

# 冬季北大西洋振動が翌冬の西太平洋域の天候に及ぼす影響

Impact of the winter North Atlantic Oscillation on the Western Pacific region in the following winter

地球環境気候学研究室 大鹿美希 (511M221) : 指導教員 立花義裕

Miki Oshika

**Keywords :** WP, NAO, El Niño/La Niña, snow, EOF

## 1. 序論

日本の冬季の気候には、寒冬・暖冬などの大きな気温偏差が存在し、寒冬年における寒波や豪雪は社会的に大きな影響を及ぼす。寒冬年による日本周辺の気候を半年前から予測した Honda *et al.*<sup>1)</sup> (2009) は、夏季から秋季の北極海、特にバレンツ海の水氷面積が例年よりも少ない場合、冬季の日本に低温偏差がもたらされることを示した。さらに Ogi *et al.*<sup>2)</sup> (2003) は、冬季 NAO (North Atlantic Oscillation : 北大西洋振動) 変動が冬季の水氷や積雪に影響し、長期記憶の過程から春季から夏季までその影響が持続され、夏季の大気大循環に影響を及ぼすことを示した。このことから、冬季 NAO 変動が春季から夏季の北極海の水氷変動を介し、翌冬の日本の気候に影響を及ぼす可能性があると考えられる。

そこで、本研究では寒波・豪雪と関連性の高い冬季 WP (Western Pacific : 西太平洋) パターンに着目し、前冬季の NAO 変動から翌冬の日本の気候における予測可能性について調べることを目的とする。

## 2. 使用データ・解析手法

海氷データは英国ハドレーセンターの HadISST、積雪データは気候データ同化システム JCDAS を用いた。大気データは NCEP/NCAR 再解析、海洋データは NOAA の ERSST\_v3 を用いた。解析期間は 1960 年～2010 年の 51 年間とする。

WPIndex を作成するため、EOF 解析 (Empirical Orthogonal Function Analysis : 経験的直交関数解析) を用いた。冬季 WP と前冬季 NAO に関連性があるのか調べるため、WPIndex と大気場との相関を取り、実際に北極海の水氷変動を介して影響が及んでいるのか確認した。また、Horel and Wallace<sup>3)</sup> (1981) が ENSO (El Niño-Southern Oscillation : エルニーニョ・南方振動) イベント時に WP が励起される傾向にあると指摘したことから、NAO と WP が ENSO を介して関連するのか調べた。海氷・ENSO の解析では、3・5・7 年のローパス/ハイパス、3-7 年のバンドパスフィルターを適用し、様々な周期に着目して解析を行った。ローパスは移動平均を行うことで各年の長周期変動を抽出し、ハイパスは元データと長周期変動の差から各年の短周期変動を抽出した。また、バ

ンドパスは 7 年と 3 年の短周期変動との差から 3 年よりも長く 7 年よりも短い変動を抽出した。

## 3. 解析結果

### 3.1. 冬季 WP と前冬季大気場

冬季 WP が前冬季 NAO と実際に関連性があるのか調べため、WPIndex と前冬季の 500hPa ジオポテンシャル高度との相関を取った。この解析ではフィルターを適用せずに行った。WPIndex として WP 領域 (北緯 20 度～80 度, 東経 110 度～170 度) の 500hPa ジオポテンシャル高度で行った EOF 解析の第 1 モードを使用した。すると、前 12 月に Wallace and Gutzler<sup>4)</sup> (1981) で定義された NAO の負のパターンが見られた (Fig.1a)。この関連性を客観的に評価するため、12 月の NAO 領域 (北緯 30 度～60 度, 西経 50 度～東経 10 度) と翌 12 月の WP 領域のジオポテンシャル高度を結合させて EOF 解析を行った。第 1 モードには、相関関係と同じ NAO 負と WP 正のパターンが見られた (Fig.1b)。この第 1 モードの Index を NAO+WPIndex と定義する。

### 3.2. 北極海の水氷と ENSO

冬季 NAO から翌冬 WP に至るプロセスとして、北極海の水氷変動と ENSO の 2 通りの経路が関連するのか調べた。NAO+WPIndex を用いて、春季・夏季の北極海の水氷変動と相関を取ると、長周期変動にのみ両季節でバレンツ海において水氷増加が見られた (Fig.2)。また、7 年の長周期変動で有意的相関が最も高かった。つまり、冬季 NAO が負(正)の場合、春季・夏季の北極海の水氷が増加(減少)し、翌冬には正(負)の WP が励起される傾向が長周期変動に存在することを示した。また、この関係性が先行研究と一致することを確認できた。

次に海面水温と相関を取ると、5 年と 7 年の短周期変動にのみ夏季～冬季にかけて El Niño が強まっていく関係性が見られた (Fig.3abc)。そして、3-7 年のバンドパスを適用して相関を取ると、最も高い相関関係が見られた (Fig.3d)。つまり、冬季 NAO が負(正)の場合、夏季～冬季に El Niño(La Niña)となり、WP 正(負)が励起される傾向が 3-7 年の変動に存在することを示した。

ENSO との関連性を客観的に評価するため、12月のNAO領域、翌12月のWP領域のジオポテンシャル高度と翌12月のENSO領域(南緯10度~北緯10度、西経90度~西経180度)の海面水温を結合させてEOF解析を行った。第1モードには、短周期変動で見られた関係と同様の結果が得られた。この第1モードのIndexをNAO+WP+ENSOIndexと定義する。

### 3.3. 冬季NAOからENSOに至るプロセス

安成<sup>5)</sup>(1989)は、ユーラシア大陸の積雪とENSOがランダムな周期を持って相互に関連していることを示した。このことから、NAO+WP+ENSOIndexを用いて、NAOに続く冬季の積雪や大気場の短周期変動と相関を取った。積雪では12月と1月のヨーロッパに増加傾向が見られた(図省略)。また、同時期の表面気温とジオポテンシャル高度では積雪の増加に伴い低温偏差が見られ、その上空には低気圧偏差、その下流のチベット周辺に高気圧偏差という気圧配置が見られた(図省略)。

## 4. 考察

日本に寒波や豪雪をもたらす冬季WPは前冬季のNAOと負の関係性があり、この1年のラグを繋ぐプロセスとして、2通りの経路が存在する可能性を示した。1つ目は、NAOの長周期変動が春・夏季の北極海の海氷変動を介してWPを励起する北極経由のプロセスである。2つ目は、NAOの短周期変動が夏季~冬季のENSOを介してWPを励起する赤道経由のプロセスである。北極海の海氷変動に関して、冬季NAOの影響が夏季まで持続するには7年の緩やかな変動が適することが分かった。また、ENSOでは最も相関の高い3年~7年の短周期変動で影響を及ぼすことが分かった。

短周期変動において冬季NAOとヨーロッパの積雪の関連性から、気温偏差に伴う気圧配置によってアジアから熱帯への南北風に影響を及ぼすと考えられる。Naakamura *et al.*<sup>6)</sup>(2006)はアジアから熱帯への寒気の吹き出しに伴う西部赤道太平洋上の西風バーストが熱帯海洋を駆動し、ENSOイベントを励起させることを示した。このことから、冬季NAOが負の場合、ヨーロッパの積雪が増加→地表面の冷却効果により上空に低気圧、チベット周辺に高気圧が形成→この気圧配置によって東南アジアへの寒気の吹き出しが強化→西風バーストが強まる→El Niñoが励起されるのではないかと考える。

## 5. 引用文献

[1] Honda, M., J. Inoue, and S. Yamane, 2009 : Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters, *Geophys. Res. Lett.* **36**: L08707, doi: 10.1029/2008GL037079.

[2] Ogi, M., Y. Tachibana, and K. Yamazaki, 2003 : Impact of the wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the summertime atmospheric circulation, *Geophys. Res. Lett.* **30**: 1704, doi: 10.1029/2003GL017280.

[3] Horel, J.D., and J.M. Wallace, 1981 : Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 813-829.

[4] Wallace, J. M., and D. Gutzler, 1981 : Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere winter, *Mon. Weather Rev.*, **109**, 784-812.

[5] 安成 哲三, 1989 : ユーラシア大陸の積雪と ENSO - 雪氷・大気・海洋結合系の提唱-. 地学雑誌, 98-5, 613-622.

[6] Nakamura, T., Y. Tachibana, M. Honda, and S. Yamane (2006), Influence of the Northern Hemisphere annular mode on ENSO by modulating westerly wind bursts, *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L07709, doi:10.1029/2005GL025432

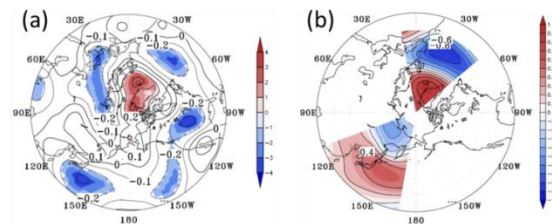


Fig.1 The correlation of the geopotential-height with WPIndex (a) and the correlation map of the EOF analysis (b). (contour : correlation, shade : statistical significance by t-test)

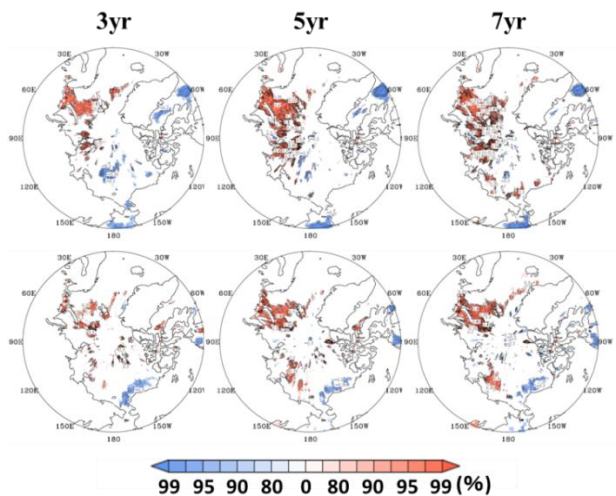


Fig.2 The correlation of the sea-ice in spring (upper) and summer (lower) with the low-frequency NAO+WPIndex. Low-pass filters more than a) 3years, b) 5years and c) 7years. (contour : correlation, shade : statistical significance by t-test)

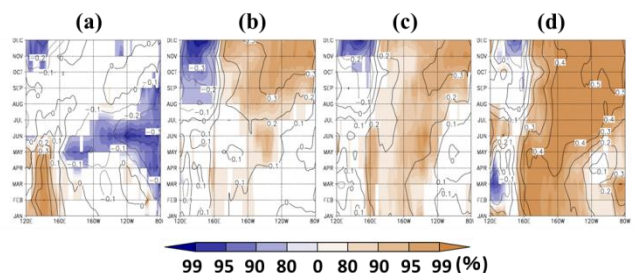


Fig3. The time-longitude cross section of SST correlations with the time filtered NAO+WPIndex. High-pass filters less than a) 3years, b) 5years and b) 7years. d) band-pass between 3 and 7years. (contour : correlation, shade : statistical significance by t-test)