

「地球温暖化予測情報第9巻」データセット
解説書

令和3年2月
気象庁 大気海洋部、気象研究所

目 次

はじめに	1
1. 「第9巻」データセット	
1.1 予測計算の概要	2
1.2 内容・構成	5
1.3 バイアス補正	5
1.4 利用条件	7
1.5 免責事項	8
2. 利用上の留意点	
2.1 全般的な留意点	9
2.2 各要素の留意点	11
2.3 推奨される利用方法	13
3. 「第9巻」の予測の特徴	
3.1 気温要素	15
3.2 降水要素	17
3.3 雪要素	21
4. 全球大気モデルの評価	
4.1 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	24
4.2 気象研究所全球 60km 大気モデルアンサンブル予測との比較	25
4.3 CMIP5 全球大気海洋結合モデルとの比較	26
4.4 全球大気モデルの特徴のまとめ	32
4.5 関連する温暖化予測研究	34
5. 「第9巻」データの評価－現在気候の再現性－	
5.1 気温要素	37
5.2 降水要素	40
5.3 雪要素	46
6. 「第9巻」データセットの利活用例	
6.1 地球温暖化予測情報	48
6.2 地域気候変動適応計画	49
6.3 気候変動影響評価	49
資料1：推奨される利用方法	51
資料2：現在気候の再現性の評価指標	54
別紙1：地球温暖化予測情報第9巻データの形式、要素について	55
別紙2：GPV 読み込みマクロの使い方	69

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。平成 29 年 3 月に「地球温暖化予測情報第 9 巻」¹を公表したのに続いて、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。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「日本の気候変動 2020」の予測を含めて「第 9 巻」と総称する。

「第 9 巻」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。「第 9 巻」は、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）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。

「第 9 巻」の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、第 9 巻データセット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 1 章と、利用上の留意点や推奨される利用方法を記した第 2 章を参照。
- ・ そのうえで、第 3 章と第 5 章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 4 章を参照。
- ・ 利用例については第 6 章にまとめている。今後、気候変動影響評価等における「第 9 巻」の具体的な利用例についても記載予定である。

本解説書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

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

1. 「第9巻」データセット

1.1 予測計算の概要

「第9巻」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。

本節では、「第9巻」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 1.1 を参照）。

表 1.1 「第9巻」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 NHRCM05 気象研究所全球大気モデル MRI-AGCM3.2S
水平解像度	5km
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。

「第9巻」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。

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、日本とその周辺を対象として NHRCM05 による計算を行った（図 1.1）。

この計算で用いた 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。）で用いられたもの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。

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

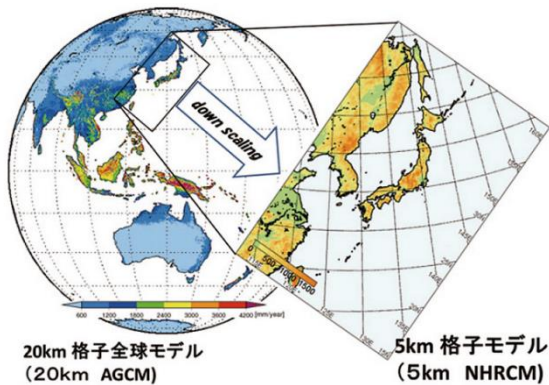


図 1.1 NHRCM05 で計算を行った領域（文部科学省研究開発局，2014 より引用）

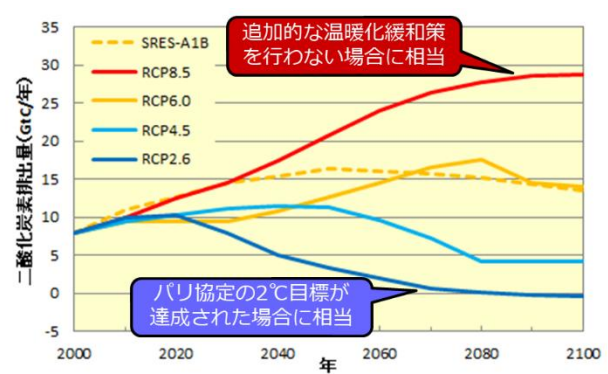


図 1.2 各 RCP シナリオにおける二酸化炭素排出量

（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。

「第 9 巻」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：現時点を超える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℃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 1.2）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 とともに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 1.3(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 1.3(b)～(d)、(f)～(h)）。MRI-AGCM3.2S 及び NHRCM05 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。

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。

(4)「第9巻」の特徴

「第9巻」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 及び NHRCM05 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 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、本書では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。

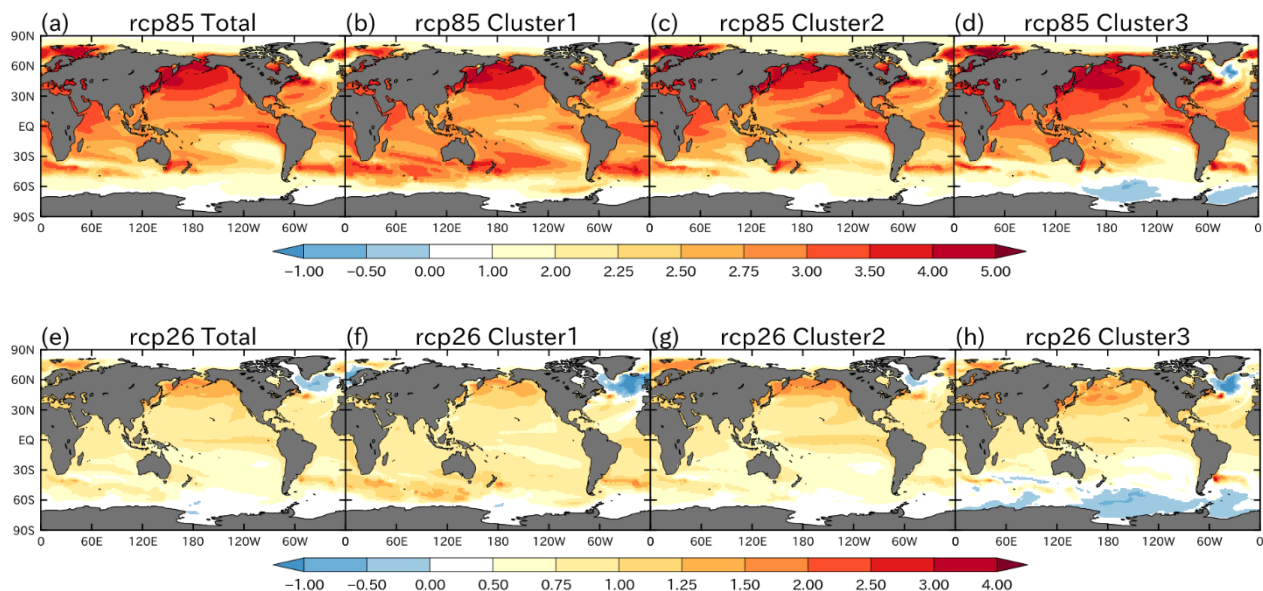


図 1.3 SST 分布の異なる4パターン（将来変化）

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) クラスター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) クラスター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) クラスター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。

1.2 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「第 9 巻」データセットは、NHRCM05 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。

「第 9 巻」データセットには、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 1.2 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節（第 1.3 節）を参照のこと。

表 1.2 「第 9 巻」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 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）

1.3 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。

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。

1.4 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）～（７）を遵守のこと。

- （１） 本資料『「地球温暖化予測情報第 9 巻」データセット解説書』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） 研究目的または公共の利益に資する目的の利用に限る。営利、広告、販売などのそれ以外の目的には利用しない。
- （３） 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。
- （４） 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。
- （５） 本データを用いた成果を公表する場合には、気象庁『「地球温暖化予測情報第 9 巻」データセット』を使用したこと、及び、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ことを明記する。
- （６） 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。
- （７） その他、気象庁の指示事項に従う。

1.5 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 1 章の参考文献

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.

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.

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

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.

2. 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。

「第9巻」データセット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。

2.1 全般的な留意点

本節では、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则认为る。

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 2.1）。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。

「第 9 巻」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 2.1）。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。

「第 9 巻」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、「第 9 巻」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。

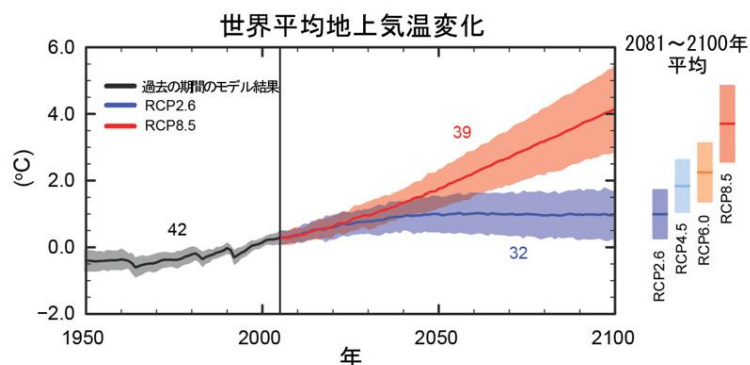


図 2.1 CMIP5 の複数のモデルによりシミュレーションされた世界平均地上気温の時系列（1950～2100 年）

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。

2.2 各要素の留意点

本節では、第 3 章～第 5 章にまとめた「第 9 巻」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。
- ・ 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。

<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

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

節の統計値については不確実性が大きい。また、前節③で示した通り「第 9 巻」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「第 9 巻」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大きいと考えられる。

- ・ 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）に伴う大気の飽和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、「第 9 巻」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。季節別的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高くない。

（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高くない。

2.3 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。

本節では、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。

3. 「第9巻」の予測の特徴

2章で示した通り、「第9巻」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。本章では、「第9巻」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。「第9巻」及び比較する予測の概要は、表3.1のとおり。

表 3.1 「第9巻」及び比較に用いた予測

予 測	概 要
<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 【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】 SRES A1B 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

3.1 気温要素

(1) 平均気温 (図 3.1)

< 第 9 巻 >

- ・ 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℃ (1.0~1.8℃) 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℃ (1~2℃) 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℃ 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℃ (0.5~1.7℃) 上昇。

< 比較結果 >

- ・ 「第 9 巻」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。

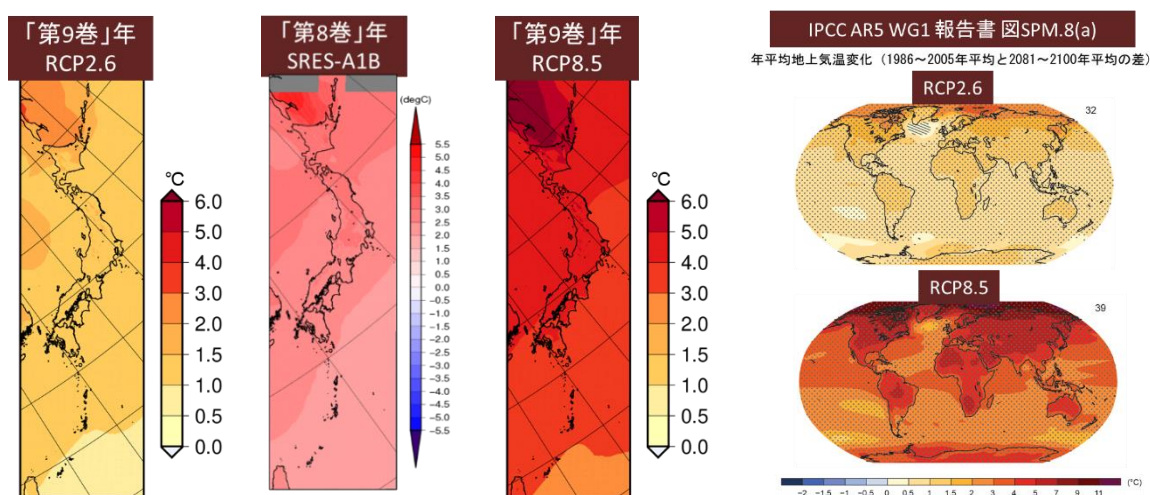


図 3.1 年平均気温の将来予測

左端図～中右図: 左から順に、「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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)。右端図: 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 3.2)

< 第 9 巻 >

- ・ 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 20 日 (約 3 日)、真夏日は約 50 日 (約 10 日)、熱帯夜は約 40 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 40 日 (約 15 日)、冬日は東日本日本海側で約 50 日 (約 20 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、「第 9 巻」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>

- ・ 「第 9 巻」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。

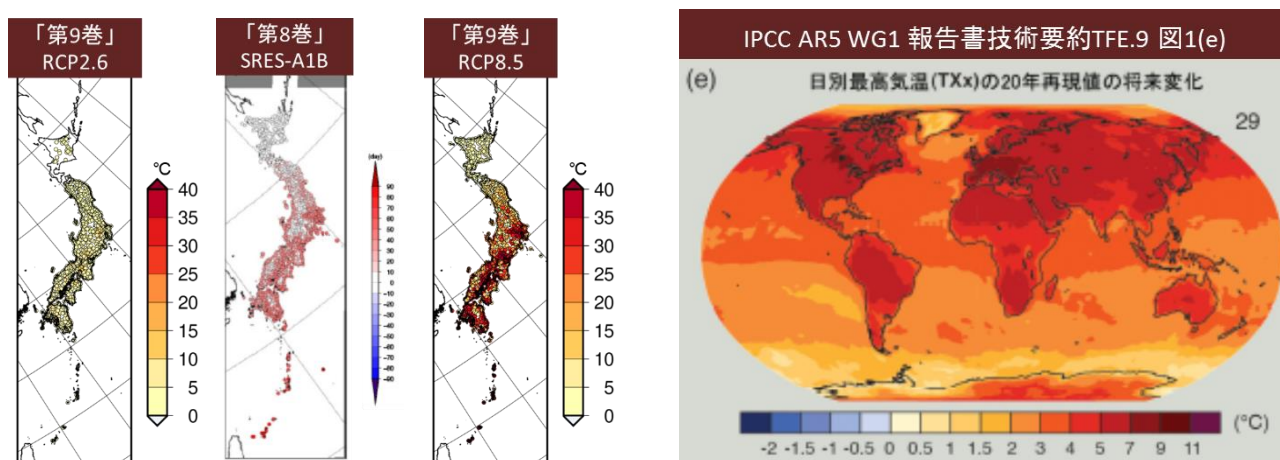


図 3.2 猛暑日 (年間日数) と日別最高気温 20 年再現値の将来予測

左端図～中右図: 左から順に「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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)。右端図: 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。

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。

3.2 降水要素

(1) 年降水量 (図 3.3)

<第9巻>

- ・ 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。

<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℃ 昇温時（おおむね RCP8.5 シナリオに対応）よりも 2℃ 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>

- ・ 「第9巻」の年降水量の予測は、明瞭な変化傾向が見られない多くの地域についてはほかの予測の傾向と比べて大きな違いはない。
- ・ RCP2.6 シナリオにおいて沖縄・奄美の降水量が有意に増加する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、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。

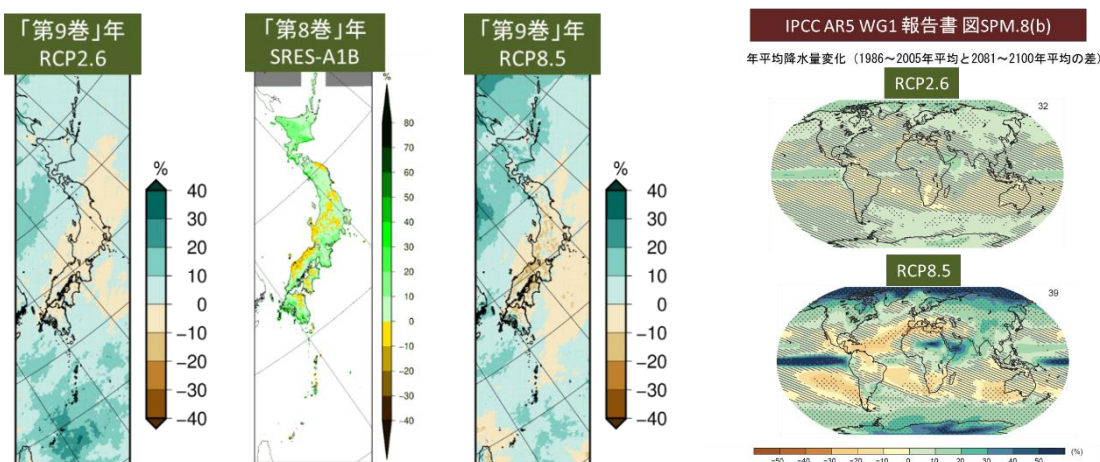


図 3.3 年降水量の将来予測

図の見方は図 3.1 と同様。

（２）季節別降水量（図 3.4、図 3.5）

＜第 9 巻＞

- 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「第 9 巻」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「第 9 巻」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、「第 9 巻」とは異なって減少傾向を示すところが多い。

＜比較結果＞

- 「第 9 巻」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。

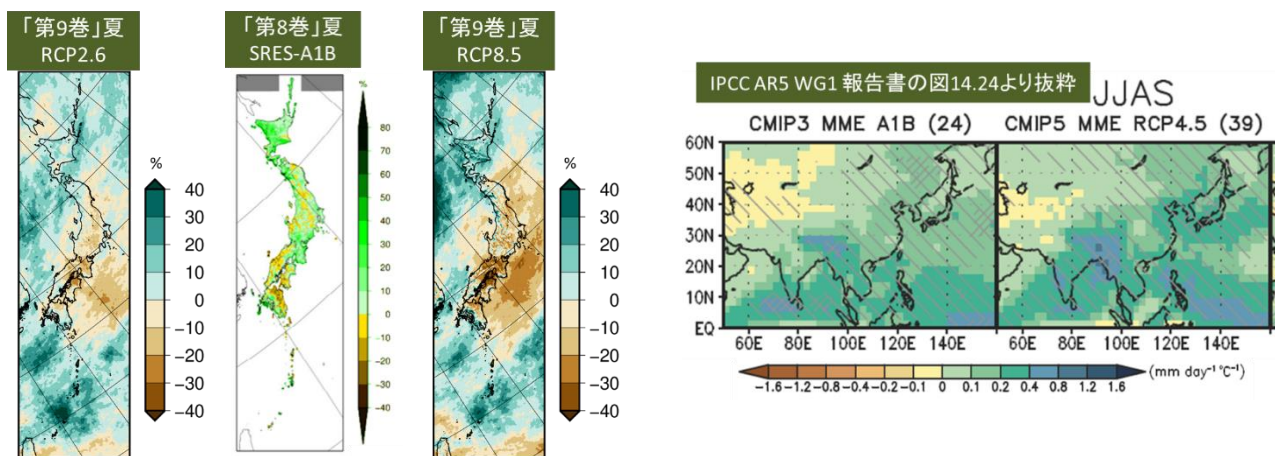


図 3.4 夏の降水量の将来予測

左端図～中右図：左から順に「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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）。右端図：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。

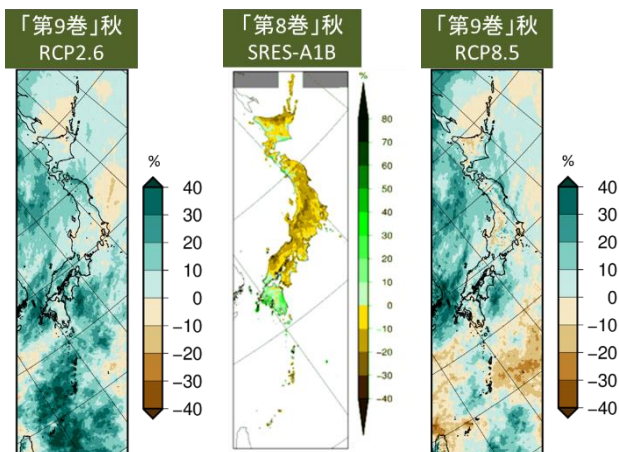


図 3.5 秋の降水量の将来予測

左から順に「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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 3. 6、図 3. 7）

＜第 9 巻＞

- ・ 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。

＜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第 9 巻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℃昇温時よりも 2℃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＞

- ・ 「第 9 巻」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。

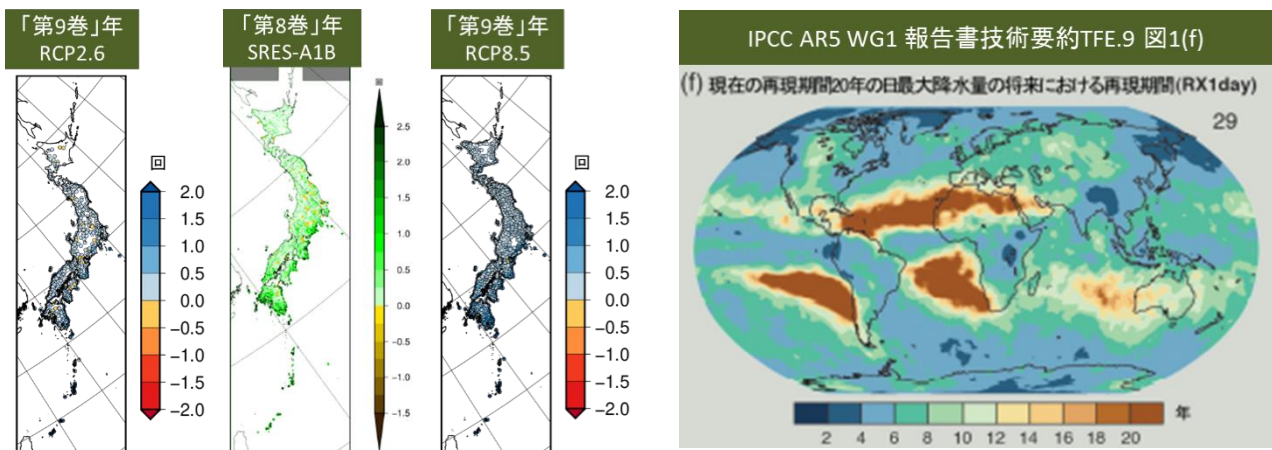


図 3.6 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数と現在の再現期間 20 年の日最大降水量の将来予測

左端図～中右図:左から順に「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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)。右端図: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。

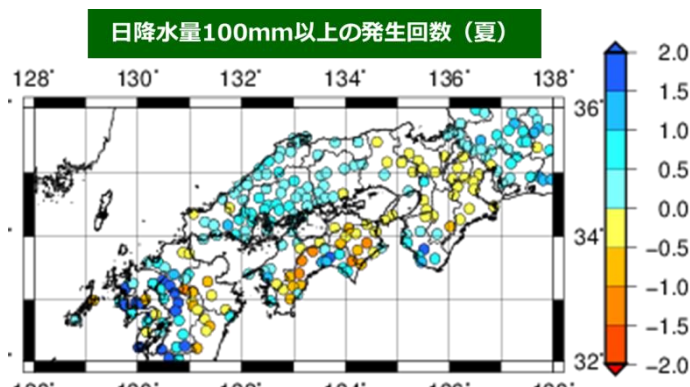


図 3.7 夏の日降水量 100mm 以上の発生回数の将来予測

バイアス補正した「第 9 巻」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 3.8)

< 第 9 巻 >

- ・ 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。

< 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>

- ・ 「第9巻」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。

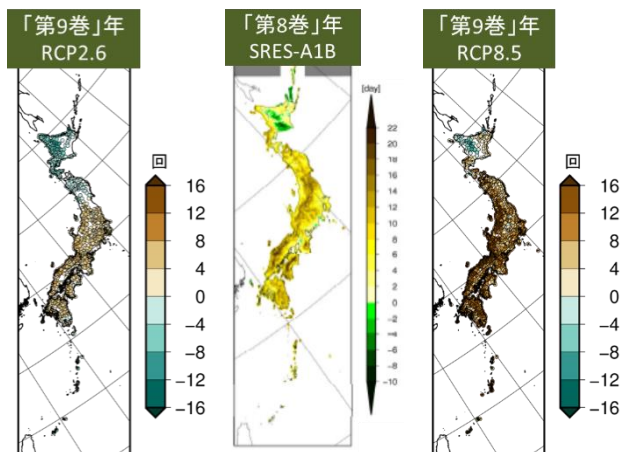


図 3.8 年間の無降水日数の将来予測

左から順に「第9巻」の RCP2.6 シナリオ、「第8巻」、「第9巻」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）。

3.3 雪要素

（1）年最深積雪（図 3.9）

<第9巻>

- ・ 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>

- ・ 「第9巻」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。

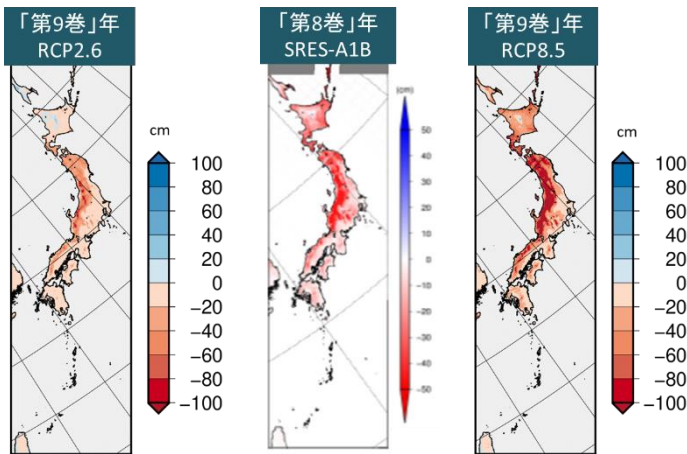


図 3.9 年最深積雪の将来予測

左から順に、「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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 3.10）

＜第 9 巻＞

- ・ 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「第 9 巻」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＞

- ・ 「第 9 巻」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。

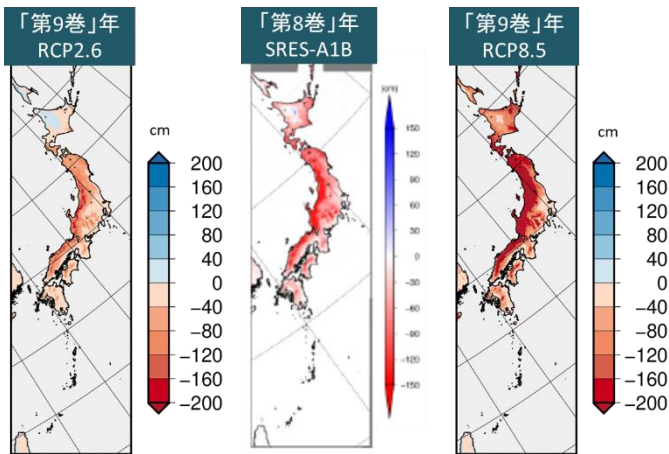


図 3.10 年降雪量の将来予測

左から順に、「第 9 巻」の RCP2.6 シナリオ、「第 8 巻」、「第 9 巻」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 3 章の参考文献

- 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.

4. 全球大気モデルの評価

「第9巻」は、水平解像度 20km の気象研究所全球大気モデル(MRI-AGCM3.2S、以下「20km モデル」という。) 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。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)。本章では、気象研究所の全球大気モデルの予測の特徴についてまとめる。第 3.2 節(2) で示したとおり、季節別降水量の予測にはモデル間のばらつきが大きいことから、主に夏と秋の降水に係わるところに焦点を当て、原則として RCP8.5 シナリオを例にとって示している。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。

4.1 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

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ある必要がある。

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。

4.2 気象研究所全球 60km 大気モデルアンサンブル予測との比較

「第 9 巻」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、以下「60km モデル」という。）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（Kitoh et al. 2016）。

本節では、20km モデルによる SST アンサンブル予測（4 メンバー）及び 60km モデルによる SST・積雲対流スキームアンサンブル予測（ $4 \times 3 = 12$ メンバー）の特徴について、アンサンブル平均及び変化符号のメンバー間一致度に基づいて記述する。

【夏季】

- ・ 降水量： 20km モデルでは日本の一部で減少。60km モデルでは日本付近はやや増加傾向だが、変化符号のメンバー間一致度は低い（図 4.1 左・中図）。
- ・ 夏季最大日降水量： 20km モデルでは日本の一部で減少する。60km モデルでは日本付近は増加。
- ・ 海面気圧： 20km/60km モデルともに、太平洋高気圧が日本の南海上（30°N 以南）で強化（モンスーントラフは弱化）されるが、日本への張り出しは弱化。
- ・ 下層風： 20km/60km モデルともに東シナ海～日本海で南西風偏差。
- ・ 上層風： 20km/60km モデルともに偏西風が南偏。

【秋季】

- ・ 降水量： 20km/60km モデルともに増加傾向だが、変化符号のメンバー間一致度は低い（図 4.2 左・中図）。
- ・ 海面気圧： 20km/60km モデルともに、ユーラシア大陸で負偏差（シベリア高気圧形成の遅れ）、北太平洋中緯度（～40°N）で正偏差（ストームトラックの北偏）。
- ・ 下層風： 20km/60km モデルともに東風偏差。
- ・ 上層風： 20km/60km モデルともに偏西風が北偏。

【季節変化】

- ・ 降水量： 20km モデルでは、5～6 月は梅雨降水帯が南偏し、北緯 35° 付近の降水量は減少。60km モデルでは、6～7 月は、梅雨降水帯が南側中心に強化し、日本付近の降水量は増加（変化符号の一致度は低い）。8 月は、20km/60km モデルともに、日本の高緯度側で増加。9～10 月は、20km/60km モデルともに、日本付近では増加（変化符号の一致度は低い）（図 4.3 左・中図）。
- ・ 上層風： 偏西風は、20km モデルでは 5～6 月、60km モデルでは 5～7 月に南偏（偏西風北上の遅れ）。8 月は、20km/60km モデルともに、日本付近では偏西風が弱化（変化符号の一致度は低い）。9～10 月は、20km/60km モデルともに、偏西風が北偏（偏西風南下の遅れ）（図 4.4 左・中図）。

- 海面気圧： 20km/60km モデルともに、7～9 月に太平洋高気圧が日本の南海上（30°N 以南）で強化されるが、日本への張り出しは弱化（図 4.5 左・中図）。

4.3 CMIP5 全球大気海洋結合モデルとの比較

前節で示した気象研究所全球大気モデル実験では、SST パターンと積雲対流パラメタリゼーションの違いによる予測不確実性は考慮されているが、他の物理過程やモデル構成の違いは考慮されていない。

そこで、本項では、第 5 次結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP5）で集められた世界中の全球大気海洋結合モデル（41 モデル）による予測について、アンサンブル平均及び変化符号のモデル間一致度に基づいて記述し、気象研究所 20km/60km モデル予測と比較する。なお、日本付近の降水量変化については、詳細地形の影響を大きく受けるため、現在用いられている全球モデルの解像度では評価できない部分もある点には注意が必要である。

4.3.1 CMIP5 全球大気海洋結合モデル予測の特徴

【夏季】

- 降水量： 日本付近では梅雨前線帯を中心に増加（図 4.1 右図）。
- 夏季最大日降水量： 日本付近では増加。
- 海面気圧： 太平洋高気圧が日本の南海上（30°N 以南）で強化（モンスーントラフは弱化）し、日本への張り出しは弱化。
- 下層風： 中国大陸で南風偏差、東シナ海～日本の南海上で西風偏差。
- 上層風： 偏西風はユーラシア大陸～日本付近で南偏（ただし日本付近の変化符号のモデル間一致度は低い）。

【秋季】

- 降水量： 日本付近は増加傾向だが北日本以外では変化符号のモデル間一致度は低い。（図 4.2 右図）
- 海面気圧： ユーラシア大陸で負偏差（シベリア高気圧形成の遅れ）、北太平洋中緯度（～40°N）で正偏差（ストームトラックの北偏）。
- 下層風： 東風偏差。
- 上層風： 偏西風が北偏。

【季節変化】

- 降水量： 日本付近では、梅雨期（6～7 月）から秋雨期（9～10 月）はおおむね増加。梅雨降水帯は南側中心に強化（図 4.3 右図）。
- 上層風： 偏西風は、5～7 月は南偏（偏西風北上の遅れ）、8 月は日本付近では弱化（変化符号の一致度は低い）、9～10 月は北偏（偏西風南下の遅れ）（図 4.4 右図）。
- 海面気圧： 7～8 月に太平洋高気圧が日本の南海上（30°N 以南）で強化されるが、日本への張り出しは弱化（変化符号の一致度は低い）（図 4.5 右図）。

4.3.2 全球モデル予測が一致しない点

- 日本付近の夏季降水量・夏季最大日降水量： 20km モデルは一部の地域で減少

を予測。60km モデルは増加を予測（夏季降水量の変化符号の一致度は低い）。CMIP5 モデルの多くは増加を予測。

- ・ 夏季下層循環： 20km/60km モデルはともに、東アジアでは明瞭な南西風偏差を予測。CMIP5 モデルも同様の傾向だが偏差は小さい。
- ・ 梅雨： 20km モデルは、5～6 月は梅雨降水帯が南偏して北緯 35° 付近の降水量は減少を予測。60km モデルと CMIP5 モデルはともに、梅雨降水帯は南側中心に強化し、日本付近でも降水量増加を予測（60km モデルの変化符号の一致度は低い）。

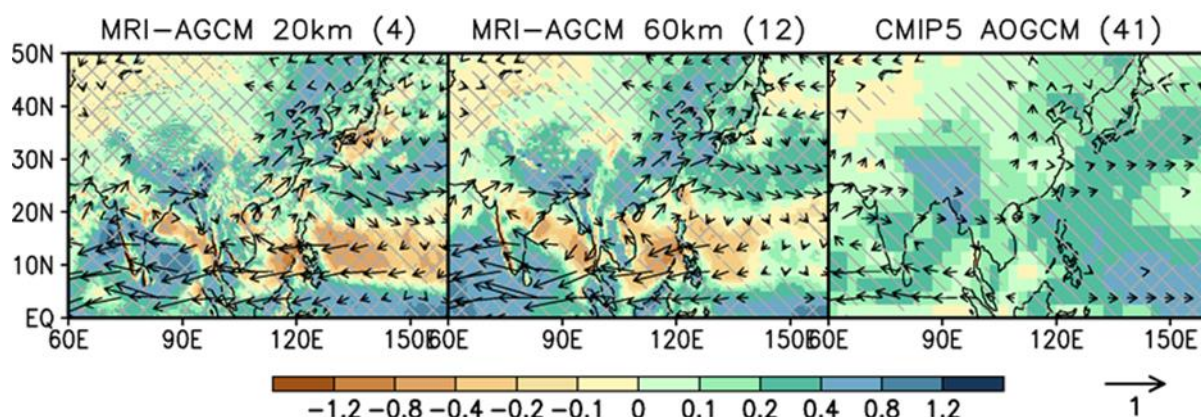


図 4.1 夏季（6～8 月）平均の降水量偏差（陰影、mm/day）及び 850hPa 風偏差（矢印、m/s）
左図：気象研究所 20km 全球モデルの予測、中図：気象研 60km 全球モデルの予測、右図：CMIP5 モデルの予測。21 世紀末、RCP8.5 シナリオ。タイトル横の括弧内の数字はメンバー数。降水量偏差の変化符号が 67%（90%）以上のメンバーで一致する場合に片方向（両方向）斜線、850hPa 風偏差の変化符号が 67%以上のメンバーで一致する場合に表示。将来変化量を全球・年平均地上気温昇温量で規格化した。

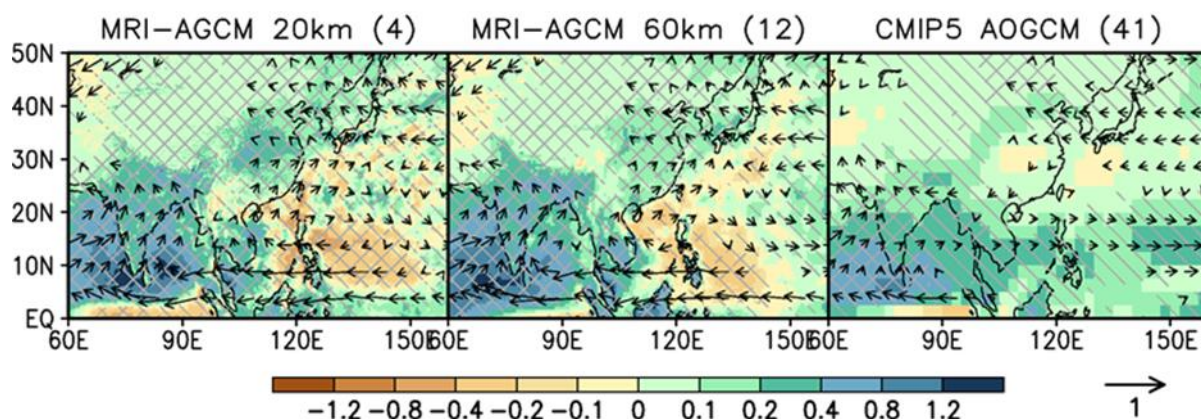


図 4.2 秋季（9～11 月）平均の降水量偏差（陰影、mm/day）及び 850hPa 風偏差（矢印、m/s）
秋季（9～11 月）平均以外は図 4.1 と同じ。

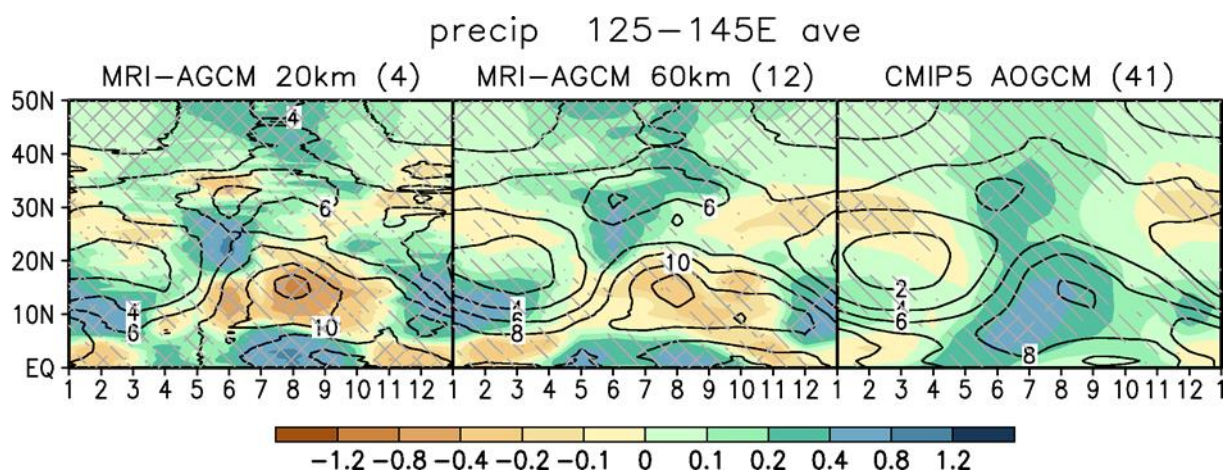


図 4.3 東経 125～145° 平均の降水量の季節変化 (mm/day)

現在気候を実線、将来変化を陰影で示す。月平均気候値に基づく。その他は図 4.1 と同じ。

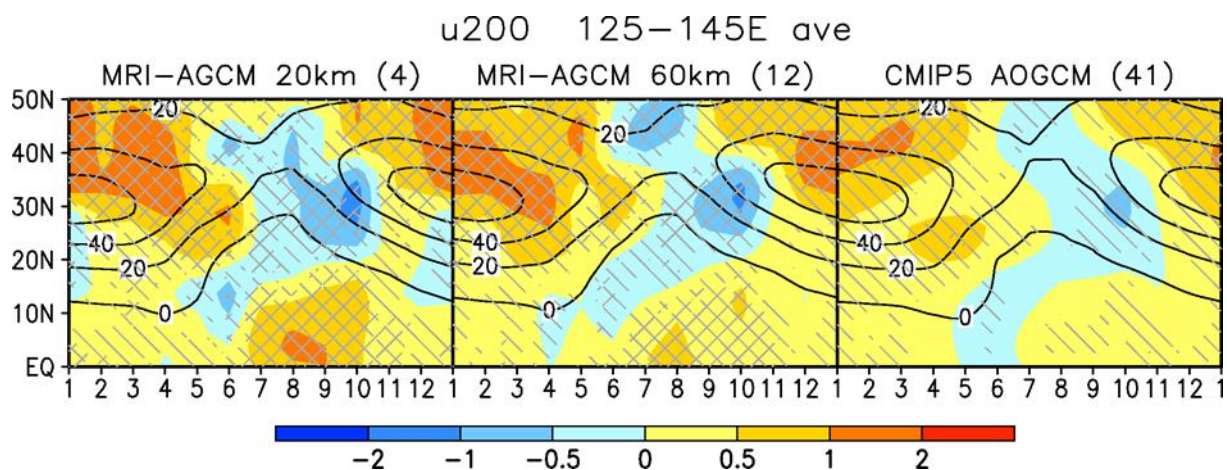


図 4.4 東経 125～145° 平均の 200hPa 東西風の季節変化 (m/s)

200hPa 東西風以外は図 4.3 と同じ。

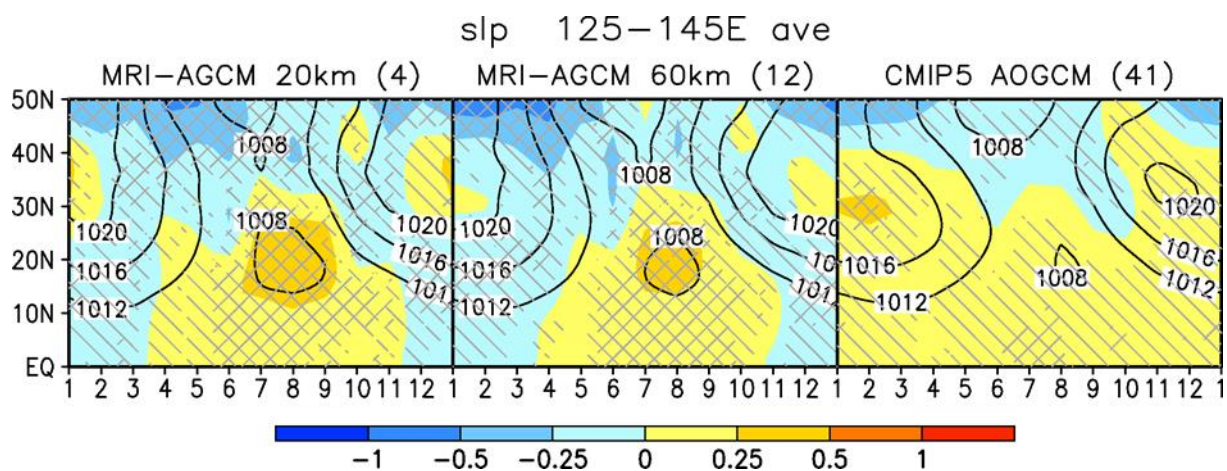


図 4.5 東経 125～145° 平均の海面気圧の季節変化 (hPa)

海面気圧以外は図 4.3 と同じ。

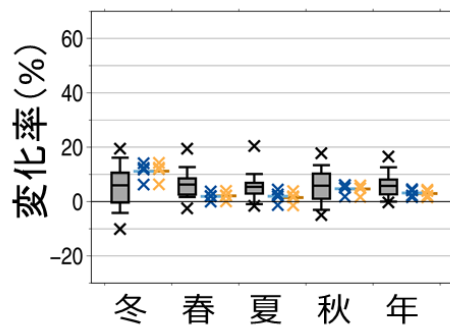
4.3.3 その他の季節、シナリオにおける予測結果の比較

ここまでに示したものの以外の季節や RCP2.6 シナリオの場合を含めて、東アジア及び日本付近で平均した降水量の予測結果のばらつきを全球 20km モデルと CMIP5 モデルで比較する。詳しくは「日本の気候変動 2020 詳細版」も参照のこと。

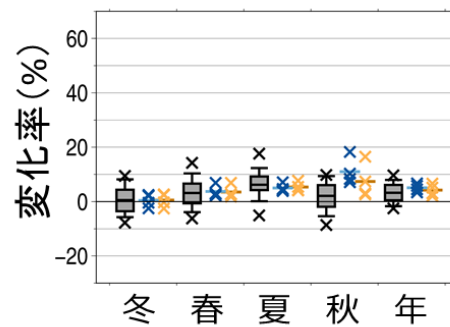
【季節降水量及び年降水量】

- ・ 東アジア平均の降水量は、RCP8.5 シナリオにおいて、すべての季節および年平均で全球 20km モデルと CMIP5 モデルは増加傾向を予測する。RCP2.6 シナリオでも、変化量は縮小するものの、おおむね増加傾向である。両シナリオのすべての季節および年平均において、全球 20km モデル平均は CMIP5 モデルの予測幅（10～90 パーセンタイル値）内に含まれる。
- ・ 日本付近で平均した降水量は、RCP8.5 シナリオにおいて、春季と秋季と年平均で全球 20km モデルは増加傾向を予測する。CMIP5 モデルもおおむね同様の傾向を予測するが春季と秋季の変化符号のモデル間一致度は高くない。
- ・ 全球 20km モデルの台風に由来する降水を除去した上で両者を比較すると、両シナリオのすべての季節及び年平均において、全球 20km モデル平均は CMIP5 モデルの予測幅（10%～90%タイル値）内に含まれる。
- ・ 全球 20km モデルの予測結果のばらつきの幅は CMIP5 と比べて小さい。
- ・ 東アジア平均の場合と異なり、特に全球 20km モデル予測において、RCP8.5 シナリオで予測される変化量が RCP2.6 シナリオで予測される変化量より大きくなるという関係が必ずしも成り立っていない（気温上昇量と物理量変化の比例関係はスケラビリティと呼ばれる。詳しくは日本の気候変動 2020 詳細版のコラム 2 を参照）。全球 20km モデル実験はメンバー数が少ないためノイズの可能性もあるが、日本付近のような小さい空間規模の降水量変化は、SST パターン変化のわずかな違いや人為起源エアロゾル排出量の違いなどに影響を受け、スケラビリティが成り立ちにくいと考えられる。

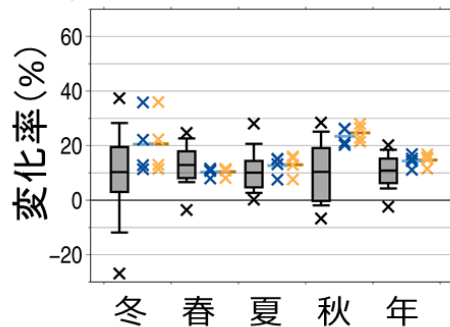
年・季節降水量の将来変化
東アジア/RCP2.6シナリオ



年・季節降水量の将来変化
日本付近/RCP2.6シナリオ



年・季節降水量の将来変化
東アジア/RCP8.5シナリオ



年・季節降水量の将来変化
日本付近/RCP8.5シナリオ

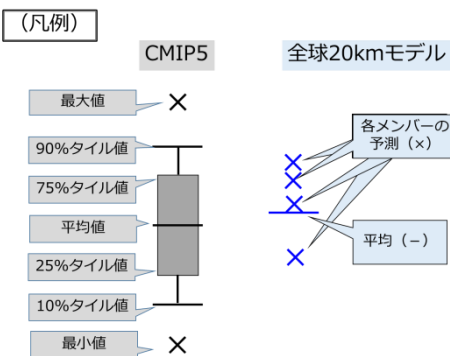
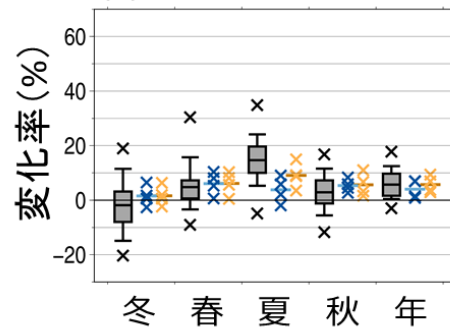


図 4.6 季節降水量及び年降水量の将来変化についての、
全球 20km モデル (4 メンバー) と CMIP5 モデルの予測の
比較

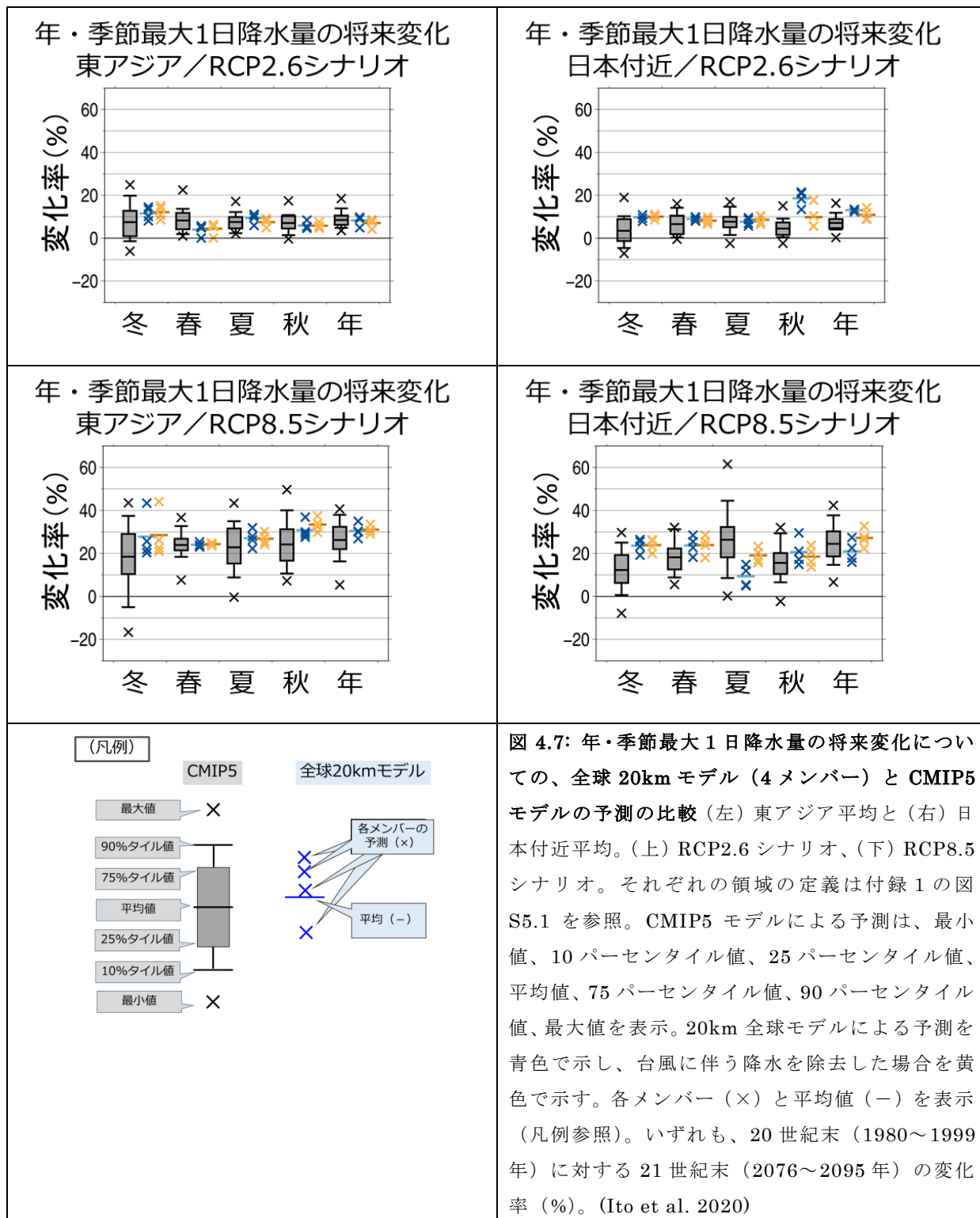
(左) 東アジア平均と (右) 日本付近平均。(上) RCP2.6 シナリオ、(下) RCP8.5 シナリオ。それぞれの領域の定義は付録 1 の図 S5.1 を参照。CMIP5 モデルによる予測は、最小値、10 パーセンタイル値、25 パーセンタイル値、平均値、75 パーセンタイル値、90 パーセンタイル値、最大値を表示。20km 全球モデルによる予測を青色で示し、台風に伴う降水を除去した場合を黄色で示す。各メンバー (x) と平均値 (—) を表示 (凡例参照)。いずれも、20 世紀末 (1980~1999 年) に対する 21 世紀末 (2076~2095 年) の変化率。(Ito et al., 2020)

【季節最大日降水量及び年最大日降水量】

- 大雨に伴う雨量の増加傾向はほとんどの気候モデルで共通してみられ、RCP2.6 シナリオより RCP8.5 シナリオの方大きく増加する傾向にある。しかし、増加量に関しては、気候モデル間の差異が大きい。
- 全球 20km モデルのメンバー間のばらつきはモデルの違いによる不確実性を反映していないことから相対的に小さい。
- 日本域の大雨の予測に関しては、RCP8.5 シナリオの夏季や RCP2.6 シナリオの秋季などにおいて、全球 20km モデルは CMIP5 モデルと比較して大きく異なった予測になっている。ただし、全球 20km モデルで台風に伴う降水を除去した場

合には、CMIP5 モデルの予測値に近づく。

- CMIP5 モデルには多数の気候モデルが含まれるものの、解像度が低く台風を十分に表現できていない。従って、台風に伴うものを含めた大雨の将来予測については、CMIP5 との比較からモデルによる不確実性を評価することが難しいと考えられる。



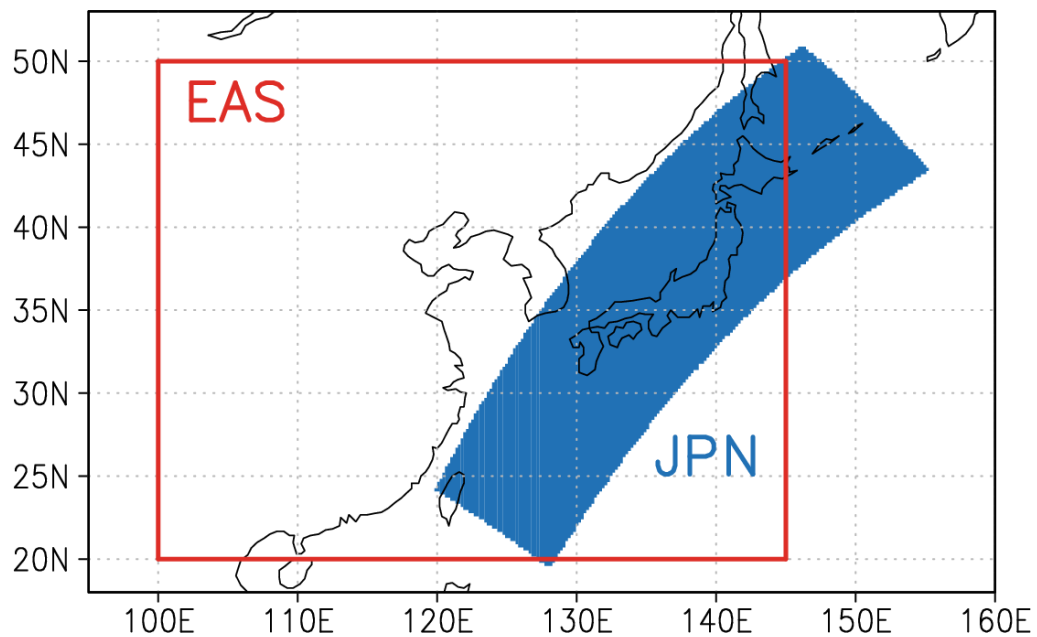


図 4.8 全球 20km モデルと CMIP 5 マルチモデルアンサンブルとの比較対象とした領域。

青色部分は日本付近(JPN)の領域（海上を含む）、赤の矩形領域は、IPCC で使用されている「東アジア地域(EAS。IPCC (2012) 図 3-1 より)」(海上は含まない)である(Ito et al. 2020)。

4.4 全球大気モデルの特徴のまとめ

RCP8.5 シナリオにおける夏季の大気循環の将来変化については、全球 20km モデル、全球 60km モデル、CMIP5 モデル（ただし変化符号の一致度は低い）に共通した点が見られる。太平洋高気圧が日本の南海上（30°N 以南）で強化される一方、日本への張り出しは弱化すること、6 月は上層の偏西風がユーラシア大陸～日本付近で南偏し、8 月は日本付近で弱化すること、などの傾向がある。これらの大気循環予測の信頼性は高いと言える。しかし、降水量の将来変化については、大気循環の将来変化に関わらず、基本的に水蒸気量増加が降水量増加に寄与するため注意が必要である。

【夏季平均降水量】

大気循環の変化と水蒸気量増加の効果を考慮すると、夏季平均降水量の将来変化は微妙である。全球 20km モデルは日本の一部で減少傾向を予測する。一方、積雲対流パラメタリゼーション方式の違いを考慮した全球 60km モデルは、日本付近では増加傾向を予測する（ただし変化符号の一致度は低い）。CMIP5 モデルの多くも増加傾向を予測する。また、IPCC(2013)などこれまでの温暖化予測研究は東アジアの降水量増加を予測している。これらを踏まえると、日本付近の一部で降水量減少の可能性は否定できないものの、現段階では全球 20km モデル予測の信頼性は高いとは言えない。

【夏季最大日降水量（Rx1d）】

全球 20km モデルは夏季平均降水量と同様に日本の一部で減少傾向を予測する。一方、全球 60km モデルや CMIP5 モデルは増加傾向を予測する。また、IPCC(2013)などこれまでの温暖化予測研究は、東アジアの極端降水の増加を予測している。一

般に、温暖化に伴う水蒸気量増加の効果は平均降水量よりも大雨や短時間強雨において現れやすい。一方で、北西太平洋では、台風の発生数や存在頻度の減少が予測されており（Murakami et al., 2012; Yoshida et al., 2017）、台風起源の大雨頻度が減少する（Kitoh and Endo, 2016; Endo et al., 2017）。特に全球 20km モデル予測では、フィリピン付近のモンスーントラフが CMIP5 予測と比べて顕著に浅くなり、その結果として台風の発生数や存在頻度が過度に減少している可能性がある。また、日本付近の Rx1d の予測はモデル間のばらつきが大きく、全球 20km モデルが表現しているばらつきはその一部に限られる上に、シナリオや季節によっては CMIP5 モデルに対して過大、過少な傾向もみられる。これらの点を踏まえると、現段階では特定季節の Rx1d 予測の信頼性は高いとは言えない。

【梅雨の入り・明け】

全球 20km モデルでは 5～6 月は梅雨降水帯が南偏して北緯 35° 付近で降水量の減少を予測する。これは梅雨入り時期の遅れを示唆する。一方、全球 60km モデルや CMIP5 モデルは、梅雨降水帯は南側中心に強化し日本付近でも降水量増加を予測する（ただし全球 60km モデルでは変化符号の一致度は低い）。梅雨の季節進行をコントロールする上空の偏西風については、6 月は全球 20km/60km モデル及び CMIP5 モデルは一致して南偏傾向を予測しており、そのメカニズムは大気成層安定化に伴う熱帯循環弱化の影響として理解されている。こうした循環場の変化は、その影響だけを考えると全球 20km モデル予測の降水量変化と整合的であるが、水蒸気量増加の効果を検討すると全球 60km モデルや CMIP5 モデルの降水量増加の予測とも矛盾しない。全球 20km モデルは、他の低解像度モデルよりも梅雨再現性が良い一方、物理過程の不確実性が考慮されていないといった問題点もある。梅雨時期の将来変化を降水量の増減で判断した場合、現段階では全球 20km モデル予測が示唆する梅雨入り時期の遅れの信頼性は高いとは言えない。

梅雨明け時期の変化については、半旬データに基づく詳細な解析によれば、全球 20km/60km モデル予測はともに変化傾向が不明瞭である（Kusunoki, 2017）。また、将来 SST パターンの違いによる不確実性が大きい（Okada et al., 2017）。一方で、以前実施された全球 20km/60km モデル及び CMIP3 モデルによる温暖化予測実験では、梅雨明け時期の遅れが予測されていた（Kitoh and Uchiyama, 2006; Kusunoki et al., 2011; Hirahara et al., 2012）。現時点ではこれら予測差異の理由が十分に理解されていない。これらを踏まえると、現段階では梅雨明け時期の変化に関して言及することは難しい。

梅雨の季節進行に関する既存研究の多くは、「雨期」の観点から降水量データに基づいて梅雨時期の変化を議論している。結果は、当然ながら「雨期」の定義の仕方による。例えば、気象庁が発表する梅雨時期は、日照時間等の天候経過に基づくことから、両者は必ずしも一致するものではないことに注意する必要がある。

【秋季平均降水量】

全球 20km/60km モデルと CMIP5 モデルは共通して日本付近で増加傾向を予測する。ただし、変化量は小さく、変化符号の一致度は小さい。循環場については、偏西風（ストームトラック）の北偏やシベリア高気圧の弱化が予測されており、夏季から冬季への季節進行の遅れが示唆される。日本付近の秋季の降水変化について

は、モデル再現性やメカニズムを含めて既存研究の知見が乏しい。これらを踏まえると、現段階では信頼性は高いとは言えない。

4.5 関連する温暖化予測研究

- Kitoh and Uchiyama (2006) : 梅雨明け時期が遅れる傾向。CMIP3 モデル、SRES-A1B シナリオ、21 世紀末。
- Kusunoki et al. (2011) : 梅雨明け時期が遅れる傾向。気象研 20km/60km 全球モデル、SRES-A1B シナリオ、21 世紀末。
- Hirahara et al. (2012) : 梅雨明け時期が遅れる傾向。モンスーン循環弱化に伴う亜熱帯ジェット南偏に関連。CMIP3 モデル、SRES-A1B シナリオ、21 世紀末。
- Murakami et al. (2012) : 北西太平洋では台風発生数と存在頻度はロバストに減少。気象研 60km 全球モデル、SRES-A1B シナリオ、21 世紀末。
- Seo et al. (2013) : 梅雨前線帯の降水量は増加。CMIP5 モデル、RCP6.0 シナリオ、21 世紀末。
- Chen and Sun (2013) : 夏季東アジアの降水量と降水強度は多くの地域で増加。CMIP5 モデル、RCP4.5 シナリオ、21 世紀前半。
- IPCC (2013) : 東アジアの夏季降水量は増加する可能性が高い (likely)。東アジアの極端降水は増加する可能性が非常に高い (very likely)。
- He and Zhou (2015) : 北西太平洋の亜熱帯高気圧 (WNPSH) の将来変化は、モデル間のばらつきが大きく一致した傾向は見られない。CMIP5 モデル、RCP4.5/8.5 シナリオ、21 世紀後半。
- Kitoh and Endo (2016) : 北西太平洋では年最大日降水量 (Rx1d) の平均的な変化は小さい。これは台風存在頻度が減少して台風由来の極端降水が平均的には減少するため。一方、Rx1d の年々変動は増加するため 10 年に 1 度程度の Rx1d は増加。気象研 20km 全球モデル (「第 9 巻」と同一実験)、RCP8.5 シナリオ、21 世紀末。
- Kusunoki (2016) : 東アジア夏季降水の分布/季節進行に関して、全球 20km/60km モデルは CMIP5 モデルよりも再現性能が概ね高い。
- Endo et al. (2017) : 東アジアの年最大日降水量はロバストに増加。北西太平洋では台風存在頻度が減少するため台風由来の極端降水は平均的には減少。熱帯 SST パターンの違いは台風活動に影響するため日本付近の極端降水予測の不確実性要因となる。気象研 60km 全球モデル、d4PDF 実験 (Mizuta et al. 2017; RCP8.5 シナリオの 21 世紀末相当)。
- Yoshida et al. (2017) : 北西太平洋では台風発生数は減少し (-42%)、台風存在頻度も減少。一方、極端に強い台風 (カテゴリー 4 以上) の存在頻度は日本の南海上で有意に増加。気象研 60km 全球モデル、d4PDF 実験 (Mizuta et al. 2017; RCP8.5 シナリオの 21 世紀末相当)。
- Okada et al. (2017) : 6 月は梅雨前線が日本の南に停滞し、西日本では降水量減少。これは SST パターンに依らない。梅雨明け時期は、SST パターンの違いにより変化傾向が様々。気象研 20km 全球モデル (「第 9 巻」と同一実験)。
- Kusunoki (2017) : 6 月は日本の南海上で降水量が増加する一方日本付近では減少。梅雨入り時期が遅れる。梅雨明け時期の変化は不明瞭。気象研 20km/60km

全球モデル、RCP8.5 シナリオ、21 世紀末。

- Ose (2017): 夏季(6~8月)の降水量変化は、日本付近ではモデル(積雲対流スキーム)間のばらつきが大きい。大気中層の水平温度移流に伴う上昇流変化の違いが関連。気象研 60km 全球モデル、RCP8.5 シナリオ、21 世紀末。

第 4 章の参考文献

- Chen, H.-P., and J.-Q. Sun, 2013: Projected change in East Asian summer monsoon precipitation under RCP scenario. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 121, 55-77.
- Endo, H., A. Kitoh, R. Mizuta, and M. Ishii, 2017: Future changes in precipitation extremes in East Asia and their uncertainty based on large ensemble simulations with a high-resolution AGCM. *SOLA*, 13, 7-12, doi:10.2151/sola.2017-002.
- He, C., and T. Zhou, 2015: Response of the western North Pacific subtropical high to global warming under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios projected by 33 CMIP5 models: The dominance of tropical Indian Ocean-tropical western Pacific SST gradient. *J. Climate*, 28, 365-380.
- Hirahara S., H. Ohno, Y. Oikawa, and S. Maeda, 2012: Strengthening of the southern side of the jet stream and delayed withdrawal of Baiu season in future climate. *J. Meteor. Soc. Japan*, 90, 663-671.
- 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, USA, 1535 pp.
- Ito, R., T. Ose, H. Endo, R. Mizuta, K. Yoshida, A. Kitoh and T. Nakaegawa, 2020b: Seasonal characteristics of future climate change over Japan and the associated atmospheric circulation anomalies in global model experiments. *Hydrol. Res. Lett.*, 14, 130-135.
- Kitoh, A. and H. Endo, 2016: Future changes in rainfall extremes associated with El Nino projected by a global 20-km mesh atmospheric model. *SOLA*, 12A, 1-6, doi:10.2151/sola.12A-001.
- Kitoh, A., and T. Uchiyama, 2006: Changes in onset and withdrawal of the East Asian summer rainy season by multi-model global warming experiments. *J. Meteor. Soc. Japan*, 84, 247-258.
- Kitoh, A., T. Ose, and I. Takayabu, 2016: Dynamical downscaling for climate projection with high-resolution MRI AGCM-RCM. *J. Meteor. Soc. Japan*, 94A, 1-16.
- Kusunoki, S., R. Mizuta, and M. Matsueda, 2011: Future changes in the East Asian rain band projected by global atmospheric models with 20-km and 60-km grid size. *Climate Dyn.*, 37, 2481-2493.
- Kusunoki, S., 2016: Is the global atmospheric model MRI-AGCM3.2 better than the CMIP5 atmospheric models in simulating precipitation over East Asia? *Climate Dyn.*, doi:10.1007/s00382-016-3335-9.
- Kusunoki, S., 2017: Future changes in precipitation over East Asia projected by the global atmospheric model MRI-AGCM3.2. *Clim. Dyn.*, doi:10.1007/s00382-016-3499-3.
- Mizuta et al., 2017: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *Bulletin of the American Meteorological Society*, doi: 10.1175/BAMS-D-16-0099.1.
- Murakami, H., R. Mizuta, and E. Shindo, 2012a: Future changes in tropical cyclone activity projected by multi-physics and multi-SST ensemble experiments using the 60-km-mesh MRI-AGCM. *Climate Dyn.*, 39, 2569-2584.
- Okada, Y., T. Takemi, H. Ishikawa, S. Kusunoki, R. Mizuta, 2017: Future changes in atmospheric conditions for the seasonal evolution of the Baiu as revealed from projected AGCM

- experiments. J. Meteor. Soc. Japan, 95, 239-260.
- Ose, T., 2017: Future precipitation changes during summer in East Asia and model dependence in high-resolution MRI-AGCM experiments. Hydrological Research Letters, 11, 168-174.
- Seo, K.-H., J. Ok, J.-H. Son, and D.-H. Cha, 2013: Assessing future changes in the East Asian summer monsoon using CMIP5 coupled models. J. Climate, 26, 7662-7675.
- 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., doi:10.1002/2017GL075058.

5. 「第9巻」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3章と第4章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。

本章では、「第9巻」データセットの主要要素について、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1.3節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。

5.1 気温要素

（1）平均気温

モデル値（補正なし）には、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。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5.1）。

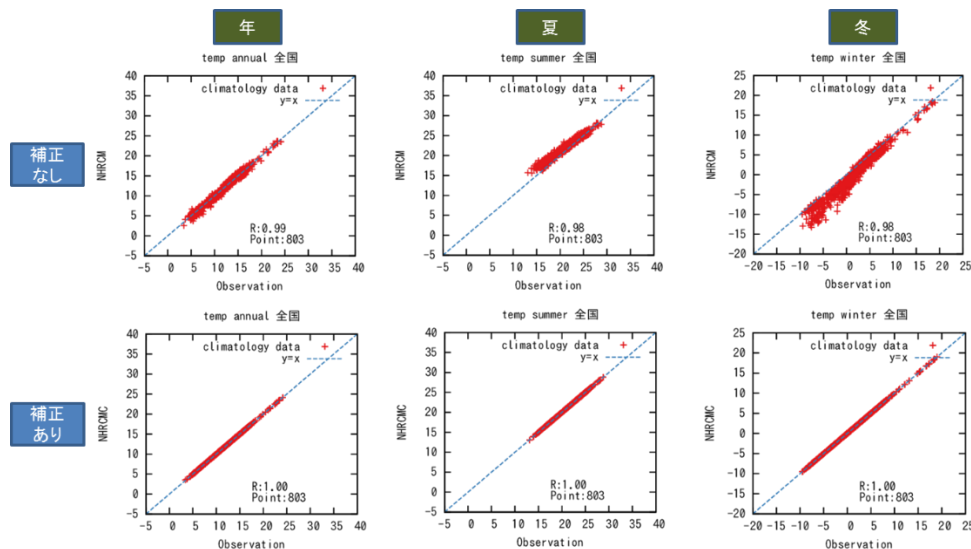


図 5.1 全国アメダス地点における 20 年平均した年平均気温の観測値とモデル値の散布図
全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）の平均気温と各地点に対応するモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

(2) 日最高気温

モデル値（補正なし）には、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り、平均気温に比べてバイアスの絶対値が大きい。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 5.2）。

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℃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 5.3）。

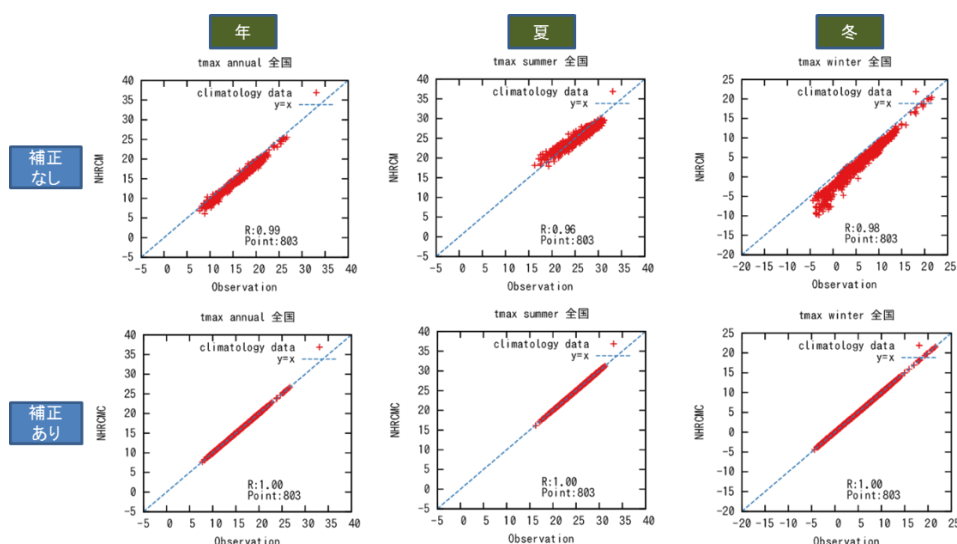


図 5.2 全国アメダス地点における 20 年平均した日最高気温の観測値とモデル値の散布図
全国のアメダス地点における 20 年平均（1980～1999 年平均）した年（左）、夏（6～8 月；中）及び冬（12～2 月；右）の最高気温と各地点に対応するモデル値（上段：補正なし、下段：補正あり）との関係を示す。アメダス地点はこの期間のデータが 8 割以上ある地点のみを利用。横軸は観測値、縦軸はモデル値。図中右下の数値は R：相関係数、Point：プロットした地点数を示す。

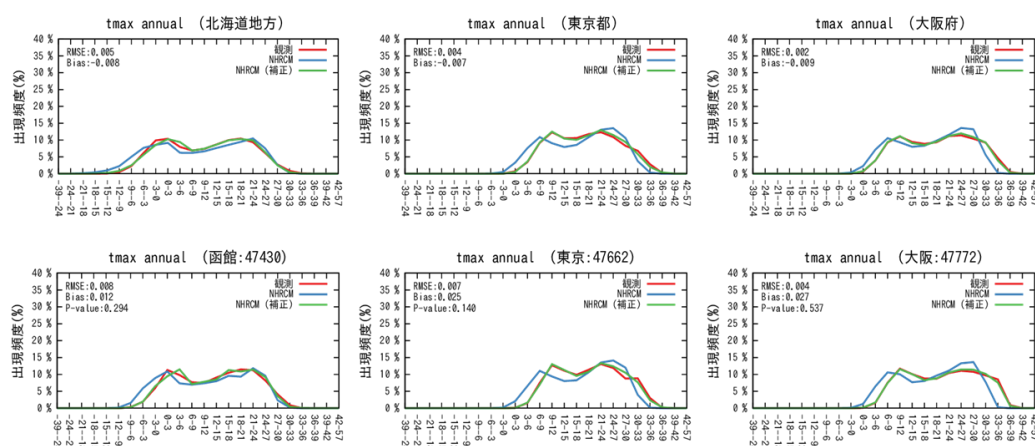


図 5.3 都道府及び地点別の最高気温の頻度分布

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、年平均及び各季節（冬を除く）ではほぼ全ての地域に正のバイアスがある。冬の北日本日本海側、東日本日本海側では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 5.4）。

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℃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 5.5）。

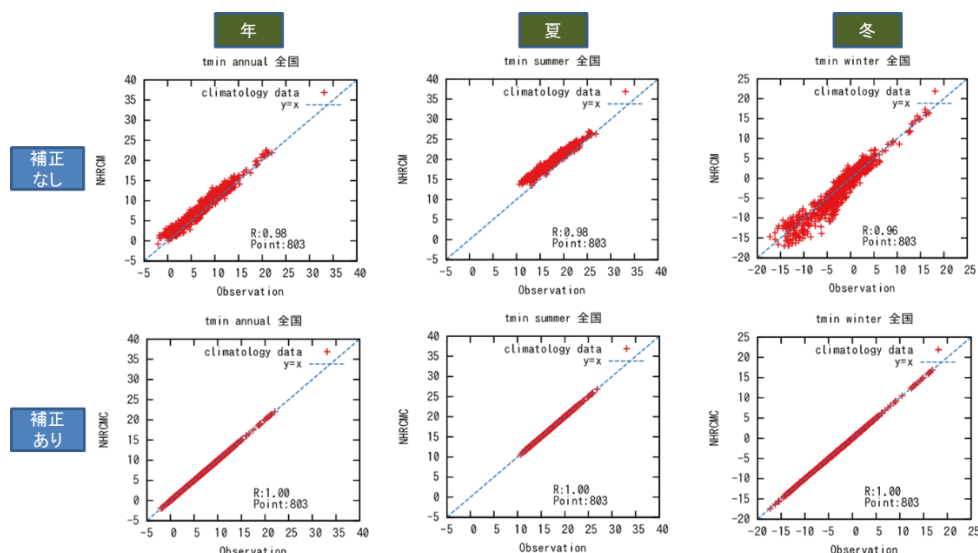


図 5.4 全国アメダス地点における 20 年平均した最低気温の観測値とモデル値の散布図

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。

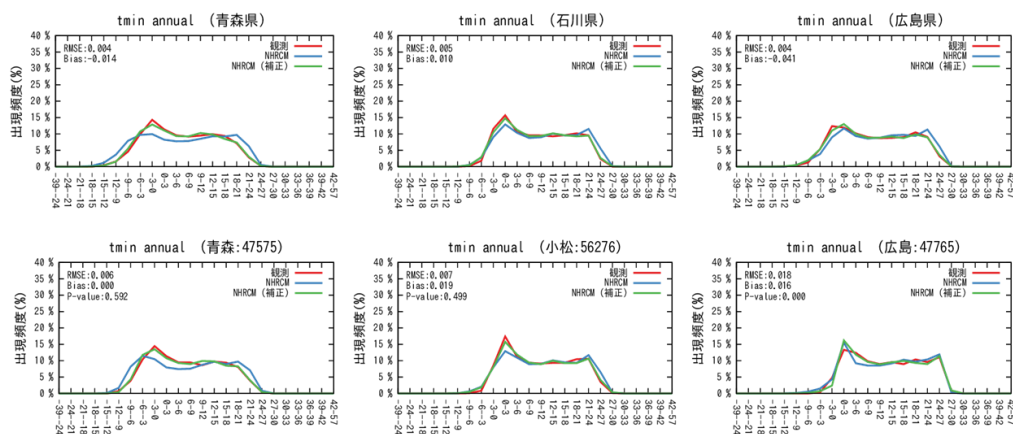


図 5.5 県及び地点別の最低気温の頻度分布

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）。

5.2 降水要素

(1) 降水量

全国及び各地方において、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 5.6）。

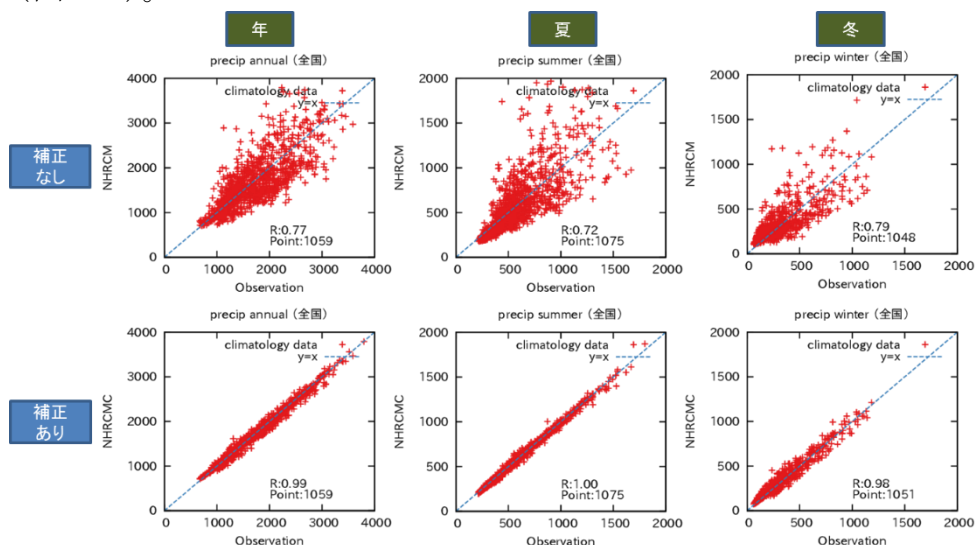


図 5.6 全国アメダス地点における 20 年平均した降水量の観測値とモデル値の散布図

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、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 5.7）。

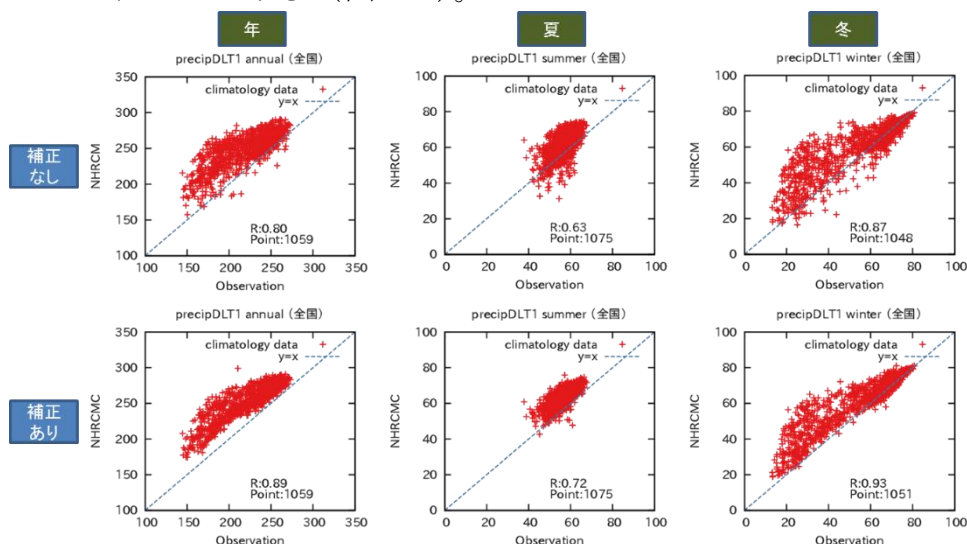


図 5.7 全国アメダス地点における 20 年平均した無降水日数の観測値とモデル値の散布図

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、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 5.8）。

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 5.9）。

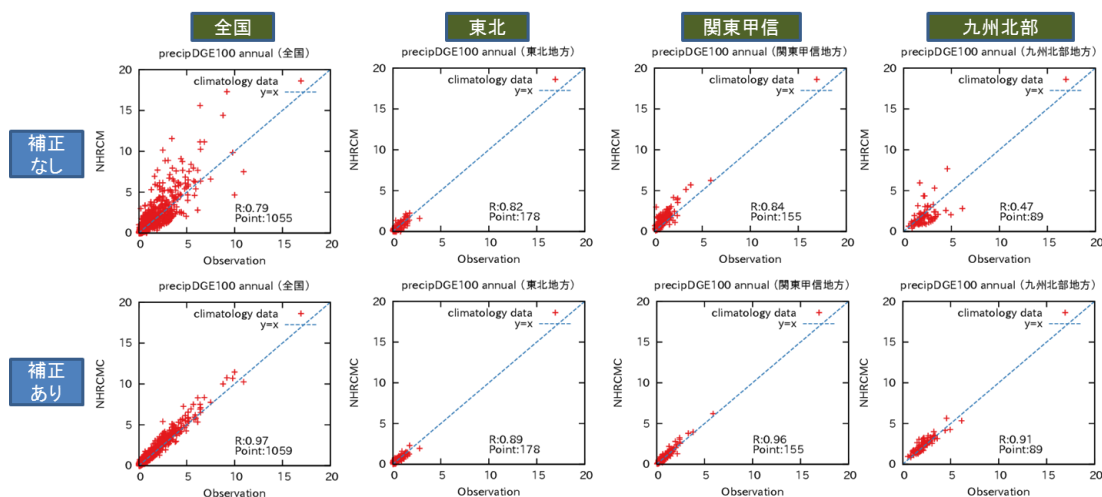


図 5.8 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した日降水量 100mm 以上の年間日数の観測値とモデル値の散布図

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。

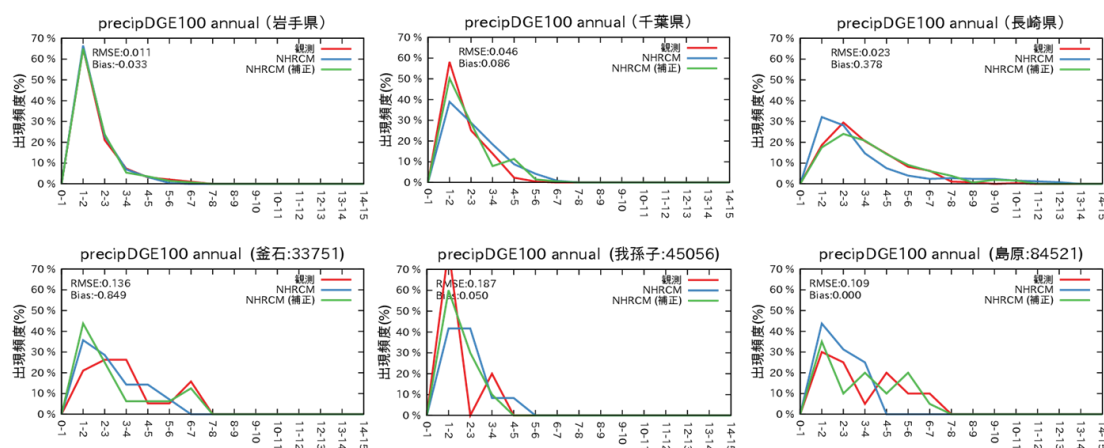


図 5.9 県等及び地点別の日降水量 100mm 以上の年間日数の頻度分布

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、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 5.10）。

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 5.11）。

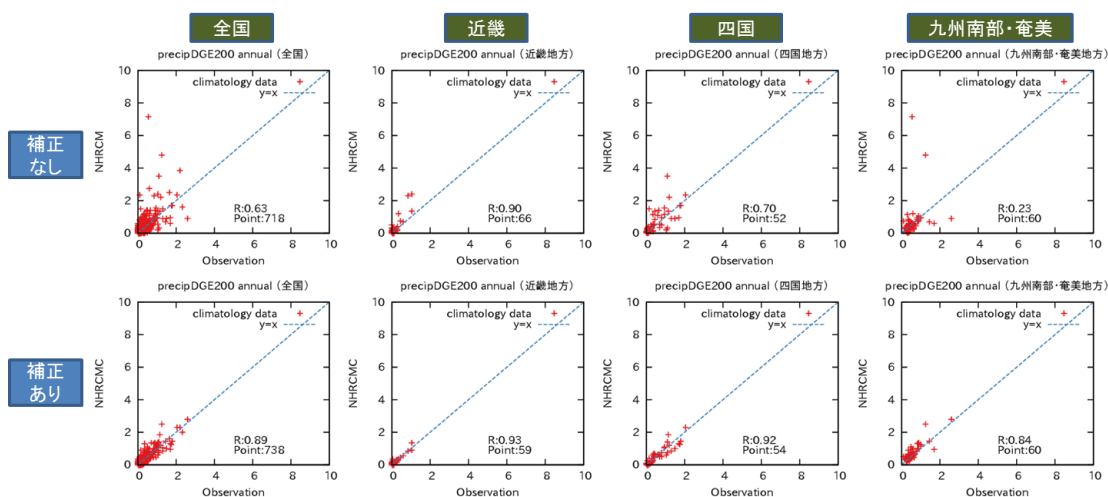


図 5.10 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した日降水量 200mm 以上の年間日数の観測値とモデル値の散布図

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。

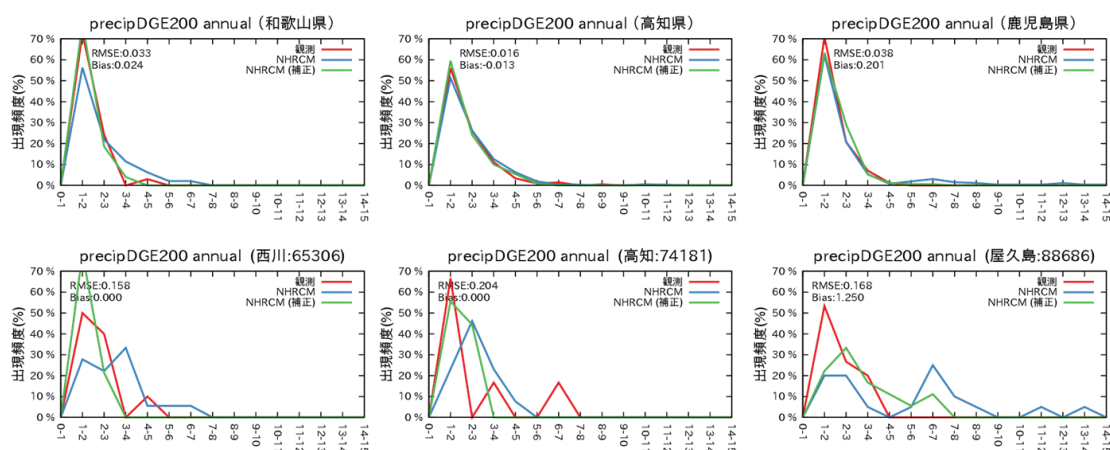


図 5.11 県等及び地点別の日降水量 200mm 以上の年間日数の頻度分布

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、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 5.12）。

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 5.13）。

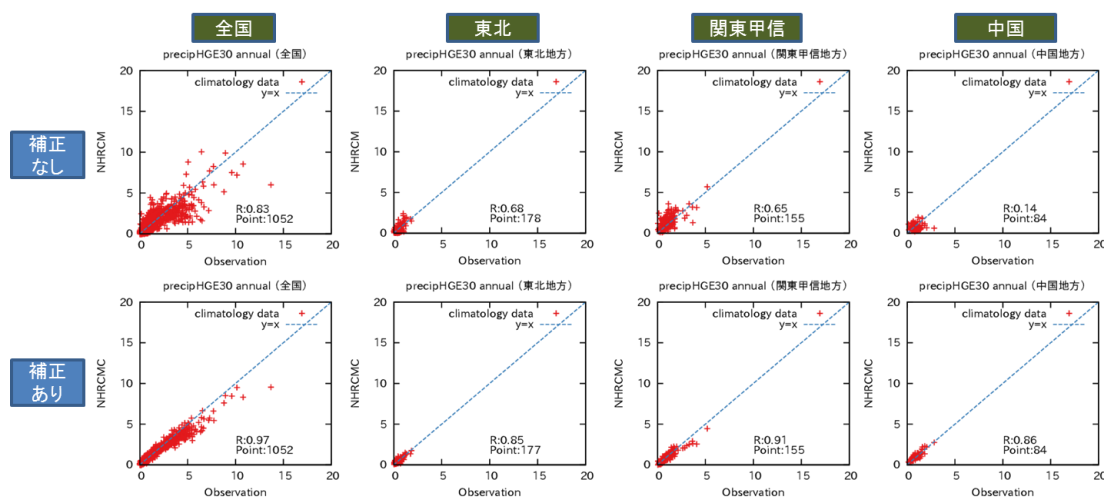


図 5.12 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値の散布図

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。

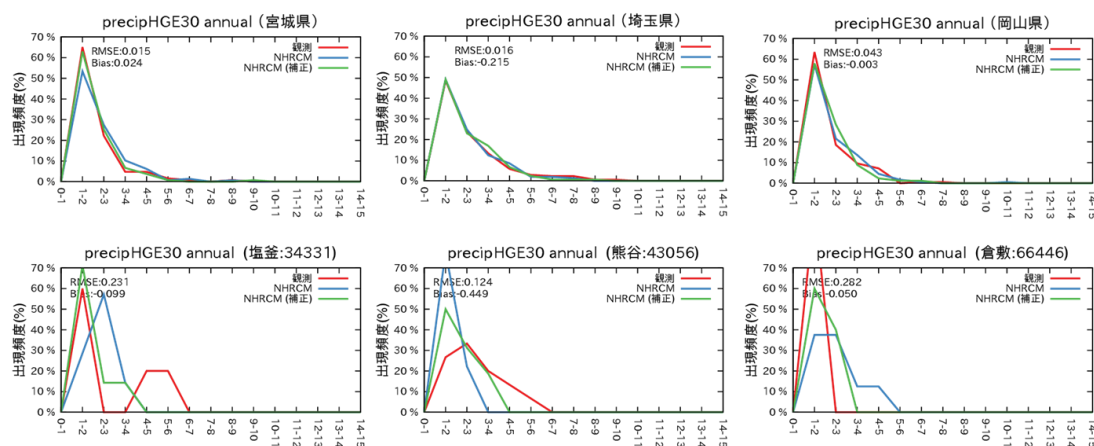


図 5.13 県等及び地点別の 1 時間降水量 30mm 以上の年間発生回数の頻度分布

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、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 5.14）。ただし、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 5.15）。

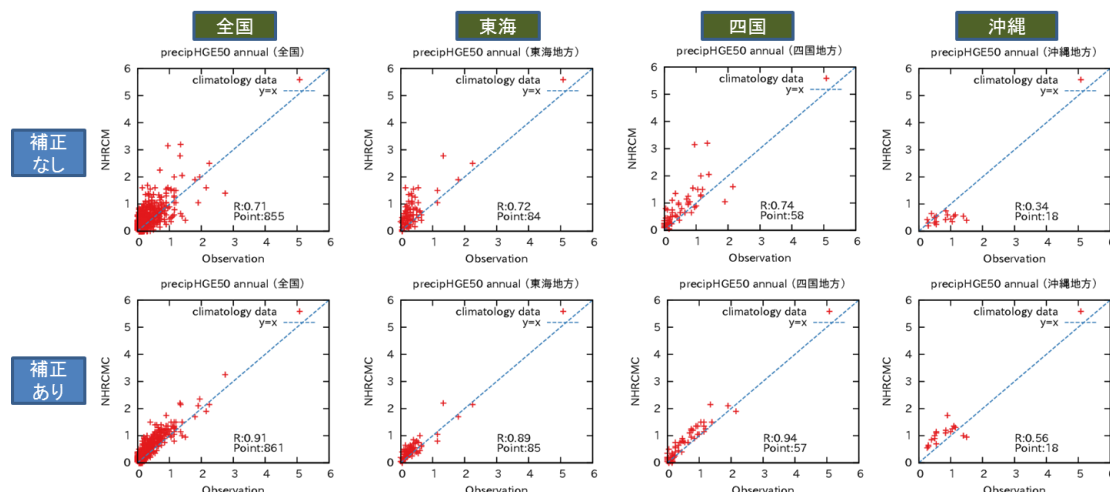


図 5.14 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の観測値とモデル値の散布図

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。

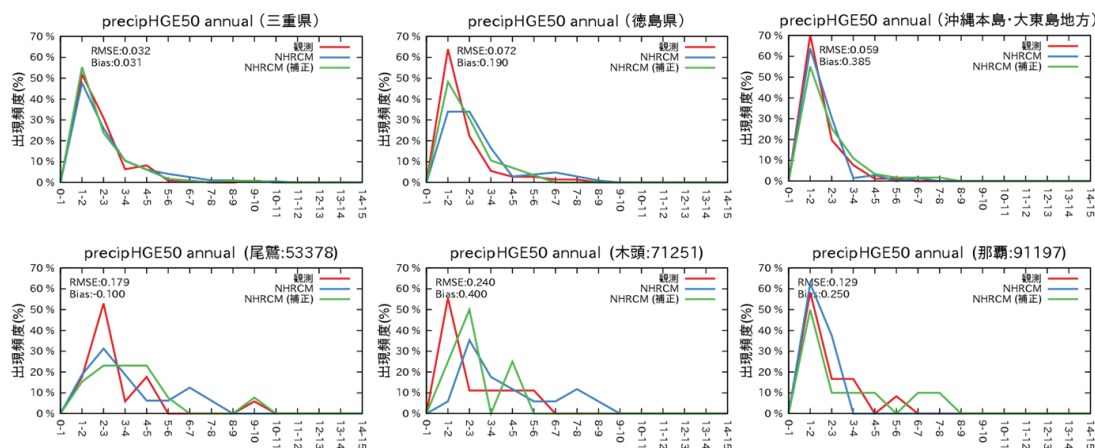


図 5.15 県等及び地点別の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数の頻度分布

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、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 5.16）。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、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 5.17）。

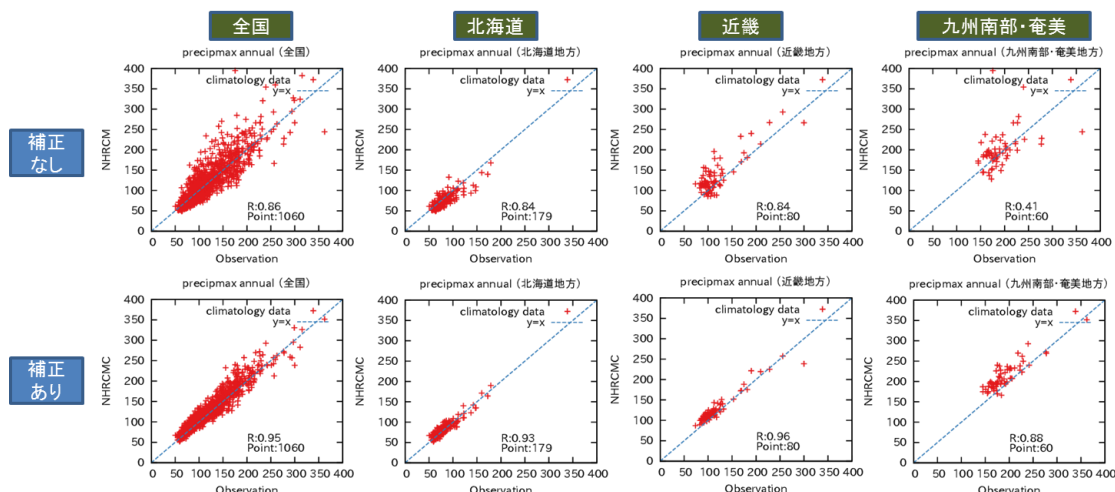


図 5.16 全国及び地方のアメダス地点における 20 年平均した年最大日降水量の観測値とモデル値の散布図

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。

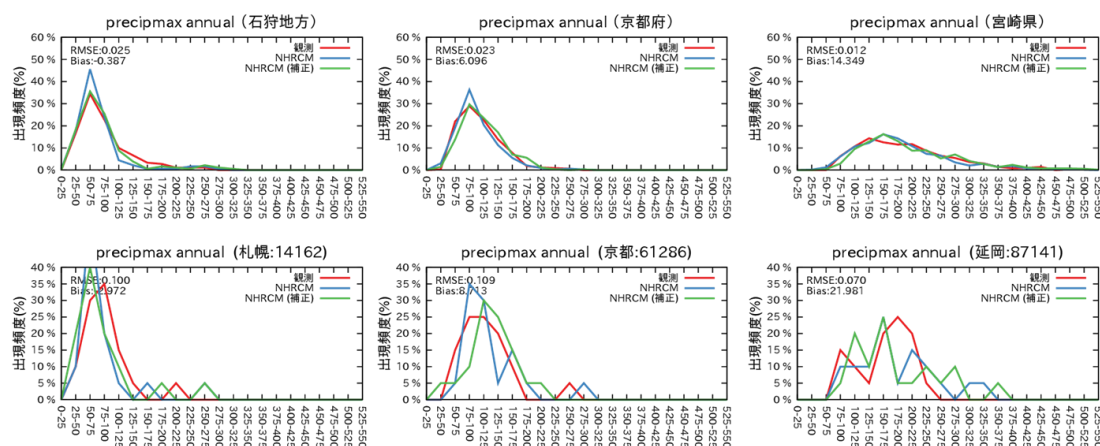


図 5.17 府県等及び地点別の年最大日降水量の頻度分布

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）。

5.3 雪要素

(1) 年最深積雪

全国及び各地方において、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 5.18）。

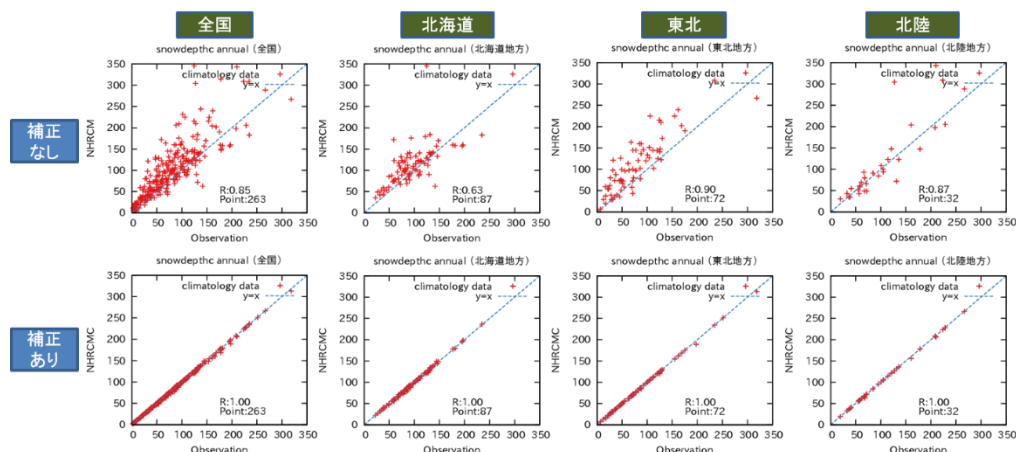


図 5.18 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した年最深積雪の観測値とモデル値の散布図

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、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 5.19）。

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ないところが多い（図 5.20）。

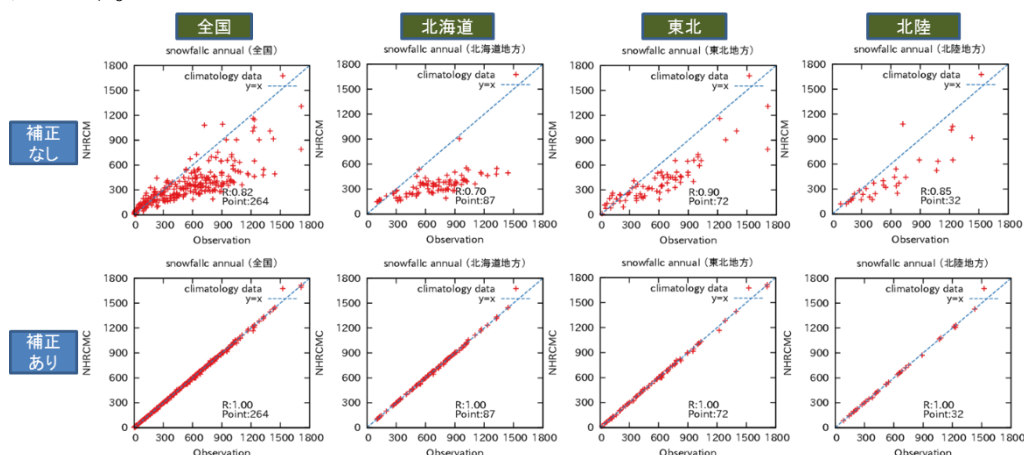


図 5.19 全国及び各地方のアメダス地点における 20 年平均した年降雪量の観測値とモデル値の散布図

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：プロット数を示す。

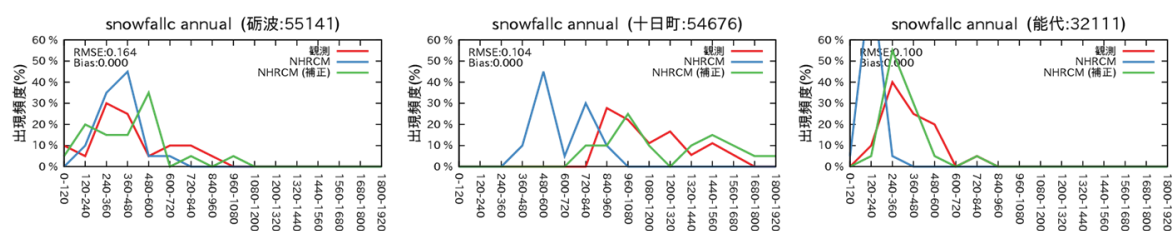


図 5.20 地点別の年降雪量の頻度分布

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）。

6. 「第9巻」データセットの利活用例

6.1 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6.1）。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、各都道府県の気象台ホームページ等を通じて公開している¹¹。（図6.2）

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。

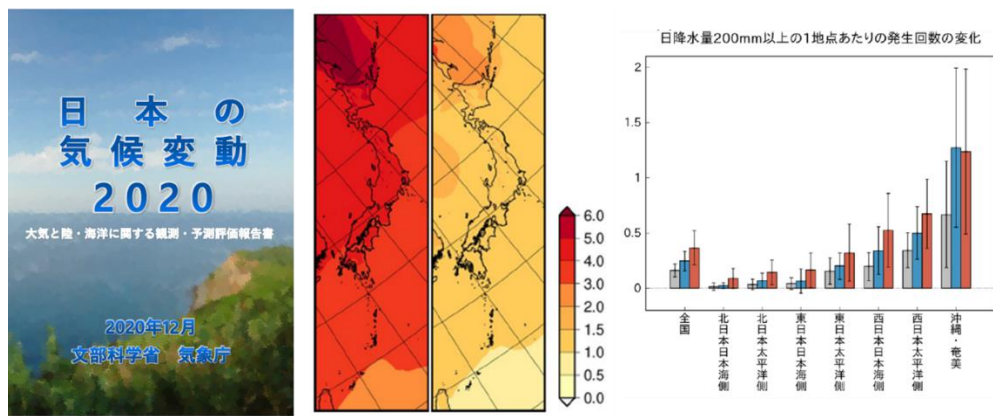


図 6.1 「日本の気候変動2020」

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 6.2 「埼玉県の21世紀末の気候」

埼玉県における21世紀末の気候の予測に関する情報。

https://www.data.jma.go.jp/tokyo/shosai/umi/kikouhenka/leaflet2018/pdf/saitama_l2018.pdf

¹¹ https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/gw_portal/region_climate_change.html

6.2 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)¹²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、「第9巻」の予測の利用も進められている(図6.3)。

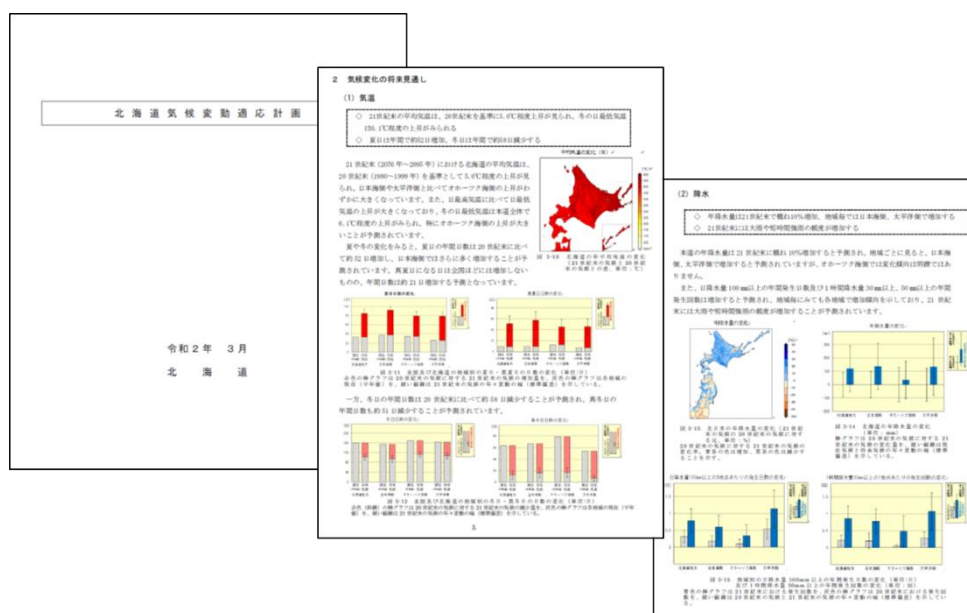


図 6.3 「北海道気候変動適応計画」(令和2年3月策定)より

<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/file.jsp?id=1281111>

6.3 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、「第9巻」のデータも含まれている。

¹² <http://www.env.go.jp/earth/tekiou.html>

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	温暖化予測情報第9 巻 by 創生プログラム
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		



図 6.4 「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。「第 9 巻」データが利用されている。

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3章、第4章】

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5章】

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1章、第5章】

STEP4 将来予測の作成

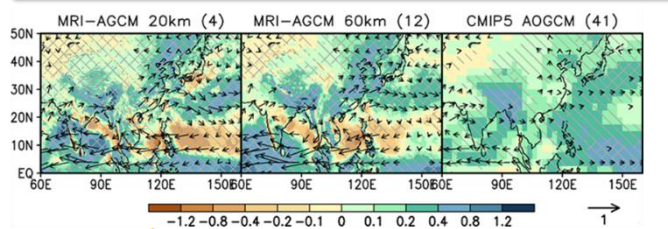
- ・ 現在気候における系統誤差（バイアス）が将来気候にも同じように現れると仮定し、将来気候のモデル値にも補正を実施します。
- ・ 現在気候の補正値と将来気候の補正値の差分を求め、地球温暖化に伴う気候変化量の予測値とします。

【第3章、第6章】

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。

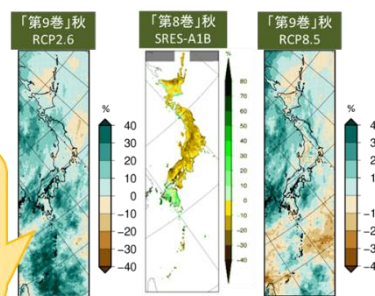


夏の降水量偏差【第4章 図4.1】

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4章】

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3章、第4章】

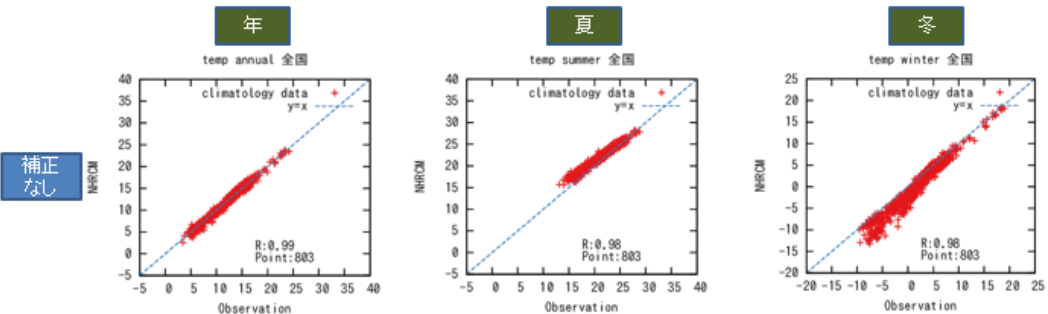


秋の降水量の将来予測【第3章 図3.5】

STEP2：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5章 図5.1上段】

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。

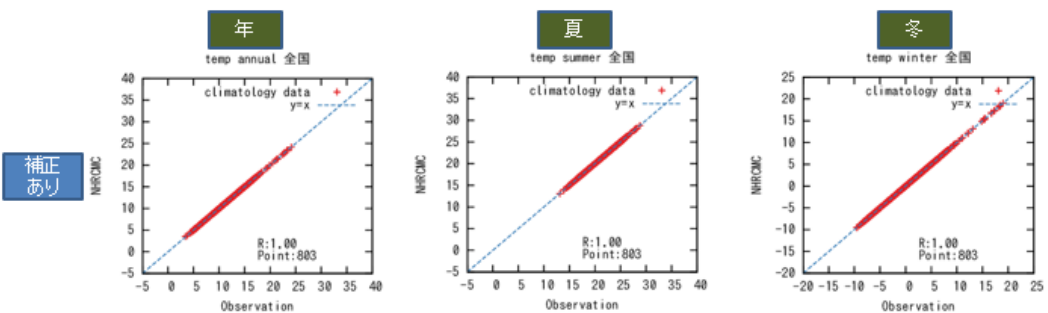
モデル値と観測値を比較することで、気候モデルの性能や統計的誤差を把握できます。

【第5章】

STEP3：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5章 図5.1下段】

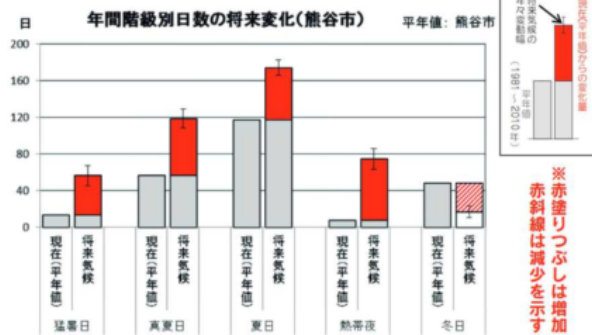
「第9巻」では線形関係を仮定し、補正を実施しています。【第1章】

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5章】

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6章 図6.2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3章】

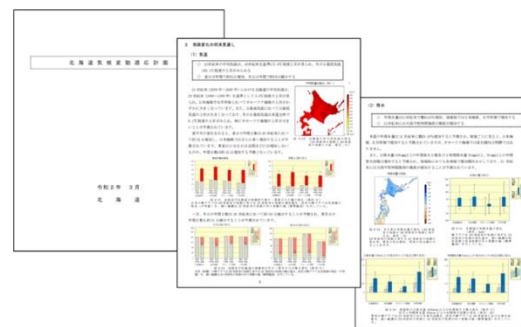
<参考> データセット利活用例

○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。



「埼玉県の21世紀末の気候」【第6章 図6.2】



「北海道気候変動適応計画」【第6章 図6.3】

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。

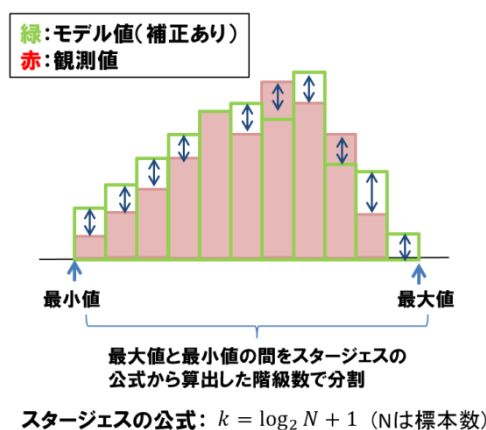


図 A1.1 モデル値（補正あり）と観測値の頻度分布のイメージ

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．

地球温暖化予測情報第9巻データの形式、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 節番号
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(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：X 方向 467、Y 方向 744 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：X 座標、Xmax=467 Yn：Y 座標、Ymax=744 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	data/binary/@@@/daily/daily-@@@-YYYY.dat @@@: メンバー名 現在気候: SPA 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) 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) YYYY: 4桁の西暦 (現在気候: 1980～1999年、将来気候: 2076～2095年)
GrADS CTL ファイル名	data/binary/@@@/daily/daily-@@@.ctl
収録期間	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。 日界は 10 時～翌 9 時

2.1.3 月統計値

ファイル名	data/binary/@@@/monthly/month-@@@.dat @@@: メンバー名 現在気候: SPA 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) 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)
GrADS CTL ファイル名	data/binary/@@@/monthly/month-@@@.ctl
収録期間	現在気候: 1980 年 9 月～2000 年 8 月、将来気候: 2076 年 9 月～2096 年 8 月 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。

2.1.4 季節統計値

ファイル名	data/binary/@@@/seasonally/%%%%-@@@.dat @@@: メンバー名 現在気候: SPA 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) 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) %%%%: 季節 (spring、summer、autumun、winter)
GrADS CTL ファイル名	data/@@@/seasonally/%%%%-@@@.ctl
収録期間	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)。 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。

2.1.5 年統計値

ファイル名	data/binary/@@@/annually/annual-@@@.dat @@@: メンバー名 現在気候: SPA 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) 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)
GrADS CTL ファイル名	data/binary/@@@/annually/annual-@@@.ctl
収録期間	現在気候: 1980～1999 年、将来気候: 2076～2095 年 1 ファイル 20 年分の年統計値データが収録されている。

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

第 9 巻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。第 9 巻データセットでは、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 (第 9 巻 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 第 9 巻格子点データは、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 第 9 巻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。

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

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） 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
データ構造	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。 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 Pn：地点数 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。ただし、角括弧内は将来気候のデータのみに収録されている。 DATE,date(1)（日付部） sfc_no,lat,lon,value[_ens,MEM-FLG]（ヘッダー部） 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]（ヘッダー部） 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]（ヘッダー部） 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)] 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℃未満の日数	日
t2mx_ov25	補正済日最高気温 25℃以上の日数	日
t2mx_ov30	補正済日最高気温 30℃以上の日数	日
t2mx_ov35	補正済日最高気温 35℃以上の日数	日
t2mn_ud0	補正済日最低気温 0℃未満の日数	日
t2mn_ov25	補正済日最低気温 25℃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	data/csv/@@@/monthly/adjust_&&&&_monthly-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 (RCP8.5 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	data/csv/@@@/seasonally/adjust_&&&&_seasonally-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 (RCP8.5 シナリオ): SFA_rcp26_ens &&&&: 要素名 YYYY: 4 桁の西暦 %%%: 季節 (spring、summer、autumun、winter)
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	data/csv/@@@@/annually/adjust_&&&&_annually-nhrcmc- @@@@_YYYY.csv @@@@ : メンバー名 現在気候 : SPA 将来気候 : SFA_rcp85_ens 将来気候 : SFA_rcp26_ens &&&& : 要素名 YYYY : 4 桁の西暦
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	meta/cnst.dat
GrADS CTL ファイル名	meta/cnstctl
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：X 座標、Xmax=467 Yn：Y 座標、Ymax=744 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	meta/cnst.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：1～467）
2	Y	モデル格子番号（Y 座標：1～744）
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	meta/meta.dat
GrADS CTL ファイル名	meta/metactl
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：X 座標、Xmax=467 Yn：Y 座標、Ymax=744 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（meta/meta_format.csv）を参照。

2.4.2 テキスト形式

ファイル名	meta/meta.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：1～467）
4	nhrcm_y	モデル格子番号（Y 座標：1～744）
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（meta/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：meta/temp_index.csv 降水：meta/prec_index.csv 雪：meta/snow_index.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	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：1～467）
13	nhrcm_j	対応するモデルの格子（Y 座標：1～744）
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（meta/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。

2.6 アメダスと地域の対応情報

ファイル名	meta/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

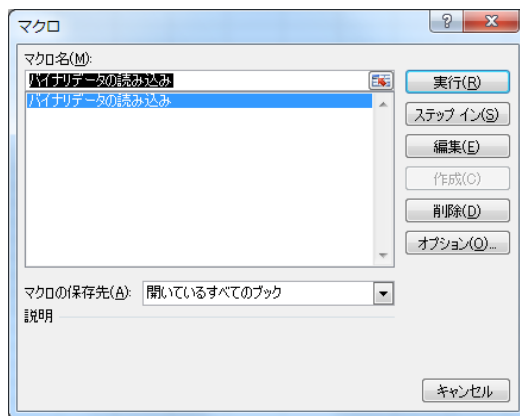
※ 府県・地域番号の詳細は、地域格子情報（CSV）のフォーマット（meta/meta_format.csv）を参照。

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。なお令和 3 年 2 月現在、本マクロは RCP8.5 シナリオに基づくデータの読み込みのみに対応しています。

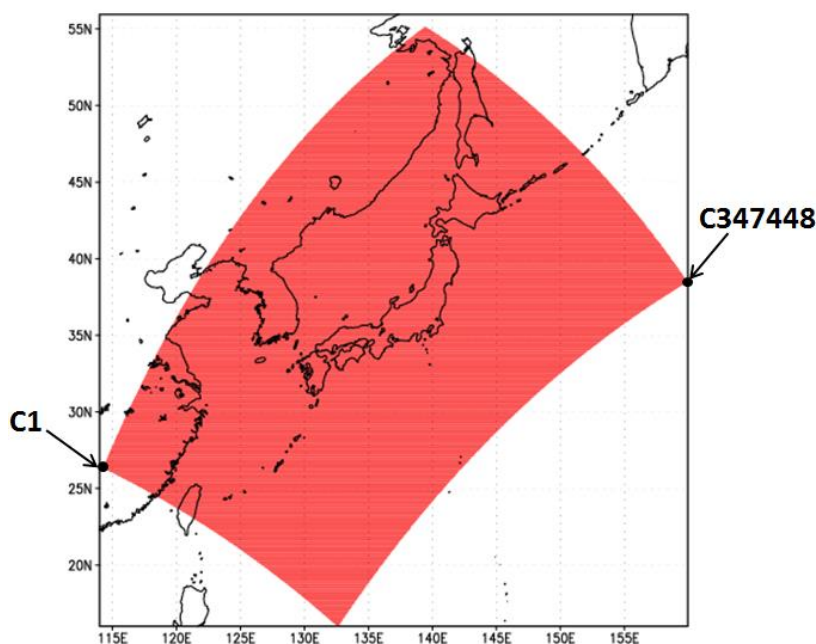
1. 使い方

- ① 「第 9 巻 GPV マクロ.xlsm」をエクセルから開きます。「開発」タブ→「マクロ」をクリックすると以下のようなウィンドウが開きます。



- ② 「バイナリデータの読み込み」というマクロを実行します。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。
 - ✓ 「第 9 巻のデータフォルダ (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、C347448 セルが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もかまいません。
- ・ 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。