

## 気候変動適応策の検討に資する近未来気候予測実験データベース

課題責任者

渡辺 真吾 海洋研究開発機構 気候変動適応技術開発プロジェクトチーム

著者

渡辺 真吾<sup>\*1</sup>, 藤田 実季子<sup>\*1</sup>, 岡田 靖子<sup>\*1</sup>, 杉本 志織<sup>\*1</sup>, 川添 祥<sup>\*1</sup>,  
石原 浩二<sup>\*1</sup>, 石井 正好<sup>\*2</sup>, 水田 亮<sup>\*2</sup>, 村田 昭彦<sup>\*2</sup>, 川瀬 宏明<sup>\*2</sup>

\*1 海洋研究開発機構 気候変動適応技術開発プロジェクトチーム, \*2 気象庁 気象研究所

文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム：Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology (SI-CAT)」は、地方自治体が適応策とその効果の評価・検討を行う際に必要となる、信頼度の高い近未来気候変動予測技術を開発している。2017年度は、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」が開発した d4PDF (database for Policy Decision making for Future climate change) の発展として、産業革命以降全球平均気温が2℃上昇した想定シナリオに基づいて、近未来気候変動予測大規模アンサンブル実験データベースを完成させ、その評価・検証を実施した。

キーワード：アンサンブル実験, 極端現象, ダウンスケーリング, 気候変動

2015年度に策定された実験仕様に基づき、60km分解能の全球大気モデルと20km分解能の地域気候モデルを用いて、近未来気候予測大規模アンサンブル実験を実施した。具体的には、Mizuta et al. (2017)と同様に、約60kmの水平分解能を持つ気象研究所の全球大気モデルMRI-AGCM 3.2 (Mizuta et al. 2012)を用いて60年間のタイムスライス実験を実施した。RCP 8.5シナリオにおける2040年の温室効果ガス濃度が用いられた。CMIP5 RCP8.5シナリオ実験のデータベース中の6つの選択された地球大気-海洋結合モデルから得られた将来の海面温度変化( $\Delta$ SST)の予測値の空間分布は、自然変動成分(線形傾向除去)が観測された過去1951~2010年観測誤差に対応する9回の摂動( $\delta$ SST)を海面温度に加算することにより、 $6\Delta$ SST  $\times$   $9\delta$ SST  $\times$  60年 = 3240年の自然変動成分を含む2℃昇温実験の結果を得た。このようにして作成された全球大気モデルのデータセットは、気象庁気象研究所の地域気候モデルNHRCM (Sasaki et al. 2011, Murata et al. 2013)を使用して、水平解像度約20kmにダウンスケールした。2017年度は2016年度から開始した上記の実験を継続・完了し、観測データを用いた評価・検証を実施した。

昨年度は、d4PDFを用いて日本域の地上気温について全国気象官署の観測地点に対応するデータセットを作成し、気象庁地球温暖化予測情報第8巻(2013)の方法に従い観測データと頻度を合わせる補正を施し検証を行った。2017年度は、降水量について同様の方法を用いて補正を実施し、検証を行った。対象としたのは、d4PDFの日本全域を対象とした水平解像度20kmの気象庁気象研究所非静力学地域気候モデル(NHRCM20)による降水量データセットである。過去実験は1951~2010年、将来実験は産業革命以前より全球気温が2℃、4℃昇温した場合を想定している。将来の海面水温(SST)はCMIP5の

6種SST将来変化の空間パターンを与えている(Mizuta et al. 2017)。過去実験は60年 $\times$ 50メンバー、4℃昇温実験は60年 $\times$ 90メンバー(6種SST $\times$ 15メンバー)、そして2℃昇温実験は60年 $\times$ 54メンバー(6種SST $\times$ 9メンバー)を使用する。NHRCM20の再現性を確認するため、全国気象官署152地点の降水量データを使用する。d4PDFの20km格子点データは、昨年度の地上気温データ同様、逆距離荷重法を用いて観測地点に対応するよう内挿した。

降水量の地点データは、地域別に平均して見た際には無視できる程度のバイアスも地点別に見ると無視できないほど大きなバイアスが生じる。例えば図1aは各地点における8月の日降水量99.9パーセンタイル値の観測データとの誤差を示す。北海道地方では-50%の負バイアス、本州では+50%以上の正バイアスが顕著である。そこで、Piani et al. (2010)および気象庁地球温暖化予測第8巻(2013)の方法に則り、①日降水量5mm以上から95パーセンタイル値未満は線形関係と見なし最小二乗法、②95パーセンタイル値以上はガンマ分布を適用してバイアス補正を行った。また本研究では、地点別に補正を施す上で分布の形状に大きく影響を及ぼす上位0.1%の降水は補正係数の算出に加味していない。補正の結果、図1bに示すようにほぼすべての地点で $\pm$ 10%未満にバイアスは軽減された。

この補正の例として、8月東京の気象官署による観測とモデルによる地点データの比較を図2に示す。補正を実施した場合、補正後のデータが $y=x$ 線に乗っていることが望ましい。モデルで再現された東京の降水は観測に比べ過大に見積もっていることが分かる。補正をすることで、ほぼ修正された。また、上位の降水ほどメンバー間のばらつきが大きいことも分かる。将来実験の補正は、

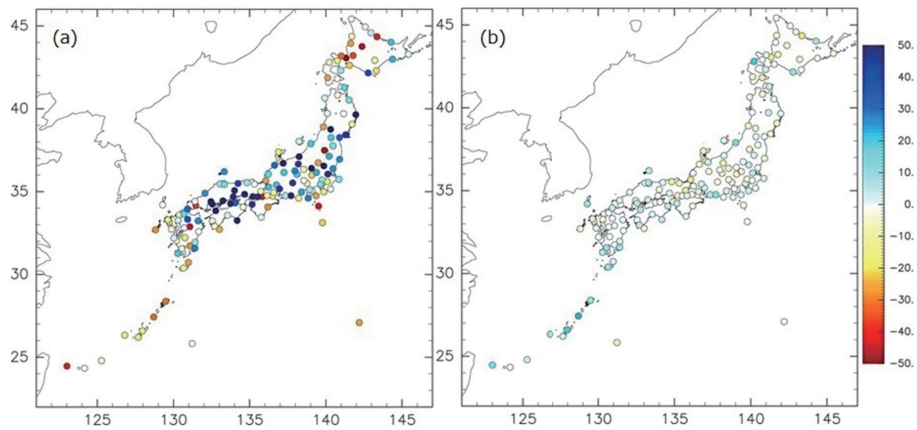


図1 8月日降水量99.9パーセンタイル値の観測との誤差(%). (a) バイアス補正前、(b) 補正後。

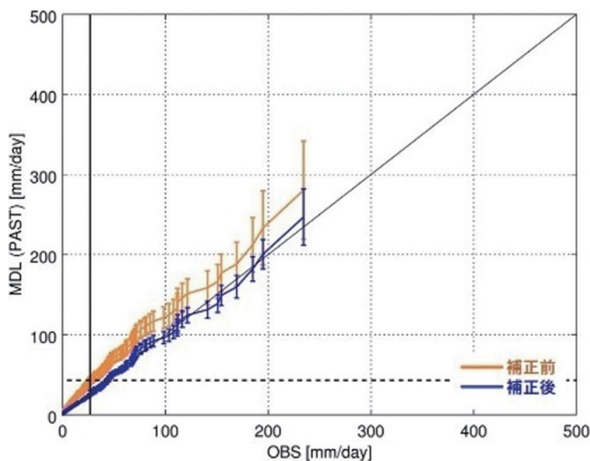


図2 8月東京における気象官署とモデルによる地点データの比較。バーはメンバー間の標準偏差 (mm/day)。

観測値と過去実験結果との関係に基づいて求めた補正係数を2℃昇温および4℃昇温実験について適用した。

8月降水量の将来変化について、図3に示す。4℃昇温した将来は、2℃昇温の場合に比べ過去との差が顕著であるが、北海道地方および九州西部では増加、本州の大部分の地域では減少を示すといった傾向は共通して見られる。平均的な日降水量がこのように地域で異なる変化を示す一方で、極端な降水、例えば99.9パーセンタイル値のような強い降水は2℃および4℃昇温実験はどちらも全

局的に増加する傾向を示す。しかし、その増加の割合は必ずしも2℃昇温の将来よりも4℃昇温の将来の場合が大きいわけではなく、地点により逆の場合も出現する。

### 謝辞

気象庁気象研究所の遠藤洋和博士と海洋研究開発機構の荒川理さんに感謝の意を表します。本研究で行ったシミュレーションには地球シミュレータを使用しました。また本研究では、文部科学省の気候変動リスク情報創生プログラム、気候変動適応技術社会実装プログラム、統合的気候モデル高度化研究プログラムならびに地球情報統融合プログラムの協力のもとで、地球シミュレータ「特別推進課題」を用いて作成された地球温暖化施策決定に資する気候再現・予測実験データベース (d4PDF) を使用しました。

### 文献

[1] Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shiogama, K. Hibinio, 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

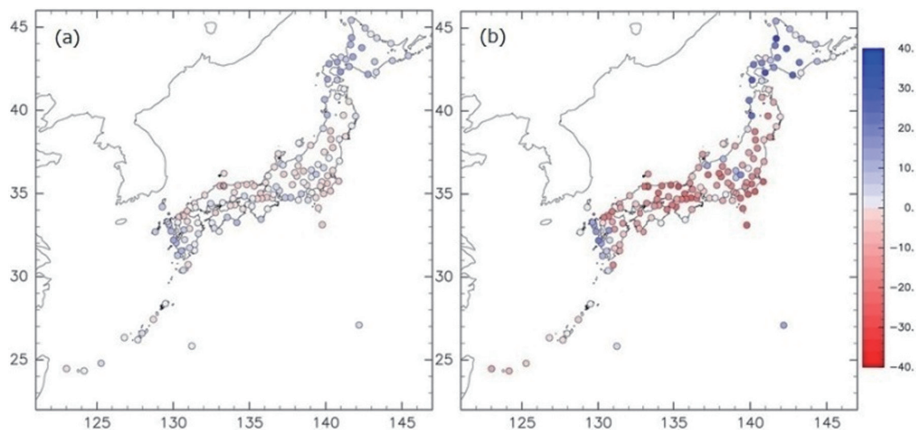


図3 8月地点別日降水量将来変化。(a) 2℃昇温実験、(b) 4℃昇温実験の過去実験との差(%). 青が増加、赤が減少を示す。

- atmospheric models”, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98, 1383–1398, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1.
- [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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Piani, C., G. P. Weedon, M. Best, S. M. Gomes, P. Viterbo, S. Hagemann, J. O. Haerter, 2010: “Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models”, *J. Hydrology*, 395, 199-215, doi:10.1016/j.jhydrol.2010.10.024.
- [6] 気象庁、2013。地球温暖化予測情報第8巻、IPCC温室効果ガス排出シナリオ A1B を用いた非静力学地域機構モデルによる日本の気候変化予測、平成25年3月。

# A Database for Policy Decision Making for Near-Future Climate Change

Project Representative

Shingo Watanabe Project Team for Climate Change Adaptation Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Authors

Shingo Watanabe<sup>\*1</sup>, Mikiko Fujita<sup>\*1</sup>, Yasuko Okada<sup>\*1</sup>, Shiori Sugimoto<sup>\*1</sup>, Sho Kawazoe<sup>\*1</sup>, Koji Ishihara<sup>\*1</sup>, Masayoshi Ishii<sup>\*2</sup>, Ryo Mizuta<sup>\*2</sup>, Akihiko Murata<sup>\*2</sup> and Hiroaki Kawase<sup>\*2</sup>

\*1 Project Team for Climate Change Adaptation Technology, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, \*2 Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

The Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology (SI-CAT) develops reliable technologies for near-term climate change projections that apply to reviewing and formulating climate change countermeasures by local governments and assessing the effectiveness of the countermeasures against climate change impacts in Japan. This Earth Simulator project aims at developing a near-term climate change projection database based on a 2-degree warming scenario as a part of d4PDF (database for Policy Decision making for Future climate change), which has been developed under the SOUSEI program. In FY2017, we completed all the simulations and started evaluation of the output data set using observation data set.

**Keywords:** Ensemble Experiment, extreme phenomenon, downscaling, climate change

Based on the experimental specification formulated in FY2015, a large-scale ensemble near future climate projection experiment was conducted using a 60 km resolution global climate model and a 20 km resolution region climate model. Specifically, in accordance with Mizuta et al. (2017), the Meteorological Research Institute's global atmospheric model MRI-AGCM 3.2 (Mizuta et al. 2012) with a horizontal resolution of about 60 km was used to conduct a time slice experiment for 60 years. The greenhouse gas concentrations of 2040 in the RCP 8.5 scenario were used. The spatial distribution of projected values of future sea surface temperature changes ( $\Delta$ SST) derived from six selected global atmosphere-ocean coupled models in the database of the CMIP5 RCP 8.5 scenario experiment were added with the natural fluctuation component (linear trend removed) observed in the past 1951-2010. By adding nine perturbations ( $\delta$  SST) corresponding to the observation error to the sea surface temperature, it is planned to obtain the result of the 2°C warming experiment including the natural fluctuation component of  $6\Delta$ SST  $\times$   $9\delta$ SST  $\times$  60 years = 3240 years in total. The data set of the global model created in this manner was dynamically downscaled using a regional climate model NHRCM20 (Sasaki et al. 2011, Murata et al. 2013) of the Meteorological Research Institute of the Japan Meteorological Agency that covers the whole country in Japan with a horizontal resolution of about 20 km. During the FY2017, all the simulations were completed and evaluations of output data set using observation data set were performed.

Last fiscal year (FY2016) we compared the surface air temperature of the Japanese archipelago with observational data at the meteorological stations of Japan Meteorological Agency (JMA) and created bias-corrected data set based on the methodology used in the JMA Global Warming Projection volume 8 (2013). In FY2017, we created a similar data set for precipitation by applying a similar methodology to the surface air temperature. The target was the precipitation data set by the NHRCM20. Here, 60 years  $\times$  50 members were used for the past experiment, while 60 years  $\times$  90 members (6  $\Delta$ SST  $\times$  15 members) for the 4 °C warming experiment and 60 years  $\times$  54 members (6  $\Delta$ SST  $\times$  9 members) for the 2 °C warming experiment are considered, respectively. To confirm the reproducibility of NHRCM20, we use precipitation data observed at 152 meteorological stations of JMA. The 20 km grid point data of d4PDF was interpolated so as to correspond to the observation point by using the inverse distance weighted method like the data of the surface air temperature of last fiscal year.

Regarding the precipitation data at the meteorological stations, it shows significant systematic biases at individual locations, although their regional averages agree well with those observations. For example, Fig. 1a shows the error from observation data of the 99.9<sup>th</sup> percentile value of the daily precipitation in August at each site. A negative bias of -50% in Hokkaido district and a positive bias of + 50% or more in the Honshu Island are remarkable. Therefore, in accordance with

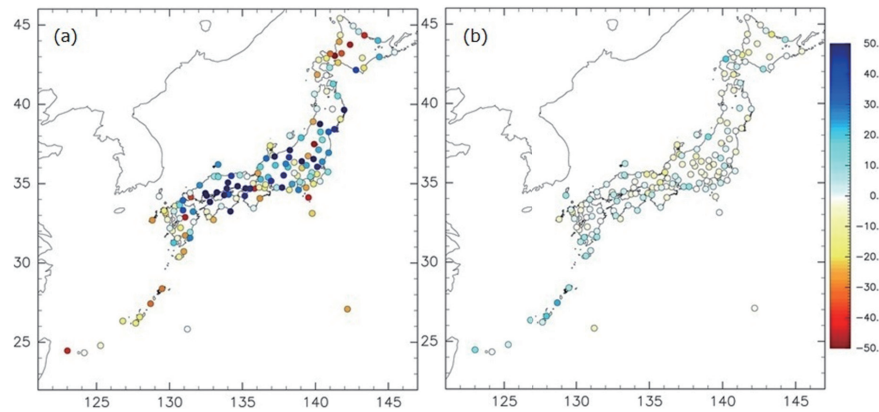


Fig. 1 Error with the observation of August daily precipitation amount 99.9 percentile value (%). (a) Before bias correction, (b) after correction.

the method of Piani et al. (2010) and the JMA Global Warming Projection Vol. 8 (2013); (1) from daily precipitation more than 5 mm to less than the 95<sup>th</sup> percentile value is regarded to follow a linear relationship and bias correction is conducted by applying the least square method, while (2) gamma distribution is applied for more than 95th percentile value. In addition, in this study, the upper 0.1% precipitation that greatly influences the shape of the distribution on correction by site is not included in the calculation of the correction coefficient. As a result of the correction, bias was reduced to less than  $\pm 10\%$  at almost all sites as shown in Fig. 1b.

As an example of this correction, Fig. 2 shows a comparison between the observation by the meteorological station in August Tokyo and corresponding data by model. When correction is performed, it is desirable that the corrected data is on a  $y = x$  line. The precipitation of Tokyo reproduced by the model is overestimated as compared with the observation. By correcting, it was almost fixed. The variation among members becomes greater as precipitation becomes strong. For the bias correction on the future experiments, the correction factor obtained based on the relationship between the observation value and the past

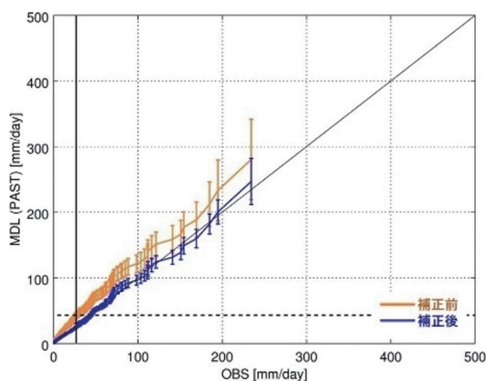


Fig. 2 Comparison of point data by meteorological stations and the past experiment in August Tokyo. Orange and dark blue lines show before and after bias correction, respectively. The error bar represents the standard deviation ( $\text{mm d}^{-1}$ ) between members.

experiment result was applied to the 2 °C and 4 °C warming experiments.

The future change of August precipitation is shown in Fig. 3. In the 4 °C warming experiment, the difference from the past was more remarkable than in the case of 2 °C warming, but the tendency to show an increase in the Hokkaido region and the western part of the Kyushu Island and a decrease in most areas of the Honshu Island is commonly seen. As for strong precipitation such as the 99.9th percentile value, both the 2 °C and 4 °C warming experiments tend to increase nationwide. However, the rate of increase is not always greater in the 4 °C warming experiment than in the 2 °C warming experiment. It sometimes shows the opposite case depending on the location.

### Acknowledgement

The authors would like to thank Dr. Hirokazu Endo at Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency and Mr. Osamu Arakawa at Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology for their kind assistance. The Earth Simulator was used to conduct numerical simulations in this study. This study utilized the database for Policy

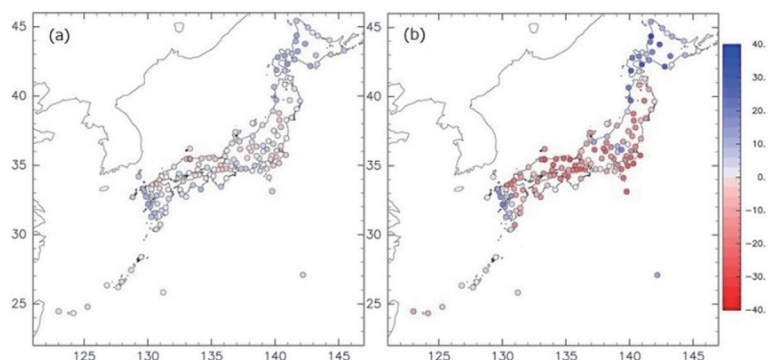


Fig. 3 Future changes in daily precipitation in August. Differences (%) from the past experiment in (a) 2 °C and (b) 4 °C warming experiments are shown, respectively.

Decision making for Future climate change (d4PDF), which was produced using the Earth Simulator as "Strategic Project with Special Support" of JAMSTEC under corporations among the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI), the Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology (SI-CAT), Integrated Research Program for Advancing Climate Models (TOUGOU) and the Data Integration and Analysis System (DIAS), which all were sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan.

## References

- [1] 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.
- [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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] Piani, C., G. P. Weedon, M. Best, S. M. Gomes, P. Viterbo, S. Hagemann, J. O. Haerter, 2010: "Statistical bias correction of global simulated daily precipitation and temperature for the application of hydrological models", *J. Hydrology*, 395, 199-215, doi:10.1016/j.jhydrol.2010.10.024.
- [6] Japan Meteorological Agency Global Warming Projection volume 8 (2013), available at <https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/gwp/gwp8/index.html>.