

NAO が翌冬の WP に及ぼす？ -北極海氷と翌年の ENSO を経由する影響-

*立花義裕（三重大大学・生物資源学研究科）

大鹿美希（三重大大学・生物資源学研究科）

中村哲（北海道大学/極地研究所）

原政之（海洋研究開発機構）

始めに

本研究は、ある冬の北半球規模の異常気象が、翌冬の異常気象に 1 年越しで影響があるのではないかと、従来の常識とはかけ離れた研究に挑む。我々は、「北大西洋振動（NAO）が一年後エルニーニョ（ENSO）に影響し、それがさらに西太平洋パターン（WP パターン）を形成し、日本を始めとする東アジアの天候・気候に影響する」という説と、「NAO は、夏の北極の海氷に影響し、その海氷がさらに翌冬の WP にも影響する」という二つの新説を唱えている。これらの複合効果によって一年後の WP に影響があるという説である。これら従来の ENSO 研究の常識を覆す新説を検証し、前例のない発想に基づく ENSO 予測と、それに伴う中緯度の異常気象の 1 年前からの予測可能性についての研究に挑んだ。図 1 にその概略を示す。本研究の一部は、Oshika et al (2014) にて *Climate dynamics* 誌に掲載されている。

ENSO と AO/NAO が地球規模の気候を支配していることはよく知られている。異常気象が起こるたびに、マスコミですらその原因を、「エルニーニョ」や「北極振動」に求めがちである。これら ENSO と AO/NAO の両者の関連性についての研究が海外で最近ようやく開始されてきている。しかしこれら近年の研究ですら、赤道が中高緯度の気候を支

配するという立場、つまり、ENSO が「主」で、AO/NAO が「従」であるという立場であり、従来型の熱帯が主導的であるという発想と何ら変わらない。

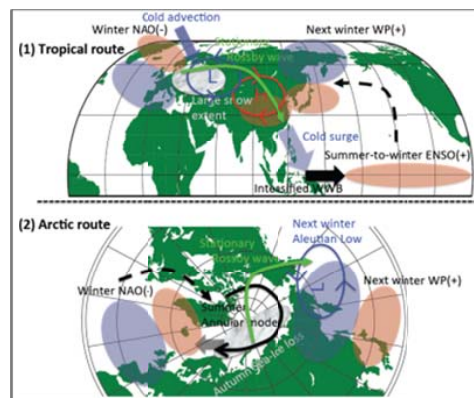


図 1 「NAO の翌年の WP 駆動説」について、そのプロセスとして我々が提唱する二つのルートの概略。

- 1) Tropical route NAO→ENSO→WP: NAO が春のユーラシア大陸の積雪を介して翌冬の ENSO に影響が及び、そしてそれが WP を駆動する
- 2) Arctic route NAO→海氷→WP: NAO が夏～秋の北極の海氷を介して翌冬の WP に影響する。

この主従関係は逆ではないであろうか？つまり NAO が ENSO を駆動することはないのだろうか？という発想が本研究の源で

ある。Nakamura, Tachibana, Honda et al. (2006) や Nakamura, Tachibana et al. (2007) で、冬の後半の AO/NAO とその後の翌冬の ENSO には統計的有意な関係があることを世界で初めて示した。これは AO に伴って冷たいアジア大陸から暖かい亜熱帯太平洋へ吹く cold surge が、エルニーニョ発生のきっかけとなる西部熱帯太平洋上の西風バーストを駆動するという新説である。一方 Ogi, Tachibana et al. (2003,2004) は、冬の AO/NAO が夏の北極海の水氷や夏の AO/NAO に影響を及ぼすことを示した。一方、Honda et al. (2009) は、秋の北極の水氷が冬の日本の気候に影響することを世界で初めて示し、水氷激減とシンクロし世界中から注目されている。これらの先行研究を総合すると、冬の AO/NAO は、夏の北極の水氷と翌年の ENSO を経由し、WP パターンに代表される翌年の日本の天候へ影響することが推察される。しかし上記の論文群は、それぞれを断片的に示したに過ぎない。

データ

詳細は、Oshika et al (2014) に記述してあるが、大気データには NCEP/NCAR 再解析、海面水温と水氷については、HadISST1、積雪深については JCDAS のデータを用いた。解析期間は、積雪深以外は 1960-2010 までであり、積雪深については、1979-2010 である。これらデータを用いて、図 1 に掲げた関係を統計的に調べた。

結果

図 2 以降の図に沿いながら(図の説明に沿いながら) 結果を解説する。

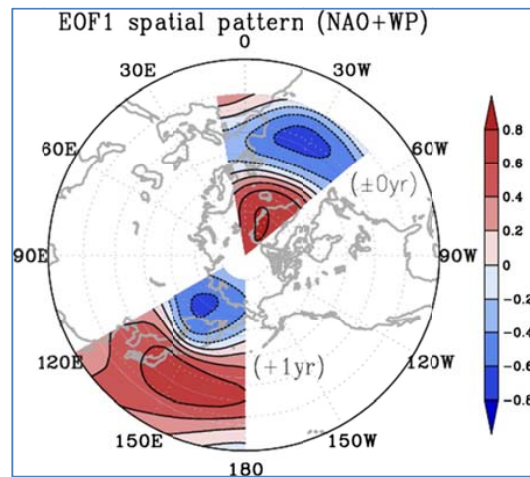


図 2 北大西洋域(ある年の 12 月)と北太平洋域(翌年の 12 月)の 500hPa 高度データを用いた combined-EOF 解析を行った際の第一モード。寄与率は 26.7%である。図には示さないが、第二モードの寄与率は 16.5%であった。図で示されるように、ある年の 12 月の NAO が負(北が高気圧偏差で、南が低気圧偏差)の翌年の 12 月には、WP パターンが正(日本の北が低気圧偏差、日本の南が高気圧偏差)となっていることが、統計的に主要モードとして現れる。WP パターンが正の場合、日本は西日本を中心に暖冬傾向になることが知られていることから、1 年前の NAO によって、翌年の日本の冬の天候をある程度予知が可能であることが示唆される。

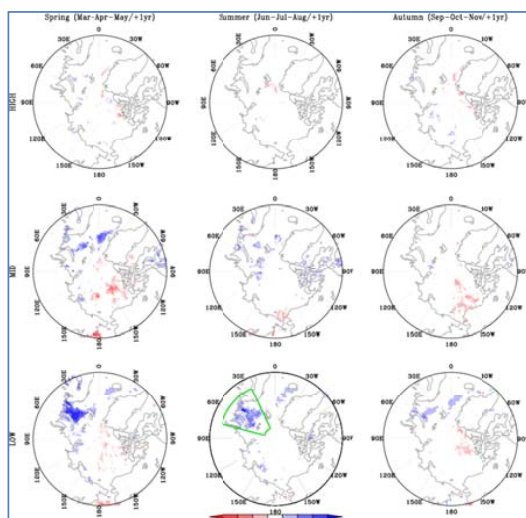


図3 図2で示した combined-EOF によって得られた時系列 (NAO+WP 指数) を、長周期成分 (7 年以上)、中周期成分 (3-5 年)、短周期成分 (それ以下の周期) に分離した。図3はそれぞれの周期帯の時系列と海氷とのラグ相関を示す。ただし海氷には長期の減少トレンドがあることから、予めトレンド成分を除去した後に解析を行った。上段 (長周期)、中段 (中周期)、下段 (短周期)。左 (春の海氷)、中央 (夏の海氷)、右 (秋の海氷)。図の着色状況 (相関係数の大小) から読み取れるように、長周期成分にのみ、北極海の広い範囲で比較的高めの相関係数領域 (正相関) が存在することがわかる。しかもその正相関領域が春から夏にかけて継続している。これは、NAO が正の場合、それに引き続く春から夏にかけての北極海の海氷が平年に比べて少なくなることを示している。

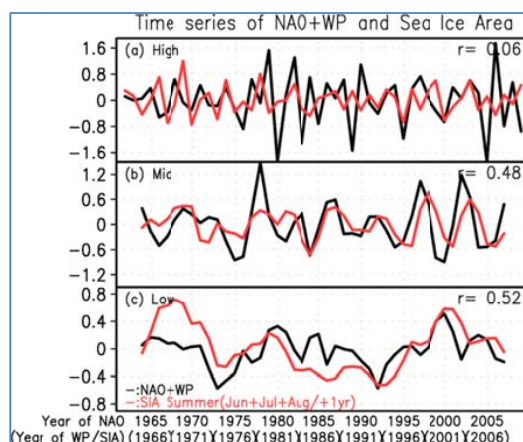


図4 図3で示した解析に用いた NAO+WP 指数と北極海の海氷指数 (図3の緑色で囲った範囲の海氷密接度) の時系列 (数値は規格化してある)。上段 (長周期)、中段 (中周期)、下段 (短周期)。それぞれの時系列の右肩に相関係数を添えた。この図からも、長周期において、NAO と北極海の海氷が同期していることが読み取れる。この結果は以下を示唆する。NAO の長期変動が、北大西洋領域の海流に影響を与え、北大西洋から北極方向に流入する暖水の長期変動に影響を及ぼし、それが北極の海氷量の長期変動を制御している。さらに、夏季から秋期の北極海の海氷の多寡は、続く冬期の日本の天候に影響があることも Honda et al (2009) の先駆的研究等によって示されていることから、NAO と WP とが 1 年遅れの関係を維持しながら長周期でゆっくりと連関し変動している。

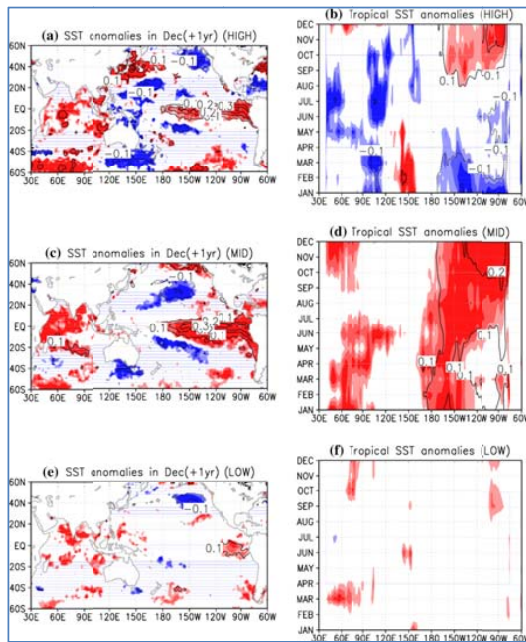


図5 NAO+WP 指数の時系列と翌年12月の海面水温との回帰図。ここで言う翌年とはNAO年を基準とした翌年を意味する。上段（長周期）、中段（中周期）、下段（短周期）。（左）平面図、（右）赤道上的回帰SSTの時間発展。中周期（3-7年）に熱帯太平洋に ENSO に対応するシグナルが強く見られる。つまり、12月のNAOが正の年の1年後の翌年の12月のエルニーニョには有意な相関があることを示している。右の図の中段を見ても、SSTのアノマリーが太平洋の西から中央部に現れた有意な相関領域が、徐々に東太平洋に移動していることが読み取れ、エルニーニョ発生の時間発展が前冬のNAOと連関していることがわかる。また長周期は短周期にはそのような傾向が全く見られないことから ENSO の卓越周期と同程度の NAO の変動のみが ENSO と連関していることが読み取れる。

まとめ

図1で示した仮説に関する NAO と WP

の連関に関連するいくつかの観測的事実を図2～図4まで記述した。

つづき

NAO→ENSO の連関の原因はユーラシアの積雪であることが、データ解析から示された。ここには詳細は記述しないが、続きは、Oshika et al (2014)に詳述してあるので、そちらをご覧ください。幸いです。

参考文献

- Honda, M., J. Inoue and S. Yamane, Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters. *Geophysical Research Letters*, 36, L08707, 2009
- Nakamura, T., Y. Tachibana, and H. Shimoda, Importance of cold and dry surges in substantiating the NAM and ENSO relationship, *Geophysical Research Letters*, 34, 2007
- Nakamura, T., Y. Tachibana, M. Honda, S. Yamane, Influence of the Northern Hemisphere annular mode on ENSO by modulating westerly wind bursts, *Geophysical Research Letters*, 33, 2006
- Ogi, M., Y. Tachibana, and K. Yamazaki, Impact of the Wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the Summertime Atmospheric Circulation, *Geophysical Research Letters*, 30, 1704, 2003.
- Ogi, M., K. Yamazaki and Y. Tachibana, The Summertime annular mode in the northern hemisphere and its linkage to the winter mode, *Journal of Geophysical Research*, 109, 2004
- Oshika, M., Y. Tachibana and T. Nakamura, Impact of the winter North Atlantic Oscillation (NAO) on the Western Pacific (WP) pattern in the following winter through Arctic sea ice and ENSO. Part I: Observational evidence, *Climate Dynamics*, 39, 2014