

北極域の積雪がユーラシア大陸の熱波を強めることを解明

～雪氷圏のモニタリングによる夏の季節予報の改善を示唆～

ポイント

- ・近年の夏の気温変化を、地球温暖化による影響と自然変動による影響に分離。
- ・ロシア西部の積雪量が中・高緯度の夏の気温パターンに影響することを解明。
- ・中・高緯度の大陸上において晩冬の積雪量や春の土壌水分を用いることで夏の熱波の季節予報が改善されることが期待。

概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の佐藤友徳准教授、中村 哲博士研究員の研究グループは、中・高緯度で近年しばしば発生する熱波*1の発生要因を解明するために、気候モデルによって再現された大量の過去気候データを解析し、過去のユーラシア大陸における夏の気温変動を、「地球温暖化に起因する気温変化」と「自然変動に起因する気温変化」に分離することに成功しました。

さらに、「自然変動に起因する気温変化」のうち、偏西風の蛇行に関連した、高温域と低温域が東西方向に交互に連なる波列状の気温分布が発生する要因を調べ、ユーラシア大陸における夏の気温パターンが北極域における晩冬～春の積雪深変動の影響を強く受けることを明らかにしました。波列状の気温分布が夏に卓越する年には、数か月前の晩冬～春の時点でロシア西部の積雪が普段に比べて多く、このような多雪の影響は、春の融雪を経た後には、高い土壌水分量として春から夏まで持続し、この地域の夏の気温を低温化します。地域的な低温化は偏西風の蛇行を促し、その周辺地域では反対に高温になりやすくなると考えられます。

中・高緯度帯では、日々の天気の移り変わりの早さに比べて、海洋や陸面状態（積雪や土壌水分など）は比較的ゆっくりと時間変化するため、その影響は長期間持続し、大気に継続的な影響を与える傾向があります。特に広大なユーラシア大陸では、陸面状態を詳細に調べることで、季節予報の精度向上が期待されます。また、本成果により北極域の陸面状態の変化が中・高緯度の夏の天候に影響を与えていることが明らかとなりました。これは、気候変動の要因分析において陸面環境と大気・海洋との相互作用系の理解が重要であることを指摘しています。

本研究は、文部科学省北極域研究推進プロジェクト「ArCS: Arctic Challenge for Sustainability Project」及び科学研究費補助金「日本およびアジア地域における過去の地域気候変動のアトリビューション」の一環として行われ、2019年7月26日（金）公開のScientific Reports誌に掲載されました。

【背景】

夏季の異常高温は、熱中症などの健康被害だけでなく、農作物の生育不良や干ばつによる水不足、乾燥した大気や土壌による森林火災発生のリスクなど、人間社会や自然環境に様々な影響をもたらします。熱波は異常高温が数日間以上継続した状態で、ヨーロッパや北東アジアなどユーラシア大陸の中緯度帯に位置する一部の地域で、近年発生頻度が増加していることが報告されています(図1)。さらに、IPCC^{*2}による報告では、地球温暖化の進行に伴って熱波の頻度が将来増加する可能性が指摘されており、適切な対策を行うことが急務です。このような地域的な異常高温の発生要因として、偏西風の蛇行が挙げられますが、蛇行の要因を特定することは容易ではありません。特に広大なユーラシア大陸では、陸面と大気の相互作用が異常高温の発生において重要であると考えられますが、その過程は十分に理解されていませんでした。

【研究手法】

本研究では、d4PDF^{*3}と呼ばれる大規模な気候シミュレーションデータを解析しました。d4PDFは、1951年から2010年までの過去60年間について、様々な観測データ(海面水温、海氷分布、温室効果ガス濃度、火山噴火など)を与えた100通りの全球大気モデル実験結果のデータベースです。計6,000パターンの夏の気温データから、それと関連する冬～春の陸面の状態を精査しました。このデータを詳細に解析することで、ユーラシア大陸における過去の気温変動を、地球温暖化に起因する気温変動の成分(すなわち上述の観測データに制約された陸域の気温変動)と、自然変動に起因する気温変動の成分に分離することを試みました。

【研究成果】

研究グループは、ユーラシア大陸の夏季の気温分布6,000パターンに対して主成分分析^{*4}を行い、ユーラシア大陸における過去の夏の気温変動を「地球温暖化に起因する気温変化」と「自然変動に起因する気温変化」に分離することに成功しました(図2)。前者は、1990年頃を境にユーラシア大陸全域で昇温しているのに対し、後者は偏西風の蛇行に対応して、高温域と低温域が東西方向に交互に連なる波列状の気温分布を示します。つまり、ある地域で異常高温が発生した時に、その周囲では異常低温が発生する状態を表します。このような波列状の気温分布は実際に度々観測されています。

次に、波列状の気温分布の発生要因について調べたところ、夏季の波列状の気温分布が発生する数か月前の晩冬～春に、ロシア西部の積雪が普段に比べて多いことが分かりました(図3)。この多雪の状態は、融雪を経ると、普段よりも湿った土壌として春までシグナルが持続します。湿った土壌が存在すると、夏の日射によるエネルギーの多くが蒸発の気化熱として消費されるため、気温は上がりにくく、この地域の夏の気温上昇を抑制します。このような地域的な低温化は偏西風の蛇行を促し、その周辺地域では反対に高温になりやすくなると考えられます(図4)。

【今後への期待】

夏の異常高温や異常低温は世界各地で頻発しており、自然環境や経済活動に大きな影響を与えます。そのため、夏の天候に対する長期予報の精度が向上すれば、異常気象による悪影響を軽減することが可能です。本研究は晩冬から春の陸面状態が中・高緯度の夏の気温偏差を強めていることを指摘していることから、陸域環境のモニタリングや大気と陸面の相互作用系の理解を深めることで、ユーラシア大陸における夏の季節予報の精度を向上することができると期待されます。

ロシア西部の一部地域では地球温暖化が進行しているにもかかわらず積雪深が増加しています。この

ような地域的な積雪変化に対して北極域の環境変化がどのように関係しているのか、今後の研究による進展が注目されます。

論文情報

論文名 Intensification of hot Eurasian summers by climate change and land-atmosphere interactions (気候変動と陸面-大気相互作用により強化されるユーラシアの暑い夏)
著者名 佐藤友徳¹, 中村 哲¹ (¹北海道大学大学院地球環境科学研究院)
雑誌名 Scientific Reports
DOI 10.1038/s41598-019-47291-5
公表日 2019年7月26日(金)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院地球環境科学研究院 准教授 佐藤友徳 (さとうともり)

T E L 011-706-2288 F A X 011-706-4867 メール t_sato@ees.hokudai.ac.jp

U R L http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/t_sato/index-j.html

北海道大学大学院地球環境科学研究院 博士研究員 中村 哲 (なかむらてつ)

T E L 011-706-2372 F A X 011-706-4867 メール nakamura.tetsu@ees.hokudai.ac.jp

U R L <http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/nakamura.tetsu/index.html>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

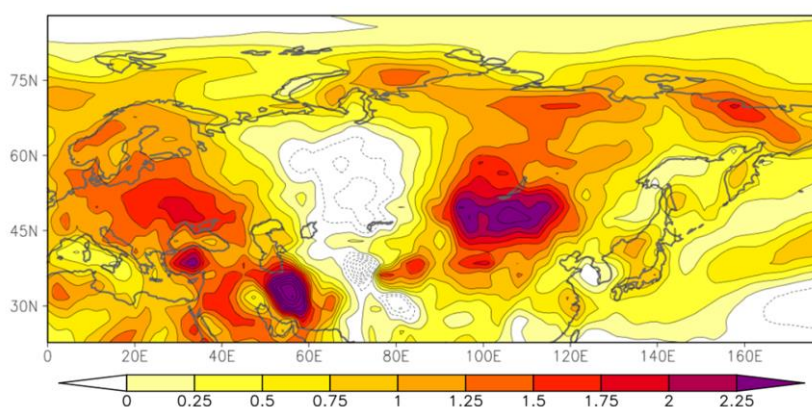


図1：2000年代と1980年代の地上気温の差(6～8月)。欧州や北東アジアで夏の気温が大きく上昇しているが、ロシア西部では気温上昇は小さく、東西方向に非一様な気温変化が確認できる。

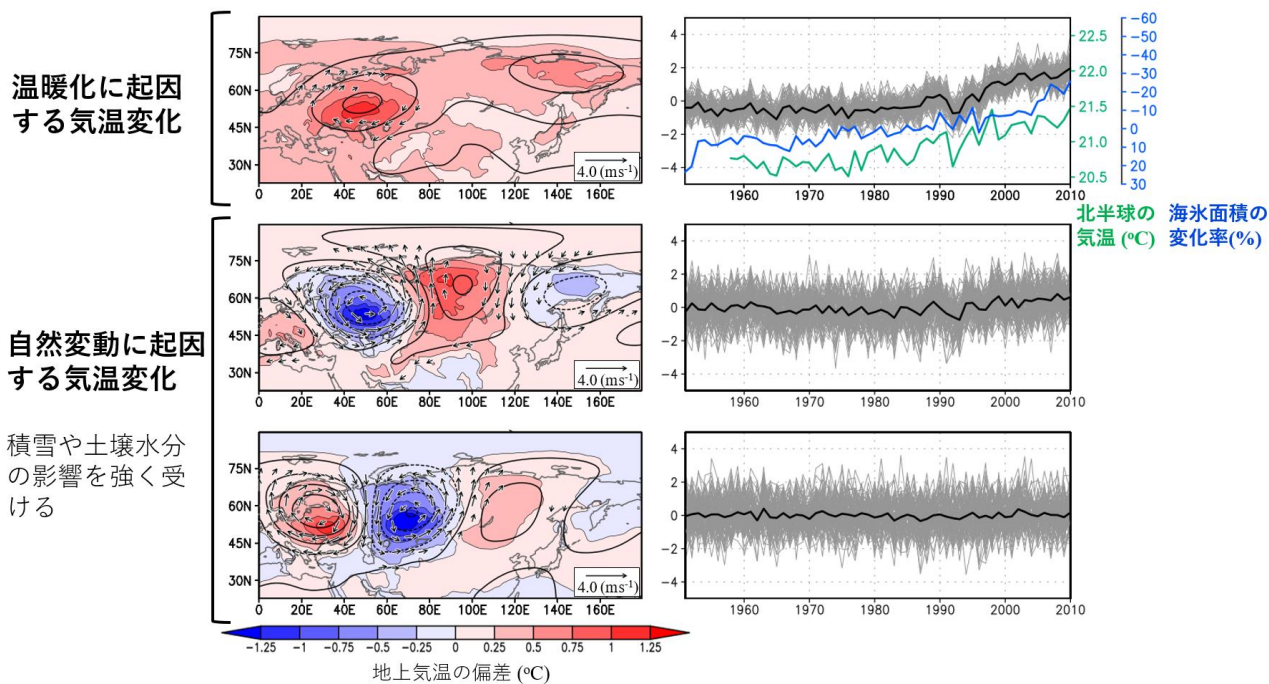


図 2：夏の気温の主要な変動パターン（左）とその経年変化（右：黒線）。左図の等値線とベクトルは 500hPa 面（上空 5,500m 付近）の高度と風を表す。高度が高い地域（実線）は高気圧、高度が低い地域（破線）は低気圧とみなすことができる。上段は「地球温暖化に起因する気温変化」を表し、1990 年頃から明瞭になった。中段・下段は「自然変動に起因する気温変化」を表し、東西方向に波列状の分布を示す。上段右の緑線と青線は北半球の平均気温と北極海の海水面積の変化を表す。

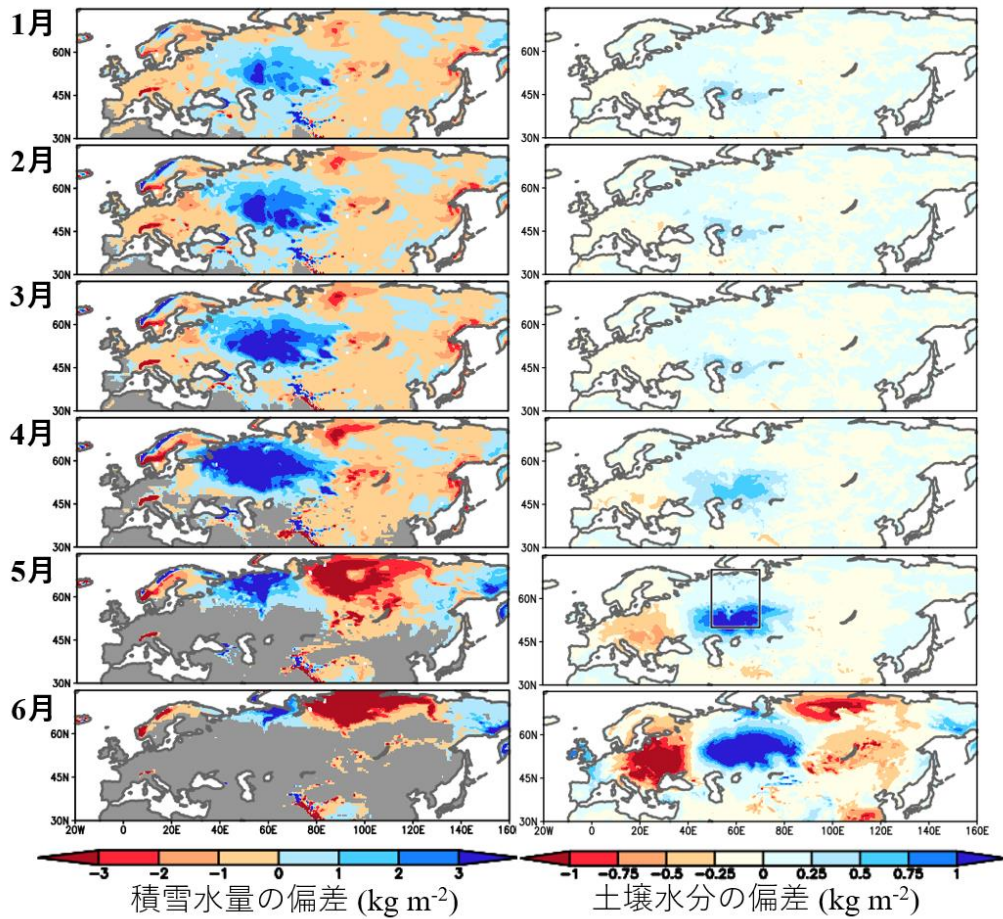


図3：東西方向の波列状の気温パターンが出現する夏の積雪水量（左）と土壌水分（右）の特徴。ロシア西部では冬季に積雪水量が普段より多いことが分かる。融雪期にあたる4月以降は土壌水分が高くなる。このように、冬の積雪偏差のシグナルが春の土壌水分へと伝達され、夏の気温分布を決める要因になっている。

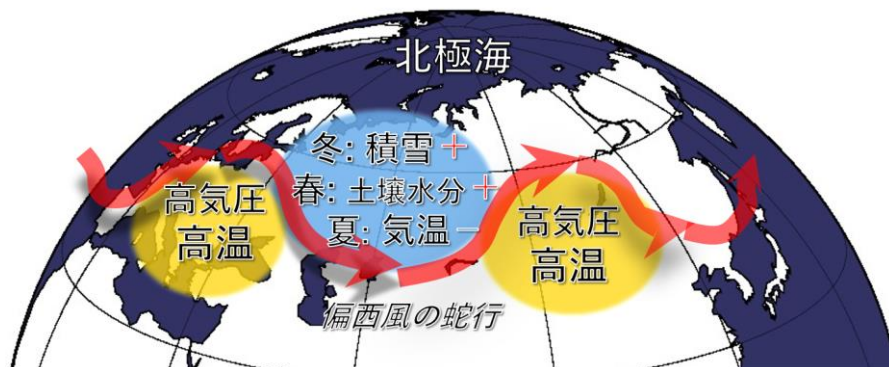


図4：研究結果の概念図。冬の積雪偏差が春の土壌水分偏差を経由して、夏の気温偏差へとシグナルが持続する。夏の低温偏差は偏西風の蛇行を促し、周辺地域で高温になりやすい大気場を形成する。

【用語解説】

- *1 熱波 … 平均的な気温に比べて著しく高温な状態が数日間継続すること。熱中症による健康被害や干ばつによる水不足，森林火災，農作物の不作などの原因となり，社会的に影響の大きな現象。
- *2 IPCC … Intergovernmental Panel on Climate Change（気候変動に関する政府間パネル）。
- *3 d4PDF … 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（database for Policy Decision making for Future climate change）の略称で，文部科学省「統合的気候モデル高度化研究プログラム」において作成された大規模な気候実験データベース。
- *4 主成分分析 … 多量のデータの中から全体の変動を最もよく表現する変動成分を抽出する解析手法。