

北大西洋ヨーロッパ域と熱帯起源の大気の変動が日本の冬の寒さを左右する

遠く離れた北大西洋ヨーロッパの大気循環と熱帯インド太平洋の対流活動それぞれの位相の組み合わせによって、日本付近の冬の寒さが大きく変わることが明らかになりました。二つの影響が強め合うと寒波が強まりやすく、打ち消し合うと日本への影響は弱くなります。

冬季の日本周辺では、寒波や大雪、あるいは異常高温など、さまざまな極端現象が発生します。これらはしばしば、ユーラシア大陸上空を伝わる亜熱帯ジェット気流の蛇行と関連します。亜熱帯ジェット気流の蛇行を生み出す主な二つの要因として、これまで北大西洋ヨーロッパ域の大気循環と熱帯インド太平洋の対流活動がそれぞれ知られていました。しかし、両者の組み合わせがジェット気流の蛇行にどのような影響を与えるのかは明らかになっていませんでした。

本研究チームは、両者が重なって影響が大きくなる場合もあれば、逆に弱め合って影響を打ち消す場合もあるのではないかと考えて研究に取り組みました。そして、過去76年間の全球大気データと数値実験を用いて、二つの要因の複合的な影響とそのメカニズムを調べました。

その結果、予想通り、両者の位相の組み合わせによって、ジェット気流の蛇行が強められる場合と弱められる場合があることが分かりました。強め合う場合、ジェット気流の蛇行は大きな振幅を持って日本まで伝わり、冬の寒さが強まります。一方、弱め合う場合、蛇行はユーラシア大陸の途中で弱まり、日本付近への影響は小さくなります。このことは、遠く離れた北大西洋ヨーロッパ域の大気循環と熱帯インド太平洋の影響が“同時にそろうかどうか”が、日本の冬の厳しさを左右する鍵であることを示しています。

本研究の成果は、異常気象や極端現象の発生メカニズムの力学的理解を深化させるとともに、季節予報の精度向上に貢献することが期待されます。

研究代表者

筑波大学生命環境系

植田 宏昭 教授

研究の背景

寒冬・暖冬は日本の社会や経済に大きな影響を及ぼします。冬季の日本を含む東アジア域で発生する異常気象は、遠く離れた地域における気象や海洋現象の変化が大気を通じて伝わってくる影響を受けており、このような現象はテレコネクション（遠隔影響）^{注1)}と呼ばれます。

冬の東アジアの気候に強く影響するテレコネクションの一つとして、ユーラシア大陸上を流れる亜熱帯ジェット気流^{注2)}に沿って伝播する大気の波（ロスビー波列）^{注3)}が知られています。この波は、ジェット気流を蛇行させることで、東アジアの気温や降水量などに影響を与え、数週間から数カ月の時間スケールで寒冬や暖冬など気候の偏った状態をもたらします。これまでの研究により、このロスビー波列の発生要因として、北大西洋ヨーロッパ域の大気変動（北大西洋振動：NAO ^{注4)}）と熱帯インド洋の対流活動（インド洋太平洋ウォーカー循環^{注5)}）の二つの現象が知られてきましたが、両者がどのように組み合わせられて波列を強めたり弱めたりするのかが分かっていませんでした。

そこで本研究では、観測データを基にした長期再解析データと数値実験を用いて、この複合的な影響を解明することにしました。

研究内容と成果

過去 76 年間の大気データから NAO に関連するヨーロッパ付近の循環とインド太平洋ウォーカー循環の偏差^{注6)}が共に顕著な月を抽出し、それらを強弱の組み合わせで 4 種類に分類しました。ヨーロッパで低気圧性の循環偏差かつインド太平洋ウォーカー循環が強い場合、ヨーロッパから日本にかけて低気圧偏差と高気圧偏差が交互に並んだ波列が形成され、亜熱帯ジェット気流の蛇行は日本まで達します（図 1a）。この時、日本上空には顕著な低気圧偏差が形成され、平年より強い寒気が日本付近にもたらされます（図 2）。この寒気の強さは、二つの要因のどちらか一方の影響だけで生じる場合よりも強くなる傾向があることも分かりました。一方で、ヨーロッパで低気圧性の循環偏差かつインド太平洋ウォーカー循環が弱い場合には、ヨーロッパから南アジア付近までは低気圧偏差と高気圧偏差が交互に並んで形成されているものの、中国南部や日本付近では明瞭な偏差は確認されず、ロスビー波列は日本まで到達しません（図 1b）。この時には、日本周辺で顕著な気候影響は発生しにくくなります。これらの違いは、数値モデル実験（コンピューターシミュレーション）によっても再現され、二つの影響の組み合わせが重要であることが裏付けられました。

さらに本研究では、なぜこのような違いが生じるのかを調べるために、数値モデル実験の結果に対して渦度収支解析^{注7)}を行いました。その結果、この違いは、インド太平洋ウォーカー循環の対流活動によって生じる南北方向の風が渦度を運ぶ効果で説明できることが分かりました。ヨーロッパから伝播するロスビー波列の低/高気圧偏差を強めようとする渦度がこの南/北に向かう風によって運ばれる際、ロスビー波列は強められ、日本まで伝播します。一方で、弱めようとする渦度が運ばれる場合には、熱帯インド洋の影響がヨーロッパ起源の波の伝播を妨げる形となり、ロスビー波列は途中で弱まります。このように、南アジア域における亜熱帯ジェット上の波列の「強め合い」または「打ち消し合い」の違いが、ロスビー波列が日本まで届くかどうか大きく影響し、結果として日本の冬の寒さを左右することが明らかになりました。

今後の展開

本研究により、複数の遠く離れた要因（つまり、テレコネクション）が、時には重なり合い大きな影響をもたらす一方、時には打ち消し合い結果的に影響が小さくなることもあることが明らかになりました。今回の成果は、日本の冬の寒波や異常気象の予測精度や現象理解の向上につながることで期待されます。

また、これらの知見が季節予報や気候監視に生かされ、極端気象への早期対応や防災への貢献が期待されます。

参考図

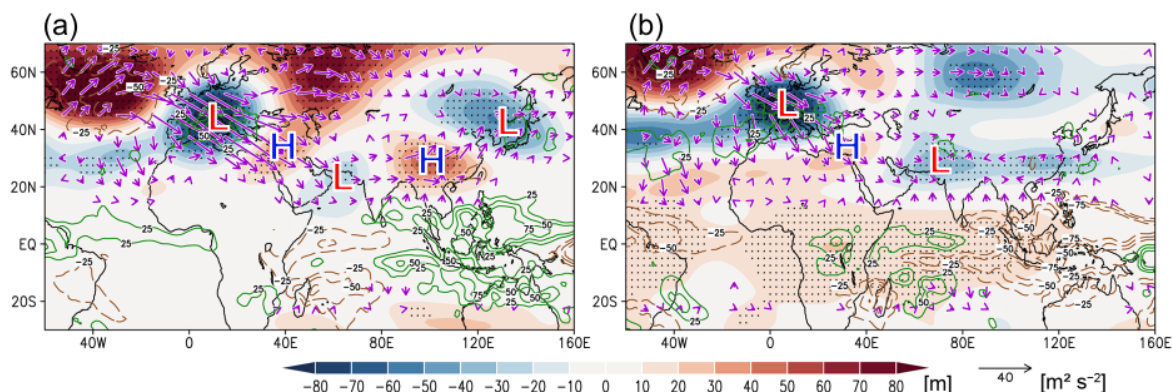


図 1: (a) ヨーロッパで低気圧性の循環偏差かつインド太平洋ウォーカー循環が強い月、(b)ヨーロッパにおいて低気圧性の循環偏差かつインド太平洋ウォーカー循環が弱い月における 250hPa のジオポテンシャル高度偏差 (陰影; 気圧面の高さの平年差を表し、正偏差は高気圧性循環偏差に対応)、波活動フラックス (矢印; ロスビー波の伝播を表す指標)、非断熱加熱の偏差 (等値線; 対流活動の指標で、正の値ほど対流活動が活発)。点描は陰影が t 検定により信頼区間 95% 以上有意な領域を示す。

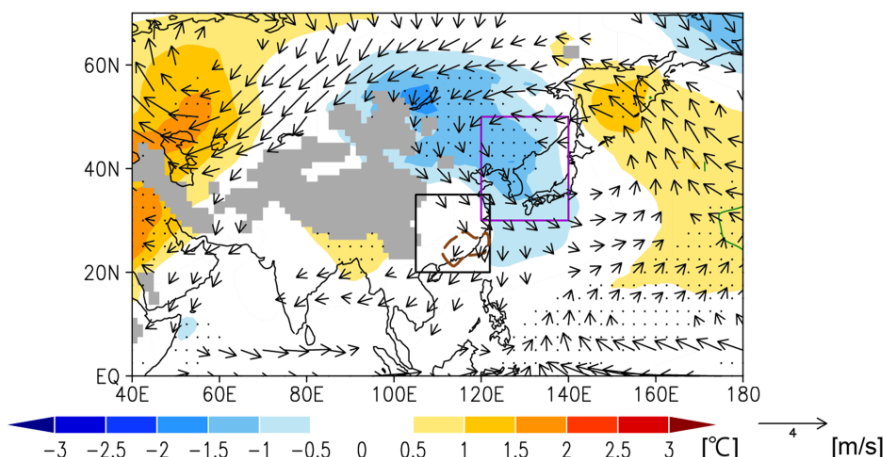


図 2: ヨーロッパで低気圧性の循環偏差かつインド太平洋ウォーカー循環が強い月における 850hPa の気温偏差 (陰影)、水平風 (矢印)、降水量の偏差 (等値線)。点描は陰影が t 検定により信頼区間 95% 以上の有意な領域を示す。

用語解説

注 1) テレコネクション

遠隔影響とも言う。遠く離れた地域の気象要素が互いに相関をもって中長期的に変動する現象。

注 2) 亜熱帯ジェット気流

地上から約 1 万メートル付近の上空を西から東へ強く吹く風の流れ (偏西風) のうち、亜熱帯域に位置するもの。大気中の波やエネルギーが伝わる通り道として重要な役割を果たす。

注 3) ロスビー波列

コリオリ力の南北勾配によって生じる大規模な波動はロスビー波と呼ばれる。ロスビー波の伝播によって生じた高/低気圧が連なって並んだものをロスビー波列、もしくは波列と呼ぶ。

注4) 北大西洋振動 (North Atlantic Oscillation : NAO)

北大西洋域における大気の代表的な変動現象の一つ。アイスランド島付近の気候平均的な低気圧 (アイスランド低気圧) とアゾレス諸島付近の高気圧 (アゾレス高気圧) が同時に平年よりも強まったり弱まったりする。

注5) インド太平洋ウォーカー循環

熱帯域のインド洋と太平洋にかけてみられる東西方向の大規模な大気循環。太平洋西部で上昇し、インド洋西部で下降する。積乱雲の発達 (対流活動) と密接に関係し、その強弱の変動はエルニーニョ・ラニーニャ現象とも関わる。

注6) 偏差

平年値からのずれのことを指す。例えば「低気圧性の循環偏差」とは、平年と比べて低気圧性の循環が強まっている状態を意味する。

注7) 渦度収支解析

大気の渦の変化が、どのような要因で生じるかを調べる解析手法。渦度とは、大気の流れの回転成分を示す指標で、正の渦度は低気圧性循環に対応する。本研究では、風の発散や回転の効果を分けて評価し、どのようにして低気圧・高気圧が強まったり弱まったりするかを明らかにした。

研究資金

本研究は、日本学術振興会 (JSPS) 科学研究費補助金 (JP23K20542, JP24K00705, JP24H02193) の支援を受け実施されました。

掲載論文

【題名】 How interference between the North Atlantic Oscillation and the tropical Indo-Pacific convection modulates wave trains along the subtropical jet: Impacts on the Asian winter climate. (NAO と熱帯インド太平洋の対流の干渉はどのように亜熱帯ジェットに沿った波列を変調するか—冬季アジアの気候への影響—)

【著者名】 朝妻勇貴 (筑波大学理工情報生命学術院)、倉持将也 (気象庁)、植田宏昭* (筑波大学生命系) ※責任著者

【掲載誌】 *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*

【掲載日】 2026年5月17日

【DOI】 <https://doi.org/10.1002/qj.70222>

問い合わせ先

【研究に関すること】

植田 宏昭 (うえだ ひろあき)

筑波大学生命環境系 教授

TEL: 029-853-4430

Email: ueda.hiroaki.gm@u.tsukuba.ac.jp

URL: <https://www.u.tsukuba.ac.jp/~ueda.hiroaki.gm/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohosutu@un.tsykuba.ac.jp