

大気循環と日本海が影響を与えた 2012 年冬の異常気象

Abnormal winter weather in Japan during 2012 controlled by large-scale atmospheric and small-scale oceanic phenomena

地球環境気候学研究室 安藤 雄太 (512M228) : 指導教員 立花 義裕 教授
Yuta Ando

Keywords: Arctic Oscillation, Western Pacific Pattern, Air-sea interaction

1. 序論

2012/13 年冬は北半球の多くの地域で寒冬であり、特に東アジアは 3 年連続であった。大規模大気循環の経年変動が地表気温に影響を与えることは一般的に知られている。

北半球冬季の大気大循環の重要な要素の 1 つに Arctic Oscillation (AO) (Thompson and Wallace, 1998) がある。東アジアの冬季気温の経年変動は AO と関連している。AO 負パターンのとき、シベリア高気圧、上層のトラフ、偏西風を含む中高緯度の気候循環の変化の結果として東アジアに寒気が流入する機会が多くなる (Jeong and Ho, 2005; Park *et al.*, 2011)。

また、東アジアの冬季気温と関連の高い大気循環に Western Pacific (WP) パターン (Wallace and Gutzler, 1981) がある。WP 負パターンのとき、東アジアは寒くなる。WP はアジアに強い北西風をもたらすシベリア高気圧との関連が高い (Gong *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2009)。

2012/13 年東アジアの寒冬では、特に日本の気温が低かった。2012/13 年寒冬も AO・WP の 2 つの大気循環によって説明できると考えられる。しかし、日本のような島国では、周囲を海に囲まれているため、これらだけでは説明できない可能性がある。したがって、本研究は AO・WP と同じように日本周辺の海が日本の冬季気温に与える影響を明らかにすることを目的とする。

本研究は、Monthly Weather Review (American Meteorological Society) に投稿中である。

2. 使用データ・解析方法

大気場データとして NCEP/NCAR 再解析データ、海面水温 (Sea Surface Temperature; SST) データとして OISST データを使用した。また、日本の日平均地表気温 (Surface Air Temperature; SAT) データとして AMeDAS データも使用した。SST と気温データには地球温暖化による上昇トレンドが存在する。このトレンドによる影響を除くため、線形トレンドとして除去した。

3. 大規模大気循環の影響

Fig. 1 は 2012 年 9~12 月の (a) AO index, (b) WP index, 日本の SAT 偏差の時系列である。Fig. 1 の 2 つの赤色の囲いは、AO 負かつ WP 負が 2 週間持続した期間、P1 (10/03~16), P2 (12/01~12/14) である。P2 は非常に低温だが、P1 は高温である。P1 の気温は AO 負と WP 負が低温をもたらすという先行研究と矛盾する。

ここで、AO と WP の経年変動が日本の気温変動に与える影響について述べる。まず、各年 P1 と 2 の 2 週間平均した経年変動 AO index (AOI) と WP index (WPI) を計算した。

AO と WP の経年変動が日本付近の大気場に与える影響

について述べる。AOI と WPI 重回帰から推定した 2012 年の 500hPa ジオポテンシャル高度場 (Z500) 偏差、850hPa 気温場 (T850) 偏差と実際の観測値を比較した (図略)。

全期間、両者ともよく似たパターンである。気温は負偏差がユーラシアに、正偏差が東シベリアからグリーンランドに存在する。しかし、P1 だけ太平洋中央と日本付近の気温パターンが異なる。推定値では低温偏差が存在するが、観測値ではほぼゼロに近い。つまり、P1 は AO 負・WP 負に関連した寒気が日本に強く影響しなかったことを示唆する。

次に、AO と WP の経年変動が日本の地表気温分布に与える影響について述べる。AOI と WPI 重回帰から推定した 2012 年の SAT 偏差と SST 偏差と実際の観測値を比較した (図略)。P1 は観測値の SAT がほとんど正偏差であるが、これは重回帰による推定値とは異なる。これは、AO と WP による冷却を上回り暖めた他の要素があることを示唆している。また、P2 の推定値は観測値より低温ではない。これも、低温偏差を強めた他の要素があることを示唆する。

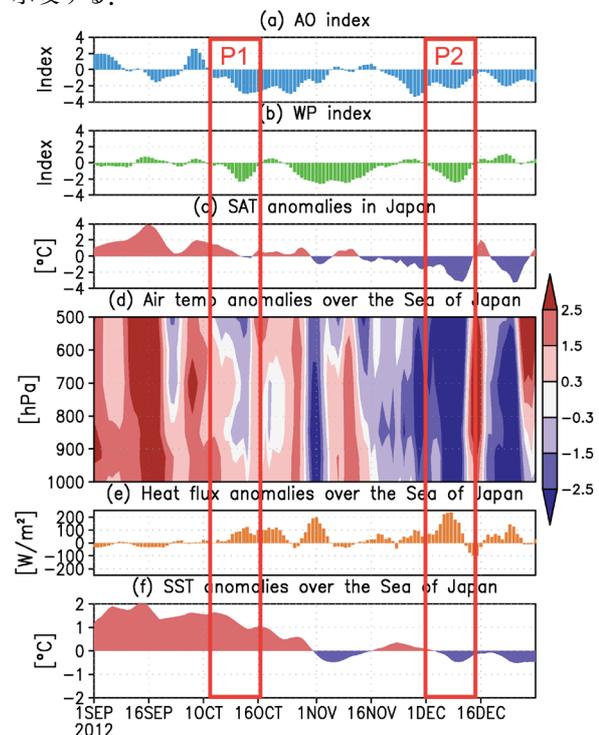


Fig. 1 Five-day running means of (a) AO index, (b) WP index, (c) SAT anomalies in Japan from the AMeDAS station data [$^{\circ}\text{C}$], (d) air temperature anomalies [$^{\circ}\text{C}$] as a function of time and pressure level, (e) heat flux anomalies index [W/m^2], (f) SST anomalies [$^{\circ}\text{C}$]. Panels (d), (e), and (f) are areal averages over the Sea of Japan ($36.0\text{--}43.5^{\circ}\text{N}$, $130.0\text{--}140.0^{\circ}\text{E}$; the area inside the orange box in Fig. 2).

4. 小規模海洋の影響

第3章で述べたように、P1ではAO負・WP負に関連した大規模な低温偏差は日本周辺には強く影響していなかった。日本周辺のSSTは2012年8月下旬から9月中旬に異常な高温であったため、P1も非常にSST高温であった。特に、北日本周辺では観測史上最高のSSTであった。それゆえ、この局所的なSSTと日本のSATとの関係を調べた。日本海SSTは日本の気温と相関が高い(Fig. 2aと2b)。また、AOIとWPIとSSTとの相関は低いため、AOもWPもSSTに与える影響は小さいことが示唆される。

ここで、日本の気温分布とそれに関連した日本海SSTについて記述する。日本海は冬季モンスーン時において日本の上流側に位置する。Figure 2aと2bの陸域は、日本海SST index 回帰から推定した2012年のSAT偏差である。P1は全国的に正偏差であり、P2は全国的に負偏差である。これらはSST偏差が正から負に変化したためである。Figure 2cと2dは観測値からAO・WP重回帰の推定値を引いた残差SAT偏差である。

この残差はAOとWPでは説明できない気温パターンである。残差SAT偏差パターンはSST回帰の推定パターンとよく似ている(Fig. 2aと2b)。これはSSTが気温を制御していることを示唆する。これについては、次の章で議論する。

5. 議論と結論

2012年10~12月はAO負・WP負が持続した。AO負・WP負は日本を寒くするので、この期間寒くなることが予測される。しかし、10月は予測より暖かかった。その上、12月は予測より寒かった。2012年の気温はAO負・WP負だけでは説明することができない。

日本海SSTは日本の気温と経年変動スケールで有意に正相関である(Fig. 2a-2b)。それゆえ、暖かい(冷たい)SSTは暖かい(冷たい)気温を生み出す。実際、2012年10月のSSTは高く、逆に12月は低かった。SST変動はAO・WPと独立である。Figure 2はAO負・WP負で説明できない気温パターンとSST回帰の推定パターンがよく似ていることを示した。これは日本海SSTが気温に影響する可能性であることを示唆する。日本海的位置は東アジアの冬季モンスーンに対して日本の上流側であるため、日本海上を通過した寒気は海によって暖められると考えられる。

ここで、SSTと気温の両方に影響する第三の大気循環の可能性について考察する。日本の地表気温、SSTそれぞれのZ500・T850回帰の推定パターンと観測値を比較した。2012年の推定Z500・T850はどちらも非常に小さな値でパターンも観測値と大きく異なっていた。したがって、2012年の日本の気温・SSTに影響した第三の大気循環は存在する可能性が低い。よって、2012年のSSTと気温変動は第三の大気循環による結果同士ではなく、SSTが気温に影響した可能性が高い。

日本海上の鉛直気温分布の時系列では、AO負・WP負の期間に寒気が上層から下層に降りている(Fig. 1d)。しかし、10月は寒気が地上まで達していない。AO負・WP負の期間は日本海から大気へ大量の顕熱・潜熱フラックスが出ていることが分かる(Fig. 1e)。これらは日本の冷やそうとするAO負・WP負による寒気流入の結果である。しかし、10月は記録的な高温偏差SSTにより上層からの寒気が遮断された。SST偏差は10月に高温であったが、12月は徐々に低温に変化した(Fig. 1f)。これは持続的なAO負・WP負が海を通して、遅れて日本を冷やす可能性があることを示唆する。

以上のことをふまえ、2012年に観測された気温について解釈する。AO負・WP負はP1とP2に日本を冷やそうとした。しかし、10月(12月)はSSTが日本全体を強く暖めた(冷やした)。観測された気温は、AO負・WP負による冷却とSSTによる加熱(冷却)の合計である。SSTによる加熱はAO負・WP負による冷却を圧倒したため、10月は暖かかった。12月の低温偏差はAO負・WP負とSST低温偏差による影響である。

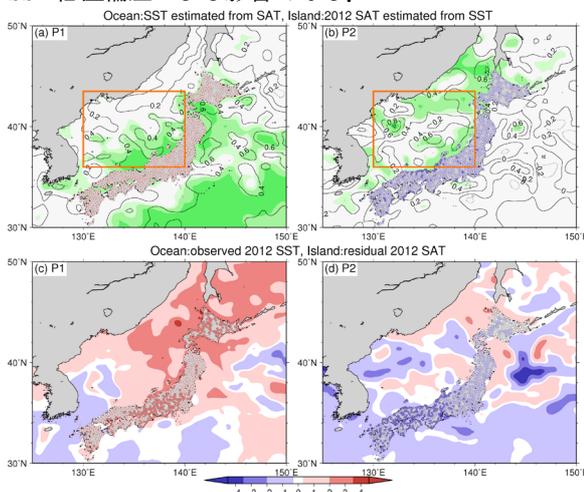


Fig. 2 For the island areas of panels (a) and (b), the SAT anomalies during time intervals P1 and P2, respectively, were estimated from a regression equation, with the SST index in 2012 as the independent variable. The SST index was an areal average in the part of the Sea of Japan within the orange box, between 36.0–43.5°N and 130.0–140.0°E. For the ocean areas of panels (a) and (b), the SST anomalies during time intervals P1 and P2, respectively, were estimated from a regression equation with the SAT index as the independent variable. The SAT index was the mean SAT of all the stations in Japan. The contour interval is 0.2°C (solid lines: positive, dotted lines: negative), and significance levels of 90%, 95% and 99% based on t-tests are shaded, respectively, light green, normal green, dark green. For the island areas of panels (c) and (d), the residual SAT (the observed SAT minus the SAT estimated from the AO and WP, respectively) corresponds to the component of temperature that is not accounted by the AO or WP. For the ocean areas of panel (c) and (d), observed SST anomalies. The units are °C.

参考文献

- Ando, Y., M. Ogi, and Y. Tachibana, 2014: Abnormal winter weather in Japan during 2012 controlled by large-scale atmospheric and small-scale oceanic phenomena, *Mon. Weather Rev.* (submitted)
- Gong, D.-Y., S.-W. Wang, and J.-H. Zhu, 2001: East Asian Winter Monsoon and Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 2073–2076.
- Jeong, J.-H., and C.-H. Ho, 2005: Changes in occurrence of cold surges over east Asia in association with Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L14704.
- Park, T.-W., C.-H. Ho, and S. Yang, 2011: Relationship between the Arctic Oscillation and Cold Surges over East Asia. *J. Climate.*, **24**, 68–83.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace, 1998: The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 1297–1300.
- Wallace, J. M., and D. S. Gutzler, 1981: Teleconnections in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Mon. Weather Rev.*, **109**, 784–812.
- Zhang, Z., D. Gong, M. Hu, D. Guo, X. He, and Y. Lei, 2009: Anomalous winter temperature and precipitation events in southern China. *J. Geogr. Sci.*, **19**, 471–488.