRCM の親モデルは全球気候モデルである（図 1）。

データ出力の対象期間は、現在気候、将来気候とも 61 年間（1.5 度昇温実験のみ 31 年間）で、前者が 1950 年 9 月 1 日から 2011 年 8 月 31 日、後者は具体的な期間を設定していない（単に、1.5 度、2 度、4 度上昇の気候が 31 年間又は 61 年間続く）。但し、並列して計算を行えるように、1 年ごと（9 月 1 日から翌年 8 月 31 日）に分けて計算を行った（モデルの助走期間を考慮しているため、実際の開始日は 9 月 1 日よりも 1 か月程度早い）。また、これらの数値実験は天気予報のようなものではなく「気候実験」であるので、実験上の日時が現実のそれと対応している訳ではない。

全体のデータセットは過去や将来気候を想定した各実験によって出力されたデータから成り、それぞれの実験は多数のメンバーで構成されている。ここで、メンバーとは少しずつ異なる数値実験（アンサンブル実験と呼ばれている）の各実験のことであり、本実験では少しずつ異なる海面水温データを使用して多数のシミュレーションが実施された。メンバー構成の詳細については表 2 に示す。各実験の詳細については、Mizuta et al. (2017), Fujita et al. (2019), Imada et al. (2017), Kawase et al. (2019), Nosaka et al. (2020), Ishii and Mori (2020) を参照されたい。

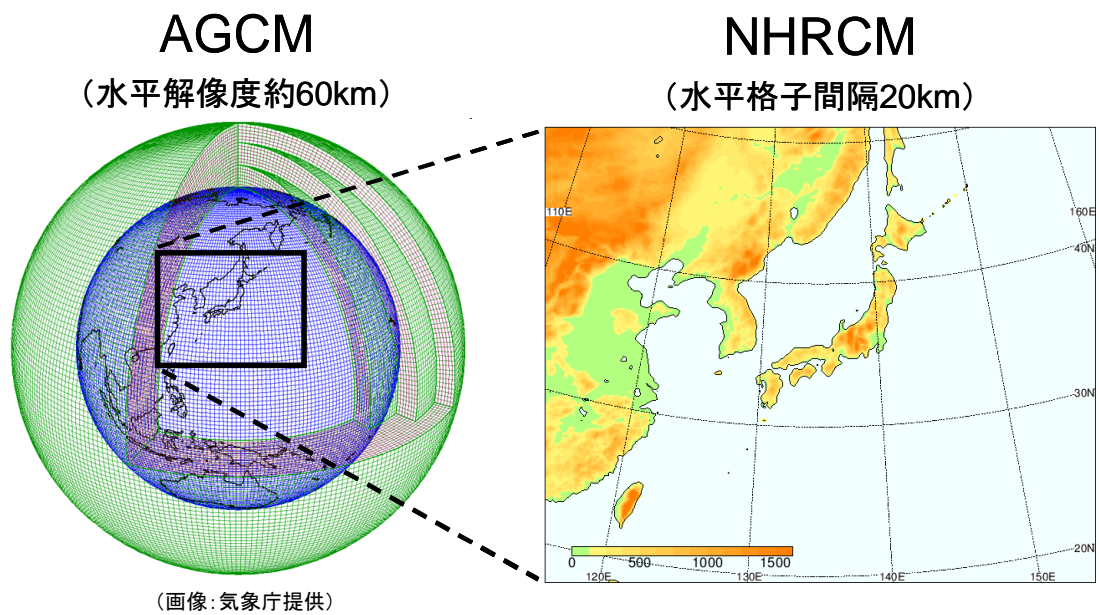


図1 ネスティング方法

表2 数値実験の種類

実験名	内容	メンバー数
HPB_mNNN	過去実験 (1950年9月1日-2011年8月31日)	50
HPB_1.5K_XX_mNNN	将来1.5度昇温実験 (31年)	54 (6SST×9)
HFB_2K_XX_mNNN	将来2度昇温実験 (61年)	54 (6SST×9)
HFB_4K_XX_mNNN	将来4度昇温実験 (61年)	90 (6SST×15)

※ XX : SSTの種類を表す (CC, GF, HA, MI, MP, MR の6種類)

※ NNN : 3桁の数字 (メンバーの識別番号)

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

ファイル名については表 3 の通りである。

表 3 ファイル名

ファイル名 (*1)	データ形式 (*2)	内容
surf_XXX_yyyymm.grb	grib1	地上大気データ (*4)
Ph2m_XXX_yyyymm.grb	grib1	熱力学関連2次元データ (*4)
sib_XXX_yyyymm.grb	grib1	土壌関連データ (*4)
XXX_yyyy_dx20_3d.data	独自形式 (*3)	大気3次元データ (*5)
Topo_essp20.dat	32bit 実数バイナリ	定数データ

(*1) XXX は実験名を表し、HPB_mNNN（過去実験）、HFB_1.5K_XX（将来 1.5°C 昇温実験）、HFB_2K_XX（将来 2°C 昇温実験）、HFB_4K_XX（将来 4°C 昇温実験）のいずれかが入る。ここで、XX はモデルに与えた海面水温を供給した CMIP5 気候モデルを表し、CC（CCSM4）、GF（GFDL-CM3）、HA（HadGEM2-AO）、MI（MIROC5）、MP（MPI-ESM-MR）、MR（MRI-CGCM3）のいずれかが入る。NNN はメンバー識別番号で、過去実験については 001~010、021~030、041~050、061~070、081~090、将来 1.5 度昇温実験については 001~009、将来 2 度昇温実験については 101~109、将来 4 度昇温実験については 101~115 である。yyyy = 初期値の年（例：1980）、yyymm = 年月（例：198009）

(*2) バイトオーダー：big endian

(*3) DIAS にサンプルプログラム有り

(*4) 地上大気データ・熱力学関連 2 次元データ・土壌関連データについては、初期時刻から当年 8 月 31 日までのデータは保存されていない。8 月のデータは（当年ではなく）翌年のものであるため、8 月 31 日から 9 月 1 日の間は（積分が連続していないという意味で）不連続である。

(*5) 大気 3 次元データについては全積分期間（7/20 00UTC から翌年 9/1 00UTC まで）のものを保存してある。他のデータと同様に、当年 8 月 31 日までのデータは使わず、9 月 1 日以降のデータを使用すること。

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

時空間についての諸元は表 4 の通りである。

表 4 時空間諸元

内容	出力水平格子数	出力時間間隔
地上大気データ (*1)	191×155	1時間
熱力学関連2次元データ (*1)	191×155	1時間
土壌関連データ (*1)	191×155	1時間
大気3次元データ (*1,2)	191×155	6時間

(*1) 側面緩和帯（各 10 格子）のデータを出力していない

(*2) 出力鉛直総数：40（モデル面）

3.3. 要素（物理量）の説明

以下の表 5 に示された予測要素が出力されている。

表 5 出力されている予測要素

・地上大気データ

変数名	内容	単位
QR1	雨の1時間降水量	mm
QI1	雲氷の1時間降水量	mm
QS1	雪の1時間降水量	mm
QG1	霰の1時間降水量	mm
QH1	(使用不可)	
RAIN	1時間降水量	mm
PSEA	海面更正気圧	hPa
PSURF	地上気圧	hPa
U	地上のx方向の風速	m/s
V	地上のy方向の風速	m/s
T	地上気温	K
TTD	地上湿数	K
CLL	下層雲量	0~1
CLM	中層雲量	0~1
CLH	上層雲量	0~1
CLA	全層雲量	0~1
TPW	可降水量	kg/m ²

・熱力学関連 2 次元データ

変数名	内容	単位
W_G1 (使用不可)	土壌第 1 層の飽和度 sib_XXX_yyyymm.grib の飽和度を使用のこと	
W_G2 (使用不可)	土壌第 2 層の飽和度 sib_XXX_yyyymm.grib の飽和度を使用のこと	
UFLSH	上向き顕熱フラックス	W/m ²
UFLH	上向き潜熱フラックス	W/m ²
URSDB	地表面下向き短波フラックス	W/m ²
URSUB	地表面上向き短波フラックス	W/m ²
URLDB	地表面下向き長波フラックス	W/m ²
URLUB	地表面上向き長波フラックス	W/m ²

URBEAM	水平面直達日射フラックス	W/m ²
URDIFF	天空散乱日射フラックス	W/m ²
USOLAR	地表面下向き短波放射フラックス (正味：URSDB-URSUB)	W/m ²
QVGRD	地表面の比湿	kg/kg
TIN1	土壌第1層の温度	K
TIN2	土壌第2層の温度	K
TIN3	土壌第3層の温度	K
TIN4	土壌第4層の温度	K
A_TSFC	地上最高気温	K
I_TSFC	地上最低気温	K
A_VEL	地上最大風速	m/s

・ 土壌関連データ

※ 特に断り書きがない場合は瞬間値、「平均」とあるものは1時間平均

変数名	内容	単位
TSC	キャノピー温度	K
TSG	下草／裸地面温度	K
TSS	雪面の温度	K
TSD1	土壌第1層の温度	K
TSD2	土壌第2層の温度	K
TSD3	土壌第3層の温度	K
SW1	土壌第1層の水分飽和度	%
SW2	土壌第2層の水分飽和度	%
SW3	土壌第3層の水分飽和度	%
SI1	土壌第1層の氷飽和度	%
SI2	土壌第2層の氷飽和度	%
SI3	土壌第3層の氷飽和度	%
TSS1	雪第1層の温度	K
ROFS	地表面流出 [平均]	mm/day
ROFB	土壌3層底面での下向き重力排水 [平均]	mm/day
LTRS	葉から大気への蒸散 [平均]	W/m ²
LINT	葉での遮断損失 [平均]	W/m ²
LSBL	雪から大気への昇華 [平均]	W/m ²
SNMT	日融雪量 [平均]	mm/day
WTR_S	雪あり格子の積雪各層の含水量 (第1～4層)	kg/m ²

SWE_S	雪あり格子の積雪各層の相当水量（第1～4層）	kg/m ²
SWE_T	（積雪全層の）積雪相当水量	kg/m ²
SNDEP	積雪深	m

・ 大気 3 次元データ

変数名	内容	単位	層数
DNSG2	密度×G ^{1/2} (*1)	kg/m ³	40
U	x 方向の運動量	kg/m ² /s	40
V	y 方向の運動量	kg/m ² /s	40
W	z 方向の運動量	kg/m ² /s	40
PT	温位偏差 (*2)	K	40
TIN	地中温度	K	4
TSD4	土壌第4 層の温度	K	1
CVRS	雪の被覆率	%	1
QV	水蒸気の混合比	kg/kg	40
W_G	体積含水率	m ³ /m ³	2
QC	雲水の混合比	kg/kg	40
QR	雨の混合比	kg/kg	40
ETURB	乱流エネルギー	J/kg	40
PTSQ	液水温位の揺らぎの自己相関	K ²	40
QWSQ	総水混合比の揺らぎの自己相関	kg ² /kg ²	40
PTQW	液水温位の揺らぎと総水混合比の揺らぎの相関	K kg/kg	40
PRS	気圧の基本場からの偏差	Pa	40
QCI	雲氷の混合比	kg/kg	40
QS	雪の混合比	kg/kg	40
QG	霰の混合比	kg/kg	40
PSEA	海面更正気圧	hPa	1

(*1) $G^{1/2} = 1 - Z_s/H$ (Z_s =地面の高さ、 H =モデル上端の高さ)

(*2) 温位偏差の基準値は高度にかかわらず 300K

・ 定数データ

変数名	内容	単位
FLAT	緯度	度
FLON	経度	度
ZS	地形標高	m
SL	海陸比 (0~1, 0: 海, 1: 陸)	

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

本データセットのデータに対してバイアス補正は行われていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

以下の WEB を参照されたい。

<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/index.html>

5. 注意事項

5.1. 利用条件

本データセットの利用規約は以下の通りである。

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

引用例（和文・英文）

本研究では、文部科学省による複数の学術研究プログラム（「創生」、「統合」、SI-CAT、DIAS）間連携および地球シミュレータにより作成された d4PDF を使用した。

This study used d4PDF produced with the Earth Simulator jointed by science programs (SOUSEI, TOUGOU, SI-CAT, DIAS) of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

4. 本データを利用した論文・報告文を作成した場合には、以下のアドレスに写しを提出すること（推奨）。

d4pdf-support@jamstec.go.jp

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した当事機関に属します。データの利用者が d4PDF を利用して生じるいかなる損害についても、当事機関はその責任を負うものではありません。

5.3. 問い合わせ先

名前：気象庁 気象研究所

組織名：気候変動リスク情報創生プログラム

6. 利活用例

(1) 気候変動による自然災害への影響

文部科学省・気象庁による「日本の気候変動 2020（詳細版）」の付録 3.3.4

7. 引用文献

- Fujita, M., R. Mizuta, M. Ishii, H. Endo, T. Sato, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Sugimoto, K. Ishihara, S. Watanabe (2019) Precipitation changes in a climate with 2-K surface warming from large ensemble simulations using 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Geophys. Res. Lett.*, 46, 435-442.
- Imada Y., S. Maeda, M. Watanabe, H. Shiogama, R. Mizuta, M. Ishii, M. Kimoto (2017) Recent enhanced seasonal temperature contrast in Japan from large ensemble high-resolution climate simulations. *Atmosphere*, 2017, 8(3), 57.
- Ishii M. & N. Mori (2020) d4PDF: large-ensemble and high-resolution climate simulations for global warming risk assessment. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, Article number: 58.
- Kawase, H., Y. Imada, H. Sasaki, T. Nakaegawa, A. Murata, M. Nosaka, and I. Takayabu, 2019: Contribution of historical global warming to local-scale heavy precipitation in western Japan estimated by large ensemble high-resolution simulations, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2018JD030155.
- Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka., M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, and M. Kimoto, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383–1398, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1.
- Murata, A., H. Sasaki, M. Hanafusa, and K. Kurihara, 2013: Estimation of urban heat island intensity using biases in surface air temperature simulated by a nonhydrostatic regional climate model. *Theor. Appl. Climatol.*, 112, 351–361, doi:10.1007/s00704-012-0739-2.
- Nosaka M., M. Ishii, H. Shiogama, R. Mizuta, A. Murata, H. Kawase, H. Sasaki (2020) Scalability of future climate changes across Japan examined with large-ensemble simulations at +1.5 K, +2 K, and +4 K global warming levels. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7, Article number: 27.
- Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, 2006: The operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model, *Mon. Wea. Rev.*, 134, 1266–1298, doi:10.1175/MWR3120.1.
- Saito, K., J. Ishida, K. Aranami, T. Hara, T. Segawa, M. Narita, Y. Honda, 2007: Nonhydrostatic atmospheric models and operational development at JMA. *J. Meteor. Soc. Japan*, 85B, 271–304, doi:10.2151/jmsj.85B.271.
- Sasaki, H., K. Kurihara, I. Takayabu, and T. Uchiyama, 2008: Preliminary experiments of reproducing the present climate using the non-hydrostatic regional climate model, *SOLA*, 4, 25–28, doi:10.2151/sola.2008-007.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara, 2011: Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model. *SOLA*, 7, 173–176, doi:10.2151/sola.2011-044.

VII. ⑥ 北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ

1. データセットの概要

このデータはアンサンブル気候予測データベース d4PDF 領域実験（20km 解像度データ; Mizuta et al., 2017, Fujita et al., 2019）に含まれる年最大相当の降雨イベントを 5km 解像度にダウンスケーリングしたものである。図 1b に示す北海道の十勝川帯広基準点流域（帯広基準地点より上流域）での各年の 6 月 1 日から 11 月 30 日までの間に発生した流域平均 72 時間降雨量（以降、年最大降雨）が最大となる期間を含む 15 日間を d4PDF 領域実験から選定し、5km 解像度へとダウンスケーリングを実施した。5km へのダウンスケーリングの対象領域は図 1 に示す北海道周辺（離島は一部含まれていない）であり、過去気候（1951 年から 2010 年の 60 年×50 アンサンブルメンバー）、産業革命時から 2℃上昇実験（60 年×9 アンサンブルメンバー×6 海面水温パターン）、産業革命時から 4℃上昇実験（60 年×15 アンサンブルメンバー×6 海面水温パターン）の 3 つのシナリオを対象とした気候予測データである。合計数千年分におよぶ大雨時の 5km 解像度データであり、膨大な数の高解像度の大雨情報から降雨量の統計的評価、洪水リスク評価、適応策の検討への応用など様々な利用が考えられる。

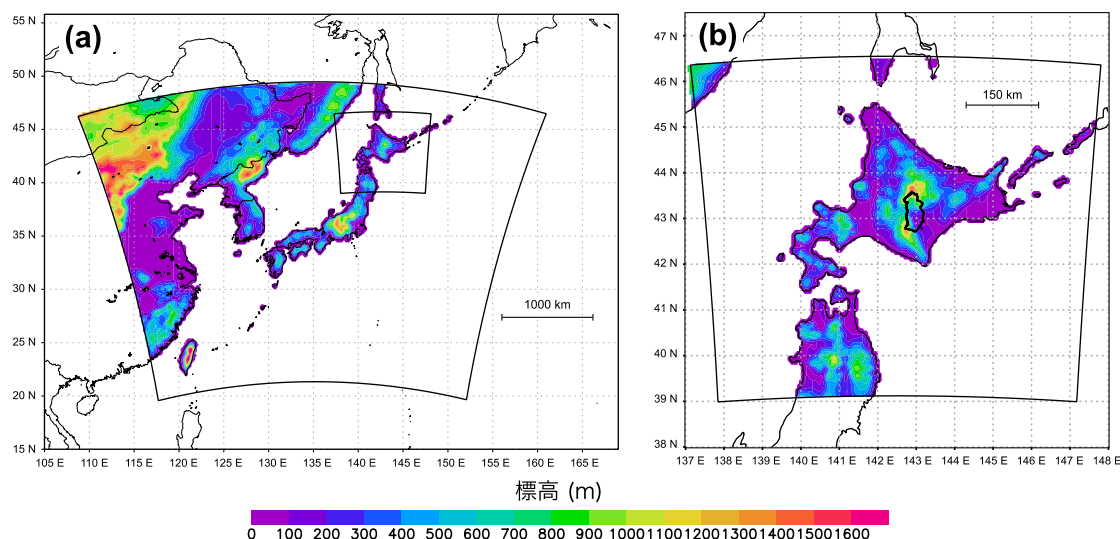


図 1 ダウンスケーリングの対象領域（左：外側の実線が d4PDF 領域実験（20km）の計算対象領域、内側の実線が 5km へのダウンスケーリングの対象領域、右：着色範囲は 5km へのダウンスケーリングの対象領域、太実線は十勝川帯広基準地点流域）

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 領域モデル

領域モデル（気象研究所地域気候モデル NHRCM）

2.2. モデル諸元（解像度等）

水平解像度 5km、鉛直層数 50 層

2.3. 実験設定（使用シナリオ等）

過去気候（1951 年から 2010 年；d4PDF 過去実験）、産業革命時から全球 2°C 上昇実験（d4PDF 2°C 上昇実験）、産業革命時から全球 4°C 上昇実験（d4PDF 4°C 上昇実験）

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

北海道域 5km メッシュアンサンブル気候予測データ（大雨イベント）

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

各年の 6 月 1 日から 11 月 30 日の間の 15 日間

北緯 42.75 度、東経 142.5 度を中心とした 800×800 km の領域（水平格子数 161×161）

地上大気データ（1 層）

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

時間間隔：30 分

水平間隔：5 km

3.4. 要素（物理量）の説明

RAIN: 降水量（前 1 時間）

U: 地上の x 方向の風速

V: 地上の y 方向の風速

T: 地上気温

TTD: 地上湿数

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

バイアス補正なし

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

本データは 20km 解像度の d4PDF から得られる十勝川帯広地点流域における年最大降雨事例を含む 15 日間の 5km 解像度への力学的ダウンスケーリング（以降、力学 DS）の対象としたものである。なお、以降では特に断りのない限り同流域を対象とした分析結果を示す。本データセットの作成にあたって 20km 解像度から年最大降雨を抽出し 5km への力学 DS を実施したが、5km への変換後においても年最大降雨であるかを確認するため、1 年間を対象期間とした力学 DS を数百年実施し、15 日間の力学 DS との比較を実施した。その結果、図 2 に示すように 200 mm を上回るような河川計画の対象となる規模の大雨は本実験設定においても適切に捉えられていることが分かった。また、力学 DS に用いる地域気候モデルの違いによる影響を調べるために、気象庁非静力学モデル（JMA-

NHM; Saito et al., 2006) 及び the Advanced Research core of the Weather Research and Forecast (WRF; Fredrick et al., 2009) による 5km 解像度への力学 DS を実施した。図 3 に示す同一の計算対象における力学 DS 後の降雨量の比較より、モデルの違いにより降雨量は最大 100 mm 程度変動するものの系統的な差は生じていないことから、降雨量は 5km 解像度への地域気候モデルよりもその境界条件となる親モデルの値や海面水温の影響が支配的であることが分かる。

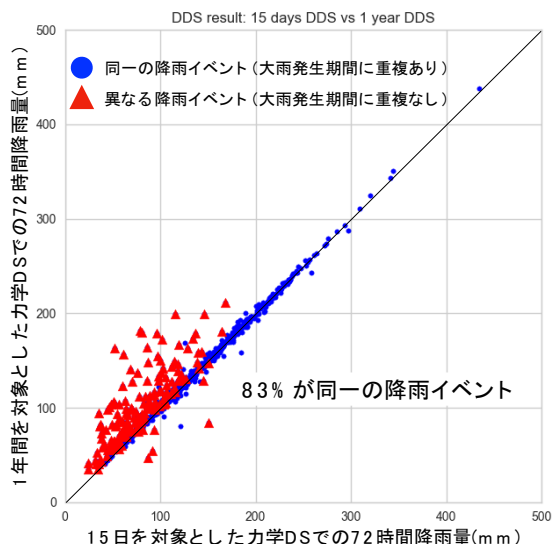
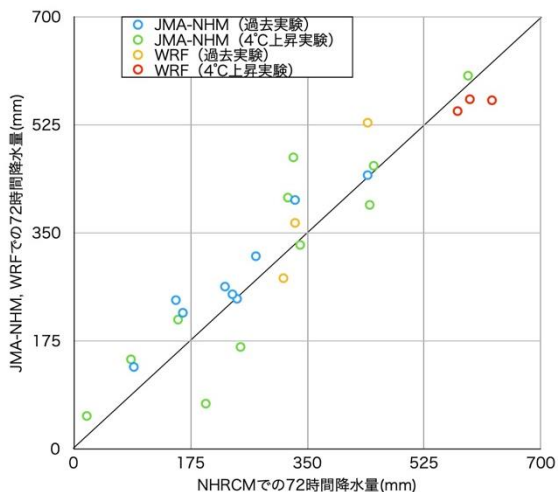


図 2 15 日間と 1 年間を対象とした力学 DS の比較 (SI-CAT ガイドブック編集委員会編より引用)



	NHRCM	JMA-NHM	WRF
対流パラメライゼーション	Kain-Frichスキーム	Kain-Frichスキーム	Kain-Frichスキーム
雲物理過程	氷相を含むバルクモデル	氷相を含むバルクモデル	WRF Single-Moment 6-class scheme
乱流クロージャモデル	Improved Mellor-Yamada Level3	Improved Mellor-Yamada Level3	YSUスキーム
陸面モデル	MRI/JMA-SIB	平板モデル	Noahスキーム

図 3 力学 DS に用いる地域気候モデルの違いによる影響 (左: 降雨量の比較、右: 地域気候モデルで用いた条件設定)

降雨に関して様々な観点から観測値との比較を実施した (評価項目・結果の一覧を表 1 に示す)。図 4 に示す 5km への力学 DS 前後の降雨量の空間分布 (20 km 解像度での十勝川帯広基準地点流域の流域平均 72 時間降雨量が 200 mm を上回る事例を対象とした平均値) より、力学 DS により、日高山脈の東側で降雨が増大し、西側では減少することが分かる。また、大雪山系で降雨量が減少す

る箇所があるなど、起伏の大きい領域で降雨量が変化していることが分かる。これは5km 解像度としたことにより地形の形状がより忠実に計算に反映される結果であると考えられる。図5に示す十勝川帯広基準地点流域（帯広基準地点より上流域）における流域平均72時間降雨量は20km 解像度では降雨量は過小評価されていたものの、5km では過小評価が改善され降雨量の頻度分布はより観測値に近づき、5km 解像度への力学DSにより統計的な再現性が向上する（山田ら2018）。また、本データセットは各気候条件下での数千年分のデータセットで構成されることから、既往最大の降雨量を上回る事例を多く含んでおり、極端降雨の統計的な分析や降雨パターンの把握や被害想定などリスクの想定に適したデータであることが分かる。図6に示す1時間降雨強度に関しても20km 解像度では強い降雨の頻度が過小評価されていたものの、5km 解像度への力学DSにより観測との差が緩和され、土砂災害や内水氾濫といった短時間の大雨に起因する災害の検討にもより適したデータであることが分かる。降雨の時空間的な特徴をDepth-Area-Duration (DAD) 解析により算出した結果を図7に示す。同図より、5km への高解像度化により降雨の時空間的な特徴はいずれの時間・面積においても観測値（解析雨量）に近づくことが分かり、特に短時間の降雨や小さい面積における降雨の再現性は顕著に向上する（星野ら2018 a,b, Yamada et al., 2021）。また、同様の実験設定で1年間を通じた力学DSを実施した結果を用いて算出した地上気温及び地上露点温度と1時間降雨強度との関係性を図8に示す。同図より、観測と本データセットのいずれも気温と各気温における極端な1時間降雨強度の関係はClausius-Clapeyron 関係（気温と飽和水蒸気圧の関係；1℃当たり約7%増大、以降、C-C 関係）におおむね従うという特徴を有しており、観測の傾向をよく再現していると考えられる（Yamada et al., 2021）。大雨をもたらす気象要因を台風・非台風に分けた分析も実施し、図9に要因別の降雨量を示す（Hoshino et al., 2020）。本データの降雨量は台風に由来・非由来の大雨イベントのいずれに対しても高い再現性を有していることが分かる。また、対象流域周辺の十勝川の支川流域においても降雨量は観測値と近い値をとることから、流域全体での大雨リスクに関する議論をも可能とする。これらの多角的な検証から本データセットは十勝川流域における大雨の特徴をよく再現していると判断できる。

表1 様々な観点からの力学DSの影響、温暖化進行後の特徴分析（SI-CATガイドブック編集委員会編より引用）

検証項目	5km への力学的DSでの検証結果	温暖化進行後の特徴
年最大降雨量	力学的DSにより、観測値に近い頻度分布となる	温暖化の進行に伴い増大（十勝川帯広基準地点流域での99パーセンタイル値は2℃上昇実験で1.14倍、4℃上昇実験で1.34倍）
1時間降雨強度	力学的DSにより、強い1時間降雨の頻度が観測値に近づく	温暖化の進行に伴い強い降雨の頻度が増大
降雨の時空間的な特徴	力学的DSにより、降雨の時空間的な集中度が観測値に近づく	年最大降雨は時空間的に集中化する傾向に
気温と降雨強度の関係	気温と飽和水蒸気圧の関係（クラジウスクラペイロンの式）に従う	温暖化進行後も同様にクラジウスクラペイロンの式に従う
台風に起因する降雨量	台風に起因する年最大降雨量は観測値に近い値となる	温暖化の進行に伴い増大（流域ごとに影響の大きさは異なる）

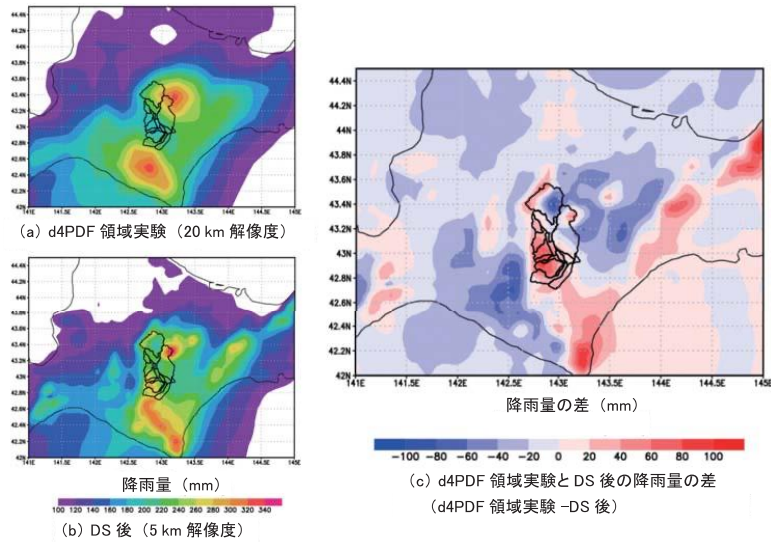


図 4 5km 解像度への力学 DS 前後の降雨量の空間分布の比較 (20 km 解像度での十勝川帯広基準地点流域の流域平均 72 時間降雨量が 200 mm を上回る事例を対象とした平均値)

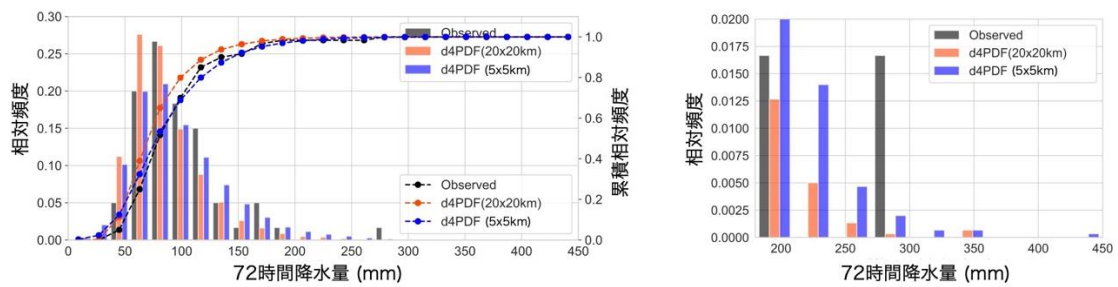


図 5 72 時間降雨量の頻度分布 (灰色: 観測値、橙色: d4PDF (20km 解像度)、紫色: d4PDF (5km 解像度)。右は 99 パーセンタイル値以上に着目したもの。山田ら 2018 に一部加筆)

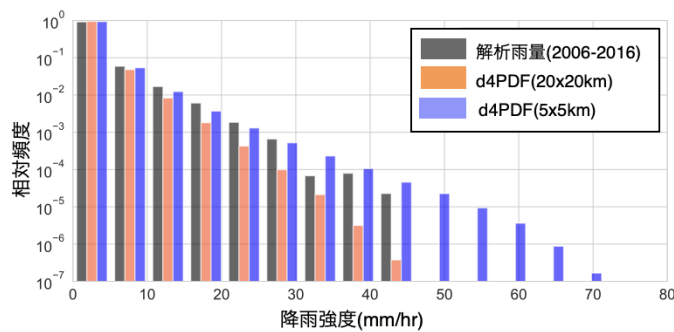


図 6 1 時間降雨強度の頻度分布 (灰色: 観測値、橙色: d4PDF (20km 解像度)、紫色: d4PDF (5km 解像度)。山田ら 2018 に一部加筆)

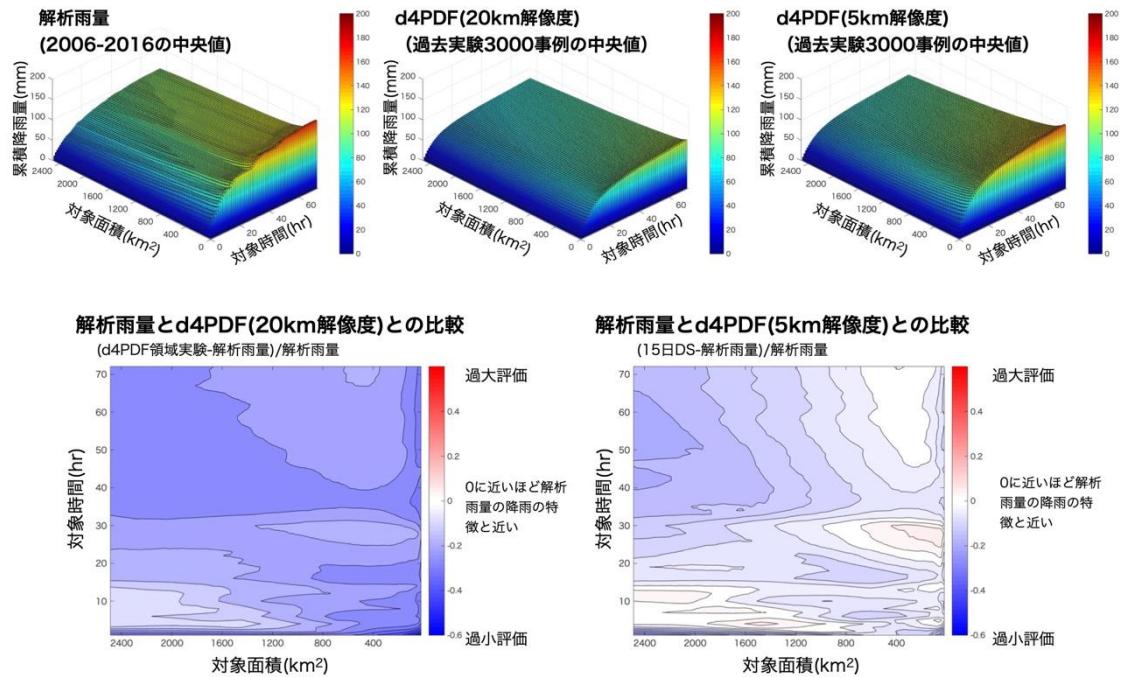


図7 DAD 解析による降雨の時空間的な特徴（上段：時間・面積ごとの降雨量、下段：解析雨量との比較。星野ら 2018b に基づき作成）

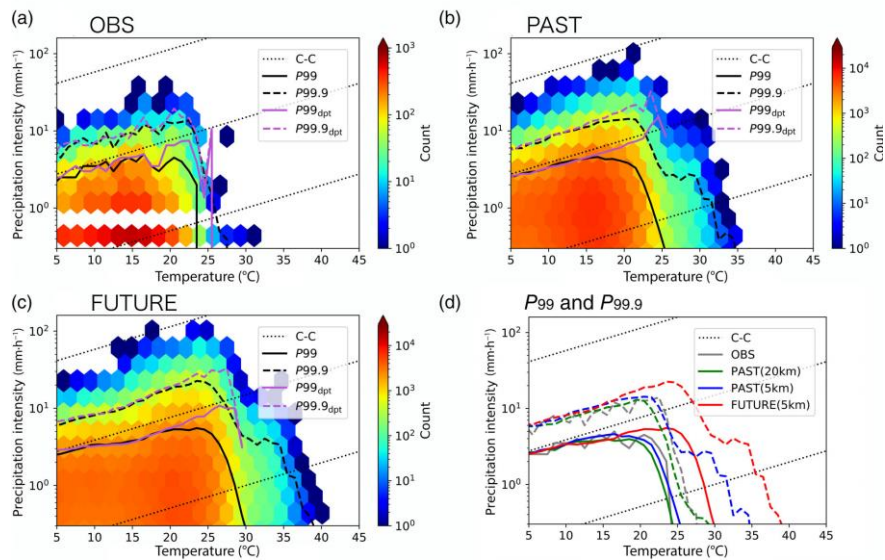


図8 地上気温と1時間降雨強度の関係（帯広気象官署における比較。実線と破線はそれぞれ各気温1°Cビンに含まれる降雨強度の99、99.9パーセンタイル値を表す。黒線、紫線はそれぞれ気温及び露点温度に対する降雨強度を表す。左上：観測、右上：過去実験、左下：4°C上昇実験のいずれも5km解像、右下：異なる解像度と気候条件における99、99.9パーセンタイル値。）（Yamada et al., 2021 より引用）

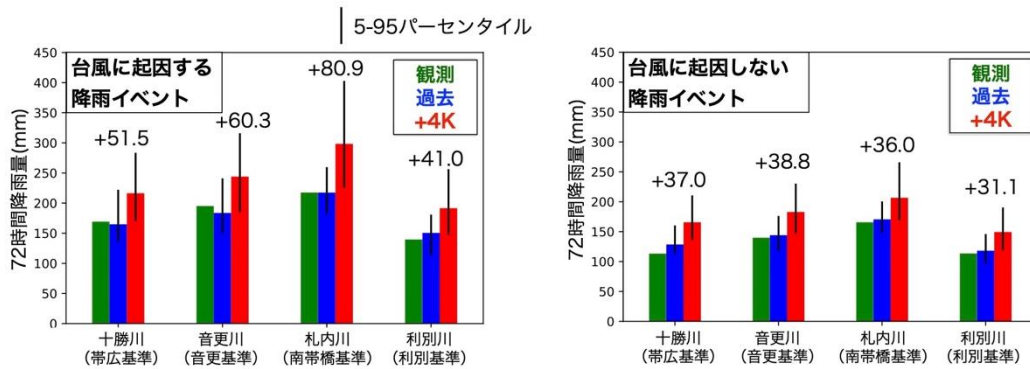


図9 台風に起因する（しない）降雨イベントがもたらす降雨量（緑色：観測値、青色：過去実験、赤色：4°C上昇実験。Hoshino et al., 2020 に基づき作成）

本データセットから分析した気候変動に伴う大雨の特徴を表1に示す。以下にそれぞれの特徴に関して詳述する。図10に5kmへの力学DS後の過去実験、2°C上昇実験、4°C上昇実験の72時間降雨量の頻度分布を示す。降雨量は温暖化の進行に伴い増大する傾向にあることが分かり、72時間降雨量の99パーセンタイル値は過去実験と比べ、2°C上昇実験で1.14倍、4°C上昇実験で1.34倍となる。1時間降雨強度の頻度分布を図11に示す。同図より、例えば過去実験における40mm/h程度の降雨強度の頻度は、2°C上昇実験における50mm/h程度、4°C上昇実験における65mm/h程度の降雨強度の頻度に相当するなど、温暖化の進行とともに1時間降雨強度は強化される傾向にあることが分かる。図12に過去実験及び4°C上昇実験の豪雨時における平均的な1時間降雨強度の空間分布を示す（各点における最大24時間降雨量を過去実験3000イベント、4°C上昇実験5400イベントから抽出し、時間雨量の平均値を算出したもの）。同図より、流域全体で1時間降雨強度は強化され、特に過去実験における降雨強度の高い箇所（日高山脈周辺、大雪山系の一部の高標高箇所）において降雨がより強化される傾向にあることが分かる。DAD解析により算出した各時間・面積における降雨量の比較を図13に示す。同図より、全ての時間・面積における降雨量が増大しており、72時間かつ流域全体を対象とした場合は1.2倍程度の倍率であるが、対象とする時間が短く、面積が小さくなるに従い降雨量の倍率は増大する。すなわち、降雨量の増大は時空間的に均一ではなく、短時間・小面積で顕著となることを意味する。図8に示す気温と1時間降雨強度の関係性より、4°C上昇実験においても観測及び過去実験と同様にC-C関係におおむね従うことが分かる。ただし、観測及び過去実験と比べ、気温-降雨強度関係が傾きはそのままに高気温側に延長されることから、気温上昇に伴い強い降雨がもたらされる傾向にあることが分かる。図9に示すように台風と非台風による降雨量はいずれの流域においても4°C上昇実験において増大することが分かる。また、台風に起因する大雨の降雨量の増加の程度は流域ごとに異なり、外力に対する降雨量の応答は地域性を有することが分かる。

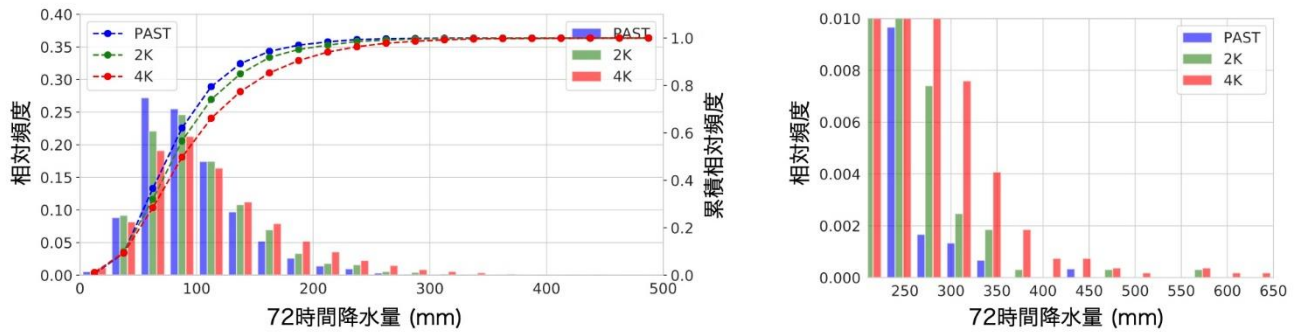


図 10 72 時間降雨量の頻度分布（青色：過去実験、緑色：2°C上昇実験、赤色：4°C上昇実験。右は 99 パーセント値以上に着目したもの。山田ら 2018 に一部加筆）

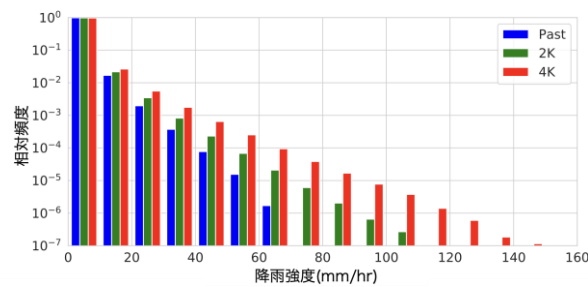


図 11 1 時間降雨強度の頻度分布（青色：過去実験、緑色：2°C上昇実験、赤色：4°C上昇実験。山田ら 2018 に一部加筆）

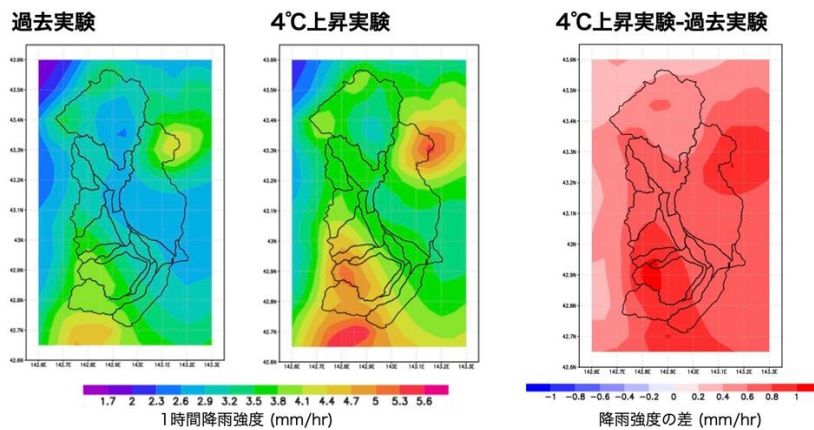


図 12 大雨時の平均降雨強度（左：過去実験、中：4°C上昇実験、右：4°C上昇実験と過去実験の差。星野・山田 2020 より引用）

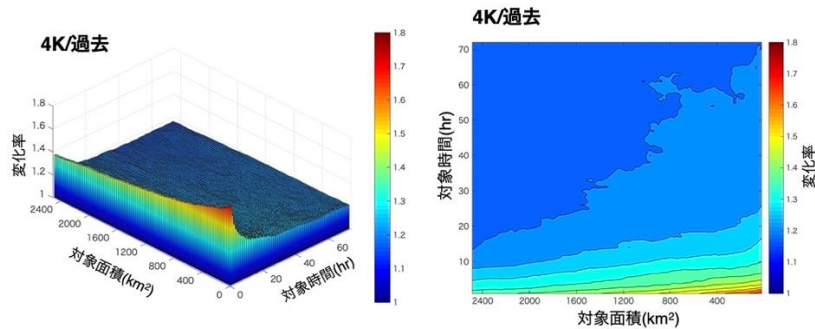


図 13 DAD 解析により算出した時間・面積あたりの降雨量の変化率（4°C上昇実験/過去実験。星野ら 2018a に基づき作成）

本データセットは数千年分の大雨イベントで構成されていることから、河川の計画に用いられる 100 年や 150 年確率相当の降雨量の推定に適している。本来、多様な降雨現象をもたらす気候システムの自由度は膨大であるのに対し、過去の豪雨から得られた降雨量に関する情報は情報量としては限定的となる。これに対し、過去の観測情報に加え本データを用いることで、過去の観測情報により規定される計画降雨量の不確実性の定量化が可能となる。十勝川流域における確率雨量の信頼区間（標本から求めた統計的推定値の振れ幅）を考慮した年最大降雨量の頻度解析の結果を図 14 に示す。なお、この確率評価の結果は、数理統計理論によっても支持され、その科学的妥当性を担保する研究成果が得られている(Shimizu et al., 2020)。このように本データの利用により河川の計画規模に相当する降雨量の振れ幅の推定が実現する上、過去の観測情報のみでは想定外として扱われるような激甚豪雨の生起確率が信頼区間を考慮した上で定量化可能となる。

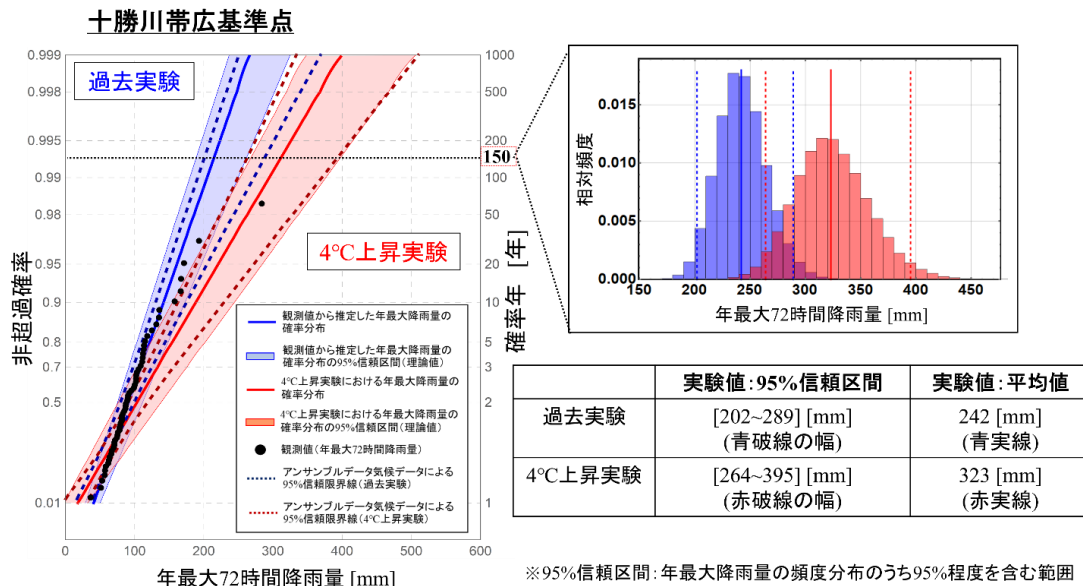


図 14 確率年最大 72 時間（3 日間）降雨量の取り得る幅（山田ら, 2018, Shimizu et al., 2020 に基づき作成）

本データセットは数千年分の大雨情報であることから、様々な大雨パターンを踏まえた洪水リス

クの評価にも活用可能である。降雨流出モデルと河道追跡モデルを介して求められた各降雨イベントのピーク流量と降雨量を図 15 に示す。また、代表的な過去の洪水における両者の関係も同図に示す。同図より、降雨量が大きいほどピーク流量の取りうる幅は大きいことが分かり、河川計画で用いる規模の降雨量ではピーク流量は最大で 4 倍程度の振れ幅を有することが分かる。このような流量の振れ幅は降雨の時空間的な分布の違いにより生じる。観測事例のみからでは把握可能な降雨パターンは限定的であることから、本データセットの数千事例の降雨イベントを用いることで降雨量だけでなく様々な降雨パターンを踏まえた洪水被害の検討が可能となる。このような数千事例の降雨イベントを用いた洪水リスク評価の一例を図 16 に示す。この結果は本データセットに含まれる全ての降雨イベントを用い、降雨流出・河道追跡・洪水氾濫の一連の計算から、一年当たりの浸水の発生確率として表したものである。また、それらの結果から浸水深・流速・水位上昇速度による想定死者数を算定することで、図 17 に示す死者数とその発生確率を表す F-N カーブを描くことができる。F-N カーブの大きさ・形状は流域が有するリスクの特徴を表し、図 18 に示すようにそれらを時間軸上に延長することで将来におけるリスクの特徴の変化や適応策の効果を検討することが可能となる。このように本データを活用することにより、確率的な情報に基づくリスク評価及び予想されるリスクに基づく適応策の検討も可能となる。

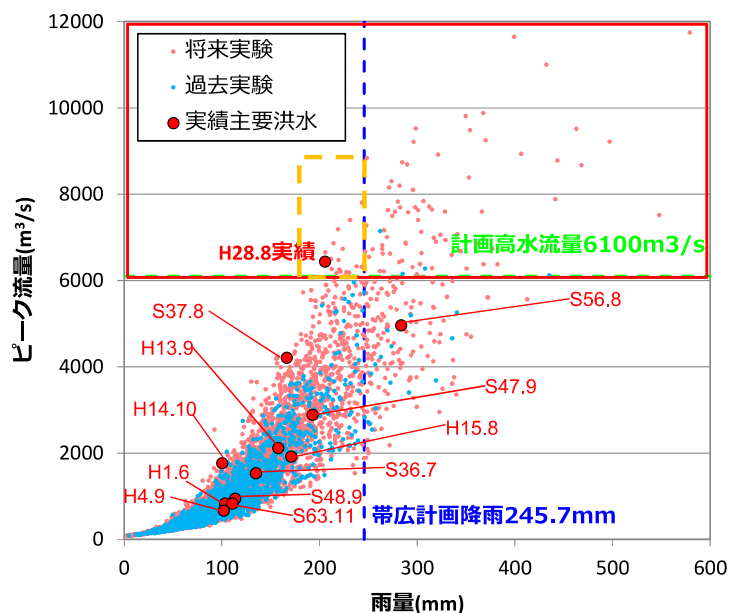


図 15 年最大 72 時間（3 日間）降雨量とピーク流量の関係（北海道開発局・北海道「北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会」資料より引用）

1階が水没する程度となる浸水深となる確率(浸水深3.2m)

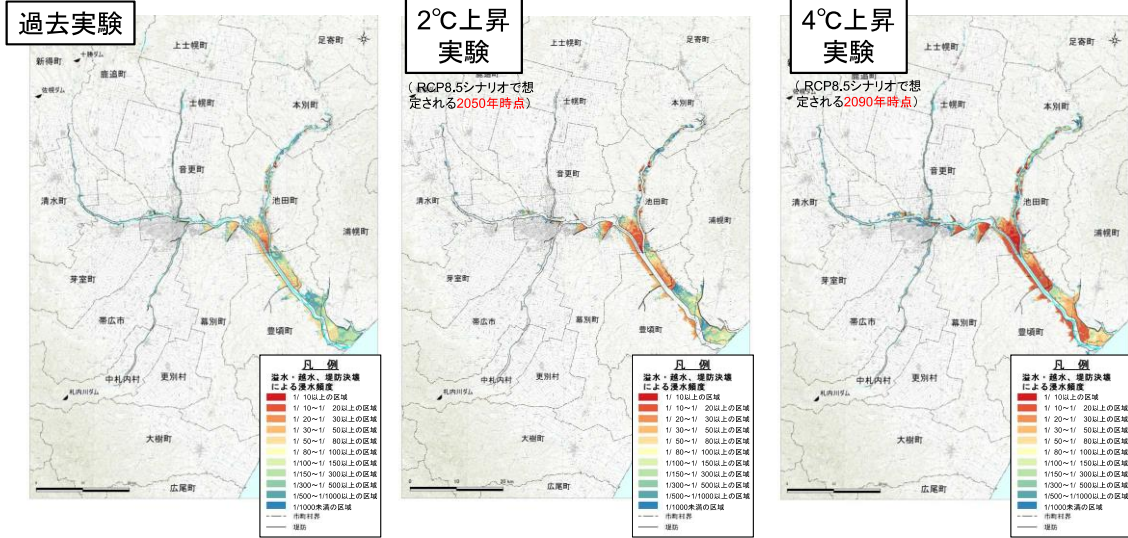


図 16 浸水の発生確率(北海道開発局・北海道「北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会」資料より引用)

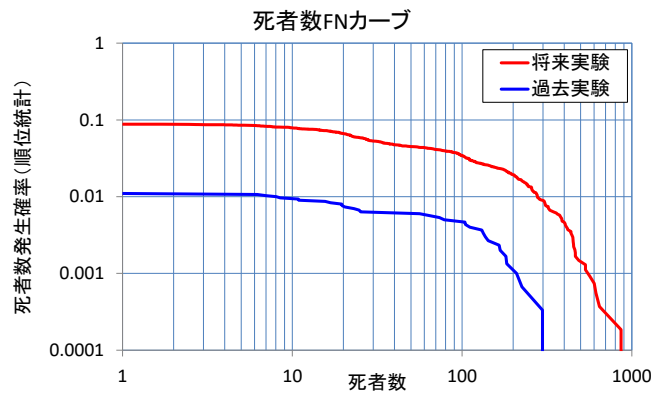


図 17 洪水氾濫による死者数とその発生確率(山田 2020a より引用)

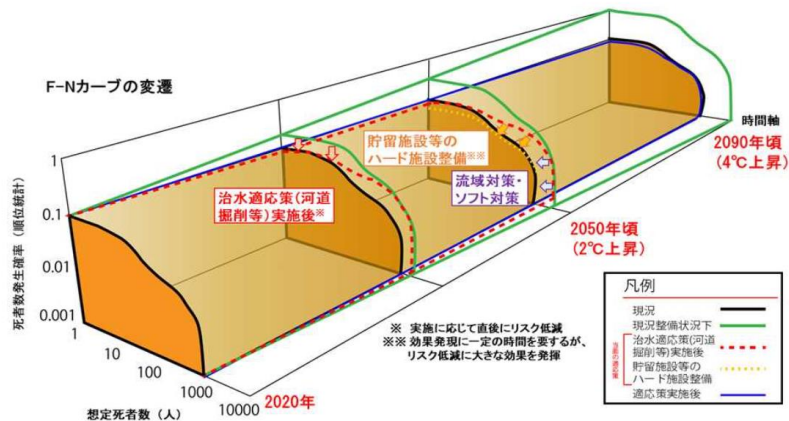


図 18 時間軸上で議論可能となる F-N カーブ。気候変動に伴う降雨外力、各種適応策などによって F-N カーブの大きさ・形状が決定される。(山田 2020a より引用)

4.3. 豪雨再現性

様々な要因により、局地的な大雨等は表現できていない可能性がある。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

1. 利用にあたっては事前に使用申込書を提出し、データ作成者から利用許可を得ること。
2. 本データは、使用申込書に記載した研究及び教育目的のみに利用し、営利をはじめそれ以外の目的に利用しないこと。
3. 本データを使用する責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
4. 本データの内容を改変しないこと。
5. 本データを第三者に提供しないこと。
6. 本データを利用した学会発表・論文発表・誌上发表・報告等を行った場合は、公表物の写し（論文の場合は別刷り、口頭・ポスター発表の場合は講演要旨のコピー）を DIAS 事務局に提出すること。郵送先等については、DIAS 事務局に問い合わせること。
7. 本データを利用した成果物（6. により提出した資料）の内容に係るデータ提供者からの問い合わせに協力すること。

5.2. 免責事項

1. データ提供者は、利用者が本データを利用することによって生じる、いかなる損害についても責任を負わない。
2. データ提供者は、予告なしにデータの提供を中止することがある。
3. データ提供者は、提供したデータに関する処理・解析作業についてサポートしない。

5.3. 問い合わせ先

北海道大学大学院工学研究院 山田朋人
tomohito@eng.hokudai.ac.jp

6. 利活用例

リスク評価への活用事例

オランダ企業庁 水のパートナープログラム, 2021: 日本-オランダ共同研究 Flood Risk and Climate Change Hokkaido 報告書, <https://www.ric.or.jp/gyoumu/exchange/>

山田朋人、清水康行, 2021: 気候変動を踏まえた豪雨・洪水氾濫リスクの考え方, ながれ, 一般社団法人日本流体力学会, 19-24.

山田朋人, 2021: 気候変動下における大雨の将来リスクに関する新しい解釈と提案, 総合土木技術誌 土木施工, オフィス・スペース, 104-105.

米田駿星, 川村育男, 大川重雄, 佐藤誠, 山田朋人, 2021: 大量アンサンブル気候データを活用した複合確率による降雨外力評価方法の提案, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No. 2, I_1285-

I_1290.

- 舩屋繁和, 千葉学, 山田朋人, 2021: 現代ポートフォリオ理論を用いた降雨時空間分布の不確実性を考慮した流域内各河川への効率的な投資比率について, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No. 2, I_1399-I_1404.
- 北海道共同組合通信社・ニューカントリー編集部, 2021: 北海道の最新農業気象-気候変動に対する営農技術最前線-, ニューカントリー2021 年秋季臨時増刊号, pp.212-222.
- T. T. Nguyen, M. Nakatsugawa, T. J. Yamada, and T. Hoshino, 2021: Flood Inundation Assessment in the Low-Lying River Basin Considering Extreme Rainfall Impacts and Topographic Vulnerability, *Water*, 13(7), 896.
- 山田朋人, 2020a: アンサンブル手法による気候変動予測・リスク評価の考え方, 河川, 2020 年 12 月号, 77-81.
- SI-CAT ガイドブック編集委員会編, 2020: 気候変動適応技術の社会実装ガイドブック, 技報堂出版
- T. T. Nguyen, M. Nakatsugawa, T. J. Yamada, and T. Hoshino, 2020: Assessing Climate Change Impacts on Extreme Rainfall and Severe Flooding During the Summer Monsoon Season in the Ishikari River Basin, Japan., *Hydrological Research Letters*, 14(4), 155-161.
- 山田朋人, 2020b: 気候変動を踏まえた治水対策の考え方 -北海道を対象とした検討 -, 土木施工 2020 年 2 月号, 24-25 ページ
- 武田淳史, 山田朋人, 服部敦, 関克巳, 2020:気候変動適応策 に向けた新たな水害リスクの評価と治水の構築, 土木技術資料令和 2 年 10 月号, pp.44-49.
- T. Hoshino, T. J. Yamada, and H. Kawase, 2020: Future Change of Tropical Cyclone Induced Rainfall over the Tokachi River Basin, Northern Japan, Using Database for Policy Decision Making for Future Climate Change (d4PDF), 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- M. Hegnauer, T. Hoshino, and T. J. Yamada, 2020: Comparison of Hydrological Models to Determine Flood Characteristics for the Tokachi River, 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- F. Uemura, S. Masuya, T. Yoshida, N. Omura, S. Tomura, M. Chiba, T. Yamamoto, A. Takeda, T. Hoshino, and T. J. Yamada, 2020: Estimation of Probable Rainfall Considering Uncertainty Based on Massive Ensemble Climate Projections in the Tokachi River Basin, 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- S. Tomura, M. Chiba, T. Yamamoto, F. Uemura, S. Masuya, N. Omura, T. Yoshida, A. Takeda, T. Hoshino, T. J. Yamada, and M. Nakatsugawa, 2020: Fatality Estimation by Life Loss Evaluation Model for the Largescale Floods under Future Climate, 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- T. J. Yamada, and T. Hoshino, 2020: The Analysis of Future Flood Risk in Hokkaido, Northern Japan, Using Database for Policy Decision Making for Future Climate Change (d4PDF), 22nd IAHR-APD Congress 2020.
- T. J. Yamada, 2019: Adaptation measures for extreme floods using huge ensemble of high-resolution climate model simulation in Japan. Summary report on the eleventh meeting of the research dialogue, 28-30, UNFCCC Bonn Climate Change Conference, Bonn, Germany (19 June 2019).

国土交通省北海道開発局, 北海道, 北海道大学監修, 2019: 気候変動を踏まえた新しい洪水リスク解析[降雨・流量編], 一般財団法人北海道河川財団,

<https://www.ric.or.jp/gyoumu/data/pdf/200207kikouhendo.pdf>

戸村翔, 舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 千葉学, 山本太郎, 岡部博一, 佐々木博文, 小林彩佳, 星野剛, 山田朋人, 中津川誠, 2019: Floris モデルを用いた将来気候下における大規模水害時の死者数推定, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 75, I_1357-I_1362.

降雨量の推定への活用事例

D. Cheng, K. Shimizu, and T. J. Yamada, 2021: Hydrological Frequency Analysis of Large-Ensemble Climate Simulation Data Using Control Density as Statistical Control, Hydrological Research Letters, 15(4), 84-91.

Shimizu, K.; Yamada, T.; Yamada, T.J., 2020: Uncertainty Evaluation in Hydrological Frequency Analysis Based on Confidence Interval and Prediction Interval., Water, 12, 2554.

山田朋人, 星野剛, 舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 山本太郎, 千葉学, 戸村翔, 時岡真治, 佐々木博文, 濱田悠貴, 中津川誠, 2018: 北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 土木学会河川技術論文集, 第 24 巻, 391-396.

舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 千葉学, 戸村翔, 山本太郎, 時岡真治, 佐々木博文, 濱田悠貴, 星野剛, 山田朋人, 2018: 実河川流域における大量アンサンブル気候予測データに基づく不確実性を考慮した将来気候下での確率雨量, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, I_121-I_126.

植村郁彦, 舛屋繁和, 吉田隆年, 大村宣明, 千葉学, 戸村翔, 山本太郎, 時岡真治, 佐々木博文, 濱田悠貴, 星野剛, 山田朋人, 2018: 実河川流域における大量アンサンブル気候予測データに基づく年最大流域平均雨量の算定, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, I_115-I_120.

降雨の時空間的な特徴分析の事例

星野剛, 山田朋人, 2020: 力学・熱力学効果の観点での降雨の空間偏差要因の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 76, pp.I_19-I-24.

舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 千葉学, 戸村翔, 山本太郎, 岡部博一, 佐々木博文, 小林彩佳, 大屋祐太, 星野剛, 山田朋人, 2019: 実河川流域における大量アンサンブル気候予測データに基づく将来気候下での降雨の時空間分布について, 土木学会河川技術論文集, 第 25 巻

星野剛, 山田朋人, 2018a: 大量アンサンブル気候予測データを用いた年最大降雨の時空間特性の将来変化の把握~十勝川流域を対象として~, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 74, I_25-I_31.

星野剛, 山田朋人, 稲津將, 佐藤友徳, 川瀬宏明, 杉本 志織, 2018b: 大量アンサンブル気候予測データを用いた大雨の時空間特性とその将来変化の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, I_13-I_18.

降雨要因の分析への活用事例

T. J. Yamada, T. Hoshino, and A. Suzuki, 2021: Using a Massive High-Resolution Ensemble Climate

Data Set to Examine Dynamic and Thermodynamic Aspects of Heavy Precipitation Change, *Atmospheric Science Letters*, 22(8).

星野剛, 山田朋人, 2021: アンサンブル気候データを用いた降雨強度-気温の関係の分析, 土木学会論文集 B1(水工学)

Hoshino, T., Yamada, T.J., and Kawase, H., 2020: Evaluation for Characteristics of Tropical Cyclone Induced Heavy Rainfall over the Sub-basins in The Central Hokkaido, Northern Japan by 5-km Large Ensemble Experiments. *Atmosphere (Basel)*. 11, 1–11.

星野剛, 山田朋人, 2020: 力学・熱力学効果の観点での降雨の空間偏差要因の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 76, pp.1-19-1-24.

星野剛, 山田朋人, Dzung-Nguyen-Le, 2019: 大量アンサンブルデータを用いた十勝川流域における 8,9 月の大雨要因の将来変化の分析, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 75, 1-25-1-31.

行政的検討への活用事例

国土交通省北海道開発局・北海道, 2019: 北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会, https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000001offi.html

科学技術振興機構, 2018: サイエンスポータル「科学的に予測された地球温暖化の影響を治水計画に生かす初めての試み」, https://scienceportal.jst.go.jp/explore/review/20180525_01/

国土交通省水管理・国土保全局, 2018: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会, https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentoukai/index.html

国土交通省北海道開発局・北海道, 2017: 北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会, https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000000vdyw.html

7. 参考文献

山田朋人, 星野剛, 舛屋繁和, 植村郁彦, 吉田隆年, 大村宣明, 山本太郎, 千葉学, 戸村翔, 時岡真治, 佐々木博文, 濱田悠貴, 中津川誠, 2018: 北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 土木学会河川技術論文集, 第 24 巻, 391-396.

Hoshino, T., Yamada, T.J., Kawase, H., 2020: Evaluation for Characteristics of Tropical Cyclone Induced Heavy Rainfall over the Sub-basins in The Central Hokkaido, Northern Japan by 5-km Large Ensemble Experiments. *Atmosphere (Basel)*. 11, 1–11.

8. 引用文献

Saito, K., Fujita, T., Yamada, Y., Ishida, J., Kumagai, Y., Aranami, K., Ohmori, S., Nagasawa, R., Kumagai, S., Muroi, C., Kato, T., Eito, H., Yamazaki, Y., 2006: The Operational JMA Nonhydrostatic Mesoscale Model. *Mon. Weather Rev.* 134, 1266–1298. <https://doi.org/10.1175/MWR3120.1>

Fredrick, S., Davis, C., Gill, D., and Low-Nam, S., 2009: Bogussing of tropical cyclones in WRF version 3.1. Tech. Doc. P1.5, National Center for Atmospheric Research, pp. 6.

Mizuta R, Murata A, Ishii M, Shiogama H, Hibino K, Mori N, Arakawa O, Imada Y, Yoshida K, Aoyagi T, Kawase H, Mori M, Okada Y, Shimura T, Nagatomo T, Ikeda M, Endo H, Nosaka M, Arai M,

- Takahashi C, Tanaka K, Takemi T, Tachikawa Y, Temur K, Kamae Y, Watanabe M, Sasaki H, Kitoh A, Takayabu I, Nakakita E, Kimoto M, 2017: Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Bulletin of the American Meteorological Society* 98, 1383–1398. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0099.1>
- Fujita, M., Mizuta, R., Ishii, M., Endo, H., Sato, T., Okada, Y., Kawazoe, S., Sugimoto, S., Ishihara, K., Watanabe, S., 2019: Precipitation Changes in a Climate With 2-K Surface Warming From Large Ensemble Simulations Using 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models. *Geophys. Res. Lett.* 46, 435–442. <https://doi.org/10.1029/2018GL079885>
- Yamada, T.J., Hoshino, T., Suzuki, A., 2021: Using a massive high - resolution ensemble climate data set to examine dynamic and thermodynamic aspects of heavy precipitation change. *Atmos. Sci. Lett.* 1–11. <https://doi.org/10.1002/asl.1065>
- 星野剛, 山田朋人, 2018a: 大量アンサンブル気候予測データを用いた年最大降雨の時空間特性の将来変化の把握~十勝川流域を対象として~, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 74, I_25-I_31.
- 星野剛, 山田朋人, 稲津将, 佐藤友徳, 川瀬宏明, 杉本 志織, 2018b: 大量アンサンブル気候予測データを用いた大雨の時空間特性とその将来変化の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 74, I_13-I_18.
- 星野剛, 山田朋人, 2020: 力学・熱力学効果の観点での降雨の空間偏差要因の分析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 76, pp.I_19-I_24.
- Shimizu, K.; Yamada, T.; Yamada, T.J., 2020: Uncertainty Evaluation in Hydrological Frequency Analysis Based on Confidence Interval and Prediction Interval. *Water*, 12, 2554.
- 国土交通省北海道開発局, 北海道: 北海道地方における気候変動を踏まえた治水対策技術検討会中間とりまとめ, https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000001offi-att/splaat000001wfaq.pdf
- 山田朋人, 2020a: アンサンブル手法による気候変動予測・リスク評価の考え方, 河川, 2020年12月号, 77-81.
- SI-CAT ガイドブック編集委員会編, 2020: 気候変動適応技術の社会実装ガイドブック, 技報堂出版

9. 備考

9.1. 類似のデータについて

気候予測データセット 2022 には、d4PDF から 5km 解像度に力学的ダウンスケーリングしたデータが 3 種類存在する。

「⑥北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ)」の日本域 20km 解像度データに含まれる十勝川帯広基準地点上流域の流域平均 72 時間雨量が、年最大となる降雨イベントを含む 15 日間で 5km 解像度にダウンスケーリングしたものである。20km 解像度で表現される豪雨事例 (天気図スケールで表現される気象場) を含む 15 日間について、高解像度にダウンスケーリングした膨大な数のアンサンブルデータ (本解説書のデータセットの概要を参照) が使用可能であることから、当該流域の降雨量の統計的評価、洪水リスク評価、適応策の検討への応用など、今後も様々な利用が考えられる。

「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」と「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、通年を対象として日本付近で 5km ダウンスケーリングを行っているなど共通点の多いデータである。ただし、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は計算領域が東北から九州限定であり、日本全国を対象とした評価には利用できない。また、山岳域の雪の過大評価に注意する必要がある。一方で、これまで当該データを利用していた場合をはじめ、ダウンスケーリング元

の「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ）」の日本域 20km 解像度データや、その他「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」から派生したデータとの整合を重視する等の場合に、引き続き活用可能なデータである。中部山岳域、北信越、東北南部の 3 地域について 1km の解像度へダウンスケーリングした結果が含まれる唯一のデータでもある。

「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、北海道から沖縄まで日本全国を統一した実験設定で評価する等の場合に有用なデータである。また、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の作成時に存在していたいくつかの問題（上述の山岳域の雪の問題など。本解説書の留意事項等を参照）を修正しており、今後、新規で解析する場合は、「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の使用を推奨する。

VIII. ⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ

(DIAS 登録名 : SI-CAT DDS5TK、大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ (東北から九州) by SI-CAT)

1. データセットの概要

地方自治体等における気候変動適応策の検討・策定に資するため、アンサンブル気候予測データベース d4PDF (Mizuta et al., 2017; Fujita et al., 2018) の 20km 解像度データを 5km にダウンスケーリングしたものである。東北から九州に至る領域をカバーし、現在気候、産業革命時から全球 2°C 上昇 (RCP8.5 シナリオで近未来 2040 年ころ)、4°C 上昇 (RCP8.5 シナリオで 21 世紀末 2090 年ころ) の実験の気候予測データからなる。近未来に相当する 2°C 上昇を含むことと、多数のアンサンブルメンバーを含むことから極端現象のような低頻度の現象の評価が可能なことが特徴である。データの作成は東北大学、気象庁気象研究所、海洋研究開発機構の共同で行った。

豪雪等の極端事象を解析するため、中部山岳域、北信越、南東北の 3 地域については、さらに 1km へダウンスケールした。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元 (解像度等)

ダウンスケーリングには気象庁気象研究所非静力学地域気候モデル (JMA-NHRCM、以下 NHRCM と記述) を使用した。

水平解像度は 5 km である。各グリッドの標高はそのグリッド内の地形データの最高標高としている (envelope mountain 地形)。対象領域は図 1 に示す。

中部山岳域、北信越、南東北の 3 地域については、更に 1km へダウンスケールした。

2.2. 実験設定 (使用シナリオ等)

初期値と境界値は水平解像度 20km の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 d4PDF 領域モデル実験 (Mizuta et al., 2017) の過去実験、4°C 上昇実験及び 2°C 上昇実験 (Fujita et al., 2018) を用いた。実験設定等は山崎ほか (2019) に更に詳しく記されている。

d4PDF 過去実験、4°C 上昇実験、2°C 上昇実験はそれぞれ 12 メンバーを選び、期間を 1980 年から 2010 年までの 31 年間として延べ 372 年分の計算を行った。メンバーの選択は過去実験については d4PDF 全体からランダムに、4°C 上昇実験と 2°C 上昇実験では d4PDF で用いられた 6 つの海面温度予測からそれぞれ 2 つを抽出した。各年の計算はスピニアップを考量して、初期時刻を 7 月 24 日として翌年 8 月 30 日まで行った。

モデルの検証用として、大気再解析データ JRA-55 を境界値とする 1 メンバー 31 年分 (1980~2010 年) の計算も実施した。

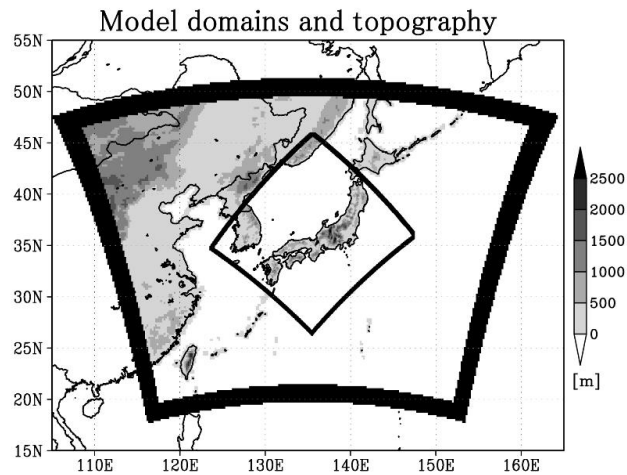


図1 対象領域と地形。外枠が d4PDF 20km の境界領域、内枠が 5km NHRCM の計算領域。

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

doi:10.20783/DIAS.562 参照

ファイル名は d4PDF に準拠

データ形式 GrADS 形式バイナリ

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

期間：過去実験 1980 年 8 月～2011 年 8 月

2℃上昇実験 2060 年 8 月～2091 年 8 月

4℃上昇実験 2080 年 8 月～2111 年 8 月

いずれも日付には意味はない。

領域：図1に示す通り。

鉛直層トップ：21801 m (約 40 hPa)

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

時間：出力間隔 1 時間（時間積分間隔は 20 秒）

水平：5 km (321x301)

鉛直：40～904 m (z*座標系)、50 層

3.4. 要素（物理量）の説明

気温、降水、日射量、風速、湿度、積雪深、積雪水量

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

なし

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

精度に関する留意事項あり。

気温、降水量は Kawase et al. (2018)、Sugimoto et al. (2018) で検証が行われ、将来予測を行う上で大きな問題はない。

雪については統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマ C で検証され、5km データは山岳域で過大評価、日本海側平地で過小評価傾向であることが分かっている（山崎ほか, 2021）。

4.3. 豪雨再現性

様々な要因により、局地的な大雨等は表現できていない可能性がある。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

・ 利用目的

特に制限しません。ただし、内容を告知なく変更することがあります。また、このデータを利用して生じるいかなる損害についても、責任を負いません。利用者の責任での利用をお願いします。

・ 再配布

データを連絡なく第三者に再配布しないでください。

・ 謝辞

以下の例にならった記載をお願いします。

本研究では文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）により地球シミュレータを用いて d4PDF を力学的ダウンスケールしたデータを使用した。

This study utilized the dynamical downscaling data, which are produced from d4PDF using the Earth Simulator, by the Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology (SI-CAT) sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT).

・ 論文の引用

DDS5TK の先行記述論文として以下があります。以下論文の一部または全てを引用してください。

Kawase et al. (2018) [<https://doi.org/10.2151/jmsj.2018-022>]

DDS5TK 過去実験および 4°C 上昇実験について記述

Sasai et al. (2019) [<https://doi:10.1029/2019JD030781>]

DDS5TK の 2°C 上昇実験について記述

Sugimoto et al. (2018) [<https://doi.org/10.2151/sola.2018-008>]

JRA-55 を入力データとした DDS5TK について記述

Ito et al. (2018) [<https://doi.org/10.2151/jmsj.2018-053>]

DDS5TK に用いた改良版都市モデル (SPUC) について記述。

d4PDF について可能な限り以下の論文を引用してください。

4°C 上昇実験を用いた場合 : Mizuta et al. (2017) <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0099.1>

2°C 上昇実験を用いた場合 : Fujita et al. (2018) <https://doi.org/10.1029/2018GL079885>

・共著

研究成果公表の際、データセット作成者が深く解析等に寄与した場合を除き、データセット作成者を共著とすることは求めません。

1km データは山岳域積雪の将来予測を主目的としたデータで、DIAS 等での公開は予定していない。利用に関しては個別に相談のうえ対応する。

5.2. 免責事項

このデータを利用して生じるいかなる損害についても、責任は負いません。利用者の責任での利用をお願いします。

5.3. 問い合わせ先

SI-CAT DDS5TK 作成チーム sicat2a_dds@jamstec.go.jp

6. 利活用例

本データは文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム SI-CAT のモデル自治体である長野県、岐阜県、佐賀県、四国課題に提供した。これはモデル自治体 8 課題中半数の 4 課題にあたる。さらに、ニーズ自治体として富山県にもデータ提供を行っている。長野県においては、北アルプス、南アルプスを含む領域においてライチョウをはじめとする生態系への影響評価が行われた。

SI-CAT 以外では、環境省 (気候変動適応プラットフォーム)、国土交通省名古屋工業大学、電力中央研究所、農林水産省へ提供されている。

力学的ダウンスケーリングにより、気温、降水量は元より、日射、風、相対湿度、積雪など様々なデータが提供され、防災、農業、再生エネルギー、健康、水資源、観光等幅広い分野で利用されつつある。5km データは DIAS を通じて公開されており、幅広く利用されることが期待される。

以下に学術的な成果を含む利活用例の概要を記す。

Kawase et al. (2018) は、JRA-55 と d4PDF 過去実験の 5km ダウンスケーリングデータから、中部日本における極端に強い日降雪量の地域分布及び発生時の大気場の特徴を明らかにした。降雪は日本海側では西高東低型、太平洋側では南岸低気圧型で発生するが、極端な降雪ほどその傾向はより顕著であった。また、東海や四国など一部地域では西高東低型で極端な降雪が発生した。極端降雪発生時の気温は、関東から九州にかけての太平洋側では 0°C 前後、東海地方や日本海側の沿岸部では

0°Cから-4°C、中部山岳や四国山地では-4°Cから-10°C程度であった。最多出現月は太平洋側のほとんどの地域では1月から2月、本州の日本海側や東海地方では12月から1月、中部山岳や脊梁山脈では11月、もしくは3月である場合がほとんどであった。南岸低気圧型より西高東低型の方が極端降雪発生時の気温が低い傾向と対応している。

Sugimoto et al. (2018) は、JRA-55 を初期値・境界値とした20km及び5km実験結果を用いて、夏季の山岳域における最大連続無降水日数と地上気温の再現性を調べた。降水に対する総観規模擾乱の影響が比較的小さい8月のみを対象とした。各実験で計算された時間降水量をもとに日降水量を算出し、降水量が1mm day⁻¹未満の日を「無降水日」、各年の8月の中で最長となる連続無降水日数期間を「最大連続無降水日数」とそれぞれ定義した。5km実験で再現された8月の最大連続無降水日数は観測結果とおおむね一致したが、20km実験の最大連続無降水日数は中部山岳などで過大、山岳周辺域で過小に再現された。5km実験では細かい山谷地形が適切に表現されたことで、その内陸山岳斜面での降水を正確に再現し、結果として20km実験で過大に再現されていた連続無降水日数が低減したと考えられる。月平均降水量は20km実験、5km実験ともに観測結果とよく一致することも分かった。

Sasai et al. (2019) は、極端に強い降雪現象（豪雪）の将来予測を行った。現在と将来の気候場における降雪を比較した結果、温暖化により降雪はほぼ全域で減ることが分かった。統計解析により極端現象の頻度と強度を解析したところ、極端降雪は、南岸低気圧型の降雪エリアで昇温により大きく減ったが、西高東低型の降雪エリアではあまり減らなかった。その違いは、日本海側の標高の高い寒冷な場所では温暖化によって大気中の水蒸気量が増え、冬季の降水量が増えたことや、昇温場では寒気流出の極端現象と降雪の極端現象が一致し、極端降雪の日に寒気流入量が増えたことに起因していた。将来、日本海側の山間部では極端降雪の強度が増す可能性が高いといえる。この結果はプレスリリースされている (<https://www.sci.tohoku.ac.jp/news/20191217-10587.html>)。

Kawase et al. (2020) は中部山岳域に関して、水平解像度1kmにダウンスケーリングした予測結果により、雪の多い北アルプスでは、4°C上昇実験（今世紀末想定）の12月後半から2月前半にかけての降雪量が現在よりも多くなる年がある一方、冬の降雪量が現在より少なくなる年もある可能性を示した。このことから、地球温暖化が進行すると、北アルプスの冬の降雪量は現在よりも極端化し、雪が多く降る年はより多く、あまり降らない年はより少なくなる可能性があることが示唆された。この結果はプレスリリースされている (https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/020311/press_020311.html)。

伊藤ほか (2020) は、高度に水資源開発された淀川水系を対象に、気候変動が渇水リスクに及ぼす影響を評価した。琵琶湖水位を渇水リスクの評価指標とした確率評価の結果、全球で定常的に4°C上昇した将来の利水安全度は、現況で1/10に対し、将来予測では1/2未満へ低下する結果となった。また、1/10渇水年の水位は、バイアス補正なしで-3.04~-3.74 m、補正ありで-4.46~-5.92 mまでの低下が予測された。

謝辞：本データの作成には、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム JPMXD0715667163 及び統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマ C JPMXD0717935561 の助成を受けた。ま

た、計算は海洋研究開発機構の地球シミュレータによって行った。

7. 参考文献

- 伊藤昌資, 菅野豊, 大八木豊, 西澤諒亮, 川瀬宏明, 佐々井崇博, 杉本志織, 川崎将生, 中北英一, 2020: 気候変動が淀川水系の渇水リスクに及ぼす影響. 水文・水資源学会誌, 33, 83-97.
- Kawase, H., T. Sasai, T. Yamazaki, R. Ito, K. Dairaku, S. Sugimoto, H. Sasaki, A. Murata and M. Nosaka, 2018: Characteristics of synoptic conditions for heavy snowfall in western to northeastern Japan analyzed by the 5-km regional climate ensemble experiments. J. Meteor. Soc. Japan, 96, 161-178, doi:10.2151/jmsj.2018-022.
- Kawase, H., T. Yamazaki, S. Sugimoto, T. Sasai, R. Ito, T. Hamada, M. Kuribayashi, M. Fujita, A. Murata, M. Nosaka, and H. Sasaki, 2020: Changes in extremely heavy and light snow-cover winters due to global warming over high mountainous areas in central Japan. Progress in Earth and Planetary Science, 7, 10, doi:10.1186/s40645-020-0322-x.
- Sasai, T., H. Kawase, Y. Kanno, J. Yamaguchi, S. Sugimoto, T. Yamazaki, H. Sasaki, M. Fujita, and T. Iwasaki, 2019: Future Projection in Extreme Heavy Snowfall Events with a 5-km Large Ensemble Regional Climate Simulation. Journal of Geophysical Research, 124, 13,975-13,990, doi:10.1029/2019JD030781.
- Sugimoto, S., R. Ito, K. Dairaku, H. Kawase, H. Sasaki, S. Watanabe, Y. Okada, S. Kawazoe, T. Yamazaki and T. Sasai, 2018: Impact of spatial resolution on simulated consecutive dry days and near-surface temperature over the central mountains in Japan. SOLA, 14, 46-51, doi:10.2151/sola.2018-008.

8. 引用文献

- Fujita, M., R. Mizuta, M. Ishii, H. Endo, T. Sato, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Sugimoto, K. Ishihara and S. Watanabe, 2018: Precipitation Changes in a Climate With 2-K Surface Warming From Large Ensemble Simulations Using 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models. Geophysical Research Letters, 45, <https://doi.org/10.1029/2018GL079885>.
- Ito, R., T. Aoyagi, N. Hori, M. Ohizumi, H. Kawase, K. Dairaku, N. Seino and H. Sasaki, 2018: Improvement of Snow Depth Reproduction in Japanese Urban Areas by the Inclusion of a Snowpack Scheme in the SPUC Model. J. Meteor. Soc. Japan, 96, 511-534.
- Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii and others, 2017: Over 5,000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models. Bull. Amer. Meteor. Soc., 98, 1383-1398.
- 山崎剛, 佐々井崇博, 川瀬宏明, 杉本志織, 大楽浩司, 伊東瑠衣, 佐々木秀孝, 藤田実季子, 2019: 5km 力学的ダウンスケーリングデータセット (SI-CAT DDS5TK) の概要. シミュレーション, 38(3), 145-149.
- 山崎剛, 高橋直也, 川瀬宏明, 山口悟, 2021: 地域気候モデルによる積雪の再現性. 東北の雪と生活, 36, 37-41.

9. 備考

9.1. 類似のデータについて

気候予測データセット 2022 には、d4PDF から 5km 解像度に力学的ダウンスケーリングしたデータが 3 種類存在する。

「⑥北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ)」の日本域 20km 解像度データに含まれる十勝川帯広基準地点上流域の流域平均 72 時間雨量が、年最大となる降雨イベントを含む 15 日間を 5km 解像度にダウンスケーリングしたものである。20km 解像度で表現される豪雨事例 (天気図スケールで表現される気象場)

を含む 15 日間について、高解像度にダウンスケーリングした膨大な数のアンサンブルデータ（本解説書のデータセットの概要を参照）が使用可能であることから、当該流域の降雨量の統計的評価、洪水リスク評価、適応策の検討への応用など、今後も様々な利用が考えられる。

「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」と「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、通年を対象として日本付近で 5km ダウンスケーリングを行っているなど共通点の多いデータである。ただし、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は計算領域が東北から九州限定であり、日本全国を対象とした評価には利用できない。また、山岳域の雪の過大評価に注意する必要がある。一方で、これまで当該データを利用していた場合をはじめ、ダウンスケーリング元の「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ（d4PDF シリーズ）」の日本域 20km 解像度データや、その他「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」から派生したデータとの整合を重視する等の場合に、引き続き活用可能なデータである。中部山岳域、北信越、東北南部の 3 地域について 1km の解像度へダウンスケーリングした結果が含まれる唯一のデータでもある。

「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、北海道から沖縄まで日本全国を統一した実験設定で評価する等の場合に有用なデータである。また、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の作成時に存在していたいくつかの問題（上述の山岳域の雪の問題など。本解説書の留意事項等を参照）を修正しており、今後、新規で解析する場合は、「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の使用を推奨する。

IX. ⑧ 日本域台風予測データ

1. データセットの概要

日本に影響を及ぼしうる極端事象として北西太平洋の北上する台風に着目した高解像度データセットである。水平解像度 4km 相当 (CReSS04) 及び 2km 相当 (CReSS02) の名古屋大学で開発された大気雲解像モデル(Cloud Resolving Storm Simulator, CReSS; Tsuboki and Sakakibara, 2002)を用いて地球シミュレータで実施された力学的ダウンスケーリングによってデータが作成された。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元

本研究でダウンスケーリング実験に用いる数値モデルは、大気雲解像モデル(Cloud Resolving Storm Simulator, CReSS; Tsuboki and Sakakibara, 2002)である。CReSS は非静力学・圧縮系の領域モデルで、積雲対流パラメタリゼーションは用いない。また、1次元スラブ海洋モデルにより台風の強風に伴う海面水温低下の効果を考慮している点が特徴である。本データセット作成のために使用された CReSS の諸元及び設定は以下の通りである。

表 1 本データセット作成のために使用された CReSS の諸元

	Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS; Tsuboki and Sakakibara, 2002)
基礎方程式系	非静力学・圧縮系
水平座標系	緯度経度座標
鉛直座標系	ハイブリッド座標系 (地形に沿う座標系と高度座標系)
上端境界	レーリーダンピング
予報変数	3次元の速度成分、温位偏差、圧力偏差、乱流運動エネルギー、水蒸気混合比、及び雲・降水に関する量
雲物理過程	氷相を含むバルク法のパラメタリゼーション (Murakami, 1990)
積雲対流スキーム	無し
乱流過程	1.5 次の TKE クロージャーモデル (Deardorff, 1972)
地表面フラックス	Louis et al. (1982) に Kondo (1975) の粗度
陸面モデル	鉛直 1次元熱伝導モデル
海面モデル	鉛直 1次元熱拡散モデル

2.2. 実験設定

以下に各計算の実験設定 (表 2) や実験方法をまとめた。

(a) CReSS02 (日本へ北上する台風)

領域モデルによるダウンスケーリング実験を実施するには、初期値・境界値が必要である。

CReSS02 では、21 世紀気候変動予測革新プログラムで気象研究所が実施した 20km 解像度の全球大気モデル (MRI-AGCM3.2) による後期実験の結果を用いた。この全球モデル実験では、現在気候 (1979~2003 年)、近未来気候 (2015~2039 年)、及び 21 世紀末気候 (2075~2099 年) の結果があり、西部北太平洋域のデータが提供されている。計算の基となる気候シナリオは、SRES (Special Report on Emission Scenario) A1B シナリオである。この全球モデル実験の結果を用いて、特に北上する台風に着目してダウンスケーリング実験を実施した。ダウンスケーリング実験の対象は、全球モデル実験で最低中心気圧が 970 hPa 以下に達し、その位置が東経 120~150 度、北緯 15~45 度の領域にあって、かつ、970 hPa 前後の気圧に東経 115~160 度、北緯 5~20 度の領域で達し、全球モデルで台風と判別される最終地点が北緯 20 度を超えるものである。ただし、全球モデルの結果から初期値・境界値として与えられるデータ範囲の制限を受けるものは除外した。CReSS02 の計算領域は東経 113.8~158.421 度、北緯 10.0~47.0507 度である。座標系は緯度経度座標を用い、経度方向の格子数は 2403 で、緯度方向は 2051 である。水平解像度は経度、緯度方向それぞれに 0.0186、0.0181 度である。これはほぼ 2km 解像度に相当する。鉛直方向には 83 格子で、最下層の格子間隔は 100m、平均約 350m となるように鉛直格子を伸張してある。モデルの上端高度は約 28km で、24km より上にレーリーダンピングタイプのスポンジ層をもうけて不要な波の反射を抑えている。計算は各台風について 604800 秒 (7 日間) を実施した。計算実施台風数等を表 3 にまとめた。

(b) CReSS04 (日本付近を北上する台風)

温暖化の進行とともに、日本といった中高緯度にも強い台風が襲来する可能性がある (Yoshida et al., 2017)。CReSS04 は、特に日本付近を北上する台風に着目したダウンスケーリング実験である。

「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、database for Policy Decision making for Future climate change (d4PDF)」 (Mizuta et al., 2017) より水平解像度約 20km の気象研究所領域気候モデル NHRCM (Sasaki et al., 2011, Murata et al., 2013) を用いた領域実験より過去実験・4°C 上昇実験の結果を初期値・境界値に用いた。d4PDF の過去実験では観測された海面水温 (SST) が用いられ、60km 解像度の MRI-AGCM3.2 を用いた全球実験から 1950 年 9 月~2011 年 8 月 × 50 メンバーについて水平解像度約 20km の NHRCM によるダウンスケーリング実験が実施された。d4PDF の 4°C 上昇実験では、Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5) の全球大気海洋結合モデル実験を基に作成された 6 種類の SST 将来変化の空間パターンを用いた合計 90 のアンサンブル実験が実施された。詳細は Mizuta et al. (2014, 2017) を参照されたい。この d4PDF の台風経路データ (Yoshida et al., 2017) を用いて、日本の東海上を北上し北海道に上陸した台風を抽出し、水平解像度約 4km の CReSS でダウンスケーリング実験を行った。計算領域は東経 128.0~152.0 度、北緯 24.0~48.0 度である。座標系は緯度経度座標を用い、経度方向の格子数は 603 で、緯度方向は 603 である。水平解像度は経度、緯度方向それぞれに 0.04、0.04 度である。これはほぼ 4km 解像度に相当する。鉛直方向には 73 格子で、最下層の格子間隔は 100m、平均約 300m となるように鉛直格子を伸張してある。モデルの上端高度は約 21km で、18km より上にレーリーダンピングタイプのスポンジ層をもうけた。計算は、経路データにおいて台風中心が北緯 27 度を越えた時刻から北緯 46 度を越える時刻まで行った。なお、台風の地形による変質を避けるため、北海道に達する以前に上陸

した経験がある台風は除いた。計算実施台風数等を表4にまとめた。

表2 実験設定

	CReSS04	CReSS02
水平格子間隔	0.04 度×0.04 度 (約 4km)	0.0186 度×0.0181 度 (約 2km)
水平格子数	X: 603、Y: 603	X: 2403、Y: 2051
鉛直格子解像度	最下層 100m、平均 300m	最下層 100m、平均 350m
鉛直層数	73	83
モデルの上端高度	約 21km	約 28km
積分期間	各台風につき 2~7 日間	各台風につき 7 日間
初期値・境界値	「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」気象研究所領域気候モデル NHRCM による過去実験及び 4°C上昇実験 (RCP8.5 シナリオ)	気象研究所全球大気モデル MRI-AGCM3.2 による革新プログラム後期実験 (A1B シナリオ)
データ出力間隔	1 時間	15 分
放射過程	Tsuboki and Sakakibara (2002)	RRTM (Rapid Radiative Transfer Model) (Mlawer et al., 1997)
計算領域	東経 128.0-152.0 度、北緯 24.0-48.0 度 (図 1 破線)	東経 113.8-158.421 度、北緯 10.0-47.0507 度 (図 1 太実線)

表3 各気候実験の期間と CReSS02 の計算実行台風数

	期間	計算実施台風数
現在気候 (SPA)	1979-2003 年	76 事例
近未来気候 (SNA)	2015-2039 年	73 事例
21 世紀末気候 (SFA)	2075-2099 年	62 事例

表4 d4PDF 領域実験の期間・アンサンブルメンバー数と CReSS04 の計算実行台風数

	期間	メンバー数	計算実施台風数
過去実験 (HPB)	1950 年 9 月~2011 年 8 月	50	95 事例
4°C上昇実験	2050 年 9 月~2111 年 8 月	90	117 事例

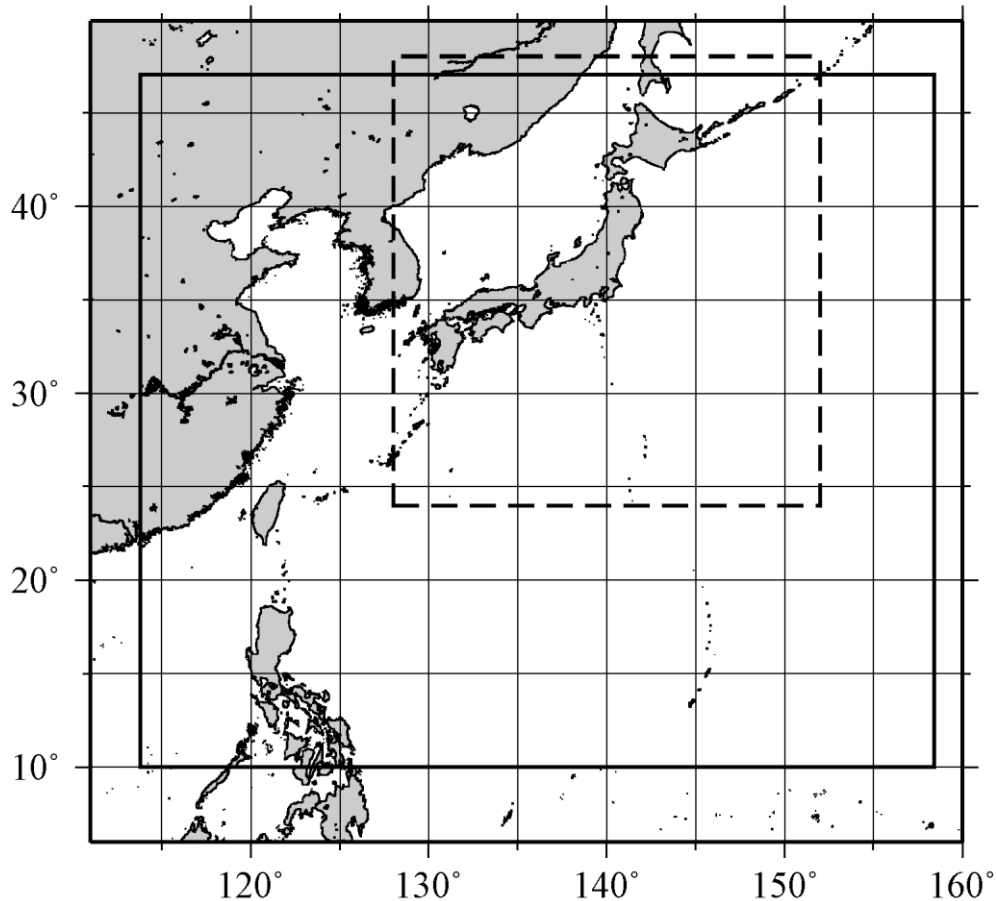


図1 計算領域。CReSS04（破線）、CReSS02（太実線）

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

CReSS02 及び CReSS04 とともに各台風実験ごとのディレクトリに以下のファイルが格納されている。

- ・ 地表 2 次元データ（出力時刻ごと）
- ・ 定数データ（1ファイル）
- ・ CReSS 実行入力定義ファイル（1ファイル）

ファイル名は以下の通りである。なお、ファイル名に年月日があるが、本データセットの台風ダウンスケーリング実験は気候実験の結果を用いており特定の台風の再現実験や予報実験ではない。また、d4PDF の 4°C 上昇実験に関しては、実験期間を通して温暖化の程度は時間変化しない点に留意が必要である。

(a) CReSS02

表 5 地表 2 次元データ

	ファイル名
現在気候	sfc.spaXXX_TID_YYYYv343f.mon_YYYY_MO_DD_HHMMUTC.united.bin

近未来気候	sfc.snaXXX_TID_YYYYv343f.mon_YYYY_MO_DD_HHMMUTC.united.bin
21 世紀末気候	sfc.sfaXXX_TID_YYYYv343f.mon_YYYY_MO_DD_HHMMUTC.united.bin

データ形式は、バイナリ（ビッグエンディアン）である。

例：sfc.spa001_t3339_1990v343f.mon_1990_07_03_0600UTC.united.bin

XXX: 実験番号（例：001）

TID: MRI-AGCM3.2 実験における台風 ID（例：t3339）

YYYY: 年（例: 1990）

MO: 月（例：07）

DD_HHMM: 日時分（例：03_0600）

表 6 定数データ

	ファイル名
現在気候	spaXXX_TID_YYYYv343f. geography.united.bin
近未来気候	snaXXX_TID_YYYYv343f. geography.united.bin
21 世紀末気候	sfaXXX_TID_YYYYv343f. geography.united.bin

データ形式は、バイナリ（ビッグエンディアン）である。

例：spa001_t3339_1990v343f.geography.united.bin

表 7 CReSS 実行入力定義ファイル

	ファイル名
現在気候	user.conf.spaXXX_TID_YYYYv343f
近未来気候	user.conf.snaXXX_TID_YYYYv343f
21 世紀末気候	user.conf.sfaXXX_TID_YYYYv343f

例：user.conf.spa001_t3339_1990v343f

(b) CReSS04

表 8 地表 2 次元データ

	ファイル名
過去実験	sfc.HPB_EM_TID.mon_YYYY_MO_DD_HHMMUTC.united.bin
4°C上昇実験	sfc.XX_EM_TID.mon_YYYY_MO_DD_HHMMUTC.united.bin

データ形式は、バイナリ（ビッグエンディアン）である。

例 : sfc.HPB_m002_009869.mon_1971_08_25_1800UTC.united.bin

TID: MRI-AGCM3.2 実験における台風 ID (例 : 009869)

EM: MRI-AGCM3.2 実験におけるアンサンブル番号 (例 : m002)

YYYY: 年 (例: 1971)

MO: 月 (例 : 08)

DD_HHMM: 日時分 (例 : 25_1800)

XX: 親モデルにおける SST 将来変化の空間パターンの種別記号 (CC: CCSM4、GF=GFDL-CM3、HA=HadGEM2-AO、MI=MIROC5、MP=MPI-ESM-MR、MR=MRI-CGCM3)

表 9 定数データ

	ファイル名
過去実験	sfc.HPB_EM_TID.geography.united.bin
4°C上昇実験	sfc.XX_EM_TID.geography.united.bin

データ形式は、バイナリ（ビッグエンディアン）である。

例 : HPB_m002_009869.geography.united.bin

表 10 CReSS 実行入力定義ファイル

	ファイル名
過去実験	HPB_EM_TID.user.conf
4°C上昇実験	XX_EM_TID.user.conf

例 : HPB_m002_009869.user.conf

3.2. 時空間諸元

時空間についての諸元は表 11 の通りである。

表 11 データの時空間諸元

	CReSS04	CReSS02
データ格子数	X: 603、Y: 603、Z: 1	X: 2403、Y: 2051、Z: 1
データ出力間隔	1 時間	15 分

3.3. 要素（物理量）の説明

以下の要素が出力されている。

表 12 地表 2 次元データ

変数名	内容	単位
slp	sea level pressure	Pa
us	velocity in lon direction at 10m	m/s
vs	velocity in lat direction at 10m	m/s
tgs	soil and sea surface temperature	K
prf	rain fall rate	m/s
pra	accumulated rain fall	m
rot	vertical vorticity of the surface wind (※)	/s
div	horizontal divergence of the surface wind (※)	/s

※：CReSS04 のみ。

表 13 定数データ

変数名	内容	単位
ht	terrain height	m
alat	latitude	degree
alon	longitude	degree
map	map scale factor	
fs	Coriolis parameter	
land	real land use categories (sea: -1, land: 10)	

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

本データセットのデータに対してバイアス補正は行われていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

本データセットを作成した実験は再現実験とは異なるため、再現性の評価は難しい。CReSS の詳細については Tsuboki and Sakakibara (2002) を、またそれを用いた台風のシミュレーション実験については Tsuboki (2008), Tsujino et al. (2017), Kanada et al. (2019) を参照されたい。

CReSS04 は、60km 解像度の MRI-AGCM3.2 (AGCM60) による全球実験から水平解像度約 20km の NHRCM (NHRCM20) を用いて実施したダウンスケーリング実験の結果を初期値・境界値に用いている。図 2 及び表 14 に、過去実験 95 例についての結果を元に各実験における台風の最低中心気圧 (MCP) の特性をまとめた。AGCM60 及び CReSS04 による台風と比較して、ダウンスケーリングした NHRCM20 の台風は顕著に弱い傾向がある。両者における平均 MCP の差は 20hPa 前後に及び、これは両側 t-test で 99%以上有意な差である。

NHRCM のベースとなる JMANHM には、台風の再現性における水平解像度依存性が報告されている (Kanada and Wada 2016)。狩野川台風 (Typhoon Ida, 1958, MCP: 877hPa) を対象に水平解像度を変えた感度実験によると、モデルで再現される台風の強度は水平分解能が粗くなるにつれて弱くなり、このクラスの台風の強度や中心付近の構造を再現するには少なくとも水平解像度 5km 以下の設定にする必要がある (Kanada and Wada 2016)。AGCM60 は水平解像度が粗いが、MRI-AGCM3.2 は気候変動予測実験 (現在気候 1979-2003、rcp8.5 シナリオの 21 世紀末 2075-2099) (Mizuta et al. 2012) 実施時に、熱帯低気圧の年平均個数を再現するよう、積雲対流パラメタリゼーションを中心とする精緻な調整が行われた。ただし、MRI-AGCM3.2 は特に強い台風について最大強度到達緯度に北偏バイアスがある点に留意が必要である (Kanada and Wada 2017)。

d4PDF の AGCM60 による熱帯低気圧の再現性に関しては、Yoshida et al. (2017) でまとめられている。NHRCM20 の結果を用いて追加実施された水平解像度 5km の NHRCM による実験結果は、台風による日本付近の降雨特性を中心に Watanabe et al. (2019) でまとめられている。日本東海上を北上する台風を対象に CReSS04 を用いて力学的ダウンスケーリング実験を実施した結果については、Kanada et al. (2020) を参照されたい。

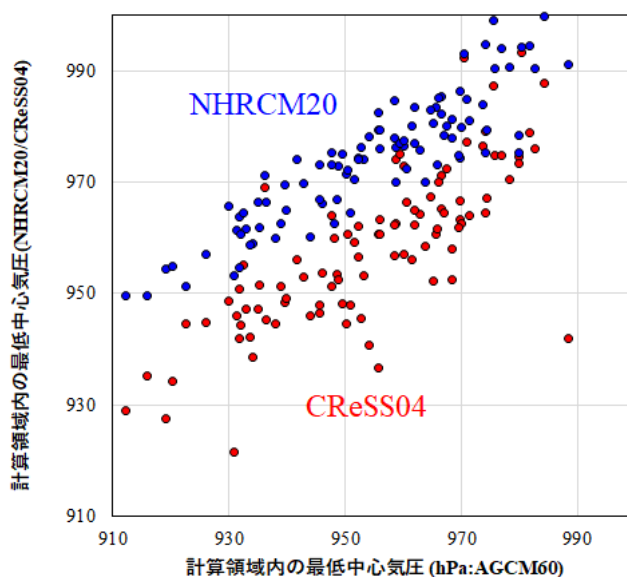


図 2 CReSS04 の計算領域内 (海上のみ) の最低中心気圧。AGCM60 実験 (横軸) に対し、NHRCM20 (青)、CReSS04 (赤) で示した。

表 14 対象領域内の平均最低中心気圧

	AGCM60	NHRCM20	CReSS04
対象領域内の平均最低中心気圧 (hPa)	954	974**	958

**：他の実験の平均値と比較して、両側 t-test で 99% 以上有意に高い

5. 注意事項

5.1. 利用条件

CRess02

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

引用文献

Tsuboki, K., 2017: Cloud-resolving Downscaling Simulations of Northward-moving Typhoons in Warming Climates of the Near Future and Late Twenty-first Century. Annual Report of the Earth Simulator, April 2016-March 2017, 339-344.

謝辞の例

(和文) 本研究では、平成 28 年度地球シミュレータ特別推進課題および文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」において地球シミュレータを用いて作成されたデータを使用した。

(英文) This study used data produced with the 2017 Earth Simulator Strategic Project with Special Support and the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI) from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

CRess04

データ利用規約

1. 本データ使用責任者の氏名・所属・連絡先及び利用目的を明らかにすること。
2. 第三者に再配布しないこと。
3. 本データを利用した論文・報告文には、これを利用した旨を明記する。

引用文献

Kanada, S., K. Tsuboki, and I. Takayabu, 2020: Future changes of tropical cyclones in the midlatitudes in 4-km-mesh downscaling experiments from large-ensemble simulations, SOLA. 16, 57-63, doi:10.2151/sola.2020-010.

謝辞の例

(和文) 本研究は文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマ C「統合的気候変動予測」JPMXD0717935561 の助成を受けて地球シミュレータを用いて作成されたものである。

(英文) This work was supported by the Integrated Research Program for Advancing Climate Models (TOUGOU) Grant Number JPMXD0717935561 from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan. Numerical simulations were performed using the Earth Simulator at Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC).

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した名古屋大学に属します。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、名古屋大学はその責任を負うものではありません。

5.3. 問い合わせ先

名古屋大学 宇宙地球環境研究所 坪木和久 tsuboki@nagoya-u.jp

6. 利活用例

なし

7. 参考文献

- Kanada, S., K. Tsuboki, and I. Takayabu, 2019: Future changes in typhoon-related precipitation in eastern Hokkaido. SOLA, 15, 244-249, doi:10.2151/sola.2019-044.
- Tsuboki, K., 2017: Cloud-resolving Downscaling Simulations of Northward-moving Typhoons in Warming Climates of the Near Future and Late Twenty-first Century. Annual Report of the Earth Simulator, April 2016-March 2017, 339-344.

8. 引用文献

- Deardorff, J. W., 1972: Numerical investigation of neutral and unstable planetary boundary layers. J. Atmos. Sci., 29, 91-115.
- Kanada, S., and A. Wada, 2017: Different climatological characteristics, inner-core structures, and intensification processes of simulated intense tropical cyclones between 20-km global and 5-km regional models. J. Climate, 30, 1583-1603.
- Kanada, S., and A. Wada, 2016: Sensitivity to horizontal resolution of the simulated intensifying rate and inner-core structure of typhoon Ida, an extremely intense typhoon. J. Meteor. Soc. Japan, 94A, 181-190, doi: 10.2151/jmsj.2015-037.
- Kanada, S., K. Tsuboki, and I. Takayabu, 2020: Future changes of tropical cyclones in the midlatitudes in 4-km-mesh downscaling experiments from large-ensemble simulations, SOLA. 16, 57-63, doi:10.2151/sola.2020-010
- Kanada, S., H. Aiki, K. Tsuboki, and I. Takayabu, 2019: Future changes in typhoon-related precipitation in eastern Hokkaido. SOLA, 15, 244-249, doi:10.2151/sola.2019-044.
- Kondo, J., 1975: Air-sea bulk transfer coefficients in diabatic conditions, Bound.-Layer Meteor., 9, 91-112.
- Louis, J. F., M. Tiedtke, and J. F. Geleyn, 1982: A short history of the operational PBL parameterization at ECMWF, Proceedings. Workshop on Planetary Boundary Layer Parameterization, Reading, United Kingdom, ECMWF, 59-79.
- Mizuta, R., O. Arakawa, T. Ose, S. Kusunoki, H. Endo, and A. Kitoh, 2014: Classification of CMIP5 future climate responses by the tropical sea surface temperature changes, SOLA, 10, 167-171, doi:10.2151/sola.2014-035.
- Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, et al., 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. Bull. Amer. Meteor. Soc. July 2017, 1383-1398.
- Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh, 2012: Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid, J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233-258, doi:10.2151/jmsj.2012-A12.
- Mlawer, E. J., S. J. Taubman, P. D. Brown, M. J. Iacono, and S. A. Clough, 1997: Radiative transfer for inhomogeneous atmospheres: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. J.

- Geophys. Res., 102, 16 663–16 682, doi:10.1029/97JD00237.
- Murakami M., 1990: Numerical modeling of dynamical and microphysical evolution of an isolated convective cloud – The 19 July 1981 CCOPE cloud, *J. Meteor. Soc. Japan*, 68, 107-128.
- Murata, A., H. Sasaki, M. Hanafusa, and K. Kurihara (2013), Estimation of urban heat island intensity using biases in surface air temperature simulated by a nonhydrostatic regional climate model. *Theor. Appl. Climatol.*, 112, 351–361, doi: 10.1007/s00704-012-0739-2.
- Sasaki, H., A. Murata, M. Hanafusa, M. Oh'izumi, and K. Kurihara (2011), Reproducibility of present climate in a non-hydrostatic regional climate model nested within an atmosphere general circulation model, *SOLA*, 7, 173–176, doi:10.2151/sola.2011-044
- Tsuboki, K., and A. Sakakibara, 2002: Large-scale parallel computing of Cloud Resolving Storm Simulator. *High Performance Computing*, edited by H. P. Zima et al., 243–259, Springer, New York.
- Tsuboki, K., 2008: High-resolution simulations of high impact weather systems using the cloud-resolving model on the Earth Simulator, *High Resolution Numerical Modeling of the Atmosphere and Ocean*, edited by K. Hamilton, and W. Ohfuchi, 141-156, Springer, New York.
- Tsujino, S., K. Tsuboki, and H. -C. Kuo, 2017: Structure and Maintenance Mechanism of Long-lived Concentric Eyewalls Associated with Simulated Bolaven (2012). *J. Atmos. Sci.*, 74, 3609-3634, doi:10.1175/JAS-D-16-0236.1
- Watanabe, S. I., A. Murata, H. Sasaki, H. Kawase, and M. Nosaka, 2019: Future projection of tropical cyclone precipitation over Japan with a high-resolution regional climate model. *J. Meteor. Soc. Japan*, 97, 805-820.
- Yoshida, K., M. Sugi, R. Mizuta, H. Murakami, and M. Ishii, 2017: Future changes in tropical cyclone activity in high-resolution large-ensemble simulations. *Geophys. Res. Lett.*, 44, 9910-9917.

X. ⑨ 全球 d4PDF 台風トラックデータ

1. データセットの概要

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（d4PDF）から客観的低気圧トラッキングアルゴリズムを用いて抽出した全世界の熱帯低気圧情報である。客観的低気圧トラッキングアルゴリズムには 2 種類の方法が取られており、それぞれのデータを提供している（Webb et al., 2019 の方法及び Yoshida et al., 2017 の方法）。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元（解像度等）

客観的低気圧トラッキングアルゴリズムを適用した全球気候モデルの空間解像度は 60km である。

2.2. 実験設定（使用シナリオ等）

過去気候実験と将来気候実験で構成される。将来気候実験は全球平均気温が工業化以降 4°C 上昇したと想定した設定になっている。

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

ファイル名は過去気候実験では「{algorithm}_HPB_m{number}.nc」のように付与される。{algorithm}には客観的低気圧トラッキングアルゴリズム手法が入る（KU: Webb et al., 2019, MRI: Yoshida et al., 2017）。{number}には、アンサンブルメンバー番号が入る。将来気候実験では「{{algorithm}_HFB_4K_{SST}_m{number}.nc」のように付与される。{algorithm}には客観的低気圧トラッキングアルゴリズム手法が入る（KU: Webb et al., 2019, MRI: Yoshida et al., 2017）。{SST}には、CC、GF、HA、MI、MP、MR のいずれかの将来 SST 条件が入る。{number}には、アンサンブルメンバー番号が入る。

3.2. 時空間幅（期間、領域）

計算期間は、現在気候 1951～2010 年、将来気候 2051～2110 年である。全球の熱帯低気圧をカバーする。

3.3. 時空間間隔（時間）

全球気候モデルの出力時間間隔 6 時間、空間間隔 0.5625 度のデータから熱帯低気圧データを抽出している。

3.4. 要素（物理量）の説明

熱帯的低気圧の存在時間、位置（緯度・経度）、中心気圧、最大風速を収録している。

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

バイアス補正は行っていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

観測値との比較検証を行っている（Webb et al., 2019 及び Yoshida et al., 2017 を参照）。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

第三者に再配布しないこと。本データを利用した学術論文や報告書には、これを利用した旨を明記すること。利用者は、本データセットを非営利目的で使用できる。本データセットを商用利用する場合は、データ提供者による事前の明示的な許諾を得なければならない。

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した京都大学防災研究所及び気象庁気象研究所に属す。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、京都大学防災研究所及び気象庁気象研究所はその責任を負うものではない。

5.3. 問い合わせ先

京都大学防災研究所, 志村智也
dias@oceanwave.jp

6. 利活用例

このデータセットは、気候変動下の熱帯低気圧による風水害リスク評価などへの活用が期待できる。

7. 参考文献

Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, M. Kimoto, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models, *The Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*, 98(7), 1383-1398. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0099.1>

Webb, A., T. Shimura and N. Mori, 2019: Global Tropical Cyclone Track Detection and Analysis of the d4PDF Mega-ensemble Projection, *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, 75, I_1207-I_1212. https://doi.org/10.2208/kaigan.75.I_1207

Yoshida, K., M. Sugi, R. Mizuta, H. Murakami and M. Ishii 2017: Future changes in tropical cyclone activity in high-resolution large-ensemble simulations, *Geophysical Research Letters*, 44(19), 9910-9917. <https://doi.org/10.1002/2017GL075058>

XI. ⑩ 日本域 d4PDF 低気圧データ

1. データセットの概要

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（d4PDF 領域モデル実験）から客観的低気圧トラッキングアルゴリズムを用いて抽出した爆弾低気圧情報である。客観的低気圧トラッキングアルゴリズムは Ninomiya et al. (2021) や森ら (2017) を参照されたい。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元（解像度等）

客観的低気圧トラッキングアルゴリズムを適用した領域モデル実験の空間解像度は 20 km である。

2.2. 実験設定（使用シナリオ等）

過去気候実験と将来気候実験で構成される。将来気候実験は全球平均気温が工業化以降 4°C 上昇した想定の設定になっている。

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

ファイル名は過去気候実験では「d4pdf_HPBM{number}.nc」のように付与される。{number}には、アンサンブルメンバー番号が入る。将来気候実験では「d4pdf_HFB_4K_{SST}m{number}.nc」のように付与される。{SST}には、CC、GF、HA、MI、MP、MR のいずれかの将来 SST 条件が入る。{number}には、アンサンブルメンバー番号が入る。

3.2. 時空間幅（期間、領域）

計算期間は、現在気候 1951～2010 年、将来気候 2051～2110 年である。領域はおおよそ東経 115 度から 155 度、北緯 20 度から 50 度の範囲である。

3.3. 時空間間隔（時間）

領域モデル実験の出力時間間隔 1 時間、空間間隔 20 km のデータから爆弾低気圧データを抽出している。

3.4. 要素（物理量）の説明

爆弾低気圧の存在時間、位置（緯度・経度及び東西・南北方向のグリッド番号）、中心気圧、最大風速を収録している。

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

バイアス補正は行っていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

客観的低気圧トラッキングアルゴリズムを JRA-55 に適用した結果との比較を行っている（Ninomiya et al. (2021) や森ら (2017) を参照）。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

第三者に再配布しないこと。本データを利用した学術論文や報告書には、これを利用した旨を明記すること。利用者は、本データセットを非営利目的で使用できる。本データセットを商用利用する場合は、データ提供者による事前の明示的な許諾を得なければならない。

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した京都大学防災研究所、金沢大学及び気象庁気象研究所に属す。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、京都大学防災研究所、金沢大学及び気象庁気象研究所はその責任を負うものではない。

5.3. 問い合わせ先

京都大学防災研究所, 志村智也
dias@oceanwave.jp

6. 利活用例

このデータセットは、気候変動下の爆弾低気圧による風水害リスク評価などへの活用が期待できる。

7. 参考文献

Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibino, N. Mori, O. Arakawa, Y. Imada, K. Yoshida, T. Aoyagi, H. Kawase, M. Mori, Y. Okada, T. Shimura, T. Nagatomo, M. Ikeda, H. Endo, M. Nosaka, M. Arai, C. Takahashi, K. Tanaka, T. Takemi, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, M. Kimoto, 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models, *The Bulletin of the American Meteorological Society (BAMS)*, 98(7), 1383-1398. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0099.1>

Ninomiya, J., Y. Taka, N. Mori, 2021: Projecting changes in explosive cyclones and high waves around Japan using a mega-ensemble projection, *Ocean Engineering*, 237, 109634. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109634>.

森 信人, 千綿 蒔, 二宮順一, 間瀬 肇, 2017: JRA-55 を用いた日本周辺の冬期低気圧の長期変動特性について, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 73(2), I_487-I_492. https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_487

XII. ⑪ 日本域農研機構データ (NARO2017)

本解説書は、農研機構が定めた「地域気候変動適応策評価のための『農研機構地域気候シナリオデータセット』の利用標準作業手順書」(農研機構, 2021)の内容を抜粋したものである。具体的な作業手順や参照プログラム等は、当該手順書に記載しているので、本解説書と併せて参照されたい。

1. データセットの概要

通常、地域気候シナリオとは、ダウンスケールとバイアス補正が為され、利用者が直ちに使える気候変動予測情報のことを指す。「日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (農研機構地域気候シナリオデータセット。以下、NARO2017 と称する。農研機構 (2019a, b)) は、5 種類の全球気候モデル (Global Climate Model: GCM) 出力値を日本域で 1km メッシュに高解像度化したものであり、日々・年々変動の大きさの再現性を向上させるために、平均値だけでなく分散 (標準偏差) をも観測統計値に合致させるバイアス補正法 (正規分布型スケーリング法) を適用した新たな気候シナリオである。日平均・日最高・日最低気温、日降水量のほか、数多くの研究分野で利用可能なように、従来の地域気候シナリオでは重点が置かれていなかった日射量や相対湿度、地上風速までの農業気象関連要素を含む 7 要素を持つことから、特に農業における影響評価に有用な、時空間的に詳細な地域気候変動予測情報のデータセットである。

2. 開発の背景と目的

気候変動に対して適応するための対策の検討と具体化にあたっては、さまざまな分野や課題に関して、予測された将来の気候を入力した影響評価が必要である。この中で、農業分野では、日射量や地上風速、及び湿度指標等、気温、降水量以外の気候要素を必要とし、また将来予測の不確実性を評価するために複数の GCM 出力値に対応した気候シナリオが求められる。さらに、GCM 出力値は現実の値 (観測統計値) に対して誤差 (バイアス) を持つこと、及び一般には、日々の変動や年々の変動が小さく表現されるため、その補正が必要である。

そこで、日々・年々変動の大きさの再現性を向上させるために、平均値だけでなく分散 (標準偏差) をも観測統計値に合致させるバイアス補正法 (ガウス型スケーリング法; Ishizaki et al., 2020) を適用した新たな気候シナリオとして、「農研機構地域気候シナリオデータセット」を開発した。このデータセットを利用することにより、気温の上昇や降水量・日射量の変化など特定の地域における将来の気候の予測値を得ることができる。さらに、この予測値を活用することにより、異常気象や気候変動に適応した農業技術の開発に役立てることができる。

3. データセットの諸元

3.1. 気候モデルと温室効果ガス排出シナリオ

我が国で開発された 2 つの気候モデル、MIROC5 (東京大学/国立環境研究所/海洋研究開発機構) ならびに MRI-CGCM3 (気象庁気象研究所)、及び世界の気候モデルの中で、過去の我が国の影響評価研究でよく用いられてきた GFDL-CM3 (米国: 海洋大気庁地球流体力学研究所)、HadGEM2-ES (英国: 気象庁ハドレーセンター)、ならびに CSIRO-Mk3-6-0 (豪州: 連邦科学産業研究機構) の、

併せて5つの全球気候モデルの出力を用いている。温室効果ガスの代表的濃度経路（RCPs）は2種類、RCP2.6（温室効果ガスの削減が進む社会）及びRCP8.5（現在と同じように排出し続ける社会）に基づく気候シナリオとなっている。

3.2. 気象要素

本データセットは、5種類の全球気候モデル（GCM）出力値を日本域で1kmメッシュに高解像度化したものであり、出力要素は日平均・日最高・日最低気温、日降水量、日積算日射量、日平均の相対湿度と地上風速の7要素である（表1）。

表1 農研機構地域気候シナリオデータセットの諸元

ファイルフォーマット	NetCDF4(CF1.6準拠)
使用した全球モデル	MIROC5（日本：東京大学/国立環境研究所/海洋研究開発機構）、MRI-CGCM3（日本：気象庁気象研究所）、GFDL-CM3（米国：海洋大気庁地球物理流体力学研究所）、HadGEM2-ES（英国：気象庁ハドレーセンター）、CSIRO-Mk3-6-0（豪州：連邦科学産業研究機構）
温室効果ガス排出シナリオ	historical（現在気候）、RCP2.6（厳しい温室効果ガス排出削減対策を行う社会）、RCP8.5（温室効果ガス排出が続く社会）
バイアス補正手法	正規分布型スケーリング法 (Haerter et al., 2011)
計算領域と空間分解能	日本全国3次メッシュ（新座標系[JGD2000]1km）
計算期間と時間分解能	現在(1981-2005)、近未来(2006-2050)、将来(2051-2100)の日値
出力要素（ファイル名に用いる略語）	日平均気温(tas)、日最高気温(tasmax)、日最低気温(tasmin) 日降水量(pr)、日積算日射量(rsds) 日平均相対湿度(rhs)、日平均地上風速(sfcWind)

3.3. 統計的ダウンスケーリング

統計的ダウンスケーリングとは、元々の狭い意味では、気圧配置など大きな気候のシステムと気温や降水量などの統計的關係により、気象観測点のない場所の値を埋めていくものであったが、ここで用いた手法は、値を埋めたい地点の周辺にあるGCM出力（グリッド）を、その地点との距離に応じて重みを付ける、つまり埋めたい地点に近いグリッドの値の重みは大きく、遠いグリッドの値の重みは小さくして平均するという、より簡単なものである。なお現在では、このような方法も統計的ダウンスケーリングと呼ぶことが多い。

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

従来、多くの気候変動影響研究分野が共通的に利用する気候シナリオは、GCM出力の期間平均値を観測平均値と合致させるバイアス補正法（平均値補正）を適用して作成するが多かった。しかし、一般にGCM出力値は日々の変動や年々変動が観測統計値に比べて小さいため、平均値補正のみの気候シナリオを用いた場合、その影響も過少評価されやすい問題がある。そのため、平均値に加え分散（標準偏差）を観測統計値に合致させるガウス型スケーリング法（Ishizaki et al., 2020）を適用

した(図1)。この際、気温については、RCP2.6とRCP8.5における平均的な長期トレンドを除去したうえで、分散を補正している(図2)。なおここでは、観測統計値として「農研機構メッシュ農業気象データ」(大野ら, 2016)を使用した。

農研機構シナリオ2017 (V2.7r) における補正法

正規分布型スケールリング法 (Haerter et al., 2011)
 * (正規分布) パラメトリック型バイアス補正という場合もある。

補正後出力 X_{GCMadj} はGCM出力値 X_{GCMraw} を以下の式で補正したもの
 * メッシュごとに、GCM出力日値についての、ベースライン平均値 $\{X_{GCM}\}$ からの偏差に対し、観測統計値OBSとGCMの日単位の標準偏差比 $[\sigma(X_{OBS}) / \sigma(X_{GCM})]$ を補正係数として乗じた上で、OBSの平均値 $\langle X_{OBS} \rangle$ に加える。

$$X_{GCMadj} = [\sigma(X_{OBS}) / \sigma(X_{GCM})] * [X_{GCMraw} - \{X_{GCM}\}] + \langle X_{OBS} \rangle$$

$\sigma()$: 基準期間における年々変動の標準偏差
 $\langle \rangle$: 基準期間における平均値
 $\{ \}$: 気温以外: 基準期間における平均値
 気温: 2005年起点線形トレンドを基本とするベースライン (図2)
 (RCP2.6: ~2050年線形トレンドでその後一定、RCP8.5: ~2100年線形トレンド)

図1 「農研機構シナリオ」におけるバイアス補正方法

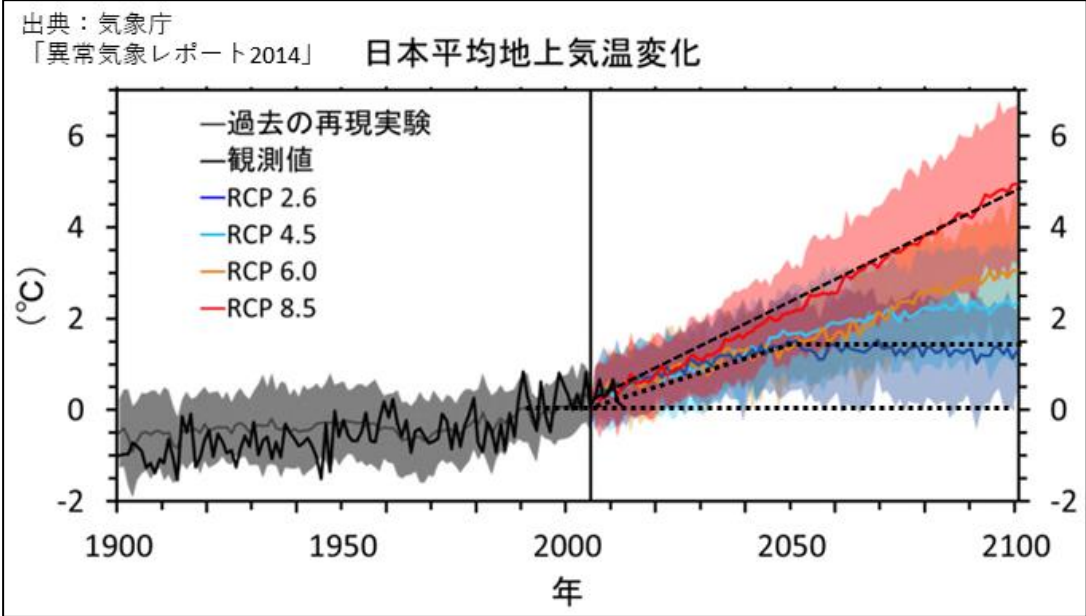


図2 IPCC第5次報告書に掲載された多数の全球気候モデル(CMIP5)による日本の平均気温の予測結果
 IPCCが定めた4つの温室効果ガス排出経路(RCP)ごとに予測のアンサンブル平均と気候モデルの違いによる予測幅を示している。IPCC第5次報告書をもとにした気象庁「異常気象レポート2014」について、1981-2000年平均値、及びRCP2.6とRCP8.5についての、それぞれ線形トレンドを用いたベースライン(黒点線: 図1参照)を追記した(西森ほか, 2019)。

このバイアス補正の効果については以下の4.2で示すが、例えば降水量では、観測統計値に比べて、平均的に値が少なく、なおかつ年々の変動幅が小さいGCM出力値について、その値と変動幅が

観測値に近づいている。この手法は、全国で 37 万以上あるすべての第三次メッシュ（東西南北およそ 1km 四方のエリア）に適用し、その際に GCM の出力は、各 3 次メッシュの周囲にある 4 グリッドの値を距離の逆数重み付き平均したものをを用いる。

4.2. 各予測要素の特徴

(1) 気温

バイアス補正前の GCM 出力値における一定期間の昇温量を補正後も維持するバイアス補正を行っている（図 3 左）。これにより、本データセットにおける昇温量は 5 つの GCM 出力値ごとに、期間平均値はおおむね一致し、また年々変動の大きさは拡大されている。

(2) 降水量

日降水量の GCM 出力値は概して、観測統計値に比べて過少傾向にあるが、本データセットは平均値に加え分散を用いた補正を行っているため、GCM では再現しにくいとされる年最大日降水量のような強い降水量についても、観測統計値に近づくように改善されている（図 3 右）。

(3) 日射量、地上風速、相対湿度

日射量や地上風速については、バイアス補正前の GCM 出力値及びバイアス補正後の本データセットの値ともに、増減の明らかな傾向（トレンド）は見られない。相対湿度については、将来にわたり減少傾向であるが、これは気温の上昇に依るところが大きく、将来の乾燥化を意味しているわけではない。

(4) 複合的指標

本データセットは、GCM 間の出力値のばらつきや、出力値の年々変動に起因する気候シナリオの不確実性を考慮した、高解像度の影響評価に利用できる。この将来予測値から、例えばイネの登熟期間の高温に伴う品質低下リスクに関連するヒートドース値（日平均気温の 26°C からの超過分の出穂後 20 日間積算値、HD_m26）の将来変化を、年々変動による不確実性を含めて評価することができる。茨城県南部地域の 1 メッシュの例では、本データセットの基準期間（1981～2000 年）における現在気候値から計算したヒートドース値の出現分位（パーセンタイル値）が、観測統計値とほぼ一致しているが、近未来期間（2031～2050 年）にはヒートドース値の中央値が基準期間よりも 15～25°C・日程度と大幅に増加し、品質低下リスクが高まることが分かる（図 4）。

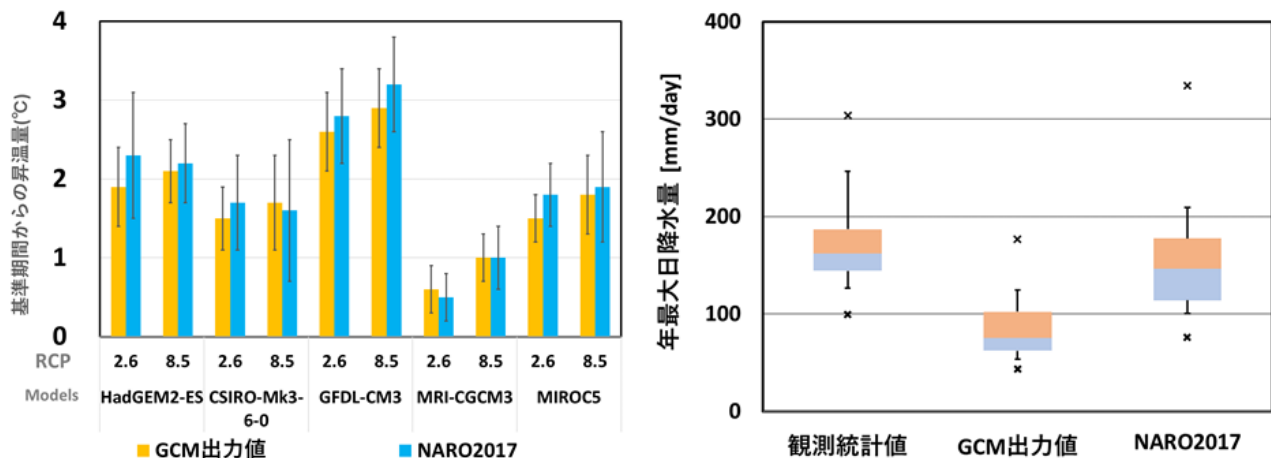


図3 「農研機構シナリオ 2017」の精度評価

(左) 近未来期間 (2031~2050 年) における年平均日最高気温の予測値を日本域で平均した、基準期間 (1981~2000 年) からの昇温量 (°C)。 (右) 鹿児島における、基準期間での年最大日降水量の出現分位 (パーセンタイル値) を示す箱ひげ図。

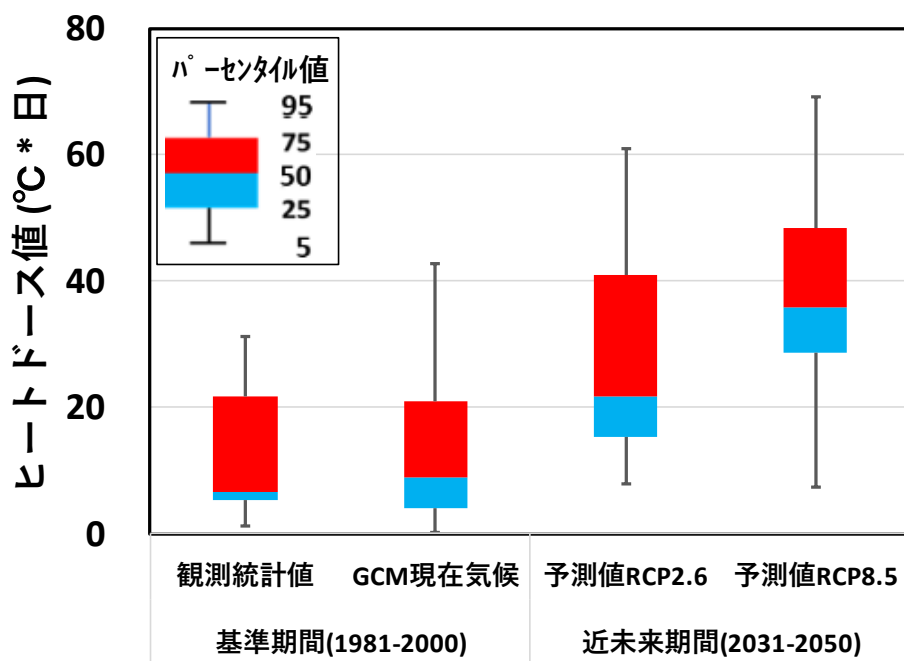


図4 茨城県南部地域におけるイネの登熟期間の高温に伴う品質低下リスク

品質低下リスク指標としてのヒートドース値 (日平均気温の 26°C からの超過分の出穂後 20 日間積算値、HD_m26) の各 20 年の出現頻度として示す。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

本データセットは「農研機構メッシュ農業気象データシステム」 (<https://amu.rd.naro.go.jp/>) に、利用目的を明記して申請することで、利用可能である。申請者の所属や利用目的によっては、農研機構の職務作成プログラムの利用申請が必要となる。同様に、文部科学省「データ統合・解析システム」

(doi:10.20783/DIAS.568) 及び国立環境研究所気候変動適応センターシナリオサーバ (<https://ccca-scenario.nies.go.jp/>) から配信されている。

5.2. 免責事項

本解説書に紹介された「農研機構地域気候シナリオデータセット」は、日本において複数存在する日本全国 1km メッシュ単位の将来気候シナリオの一つである。農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切の責任を負わない。また本解説書に掲載された図表に基づく、将来の気候予測結果例は、主に茨城県南部地域で抽出された 1 メッシュにおける例であり、地域・地形等により大きく異なる可能性があることに注意が必要である。

5.3. 問い合わせ先

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）

農業環境研究部門 気候変動適応策研究領域 西森基貴 mnishi@affrc.go.jp

6. 利活用例

6.1. 農研機構が関わるプロジェクトでの利用

環境省・農林水産省等「地域適応コンソーシアム事業」（<https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/index.html>）では、全国影響グループ及び一部の地域グループにおける、統一気候シナリオの一つとしての利用実績がある。また農林水産省「農林水産分野における地域気候変動適応推進委託事業」および環境研究総合推進費戦略的研究開発領域課題（S-18）で利用が開始された。

2018 年に制定・施行された気候変動適応法（気候変動適応情報プラットフォームウェブサイト「気候変動適応法」<https://adaptation-platform.nies.go.jp/plan/government/act.html>）によれば、地方自治体における気候変動適応計画の策定が努力義務となっている。このため今後、数多くの適応策の検討を行う都道府県関係部局および公設試（農業試験研究や環境研究等）での利用・普及を促進したいと考えており、まずは当該部局において基礎知識のあるもの、及びそこから業務委託されるコンサルタント（企業）等での利用を念頭に置いている。より詳細なデータセット情報や利用法については、冒頭に示した農研機構が定める手順書（農研機構, 2021）を参照頂くとともに、その内容を超えるような本格的な利用については、共同研究も含めた対応を検討するので、5.3 の問い合わせ先にお知らせ頂きたい。

6.2. 自治体等での利用例

本データセットを利用した結果は、茨城県地域気候変動適応センターの報告書「茨城県における気候変動影響と適応策—水稲への影響—」（茨城大学・茨城県地域気候変動適応センター, 2020）に対し、茨城県域における気温および降水量変化とその不確実性、ならびに図 4 に類するコメ品質低下リスクの将来変化について寄稿し、掲載された。また、長野県の信州気候変動適応センターが公表した「長野県の気候変動とその影響」（信州気候変動適応センター, 2020）では、長野県の研究者自

身が、地形の複雑な県域における高解像度の将来気温予測値を示している。

7. 参考文献・資料

農研機構 (2021) 地域気候変動適応策評価のための「農研機構地域気候シナリオデータセット」の利用標準作業手順書.

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/laboratory/naro/sop/139234.html (2022年3月13日閲覧).

農研機構 (2019a) 日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (農研機構地域気候シナリオ 2017) (農研機構 普及成果情報 気象・環境 2019年).

http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/4th_laboratory/niaes/2019/19_055.html (2022年3月13日閲覧).

農研機構 (2019b) 「職務作成プログラム (データベース) : 日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (機構-X08)

Ishizaki, N.N., M. Nishimori, T. Iizumi, H. Shiogama, N. Hanasaki and K. Takahashi (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan. SOLA, 16, 80-85. <https://doi.org/10.2151/sola.2020-014>.

大野宏之、佐々木華織、大原源二、中園江 (2016) 実況時と数値予報、平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象, 16, 71-79.

西森基貴・石郷岡康史・桑形恒男・滝本貴弘・遠藤伸彦 (2019) 農業利用のための SI-CAT 日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (農研機構シナリオ 2017) について. 日本シミュレーション学会誌, 38, 150-154.

茨城大学・茨城県地域気候変動適応センター(2020) 茨城県における気候変動影響と適応策—水稻への影響—. https://www.ilccac.ibaraki.ac.jp/admin/wp-content/uploads/2020/04/ICAS_si-cat_paper_forweb1.pdf (2022年3月13日閲覧).

信州気候変動適応センター(2020) 「長野県の気候変動とその影響」. 30p.

XIII. ⑫ 日本域 CMIP5 データ

1. データセットの概要

本データセットは日本域 1km のバイアス補正気候シナリオである。第 5 次結合モデル比較プロジェクト (CMIP5) における 4 つの全球気候モデル (GCM : MIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-CM3, HadGEM2-ES) について、historical、RCP2.6、RCP8.5 シナリオのデータを用いた。バイアス補正手法としては lizumi et al. (2010; 2011; 2012; 2014; 2017) を改良したものを適用した。この手法はノンパラメトリックな手法であり、誤差の検出・補正は半年分の累積密度関数上で行われる (Ver.2 では月ごと)。1900 年から 2100 年までの 7 変数 (日最低・最高・平均気温、降水量、全天日射量、風速、相対湿度) についての日データが利用可能である。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 予測計算の概要

本データは全球モデルをもとにして、統計的ダウンスケーリングにより高解像度化したものである。

2.2. モデル諸元 (解像度等)

各全球モデルの解像度から、線形内挿で 1km 格子にした後、バイアス補正している。内挿方法が線形であるため、基にした全球モデルの格子サイズ (数百 km) の範囲で気象変数の空間的なつながりが維持され、時間変動が類似する傾向を持つ。

2.3. 実験設定 (使用シナリオ等)

過去実験 : historical (1900-2005 年)

将来実験 : RCP2.6, RCP8.5 (2006-2100 年)

3. 出力ファイルの情報 (メタデータ)

3.1. ファイル名

VAR_day_GCM_r1i1p1_YYYY0101-YYYY1231_cfdm.nc

VAR: tas (日平均気温), tasmx (日最高気温), tasmin (日最低気温), pr (日降水量),
rsds (全天日射量), rhs (相対湿度), sfcwind (風速)

GCM: MIROC5, MRI-CGCM3, GFDL-CM3, HadGEM2-ES

3.2. 時空間幅 (期間、領域、鉛直層トップ)

1900-2100 年

東経 122-146 度、北緯 24-46 度

地上データ

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

日別値

1km×1km（陸上のみ）

地上データ

3.4. 要素（物理量）

日最低・最高・平均気温（℃）、降水量（mm/day）、全天日射量（MJ/m²/day）、風速（m/s）、相対湿度（%）

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

本データセットはバイアス補正手法の異なる2つのバージョンがある。Ver.1 (Ver.201909) では、CDFDM 法によるバイアス補正を行った。39年分のデータを用いて半年ごとに累積密度関数を構築した。モデル誤差を定義する基準期間として、1980-2018年の観測値を用いた。対応するGCMに関しては、過去実験（historical）から1967-2005年を利用した。観測値としてメッシュ農業気象データ（大野ら, 2016）を使用した。すべてのGCM出力はグレゴリオ暦に変換した上で補正した。

Ver.2 (Ver.202005) では、時間窓と誤差の定義に用いる期間がVer.1と異なる。時間窓を月ごとに修正した。1980-2018年の観測値に対し、historical から1980-2005年、将来実験（RCP8.5）から2006-2018年の計39年間で補正モデルを構築した。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

本データセットは、統計的ダウンスケーリングによるもので、各GCMの将来変化は概ね維持しているものの、数kmスケールの現象を再現しているわけではないため、特に豪雨などの再現性の精度は高くないといえる。また、それぞれの変数は観測値に基づいて補正されているが、内挿方法が線形であるため、基にした全球モデルの格子サイズ（数百km）の範囲で気象変数の空間的なつながりが維持され、もとのGCMの格子値の時間変動を引き継いでいる。その結果、実際には山岳域によって気候区分が分断されるような状況にあっても、本データセット内では山岳をまたいだ地点間で気象変数の時間変化が類似する傾向が見られる。

基準期間や時間窓の設定により Ver.1 では過去値においてやや温暖バイアスが残っている他、過去期間においても月ごとの値が観測値との間にずれがあったが、Ver.2 ではそれらが改善されている。詳細については Ishizaki et al. (2020) を参照されたい。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

利用者は本データセットをもとにして新たに知的生産物（以下、派生物）を作成して公表することができる。

【再配布禁止】 利用者は、本データセットを第三者に再配布してはならない。

【最新版利用】利用者は、特別の理由がない限り、本データセットの最新版を利用しなければならない。

【出典の明記】利用者は、派生物に、その派生物が本データセットを利用して二次的に作成されたものであることを明記しなければならない。ただし作成者は、利用者に対し、派生物から出典の記載を削除するように要求することができる。その場合、利用者は、合理的に実施可能な範囲で、派生物から出典の記載を削除しなければならない。

【引用の書式】本データセットを引用する場合は、以下のように表記しなければならない。
Ishizaki, N. N., 2020: Bias corrected climate scenarios over Japan based on CDFDM method using CMIP5, Ver.xxxxxx *1, Center for Global Environmental Research, NIES, doi:10.17595/20200415.001, (Reference date*2: YYYY/MM/DD)

*1 使用したデータのバージョン番号を記載すること。

*2 参照年月日は、ファイルをダウンロードした日付を記載すること。

【問題報告】本データセットの内容について、不備や誤り、またはその疑いのある記述を発見した場合、利用者は、その情報を速やかにデータ提供機関に報告しなければならない。

5.2. 免責事項

作成者およびデータ提供機関は、本利用条件（5.1）に基づく本データセットの利用に関して一切の保証をしない。利用者は、派生物の内容について、作成者またはデータ提供機関が何らかの保証を与えているかのような表現を、作成者に断りなく行ってはならない。本データセットの利用によって何らかの損害が生じた場合、いかなる損害であってもすべて利用者が責任を負うものとする。

5.3. 問い合わせ先

国立環境研究所 気候変動適応センター
石崎紀子 (ishizaki.noriko@nies.go.jp)

6. 利活用例

Yokohata, T., Iwahana, G., Sone, T. et al. Projections of surface air temperature required to sustain permafrost and importance of adaptation to climate change in the Daisetsu Mountains, Japan. Sci Rep 11, 15518 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94222-4>

Hiruta Y., Ishizaki N., Ashina S., Takahashi K. (2022) Regional and temporal variations in the impacts of future climate change on Japanese electricity demand: Simultaneous interactions among multiple factors considered. Energy Conversion and Management: X, 14 (100172)

7. 参考文献

Iizumi, T., M. Nishimori, Y. Ishigooka, and M. Yokozawa (2010) Introduction to climate change scenario derived by statistical downscaling. J. Agri. Meteor., 66, 131–143 (in Japanese).

Iizumi, T., M. Nishimori, K. Dairaku, S. A. Adachi, and M. Yokozawa (2011) Evaluation and

- intercomparison of downscaled daily precipitation indices over Japan in present-day climate: Strengths and weaknesses of dynamical and bias-correction-type statistical downscaling methods. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 116, D011111, doi:10.1029/2010JD014513.
- Iizumi, T., I. Takayabu, K. Dairaku, H. Kusaka, M. Nishimori, G. Sakurai, N. N. Ishizaki, S. A. Adachi, and M. A. Semenov (2012) Future change of daily precipitation indices in Japan: A stochastic weather generator-based bootstrap approach to provide probabilistic climate information. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 117, D11114, doi:10.1029/2011JD017197.
- Iizumi, T., M. Okada, and M. Yokozawa (2014) A meteorological forcing data set for global crop modeling: Development, evaluation, and intercomparison. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 363–384, doi:10.1002/2013JD020130.
- Iizumi, T., H. Takikawa, Y. Hirabayashi, N. Hanasaki, and M. Nishimori (2017) Contribution of different bias-correction method and reference meteorological forcing data sets to uncertainty in projected temperature and precipitation extremes. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 7800–7819, doi:10.1002/2017JD026613.
- Ishizaki, N. N., M. Nishimori, T. Iizumi, H. Shiogama, N. Hanasaki, and K. Takahashi (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan. *SOLA*, 16, 80-85., doi:10.2151/sola.2020-014.
- 大野宏之、佐々木華織、大原源二、中園江 (2016) 実況時と数値予報、平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. *生物と気象*, 16, 71-79.
- データセットの DOI : 10.17595/20200415.001

XIV. ⑬ 日本域 CMIP6 データ

1. データセットの概要

本データセットは日本域 1km のバイアス補正気候シナリオである。第 6 次結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP6) における 5 つの全球気候モデル (GCM : MIROC6, MRI-ESM2-0, ACCESS-CM2, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR) について、historical、SSP1-RCP2.6、SSP2-RCP4.5、SSP5-RCP8.5 シナリオのデータを用いた。バイアス補正手法としては lizumi et al. (2010; 2011; 2012; 2014; 2017) を改良したものを適用した。この手法はノンパラメトリックな手法であり、誤差の検出・補正は月ごとの累積密度関数上で行われる。1900 年から 2100 年までの 8 変数 (日最低・最高・平均気温、降水量、全天日射量、下向き長波放射、風速、相対湿度) についての日データが利用可能である。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 予測計算の概要

本データは全球モデルをもとにして統計的ダウンスケーリングにより高解像度化したものである。

2.2. モデル諸元 (解像度等)

各全球モデルの解像度から、線形内挿で 1km 格子にした後、バイアス補正している。内挿方法が線形であるため、基にした全球モデルの格子サイズ (数百 km) の範囲で気象変数の空間的なつながりが維持され、時間変動が類似する傾向を持つ。

2.3. 実験設定 (使用シナリオ等)

過去実験 : historical (1900-2014 年)

将来実験 : SSP1-RCP2.6, SSP2-RCP4.5, SSP5-RCP8.5 (2015-2100 年)

3. 出力ファイルの情報 (メタデータ)

3.1. ファイル名

VAR_day_GCM_r1i1p1f1_YYYY0101-YYYY1231_cdfdm.nc

VAR: tas (日平均気温), tasmx (日最高気温), tasmin (日最低気温), pr (日降水量),
rsds (全天日射量), rlds (下向き長波放射), rhs (相対湿度), sfcwind (風速)

GCM: MIROC6, MRI-ESM2-0, ACCESS-CM2, IPSL-CM6A-LR, MPI-ESM1-2-HR

3.2. 時空間幅 (期間、領域、鉛直層トップ)

1900-2100 年

東経 122-146 度、北緯 24-46 度

地上データ

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

日別値

1km×1km（陸上のみ）

地上データ

3.4. 要素（物理量）

日最低・最高・平均気温（°C）、降水量（mm/day）、全天日射量（MJ/m²/day）、風速（m/s）、相対湿度（%）、下向き長波放射量（MJ/m²/day）

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

改良した CDFDM 法を用いたバイアス補正を行った。39 年分のデータを用いて月ごとに累積密度関数を構築した。モデル誤差を定義する基準期間として、1980-2018 年の観測値を用いた。GCM に関しては、過去実験（historical）から 1980-2014 年を、将来実験（SSP585）から 2015-2018 年を利用した。観測値としてメッシュ農業気象データ（大野ら, 2016）を使用した。すべての GCM 出力はグレゴリオ暦である。日平均、日最高、日最低気温と下向き長波放射については GCM の線形トレンドを保存する。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

本データセットは、統計的ダウンスケーリングによるもので、各 GCM の将来変化は概ね維持しているものの、数 km スケールの現象を再現しているわけではないため、特に豪雨などの再現性の精度は高くないといえる。また、それぞれの変数は観測値に基づいて補正されているが、内挿方法が線形であるため、基にした全球モデルの格子サイズ（数百 km）の範囲で気象変数の空間的なつながりが維持され、もとの GCM の格子値の時間変動を引き継いでいる。その結果、実際には山岳域によって気候区分が分断されるような状況にあっても、本データセット内では山岳をまたいだ地点間で気象変数の時間変化が類似する傾向が見られる。データセットの特徴は CMIP5 を対象とした統計的ダウンスケーリングデータ（NIES2019）と同様である。詳細については Ishizaki et al. (2022), Ishizaki et al. (2020)を参照されたい。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

利用者は本データセットをもとにして新たに知的生産物（以下、派生物）を作成して公表することができる。

【再配布禁止】利用者は、本データセットを第三者に再配布してはならない。

【最新版利用】利用者は、特別の理由がない限り、本データセットの最新版を利用しなければならない。

【出典の明記】利用者は、派生物に、その派生物が本データセットを利用して二次的に作成されたも

のであることを明記しなければならない。ただし作成者は、利用者に対し、派生物から出典の記載を削除するように要求することができる。その場合、利用者は、合理的に実施可能な範囲で、派生物から出典の記載を削除しなければならない。

【引用の書式】本データセットを引用する場合は、以下のように表記しなければならない。

Ishizaki, N. N., 2021: Bias corrected climate scenarios over Japan based on CDFDM method using CMIP6, Ver.x*1, NIES, doi:10.17595/20210501.001, (Reference date*2: YYYY/MM/DD)

*1 使用したデータのバージョン番号を記載すること。

*2 参照年月日は、ファイルをダウンロードした日付を記載すること。

【問題報告】本データセットの内容について、不備や誤り、またはその疑いのある記述を発見した場合、利用者は、その情報を速やかにデータ提供機関に報告しなければならない。

5.2. 免責事項

作成者およびデータ提供機関は、本利用条件（5.1）に基づく本データセットの利用に関して一切の保証をしない。利用者は、派生物の内容について、作成者またはデータ提供機関が何らかの保証を与えているかのような表現を、作成者に断りなく行ってはならない。本データセットの利用によって何らかの損害が生じた場合、いかなる損害であってもすべて利用者が責任を負うものとする。

5.3. 問い合わせ先

国立環境研究所 気候変動適応センター
石崎紀子 (ishizaki.noriko@nies.go.jp)

6. 利活用例

Yokohata, T., Iwahana, G., Saito, K., Ishizaki, N. N., Matsushita, T., and Sueyoshi, T. Assessing and projecting surface air temperature conditions required to sustain permafrost in Japan. *Prog Earth Planet Sci* 9, 39 (2022). <https://doi.org/10.1186/s40645-022-00498-z>

7. 参考文献

lizumi, T., M. Nishimori, Y. Ishigooka, and M. Yokozawa (2010) Introduction to climate change scenario derived by statistical downscaling. *J. Agri. Meteor.*, 66, 131–143 (in Japanese).

lizumi, T., M. Nishimori, K. Dairaku, S. A. Adachi, and M. Yokozawa (2011) Evaluation and intercomparison of downscaled daily precipitation indices over Japan in present-day climate: Strengths and weaknesses of dynamical and bias-correction-type statistical downscaling methods. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 116, D01111, doi:10.1029/2010JD014513.

lizumi, T., I. Takayabu, K. Dairaku, H. Kusaka, M. Nishimori, G. Sakurai, N. N. Ishizaki, S. A. Adachi, and M. A. Semenov (2012) Future change of daily precipitation indices in Japan: A stochastic weather generator-based bootstrap approach to provide probabilistic climate information. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 117, D11114, doi:10.1029/2011JD017197.

Iizumi, T., M. Okada, and M. Yokozawa (2014) A meteorological forcing data set for global crop modeling: Development, evaluation, and intercomparison. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 119, 363–384, doi:10.1002/2013JD020130.

Iizumi, T., H. Takikawa, Y. Hirabayashi, N. Hanasaki, and M. Nishimori (2017) Contribution of different bias-correction method and reference meteorological forcing data sets to uncertainty in projected temperature and precipitation extremes. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 122, 7800–7819, doi:10.1002/2017JD026613.

Ishizaki, N. N., M. Nishimori, T. Iizumi, H. Shiogama, N. Hanasaki, and K. Takahashi (2020) Evaluation of two bias-correction methods for gridded climate scenarios over Japan. *SOLA*, 16, 80–85., doi:10.2151/sola.2020-014.

Ishizaki, N. N., H. Shiogama, N. Hanasaki, and K. Takahashi (2022) Development of CMIP6-based climate scenarios for Japan using statistical method and their applicability to heat-related impact studies. <https://doi.org/10.1029/2022EA002451>

大野宏之、佐々木華織、大原源二、中園江 (2016) 実況時と数値予報、平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. *生物と気象*, 16, 71-79.

報道発表 : <http://www.nies.go.jp/whatsnew/20210628/20210628.html>

データセットの DOI : 10.17595/20210501.001

XV. ⑭ 日本域海洋予測データ

北太平洋海域 10km 将来予測データ FORP-NP10

日本近海域 2km 将来予測データ FORP-JPN02

(データセットの総称名 : FORP)

1. データセットの概要

本データセットは、CMIP5（第5次結合モデル相互比較プロジェクト）の複数の気候モデル/シナリオによる大気データや大気再解析データを外力として、高解像度の領域海洋モデルシミュレーションにより作成された海域の過去再現・将来予測データセットである。データセットの開発は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）（課題番号：JPMXD0715667163）において始められ、その後、統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマC「統合的気候変動予測」（JPMXD0717935561）に引き継がれて改良が行われた。開発は、国立研究開発法人海洋研究開発機構と気象庁気象研究所が協力して行っている。海洋モデルとして、気象庁気象研究所で開発がなされている先端的な海洋大循環モデルコードMRI.COMv4 (T sujino et al., 2017) が用いられているのが特徴の1つとなっている。本データセットは総称名としてFORP (Future Ocean Regional Projection: 領域海洋将来予測) データセットと名付けた。FORPは、北太平洋海域をカバーする水平解像度約10kmのデータセット (FORP-NP10) と日本近海域をカバーする水平解像度約2kmのデータセット (FORP-JPN02) の2種類から成る。

本解説文は、FORPの最新改良版であるFORP version 4を対象に記述したものである。SI-CATでは、本データの前バージョンであるFORP version 1及びversion 2が作成されてDIASで公開され (Nishikawa et al., 2020; Nishikawa et al., 2021 参照)、2020年に文部科学省と気象庁により取りまとめられた「日本の気候変動2020」の海洋関係の評価にも使用された (Yamanaka et al., 2021)。本データセットFORP version 4は、前バージョン (version 1及びversion 2) からいくつかの大きな改良が行われた。主要な改良点は、海洋モデル基盤を気象庁の現業で用いられているものと同等の仕様に変更したこと、北太平洋海域10kmモデルにおける簡単な生物地球化学過程 (低次生態系モデル) の導入、日本近海域2kmモデルにおける潮汐過程の導入及び河川流入の改良である。これらを含むモデル仕様詳細は2節で解説する。これにより、北太平洋海域10kmデータ (FORP-NP10 version 4) では栄養塩、植物プランクトン、溶存無機炭素などの生物地球化学変量を新たに見ることができるようになり、日本近海域2kmデータ (FORP-JPN02 version 4) ではより細かい時間解像度の出力データが用意されて潮汐の効果なども扱うことができるようになった。データの仕様詳細は3節で解説する。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. 海洋モデル

海洋モデルとして、気象庁気象研究所で開発が続けられているMRI.COMv4 (T sujino et al., 2017) を用いた。その比較的最新版であるv4.6コードをベースに、水平解像度約10kmの北太平洋海域 (NP) モデルと水平解像度約2kmの日本近海域 (JPN) モデルを気象研究所協力の下構築して使用

した。これらは、気象庁の現業で用いられているものと同等の仕様をもつ海洋モデル基盤となっている（例えば、広瀬他 2020）。NP モデルにおいて低次生態系モデルを動かすためには、その生物地球化学変数について物理場と整合した最適な側面境界値を与える必要があることから、低次生態系入りの全球海洋モデル（GLB モデル）を NP モデルの親モデルとして導入した（表 1）。一連の海洋モデル群、すなわち、全球（GLB）、北太平洋（NP）、日本近海（JPN）モデルはオフラインの単方向ネスティングシステムとして構築した。

生物地球化学過程（低次生態系モデル）としては、海洋モデル MRI.COMv4 にオプションとして組み込まれている炭素循環付き NPZD（Nutrient-Phytoplankton-Zooplankton-Detritus）モデル（Nakano et al., 2011; Tsujino et al., 2017）を使用した。これは CMIP6 に参画している気象研究所の地球システムモデル（MRI-ESM2: Yukimoto et al., 2019）で用いられているものと同等である。予報変数として、植物プランクトン、動物プランクトン、デトリタス、溶存無機窒素（NO₃）、溶存無機リン（PO₄）、溶存酸素（O₂）、溶存無機炭素（DIC）、アルカリ度の 8 つを主に含んでいる。

2.2. モデル諸元（解像度等）

使用した各海洋モデルの主なスペックを表 1 にまとめた。また、NP モデル及び JPN モデルの各領域をそれぞれ図 1a, b に示した。

表 1: 海洋モデルの主な仕様

	GLB（全球モデル）	NP （北太平洋海域モデル）	JPN （日本近海域モデル）
用途	(NP の親モデル)	北太平洋海域 10 km 予測データセット作成 (JPN の親モデル)	日本近海域 2 km 予測データセット作成
海洋モデルコード	MRI.COMv4.6 (Tsujino et al., 2017)	(GLB と同じ)	(GLB と同じ)
領域	全球	99°E ~ 75°W, 15°S ~ 63°N (図 1a 参照)	117°E ~ 160°E, 20°N ~ 52°N (図 1b 参照)
水平解像度	1°x 1/2° (tripolar)	1/11° x 1/10°	1/33° x 1/50°
水平格子点数	364 x 366	2049 x 784	1423 x 1604
鉛直層	60 層 (表層 2m, 最 下層 600m) + BBL	60 層 (表層 2m, 最下層 600m)	(NP と同じ)
側面境界	(周期境界)	GLB からの単方向 オフラインネスティ ング	NP からの単方向 オフラインネスティ ング
潮汐、河川流入	潮汐なし、河川流入 あり	潮汐なし、河川流入あり	潮汐あり、河川流入あり
生物地球化学過程	NPZD + 炭素循環	NPZD + 炭素循環	なし
元となったモデルの参考論文	Urakawa et al. (2020)	Nakano et al. (2021)	Sakamoto et al. (2019)

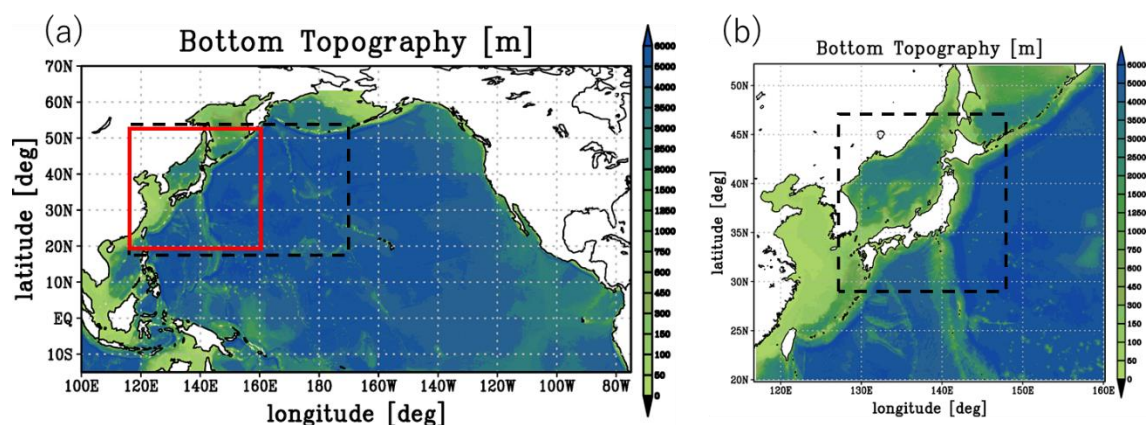


図 1: (a) パネルで示す領域は NP モデルの領域を示す。シェードは海底の深さ（単位は m）。赤線は JPN モデルの領域を示し、黒破線は FOPR-NP10 ver4 の日平均データの領域を示す。(b) パネルで示す領域は JPN モデルの領域を示す。シェードは海底の深さ（単位は m）。黒破線は FOPR-JPN02 ver4 の 1 時間平均データの領域を示す。

2.3. 実験設定（使用シナリオ等）

海洋モデルによる過去再現・将来予測アンサンブル実験を実施するために、CMIP5（第 5 次結合モデル相互比較プロジェクト）の中のモデル・シナリオデータから海洋モデルを駆動するための大気外力データセットを作成して使用した。今回のデータセット（FORP version 4）作成では、CMIP5 モデルとして MIROC5 (Watanabe et al., 2010)、MRI-CGCM3 (Yukimoto et al., 2012) の 2 モデルを、シナリオとして historical (1960~2005 年) 及び RCP2.6, RCP8.5 (各 2006~2100 年) 将来予測シナリオを選定し大気外力データセットを整備した。（※version 2 データでは、上記の 2 モデルに加えて GFDL-ESM2M, IPSL-CM5A-MR も採用しており、物理場のみを考える場合そちらを参照することもできる。Nishikawa et al. (2020) 参照。）また、大気再解析データ JRA-55 (Kobayashi et al., 2015) に基づいた海洋モデル駆動用の大気外力データセット JRA55-do (Tsuji no et al., 2018) を使用することによる、より現実的な過去再現リファレンス実験も実施した。GLB 及び NP の生物地球化学過程に必要な外部データである大気 CO₂ 濃度データとして、CMIP5 の historical, RCP2.6, RCP8.5 各シナリオに対応するデータを各シナリオ実験で使用した。河川流入については、大気外力として JRA55-do を用いた場合には、JRA55-do に含まれる海洋モデル入力用の 1/4 度格子河川流入データセット (Suzuki et al., 2018; Tsujino et al., 2018) を気象研究所で作成されたマッピングテーブルを用いて各モデル格子に補間した。また、大気外力として MIROC5 と MRI-CGCM3 を用いた場合については、これらの河川流入データを JRA55-do の格子に補間した後、上記と同じマッピングテーブルを用いて各モデル格子に補間した。

NP モデルでは、表 2 に示す期間の連続積分計算を実施した。NP モデルの側面境界値を得るために、GLB モデルも同じ大気外力値を用いて同じ期間の実験を行った。GLB 及び NP モデルの各実験共通初期値（1960 年 1 月 1 日）として、気象研究所により実施された、OMIP2 プロトコル (Tsuji no et al., 2020) に基づく全球海洋モデル長期積分実験の結果を使用した。この長期積分実験では、61

年分の JRA55-do 大気外力データ（1958～2018 年）を周期的に用いることにより合計 1830 年（30 サイクル）の積分が実施され、その最後のサイクルの 1960 年 1 月 1 日相当（約 1770 年積分相当）の全球海洋モデル出力データを気象研究所より提供頂き、本 GLB 及び NP モデル各実験の共通初期値として使用した。この 1770 年のスピニングアップ計算により、全球平均した海面 CO₂ 収支がおおむね平衡状態レベルになっていることを確認している。

JPN モデルでは、表 3 に示す期間を選んでタイムスライス実験を実施した。使用する大気外力は基本的に GLB, NP モデル実験と共通で、各タイムスライス期間の実験に必要な初期値、側面境界値は NP モデル結果から取得した。JPN モデルでは潮汐を表現するため、起潮力ポテンシャルを与えると同時に、側面境界条件に NAO.99b 潮汐予測システム（Matsumoto et al., 2000）を用いて作成された潮位・潮流場を与えた。

表 2: NP モデルにおける各外力/シナリオ実験の期間

大気外力	Historical	RCP2.6	RCP8.5
MIROC5	1960～2005	2006～2100	2006～2100
MRI-CGCM3	1960～2005	2006～2100	2006～2100
JRA55-do	1960～2018		

表 3: JPN モデルにおける各外力/シナリオ実験の期間

大気外力	Historical	RCP2.6	RCP8.5
MIROC5	1991～2005	2086～2100	2041～2055, 2086～2100
MRI-CGCM3	1991～2005	2086～2100	2041～2055, 2086～2100
JRA55-do	1991～2005, 2006～2018		

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

北太平洋域 10 km データ（FORP-NP10 version 4）は以下の 2 種類から成り、2 節で述べた NP モデル実験の各出力にメタデータ情報を付した netCDF ファイルとして作成した：

forp-np-v4_[var]_mn_YYYYMM.nc：月平均データ、北太平洋海域（NP モデル全域）

forp-np-v4_[var]_dy_YYYYMM.nc：日平均データ、北西太平洋海域（117°E～170°W, 18°N～53°N）

ファイルは基本的に 1 ファイルあたり 1 変数項目となっている（[var]は変数項目ラベルで、変数項目の詳細は 3.4 節参照）。YYYYMM は年月に対応し、月平均データでは 1 ファイル 1 時刻分となっていて、例えば forp-np-v4_thetao_mn_198101.nc は 1981 年 1 月平均分の北太平洋海域の水温（thetao）データである。一方、日平均データでは 1 ファイルに各月の日数分が含まれており、例えば forp-np-v4_thetao_dy_198101.nc では 1981 年 1 月 1～31 日分の日本周辺海域の水温データとなっている。

日本近海域 2 km データ（FORP-JPN02 version 4）は以下の 3 種類から成り、2 節で述べた JPN モデル実験の各出力にメタデータ情報を付した netCDF ファイルとして作成した：

forp-jpn-v4_[var]_dy_YYYYMM.nc：日平均データ、日本近海域（JPN モデル全域）

forp-jpn-v4_[var]_hr_YYYYMM.nc: 1 時間平均データ、日本近海域（東経 127 度～東経 148 度，北緯 29 度～北緯 47 度）におけるポテンシャル水温ならびに海面高度のデータ

forp-jpn-v4_[var]_hr_YYYYMMDD.nc: 1 時間平均データ、日本近海域（東経 127 度～東経 148 度，北緯 29 度～北緯 47 度）における 3 次元流速場のデータ

ファイルは基本的に 1 ファイルあたり 1 変数項目となっている ([var]は変数項目ラベルで、変数項目の詳細は 3.4 節参照)。YYYYMM (DD) は年月 (日) に対応し、日平均データでは 1 ファイルに各月の日数分含まれていて、例えば forp-jpn-v4_thetao_dy_199101.nc は 1991 年 1 月 1 日平均から 1 月 31 日平均までの 31 ステップ分の水温 (t) データとなっている。ポテンシャル水温ならびに海面高度の 1 時間平均データには 1 ファイルに各月の日数×24 時間分のデータが格納されており、例えば forp-jpn-v4_thetao_hr_199101.nc には 1991 年 1 月 1 日の 0～1 時平均から 1991 年 1 月 31 日の 23～24 時平均までの 744 ステップ分のポテンシャル水温データが格納されている。一方で、3 次元流速場の 1 時間平均データには各日の 24 時間分のデータが格納されている。例えば forp-jpn-v4_uo_hr_19910101.nc には 1991 年 1 月 1 日の 24 時間分の東西流速データが格納されている。

各データの仕様詳細情報は netCDF のヘッダに格納されており、ユーザはそれを参照、利用することができるようになっている。netCDF はある程度 CF convention 規約に準拠したものとなっている。

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

北太平洋域 10 km データ (FORP-NP10 version 4) では、データ期間は、基本的には NP モデルの各計算期間 (表 2) に対応するが、各 historical 期間のうち少なくとも初めの 10 年程度は全球モデル結果による初期値からのスピナップ期間と考えられるので、1960 年から 1969 年までの結果をデータセットからは除外した。すなわち、データセットとしては、各 historical 期間は 1970 年から 2005 年まで (JRA55-do では 1970 年から 2018 年まで) とした。空間領域は、月平均データでは NP モデルの領域及び鉛直層と同等で、日平均データでは北西太平洋海域 (東経 117 度～西経 170 度，北緯 18 度～北緯 53 度) となっている (表 1 及び図 1a 参照)。

日本近海域 2 km データ (FORP-JPN02 version 4) では、データ期間は、基本的に JPN モデルの各計算期間 (表 2) に対応するが、各タイムスライス期間の初めの 1 か月程度は NP モデル結果による初期値からのスピナップ期間と考えられるので、データ利用においてはその点を注意する必要がある。空間領域は、日平均データでは JPN モデル領域及び鉛直層と同じで、1 時間平均データでは日本近海における矩形領域 (東経 127 度～東経 148 度，北緯 29 度～北緯 47 度: 図 1b の黒破線を参照) で、データ量の関係から、対応する変数及び鉛直層を限っている (3.4 節参照)。

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

北太平洋域 10 km データ (FORP-NP10 version 4) について、時間間隔は 3.1 節で述べた通り (月ごと、日ごとの 2 種類) である。空間解像度は NP モデルに準ずる (表 1 参照)。

日本近海域 2 km データ (FORP-JPN02 version 4) について、時間間隔は 3.1 節で述べた通り (日ごと、1 時間ごとの 2 種類) である。空間解像度は JPN モデルに準ずる (表 1 参照)。

3.4. 要素（物理量）の説明

FORP-NP10 (version 4) 及び FORP-JPN02 (version 4) データセットの各要素は、3.1 節に示したように原則として 1 ファイル 1 要素となっており、ファイル名における要素ラベル ([var]) で識別される。要素のリストを [var]: 要素の簡単な説明（単位）、時間平均の種類という形で以下にリストアップする。

FORP-NP10（物理要素：21 変数）

thetao：ポテンシャル水温（degrees Celsius）、月平均、日平均
so：塩分（psu）、月平均、日平均
uo：東西流速（ cm s^{-1} ）、月平均、日平均
vo：南北流速（ cm s^{-1} ）、月平均、日平均
zos：海面高度（cm）、月平均、日平均
rsntds：海面下向き短波放射（ W m^{-2} ）、月平均、日平均
rlntds：海面下向き長波放射（ W m^{-2} ）、月平均、日平均
hf1s：海面下向き潜熱フラックス（ W m^{-2} ）、月平均、日平均
hfss：海面下向き顕熱フラックス（ W m^{-2} ）、月平均、日平均
evs：海面蒸発フラックス（ $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）、月平均、日平均
pr：海面降水フラックス（ $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）、月平均、日平均
friver：海面河川流入フラックス（ $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）、月平均、日平均
tauuo：海面風応力の東西方向成分（ N m^{-2} ）、月平均、日平均
tauvo：海面風応力の南北方向成分（ N m^{-2} ）、月平均、日平均
pso：海面気圧（hPa）、月平均、日平均
tas：海上気温（degrees Celsius）、月平均、日平均
huss：海上比湿（ kg kg^{-1} ）、月平均、日平均
uas：海上風の東西方向成分（ cm s^{-1} ）、月平均、日平均
vas：海上風の南北方向成分（ cm s^{-1} ）、月平均、日平均
siconc：海氷密接度（1）、月平均、日平均(オホーツク海域のみ)
sithick：海氷層厚（m）、月平均、日平均(オホーツク海域のみ)

FORP-NP10（生物地球化学要素：13 変数）

talk：アルカリ度（ mol m^{-3} ）、月平均、日平均（2475mまで）
dissic：溶存無機炭素（ mol m^{-3} ）、月平均、日平均（2475mまで）
o2：酸素（ mol m^{-3} ）、月平均、日平均（2475mまで）
po4：リン酸塩（ mol m^{-3} ）、月平均、日平均（2475mまで）
no3：硝酸塩（ mol m^{-3} ）、月平均、日平均（2475mまで）

phyn: 植物プランクトン (mol m^{-3})、月平均、日平均 (2475mまで)
zoon: 動物プランクトン (mol m^{-3})、月平均、日平均 (1mのみ)
fgco2: 海面下向き CO2 フラックス ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、月平均、日平均
fgo2: 海面下向き O2 フラックス ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、月平均、日平均
spco2: 海面 CO2 分圧 (Pa)、月平均のみ
intpp: 基礎生産(primary production) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、月平均、日平均
phos: 海面 pH (1)、月平均、日平均
chlos: 海面クロロフィル (kg m^{-3})、月平均、日平均

FORP-JPN02 (19 変数)

thtetao: ポテンシャル水温 (degrees Celsius)、日平均、1 時間平均 (1mのみ)
so: 塩分 (psu)、日平均
uo: 東西流速 (cm s^{-1})、日平均、1 時間平均 (200mまで)
vo: 南北流速 (cm s^{-1})、日平均、1 時間平均 (200mまで)
zos: 海面高度 (cm)、日平均、1 時間平均
rsntds: 海面下向き短波放射 (W m^{-2})、日平均
rlntds: 海面下向き長波放射 (W m^{-2})、日平均
hfls: 海面下向き潜熱フラックス (W m^{-2})、日平均
hfss: 海面下向き顕熱フラックス (W m^{-2})、日平均
evs: 海面蒸発フラックス ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、日平均
pr: 海面降水フラックス ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、日平均
friver: 海面河川流入フラックス ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$)、日平均
tauuo: 海面風応力の東西方向成分 (N m^{-2})、日平均
tauvo: 海面風応力の南北方向成分 (N m^{-2})、日平均
pso: 海面気圧 (hPa)、日平均
tas: 海上気温 (degrees Celsius)、日平均
huss: 海上比湿 (kg kg^{-1})、日平均
uas: 海上風の東西方向成分 (cm s^{-1})、日平均
vas: 海上風の南北方向成分 (cm s^{-1})、日平均

単位系について、海洋モデル (MRI.COMv4) のコア部分が cgs 単位系で記述されていることと、海洋モデルの出力データになるべく手を加えない形で公開向けデータとしたため、一部の主要要素は cgs 単位系となっていることに注意。(一部、ユーザ側で必要に応じ MKS 単位系に直して頂く。)

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

FORP データセットでは、使用する大気外力値や海洋モデル実験設定においてバイアス補正に関

する操作を特に行っておらず、データは基本的にバイアス補正されていないデータ（各海洋モデル実験の出力値そのもの）となっている。このことから、FORP の CMIP5 大気外力（MIROC5, MRI-CGCM3）駆動による表層の物理場は、各 CMIP5 オリジナルの北太平洋海域の表層や海上付近大気をよく反映したダウンスケーリング結果となっていて、オリジナルデータのバイアスもある程度反映される。例えば、FORP の MIROC5 及び MRI-CGCM3 各 historical ケースにおける日本周辺海域の表層水温の海域別バイアス傾向は各 CMIP5 オリジナル海洋データとよく対応しており、また MIROC5 及び MRI-CGCM3 各大気場における偏西風の南偏バイアスが対応する FORP データの黒潮位置の南偏に関わっていることがわかっている（これらの詳細については Nishikawa et al. (2021) も参照）。

ユーザが大気外力や海洋モデルに起因するバイアスを評価するために、大気再解析データ JRA-55（JRA55-do）を用いて実施された結果（表 2, 3）や、海洋再解析データセット FORA-WNP30（Usui et al., 2017）を使用することができる。海洋再解析データ FORA-WNP30 は、衛星、船舶、ブイなどの様々な観測データが 4 次元変分法を用いて海洋モデル（MRI.COMv2.4）で同化された北西太平洋海域の物理場データ（1982～2015 年）であり、FORP-NP10 とおおむね同等の水平解像度を持っている。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

本データセット（FORP-NP10 version 4 および FORP-JPN02 version 4）における主な予測要素の大まかな特徴について、長くなるためここには含めず、本章の最後に Appendix として以下の3つのセクションに分けて記した：

A.1 北太平洋域 10 km データにおける物理場・生物地球化学場の大まかな特徴

A.2 日本近海域 2 km データにおける物理場の大まかな特徴

A.3 北太平洋域における海面でのエネルギー交換過程の大まかな特徴

上記各セクションでは、観測や再解析等のリファレンスデータとの比較などにより簡単に解析、図示を行った結果例を示している。各データセット要素の種類・数が多いため、上記の検証は主要な要素に着目したものとなっている。

5. 注意事項

本データセットの利用条件および免責事項は、基本的にパブリックライセンス CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.ja>

に準拠するものとする。

5.1. 利用条件

- 1) 本データセットは上記ライセンスの下利用目的を問わず無償で利用可能とする。
- 2) 本データセットを利用した論文および報告文では、これを利用した旨を謝辞等に明記すること。また下記の論文を引用する。
Nishikawa et al., 2021, Development of high-resolution future ocean regional projection datasets for coastal applications in Japan. Progress in Earth and Planetary Science, 8:7,
<https://doi.org/10.1186/s40645-020-00399-z>
- 3) 本データセットを利用して、論文および報告文、学会発表等を行った場合は、別刷あるいは公開 URL などの情報を「問合せ先」まで報告すること。
- 4) その他の利用条件は上記のパブリックライセンスに従う。

5.2. 免責事項

- 1) 本データセットの著作権ならびにその他一切の知的財産権は、本データセットを作成した国立研究開発法人海洋研究開発機構に属する。国立研究開発法人海洋研究開発機構は、本データセットについて細心の注意を払って作成・公開しているが、本データセットの信頼性について一切保証するものではない。
- 2) 本データセットの利用により、利用者の皆様が直接、間接を問わず何らかの損害を受けた場合、国立研究開発法人海洋研究開発機構はそれらの損害に一切の責任を負わない。
- 3) その他の免責事項は上記のパブリックライセンスに従う。

5.3. 問い合わせ先

海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 石川洋一
ishikaway@jamstec.go.jp

6. 利活用例

文部科学省・気象庁「日本の気候変動 2020」

7. 参考文献

Nishikawa H, Nishikawa S, Ishizaki H, Wakamatsu T, Ishikawa Y (2020): Detection of the Oyashio and Kuroshio fronts under the projected climate change in the 21st century. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7: 29. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00342-2>

Nishikawa S, Wakamatsu T, Ishizaki H, Sakamoto K, Tanaka Y, Tsujino H, Yamanaka G, Kamachi M, Ishikawa Y (2021): Development of high-resolution future ocean regional projection datasets for coastal applications in Japan. *Prog. Earth. Planet. Sci.*, 8:7. <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00399-z>

Tsujino H, Nakano H, Sakamoto K, Urakawa S, Hirabara M, Ishizaki H, Yamanaka G (2017): Reference manual for the Meteorological Research Institute Community Ocean Model version 4 (MRI.COMv4). *Technical Reports of the Meteorological Research Institute*, 80.

8. 引用文献

広瀬成章、坂本圭、碓氷典久、山中吾郎、高野洋雄 (2020) 日本沿岸海況監視予測システム 10 年再解析値 (JPN Atlas 2020) . 気象研究所技術報告 第 83 号 . <https://doi.org/10.11483/mritechrepo.83>

Hosoda S, Ohira T, Sato K, Suga T (2010): Improved description of global mixed-layer depth using Argo profiling floats. *J Oceanogr* 66: 773-787. <https://doi.org/10.1007/s10872-010-0063-3>

Kida S, Mitsudera H, Aoki s, Guo X, Ito S, Kobashi F, Komori N, Kubokawa A, Miyama T, Morie R, Nakamura H, Nakamura T, Nakano H, Nishigaki H, Nonaka M, Sasaki H, Sasaki YN, Suga T, Sugimoto S, Taguchi B, Takaya K , Tozuka T, Tsujino H, Usui N (2016): Oceanic fronts and jets around Japan: a review. H. Nakamura et al. (eds.) "Hot Spots" in the Climate System. https://doi.org/10.1007/978-4-431-56053-1_1

Kobayashi S, Ota Y, Harada Y, Ebata A, Moriya M, Onoda H, Onogi K, Kamahori H, Kobayashi C, Endo H, Miyaoka K, Takahashi K (2015): The JRA-55 reanalysis: general specifications and basic characteristics. *J Meteor Soc Jpn* 93:5-48

Matsumoto K, Takanezawa T, Ooe M (2000): Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: a global model and a regional model around Japan. *J Oceanogr* 56:567-581

- Nakano H, Tsujino H, Hirabara M, Yasuda T, Motoi T, Ishii M, Yamanaka G (2011): Uptake mechanism of anthropogenic CO₂ in the Kuroshio Extension region in an ocean general circulation model. *J Oceanogr* 67: 765-783. <https://doi.org/10.1007/s10872-011-0075-7>
- Nakano H, Matsumura Y, Tsujino H, Urakawa S, Sakamoto K, Toyoda T, Yamanaka G (2021): Effects of eddies on the subduction and movement of water masses reaching the 137°E section using Lagrangian particles in an eddy-resolving OGCM. *J Oceanogr* 77:283-305. <https://doi.org/10.1007/s10872-020-00573-3>
- Sakamoto K., Tsujino H, Nakano H, Urakawa S, Toyoda T, Hirose N, Usui N, Yamanaka G (2019): Development of a 2-km resolution ocean model covering the coastal seas around Japan for operational application. *Ocean Dynamics* 69, 1181–1202
- Suga T, Motoki K, Aoki Y, MacDonald AM (2004): The North Pacific climatology of winter mixed layer and mode waters. *J Phys Oceanogr*, 34:3-22.
- Suzuki T, Yamazaki D, Tsujino H, Komuro Y, Nakano H, Urakawa S (2018): A dataset of continental river discharge based on JRA-55 for use in a global ocean circulation model. *J Oceanogr* 74:421-429. <https://doi.org/10.1007/s10872-017-0458-5>
- Tsujino H, Urakawa S, Nakano H, et al. (2018): JRA-55 based surface dataset for driving ocean–sea-ice models (JRA55-do). *Ocean Modelling*, 130, 79-139. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2018.07.002>
- Tsujino H, Urakawa S, Griffies SM, et al. (2020): Evaluation of global ocean–sea-ice model simulations based on the experimental protocols of the Ocean Model Intercomparison Project phase 2 (OMIP-2). *Geosci. Model Dev.*, 13, 3643-3708. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-3643-2020>
- Urakawa S, Tsujino H, Nakano H, Sakamoto K, Yamanaka G, Toyoda T (2020): The sensitivity of a depth-coordinate model to diapycnal mixing induced by practical implementations of the isopycnal tracer diffusion scheme. *Ocean Modelling* 154. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2020.101693>
- Usui N, Wakamatsu T, Tanaka Y, Hirose N, Toyoda T, Nishikawa S, Fujii Y, Takatsuki Y, Igarashi H, Nishikawa H, Ishikawa Y, Kuragano T, Kamachi M (2017): Four-dimensional variational ocean reanalysis: a 30-year high-resolution dataset in the western North Pacific (FORA-WNP30). *J Oceanogr* 73:205–233. <https://doi.org/10.1007/s10872-016-0398-5>
- Watanabe M, Suzuki T, O'ishi R, Komuro Y, Wanatabe S, Emori S, Takemura T, Chikira M, Ogura T, Sekiguchi M, Takata K, Yamazaki D, Yokohata T, Nozawa T, Hasumi H, Tatebe H, Kimoto M (2010): Improved climate simulation by MIROC5: mean states, variability, and climate sensitivity. *J Clim* 23:6312–6335
- Yamanaka G, Nakano H, Sakamoto K, Toyoda T, Urakawa S, Nishikawa S, Wakamatsu T, Tsujino H, Ishikawa Y (2021): Projected climate change in the western North Pacific at the end of the

21st century from ensemble simulations with a high-resolution regional ocean model. *Journal of Oceanography*, 77, 539-560. <https://doi.org/10.1007/s10872-021-00593-7>

Yukimoto S, Adachi Y, Hosaka M, Sakami T, Yoshimura H, Hirabara M, Tanaka TY, Shindo E, Tsujino H, Deushi M, Mizuta R, Yabu S, Obata A, Nakano H, Koshiro T, Ose T, Kito A (2012): A new global climate model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3: model description and basic performance. *J Meteorol Soc Jpn* 90A:23–64

Yukimoto S, Kawai H, Koshiro T, Oshima N, Yoshida K, Urakawa S, Tsujino H, Deushi M, Tanaka T, Hosaka M, Yabu S, Yoshimura H, Shindo E, Mizuta R, Obata A, Adachi Y, Ishii M (2019): The Meteorological Research Institute Earth System Model Version 2.0, MRI-ESM2.0: Description and Basic Evaluation of the Physical Component. *J Meteor Soc Jpn* 97:931–965. <https://doi.org/10.2151/jmsj.2019-051>

A. 補足（各データセット要素の検証例）

A.1. 北太平洋域 10km データ（FORP-NP10）における物理場・生物地球化学場の大まかな特徴

A.1.1. 日本周辺海域の物理場（水温、海面高度、塩分、混合層深度）

図 2a,b は、日本周辺海域（東経 117～160 度,北緯 20～52 度）で平均した海面水温の 1970 年から 2100 年までの時系列を北太平洋域 10km データ（FORP-NP10）の各外力・シナリオ結果（図 2a）および外力に使用した CMIP5 の各モデル・シナリオのオリジナル結果（図 2b）からそれぞれプロットしたものである。過去再現期間（1970～2005 年）に着目すると、モデルにより多少ばらつきがあることが分かり、モデルごとに一定の水温バイアスを持っていることが示唆される。その中で、JRA55-do 結果（図 2a の緑線）は平均的に海洋再解析データ FORA-WNP30 と近い値となっていて、これを観測値に近いリファレンスとして考えると、CMIP5 オリジナルデータは両モデルともこの海域で全体的に低温バイアス傾向となっていて（図 2b）、本データの対応する各結果（図 2a）ではこのバイアスが軽減されてより観測値に近づいていることが示唆される。図 2c,d は、同様の領域平均海面水温について、1986～2005 年平均からの偏差の時系列をみたものである。MIROC5, MRI-CGCM3 の各シナリオでの本データ（図 2c）と CMIP5 オリジナルデータ（図 2d）の結果は年々変動を含めてよく対応しており、本データは少なくとも表層の水温に関して CMIP5 からの妥当なダウンスケーリング計算となっていることが示唆される。

図 3 は、北太平洋域 10km データ（FORP-NP10）における過去再現期間での長期平均（1991～2005 年平均）した海面高度分布について 3 つのケース（JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3）とリファレンスとして海洋再解析データ FORA-WNP30 (Usui et al., 2017) とで比較したものである。海面高度のコンターは表層の流れ場に対応し、海洋再解析データを見ると（図 3d）、コンターの密な（海面高度勾配の大きな）部分で黒潮、親潮、対馬暖流などの日本周辺の主要な海流構造が表現されていることが分かる。CMIP などの全球的な気候予測データでは水平解像度が 100km 程度のため、これらの海流構造が詳細には表現されないが、水平解像度が約 10km の本モデルでは各ケースともそれらの構造がよく解像されて妥当に表現されているといえる（図 3a-c）。CMIP5 外力（MIROC5, MRI-CGCM3）で駆動されたケースでは、黒潮が離岸して黒潮続流となる緯度が、それが現実的に表現さ

れている JRA55-do で駆動されたケース（図 3c）や FORA-WNP30（図 3d）よりもやや（2～3 度程度）南寄りであることがわかる。この要因として、駆動に用いた MIROC5 および MRI-CGCM3 の海上風における偏西風の位置の南偏が関係していると考えられる（これについての詳細な解析は Nishikawa et al., 2021 参照）。この黒潮の南偏傾向は、本データ利用上に考慮すべき点の 1 つである。

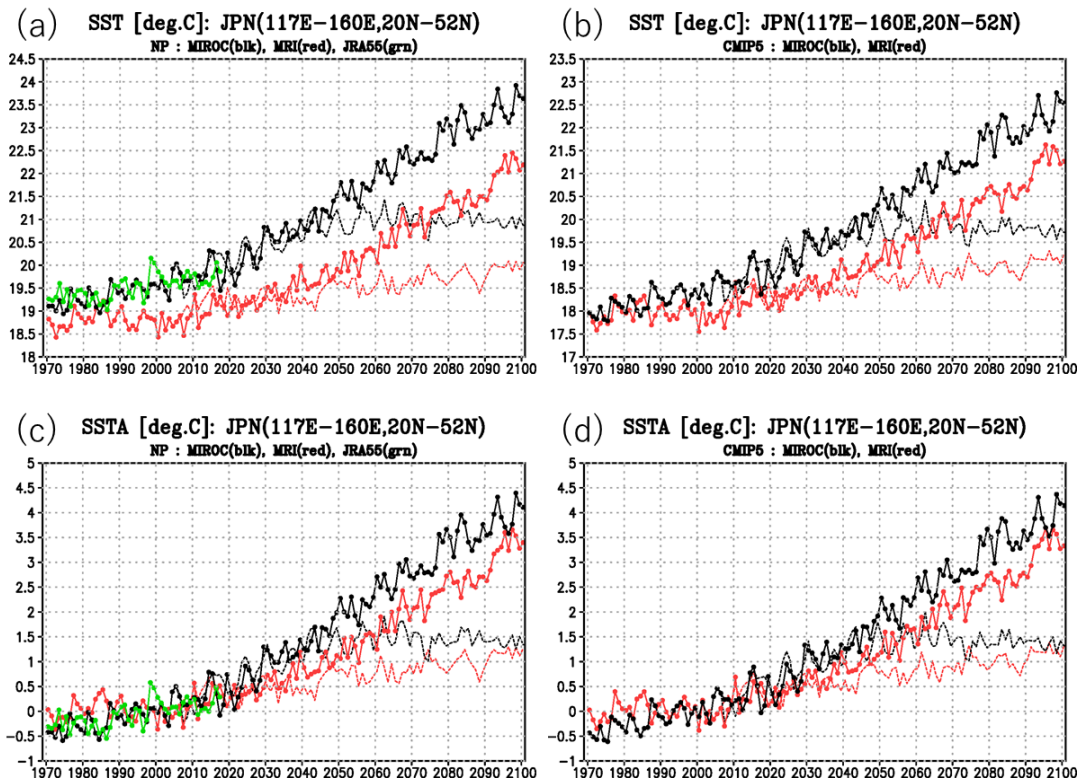


図 2: 日本周辺海域 (117°E~160°E, 20°N~52°N) で平均した海面水温の年ごと時系列を (a) FORP-NP10 結果、および (b) CMIP5 オリジナル海域データ結果で示したものを。緑は JRA55-do、黒は MIROC5 (太線: historical + RCP8.5、細線: RCP2.6)、赤は MRI-CGCM3 (太線、細線は MIROC5 と同様) を示す。(c) 図 2a に関して、1986~2005 年平均値からの偏差を示したものの。(d) 図 2b に関して、1986~2005 年平均値からの偏差を示したものの。単位は°C。

図 4 および図 5 は、北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) 各ケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) の過去再現期間における東経 137 度断面での水温および塩分の平均分布を気象庁東経 137 度観測気候値による分布と比較したものである。まず水温について、各データ結果は、モデルや場所により若干のバイアスはあるが、18 度付近の亜熱帯モード水やその北側の黒潮フロントを中心とした表層、亜表層の水温構造を観測 (図 4d) に対応してよく再現できているといえる。海面高度分布 (図 3) でも見られたように、黒潮フロントの位置が JRA55-do 結果では観測と同様に 34 度付近にあるものが、MIROC5 と MRI-CGCM3 では 31 度付近にきており、南偏していることが分かる。塩分の分布について、観測に見られる亜表層 (100~300m) の高塩分分布や中層 (600~800m) の低塩分分布 (北太平洋中層水に対応) が、本データの各結果において、後者がモデルにおいてやや高塩分気味であるものの、おおむねよく再現されているといえる。

図 6 は、長期平均 (1991~2005 年平均) した表層混合層深度分布について図 3 と同様に 3 つのケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) およびリファレンスとして Argo 観測による表層混合層の格子化データ MIRA_GPV (Hosoda et al., 2017) とで比較したものである。北太平洋における表層混合層は、大まかには、黒潮による南から北への暖水輸送とそれに伴う海面での冬季を中心とし

た冷却により、北西太平洋域で深くなるような分布をしている（図 6d）。より詳細には、黒潮～黒潮続流のすぐ南側の海域と、黒潮続流の少し北側かつやや下流側の海域で特に深い構造をもつことが Argo ベースの観測データ（図 6d）や過去の観測に基づく解析研究（例えば、Suga et al., 2004）などから分かる。こうした混合層深度の詳細分布においては、黒潮フロントを中心とした北西太平洋域のいくつか水温フロント構造（例えば、Kida et al., 2016）が密接に関わっていると考えられており、それらは CMIP 気候モデルのような低解像度モデルでは表現が困難であるが、本データでは黒潮、渦、フロント等を表現可能な解像度により、そうした水温フロントとそれに伴う深い混合層の分布構造がある程度捉えられていることが分かる（図 6a-c）。

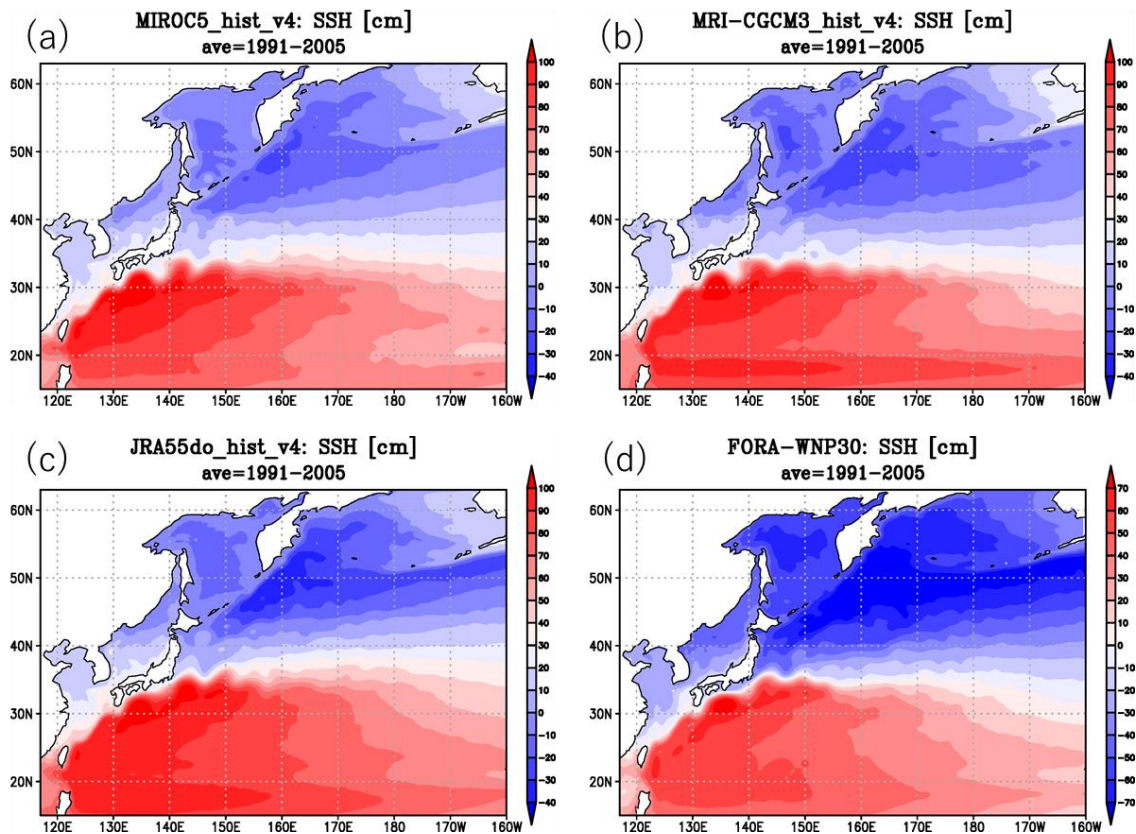


図 3：北太平洋域 10km データ（FORP-NP10）における、1991～2005 年平均した海面高度分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) 海洋再解析データ FORA-WNP30 (Usui et al., 2017)による分布。単位は cm。

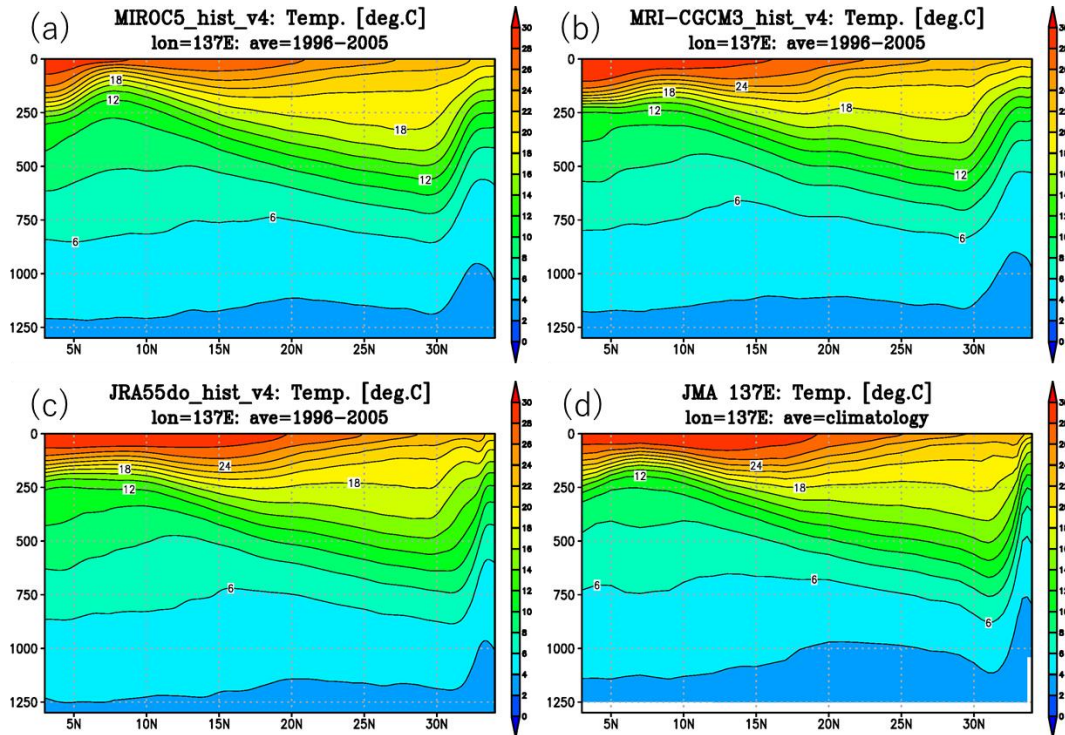


図 4：北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、137°E 断面での水温分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) 気象庁 137°E 観測による気候値。各結果は 1996~2005 年平均。単位は°C。

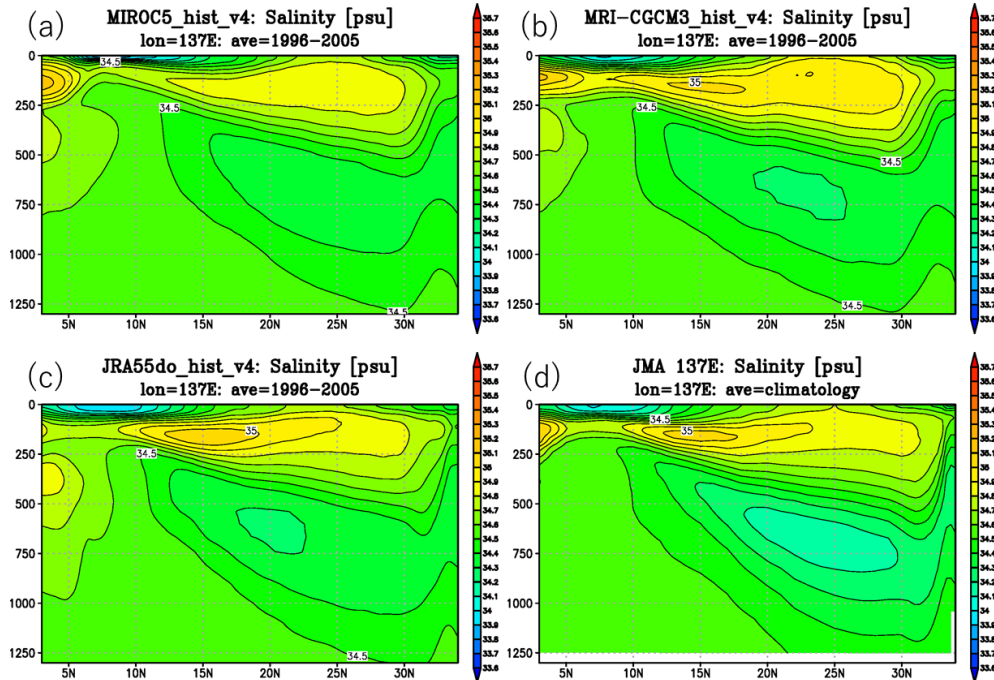


図 5：北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、137°E 断面での塩分分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) 気象庁 137°E 観測による気候値。各結果は 1996~2005 年平均。単位は psu。

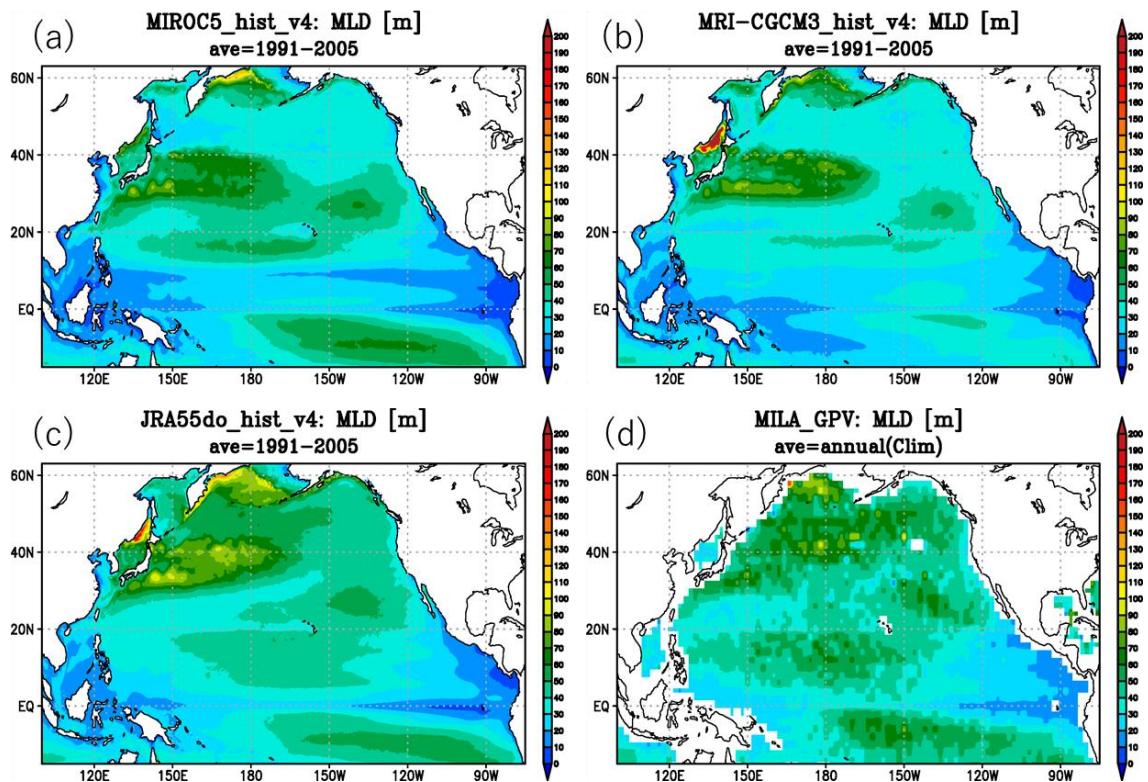


図 6：北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、1991～2005 年平均した混合層深度分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) MILA_GPV (Argo 観測による表層混合層の格子データ : Hosoda et al., 2010)の年平均気候値による分布。単位は m。

A.1.2. 生物地球化学場の比較例 (海面の CO₂フラックス、栄養塩、クロロフィル)

図 7 は、過去再現期間での長期平均 (1991～2005 年平均) した海面下向き CO₂フラックス分布について、北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) の 3 ケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) 結果と気象庁 CO₂観測による同期間で平均した分布を比較したものである。図に示す海域において、観測では (図 7d)、北緯 35～40 度を中心とした北西太平洋域で CO₂を吸収する向きで、ペルー沖から赤道東太平洋にかけて CO₂を放出する向きの分布となっている。3 ケースのモデル結果では (図 7a-c)、この基本的な分布をよく再現していることがわかる。詳しく見ると、JRA55-do のケースでは上記の CO₂吸収、放出の強さが観測と同程度がやや強めであるのに対し、MIROC5 と MRI-CGCM3 のケースではそれらがやや弱めとなっている。

図 8 は、過去再現期間での長期平均 (1991～2005 年平均) した海面の硝酸塩 (NO₃) 分布について、北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) の 3 ケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) 結果と WOA13v2 の気候値による分布を比較したものである。北太平洋海域では、WOA による気候値分布 (図 8d) に示されるように、栄養塩について北西太平洋と東部赤道太平洋で多い分布となっているが、3 ケースのモデル結果は基本的にはそれとよく対応したものとなっている。北西太平洋域の分布について詳しく見ると、表層の栄養塩は表層混合層の発達 (季節変化) により下から栄養塩が取り込まれる過程が重要となるため、表層混合層深度の分布 (図 6) や黒潮続流域での海流分布・構造 (図 3) に大きく影響を受けていることが分かる。

低次生態系に関するメトリックとして、海面クロロフィルは重要な項目の 1 つであり、それについての検証例を示す。まず図 9 は、北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) 各ケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) での 5 月の海面クロロフィル分布例を衛星データによる 5 月気候値の分布と合わせて示したものである。5 月は亜寒帯域における春季ブルーム期に対応する。この海域では、亜寒帯域での高クロロフィル a 濃度と亜熱帯域での低クロロフィル a 濃度が基本的な特徴となっており (図 9d)、3 つの外力ケースいずれにおいてもこの南北方向のクロロフィル濃度変化の大局的な分布を再現しているといえる。一方、衛星観測では亜寒帯の沿岸域で非常に高濃度のクロロフィル a が見られるものが、今回の 3 つのモデル結果では見られない。今回の海洋モデルに用いた生物地球化学過程 (低次生態系) はかなりシンプルなタイプのモデルであり、そうした沿岸域での高クロロフィル a 濃度を再現するのに重要なプロセスを十分含むものではないため、この点は今回のモデルでの再現が困難な点と考えられる。

次に海面クロロフィルの季節変動について、北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) の 3 ケース (JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) の月別長期平均結果 (1970~2005 年平均) を MODIS 観測によるクロロフィル a 濃度の月別気候値 (2003~2012 年平均) と比較したものが図 10 である。本データ全般の特徴として、クロロフィル濃度は観測値より低い。一方で、季節変動は再現できているといえる。黒潮フロントの影響がはっきりと捉えられているのは、それを表現するのに十分な水平解像度をもっている本データの特徴の 1 つである。図 11 は、海面クロロフィルについて春季ブルーム (上) と秋季ブルーム (下) それぞれが起こる月を本データの 3 ケースと MODIS 観測で比較したものである。まず春季ブルームを見ると、特に北緯 36~40 度の日本東方海域での再現性がモデル間で異なる。観測では 4~5 月にブルームが起きているので、MIROC5 が最も再現性が良い。一方、JRA55-do はブルーム開始が遅い。次に秋季ブルームを見ると、観測では北緯 34~42 度では 10~11 月にブルームが起きており、最も再現性が良いのは JRA55-do である。一方、MIROC5 では秋季ブルームがほとんど起きていない。

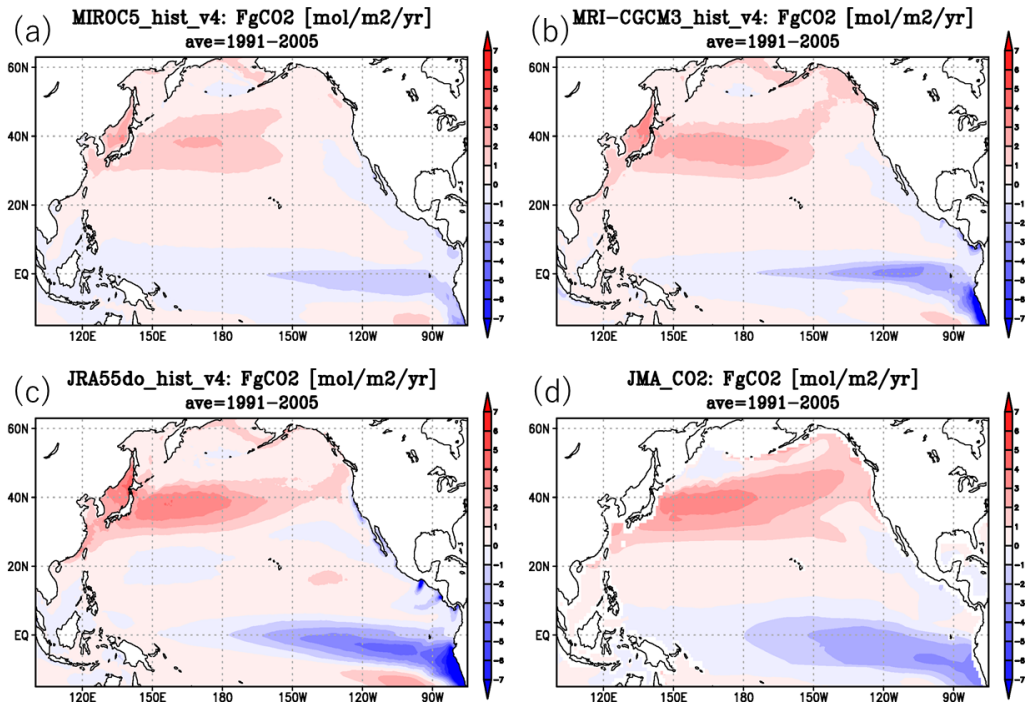


図7：北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、1991～2005 年平均した海面下向き CO₂ フラックスの分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) 気象庁の海面 CO₂フラックスデータより同じ期間の平均値。単位は mol m⁻² yr⁻¹。

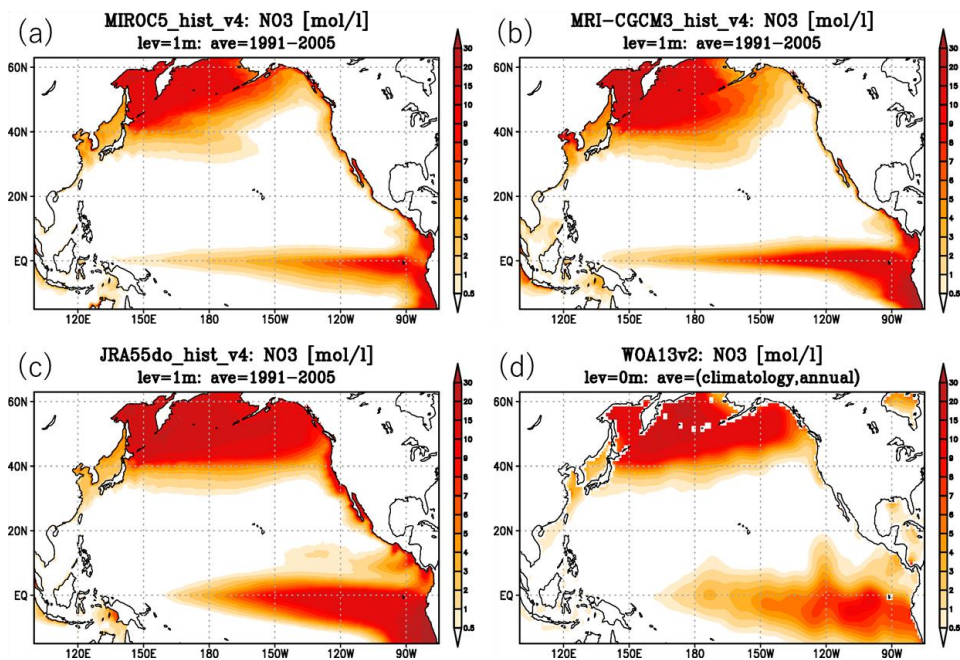


図8：北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、1991～2005 年平均した海面の硝酸塩 (NO₃) 分布の比較。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) WOA13v2 による海面 NO₃ 分布の気候値。単位は mol l⁻¹。

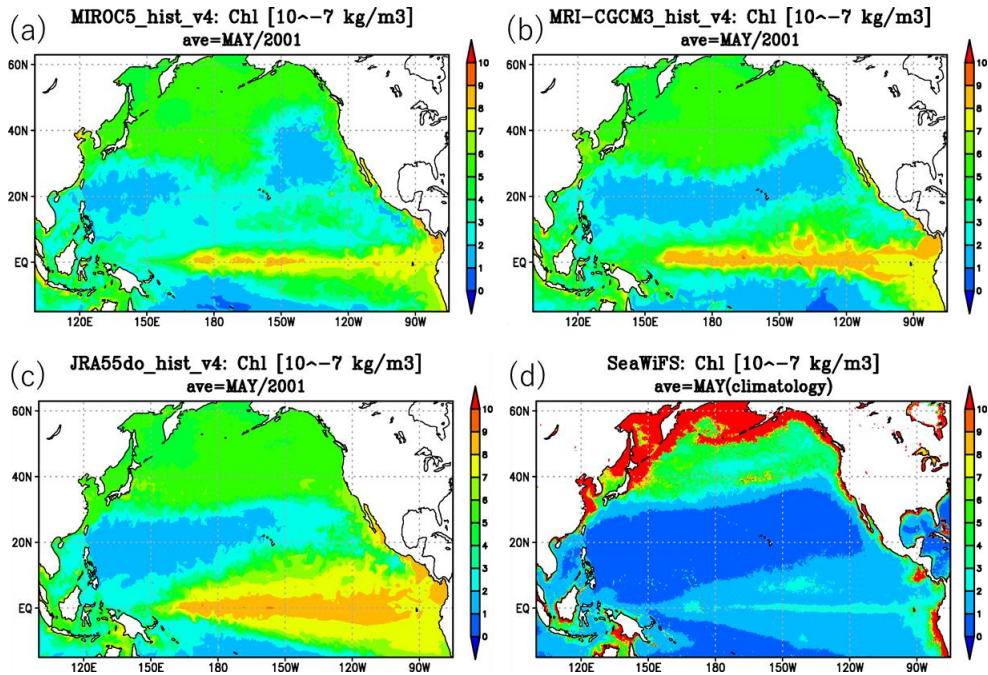


図 9 : 北太平洋域 10km データ (FORP-NP10) における、2001 年 5 月の海面クロロフィル分布の比較例。(a) MIROC5, (b) MRI-CGCM3, (c) JRA55-do を示す。(d) SeaWiFS による海面クロロフィル a 分布の 5 月気候値。単位は kg m^{-3} 。

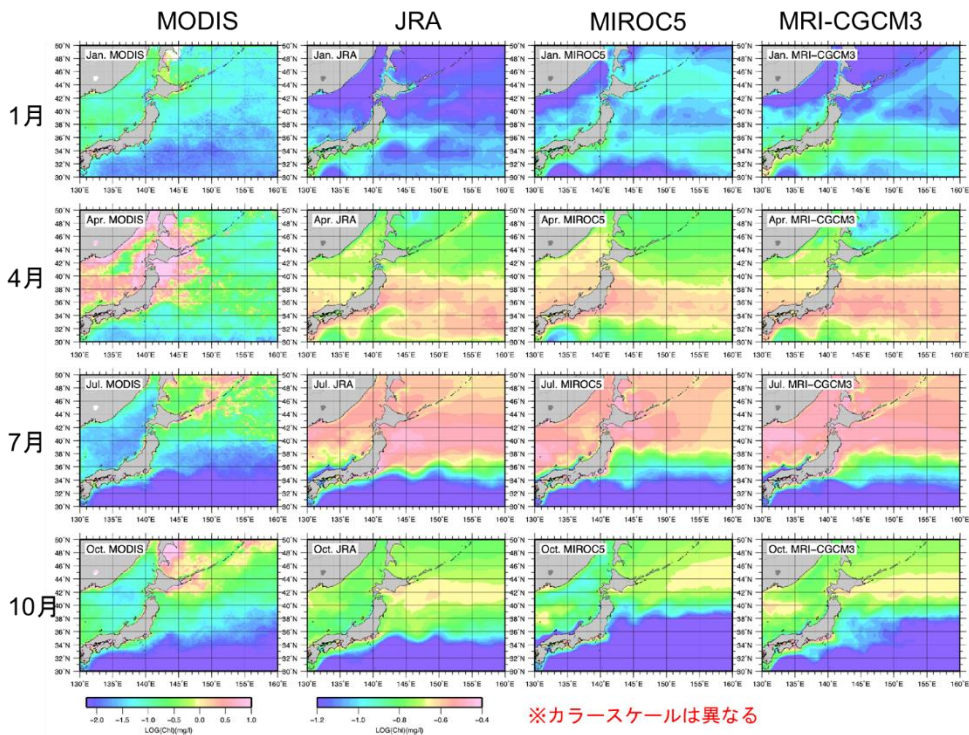


図 10 : 海面クロロフィルの季節変動について、MODIS 観測の月別気候値 (2003~2012 年平均) と北太平洋域 10km データ (FORP-NP10 : JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3) の長期平均結果 (1970~2005 年平均) を比較したもの。単位は mg l^{-1} 。

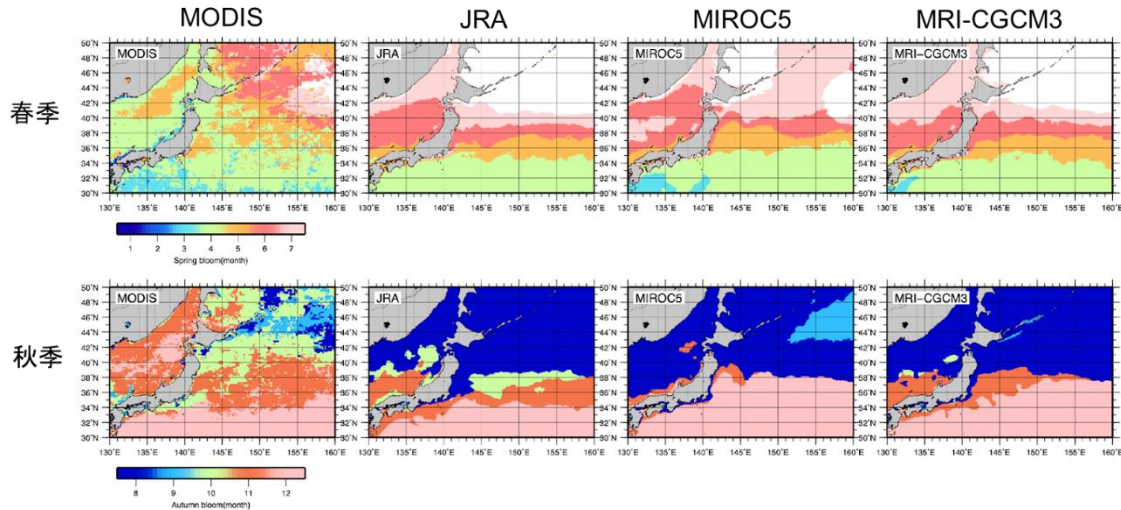


図 11：海面クロロフィルについて春季ブルーム（上）と秋季ブルーム（下）それぞれが起こる月を MODIS 観測と北太平洋域 10km データ（FORP-NP10：JRA55-do, MIROC5, MRI-CGCM3）で比較したもの。上図では春季ブルーム月として 1～8 月で最も海面のクロロフィル（植物プランクトン）濃度が高かった月をプロットし、下図では秋季ブルーム月として 8～12 月で最もそれが高かった月をプロットした。

A.2. 日本近海域 2km データ（FORP-JPN02）における物理場の大きな特徴

A.2.1. 10km データ（FORP-NP10）との比較（外洋域）

日本近海域 2km データ（FORP-JPN02）は、北太平洋域 10km データ（FORP-NP10）を作成したモデルから側面境界条件を与えられ同様の大気外力によって駆動されたモデルの出力であるため、FORP-JPN02 の物理場の特徴は大きいスケールで FORP-NP10 の特徴を反映するようになっている。図 12 は大気外力として JRA55-do を用いた場合について、FORP-NP10 と FORP-JPN02 における海面高度の 10 年平均値をリファレンスとしての再解析データである FORA-WNP30 (Usui et al., 2017) と比較したものである。海面付近の流れはおおよそ海面高度の等値線に沿って流れており、流速の強さはその勾配に比例すると考えられる（地衡流近似）。FORP-NP10、FORP-JPN02 のどちらも黒潮、黒潮続流、親潮等の構造を表現できる解像度であるため、これら西岸境界流の構造等がよく表現できており、全体的な分布は両者で似ている。同時期の海面水温の平均値についても同様に、全体的な分布は FORP-NP10、FORP-JPN02 とともに FORA-WNP30 によく似ている（図 13）。また、図 14 は MIROC5 の将来予測シナリオ RCP8.5 のケースにおける海面水温の 10 年平均値（2046～2055 年）から MIROC5 の historical のケースにおける海面水温の 10 年平均値（1996～2005 年）を引いたものである。FORP-NP10、FORP-JPN02 どちらについても、日本南岸付近で 2°C 程度の上昇となっており、水温上昇の分布についても全体的には両データセット間で似ている。

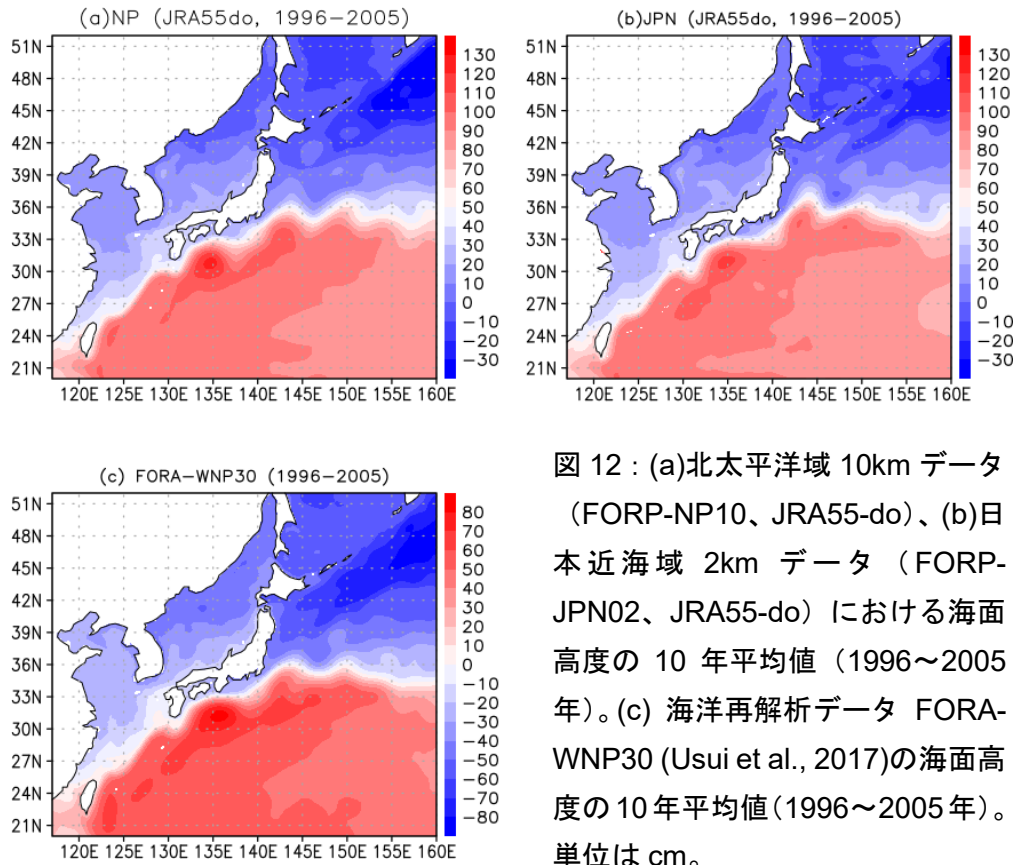


図 12 : (a)北太平洋域 10km データ (FORP-NP10、JRA55-do)、(b)日本近海域 2km データ (FORP-JPN02、JRA55-do) における海面高度の 10 年平均値 (1996~2005 年)。(c) 海洋再解析データ FORA-WNP30 (Usui et al., 2017)の海面高度の 10 年平均値 (1996~2005 年)。単位は cm。

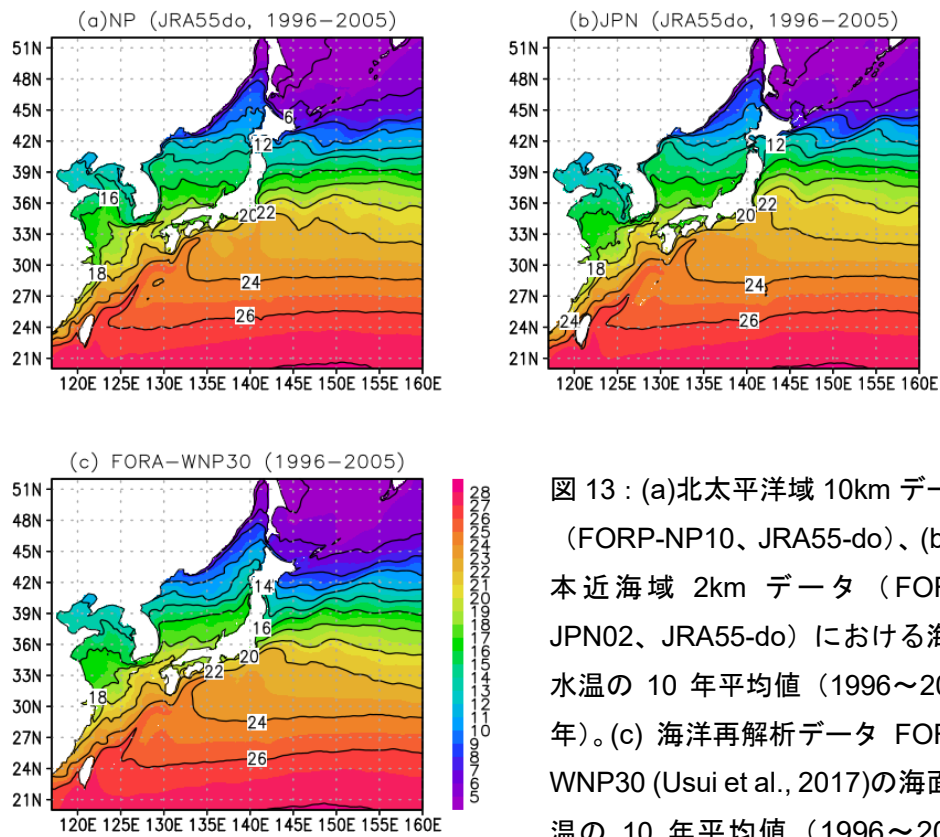


図 13 : (a)北太平洋域 10km データ (FORP-NP10、JRA55-do)、(b)日本近海域 2km データ (FORP-JPN02、JRA55-do) における海面水温の 10 年平均値 (1996~2005 年)。(c) 海洋再解析データ FORA-WNP30 (Usui et al., 2017)の海面水温の 10 年平均値 (1996~2005 年)。単位は°C。

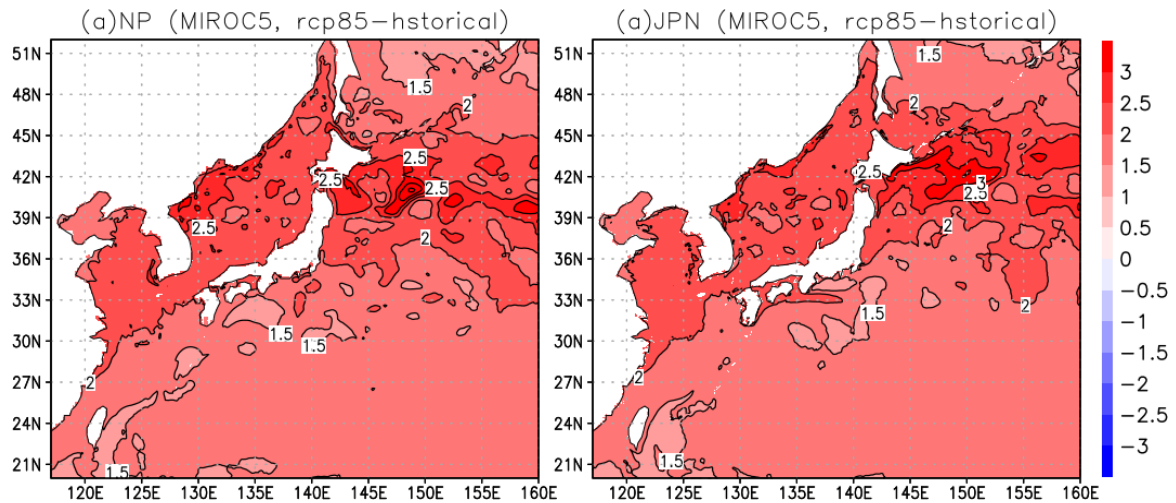


図 14: 将来気候の海面水温の 10 年平均値 (2046~2055 年、MIROC5、RCP85) から現在気候の海面水温の 10 年平均値 (1996~2005 年、MIROC5、Historical) を引いたもの。(a)北太平洋域 10km データ (FORP-NP10)、(b)日本近海域 2km データ (FORP-JPN02)。単位は°C。

A.2.2. 潮汐の表現性について

日本近海域 2km データ (FORP-JPN02) では潮汐が陽に表現されている。図 15 に示す場所について FORP-JPN02 と観測等の潮位データの比較を行った。図 16 は FORP-JPN02 (JRA55-do) の海面高度と JODC の潮汐 (毎時潮高) データ (黒) について、期間平均値からの偏差を示している。FORP-JPN02 は過去の潮位変動 (振幅、位相、大潮・小潮の時期) を基本的によく表現している。ただし、FORP-JPN02 の水平解像度 (約 2km) でも地形の表現が十分でないことが原因で表現性が悪い場所があり、例えば、瀬戸内海内部の多度津 (図 16c) がそうである。

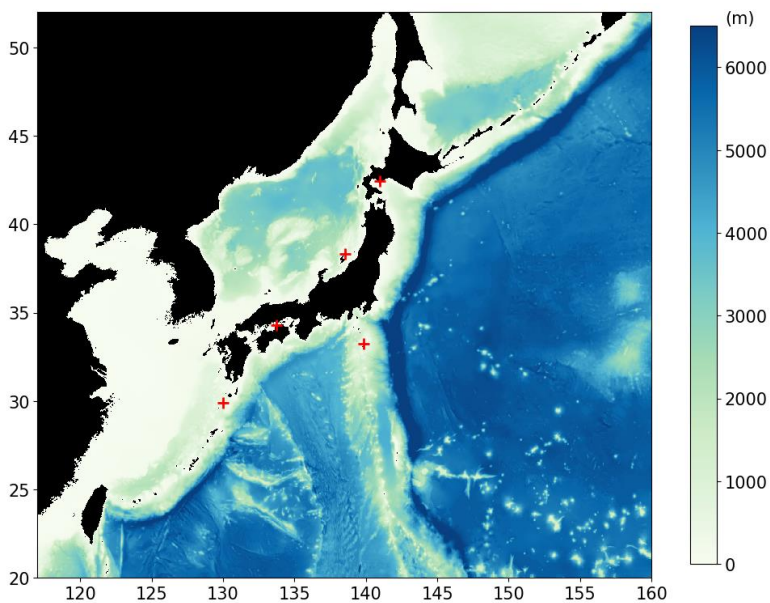


図 15: 海面水位偏差を計算した場所 (+)。北から室蘭、佐渡、多度津、八丈島、中之島を示している。

FORP-JPN02 の将来の潮汐の表現性について確認するため、室蘭での 2055 年 8 月前半の海面水位偏差について、FORP-JPN02 (MIROC5、rcp85) (赤) と海上保安庁の潮汐推算のデータから偏差を計算したもの (黒) を比較した (図 17)。両者の変動は概して良く合っており、将来の潮汐についても FORP-JPN02 の表現性は良いと考えられる。

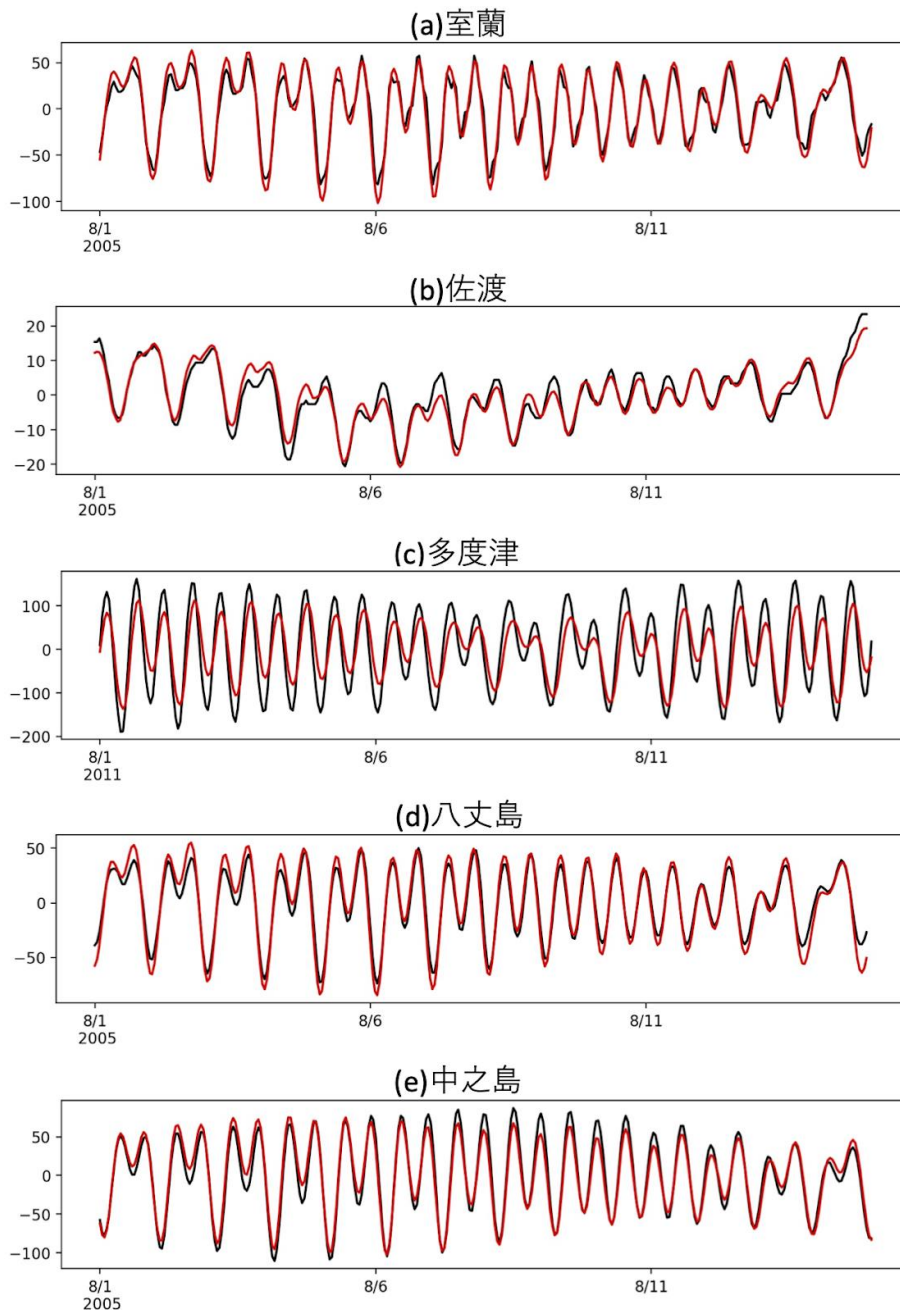


図 16 : (a)室蘭、(b)佐渡、(c)八丈島、(d)多度津、(e)中之島における海面水位の平均値 (表示期間) からの偏差。黒は JODC (https://www.jodc.go.jp/jodcweb/index_j.html) の潮汐 (毎時潮高) データ、赤は日本近海域 2km データ (FORP-JPN02、JRA55-do) の値を示している。

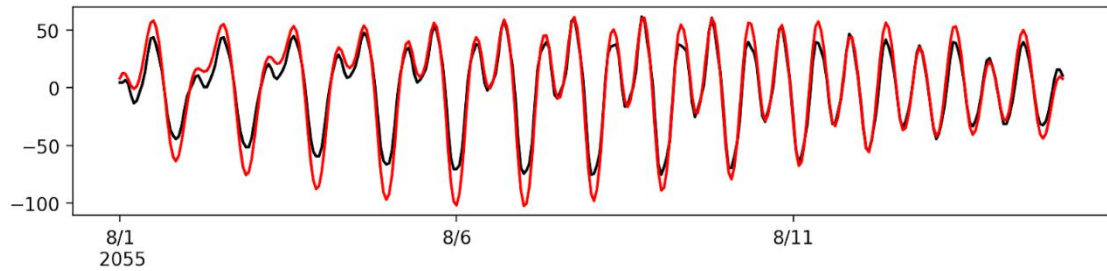


図 17：室蘭における海面水位の平均値（表示期間）からの偏差。黒は海上保安庁の潮汐推算 (https://www1.kaiho.mlit.go.jp/KANKYO/TIDE/tide_pred/index.htm) のデータから偏差を計算したものの。赤は日本近海域 2km データ（FORP-JPN02、MIROC5、RCP85）の値を示している。

A.2.3. 沿岸の塩分分布（瀬戸内海）について

図 18 は海面塩分の 1 か月平均値を北太平洋域 10km データ（FORP-NP10、JRA55-do）と日本近海域 2km データ（FORP-JPN02、JRA55-do）で比較したものである。どちらのデータセットについても河川流入が与えられており、瀬戸内海の東部で相対的に塩分が低い傾向がある。また、2009 年 5 月（図 18 上）よりも 2009 年 10 月の方が全体的に塩分が減少していることがわかる。これらの特徴は、Sakamoto et al. (2019) のモデルで表現された塩分分布の特徴や観測された塩分分布の特徴（Sakamoto et al. (2019) の Fig. 12 参照）と整合的である。FORP-NP10 と FORP-JPN02NP では水平解像度の違いや潮汐の有無の違いがあるが、これらがどのように塩分分布に影響するかについては今後の解析が必要である。

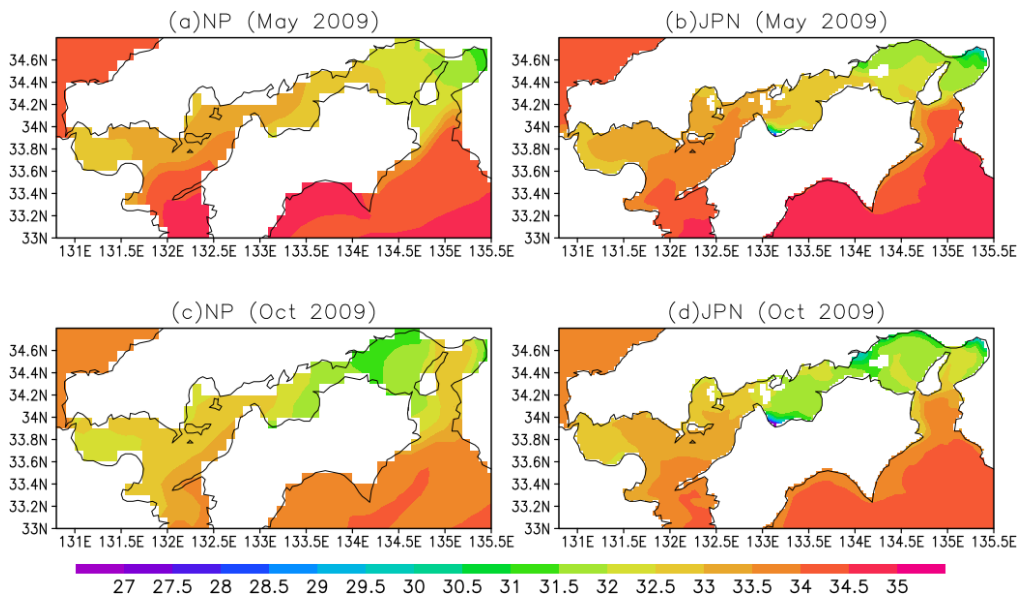


図 18：2009 年 5 月（上）、2009 年 10 月（下）における海面塩分の 1 か月平均値。左は北太平洋域 10km データ（FORP-NP10、JRA55-do）、右は日本近海域 2km データ（FORP-JPN02、JRA55-do）。

A.2.4. 沿岸の水温分布（瀬戸内海）について

日本近海域 2km データ（FORP-JPN02）では潮汐を陽に表現することにより、例えば瀬戸内海等で海面水温の表現性が向上した。図 19 は瀬戸内海の 2011 年 8 月の海面水温を示しているが、北太

平洋域 10km データ (FORP-NP10、JRA55-do) と比較して、FORP-JPN02 (JRA55-do) では豊後水道等で海面水温が低くなっていることが特徴的である。FORP-JPN02 (JRA55-do) のこの海面水温分布は、同様の実験設定で駆動された Sakamoto et al. (2019) で表現されたものに似ており、また豊後水道等の低水温の特徴は衛星観測とも整合的である (Sakamoto et al. (2019) の Fig. 9 参照)。FORP-JPN02 で豊後水道等において現実的な低水温分布が表現される原因は、強い潮流により混合層スキームで鉛直拡散係数が強化されることであると考えられる。実際、豊後水道付近の鉛直断面 (図 19 の黒線に沿ったもの) を見ると、FORP-NP10 (JRA55-do) より FORP-JPN02 (JRA55-do) で等温線間隔が広がっており、後者ではこの領域で鉛直方向に強く混合されていることが示唆される (図 20)。

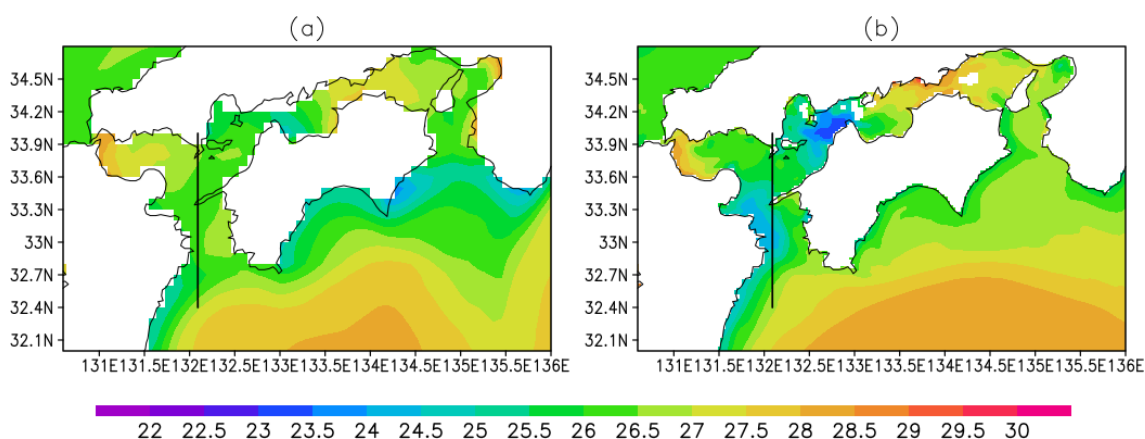


図 19 : (a)北太平洋域 10km データ (FORP-NP10、JRA55-do)、(b)日本近海域 2km データ (FORP-JPN02、JRA55-do) における海面水温の 1 か月平均値 (2011 年 8 月)。単位は°C。

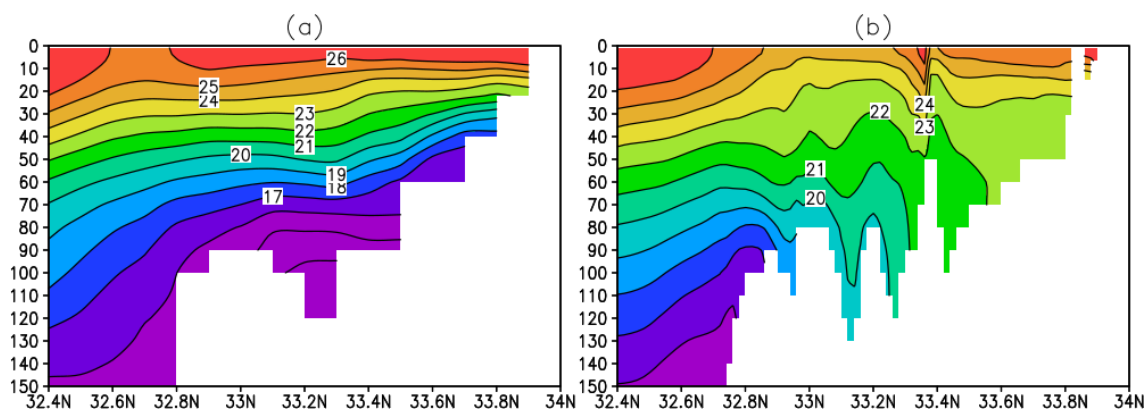


図 20 : 図 19 の黒線上に沿った水温の 1 か月平均値 (2011 年 8 月) の鉛直断面図。(a)北太平洋域 10km データ (FORP-NP10、JRA55-do)、(b)日本近海域 2km データ (FORP-JPN02、JRA55-do)。単位は°C。

A.3. 北太平洋域における海面でのエネルギー交換過程の大まかな特徴

本データセットを作成するにあたり、全球気候モデルから作成された外力を海面で強制して海洋モデルを駆動している。外力として、海面付近の気温・水蒸気量・風速ならびに下向き短波放射量・下向き長波放射量が強制力として用いられ、海洋モデルの海面でエネルギー交換が評価される。海

面でのエネルギー交換の結果として、海洋が得る正味のエネルギーが計算される。このエネルギー交換過程は、大気モデルの場の特徴と海洋モデルの場の特徴が混じり合った複雑な過程でもある。本節では、海面でのエネルギー交換過程について、観測値と本データセットの比較を長期平均値ベースで実施した結果を記述する。

放射量データの観測値として CERES EBAF Eds4.1 ならびに ISCCP FH データを、また海面フラックスの観測値として J-OFURO3 V1.1 ならびに IFREMER FLUX V4 を使用した。海洋の得る正味のエネルギーの観測値を、表 4 に示す複数の正味放射量・潜熱フラックス・顕熱フラックスの組合せから推定した。

表 4：海洋の得る正味エネルギーの観測値推定の組合せ

SET 名	正味放射量	潜熱フラックス	顕熱フラックス
SET1	CERES EBAF	IFREMER	IFREMER
SET2	CERES EBAF	J-OFURO3	J-OFURO3
SET3	ISCCP FH	IFREMER	IFREMER
SET4	ISCCP FH	J-OFURO3	J-OFURO3

もしも海洋モデル内において海洋の得る正味エネルギーの値が、観測値から推定した正味エネルギーの分散の間に位置すれば、海洋モデルの再現性が相対的に良いことを示唆する。ここでは、日本付近（東経 125 度～東経 150 度、北緯 25 度～北緯 50 度の範囲）、西部北太平洋亜熱帯域（東経 130 度～西経 160 度、北緯 10 度～北緯 25 度の範囲）、北部北太平洋（東経 160 度～西経 120 度、北緯 40 度～北緯 50 度の範囲）という三つの領域を設定し、領域平均値の 1993 年から 2005 年の期間の平均値の比較を行った。ただし、CERES EBAF データは 2001 年から 2005 年の平均値を用いた。

三つの領域における海洋の得る正味エネルギーの季節変化を図 21 に示す。日本付近では、JRA55-do で駆動した場合おおよそ観測に近い値を示している（図 21 左上）。一方、MIROC5 ならびに MRI-CGCM3 を外力として与えた場合、夏季に観測に比べて正味エネルギーが小さい傾向であり、冬季に相対的に正味エネルギーが大きい傾向が見られる。

北部北太平洋では、日本付近と比較して観測値のばらつきが相対的に大きい。これは観測値の潜熱フラックスが秋から春にかけてデータセット間で差が大きいことに起因している。JRA55-do で駆動した実験の正味エネルギーは観測値とほぼ同様の値を示している。MRI-CGCM3 を与えた実験は 3 月から 6 月の期間は観測値に近いが、それ以外の月においては観測よりも正味エネルギーが少ない。MIROC5 で駆動した実験では、暖候期に正味エネルギーが観測よりも少ない傾向であった。

西部北太平洋亜熱帯域では、観測の放射量と乱流フラックスがデータセットによって値に違いがあるため、海洋が得る正味エネルギーの分散が結構大きい。だが、海洋モデルが再現した正味エネルギー

ギーは観測に比べて 50 W/m^2 から 100 W/m^2 程度小さくなっており、更に海洋が正のエネルギーを得る期間が観測に比べて 2 か月ほど短い。JRA55-do はできるだけ観測に基づいた補正をかけた大気外力データセットであるが、この領域では海洋モデルを JRA55-do で駆動しても海洋の得る正味エネルギーが観測とかけ離れており、海洋モデルのもつ特性が顕著に表れたものと考えられる。

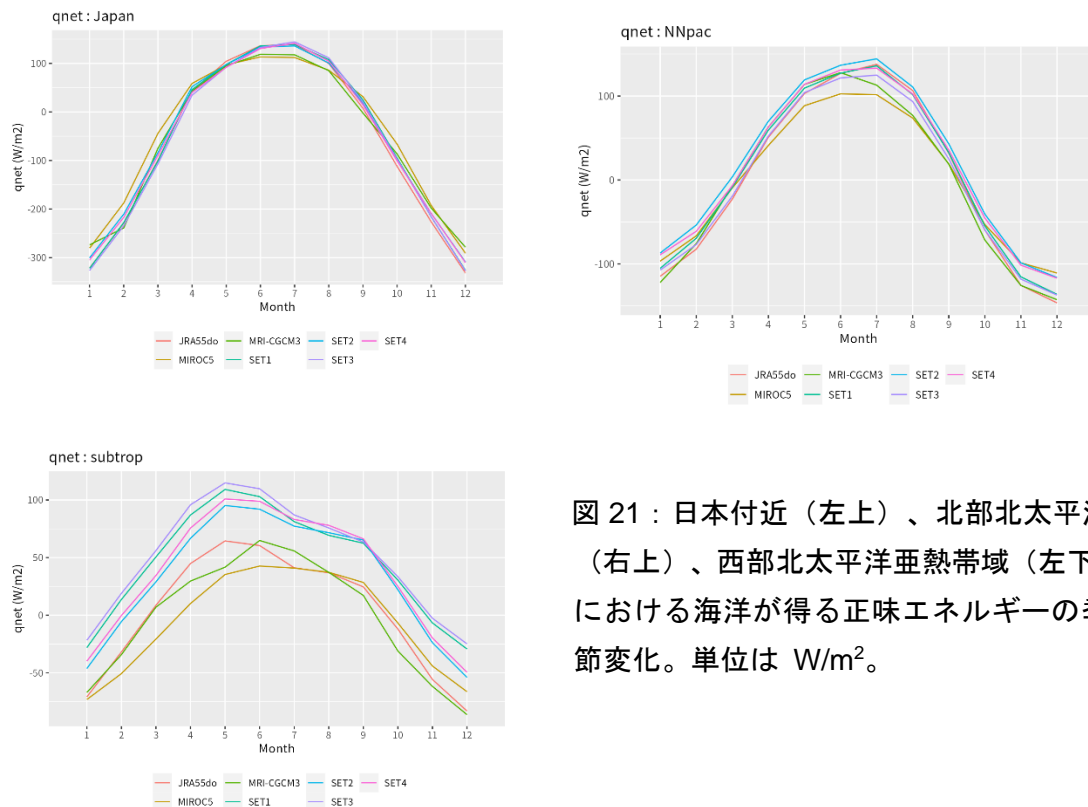


図 21：日本付近（左上）、北部北太平洋（右上）、西部北太平洋亜熱帯域（左下）における海洋が得る正味エネルギーの季節変化。単位は W/m^2 。

XVI. ⑮ 全球及び日本域波浪予測データ

1. データセットの概要

全球大気気候モデル MRI-AGCM の風速場を外力として波浪モデルを駆動し実施した気候変動に伴う全球波浪変化予測データセットである。MRI-AGCM データは、「創生プログラム 20km 格子全球大気モデル気候予測データセット」(http://search.diasjp.net/ja/dataset/GCM20_SOUSEI) に基づいている。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元 (解像度等)

3つの計算領域を異なる解像度で計算している。全球海洋は空間分解能 0.5625 度、北西太平洋域は 1/6 度、日本近海は 1/15 度である。外力の全球気候モデルは 20km 解像度である。

2.2. 実験設定 (使用シナリオ等)

現在気候実験 (3 アンサンブルメンバー、各 25 年) と将来気候実験 (RCP 8.5 シナリオで 21 世紀末を想定した 4 メンバー、RCP 2.6 シナリオで 21 世紀末を想定した 1 メンバー、各 25 年) で構成される。

3. 出力ファイルの情報 (メタデータ)

3.1. ファイル名

ファイル名は「KUwave_{experiment}_{YYYY}{MM}.nc」のように付与される。{experiment}には、SPA_m01、SPA_m02、SPA_m03、SFA_rcp85、SFA_rcp85_c1、SFA_rcp85_c2、SFA_rcp85_c2、SFA_rcp26 のいずれかの実験名が入る。{YYYY}は年、{MM}には月が入る。

3.2. 時空間幅 (期間、領域)

計算期間は、現在気候 1979~2003 年、将来気候 2075~2099 年である。カバーする領域は、南緯 81 度~北緯 81 度、西経 180 度~東経 180 度である。

3.3. 時空間間隔 (時間、水平)

出力時間間隔は 1 時間である。出力水平間隔は、全球海洋は 0.5625 度、北西太平洋域は 1/6 度、日本近海は 1/15 度である。

3.4. 要素 (物理量) の説明

波浪統計量である、有義波高、平均周期、平均波向、ピーク周波数、ピーク波向を収録している。

4. 利用上の留意事項

4.1. バイアス補正の状況

バイアス補正は行っていない。

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

日本周辺について、観測値（全国港湾海洋波浪情報網：NOWPHAS）との比較検証を行っている（志村ら, 2019 を参照）。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

第三者に再配布しないこと。本データを利用した学術論文や報告書には、これを利用した旨を明記すること。利用者は、本データセットを非営利目的で使用できる。本データセットを商用利用する場合は、データ提供者による事前の明示的な許諾を得なければならない。

5.2. 免責事項

著作権ならびにその他一切の知的財産権は当該データを作成した京都大学防災研究所に属す。データの利用者が当データセットを利用して生じるいかなる損害についても、京都大学防災研究所はその責任を負うものではない。

5.3. 問い合わせ先

京都大学防災研究所, 志村智也
dias@oceanwave.jp

6. 利活用例

気候変動下の沿岸災害リスク評価、沿岸構造設計、沿岸生態系の気候変動影響評価などへの活用が期待できる。

7. 参考文献

志村 智也, 森 信人, 2019: 気候変動による日本周辺の波候スペクトルの将来変化予測, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 75(2), I_1177-I_1182. https://doi.org/10.2208/kaigan.75.I_1177

XVII. ⑩ 全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ

(DIAS 登録名 : d4PDF_5kmDDS_JP、全国 5km メッシュアンサンブル気候予測データ)

1. データセットの概要

本データは、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 (d4PDF) (Mizuta et al. 2017; Fujita et al. 2019) から日本全国を対象に 5km メッシュに力学的にダウンスケーリングしたものである。現在気候 (1950–2010 年)、産業革命時から世界平均で 2 度上昇 (RCP8.5 シナリオで近未来 2040 年頃) 及び 4 度上昇時 (RCP8.5 シナリオで 21 世紀末 2090 年頃) の気候予測データに基づいている。多数のアンサンブル実験により、それぞれの気候において 732 年の計算を実施しており、確率情報を含めた様々な利用が考えられる。過去及び将来の気候の詳細は、d4PDF の WEB ページ (<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/>) を参考にされたい。また、英文による詳細な実験設定、及び大雨の将来予測の結果については、Kawase et al. (2023) に記述されている。

本データを作成するにあたり、海洋研究開発機構地球シミュレータチャレンジ利用課題、文部科学省気候変動予測先端研究プログラム及び統合的気候モデル高度化研究プログラムの支援を受けた。

2. 提供データの気候モデルの説明

2.1. モデル諸元 (解像度等)

ダウンスケーリングには気象庁気象研究所非静力学地域気候モデル (以下 NHRCM と記述) を使用した。初期値と境界値には、d4PDF (⑤ 全球及び日本域確率的気候予測データ) の水平解像度約 60km の全球モデルの結果を用い、ここから水平解像度 20km 及び 5km の NHRCM を用いて力学的ダウンスケーリングを実施した。20km および 5km の領域を図 1、地形を図 2 に示す。モデルの物理過程には、境界層過程として Improved Mellor-Yamada (MYNN) Level 3、地表面過程として Improved MRI/JMA-SiB (iSiB) 及び雪の扱いを改良した都市モデル SPUC が組み込まれている。また、雲微物理は Bulk-type cloud microphysics を用い、積雲対流は Kain-Fritsch スキームを使用した。各格子の標高はその格子内の地形データを平均した標高を用いた。モデルの詳細設定を表 1 に記す。

表 1 5km メッシュのモデル設定の詳細

モデル	気象研究所 非静力学地域気候モデル(NHRCM)
支配方程式	完全圧縮非静力学方程式
水平離散化	格子点法
移流項	4 次フラックス形式, 移流補正
地図投映法	ランベルト正角円錐図法 (標準緯度 : 北緯 30 度, 60 度, 標準経度 : 東経 80 度)
水平格子数, 間隔	550x755, 5km
鉛直層数, 間隔	50 層, 40~904m (z*座標系)

モデル上端	21801m (約 40hPa)
地形	GTOPO30 (約 7.5km 相当に平滑化), 5km 格子の平均地形
海陸分布	GLCC (陸面積比率 0.5 以上が陸)
時間積分間隔	20 秒
初期値, 側面境界値	d4PDF60km 全球版を 20kmNHRCM でダウンスケールしたデータ
側面境界緩和	あり, 緩和領域 50km (10 格子)
内部強制	スペクトルナッジング (波長 390km 以上、高さ 7km 以上)
適応水蒸気拡散	あり (鉛直速度閾値 3m/s)
雲物理過程	バルク法による雲微物理過程(3-ice, 1-moment) 雲氷の落下を考慮
積雲対流	Kain and Fritsch
乱流 (大気境界層)	Improved Mellor-Yamada Level 3 スキーム
雲放射過程	北川
晴天放射過程	藪ほか
放射過程の雲量	部分凝結スキーム (原ほか)
地表面種別	陸 (都市含む), 海, 雪 海氷 (与えた海面水温が 271K 以下で形成される)
地表面過程	improved MJ-SiB, 積雪過程を改良した SPUC(都市モデル)
海面水温	過去、2 度・4 度上昇実験 : d4PDF と同様のデータを 5km に内挿

計算領域 (20km-5km)

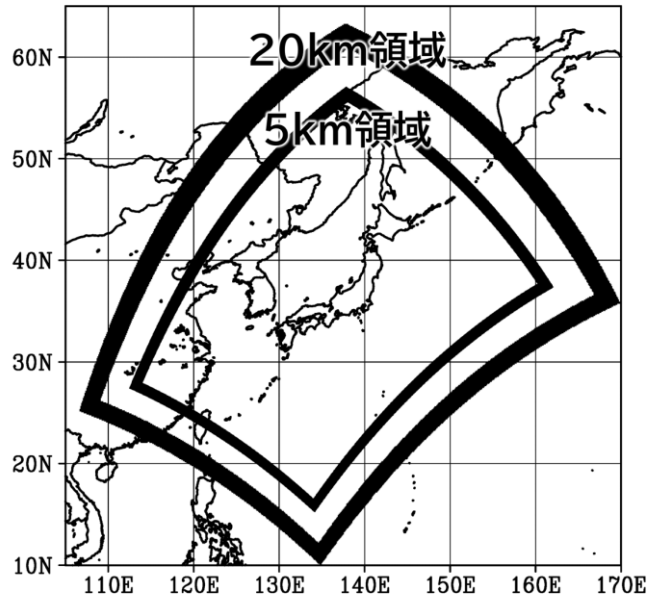


図1 対象領域。外枠が20km NHRCMの境界領域、内枠が5km NHRCMの計算領域。

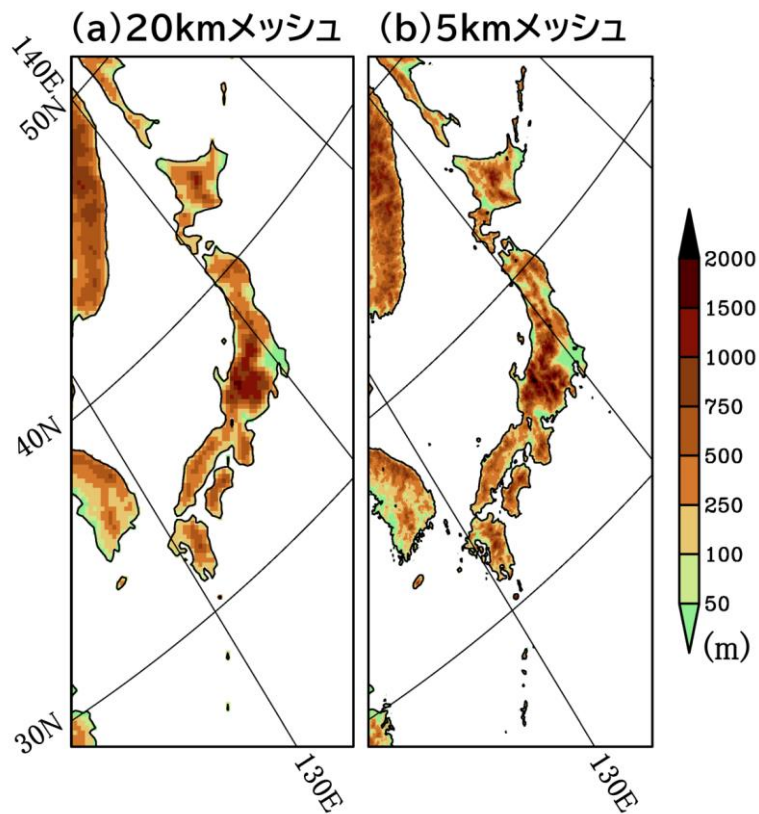


図2 日本付近の地形。左が20km NHRCM、右が5km NHRCM。

2.2. 実験設定（使用シナリオ等）

本データは、d4PDF の過去実験と 2 度上昇実験、4 度上昇実験の 3 つの気候を対象とする。いずれの実験においても、d4PDF からそれぞれ 12 メンバーを選び、各メンバー 61 年間、延べ 732 年分の計算を行った。過去実験では、期間を 1950 年から 2010 年までとして、12 メンバーを d4PDF の m001-m012 とした。d4PDF の過去実験の各メンバーは独立なデータとして取り扱えるため、ここでは m001 から順に m012 まで使用した。一方、d4PDF の 2 度及び 4 度上昇実験に関しては、6 つの海面水温(SST)の昇温パターンを元にそれぞれ 15 の摂動(微小な付加項)を SST に与えることで全球モデルの計算が行われている。そのため、本計算では、6 つの SST を用いた実験からそれぞれ 2 つの摂動を用いて計 12 メンバーを抽出した。なお、過去実験と同様に、同一の SST の昇温パターンを与えた実験では摂動の異なる 15 の計算はそれぞれ独立と捉えることができるため、ここでは m101 と m102 を用いて計算を実施した。

各年の計算の初期時刻は、20km 計算が 7 月 20 日 00UTC(世界標準時：日本時間 9 時)、5km 計算が 7 月 24 日 00UTC として、翌年 9 月 7 日 00UTC (閏年の年は 9 月 6 日 00UTC) まで行なっている。データを使用する場合は、スピナップ（助走期間）を考慮して 9 月 1 日から翌年の 8 月 31 日までを 1 セットとして使用することを推奨する。ただし、その場合、8 月 31 日と 9 月 1 日の間に若干の不連続が生じることに注意していただきたい。

3. 出力ファイルの情報（メタデータ）

3.1. ファイル名

doi:10.20783/DIAS.657 参照

データ形式 netCDF 形式

3.2. 時空間幅（期間、領域、鉛直層トップ）

期間：過去実験 1980 年 8 月～2011 年 8 月

2℃上昇実験 2030 年 8 月～2091 年 8 月

4℃上昇実験 2050 年 8 月～2111 年 8 月

いずれも日付には意味はない。

領域：図 1 に示す通り。

鉛直層トップ：21801 m (約 40 hPa)

3.3. 時空間間隔（時間、水平、鉛直）

時間：間隔 1 時間、降水量のみ 30 分間隔で提供。（時間積分間隔は 20 秒）

水平：5 km (321x301)

鉛直：40～904 m (z*座標系)、50 層

3.4. 要素（物理量）の説明

気温、降水、日射量、風速、湿度、積雪深、積雪水量など。詳細は doi:10.20783/DIAS.657 を参照。

4. 利用上の留意事項

告知なくデータを更新することがあります。最新の更新履歴をご確認ください。

4.1. バイアス補正の状況

なし

4.2. 各予測要素の特徴（精度、検証の有無）

日本全国の平均降水量の季節変化、極端降水量については Kawase et al. (2023)で検証が行われており、将来予測を行う上で大きな問題はない。

図3に月降水量の季節変化と本データを含む d4PDF シリーズの平均 2 乗誤差 (RMSE) を示す。いずれの実験も冬に過大評価、春に過小評価する傾向が見られた。本 5km データは、他の RMSE がどの季節とも最も小さく、再現性がさらに向上している。

図4に再現期間 50 年の日降水量を示す。気象庁の観測 (アメダス) から見積もった値と比較すると、20km 格子の実験では過小評価しているが、5km 格子の実験 (本データ) は観測と同程度の極端降水を再現していることが分かる。これは解像度を上げることで、地形の再現性が良くなったことや線状降水帯等の短時間に多量の雨をもたらす降水システムの再現性が向上したことが原因と考えられる。また、台風に伴う極端降水も 20km 格子に比べて 5km 格子は増大したことも、Kawase et al. (2023)で確認されている。

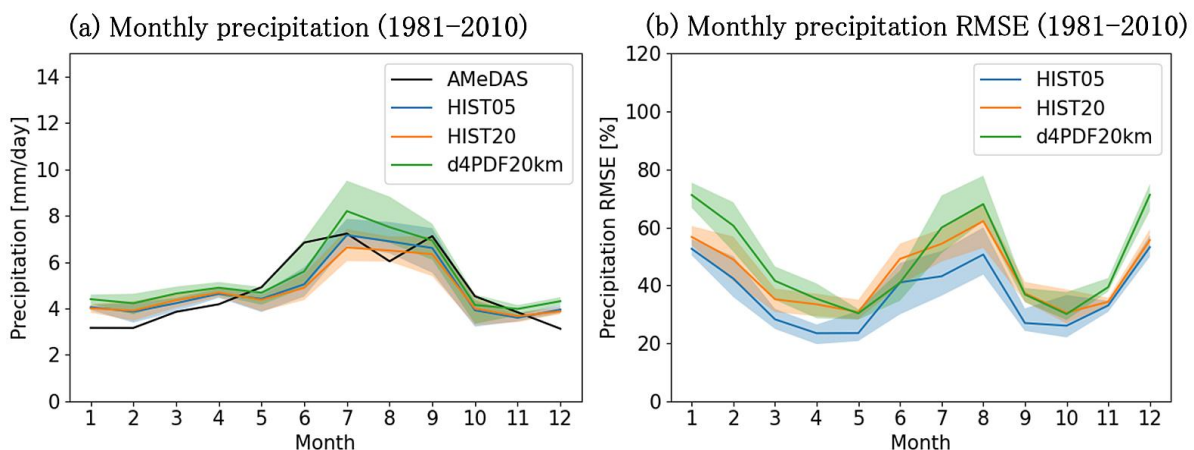


図3 月降水量の季節変化と二乗平均誤差 (RMSE)

(a) 月降水量の季節変化。黒色がアメダス、水色は今回作成した 5km 全国アンサンブルデータ (d4PDF_5kmDDS_JP)、橙色は 5km の境界値用に実施した 20km 実験、緑色は d4PDF 20km 領域版の結果。陰影はアンサンブルメンバー間の最大値と最小値。(b)RMSE。色の意味は(a)と同じ。

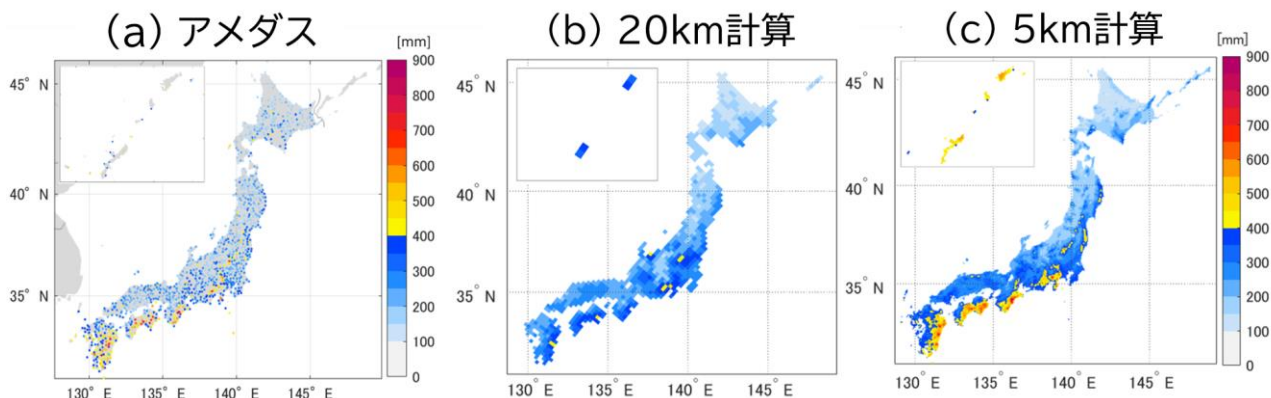


図 4 再現期間 50 年の極端日降水量の再現性

(a)アメダス、(b)本 5km データの境界値用に計算した 20km 実験、(c)本 5km データ。

4.3. SI-CAT DDS5TK (⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ) との違い (実験設定)

本データは d4PDF を元に 5km メッシュで東北から九州までダウンスケーリングした「VIII. ⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ (DIAS 登録名 : SI-CAT DDS5TK、大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ (東北から九州) by SI-CAT)」と実験設定が似ている。ここでは両者を比較した結果を紹介する。表 2 に本データと SI-CAT DDS5TK との実験設定の差をまとめた。計算に使用した気象モデルや格子間隔、シナリオは同様であるが、そのほかの設定が若干異なっている。特に、地形は、SI-CAT DDS5TK が GTOPO30 の格子内最大標高を用いていたが、今回は格子内平均標高を用いた。これにより、山岳地域において気温や降水量、降雪量・積雪深等に差が生じている (4.4 参照)。

表 2 d4PDF_5kmDDS_JP (本データ) と SI-CAT DDS5TK (⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ) の比較

データセット	d4PDF_5kmDDS_JP	SI-CAT DDS5TK
DIAS 登録名 (日本語)	全国 5km メッシュアンサンブル気候予測データ	大気近未来予測力学的ダウンスケーリングデータ (東北から九州) by SI-CAT
気象モデル	気象研究所非静力学地域気候モデル (NHRCM)	
格子間隔 (メッシュ)	5km	
シナリオ	過去気候, 2 度上昇気候, 4 度上昇気候 (気温上昇は産業革命前から)	
計算領域	日本全国	本州・四国・九州
計算期間	過去 : 61 年間(1951~2010 年) 2 度・4 度 : 61 年間 毎年 7 月 24 日~翌年 9 月 6 日	過去 : 31 年間(1980~2010 年) 2 度・4 度 : 31 年間 毎年 7 月 24 日~翌年 8 月 30 日
アンサンブル数 (現在)	12 メンバー (m001-m012)	12 メンバー (m001-m010, m021-m022)

アンサンブル数 (将来：2度、4度)	12メンバー (6SSTxm101,m102) SSTはCC/GF/HA/MI/MP/MR	12メンバー (6SSTxm101,m105) SSTはCC/GF/HA/MI/MP/MR
総年数	各気候 それぞれ 732年	各気候 それぞれ 372年
初期値・境界値	d4PDF_GCM(60km MRI-AGCM) (⑤ 全球及び日本域確率的気候予測データ (全球60km)) を 20kmNHRCM で新たにダウンスケーリングしたデータ	d4PDF_RCM (d4PDF20km RCM) (⑤ 全球及び日本域確率的気候予測データ (日本域20km))
地形	GTOPO30 5km 格子平均	GTOPO30 5km 格子最大 (Envelope mountain)
海氷	時間変化 (海面水温 271K 以下で生成)	10日毎に診断 (海面水温 271K 以下で生成)

4.4. SI-CAT DDS5TK (⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ) との違い (気温、降水量、降雪量)

図5から図7に、年平均気温、年積算降水量、年積算降雪量の d4PDF_5kmDDS_JP (本データ) と SI-CAT DDS5TK の比較を示す。SI-CAT DDS5TK では南西諸島を計算していないため、差の図には掲載していない。

平均気温は山岳域で d4PDF_5kmDDS_JP が SI-CAT DDS5TK に比べて高くなっている (図5)。これは、4.3 で示した通り、SI-CAT DDS5TK が格子内最大標高を用いており、山の標高が高いため気温が低くなっている。特に地形が険しい日本アルプスでは標高の差が大きく、平均気温が3度以上異なる格子も見られる。積雪域では、図7で示す年最深積雪の減少により積雪期間が短くなったことも高温化に寄与している可能性がある。

積算降水量を見ると、地域分布は両者で似ているが、d4PDF_5kmDDS_JP の降水量は SI-CAT DDS5TK に比べ、山岳の周辺で少なくなっていることがわかる (図6)。紀伊半島から四国、九州にかけての太平洋側の地域では、梅雨期や台風による雨が多く、山の南側で降水が少ない地域が多く見られる。一方、日本海側では冬季季節風による降水が多いため、山の北側で降水量が少なくなっている。

d4PDF_5kmDDS_JP と SI-CAT DDS5TK の標高の違いは、最大積雪深に大きな違いをもたらしている (図7)。東北から北陸、山陰にかけては山の北側で d4PDF_5kmDDS_JP の積雪が SI-CAT DDS5TK に比べ、かなり少なくなっている。これは、山岳が低いことで地形性の降水が減少すること (図6) に加え、山岳域の標高が低いことで気温が上がり (図5)、降雪頻度の減少及び融雪の促進が起こるためと考えられる。ただ、SI-CAT DDS5TK の雪は山岳域で過大評価であることが分かっており (山崎ほか, 2021)、バイアスは小さくなったといえる。

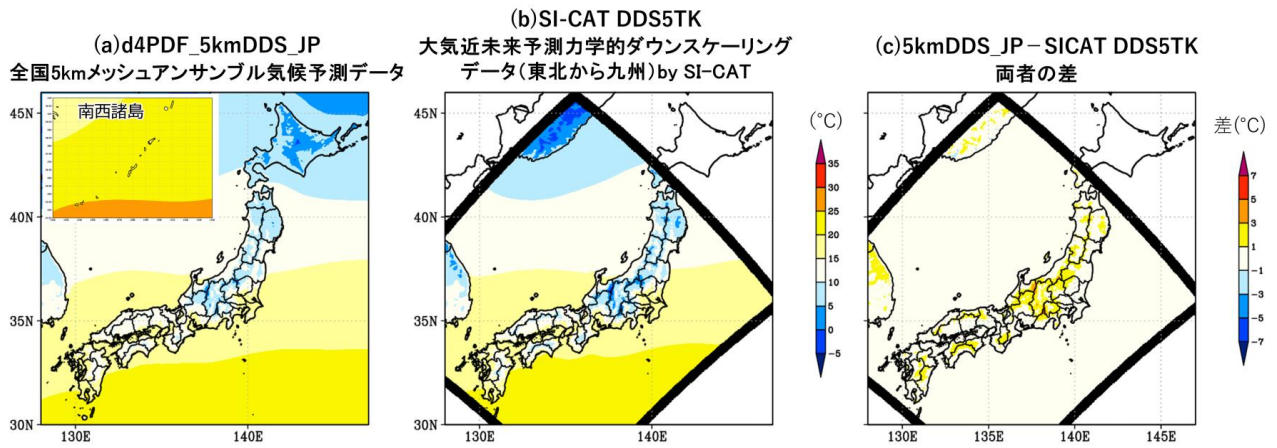


図5 年平均気温（1980年から2010年の平均値）

(a)d4PDF_5kmDDS_JP、(b)SI-CAT DDS5TK、(c)d4PDF_5kmDDS_JP から SI-CAT DDS5TK を引いた値。領域の縁の黒色の領域は、SI-CAT DDS5TK で用いたモデルの境界領域（以下の図も同様）。

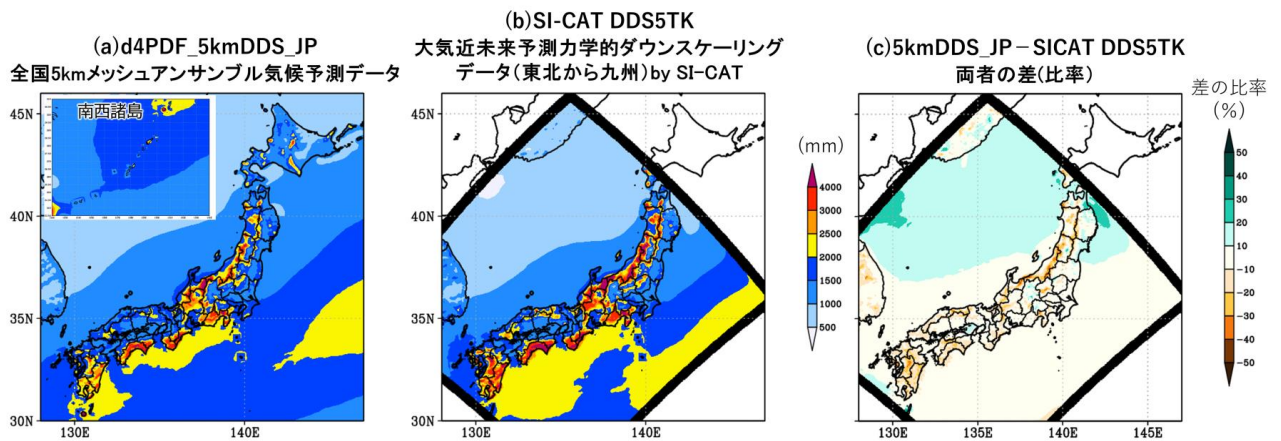


図6 年積算降水量（1980年から2010年の平均値）

(a) d4PDF_5kmDDS_JP、(b)SI-CAT DDS5TK、(c)d4PDF_5kmDDS_JP と SI-CAT DDS5TK の差を SI-CAT DDS5TK で割った比率で示す。

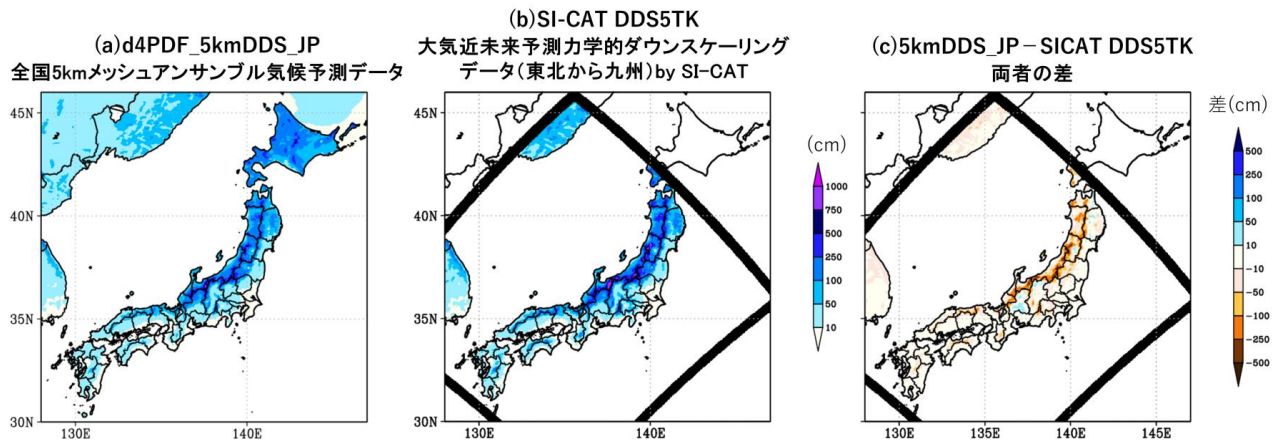


図7 年最大積雪深（1981年から2010年の平均値）

(a)d4PDF_5kmDDS_JP、(b)SI-CAT DDS5TK、(c)d4PDF_5kmDDS_JP から SI-CAT DDS5TK を引いた値。

4.5. SI-CAT DDS5TK (⑦ 本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ) との違い (将来変化)

図8から図10に d4PDF_5kmDDS_JP と SI-CAT DDS5TK で計算された年平均気温、年積算降水量、年最大積雪深の将来変化を示す。4.4 で示した通り、現在気候には差があるが、将来変化傾向は、いずれの変数においても、d4PDF_5kmDDS_JP と SI-CAT DDS5TK とでほとんど違いがないことが分かる。積算降水量はいずれの計算においても、紀伊半島から四国、九州で増加すると予測されている（図9）。また、SI-CAT DDS5TK では計算領域の範囲外になっている北海道において、d4PDF_5kmDDS_JP では降水量の増加が予測されている。降雪量は d4PDF_5kmDDS_JP、SI-CAT DDS5TK とともに全国的に減少すると予測されているが、d4PDF_5kmDDS_JP では、北海道の大雪山周辺の標高が高い地域だけは、将来増加する可能性を示唆している。この傾向は、「III.② 日本域気候予測データ」でも見られる特徴である。

d4PDF_5kmDDS_JP

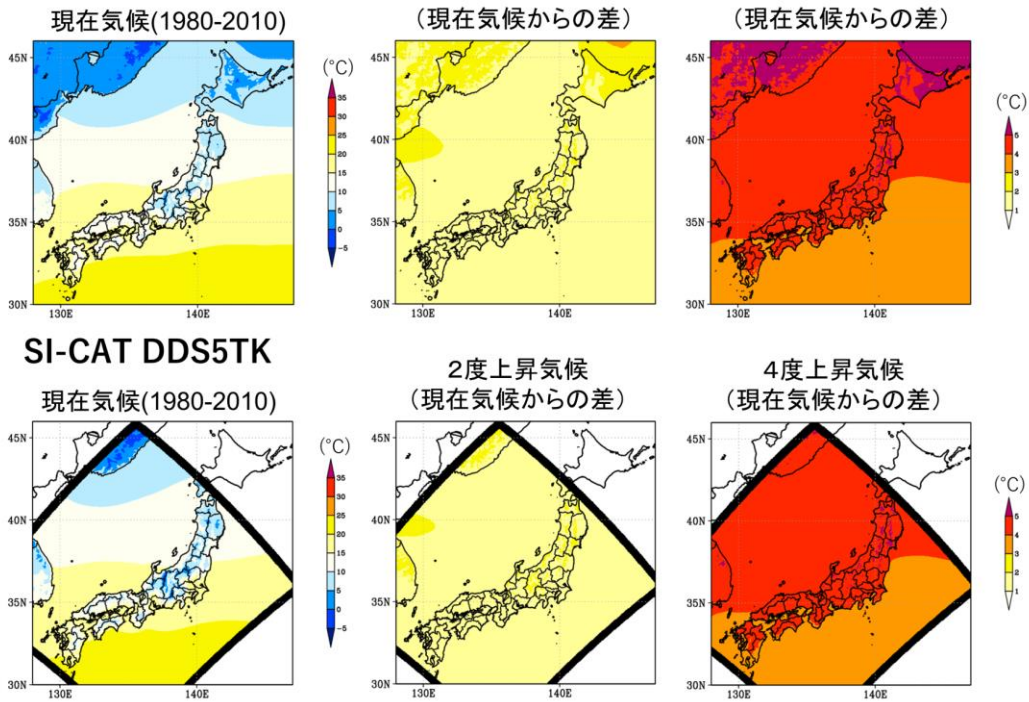


図 8 年平均気温の将来変化

上段が d4PDF_5kmDDS_JP、下段が SI-CAT DDS5TK。左から現在気候（1980 年から 2010 年）、2 度上昇気候と現在気候の差、4 度上昇気候と現在気候の差を示す。

d4PDF_5kmDDS_JP

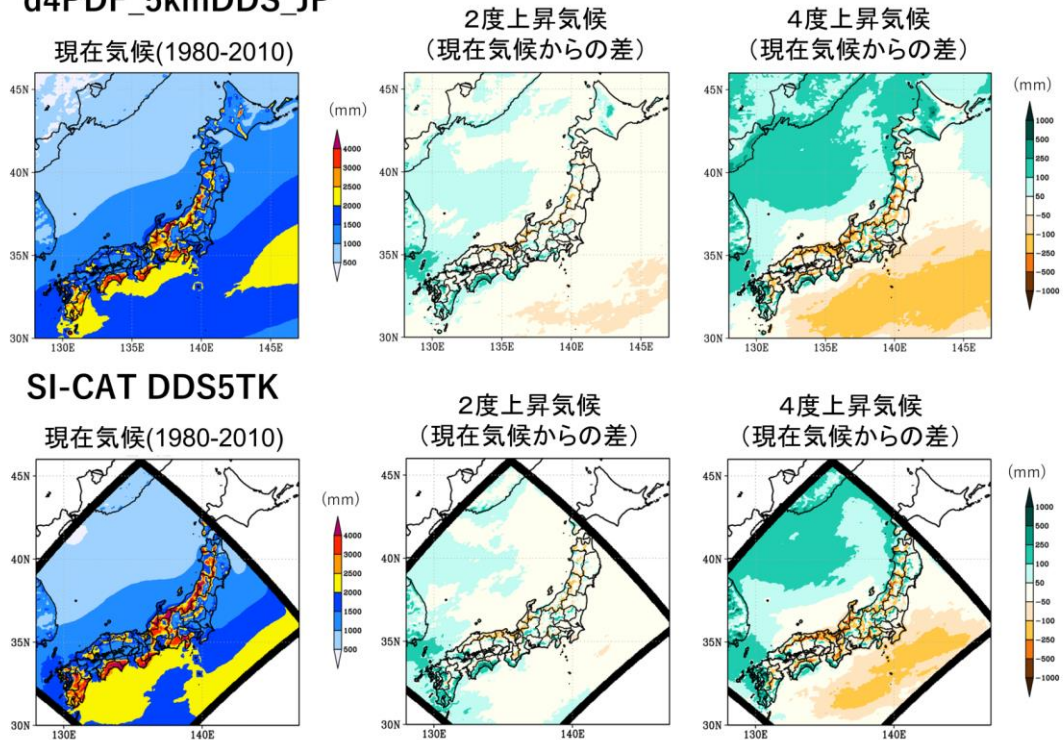
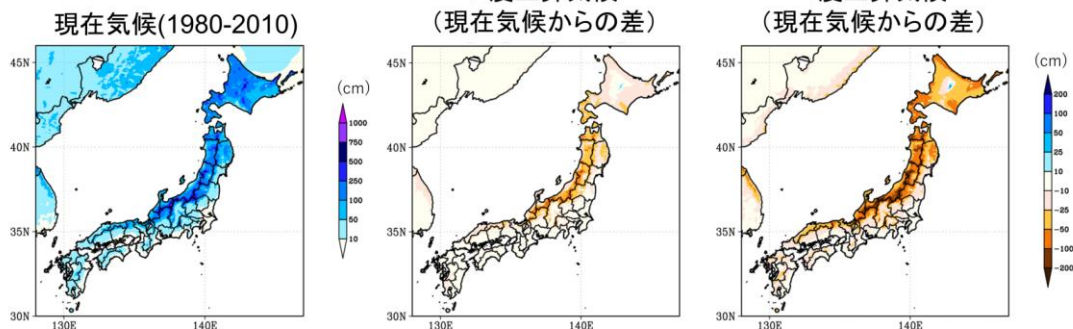


図 9 図 8 と同じ。ただし、年積算降水量。

d4PDF_5kmDDS_JP



SI-CAT DDS5TK

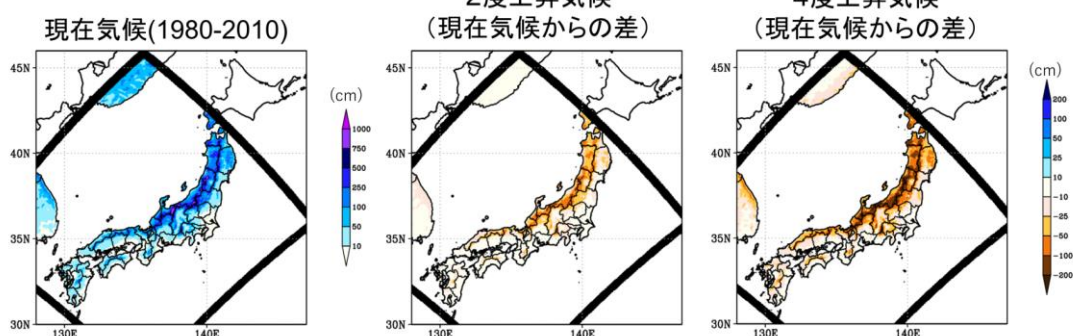


図 10 図 8 と同じ。ただし、年最大積雪深。

5. 注意事項

5.1. 利用条件

・ 利用目的

特に制限しません。ただし、内容を告知なく変更することがあります。また、このデータを利用して生じるいかなる損害についても、責任を負いません。利用者の責任での利用をお願いします。

・ 再配布

データを作成者に連絡なく第三者に再配布しないでください。

・ 謝辞

以下の例にならった記載をお願いします。

日本語：本研究では文部科学省気候変動予測先端研究プログラムのもと、地球シミュレータを用いて d4PDF を全国 5km メッシュで力学的ダウンスケールしたデータを使用した。

英語： This study utilized the 5-km ensemble dynamical downscaling data, which was created by

the JAMSTEC Earth Simulator under the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) Program for the advanced studies of climate change projection (SENTAN).

・論文の引用

本データセットの記述論文として以下の引用をお願いします。

Kawase et al. (2023), Identifying robust changes of extreme precipitation in Japan from large ensemble 5-km-grid regional experiments for 4K warming scenario. *Journal of Geophysical Research*, JGR-Atmosphere, 128, <https://doi.org/10.1029/2023JD038513>.

・共著

データセット作成者が深く解析等に寄与した場合を除き、データセット作成者を共著とすることは求めません。

5.2. 免責事項

本データの作成には細心の注意を払っておりますが、利用者が本データを利用することによって生じる、いかなる損害についても作成者が責任を負うものではありません。

5.3. 問い合わせ先

d4PDF_5kmDDS_JP 作成チーム d4pdf_5kmdds_jp@jamstec.go.jp

6. 利活用例

「VIII. ⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」と同様に、防災、農業、再生エネルギー、健康、水資源、観光等幅広い分野における気候変動適応策関連での利用が期待される。

7. 参考文献

Kawase et al. (2023), Identifying robust changes of extreme precipitation in Japan from large ensemble 5-km-grid regional experiments for 4K warming scenario. *Journal of Geophysical Research*, JGR-Atmosphere, 128, <https://doi.org/10.1029/2023JD038513>.

8. 引用文献

Fujita, M., R. Mizuta, M. Ishii, H. Endo, T. Sato, Y. Okada, S. Kawazoe, S. Sugimoto, K. Ishihara and S. Watanabe, 2019: Precipitation changes in a climate with 2-K surface warming from large ensemble simulations using 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Geophysical Research Letters*, 46, <https://doi.org/10.1029/2018GL079885>.

Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii and others, 2017: Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60-km global and 20-km regional atmospheric models. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383-1398.

山崎剛, 高橋直也, 川瀬宏明, 山口悟, 2021: 地域気候モデルによる積雪の再現性. *東北の雪と生活*, 36, 37-41.

9. 備考

9.1. 類似のデータについて

気候予測データセット 2022 には、d4PDF から 5km 解像度に力学的ダウンスケーリングしたデータが 3 種類存在する。

「⑥北海道域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ)」の日本域 20km 解像度データに含まれる十勝川帯広基準地点上流域の流域平均 72 時間雨量が、年最大となる降雨イベントを含む 15 日間で 5km 解像度にダウンスケーリングしたものである。20km 解像度で表現される豪雨事例 (天気図スケールで表現される気象場) を含む 15 日間について、高解像度にダウンスケーリングした膨大な数のアンサンブルデータ (本解説書のデータセットの概要を参照) が使用可能であることから、当該流域の降雨量の統計的評価、洪水リスク評価、適応策の検討への応用など、今後も様々な利用が考えられる。

「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」と「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、通年を対象として日本付近で 5km ダウンスケーリングを行っているなど共通点の多いデータである。ただし、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は計算領域が東北から九州限定であり、日本全国を対象とした評価には利用できない。また、山岳域の雪の過大評価に注意する必要がある。一方で、これまで当該データを利用していた場合をはじめ、ダウンスケーリング元の「⑤全球及び日本域確率的気候予測データ (d4PDF シリーズ)」の日本域 20km 解像度データや、その他「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」から派生したデータとの整合を重視する等の場合に、引き続き活用可能なデータである。中部山岳域、北信越、東北南部の 3 地域について 1km の解像度へダウンスケーリングした結果が含まれる唯一のデータでもある。

「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」は、北海道から沖縄まで日本全国を統一した実験設定で評価する等の場合に有用なデータである。また、「⑦本州域 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の作成時に存在していたいくつかの問題 (上述の山岳域の雪の問題など。本解説書の留意事項等を参照) を修正しており、今後、新規で解析する場合は、「⑩全国版 d4PDF ダウンスケーリングデータ」の使用を推奨する。

【謝辞】

本解説書第2章は、以下の皆様に執筆いただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

五十嵐 弘道	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター グループリーダー	(XV)
石川 洋一	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター センター長	(XV)
石崎 紀子	国立環境研究所 気候変動適応センター 主任研究員	(XIII, XIV)
浦川 昇吾	気象研究所 全球大気海洋研究部 主任研究官	(XV)
遠藤 伸彦	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 特任副主任研究員	(XV)
遠藤 洋和	気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官	(I)
金田 幸恵	国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 宇宙地球環境研究所 統合データサイエンスセンター 特任助教	(IX)
川瀬 宏明	気象研究所 応用気象研究部 主任研究官	(XVII)
黒木 聖夫	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 准研究副主任	(XV)
坂本 圭	気象研究所 全球大気海洋研究部 主任研究官	(XV)
志村 智也	京都大学防災研究所 准教授	(X, XI, XVI)
杉山 徹	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 副主任研究員	(XV)
辻野 博之	気象研究所 気候・環境研究部 室長	(XV)
豊田 隆寛	気象研究所 全球大気海洋研究部 主任研究官	(XV)
中野 英之	気象研究所 全球大気海洋研究部 室長	(XV)
西川 史朗	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 特任研究員	(XV)
西川 悠	海洋研究開発機構 地球情報科学技術センター 研究員	(XV)
西森 基貴	農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境研究部門 気候変動適応策研究領域 グループ長	(XII)
野坂 真也	気象研究所 応用気象研究部 研究官	(V)
保坂 征宏	気象研究所 気候・環境研究部 室長	(I)
星野 剛	寒地土木研究所 研究員	(VII)
水田 亮	気象研究所 気候・環境研究部 主任研究官	(I, V)
村田 昭彦	気象研究所 応用気象研究部 室長	(II, IV, VI)
森 信人	京都大学防災研究所 教授	(X, XI, XVI)
山崎 剛	東北大学大学院理学研究科 教授	(VIII)
山田 朋人	北海道大学大学院工学研究院 教授	(VII)

※五十音順、敬称略。所属・役職は2022年12月1日現在。

【本解説書第2章からの引用等について】

本解説書第2章の文章及び図表については、後述の第三者が著作権を有するものを除き、出典を明記した上で、また編集・加工等を行った場合はその旨を明記した上で、自由に複製、公衆送信、翻訳・変形等を行うことができる。

本解説書中の図表のうち第三者が著作権を有するものについて、該当箇所、本解説書における掲載ページ及び出典等を以下の表に示す。それぞれの出典及び問い合わせ先で使用条件等を確認の上、利用者の責任で必要に応じて別途許諾を申請・取得されたい。

該当箇所	掲載ページ	出典、問い合わせ先等
XII. ⑪日本域農研機構データ（NARO2017） 文章及び図表の全て	2-219～2-225	農研機構農業環境研究部門研究推進室 e-mail: niaes_manual@ml.affrc.go.jp

出典の記載例

① そのまま利用する場合

出典：文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」

文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」より引用

本解説書中の文章（文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」）

図表タイトル（文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」）

② 編集・加工して利用する場合

文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」をもとに〇〇株式会社作成

図表タイトル（文部科学省及び気象庁「気候予測データセット2022 解説書」）に加筆

※ 本解説書中の文章及び図表を編集・加工した場合、それをあたかも文部科学省及び気象庁が作成したかのような状態で公表・利用することは固く禁止する。

【気候変動に関する懇談会委員】

石川 洋一 海洋研究開発機構 付加価値情報創生部門
地球情報科学技術センター センター長

鬼頭 昭雄 元気象庁気象研究所 気候研究部 部長

木本 昌秀 国立環境研究所 理事長

小池 俊雄 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター センター長

三枝 信子 国立環境研究所 地球システム領域 領域長

高橋 潔 国立環境研究所 社会システム領域 副領域長

竹村 俊彦 九州大学 応用力学研究所 教授

中北 英一 京都大学 防災研究所 所長／教授

◎花輪 公雄 東北大学 名誉教授／山形大学 理事・副学長

保坂 直紀 サイエンスライター／東京大学 大学院新領域創成科学研究科 特任教授

山崎 登 国士舘大学 防災・救急救助総合研究所 教授

(◎…会長)

※ 五十音順、敬称略。所属・役職は 2022 年 12 月 1 日現在。



文部科学省



気象庁

Japan Meteorological Agency