

孫は祖父母が遭遇しないような 暑い日と大雨を何度経験するのか？ -極端な気象現象の変化に関する世代間不公平性と その地域間不公平性の評価-

国立環境研究所、京都大学、立命館大学の研究チームは、気候モデルによる気候変動予測データを解析し、祖父母世代が経験しないような暑い日および大雨（1960～2040年で最大の日最高気温および日降水量を超えるもの）をその孫世代が生涯（2020～2100年）で経験する回数について推計し、排出シナリオ別・地域別にその比較を行いました。気候変動の緩和がうまく進まない SSP5-8.5 シナリオでは、熱帯の一部地域で祖父母世代が生涯に経験したことのないような暑い日を孫世代が一生に 1000 回以上（日本では 400 回程度）、大雨の日を 5 回以上（日本では 3 回程度）、それぞれ経験することが示されました。さらに現状の一人当たり GDP や一人当たり CO₂ 排出量と極端気象現象の経験回数の対比を行い、特に現状の一人当たり GDP や一人当たり CO₂ 排出量が小さな国々で、SSP5-8.5 下で高温・大雨をより多く経験する傾向があることを示しました。これは、気候影響への適応力の欠如の点からも、あるいはこれまでの気候変化への寄与・責任の小ささの点からも、高温・大雨に曝される気候影響が不公平性をより強化するものであることを示しています。一方で、パリ協定の 2℃目標を実現できた場合(SSP1-2.6)、孫世代が直面する極端気象現象（世代間公平性の改善）だけでなく、国間の不公平性の強化の軽減（地域間公平性の改善）も併せて期待できることを示しました。

本研究の成果は、2021 年 6 月 1 日付で学術誌「Environmental Research Communications」に掲載されました。

1. 研究の背景

子供や孫が生まれた時に、親や祖父母は「この子の人生が安全で幸せなものであるように」と願うものです。幼い子供が将来どの程度の気候変動を経験するかは、親や祖父母の世代が温室効果ガスの排出量をどれだけ削減できるかにかかっています。しかし、現実には、パリ協定の 1.5℃目標や 2℃目標を達成できるようなペースでは温室効果ガスの排出削減は進んでいません。

気候変動の専門家が一般の大人に今世紀末までの気候変動予測を紹介すると、「そんな遠い先のことを言われても実感がわからない」というご意見をいただくことがしばしばあります。確かに多くの大人は 2100 年まで生きることはなく、我が事として感じにくいのかもしれません。しかし、例えば 2020 年に生まれた子供が 80 歳まで生きたとすると、その子供は 2100 年までに起きる気候変動を経験することになります。

2. 研究の目的と手法

我々は、気候予測の結果をより我が事として実感してもらうために、「祖父母がその人生の間に遭遇しないような暑い日や大雨を孫は何度経験するか」という指標を提案しました。ここでは単純化のために「1960 年から 2040 年まで生きる祖父母のもとに、2020 年に孫が生まれ、孫は 2100 年まで生きる」というケースを考え、気候モデルによる気候変動予測データを用いて、祖父母が一生の間(1960-2040 年)で一度も遭遇しないような暑い日（日最高気温が高い日）と大雨（日平均降水量が多い日）を、孫が 2100 年までに何日経験するかを調べました。

解析に用いたのは、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第 6 次報告書に向けて世界各国の研究機関で開発された 18 個の気候モデルによる 1850 年から 2100 年までの気候実験データです。1850 年から 2014 年までは、過去の温室効果ガス濃度変化などが気候モデルに与えられています。2015 年から 2100 年までは、温室効果ガス濃度増加が多いものから少ないものまで、SSP5-8.5(1851-1900 年から 2080-2100 年までのモデル平均した世界平均気温上昇量は 4.8℃)、SSP3-7.0(4.0℃)、SSP2-4.5(2.9℃)、SSP1-2.6(2.0℃)の 4 種類の濃度シナリオが与えられています。ここでは主に、SSP5-8.5 と SSP1-2.6 の結果を比較します。

3. 結果

図 1 に「祖父母が遭遇しないような暑い日を孫が生涯で経験する回数」を示します。温室効果ガスの排出削減が進まない SSP5-8.5 シナリオにおいては、アフリカ北部や南米の熱帯域などでは、祖父母世代が生涯に経験したことのないような暑い日を孫世代

が 1000 回以上経験しうるということが分かりました（日本は 400 回程度）。図 2 は、「祖父母が遭遇しないような大雨を孫は生涯で何度経験するか」です。SSP5-8.5 シナリオにおいては、南米大陸の北西部、中央アフリカや東南アジアなどにおいて、祖父母が遭遇しないような大雨を孫世代が 5 回以上経験する可能性があります（日本は 3 回程度）。一方で、パリ協定の 2℃目標を実現できた場合(SSP1-2.6)、孫世代が直面する暑い日や大雨の増加はかなり抑えられることが分かります（日本では暑い日と大雨は、それぞれ 20 回程度と 2 回程度）。

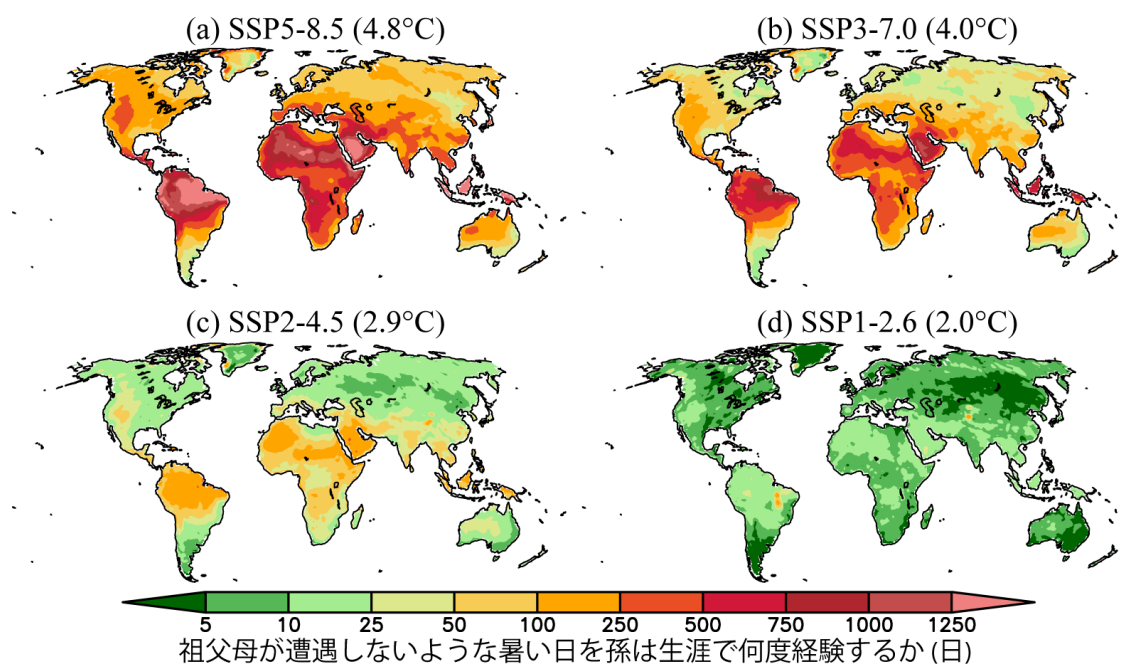


図 1 2020 年に 60 歳だった祖父母の元に孫が生まれ、その孫が 80 歳まで生きると仮定した場合、祖父母が遭遇しないような暑い日を孫は生涯で何度経験するのかの予測。モデル群の中央値を示す。カッコ内の数字は 1851-1900 年から 2080-2100 年までのモデル平均した世界平均気温上昇量。

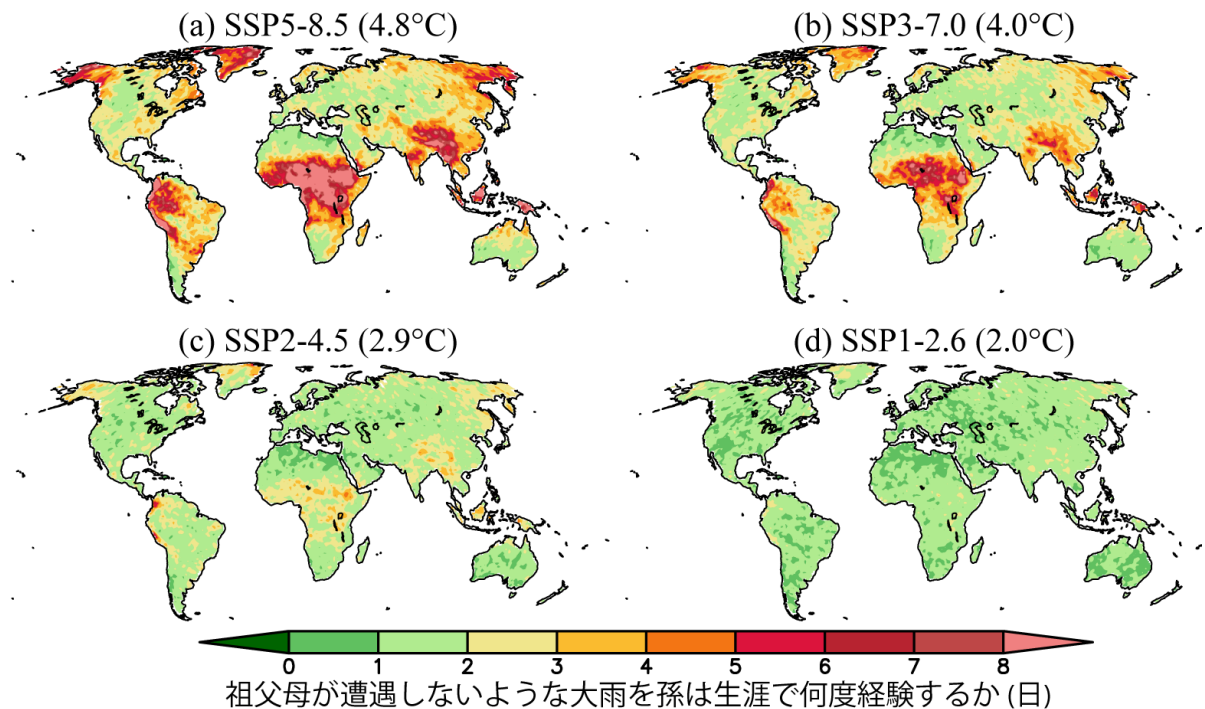


図 2 2020 年に 60 歳だった祖父母の元に孫が生まれ、その孫が 80 歳まで生きると仮定した場合、祖父母が遭遇しないような大雨を孫は生涯で何度経験するのかの予測。モデル群の中央値を示す。カッコ内の数字は 1851-1900 年から 2080-2100 年までのモデル平均した世界平均気温上昇量。

図 3 は縦軸に各国で平均した「祖父母が遭遇しない暑い日（上図）と大雨（下図）を孫が生涯で経験する回数」を示します。左図横軸は一人当たり GDP（2010-2018；世銀推計）、右図横軸は一人当たり CO₂ 排出量（2018 年；Global Carbon Project）です。SSP5-8.5 下で高温・大雨をより多く経験する傾向は、特に現状の一人当たり収入や一人当たり CO₂ 排出量が小さな国々でよく見られます。一般的に一人当たり GDP が小さい国では、気候影響への適応力（影響を小さくする対策を行う能力）も低くなります。また、一人当たり CO₂ 排出量が小さな国々は、気候変化への寄与・責任も少ないと考えられます。つまり、適応力が低く、責任も少ない国々ほど、より高温・大雨に曝され、地域間の不公平性を強化することが分かりました。一方で、仮にパリ協定の 2℃目標に整合的な SSP1-2.6 のように排出量を削減できた場合、この地域間不公平性の強化についても軽減可能であることが示されました。

本研究によって、今の祖父母世代や親世代がパリ協定の長期目標達成に向けた気候緩和努力を行うことで、孫世代が面する極端な気象現象の増加を抑制する（世代間公平性の改善）だけでなく、国間の不公平性の強化の軽減（地域間公平性の改善）も併せて期待できることが示されました。

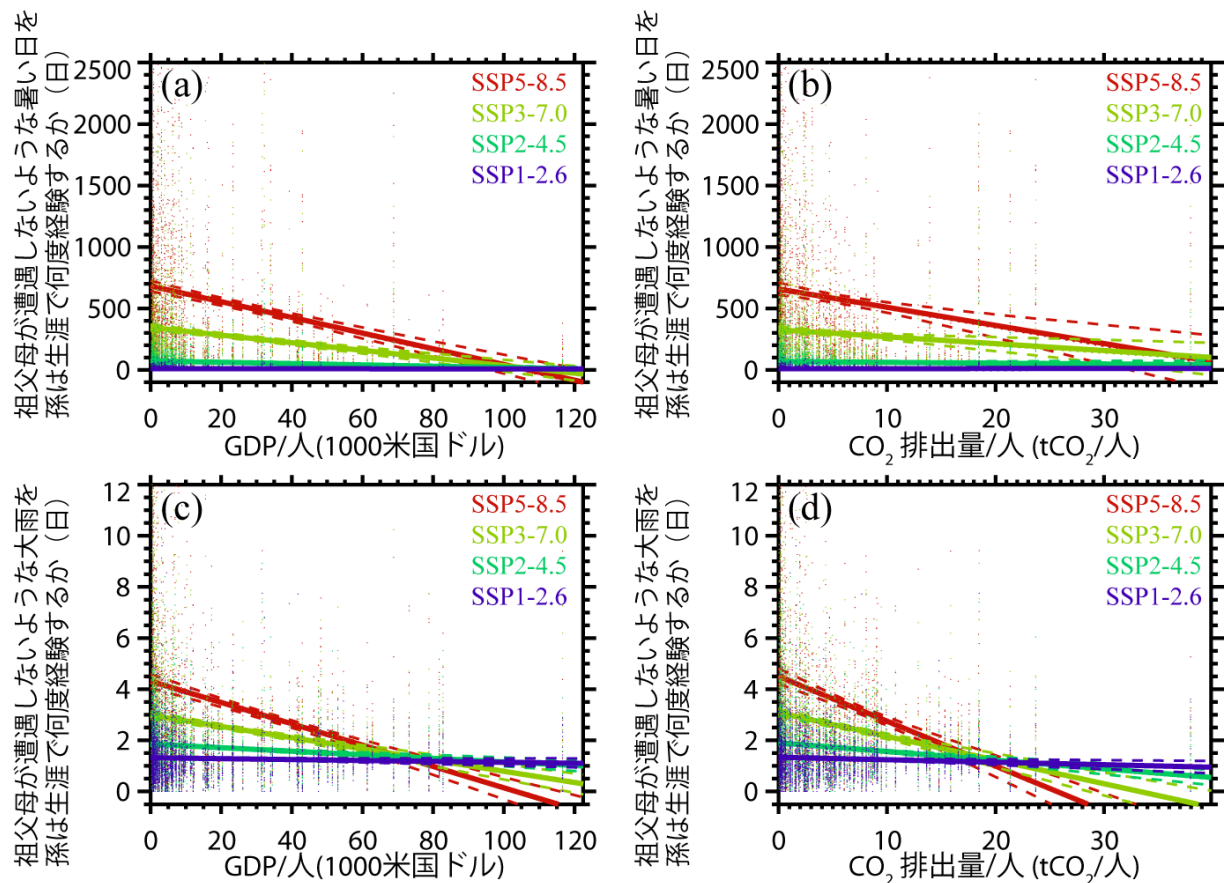


図3 縦軸は祖父母が経験しない暑い日（上図）と大雨（下図）を孫が生涯で経験する日数を各国で平均したもの。左図横軸は一人当たり GDP（2010-2018；世銀推計）、右図横軸は一人当たり CO₂ 排出（2018 年；Global Carbon Project）。点は各国の平均値で、実線は回帰直線、破線は回帰直線の 95%信頼区間。

4. まとめと今後の展望

本研究では、祖父母世代に将来の気候変動をより我が事として感じてもらうために「祖父母が遭遇しないような極端な気象現象を孫は生涯で何度経験するか」というシンプルな指標を提案し、排出削減が進まなければ祖父母世代が生涯に経験しないような暑い日や大雨を孫が何度も経験しうることを示しました（世代間の不公平性）。また、SSP5-8.5 下では高温・大雨に関する地域間の不公平性も増大する事を示しました。一方で、パリ協定の 2℃目標を実現できた場合(SSP1-2.6)、孫世代が直面する極端気象現象の増加を抑えるだけでなく、地域間不公平性の強化の軽減も併せて期待できることを示しました。これは、今の祖父母世代および親世代が温室効果ガスの排出削減を進めることで、今の子供世代が将来経験することになる気候変動に関する世代間公平性および地域間公平性の改善に資することを示しています。

本研究の指標は、できるだけ一般の方が理解しやすいようにシンプルなものにしています。また、本研究の解析手法は、例えば洪水日数や暑熱による健康被害件数などの予測に

対しても適用可能なものです。このような一般の方にとって理解しやすく、かつ我が事としてとらえやすい解析手法を広めることで、気候変動に関する科学コミュニケーションを進めるための助けになればと考えています。

5. 研究助成

本研究は、環境再生保全機構環境研究総合推進費(JPMEERF20202002)および文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」(JPMXD0717935457)の支援を受けて実施されました。

6. 発表論文

【タイトル】 How many hot days and heavy precipitation days will grandchildren experience that break the records set in their grandparents' lives?

【著者】 Hideo Shiogama¹, Shinichiro Fujimori², Tomoko Hasegawa³, Kiyoshi Takahashi¹, Yasuko Kameyama¹, Seita Emori¹

1. 国立研究開発法人国立環境研究所
2. 国立大学法人京都大学
3. 立命館大学

【雑誌】 Environmental Research Communications

【DOI】 <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ac0395>

【URL】 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ac0395>