

見かけの北極振動と真の振動

九州大学・理学部 伊藤 久徳

1 はじめに

北極振動 (Arctic Oscillation, AO) は北半球における月平均海面気圧 (SLP) の経験的直交関数展開 (EOF) 第一モードとして定義され, Thompson and Wallace (1998) によって提出された概念である。その空間パターンは北極と中緯度との帯状対称性の高いシーソーである。その意味で環状モード (annular mode, AM) とも呼ばれる。南半球にも同様のモードがあるので, 北半球の環状モードを強調する場合は NAM と略される。AO を高さ方向に回帰すると, 対流圏から成層圏にまで連なる環状パターンが得られ, 南半球での類似パターン (SAM) の存在と合わせ, AO は大気の運動を理解する上の基本的なモードと言われている (一般に, AO は地表を中心とした対流圏下部のみの構造を指し, より上部までを含める場合は AM とするのが通例である。しかし本稿では特に区別なしに用いることにする)。また AO から回帰した温度偏差のパターンは温暖化のパターンと似ており, 温暖化を研究する上でも重要なモードとされている。このようにいろいろな側面で大きな注目を集め, 多くの研究者が AO に関わる研究を行っている。

しかし AO にはその提案当初から, それは北大西洋振動 (NAO) と同じものを見ているのではないかという批判があった (e.g., Deser 2000)。Ambaum et al. (2001) は北極と大西洋, 太平洋の作用中心を模した 3 点シーソー系を考察し, NAO と太平洋・北アメリカ振動 (PNA) が見かけ上 AO を作っているのではないかとの疑念を提出した。それに対して, Wallace and Thompson (2002, 以下, WT) は次のような反論を行った。まず WT は 3 点シーソー系に対する模式的な図を提出し, NAO-PNA と AO-大西洋と太平洋間で逆位相のモード (以下, NCM) が 45° 回転の関係にあることを指摘した。そして NCM の実在性を 500hPa 高度に対する regression で大西洋にも波列を持つ PNA (augmented PNA) に求め, AO-NCM paradigm という解釈があり得るとした。

Itoh (2002) (以下, I02 とする。伊藤 2002 でより詳細に議論を展開している) はより clear な方法で, AO の実在性に疑問を投げかけた。アイデアは中緯度帯だけで EOF 解析を行なうということである。すると, ヨーロッパ・大西洋域と太平洋域で独立な変動が抽出され, 中緯度における環状モードは出てこない。解析領域に極を含むに従って, 大西洋域と太平洋域とで同位相と逆位相のモードが同時に現れる。そしてそれらが解析範囲を半球としたときの AO と NCM と変わっていく。これは極が 2 つの変動の作用中心を共有し, 両者のパターンが相関を持つために生じるものである。またヨーロッパ・大西洋域と太平洋域での変動はそれぞれ, NAO と PNA であると同定できる。従って AO とはこの両者の無相関的変動から見かけ上出てくるものであると結論した。これに対しては Christiansen (2002) から解析のもとになっている 3 点シーソー系の 2 つの式が数学的に等価であり, 統計的な解析によってだけでは 2 つを区別できないという批判がされている。

このように依然として AO の実在性をめぐる議論は収束していない。本論文の目的は, I02 をさらに発展させ, NAO-PNA が現実であり, AO-NCM は見かけであることを様々な観点から示すことで

ある。なお結果の一部はすでに Itoh (2004) として投稿されたものである。

WT の提出した模式図は NAO-PNA と AO-NCM の関係に関する我々の理解を助けるものであるが、彼らの図は間違っていると言える。正しい模式的な図を提出し、両者の関係の理解を深めることが本研究の第一の目的である。これによってなぜ NAO-PNA から AO が EOF 第 1 モードとして抽出されるかが視覚的に理解できる。

本論文の第 2 の目的は海面気圧に限らずに解析を拡張し、NAO-PNA がより consistent な結果を与えることを示すことである。いくつかの解析のうち、ここでは紙面の関係上、冬平均場についての結果のみを示す。これは「極が 2 つの変動の作用中心を共有するので AO が現れる」という仮説を補強するものである。

第 3 の目的は、簡単な独立成分分析を用いて独立成分、すなわち真の振動モードを抽出し、それらはやはり NAO と PNA であることを示すことである。

2 データ

用いたのは NCEP/NCAR 再解析の月平均データである。種類としては、海面気圧 (SLP) の他に、一部、500hPa 高度を用いている。解析期間は 1948 年から 2000 年までの 53 年間である。11 月から 4 月の冬季のデータのみが用いられる。従って解析の全月数は 318 となる。偏差を各月の 53 年平均からのずれとして定義し、これに対して解析を行う。

EOF 解析は基本的には 20°N 以北の経度 10° ・緯度 5° 格子で共分散行列に基づいて計算した。ヨーロッパ・大西洋域 (以下、簡単に大西洋域とする) と太平洋域に領域を分けた計算も行った。前者を 0° を含む $80^{\circ}\text{W} \sim 80^{\circ}\text{E}$ として、後者を 180° を含む $100^{\circ}\text{E} \sim 100^{\circ}\text{W}$ として定義する。

以下では EOF 解析における空間パターンの第 n モードを EOF_n 、また時間係数を PC_n とよぶことにする。

図 1 は海面気圧における半球全体の EOF1 と EOF2 を示している。寄与率はそれぞれ 20.0% と 12.3% である。EOF1 がこのデータでの AO となる。EOF2 は大西洋と太平洋のシーソーであり、これが NCM (negative correlation mode) である。

3 位相空間における 4 つのモードの関係

以下の議論においては、3 点シーソーモデルが様々に現れるので、まずそれについて Itoh (2002) に基づいて詳述しておこう。AO は北極と中緯度のシーソーパターンであるが、作用中心としては北極 (N)、大西洋 (A)、太平洋 (P) の 3 点がある。この 3 地点での時系列を次のように与える。

$$x_N(t) = 2\tilde{r}_1(t), \quad (1a)$$

$$x_A(t) = -\tilde{r}_1(t) + \tilde{r}_2(t), \quad (1b)$$

$$x_P(t) = -\tilde{r}_1(t) - \tilde{r}_2(t) \quad (1c)$$

ここで $\tilde{r}_n(t)$ は時間を t とする時系列で、下添字が同じものは同じ時系列を、異なるものは異なる時系列を示す。簡単のため、どの時系列も (以下の r_n も含めて) 平均ゼロ、分散 1 で、異なる時系列間

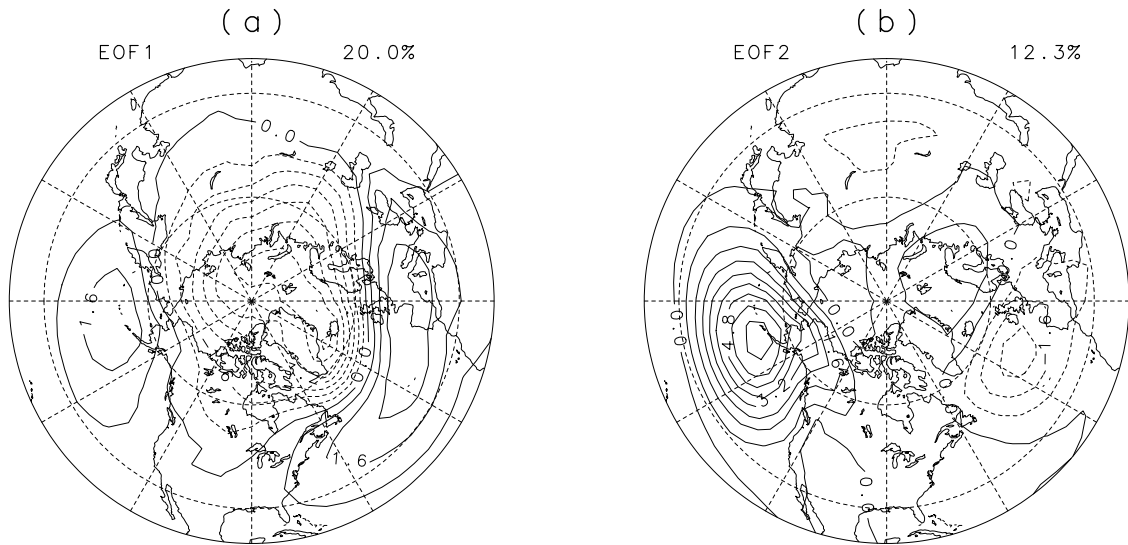


図 1: 20°N 以北の月平均海面気圧偏差における (a) EOF1 と (b) EOF2。寄与率は各図の右上に示されている。正の値は実線、負の値は破線で示す。EOF は領域積分が各モードの分散に等しいように規格化されている。すなわち因子負荷量で、これは regression に等しい。コンター間隔は 0.8hPa である。

では無相関の一樣乱数とする (一樣乱数の仮定は問題の単純化のためで、要は 2 つの時系列間の相関がゼロであればよい)。この式は 3 点が coherent に振動するモデルであり、これを真の北極振動とよぶことにする。振幅は極が大きいので、それを反映して仮に 2 倍としている。なお A 点と P 点の間にもシーソーパターンを許しているが、EOF2(NCM) の存在を反映している。この 3 点の EOF 解析は、固有値が 6 と 2 で、それに対応する固有関数はそれぞれ $(1, -0.5, -0.5)^t$ と $(0, 1, -1)^t$ である。第 1 モードが AO を表し、第 2 モードが NCM を表すことは自明である。なお $()^t$ は転置を表す。

今度は次のような時系列があったとする。 $r_n(t)$ は上の $\tilde{r}_n(t)$ と同じである。

$$y_N(t) = r_1(t) + r_2(t), \quad (2a)$$

$$y_A(t) = -r_1(t), \quad (2b)$$

$$y_P(t) = -r_2(t) \quad (2c)$$

これは N, A 地点間のシーソー振動 (NAO に対応) と, N, P 地点間のシーソー振動 (PNA に対応) であり、これ以外の解釈はあり得ない。しかし EOF 解析を行うと、結果は、固有値が 0.5 倍になることを除いて、(1) 式とまったく同じになる。数学的に表現すると、(2) 式が次のように書き直せることに対応している。

$$y_N(t) = [r_1(t) + r_2(t)], \quad (3a)$$

$$y_A(t) = -0.5[r_1(t) + r_2(t)] - 0.5[r_1(t) - r_2(t)], \quad (3b)$$

$$y_P(t) = -0.5[r_1(t) + r_2(t)] + 0.5[r_1(t) - r_2(t)] \quad (3c)$$

従って、これを見かけの北極振動とよぶことにする。

以上の式を踏まえ、3 点シーソー系における 4 つのモードの関係を表す正しい図を示す。図 2 がそれである。4 つは位相空間の同じ平面に位置する。(1) と (2) における NAO と PNA の相関は 0.5 であ

るので、両者は 60° で交わっていると描ける。その2つの平均が AO であり、それに直交して NCM がある。従って AO は NAO, PNA を 30° 回転した関係にある。

Schematic Figure for 3-Point EOF

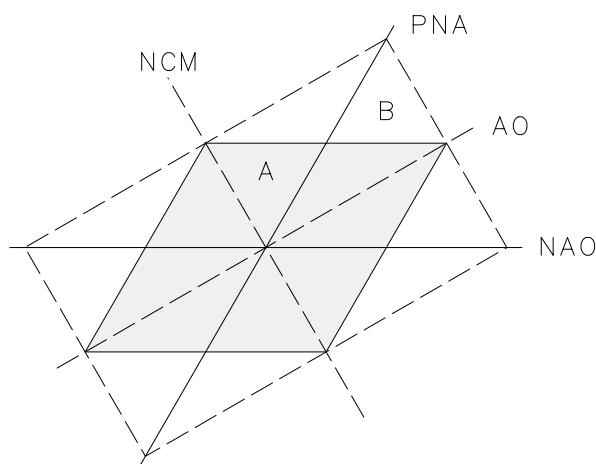


図 2: 最も単純な 3 点シーソー系の位相空間での配置を表す模式図。A は影を付けた領域で、(2) 式で $-\sqrt{3} < r_1, r_2 < \sqrt{3}$ の時の範囲を表し、B は薄い破線で囲まれた領域で、(1) 式で $-\sqrt{3} < r_1, r_2 < \sqrt{3}$ の時の範囲を表す。ここで $(-\sqrt{3} \sim \sqrt{3})$ の範囲は分散 1 の一様乱数の範囲である。

(2) における値域は A で表される影を付けた領域で表現できる。ここからなぜ (2) の EOF が AO と NCM になるかが簡単に理解できる。NAO と PNA は直交していないので、最も分散の大きい主軸は、図から分かるように、その平均されたモードとなる。これが AO である。そしてこれに直交する NCM が第 2 モードとなる。AO の軸の長さは NCM の $\sqrt{3}$ 倍となっており、分散 (固有値) が 3 倍になる必然性も理解できる。

B で表される薄い破線で囲まれた領域が (1) の場合を示す。ここから式 (1) と (2) は同じ EOF を与えるが、PC1 と PC2 の分布は異なると言える。これは言い換えると、(1) においては PC1 と PC2 が独立であるのに対し、(2) は独立ではないことと関係している。このことは (3) から簡単に理解できる。すなわち正規化の因子を考えないとき、 $PC1 = r_1(t) + r_2(t)$ 、 $PC2 = r_1(t) - r_2(t)$ であり、両者は無相関ではあるが独立ではなく、ともに大きな (正または負の) 値をとることはできない。また (1) と (2) で固有値が異なった理由もこの図から明らかである。このように、NAO-PNA 系と真の AO-NCM 系は原理的には区別可能である。具体的に区別する作業は第 5 節で行う。

Christiansen (2002) の批判は、(2) 式が (3) 式のように書き直せるので、(1) 式と等価であるということである (EOF が同じであるので、書き直せることは自明である)。しかし数学的に等価でないことは、上で示したことから明らかである。より詳細な批判は Itoh (2004) を参照されたい。

4 冬平均海面気圧場

ここでは、冬平均場を取り上げ、「AO は NAO と PNA の間に空間相関があるため、見かけ上現れる」という仮説をより積極的に支持する証拠を提出することにする。Deser (2000) は冬平均偏差場の EOF1 は AO を示さず、NAO を示すことを明らかにした。これはラグ 1 月の自己相関が AO と NAO でほぼ同じ (それぞれ 0.411 と 0.412) であることを考えると、奇妙に思える。そこでなぜこのような「矛盾」が起こるのかについての解析を行う。冬 (6 か月) 平均偏差場を、気候的冬平均からの冬平均の偏差ではなく、各月の偏差の平均として定義する。この偏差に対してなされた EOF 解析の結果が図 3 に示されている。寄与率は EOF1 において 30.8%、EOF2 において 15.1% であるので、2 つの EOF はうまく分離されている。EOF1 は明らかに NAO パターンであり、EOF2 は本研究で言う PNA パターン (I02 の図 5b) に似ているが、負の領域がユーラシアへ大きく延びており、極域は正と負の領域に分かれている。このように冬平均場の EOF においては、AO も NCM も出てこない。

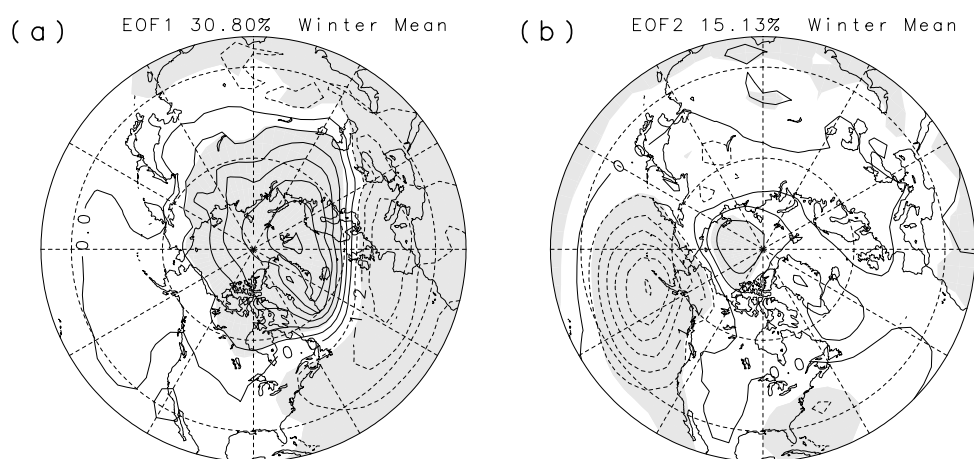


図 3: 各月の SLP 偏差の冬平均場に対する (a) EOF1 と (b) EOF2。等値線間隔は 0.6hPa である。陰影は 99% 有意な領域である。他は図 1 と同じ。

AO と NCM は、NAO と PNA が空間相関を持つときに、見かけ上現れるという立場からは、この場合は NAO と PNA の空間相関がごく小さいのではないかと推測できる。この仮説を確かめるために、大西洋域と太平洋域で EOF を行い、それぞれの第一モードとして NAO と PNA パターンを得た。これらの時間係数で回帰された半球パターンは図 3 とほぼ同じである (not shown)。この 2 つの空間相関はたった 0.051 で、位相空間での角度で 87.1° に対応する。すなわち NAO と PNA はほぼ直交している。この結果は、AO と NCM は NAO と PNA の空間相関なしには現れないという仮説を支持している。「AO の短い寿命の矛盾」はこのようにして理解できる。

5 独立成分の抽出

第 3 節で、真の振動と見かけの振動が、例え位相空間で同じ平面にあったとしても、原理的には区別可能であることを述べた。ここではそのことを独立成分分析によって具体的に行う。すでに森ら

(2002) によって先駆的な仕事がなされているが、解釈において大きな違いがあることを示す。

独立成分分析は大ざっぱには以下のような方法である。大気中にはいろいろな偏差パターンが存在するが、それらは独立なもの(真の振動パターン)とその合成とで成り立っていると看做す。このとき振幅の分布を様々なパターンで比較すると、後者はより Gauss 分布に近くなる(中心極限定理)。この性質を利用すると、独立なものと合成されたものを見分けることができる。独立成分分析にはいくつかの方法があるが、ここでは最も簡単な方法を採用する。それは尖度(kurtosis)を用いる方法で、尖度が Gauss 分布では0になる(3と定義される場合もあるが、ここでは簡単のため3を引いたもので定義する)ことを利用する。従って独立なパターンはその振幅分布の尖度が0から遠いものとして(正の場合極大として、負の場合極小として)抽出できる。

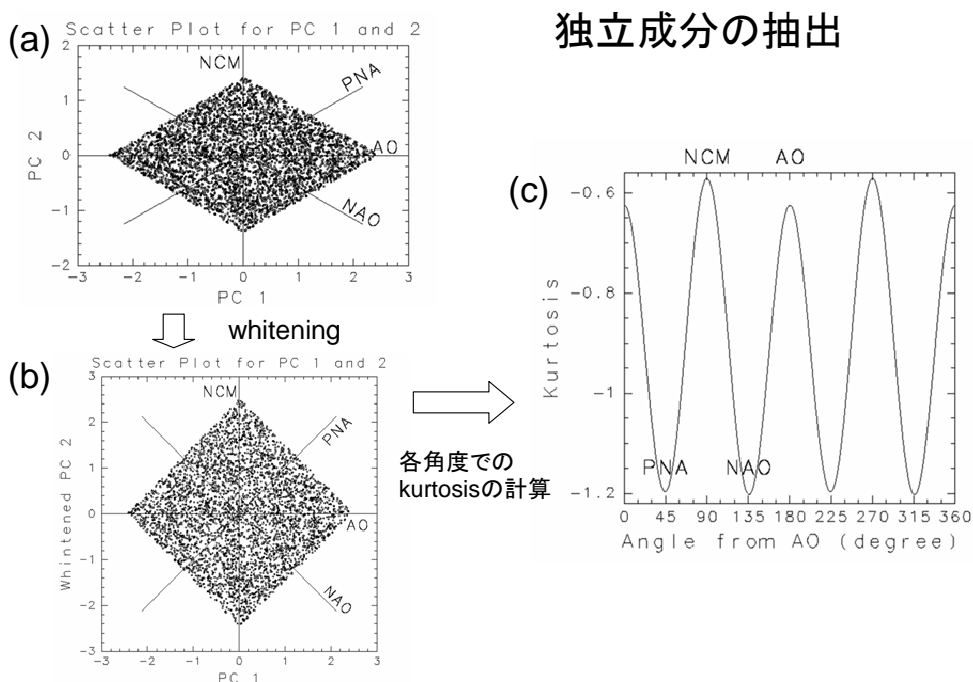


図 4: 3 点シーソー系を例にとった独立成分分析の手続き。(a) は図 2 を 30° 時計回り回転したもの。(b) はそれに対して whitening を行ったもの。(c) は各角度で尖度を計算した結果で、横軸が角度、縦軸が尖度である。

3 点シーソー系を例に図 4 に基づいてこのことを説明する。図 4a は図 2 を 30° 時計回りに回転したものである。ただしこのままの形で各角度に射影された振幅を使うことは問題がある。例えば図から容易に分かるように、AO の振幅最大を NAO に射影すれば、NAO の真の振幅になるのではなく、より大きな値が得られるからである。そこで whitening という作業を行う。具体的には NCM の方向を $\sqrt{3}$ 倍に引き延ばし、AO と同じ分散を持つようにすることである(図 4b)。今度は AO の振幅最大を NAO に射影しても、NAO の真の振幅になっていることが分かる。ここから実際に独立成分が抽出できることを示そう。各角度に射影された振幅を使って尖度を計算した結果が図 4c である。一様乱数を使っているのだから、尖度はすべて負になっている。そのなかで NAO と PNA が尖度極小になっており、独立な成分として抽出されることが分かる。

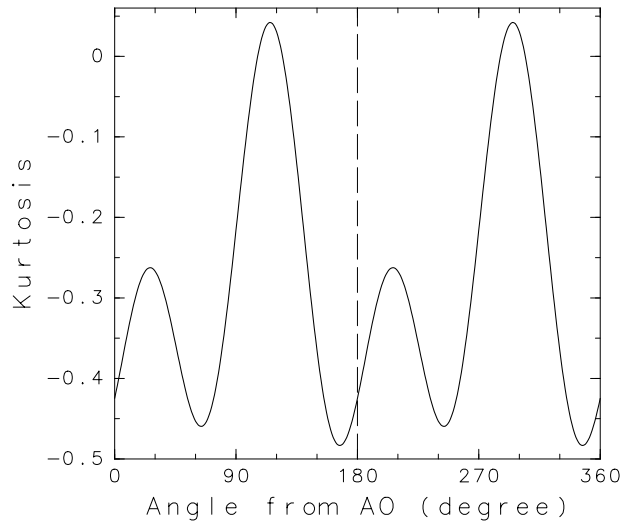


図 5: SLP の 12, 1, 2 月だけのデータを用いた EOF1 と EOF2 の張る平面における各角度での尖度。横軸は EOF1 からの角度である。0° ~ 180° と 180° ~ 360° はまったく同じ図になるが、分かりやすいように 360° まで描いている

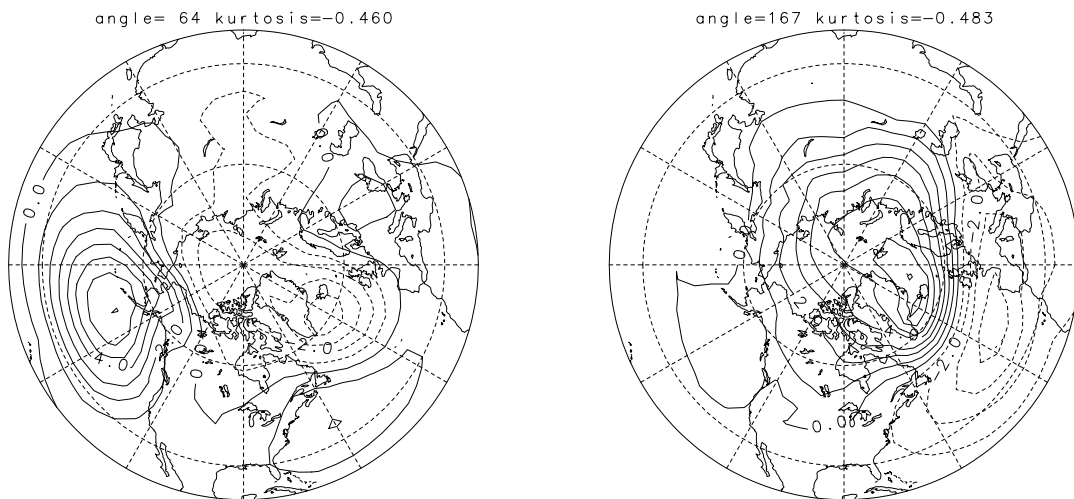


図 6: 図 5 の 64° と 167° に対応するパターン。尖度はそれぞれ -0.46 と -0.48 である。

実際の SLP データに戻って、まず EOF1 と EOF2 の張る平面上で考えることから始めよう。話を分かりやすくするために、まずは振幅の大きな 12, 1, 2 月だけのデータを用いて解析を行う。尖度は一般に負になることが予想される。EOF1 からの各角度での尖度を描いたのが図 5 である。全体として負になっているのは明らかである。64° と 167° に極小があり、平面だけで考える限り、この 2 つが独立である。このパターンを確認すると (図 6), それぞれ NAO (右) と PNA (左) に対応していることが分かる。PNA はアイスランド低気圧とのシーソーが強くなっているが、振幅はアリューシャン低気圧に対応するところが圧倒的に大きい。

次にデータを 6 か月に拡張し、同様な解析を行う。EOF1 からの各角度での尖度を描いたのが図 7

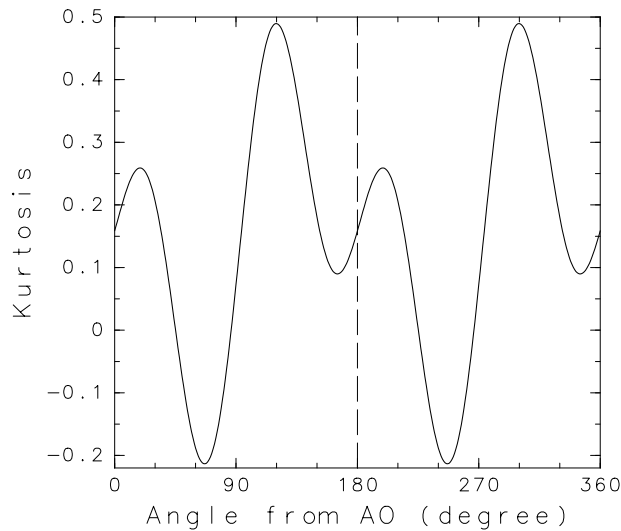


図 7: 12月~4月の6か月間のデータを用いることを除いて, 図5と同じ。

である。今度は少しややこしいことが起こっている。それは0を中心に正にも負にも分布していることである。0から遠いということを優先させると, 120°のものが取り上げられるべきである。しかし3か月データとの連続性から言うと, この場合もやはり極小が取り上げられるべきである。この極小のパターンはほぼ3か月データのそれらと同じであり, 67°がPNA, 165°がNAOである(not shown)。そこでとりあえずは極小が独立であるとして話を進めていくことにする。系統的に尖度が正にずれていると考えるわけである。この当否に関する議論は本節の最後でまとめて行う。

これまではEOF1とEOF2の張る平面だけでものごとを考えてきた。しかし独立なパターンがその平面上にあるという保障はない。そこで位相空間の次元を増して独立なパターンを抽出することにする。ただし空間次元を単純に広げることのできない事情がある。それはwhiteningに伴うノイズの問題である。whiteningにおいては, 該当のEOFの寄与率が如何に小さかろうと, EOF1と同じ大きさを持つようにその方向が引き延ばされる。従ってノイズも大きく入ってくることになる。ここでは以下のようにして探索する最大の空間次元を決めた。空間次元を徐々に大きくしながら独立なパターンを探索していく。あるところまではパターンはほぼ連続性を保ちながら, 小さく変わっていく(当然, 新たに独立なパターンが見出されることもある)。ところがある次元のところ突然, 独立なパターンとは思えないパターン(細かいスケールが目立つパターン)が混ざるとともに, それまでとの連続性が見られなくなることがある。これはノイズが大きく影響を与えているものと思われ, 従ってこのひとつ前までで独立成分の探索をうち切ることにする。

3次元空間以上での独立成分の探索は2次元のように角度を回すというような形ではできない。そこで乱数で様々な初期角度を設定し, そこから非線形最適化問題として尖度の極小値を求めるという方法をとった。20000回の初期角度から探索を行った。

この場合は5次元でノイズの影響が見られたので, 探索は4次元で打ちきった。結果が図8に描かれている。3つの独立成分が抽出された。左はユーラシアに大きな振幅を持つが, ほぼPNAと同定できる。右はNAOである。中のパターンはよく分からないが, 今後の研究に待ちたい。PNAとNAO

は2次元平面から連続的に追跡できる。よってこの2つはほぼ2次元平面近くに位置する独立成分と言える。この解析からも、再びAOやNCMは見かけのモードであると結論できる。

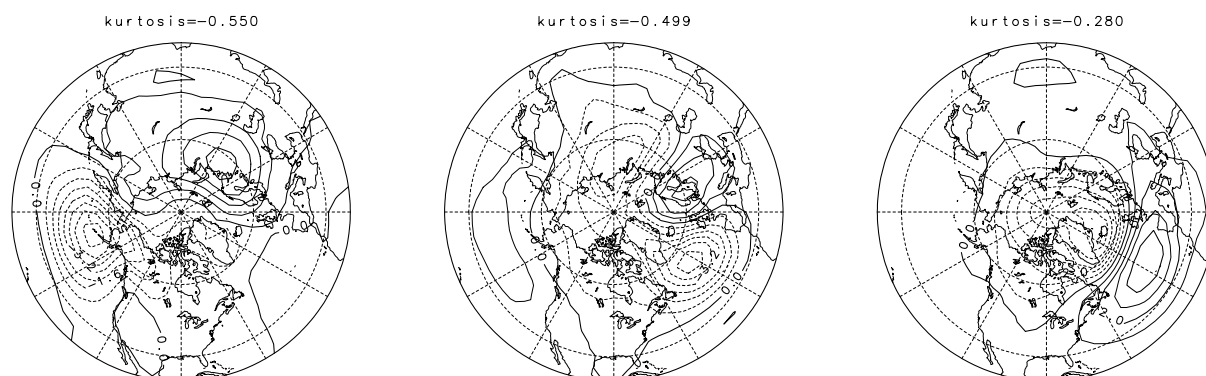


図 8: SLP の EOF1~EOF4 の張る空間上で見出された独立成分。尖度は左からそれぞれ、 -0.55 、 -0.50 、 -0.28 である。

今度は、解析対象を 500hPa 高度に変えて、同様の解析を行った。結果、5次元までの探索となった。独立なパターンが図9に示されている。左はアイスランド低気圧とのシーソーを持つPNAであり、中はユーラシアから太平洋にかけて少し広がりを持っているが、NAOと見なせる。左はSLPでの中の図と対応するパターンである。このように500hPa高度でもSLPとほぼ同じパターンが独立成分として抽出された。これはSLPの結果の信頼度を高めるものである。

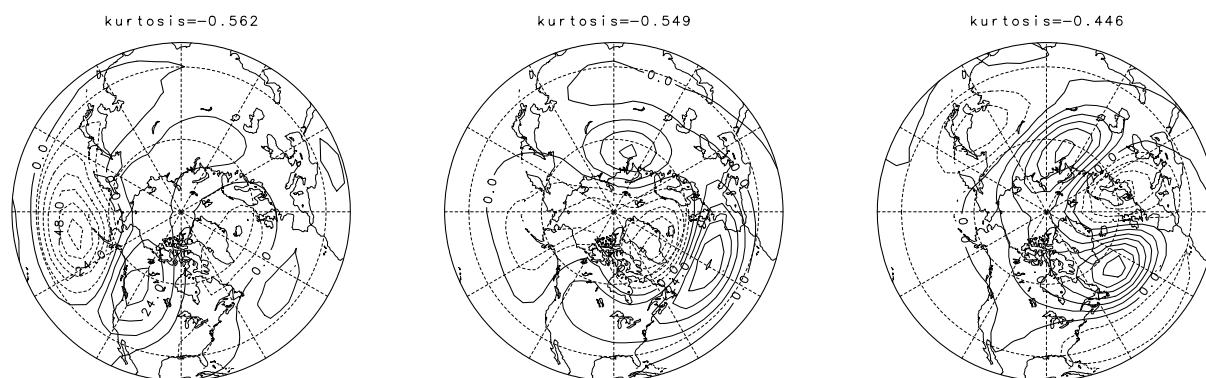


図 9: 500hPa 高度の EOF1~EOF5 の張る空間上で見出された独立成分。尖度は左からそれぞれ、 -0.56 、 -0.55 、 -0.45 である。

本節の最後に、図7で尖度が正負に散らばって存在していたことについて考察を加える。気象の世界では積という形の非線形性が様々に関与している。このような量の尖度は必然的に正のほうへずれる。従って、独立な成分が本来負の側にあったとしても、混合された信号は正の側に存在することが起こりそうである。このようなことが正負の散らばりに関係している可能性がある。このように考えないと、どうしても全体を統一的に捉えることはできないと思われる。以下はその例である。

(1) 図7でPNAの尖度は負になっている。正の独立成分から負が出てくることは考えられない。(2)NAOの尖度は2次元では正になっているが、3次元と4次元では負になる。それぞれ -0.23 と -0.28 である(図8参照)。正から負に変化することは普通は考えられない。(3)上の2つとも関係するが、SLPの4次元や500hPa高度の5次元ではPNAの尖度は -0.5 を越える。これを正の成分から説明するのは不可能である。(4)特に500hPa高度で顕著であるが、5次元(4次元でもその片鱗が見える)の尖度極大のパターンは細かいパターンが目立ち、ひとめ独立成分としてはあり得ないものである。それに対して極小は依然としてPNAとNAOで(別のパターンもあるが)、パターンは単純である。(5)パターンが相当順圧だとすると、SLPと500hPa高度間で独立な成分のパターンは似かよっているべきである。しかし尖度極大では両方でパターンはかなり異なっている。一方、極小ではほぼ似ていると言える。

以上から、正負に散らばっている場合は、極小のほうを独立成分とするのが妥当であると思われる。またすべて正になっている場合も極大を独立成分にしてよいかどうかは慎重な検討が必要と思われる(cf. 森ら 2002)。

6 結論

北極振動(AO, または環状モード)を考察した。AOの実在性は、EOF(経験的直交関数展開)第2モードとして現れる大西洋と太平洋の逆相関モード(NCM)の実在性と緊密に関係している。なぜなら、もしNCMが実在しているなら、大西洋・太平洋間の相関の小ささをAOとNCMの干渉の結果に帰することができるからである。本研究でも、AOとNCMの両者を考察しながら議論を進めた。

まず最初に、NAO(北大西洋振動)-PNA(太平洋・北アメリカ振動)系とAO-NCM系の関係を、最も簡単な3点シーソー系に基づいて考察し、模式図として提案した。Wallace and Thompson (2002)の図ではAOとNAO-PNAの間は 45° 回転となっているが、 30° 回転に正されている。この図から、なぜEOF解析によって、NAO-PNAが見かけ上AO-NCMとして抽出されるかが視覚的に理解できる。より一般的には、空間相関を持つ2つの卓越した変動があると、EOF解析で必然的に歪んだモードとして抽出されることが分かる。また、NAO-PNA系(見かけのAO-NCM系)と真のAO-NCM系は同じEOFを持っているけれども、それらの時間係数(PC1とPC2)は異なった分布を示すことも明らかにされた。真のAO-NCM系ではPC1とPC2は独立であるが、見かけのAO-NCM系でのそれらは互いに依存関係にあるからである。

次に冬平均海面気圧(SLP)場を考察した。NAOとAOはラグ1月の自己相関がほぼ同じであるにもかかわらず、冬平均場のEOFにはAO-NCMではなく、NAO-PNAが現れる。この「矛盾」は冬平均のNAOとPNAがほとんど空間相関を持たないことから来していると解釈される。これは、月平均場のAOはNAOとPNAが空間相関を持つことから来しているという解釈を補強するものである。

最後に独立成分分析によって、SLP場と500hPa高度場のそれぞれで独立な成分を抽出した。その結果、両方においてNAOとPNAが独立な成分として抽出され、AOとNCMはそこから派生したものであることが分かった。

参考文献

- Ambaum, M. H. P., B. J. Hoskins, and D. B. Stephenson, 2001: Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? *J. Climate*, **14**, 3495–3507.
- Christiansen, B., 2002: Comments on “True versus apparent Arctic Oscillation”. *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 10.1029/2002GL016051.
- Deser, C., 2000: On the teleconnectivity of the “Arctic Oscillation”. *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 779–782.
- Itoh, H., 2002: True versus apparent Arctic Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 10.1029/2001GL013978.
- 伊藤久徳, 2002: 見かけの北極振動と真の北極振動. *グロースベッター*, **40**, 98–111.
- Itoh, H., 2004: Reconsideration of the true versus apparent Arctic Oscillation. *J. Climate*, submitted.
- 森厚, 川崎宣昭, 山崎謙介, 2002: 独立成分分析の気象学への応用 (2) –北極振動の検討–, 2002 年日本気象学会春季大会.
- 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. W. J. Thompson, 2002: The Pacific Center of Action of the Northern Hemisphere Annular Mode: Real or Artifact? *J. Climate*, **15**, 1987–1991.