

今後の日本の気候予測

～太平洋・インド洋の変動が日本の降水・降雪に影響を及ぼす～

ポイント

1. 1979年から2012年の冬期(12～2月)において、日本海側で多雪が観測された年は、中国北東部から日本にかけて低気圧性の循環の強化と低温偏差が顕著となっていた。このような大気循環場の変動は、熱帯域での暖水偏差に起因した活発な対流活動(降水)によって励起された大気ロスビー応答^{注1}によって引き起こされている。
2. 上述の西太平洋の海水温変動は、ラ・ニーニャ^{注2}(エル・ニーニョと反対の状況)と呼ばれる熱帯太平洋の大気海洋結合系の現象と関係している。2000年以降は、平成18、23、24年のように、日本海側から北海道にかけて豪雪に見舞われたが、これらの年は、いずれもラ・ニーニャ年に相当しており、データ解析と数値実験の結果とも整合している。
3. ラ・ニーニャ年には日本が猛暑に見舞われることがわかっている。同じラ・ニーニャ年でも、熱帯からの影響が冬と夏で異なることにより、結果として、日本付近は寒冬・多雪になる可能性が高い。

※本発表は、主に、2015年5月に英国王立気象学会誌「International Journal of Climatology」に発表した研究成果(Ueda et al., 2015)に基づいています。

研究の背景

21世紀に入り、地球温暖化が進行している中で、2005-06年(平成18年豪雪)、2010-11年(平成23年豪雪;北海道)、2011-12年(平成24年豪雪;東北)、2014年2月(平成26年豪雪;南岸低気圧)など、日本の冬期降雪量は平年に比べて多い傾向が続いていました。日本の降雪量の多寡については、北極振動^{注5}との関係が指摘されてきましたが、冬期(12-2月)平均の北極振動指数と降雪量との間には一定の相関関係が認められるものの(相関係数は-0.43)、有意水準5%では棄却されるため、日本における冬を通じた大気循環場を規定する、別のメカニズムの解明が待たれていました。そこで本研究では、日本海側の気象官署データに基づき、降雪量の年々変動を抽出し、どのような大気の流れの時に多雪・少雪になるのかを、客観解析データ、人工衛星、数値モデルを組み合わせることによって、解析的・実験的に明らかにしました。

研究内容と成果

図1は多雪年と少雪年における850 hPaの循環場と気温の差を示しています。多雪年は少雪年に比べて、中国北東部から日本にかけて低温偏差、および日本付近からその東海上にかけての低気圧性循環の強化(矢印)が確認されます。多雪年の冬期には、日本列島が寒気に覆われるとともに、低圧場の発現に伴って、西日本では北西モンスーン気流が強化されていることが読み取れます。

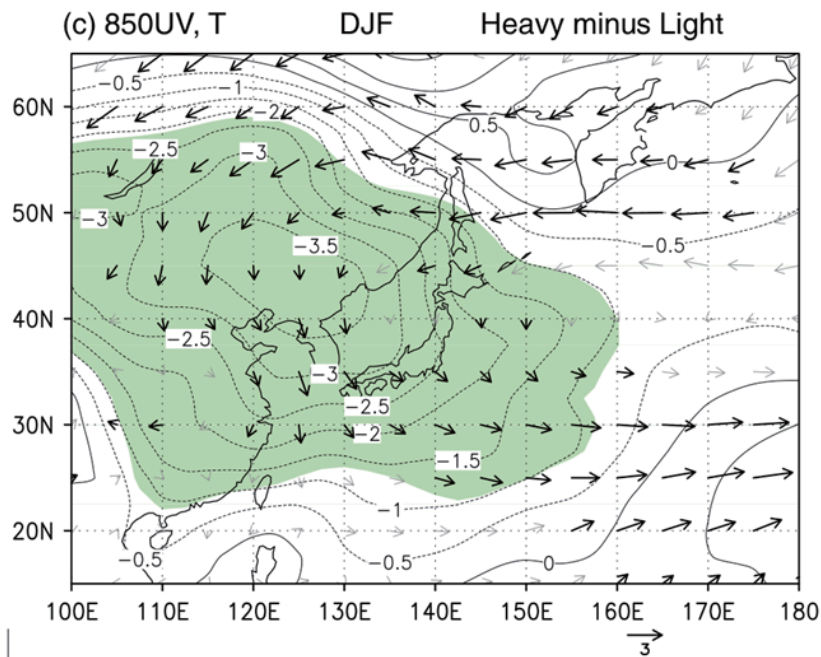


図 1：多雪年と少雪年における 850 hPa（対流圏下層；高度 1,500m 付近）の風（矢印）と気温（等値線）の差。緑色の陰影は両者の気温の差が有意水準 5%で有意な領域を示す。

次に、このような大気循環場の形成要因を調べるために、多雪年における広域の対流活動と大気大循環の様子を確認しました（図 2）。フィリピン周辺の西太平洋上から海洋大陸にかけて、平年に比べて対流活動が活発になっており（水色の陰影）、この熱源に対する大気の応答として、中国大陸南部の上空では高気圧性循環偏差が発現しています。なお、日本付近を広く覆う低気圧性循環偏差は、先の高気圧性循環偏差の北東側に位置していることから、中国大陸南部の渦度を起源とした定常ロスビー波の北東方向への伝播（テレコネクションと呼ばれる）と考えられます。

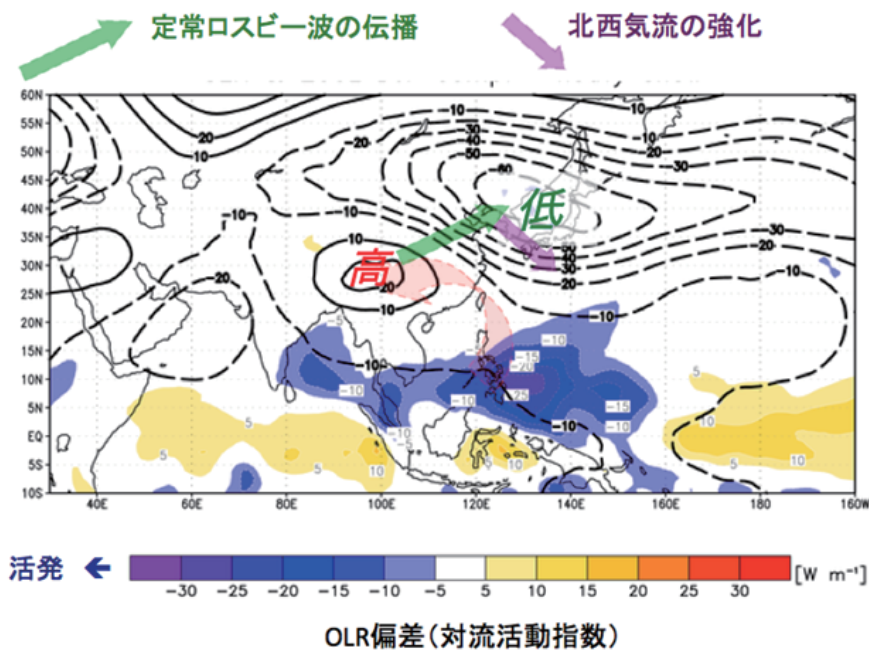


図 2：多雪年の冬期（12～2月）における熱帯の対流活動（OLR，陰影）と 300 hPa の流線関数（等値線，単位は $10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ）の気候値からの偏差。OLR は値が小さい（負；青陰影）ほど降水量が多い。

上記の発現メカニズムを調べるために、線形傾圧モデルを用いて熱源応答実験を行いました。図3に示すように、冬季の気候条件下では、東南アジアから西太平洋上に熱源を置いた場合、日本付近の低気圧性偏差が強化されることがわかりました。従来の研究では、夏季に同じ熱源を置いた場合には、日本付近は高気圧性循環が強化され猛暑となることが示されています。換言すれば、同じ熱源であっても、背景風が夏と冬で異なることが、大気中のテレコネクションの差異を生み出していることを示唆しています。

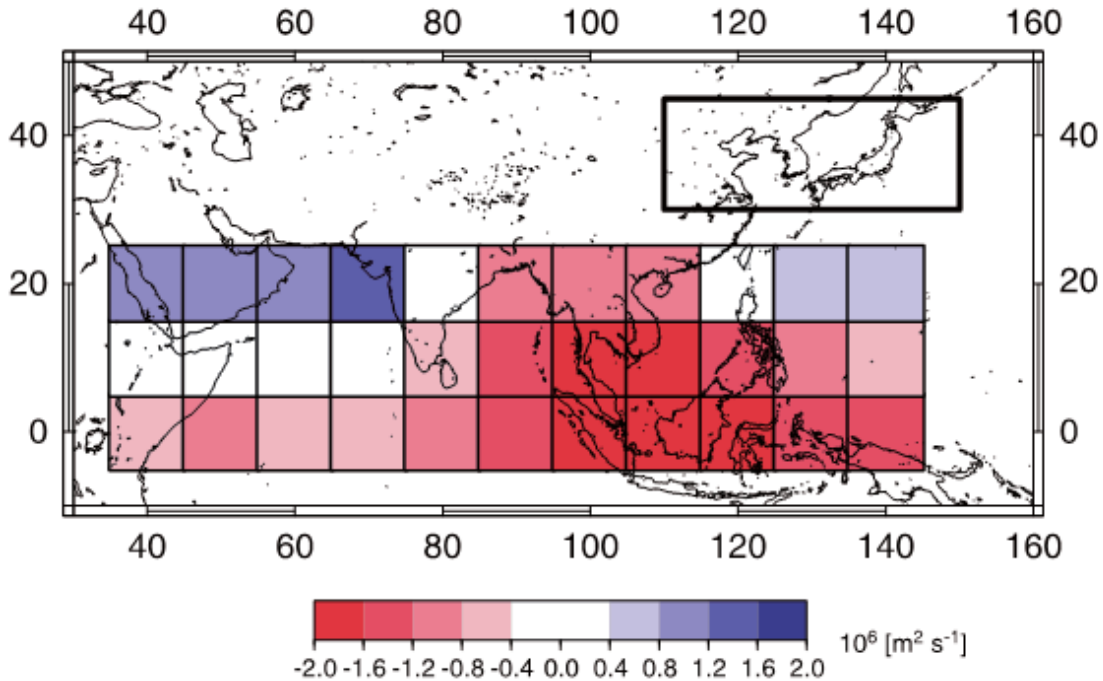


図3：日本付近(110° -150° E , 30° -45° N)の500 hPaの低気圧性循環偏差を引き起こす、各格子の熱源の寄与。負の値（暖色系）は低気圧性の偏差が熱源応答によって強化されることを示す。

今後の展開

本解析の結果は、3ヶ月という長期的な気候偏差を作り出す気候要素の一つとして、長い時間にわたって影響を与える熱帯域の海水温偏差とそれに起因する対流活発化の影響が大きいことを示すもので、ENSOに関連した季節予報の精度向上に資するものと期待されます。太平洋十年規模変動^{注6} (Pacific Decadal Oscillation: PDO) の空間構造と時系列を見ると、2000年以降はラ・ニーニャ現象発生時に現れやすいパターンが続いており、このことが、近年の日本付近の多雪と関係している可能性が高いと考えられます。このような関係をより詳細に調べるためには、降雪量データを1979年以前までアーカイブし、数十年規模変動と呼ばれる、より長い時間スケールでの検証が必要です。2015～2016年の冬は、エル・ニーニョ現象が継続・発達する見込みですが、来年以降に再びラ・ニーニャ現象が発現した場合は、日本海側は多雪（豪雪）に見舞われる可能性があります。

用語解説

注1) ロスビー応答

地球の自転に伴って生じる惑星規模の波動。北半球において、北東方向に伝播する定常ロスビー波は代表的なテレコネクション（注4参照）の一つ。

注2) ラ・ニーニャ

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3) 北極振動

北極域とその周辺の高緯度との間に見られる気圧場の南北シーズン変動の総称。異常気象をもたらすテレコネクションとして活発な研究が行われている。

注4) 太平洋10年規模変動

北太平洋中央部と北米沿岸付近の海水温が、逆符号の変動パターンを示す現象を指し、おおよそ10年規模スケールで変動していることが知られている。

参考文献

植田宏昭 2012: 気候システム論 グローバルモンスーンから読み解く気候変動. 筑波大学出版会, 235 pp.

Ueda, H. et al., 2015: Snowfall variations in Japan and its linkage with tropical forcing ((熱帯からの遠隔影響と日本における降雪量変動との関係), *International Journal of Climatology*, 35(6):991-998.

DOI: 10.1002/joc.4032

Ueda, H. et al., 2015: Combined effects of recent Pacific cooling and Indian Ocean warming on the Asian monsoon (アジアモンスーンに対する近年の太平洋の降温とインド洋の昇温の複合的効果), *Nature Communications*, 2015/11/13/online.

DOI: 10.1038/ncomms9854

Acknowledgement

*本研究は、文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム」（研究期間：平成24～28年度）、環境省環境研究総合推進費A1201（平成24～26年度）によって実施されました。

問い合わせ先

植田 宏昭（うえだ ひろあき）
筑波大学 生命環境系 教授

関連リンク：2015年11月13日

東アジア域における降雨の減少は熱帯域の海水温の影響