

# 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

課題責任者

高 薮 出 気象庁気象研究所 環境・応用気象研究部

研究分野

気候科学

## 1. 研究の目的と意義

本研究は、地球シミュレータ特別推進課題として2015年3～5月期に実施したものの継続である。

IPCC第5次報告書を受けて、各国政府は自国における防災をはじめ温暖化適応策の設計に取り組みを始めていくところであるが、その際に、施策を決定する政府機関で共通のシナリオを持つことが、一貫性のある適応策の実現のためには必要不可欠である。しかも、施策を打つためにはハザードの生じる確率予測が求められており、そのためには十分な数のアンサンブル実験結果を必要とする。これまで、文科省の「気候変動リスク情報創生プログラム（以下、創生プログラム）」下で地球温暖化予測の研究を行ってきたが、計算機リソースの制約もあって、施策決定のために十分なアンサンブル数を持つ実験出力データを提供できていなかった。そこで、本研究では高解像度大気モデルを用いた、過去と将来の気候変化に不確実性の情報を加味した確度の高い影響評価が可能となる物理気候データベースの作成を行った。このデータベースは、日本における地球温暖化研究ならびに影響評価研究の標準データベースと位置付けられるもので、データベースを活用することで、各省庁がこれまで提供してきた地球温暖化予測情報の質の向上や、実効ある施策決定への寄与が期待できる。

本課題で作成するデータベースは、影響評価研究を主体に不確実性を適切に評価した温暖化対策の実現に向けたものに活用することを主目的とする。一方で、高解像度の多アンサンブルデータにより、過去と将来の極端事象を含む気候変化についてこれまでの研究成果について再度検討を行い、統計的に確度の高い結論を導く。また、気候変動要因分析（イベントアトリビューション）や気候変動解析をリアルタイムに行うことへの環境整備も視野に入れ、気候監視業務への貢献に結びつけていく。

## 2. 研究内容

気象研究所の高解像度（60km格子）全球大気モデルにより、下記①～③を、日本域地域気候モデル（20km格子）により④を、多アンサンブル実験により実施する。

- ① 過去60年の歴史気候再現実験、
  - ② 同期間の非温暖化歴史実験、
  - ③ RCP8.5シナリオの21世紀末に相当する全球地上気温が4℃上昇時の将来気候予測実験。
- ①～③の結果から
- ④ ダウンスケール実験

以上の実験を、創生プログラムの課題間で協力して実施する。実験構成は創生C（気候変動リスク情報の基盤技術開発）の研究グループが行ってきたタイムスライス実験に相当する。これまでのものに比べて格段に多いアンサンブル数の実験出力から将来の顕著現象や梅雨や台風の特性変化について、実験①、③、④の出力を活用して再検討する。創生D（課題対応型の精密な影響評価）の影響評価研究に関しても同様に、多アンサンブルモデル実験出力から不確実性を考慮して、河川の氾濫や高潮による浸水や生態系の変化など多岐にわたる温暖化リスク評価を行う。これまでに研究対象とすることができなかった、過去の多アンサンブルデータを用いたリスク評価スキームの検証についても実施する。実験①と②の結果を用いて、創生A（直面する地球環境変動の予測と診断）の研究グループが進めてきたイベントアトリビューション研究を過去60年間に発生した気候変動イベントに対象を広げ調査する。

3～5月の課題において上記実験の約30%に相当する計算を終了させ、これまでに得られている実験出力が上述した目的の達成に有効であることを確認している。当該期間では、残りの計算を完了させ、各実験結果を相互に比較して、現在気候をベースとした将来気候の変化について考察する。とりわけ、これまでにないアンサンブル数の実験であることのメリットを生かして、極端事象の将来変化の推定における不確実性がどれだけ低減されるかに着目する。

## 3. 研究成果

予定している2.6万年分の計算のうち、実験②の非温暖化実験を除いた2万年分の計算を完了することができた。初期解析により、全球および地域気候モデルによる過去・将来実験計算が正常に終了したことも確認した。今回作成した本データベースを、以下、d4PDF（database for Policy Decision making for Future climate change）と呼称する。

本研究d4PDFは、これまでに類の無い数のアンサンブル数を持つ気候変動評価データベースである。将来気候変化では、熱波、豪雨、高潮など甚大な自然災害をもたらす大気現象について不確実性の小さい情報が社会的に強く求められている。今回の多数（100から数千）例の実験出力を用いることで、これらの現象について統計的に信頼性の高い情報が得られることが確認された。データベースを活用することにより、100年に一度発生する事例の再帰確率など、これまで極値統計モデルに依存するこ

となしには求めることができなかった量が、d4PDF を使用するだけで求めることができるようになった。

図1は福岡における降水頻度の現在と将来分布を示したものである。観測データだけでは、図示したような滑らかな過去の降水発生頻度分布を描くことができない。今回のアンサンブルデータを用いれば、他の要素についても同様に、図示したような確率密度分布を描くことができる。さらに、使用した大気モデルは気象庁において日々の天気予報に利用されたモデルを元に構成されていることもあって、気温、降水、台風など多くの事例について観測との対応が良い。図1には、モデルの推定した30年確率日降水量も示しており（縦線）、観測データから求めたもの（▲）と極めてよく対応しているのが分かる。一例を示したのみではあるが、対象地域を限って顕著な

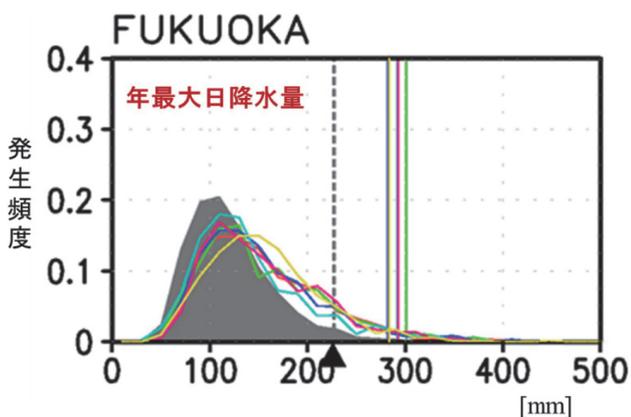


図1 福岡における過去実験と将来実験における年最大日降水量の発生頻度分布。横軸は降水量、縦軸が発生頻度。灰色陰影と色付きの曲線がそれぞれ現在気候、将来気候。モデルに与えた6種類の温暖化状態についての結果を色別で示してある。縦線はモデルが推定した30年確率日降水量で、▲は、観測データ（1901～2006年）に基づく30年確率日降水量（Gumbel分布、気象庁・異常気象リスクマップ）である。現在220mmの30年確率日降水量が、将来は300mm近くまで増大するという推定になっている。

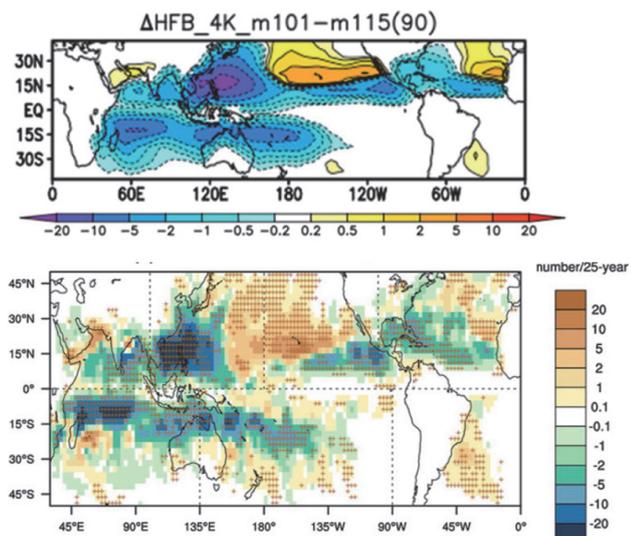


図2 熱帯低気圧の10年あたりの通過頻度の将来変化。単位は台風の数。上段は今回の実験の結果で、下段は従来の12例のアンサンブル実験（Murakami et al. 2012）の結果。

大気現象に注目する多様なユーザにとって、d4PDFは有用なものであると考えている。

図2は、台風が各地点を通過する数の将来変化を示している。とりわけ温暖化時の台風の変化については、これまで精力的に取り組んできたものの、計算資源の制約のために10数例のアンサンブルを用意するのが精一杯であった。今回の多アンサンブルの計算結果を元に、台風の存在確率が将来どのように変化するかを再評価すると、従来どおりの空間パターン、すなわち、ハワイ周辺を除いて広範囲に台風が減少することが分かった。また、今回の実験ではアンサンブルが沢山あるために滑らかな空間分布が得られていることが見てとれる。本実験と従来実験の間では定性的な結果はなんら変わらないものの、多アンサンブルデータからなるd4PDFを用いて、将来の台風の振舞いについて不確実性が低減した確度の高い結論を導くことができたことの意義は大きい。さらに、空間的な滑らかさが示唆するように、d4PDFは、領域を狭めた影響評価にも活用できると期待している。

データベースd4PDFを用いることで、これまでサンプル数が少ないために研究の対象とならなかった事例についての評価が可能となる。現在、日本域気候モデルの結果を用いて、発生頻度のかなり低い豪雪についての評価やライフタイムの短い事例についての評価を進めているところである。こうした地域的に興味深い事例は国内だけでも枚挙にいとまがないので、それぞれのケースについて解析を進めることで、科学的にも斬新な成果が今後数多く得られるものと期待できる。

#### 4. 想定される波及効果

冒頭に述べたように、本課題で創出したデータベース（d4PDF）は、防災研究を始め広く適応策策定に向けた影響評価、政策決定作業に用いられることを想定している。本データベースは、政府各機関が一貫性のある適応策を実現するために活用する共通シナリオの候補になると期待できる。上述の研究成果でも繰り返し強調したように、多アンサンブルの実験出力データということがd4PDFの最大の特徴である。一連の実験データを用いて統計的に確度の高い論証を行うことが可能となり、施策決定のみならず、気候研究においても科学的に価値のある成果が数多く創出されるものと期待できる。

# A Climate Projection Database for Decision Making

Project Representative

Izuru Takayabu Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Author

Izuru Takayabu Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency

Using the abundant computer resources of the new Earth Simulator, about 100 ensembles of 60-year simulations of the present and 4-degree temperature increase scenario have been done with the AGCM-RCM system. This dataset is called d4PDF.

The large ensemble allows a statistical analysis of extreme events such as tropical depression or heavy rainfall events.

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

After the release of the IPCC AR5, each country has started to make adaptation plans in response to climate change. A common scenario of climate change is needed by policymakers to prepare a consistent adaptation plan. For this purpose, the AGCM-RCM system of the SOUSEI program (Program for Risk Information on Climate Change) was used to produce a sufficient number of ensemble experiments to provide probabilistic information on the occurrence of climatic hazards.

This study used the AGCM with equivalent grid size of 60km (MRI-AGCM3.2H), wherein the model output has been subsequently downscaled dynamically using a 20km resolution regional climate model (NHRCM20) around the Japanese Archipelago. Three sets of calculation have been done: (1) historical experiment over a 60-year integration period, (2) natural experiment over the same period, and (3) future experiment under the RCP8.5W scenario around the end of this century (i.e. 4-degree increase scenario). The ensemble run was conducted adopting different SST conditions. The perturbation is partly caused by uncertainties from the accuracy of observation data. It is clearly shown that a hundred ensembles have the potential to produce PDF of even extreme events.

Within this research period, all the planned experiments have been done. Hereafter the dataset is called d4PDF.

Figure 1 shows the annual maximum daily precipitation, and the thirty-year return periods of precipitation amount at Fukuoka. There is good agreement between the observed value (triangle) and the estimated value (broken line). This suggests the potential applicability of this dataset to end users who are interested in their own province.

Figure 2 indicates the change in the tracks of tropical depressions over the world. While the results from d4PDF look qualitatively similar with existing results consisting of fewer ensemble numbers, the d4PDF results look more accurate due to the sufficient number of ensemble experiments. The smooth distribution suggests that it can be used in very local impact studies.

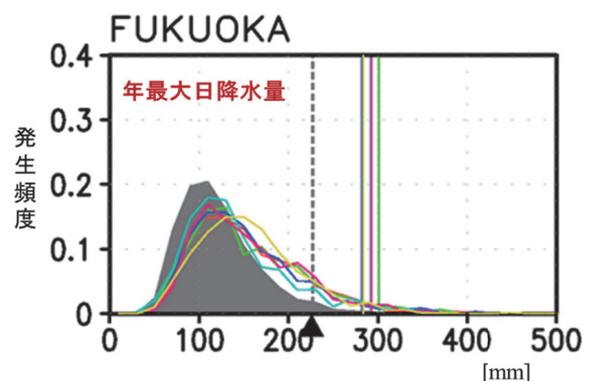


Fig. 1 PDF of annual maximum daily precipitation obtained from d4PDF for the present climate (gray line) and for the future climate using 6 different SST patterns derived from the CMIP5 experiments (colored lines). The thirty-year return periods of precipitation are also shown as vertical lines with the present value indicated by the broken line. The black triangle is the value estimated from observation (1901-2006).

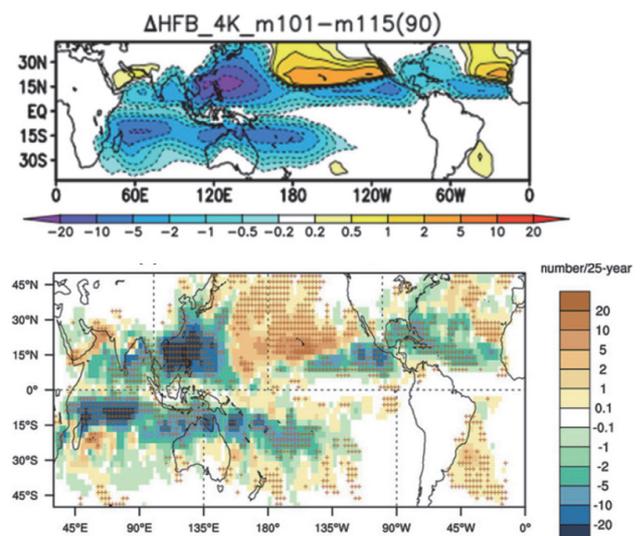


Fig. 2 Change in the tracks of all tropical depressions from (upper) d4PDF, and (lower) existing results of 12 ensemble runs (Murakami et al., 2012). The change is expressed in terms of number of tropical depressions for (upper) every 10 years, or (lower) every 25 years.

Using the datasets (d4PDF), it is now possible to estimate an extreme meteorological phenomenon and conduct a statistical analysis. Henceforth, many innovative researches would be done using d4PDF.

### **Acknowledgement**

All the calculation in d4PDF has been done using the Earth Simulator under the “strategic project with special support” of the Center for Earth Information Science and Technology (CEIST) / JAMSTEC. Also, Data Integration and Analysis System (DIAS) helped to archive the calculated data. Fundamental support has been provided by the Program for Risk Information on Climate Change (SOUSEI), sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology – Japan (MEXT).