

寒冬と暖冬を引き起こす大気の遠隔影響パターンの力学構造を解明

ラニーニャ現象は、日本の寒冬を引き起こす要因の一つとされています。2020年夏から2021年の夏前まで継続して発生しており、日本の気温は2020年12月から2021年1月中旬までは低温傾向を示しました。しかし、2021年1月下旬から2月にかけては高温傾向となりました。本研究では、ラニーニャ現象の継続発生期間中に、寒冬と暖冬になった理由を、観測データ（全球大気データや人工衛星データ）と、数値モデルを用いたコンピューターシミュレーションによって解明しました。

その結果、上記の低温期間は熱帯インド洋東部から南シナ海付近で対流活動が活発になっており、南アジアに高気圧、北海道付近に低気圧という状況になっていました。日本の寒冬時によくみられる大気のテレコネクション（遠隔影響）パターンに一致しており、「東南アジアー日本（SAJ）」パターンと名付けました。一方、高温期間は対流活動の中心がフィリピンの東に移り、日本の南に高気圧、北海道付近に低気圧という状況でした。これは、日本の冬によくみられるテレコネクション「西太平洋（WP）」パターンに似ています。つまり、低温期間から高温期間への変化は、熱帯の対流活動が西から東に移動し、これに対応して高気圧の位置が変化したことが原因と考えられます。

日本の夏の猛暑時には、日本付近に高気圧が居座る気圧配置がみられます。これは、熱帯西部太平洋で活発化した対流活動に伴う「太平洋ー日本（PJ）」パターンにより引き起こされることが知られています。ところが、SAJパターンでは、PJパターンとよく似た場所で対流活動が活発化しているにもかかわらず、日本付近は低気圧という状況になります。本研究では、南シナ海での対流活動活発化に加え、熱帯からの風がチベット高原南東部の対流圏上層に吹き込む（収束する）ことが、SAJパターンの形成や維持に重要であることも明らかになりました。

このような冬季における寒暖の遷移を詳細に検討することで、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

熱帯太平洋でラニーニャ現象^{注1)}が発生すると、大気のテレコネクション^{注2)}を介し、日本の冬の気温が平年より低くなるのが統計的に知られています。2020/21年の冬季は、ラニーニャ現象が持続して発生していました。このラニーニャ現象は2020年の夏季に始まり、翌年2021年の夏前まで継続しました。そのような状況下で、日本を含む東アジアの平均気温は、この冬の前半(2020年12月から2021年1月中旬まで)では統計と整合的に低温傾向となりましたが、後半(2021年1月中旬から2月まで)では対照的に高温傾向となりました(図1)。そこで本研究では、このような真逆の気温平年差をもたらしたメカニズムについて、全球大気データ、人工衛星データ、数値モデルを用いて調査しました。

研究内容と成果

図2に、2020/21年冬季の低温期間と高温期間の対流圏上層の低気圧/高気圧の配置、熱帯の積雲対流(降水)の活発度の比較を示します。

低温期間では、熱帯インド洋東部から南シナ海付近にかけて対流活動が活発になっており、南アジアに高気圧/北海道付近に低気圧という配置になっています(図2a)。この特徴は、日本の寒冬時に発現するテレコネクションパターン^{参考[1]}とよく一致しており、本研究では「南東アジアー日本(Southeast Asia-Japan: SAJ)パターン」と名付けました。一方、高温期間では、対流活動の中心はフィリピンの東へ移動し、日本の南に高気圧という状況になっていることがわかります(図2b)。この高気圧/低気圧の分布は、冬季の日本付近で頻繁に発生するテレコネクションパターンの一つである「西太平洋(Western Pacific: WP)パターン」に似ています。つまり、低温期間から高温期間への変化は、熱帯対流活動が西から東へと移動し、これに対応して高気圧の位置も変化したことによるものと考えられます。このような時間スケールで東へ移動する熱帯対流活動は、マッデン・ジュリアン振動(MJO)^{注3)}として知られています。

さらに本研究では、SAJパターンとWPパターンの二つのテレコネクションパターンの発生・維持メカニズムの違いを調べるために、過去47年分の大気データから過去に発生したパターンをそれぞれ抽出し、渦度収支解析^{注4)}と数値モデル実験を行いました。その結果、SAJパターンは南シナ海付近の加熱によって引き起こされること、これに加えて、チベット高原の南東部において対流圏の上層で熱帯からの風が気候学的に収束していることがSAJパターンの形成や持続に重要であることが示唆されました。一方、高温期間と同位相のWPパターンのうち半分ほどは、フィリピンの東で対流活動が活発になっていることがわかりました。この違いは、南シナ海とフィリピン海に加熱を与えた数値モデル実験(コンピューターシミュレーション)によっても再現されました。南シナ海に加熱を与えた場合は、寒冬をもたらすSAJパターンの特徴をよく反映した応答(図3a)が現れました。また、フィリピンの東に加熱を与えた場合はWPパターンの南部に対応する高気圧性循環の応答(図3b)が現れました。

日本の夏の猛暑時には、「太平洋ー日本(Pacific-Japan:PJ)パターン^{注5)}により引き起こされることが知られています。SAJパターンもPJパターンも励起源はよく似ていますが、本研究により、パターンの卓越高度やその構造が大きく異なることがわかりました。

今後の展開

本研究で、日本に猛暑をもたらすテレコネクションパターン(PJパターン)と、寒冬をもたらすテレコネクションパターン(SAJパターン)は、励起源がよく似ているのに、その力学構造や気候に与える影響が異なることが明らかになりました。この点は、統計的・力学的に更なる整理が必要です。また、今回の解析で明らかになったSAJパターンとMJOの関係を詳細に検討し、予報精度の向上に生かしていく予定です。

参考図

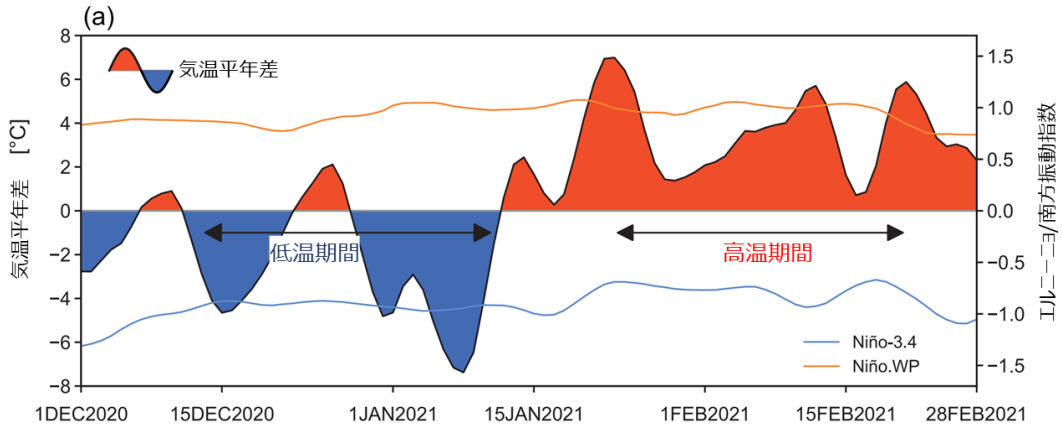


図 1：2020 年 12 月から 2021 年 2 月までの 850hPa 気温の平年からの差の時系列。黒矢印で本研究における低温期間と高温期間を示す。橙と水色の線はエルニーニョ/南方振動指数の時系列を現す。

250hPa流線関数、波活動度フラックス、外向き長波放射（OLR）

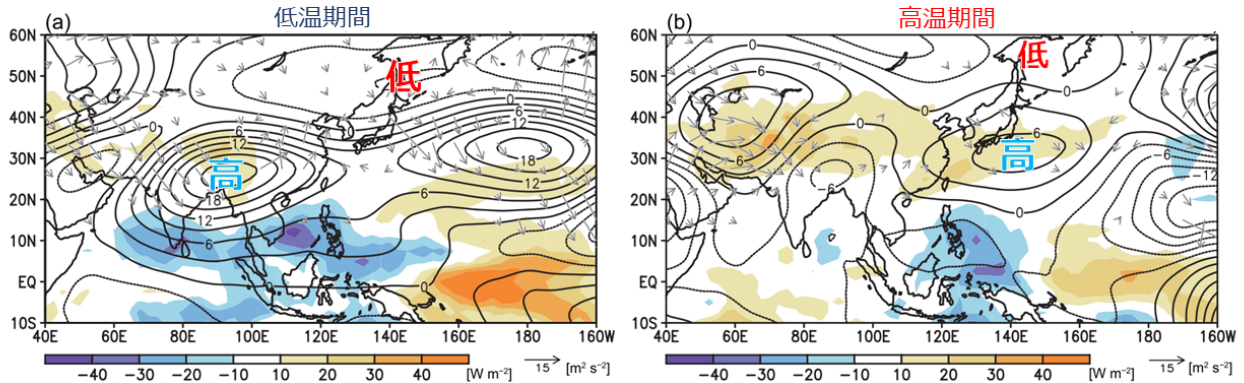


図 2：2020/21 年冬季の(a)低温期間と(b)高温期間の 250hPa 流線関数の偏差（等値線）、波活動フラックス（矢印）、外向き長波放射（OLR）の偏差（陰影）。

250hPaジオポテンシャル高度の応答

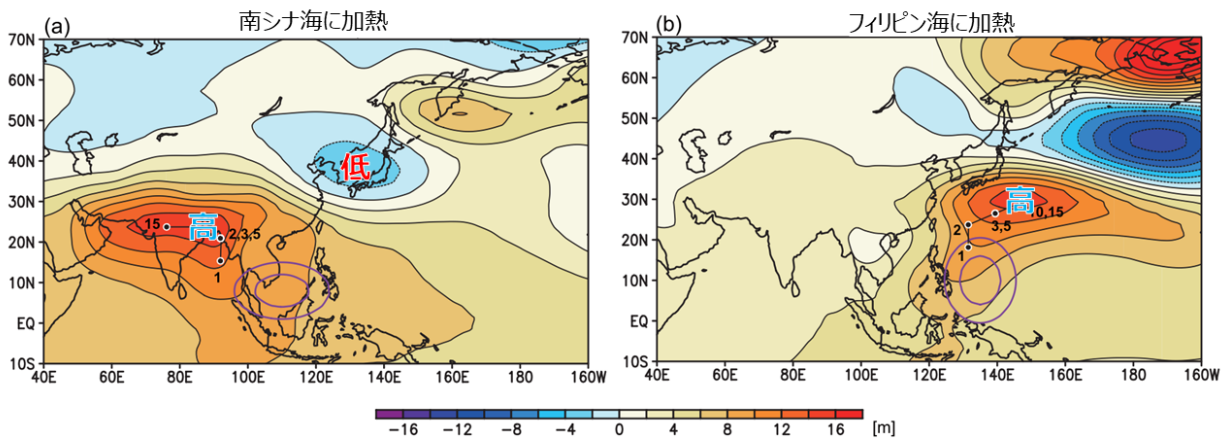


図 3：線形傾圧モデルに加熱を与えた際の 250hPa ジオポテンシャル高度の応答。(a)南シナ海、(b)フィリピン海に加熱を与えた場合。

用語解説

注 1) ラニーニャ現象

赤道太平洋東部の広い海域で海面水温が例年よりも低い状態が続く現象をラニーニャと呼ぶ。逆に高い状態が続くことをエルニーニョと呼ぶ。どちらも熱帯だけでなく、日本を含む世界各地で異常な天候をもたらすことがある。

注 2) 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持って中長期的に変動する現象。

注 3) マッデン-ジュリアン振動 (MJO)

熱帯域において、30~60 日で地球を一周する周期で活発な対流活動領域が東進する現象。

注 4) 渦度収支解析

運動方程式から導出される渦度方程式の定常状態における各項の大きさ比較からバランスを確認した。本研究では、発散風に関連する効果と回転風に関係する効果を分けてた上で、線形化した順圧渦度方程式で評価を行った。渦度の変化から、低気圧/高気圧の発達・衰退を議論でき、どのような効果で渦が生成されるのかが分かる。

注 5) Pacific-Japan (PJ) パターン

夏季東アジアの猛暑や豪雨を引き起こすテレコネクションの一つ。西太平洋の海面水温が平年に比べて高い場合、対流活動の活発化に伴う対流圏下層で明瞭なロスビー波*の励起と北への伝播によって日本付近の高気圧性循環の強化が引き起こされる。(*ロスビー波は地球上に存在する大規模な大気の波動で、地球の自転で生じるコリオリ力が緯度によって異なることで発生する。)

参考文献

- [1] Ueda, H., A. Kibe, M. Saitoh, and T. Inoue, 2015: Snowfall variations in Japan and its linkage with tropical forcing. *Int. J. Climatol.*, **35**, 991–998.

研究資金

本研究は、文部科学省・科学研究費補助金「梅雨前線の形成・変動の理解に向けた新しい気団形成論の構築」、つくば産学連携強化プロジェクト（筑波大学・合わせ技ファンド[令和3年度]）、および環境省・環境研究総合推進費「世界自然遺産・知床をはじめとするオホーツク海南部海域の海水・海洋変動予測と海洋生態系への気候変動リスク評価」の支援を受け実施されました。

掲載論文

【題 名】 Two types of wintertime teleconnection patterns over the western North Pacific associated with regionally different heating anomalies.

(異なる熱源位置に関連した冬季北西太平洋における2種類のテレコネクションパターン)

【著者名】 倉持将也* (筑波大学理工情報生命学術院)、植田宏昭 (筑波大学生命環境系)

※責任著者

【掲載誌】 *Journal of the Meteorological Society of Japan*

【掲載日】 2023年2月7日

【DOI】 doi:10.2151/jmsj.2023-002

問合わせ先

【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

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: kohositu@un.tsukuba.ac.jp