

冬季北半球循環場に卓越するさまざまな変動

本田明治、山根省三、中村 尚* (地球フロンティア研究システム)
(*及び東京大学大学院理学系研究科)

1. はじめに

冬季北半球循環場の年々変動について、Thompson and Wallace (1998, 2000; 以下 TW) による冬季海面気圧場 (SLP) の EOF 第 1 モード (EOF1) として定義された北極振動 (Arctic Oscillation: AO) / 北半球環状モード (Northern Hemisphere annular mode: NAM) は、季節を通じて地上から成層圏に及ぶ最も主要な変動と認識されている。一方、EOF として得られた AO / NAM は必ずしも物理的実態を反映していないという批判も多数ある。本研究ではこの EOF1 パターンの解釈及びその限界と、新たな解釈の可能性について議論する。また、冬季循環場の振る舞いにおける十年規模変動などの長期変化傾向や、循環場に卓越する変動の非一様性 (季節依存性) に伴ってみられる EOF パターンの変調についても議論する。

2. データと解析準備

NCEP/NCAR 再解析データ 51 冬分 (1948/49-1998/99) について北緯 20 度以北の 11 月~4 月の月平均 SLP、250 hPa 及び 50 hPa 高度場 (Z250、Z50) を用いた。各要素の月平均気候値 (51 冬平均) からの偏差場 6 ヶ月分に対して EOF を施して、EOF1 と EOF2 に着目した。

3. 結果

EOF1 の傾向は、SLP (図 1a) で北大西洋振動 (NAO) に相当するアイスランド低気圧 (IL) とアゾレス高気圧及びアリューシャン低気圧 (AL) に対応する北太平洋上の弱い正偏差場、Z50 場 (図 1c) では極渦と中緯度帯の環状の偏差場で、いわゆる TW の指摘する AO / NAM の構造である¹⁾。Z250 場 (図 1b) はより複雑な構造でグリーンランド南端に中心を持つ北極域の負偏差と中緯度帯の波列状の正偏差 (極東、北太平洋、北米東岸、欧州の 4 点) に特徴付けられる。中でも北太平洋上の正偏差の振幅が大きく北極域の負偏差と合わせて、AL-IL シーズン (AIS; Honda et al. 2001) を反映しており、AO / NAM の空間構造の環状性に歪みをもたらしている (Honda and Nakamura 2001)。SLP と Z50 の主成分 (PC) 時系列にみられるトレンドは Z250 の PC 時系列でははっきりしない (図 2a-2c)。

EOF2 の傾向は、SLP 場 (図 1d) は主に AL (及び北太平洋・北米パターン: PNA) の変動を反映しており、一方 Z250 場 (図 1e) では AL と IL に相当する偏差場は同位相となっている。両者とも (特に後者) 冬平均の PC 時系列は勢力が強まる方向のトレンドを持っており、近年の 30 年にその傾向が強まっている (図 2d-2e)。Z50 場 (図 1f) は対流圏の EOF2 と特に対応しないようだが、同様のトレンドを持っている。

EOF1 と EOF2 の解釈について、SLP 場では北大西洋 (IL / NAO) と北太平洋 (AL / PNA) の変動に分離されるが、Z250 場ではいずれも両大洋にまたがる変動を抽出しており、一方は逆位相の AIS、他方は同位相でトレンドを持っている。どちらが正

¹⁾ EOF1 で得られた図の極性はおおむね高緯度を負偏差、中緯度を正偏差とするように統一している。

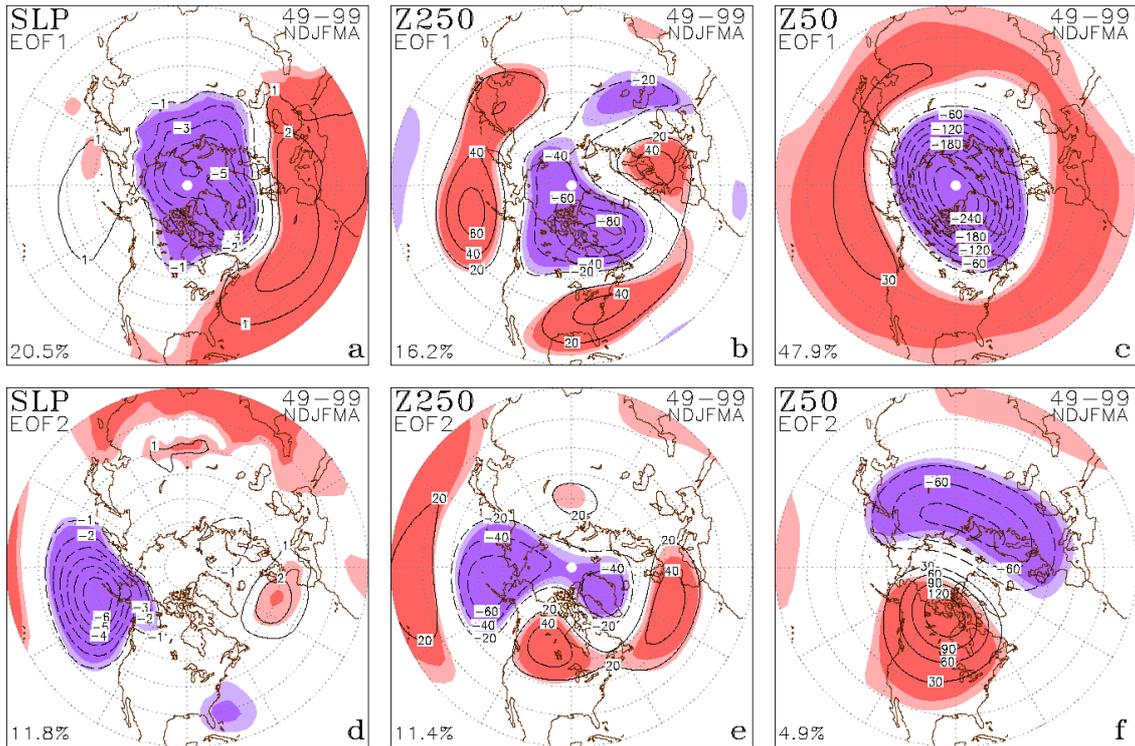


図1. 49-99年の冬季(11~4月)月平均データに基づくEOF1の空間パターン。(a)SLP、(b)Z250、(c)Z50の主成分時系列(図2)との線形回帰係数の分布図。係数は主成分がそれぞれ単位標準偏差だけ増加したときに予想される各地の気圧偏差(hPa)及び高度偏差(m)。薄い陰影と濃い陰影は主成分との相関係数がそれぞれ95%、99%の有意水準に達する領域。(d)-(e)(a)-(c)に同じ。ただしEOF2。

しいというより、EOFでの完全な分離は不可能であり、何に注目するかによって、見方を変える必要があることを示しているのではなかろうか。最近 Quadrelli and Wallace (2003; 以下 QW) が示唆している EOF1 と EOF2 の位相空間で各主要変動の解釈はひとつの有効な方法かもしれない(図3)。QW は SLP の EOF1 を NAM、EOF2 を NWM (NH wave mode) として、つまり“東西平均+波”を2つの基本モードとして、NAO と PNA はそれぞれ NAM と NWM に近く、対流圏上空の EOF1 と EOF2 や AIS と COWL (Cold Ocean and Warm Land; Wallace et al. 1995) はそれらの中間的な存在であるという解釈である。EOF1 と EOF2 を NAM と NWM として絶対的なものと捕らえる見方には賛同しかねるが、統計的指標としての両者への各主要変動の相対的寄与の程度を示すものとしては、有効な解釈と考えられる。

4. 季節依存性と長期変化傾向

冬季循環場の各主要変動の振る舞いは常に一様とは限らず、季節依存性の存在や長周期での変動があると考えられる。例えば AIS はここ 50 年では最近 30 年の冬季後半に顕著にみられる。このような変調が冬季循環場の統計的指標として抽出される EOF1 パターンにどのように反映されているかを調べてみた。

まず季節依存性に着目して、得られた各月の主成分(PC)時系列を用いて対応する各月の線形回帰図を作成した。また、最近30年のAISの卓越を考慮して後半31年(67-97)と前半21年(49-69)に分けた解析も行った。卓越する変動の季節依存性

は 49-69 年でははっきりしないが、67-97 年では明瞭で特に Z250 場に顕著にみられた。49-69 年では冬を通じて図 4a-4b のような中緯度帯の正偏差場の振幅が拮抗するようなパターンが卓越する。一方 67-97 年 (図 4c-4d) では初冬 (12 月) は図 4a と似ているが、2 月を中心に北太平洋上の偏差場の振幅が極東の偏差場を取り込む形で強まり、AIS を反映したパターンになっている。SLP 場も 2 月に明瞭な北太平洋上の偏差場がみられる (図略)。

5. まとめ

冬季北半球循環場に卓越する変動を抽出するために広く用いられる EOF について、その適用の限界と新しい解釈の可能性を試みた。その結果、冬季北半球循環場で得られる EOF パターンは、複数の主要変動の混合体として解釈するのが妥当であると考えられる。すなわち PNA、NAO、AIS、COWL、極渦変動など各変動の非独立性に基づくものである。この考え方からによると SLP の EOF1 で定義される AO パターン (図 1a) とそのインデックス (図 2a) は、冬季循環場の統合的な統計的指標と捕らえるのがよいかもしれない。別な捕らえ方をすれば EOF1 では全ての変動を拾えないことを意味する。この点を考慮すると QW の提唱する EOF1 と EOF2 の位相空間上において各変動の位置付けを行う手法は、得られた EOF の各主要変動の相対的寄与の程度を明快にするという意味において、EOF を用いた解析における新たな解釈の可能性を示唆するものである。

季節依存性と長期変化傾向の解析結果は、AIS などにみられる季節依存性や長期変動が、冬季循環場変動の統合的な指標として捕らえた場合の EOF1 パターンの変調として現れることを意味する。このことは冬季の EOF1 である AO パターンは NAM (極渦変動) の反映だけではなく、AIS の形成にもかかわる PNA、

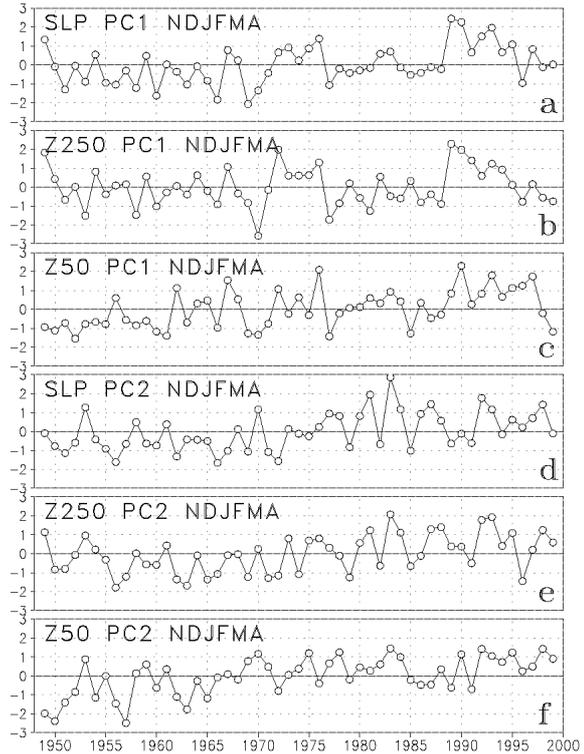


図 2. 図 1 に対応する冬季平均の標準化された主成分時系列 (PC)。

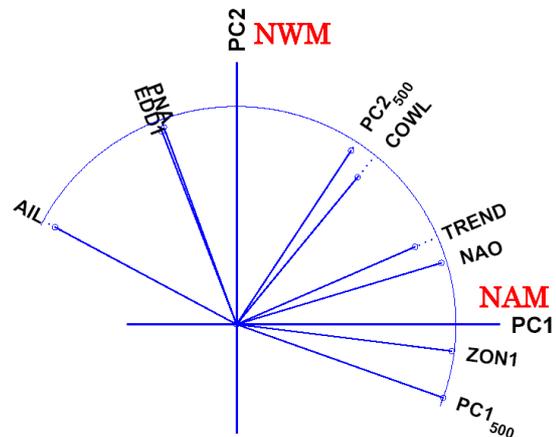


図 3. SLP の EOF1 と EOF2 の位相空間上における各変動などの相対的な位置関係。SLP の PC1 (図 2a) 及び PC2 (図 2d) と各変動の時系列との相関係数をそれぞれ求め、両者の合成ベクトルとあらわしたものである。Quadrelli and Wallace (2003) より。

NAO (あるいは ENSO も?) などさまざまな卓越パターンの混合体であることを意味しており、先の結果の解釈を支持するものである。

今回のような話は、結局は解釈論の問題で、現象の背景の物理を明らかにするものではなく、まったく不毛な議論であるという批判のあることは承知している。しかし EOF で定義された AO/NAM を冬季北半球循環場における唯一無二の変動であると、無批判に受け入れる風潮が国の内外を問わず存在していることに対しては危惧を感じる。もちろん本研究で AO/NAM そのものを否定しているわけでも、EOF の有効性を否定しているものでもなく、その解釈については十分に注意するべきであるということを中心にここで主張しておきたい。

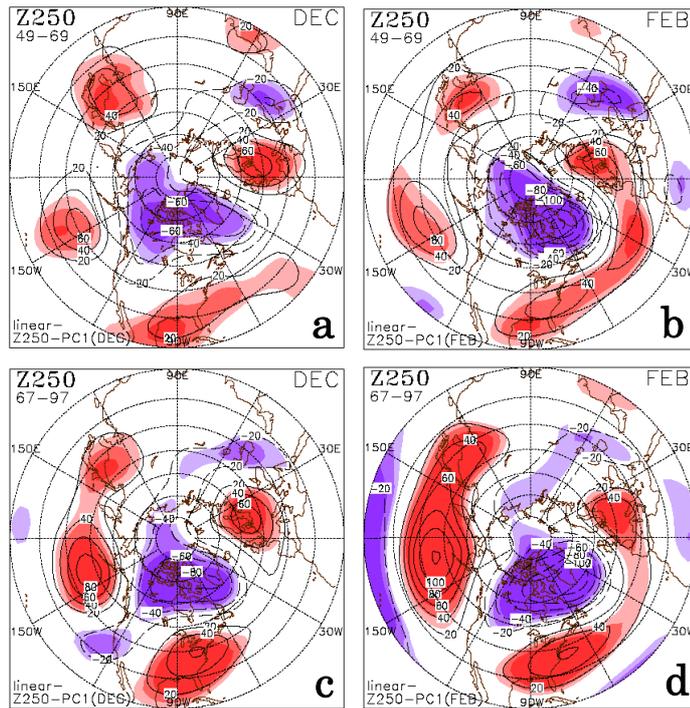


図 4. Z250 の冬季 EOF1 の 12 月と 2 月の主成分時系列と対応する各月の高度場の線形回帰係数の分布図。(a-b)49-69 年、(c-d)67-97 年。係数の意味は図 1b に同じ。

謝辞

今回の特定研究集会参加にあたり、京都大学防災研究所より旅費の補助を受けました。本集会開催の代表者である当研究所の向川均助教授に感謝致します。

参考文献

- Honda, M., and H. Nakamura, 2001: Interannual seesaw between the Aleutian and Icelandic lows. Part II: Its significance in the interannual variability over the wintertime Northern Hemisphere. *J. Climate*, **14**, 4512-4529.
- Honda, M., H. Nakamura, J. Ukita, I. Kousaka, and K. Takeuchi, 2001: Interannual seesaw between the Aleutian and Icelandic lows. Part I: Seasonal dependence and life cycle. *J. Climate*, **14**, 1029-1042.
- Quadrelli, R., and J. M. Wallace, 2003: On the leading EOF's of the Northern Hemisphere wintertime geopotential height field. *J. Climate*, **16**, in press.
- 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.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace, 2000: Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *J. Climate*, **13**, 1000-1016.
- Wallace, J. M., Y. Zhang, and J. Renwick, 1995: Dynamic contribution to hemispheric mean temperature trends, *Science*, **270**, 780-783.