

独立成分分析の北極振動への適用

Independent Component Analysis Applied to Arctic Oscillation

川崎 宣昭[1], 山崎 謙介[2], 森 厚[3]

Nobuaki Kawasaki[1], Kensuke Yamazaki[2], Atsushi Mori[3]

[1] 筑波大附高, [2] 東学大・教育・数学情報, [3] 学芸大・地学

[1] High School attached Tsukuba University, [2] Dept. Math. & Info., Tokyo Gakugei Univ., [3] Astronomy and Earth Sci., Tokyo Gakugei Univ.

1. はじめに

Blind Source Separation の問題を解決する多変量解析の手法には、主成分分析(Principal Component Analysis(PCA))がある。PCA は、互いに信号の相関が 0 となるような成分(主成分)を見つけるための手法である。PCA に対して、独立成分分析(Independent Component Analysis(ICA))と呼ばれる手法についての研究が最近盛んに行われている。ICA は、混合信号からそれを構成している独立な信号の分離を試みる分析である。PCA によって導かれた主成分のそれぞれは無相関な信号となっているが、一般に独立な信号とはなっていない。そして、各主成分がそれらの独立な信号の混合信号になっている可能性がある。その独立信号と、混合のされ方を抽出する分析が ICA である。

ICA のモデルでは、行列 X の行成分それぞれを混合信号、行列 S の行成分それぞれを互いに独立な信号とするとき、 $X = AS$ で表現されると仮定している。ここで、 A は信号の重なり方を表すシステム関数である。ICA では、既知の観測信号 X と S の各行成分が互いに独立であるという条件から、システム関数 A と独立信号 S の両方を求めることが可能である。

2. 気象学との関連

「北極振動」は、北半球の地表面気圧の偏差について主成分分析を行うことで定義されている。ところが最近になって、このように定義された北極振動の実態が何であるのかが議論の対象となってきている。そこで本研究では、この問題に独立成分分析を適用し、PCA と ICA の解析結果を比較すること、そして、より物理的に意味があると考えられるようなモードを抽出することを目的としている。

3. データ

北緯 20 度以北の地表面の月平均気圧データ(NCEP/NCAR の再解析データ)を用いた。地点数は緯度及び経度が 2.5 度毎の 4033 ヶ所、期間は 1958 年から 1997 年までの 40 年間(480 ヶ月)分のデータである。以下では、これらの地点毎のデータの平年値からの偏差を扱うことにし、データには、緯度の余弦の平方根の正值によって重み付けをした。

4. 解析方法(1)

ICA には様々な応用事例がある。一つの例は、画像(ある時期における空間変動のパターン)のピクセルデータを観測信号と考えて、画像の中に含まれている特徴を抽出することである。これを北極振動の問題に当てはめると、例えば、数十年分の月毎の地表気圧の等値線図を描き並べ、地点のデータを画像のピクセルデータと考えて、特徴を抽出することになる。

5. 解析方法(2)

別の例は、時系列として表された信号、例えば複数の人の話声から特定の人の話声を抽出することである。これを北極振動の問題に当てはめると、各地点の時系列データが、互いに独立な信号の線形和となるようなものを探すことになる。

6. 解析の手順

いずれの場合も、次のような手順で解析を行った。

[1] PCA による分析を行って主成分を求めた。

[2] 抽出された主成分の中から寄与率の高いものを抽出した。40 種類弱の主成分だけで寄与率の和が 90% を超えることがわかった。

[3] 抽出した主成分を用いて ICA の解析を行った。

[4] システム関数 A を用いて主成分を独立成分の和で表現した。

7. 結果

解析方法(2)では、旧来の北極振動を確かめることができた。また、解析方法(1)でも似たパターンを得ることができた。解析方法(1)では、PCA の各主成分の変動を調べると、主成分は冬季(11 月 ~ 3 月)に変動が大きいことが確認できた。また、主成分すべてを独立成分の和として表現することができた。特に第一主成分は、北極を中心とする環状の分布となっているが、それらを 38 種類の独立成分の和として表現することができた。それらの独立成分は空間的には局在化した構造を持っている。解析方法(2)では、旧来の北極振動が、3 つ程度の独立成分の重ね合わせで実現していることを強く示唆する結果が得られた。