

冬型の気圧配置の日は急速に温暖化している

～オホーツク海の海氷減少が西高東低の気圧配置における北海道の温暖化を強めていることを解明～

ポイント

- ・冬型の気圧配置の日に限定すると、北海道は冬季平均の3倍以上の速さで昇温していることを発見。
- ・オホーツク海の海氷減少が冬型の気圧配置の日に北海道へ流入する寒気を加熱していたことを解明。
- ・地球温暖化による大雨や大雪の変化を評価する、新たな手法の開発に繋がることへ期待。

概要

北海道大学大学院地球環境科学研究院の田村健太博士研究員、佐藤友徳准教授の研究グループは、機械学習を用いて過去44年分の日々の気象データを解析し、気温や大気中に含まれる水蒸気量の長期的な変化の傾向を気圧配置毎に分けて評価することに成功しました。これにより、北海道周辺における長期的な気温の上昇は、いわゆる西高東低の冬型の気圧配置の場合には、冬季平均の3倍以上のペースで進行していることが分かりました。

従来から知られているように、冬型の気圧配置では、ユーラシア大陸やオホーツク海からの寒気の流入により、日本海側の地域を中心に厳しい寒さや大雪となることがあります。本研究では、日本に流入する寒気の起源が気圧配置毎に異なることに着目し、日本周辺における気温や水蒸気量の経年変化を気圧配置毎に解析しました。オホーツク海を起源とする寒気が日本に流入するような気圧配置の日に着目して調べたところ、北海道周辺の気温の上昇率は、冬季平均の上昇率に比べて3倍以上大きく、同時に大気中の水蒸気量も増加していることが分かりました。水蒸気量の増加は降水量の増加に繋がりをすることから、本成果は、大雪などの顕著現象に対する地球温暖化の影響を正確に見積もる、新たな手法の開発に繋がることが期待されます。

なお、本研究成果は、2023年6月6日（火）公開のGeophysical Research Letters誌に掲載されました。



冬型の気圧配置の日における北海道の昇温メカニズム

【背景】

冬季の東アジアでは、シベリア高気圧とアリューシャン低気圧が強まった、いわゆる西高東低の冬の気圧配置になると、ユーラシア大陸やオホーツク海から日本へと寒気が流れ込んで厳しい寒さが訪れ、日本海側の地域を中心に大雪となることがあります。また、日本海で低気圧が発達した東高西低の気圧配置においても、南から暖気とともに大量の水蒸気が流入して、北日本を中心に湿った大雪となることがあります。このように、冬の期間中でも気圧配置に対応した寒気や暖気の流入により、日々の天気は大きく変化します。

気象庁等の観測によると、冬季の平均気温の長期的な上昇により、日本のほとんどの地域で降雪量が減少しています。その一方で、大気中に含まれる水蒸気量の増加により、稀に起こる大雪については降雪量が増加する可能性も指摘されています。したがって、気候変化による降雪への影響を調べるためには、気温や水蒸気量の変化を詳細に評価する必要があります。しかし、これまでの研究では、気温や水蒸気量等の長期変化を調べる際には、冬季平均など一定の期間で平均した数値が用いられることが一般的であり、日々の気圧配置の多様性は考慮されていませんでした。

そこで研究グループは、大雪や寒波をもたらすような特徴的な気圧配置の日のみについて、長期的な変化傾向を調べることで、災害を引き起こすような顕著現象に対する気候変動の影響を正確に見積もることができると考えました。

【研究手法】

本研究では、機械学習の一種である自己組織化マップ*¹を用いて長期間の再解析データ*²を分析し、日々の気圧配置を分類しました(図1)。分類した各気圧配置について、気温や大気中の水蒸気量等の大気場が、過去から現在にかけてどの程度変化したのかを調査しました。さらに、北海道周辺における大気場の変化傾向が気圧配置毎に異なることに着目し、その要因を探るため、オホーツク海の海氷と北海道周辺の大気場の関係を調査しました。

【研究成果】

日本周辺における地表付近の気温の経年変化を気圧配置毎に調べたところ、日本周辺に寒気をもたらす気圧配置では、暖気をもたらす気圧配置よりも気温の上昇率が高いことが分かりました。これはすなわち、冬の期間の中でも寒い日がより強く昇温していることを意味します。

さらに、寒気をもたらす気圧配置の中でも、オホーツク海由来の寒気をもたらす北風系の気圧配置では気温の上昇率が高く、特に北海道周辺では、全ての気圧配置で平均した気温(すなわち冬季平均気温)の上昇傾向(10年で約0.14度上昇)よりも3倍以上早いペース(10年で約0.5度上昇)で気温が上昇していることが分かりました(図2)。北海道周辺に着目すると、近年の北風系の気圧配置では、気温に加えて水蒸気量の増加率も冬季平均より高いことが判明しました(図3)。これは、北海道周辺に流入する冷たい大気ほど、温暖化の影響を強く受けていることを意味します。

さらに、北海道周辺における地表付近の気温の経年変化とオホーツク海の海氷密接度との関係を調べたところ、北風系の気圧配置では、気温とオホーツク海の海氷密接度に有意な負の相関があり、海氷が少ないほど気温が高くなることが分かりました(図4)。オホーツク海では近年にかけて海氷が減少していることから、北風系の気圧配置では、温暖化による直接的な広域の平均気温の上昇に加えて、海氷の減少によりオホーツク海上で加熱された大気が北海道周辺へ流入するという間接的な効果のため、温暖化の影響が顕著に現れたと考えられます。

【今後への期待】

大雨や大雪などの顕著現象に対する気候変動の影響を明らかにするためには、気温や水蒸気量等の変化量を見積もる必要があります。しかし、従来の見積もりでは、顕著現象発生時の気圧配置は考慮されていませんでした。本成果を応用すると、特定の気圧配置に限定した見積もりが可能となるため、大雨や大雪に対する気候変動の影響をより厳密に評価することができます。例えば、札幌などの北海道日本海側の地域で発生する局地的な大雪に対する温暖化の影響の評価が挙げられます。

北風系の気圧配置では、北海道周辺の気温の上昇率と水蒸気量の増加率が他の気圧配置よりも高いことが、本成果で解明されました。そのため、札幌において大雪をもたらす典型的な気圧配置である北風系に限定して札幌での降雪量の長期変化を推定すると、気圧配置を考慮せずに推定した場合よりも大きな変化率を示す可能性があります。本研究で得られた知見を新しい数値シミュレーション手法に応用することで、大雨や大雪などの顕著現象に対する気候変動の影響を厳密に評価できることが期待されます。

【謝辞】

本研究は北極域研究加速プロジェクト(ArCSII)「気象気候の遠隔影響と予測可能性: 陸域プロセスを介した気象・気候変動の理解」(JPMXD1420318865)、気候変動予測先端研究プログラム(JPMXD0722680734)及び科学研究費補助金(新学術領域研究(研究領域提案型))「急速に温暖化する日本周辺海域での大気海洋相互作用と極端気象」(19H05697)の支援により実施されました。

論文情報

論文名	Localized Strong Warming and Humidification over Winter Japan Tied to Sea Ice Retreat (海氷の後退による冬季日本の局所的な強い温暖化と湿潤化)
著者名	田村健太 ¹ 、佐藤友徳 ^{1,2} (1北海道大学大学院地球環境科学研究院、 ² 北海道大学北極域研究センター)
雑誌名	Geophysical Research Letters (地球科学の専門誌)
DOI	10.1029/2023GL103522
公表日	2023年6月6日(火)(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/北極域研究センター 准教授 佐藤友徳(さとうともり)
TEL 011-706-2288 FAX 011-706-4867 メール t_sato@ees.hokudai.ac.jp
URL http://wwwoa.ees.hokudai.ac.jp/people/t_sato/personal/index-j.html

配信元

北海道大学社会共創部広報課(〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】

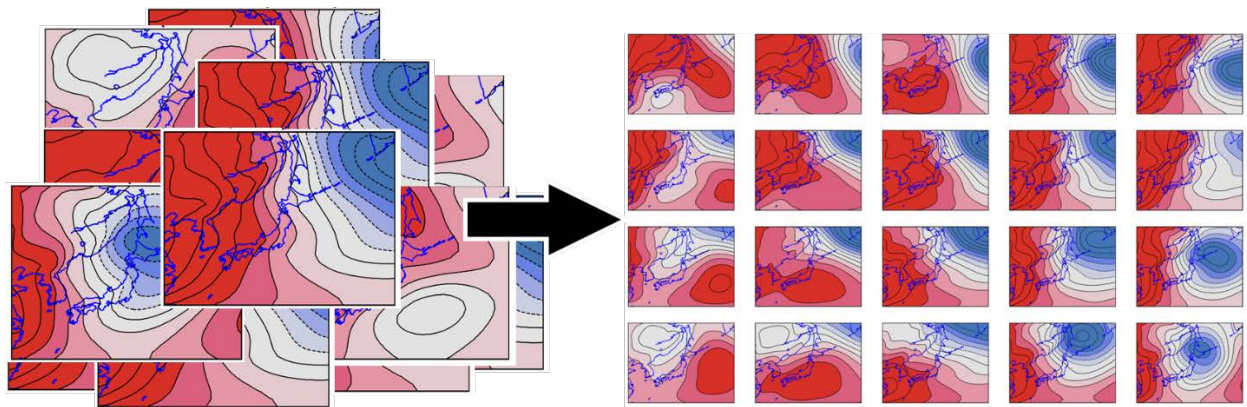


図 1. 自己組織化マップを用いた気圧配置分類の概念図。赤色が高気圧、青色が低気圧であることを示す。日々の多種多様な気圧配置（左）を分類して代表的なパターン（右）を抽出することができる。これをもとに西高東低などの各気圧配置について長期的な変化傾向を解析した。

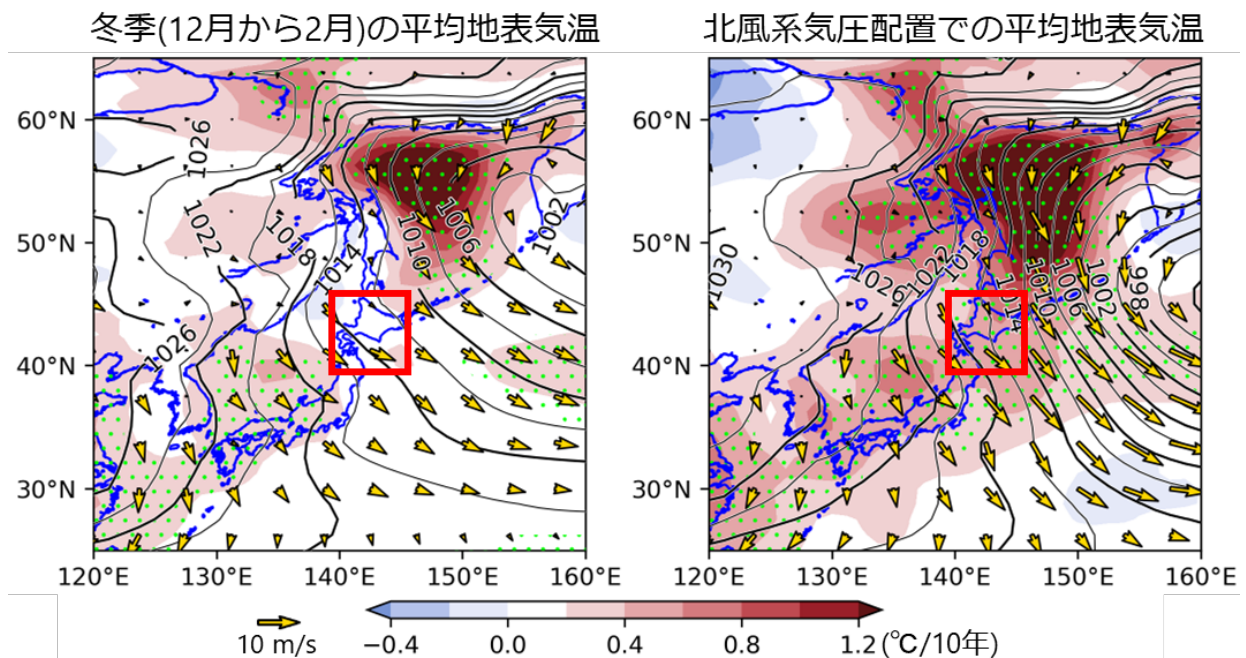


図 2. 海面更正気圧（等値線：hPa）、地表付近の風速（黄色矢印）及び気温の変化傾向（色：10年あたりの変化量（ $^{\circ}\text{C}$ ））。解析期間は1978/1979～2021/2022年の12月から2月。赤色は気温が上昇傾向、青色は下降傾向であることを表す。変化量が統計的に有意である場所を緑の点で示す。冬季平均気温の上昇率（左図）に比べて、冬型の気圧配置の日について評価した気温上昇率（右図）はより大きく、日本周辺の温暖化が強いことが分かる。赤枠は図3で示す北海道周辺の領域。

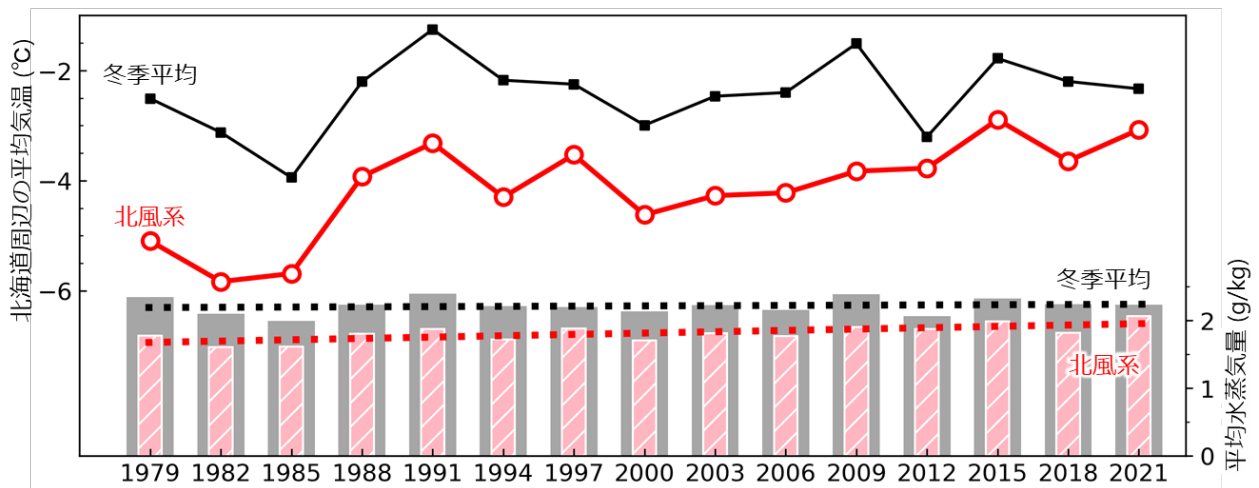


図 3. 北海道周辺領域（図 2 赤枠）における冬の平均気温(黒線：°C)と水蒸気量(灰色棒グラフ：比湿と呼ばれる物理量で単位は g/kg)、及び同領域における北風系の気圧配置での冬の平均気温(赤線)と水蒸気量(赤色棒グラフ)。点線は各棒グラフの回帰直線(黒：冬季平均水蒸気量、赤：北風系の気圧配置における平均水蒸気量)。解析期間は 1978/1979～2021/2022 年の 12 月から 2 月。グラフの値は各年の前後 1 年を含めた 3 年分の平均値を示す。北風系の気圧配置では、気温だけでなく水蒸気量の増加率も高いことが分かる。

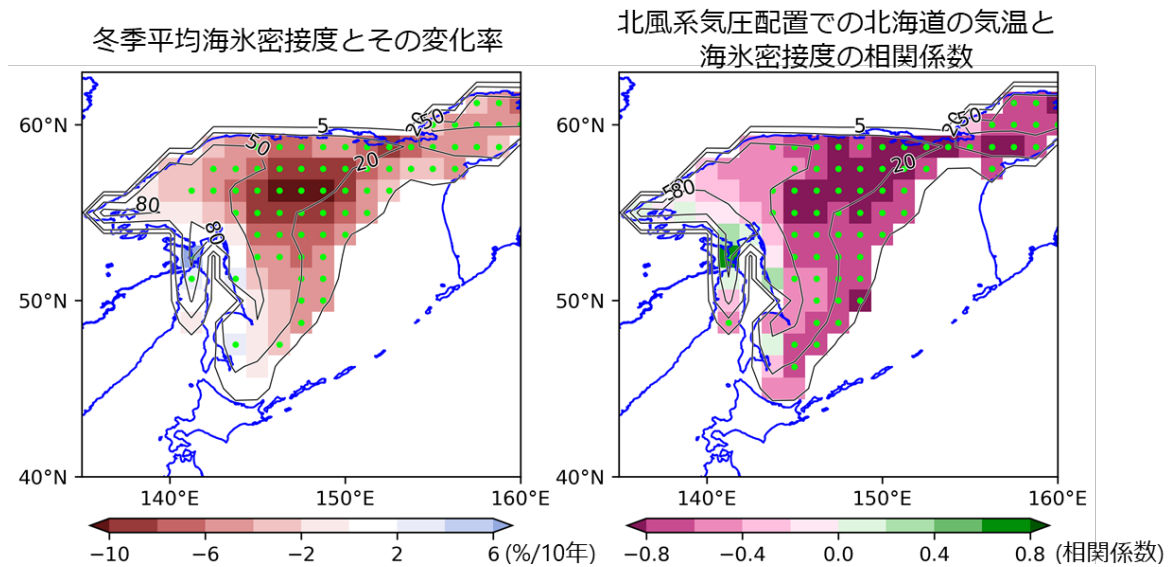


図 4. (左図) オホーツク海の平均海水密接度（黒線：%）とその変化傾向（色：10 年あたりの変化）。（右図）北風系の気圧配置における北海道の地上気温とオホーツク海上の海水密接度の相関係数（色）。北海道の地上気温は図 2 の赤線の領域について算出した。変化量が統計的に有意である場所は緑の点で示す。左図よりオホーツク海では近年、海水氷が減少していることが分かる。さらに、北風系の気圧配置の日では北海道の気温と海水密接度は強い負の相関関係であることから（右図）、オホーツク海の海水氷の減少が北海道の気温の上昇に寄与していると考えられる。

【用語解説】

- *1 自己組織化マップ … コホネン博士が提案したニューラルネットワークの一種。機械学習の一種である教師無し学習のアルゴリズムとして多くの分野で利用されており、データの分類に応用される。
- *2 再解析データ … 気温や気圧等の気象観測データと数値モデルを用いて作成された、地球上の大気の状態を表すデータのこと。