

領域気候 d4PDF データによる地上気温極端事象解析

岡田靖子 (JAMSTEC)

石井正好・遠藤洋和・川瀬宏明・高薮出・佐々木秀孝 (気象研究所)

1. はじめに

近年、異常気象と呼ばれるような異常高温や集中豪雨、異常豪雪等が頻発し我々の生活に甚大な被害を及ぼしている。地球温暖化の進行に伴う気候変化とこのような異常気象との関係に対する関心は高まる一方である。これまで地球温暖化予測計算による様々な解析が実施されているが、アンサンブル数が少ないため、自然変動、すなわち低頻度事象である異常天候や極端気象に伴う不確実性を十分に評価することができなかった。このような問題意識から、高解像度全球大気モデルおよび高解像度領域大気モデルを用いて多数 (最大 100 メンバー) のアンサンブル実験が実施され、「地球温暖化対策に資する気候予測データベース (d4PDF)」が作成された。本研究では、d4PDF 領域大気モデルの出力結果を用いて、日本域の夏季の地上気温を地点別に評価した。

2. アンサンブル実験の概要

使用する領域気候モデルは格子間隔 20km の気象庁気象研究所非静力学地域気候モデル (NHRCM20) (Sasaki et al. 2011, Murata et al. 2013) であり、日本全域を含む計算領域 (水平格子点数; 191×155) が設定されている。これは、格子間隔 60km の気象研究所全球大気モデル MRI-AGCM3.2 (Mizuta et al. 2012) の実験結果をダウンスケールしたものである。将来実験は、産業革命以前より全球平均気温が 4°C 昇温した場合を想定しており、

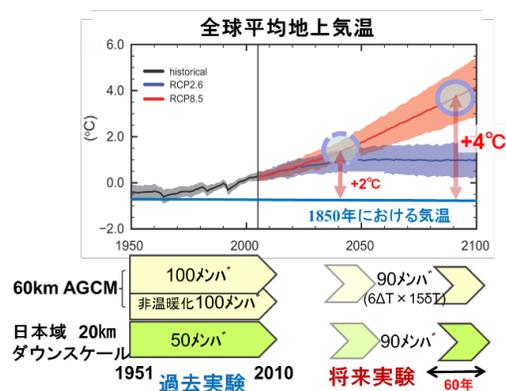


図 1 実験デザインの概略. d4PDF 利用手引き引用。

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. 2016)。

3. 使用データおよび解析手法

3.1 使用データ

本研究では領域気候 d4PDF モデルの地上気温データを使用する。使用したメンバー数は、過去実験 (1951~2011 年) および将来 4°C 昇温実験 (2051~2111 年) 各 1 メンバーである。解析対象は 8 月の日平均気温および日最高気温である。また、地点ごとの観測データとして全国 152 地点の気象官署のデータを使用する。気象官署の地点数はアメダスの約 1300 カ所に比べ大変少ない地点数だが、その観測期間は d4PDF の出力期間をカバーする。地点ごとの補正を実施するにあたりサンプル数が多いことが望ましいため、気象官署データを使用する。また、ここでは 8 月の東

京のみの結果を示す。

3.2 解析手法

d4PDF 領域気候モデルの過去実験における地上気温を気象官署データと比較するために、以下の方法で観測地点に対応する値を算出した。

抽出は観測地点から 20km 以内の海陸比 50%以上の陸上の計算格子点を対象に、以下の逆距離荷重法を用いる。 z は気象官署観測地点に対応する値、 z_i は格子点 i での計算値、 d は距離である。距離 d が小さいほど格子点 i の重み w_i は大きくなる。また、 α には 2 を用いた。

$$z = \sum_i w_i z_i$$

$$w_i = \frac{d_i^{-\alpha}}{\sum_k d_k^{-\alpha}}$$

海陸比 50%未満の地点(大島や南西諸島など)は 0%より大きく 50%未満の中で最も高い海陸比を示す格子点の値を抽出する。また抽出するにあたり、気温減率 0.0065K/m の標高補正を実施した。

領域気候モデルによって再現された地上気温は、地点別に見ると誤差が無視できない地点もある。こうした場合の誤差の軽減策としてバイアス補正を実施した。ここでは Piani et al. (2010)のバイアス補正法を用いる。この方法は、観測値およびモデル再現値それぞれを地点別・月別にソートし、小さい値から大きい値の順に並べる。観測値とモデル格子点の再現値を線形関係と仮定し、最小二乗法によって補正係数を求め補正する。対象とする要素は日平均気温 (T_{mean})、日較差 (T_{rng})、歪度 (T_{sk}) である。日最高気温 (T_{max}) およ

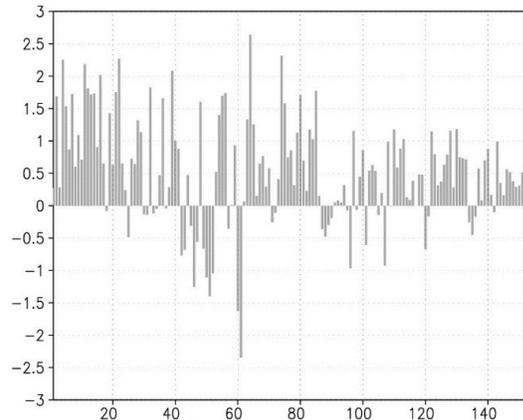


図2 各地点における8月の日平均気温のバイアス。横軸は地点番号を示し、1番から152番(北海道から南西諸島)を示す。

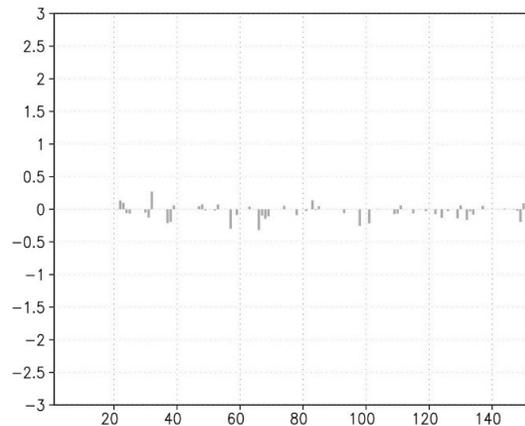


図3 図2と同様。ただし、バイアス補正を行った。

び日最低気温 (T_{min}) の補正値は下記に示す関係式で示される補正した要素から求める (Piani et al. 2010)。4°C昇温実験については、観測値と過去実験の比較から求めた補正係数を適用する。

$$T_{rng} = T_{max} - T_{min}$$

$$T_{sk} = (T_{mean} - T_{min}) / T_{rng}$$

4. 結果

過去実験の地上気温について、再現値と気象官署における観測値を比較する。図2は8月月平均気温について各地点におけるバイアスを計算したものである。図から明らかなように、地点別に誤差にばらつきがある。特に北海道から東日本にかけて $+2^{\circ}\text{C}$ を超える大きなバイアスを示す地点がみられる。このようなバイアスを軽減するために補正した結果を図3に示す。すべての地点においてバイアスは 0.5°C 以内の誤差に収まった。

東京における8月の日最高気温の頻度を比較する。図4は日最高気温の観測値(棒)、モデル再現値(緑線)、そして補正済みモデル値(青線)を示す。日最高気温は前述したとおり、補正済み Piani et al. (2010)の関係式から補正済み日平均気温、日較差および歪度から求める。また、観測値と過去実験の比較から求めた補正係数を適用した 4°C 昇温実験のヒストグラム(赤線)も同様に示す。

観測値において最頻値は29度を示し、これを中心に高温側の気温での頻度は低温側の頻度と比べ極端に減少する。補正前のモデル再現値は最頻値付近の頻度をよく再現しているが、低温側の左裾では過小評価、高温側右裾はわずかに過大評価を示す。補正済みモデル値の分布は最頻値では観測およびモデル再現値において過小評価を示す。一方で低温側、高温側の裾の頻度は観測値に相当する頻度まで補正された。モデル再現値および補正済みモデル値のヒストグラムは観測値に比べおおそ正規分布に近い形状を示す。

観測値と各モデル値の頻度分布における形状の違いは、実際の観測地点である東京(大手町)が海の影響を受けているために温が出にくくなっている一方、モデルでは海上の格子点の値を外して抽出しているため、高

温側の頻度が高いと考えられる。 4°C 昇温は観測および過去実験に比べ高温側に広がる。その中央値は約 4°C 昇温している。

ここで、真夏日の日数を比較する(表1)。前述のとおり観測のような海の影響を含んでいないため観測の日数と比較するとモデル値では多くカウントされているが、概ねよく再現されていると考える。 4°C 昇温時の真夏日日数は過去に比べ約5倍程度増加する。

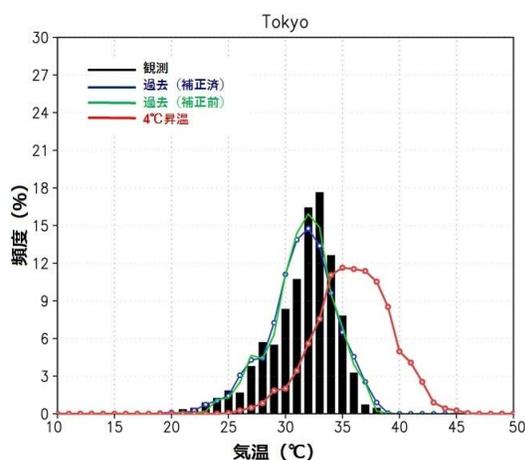


図4 東京8月の日最高気温の頻度分布。気象官署(棒)、補正前モデル再現値(緑線)、補正済みモデル値(青線)、そして 4°C 昇温実験値(赤線)を示す。サンプル数は1891日(31日 \times 61年)である。

5. まとめ

大規模アンサンブルデータセット d4PDFは、これまでの地球温暖化予測実験におけるアンサンブル数の少なさから不十分であった気候変動予測とそれに伴う不確実性の定量評価の議論を可能にする。本研究はその手始めとして領域気候 d4PDF データを用いて日本列島の陸上における地点別日平均、日最高、日最低気温の評価をするにあたっての手順および1メンバーにおける簡単な評価を

表 1 真夏日日数の比較. サンプル数は 1891 日 (31 日×61 年) である.

	観測	モデル 補正前	モデル 補正済	モデル 4°C昇温
真夏日 日数	236	256	275	1262

行った.

地点別の地上気温を再現するには粗い格子間隔 20km の本モデルでは, そのバイアスは地点によって無視できない大きさを持つ. そこで, 観測値と過去実験の格子点の値を線形関係と仮定して最小二乗法を用いバイアス補正を行った. 非常に単純な補正方法ではあるものの, この方法ではすべての地点で十分に誤差を軽減することができた.

補正を実施し求めた東京の真夏日は観測値よりわずかに増加を示した. これは補正していないモデル再現値同様, 観測値と異なり海の影響を受けていないためと考えられる. 4°C昇温した将来では, 真夏日の日数は過去実験と比べ約 5 倍増加した.

今回 8 月の東京の結果のみを示したが, 地球温暖化の影響を評価するには, d4PDF データベースで提供される全てのメンバーを使用し, 極端事象における評価を行う必要がある. また, 地点別・月別・季節別の特性を今後調査する.

謝辞

本研究は文部科学省委託事業気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) のもとで実施された.

References

Mizuta, R., A. Murata, M. Ishii, H. Shioyama, 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. Tetsuya, Y. Tachikawa, K. Temur, Y. Kamae, M. Watanabe, H. Sasaki, A. Kitoh, I. Takayabu, E. Nakakita, and M. Kimoto, 2016: Over 5000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models. *BAMS*, doi:10.1175/BAMS-D-16-0099.1.

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.

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.

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.

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 with an atmosphere general circulation model. *SOLA*, **7**, 173-176, doi:10.2151/sola.2011-044.