



令和6年9月2日

令和6年夏の記録的な高温や大雨に地球温暖化が寄与 —イベント・アトリビューションによる速報—

令和6年7月の記録的な高温及び令和6年7月下旬の北日本日本海側の大雨に、地球温暖化がどの程度寄与していたか速報的に解析したところ、7月の記録的な高温は地球温暖化の影響が無かったと仮定した場合はほぼ発生しえなかったこと、7月下旬の日本海側の大雨は地球温暖化の影響で総雨量が増加していたことなどが分かりました。なお、本研究は文部科学省気候変動予測先端研究プログラムにおいて、気象庁気象研究所と協力して実施しました。

1. 概要

今夏の天候について、7月は気象庁の統計開始以降1位となる記録的な高温となりました。また、7月下旬には山形県・秋田県を中心に豪雨災害が発生し、一部地域で線状降水帯が発生しました^{*1}。今回、7月の記録的な高温事例（高温イベント）に対する発生確率を見積もった結果、今年の海面水温等の影響と地球温暖化の影響が共存する状況下では11.2%程度の確率で起こり得たことが分かりました。特に東日本や北日本で発生確率が高い傾向が見られました。これに対し、地球温暖化の影響が無かったと仮定した状況下では、その他の気候条件が同じであっても、ほぼ発生しえない事例であったことが分かりました。

一方、7月24日から26日に山形県周辺で発生した大雨を対象に地球温暖化の影響を評価したところ、地球温暖化が無かったと仮定した場合と比べて総雨量（48時間積算雨量）が20%以上増加していたことが確認されました。

文部科学省では、気候変動予測先端研究プログラムを通じ、全ての気候変動対策の基盤となる科学的知見の充実を図り、気候変動適応策の推進に取り組んでいます。その中で、気象庁気象研究所と協力し、極端な気象現象（以下「極端現象」という。）の発生確率及び強さに対する人為起源の地球温暖化の影響を定量化するイベント・アトリビューション（Event Attribution、以下「EA」という。）を実施しています^{*2}。

本研究は、「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」(d4PDF)^{*3}を活用して開発された、極端現象の発生確率に対する地球温暖化の影響を迅速に見積もるEAの手法（予測型の確率的EA手法）^{*4}及び、大雨の総雨量に対する地球温暖化の評価手法^{*5}を用いて行われました。

※1 気象庁報道発表「令和6年7月以降の顕著な高温及び7月下旬の北日本の大雨の特徴と要因について」
(令和5年9月2日)

<https://www.jma.go.jp/jma/press/2409/02a/kentoukai20240902.html>

※2 本研究は下記の領域課題が連携した合同研究チームにより実施しました。

- 領域課題1 (東京大学) : 気候変動予測と気候予測シミュレーション技術の高度化 (全球気候モデル) (研究課題番号 JPMXD0722680395)
- 領域課題3 (気象業務支援センター、海洋研究開発機構) : 日本域における気候変動予測の高度化 (研究課題番号 JPMXD0722680734)
- 領域課題4 (京都大学) : ハザード統合予測モデルの開発 (研究課題番号 JPMXD0722678534)

※3 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)

気候モデルによる過去再現実験や非温暖化実験 (1850年以降の温室効果ガス等の人為起源物質が排出されなかったと仮定した場合の境界条件を与えた実験)、将来予測実験などから得られた気候データが保存されているデータベース。d4PDFは、文部科学省の気候変動適応戦略イニシアチブの研究事業等で作成され、データ統合・解析システム (DIAS) を通じて公表されています。

※4 予測型の確率的イベント・アトリビューション (EA) 手法

過去再現実験と非温暖化実験の多数の計算例を用いて、特定の極端現象の発生確率に対する地球温暖化の影響を見積もるEAを実施するためには、モデルに与える境界条件として現実 (観測値) を反映したデータを与える必要があります。予測型のEAでは、モデルに与える境界条件を観測に基づくデータの代わりに気象庁が提供する3か月予報データから与えることで、予め各時季の数値計算結果を用意することが可能となり、情報発信までに掛かる時間を大幅に短縮できるようになります。今回は令和6年6月から8月まで予測型のEAを実施しています。

※5 量的イベント・アトリビューション (EA) 手法

高解像度モデルを用いて実際の極端現象を忠実に再現したシミュレーションと、そこから温暖化差分 (工業化以降から現在までの気温や海面水温等の変化) を除去したシミュレーションを行い、総降水量の違いを評価する手法。

2. イベント・アトリビューション研究の内容

(1) イベント・アトリビューション研究について

地球温暖化は喫緊の課題であり、私たちの日々の生活にも影響が現れ始めています。日本では、毎年のように甚大な被害を伴う気象災害が発生していますが、地球温暖化の進行とともに極端現象 (いわゆる異常気象と呼ばれるかなり稀な現象を含む) の発生確率と強さが更に増加することが予測されています。

十数年前までは、個別の気象条件下で生じる極端現象に対する長期的な地球温暖化の影響を科学的に定量化することは困難でした。しかし、近年の計算機能力の飛躍的な発展により、起こり得る大気の流れの状態を、大量の気候シミュレーションによって網羅的に計算するという画期的な方法が誕生しました。気候モデルを用いて、温暖化した気候状態と温暖化しなかった気候状態のそれぞれにおいて、大量の計算結果を作り出して比較する手法は「イベント・アトリビューション (EA)」と呼ばれています。

(2) イベント・アトリビューションの迅速化に向けた取組

EA は大量の気候シミュレーションを必要とするため、極端現象発生から結果が出るまでに数か月を要し、迅速に情報発信ができないことが大きな課題となっていました。そこで、文部科学省気候変動予測先端研究プログラムの合同研究チームでは、極端現象発生後に迅速にEAを実施するための新しい手法を考案し、日本で発生する極端現象のEAに適用する取組を令和5年度から開始しました。

迅速化のための手法の一つである予測型の確率的EA手法では、境界条件として与える海面水温や海氷の状態を気象庁の「3か月予報データ」から得ることにより、EAに必要な大量のシミュレーションを予め準備しておくことで高速化を実現しています。今夏の事例では、「3か月予報データ」を今年6月から利用しました。

今夏の大雨については、高解像度モデルを用いて実際の極端現象を忠実に再現したシミュレーションと、そこから温暖化差分（工業化以降から現在までの気温や海面水温等の変化）を除去したシミュレーションを行い（擬似非温暖化実験）、総降水量の違いを温暖化の影響として評価しました（量的EA手法）。温暖化差分は、今回d4PDFの2014年から2023年に相当する過去実験と非温暖化実験の差として求めました。温暖化した状態と温暖化しなかった状態のもとでシミュレーションを行う点は確率的EA手法と同じですが、領域や時間を限定したことで計算量を減らし、迅速にEAを実施することができます。

3. 研究結果

(1) 令和6年7月の記録的な高温に対するEA

予測型の確率的EA手法を令和6年7月の記録的な高温イベントに適用した結果、この時期の日本上空1500mの気温が、実況の気温を上回る確率が現実的な気候条件下では11.2%（誤差幅7.3~15.8%）であったことが分かりました。1991年から2020年の30年間のデータから見積もられる発生確率の平年値は8.3%であり、2024年（令和6年）7月は周辺の高い海面水温の影響等により高温イベントの発生確率が増加していたことも分かります。特に東日本や北日本で発生確率が高い傾向が見られました。

一方、このうち地球温暖化の影響のみを取り除いた場合の実験結果からは、今回の高温イベントの発生確率がほぼ0%、つまり、様々な偶然が重なったとしても、人為起源の地球温暖化による気温の底上げがなければほぼ起こり得なかったことが示されました（図1）。

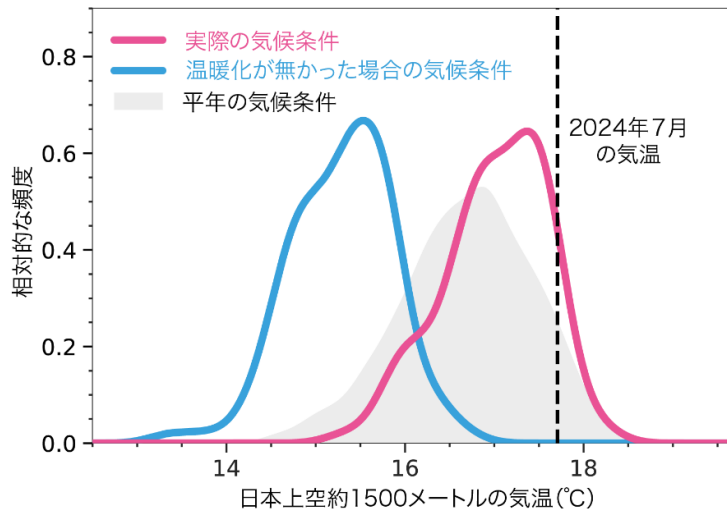


図1 令和6年7月の高温イベントの発生確率

横軸は、日本上空（東経130–146度、北緯31–45度）約1500メートルの平均気温、縦軸は頻度（平均期間は7月1日から7月31日）を示しています。赤実線は実際の（地球温暖化がある）2024年（令和6年）7月の気候条件下、青実線は地球温暖化がなかったと仮定した場合の2024年7月の気候条件下の頻度です。薄灰色の山型は、1991年から2020年の30年間の7月の頻度分布です。2024年7月の実況の気温を表す黒破線を超えた面積が今回の高温イベントの発生確率を示しています。

(2) 令和6年7月下旬の北日本の大雨のEA

令和6年7月24日から26日に発生した東北地方日本海側の大雨を対象に量的EA手法を適用しました。その結果、山形県周辺では現実に近い形で大雨が再現され、48時間積算雨量は地球温暖化がなかったと仮定した場合と比べて、20%以上増加していたことが分かりました（図2；数値は④の黒枠内で計算）。

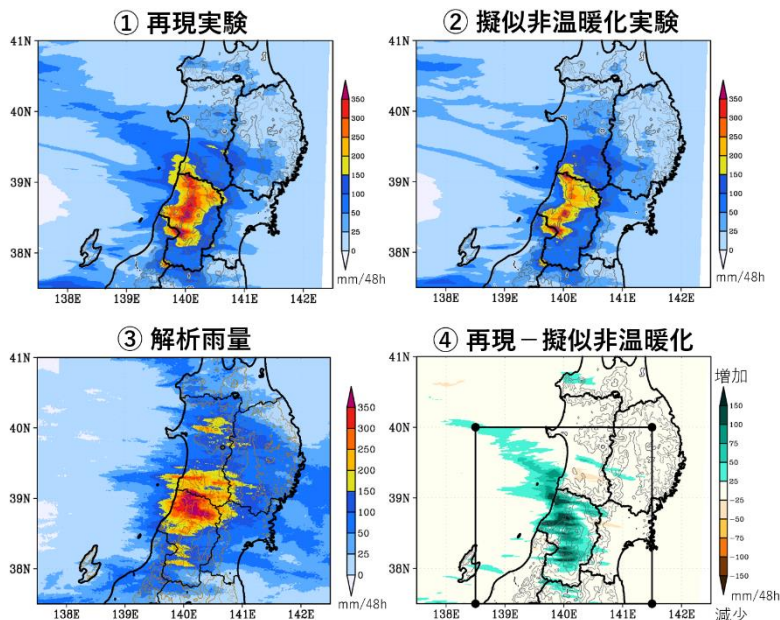


図2 令和6年7月24日から26日にかけての大雨事例のシミュレーション

令和6年7月24日9時から26日9時までの48時間積算雨量。左上から、①実際の（地球温暖化がある）7月24日から26日のシミュレーションにおける48時間雨量、②地球温暖化がなかったと仮定した7月24日から26日のシミュレーションにおける48時間雨量、③解析雨量、④①と②の差を示しています。また、①と③を比較することにより、シミュレーションの再現性を検証できます。

4. 今後の取組

予測型の確率的 EA 手法および量的 EA 手法の適用により、令和 6 年 7 月の極端現象を対象とした EA の研究成果を速やかに情報発信することができました。引き続き、地球温暖化が極端現象に与える影響について、国民の皆さまの理解が深まるよう取り組んでまいります。

今後は、5 km 解像度の予測型の確率的 EA の結果を分析することにより、各都道府県単位の高温や大雨イベントの発生確率及び強さの評価を進めてまいります。また、記録的な高温や大雨などの極端現象に加えて、極端現象に起因する洪水等の水災害まで EA の対象を拡張した研究も進めてまいります。一方、EA をさらに迅速化し、かつ簡易的に実施することを可能とする新しい機動的 EA システムを開発中です。このシステムを活用することにより、エルニーニョ等の地球温暖化以外の影響も評価することが可能となります。

これらの研究を通じて、人為起源の地球温暖化の影響を社会に対して迅速に情報発信し、一人一人が地球温暖化の進行をより現実のものとして捉えることができるようにすることにより、地球温暖化の問題解決に向けた行動につなげていくことを目指しています。

文部科学省では、気候変動予測先端研究プログラム等を通じ、全ての気候変動対策の基盤となる科学的知見の充実を図り、気候変動適応策の推進に取り組んでまいります。

<本研究に関するお問い合わせ>

東京大学 今田 由紀子 電話：04-7136-4385/E-MAIL：yimada@aori.u-tokyo.ac.jp
渡部 雅浩 電話：04-7136-4387/E-MAIL：hiro@aori.u-tokyo.ac.jp

気象業務支援センター／気象庁気象研究所

川瀬 宏明 電話：029-853-8620/E-MAIL：hkawase@mri-jma.go.jp
辻野 博之 電話：029-853-8732/E-MAIL：htsujino@mri-jma.go.jp

京都大学 竹見 哲也 電話：0774-38-4160/E-MAIL：takemi@storm.dpri.kyoto-u.ac.jp
森 信人 電話：0774-38-4321/E-MAIL：mori.nobuhito.8a@kyoto-u.ac.jp

<担当> 文部科学省 研究開発局 環境エネルギー課
環境科学技術推進官 松原（内線 4470）
専門職 宮澤、西村（内線 4472）
電話：03-5253-4111（代表）
03-6734-4143（直通）