

北極振動の季節変化に関する解析的および理論的研究

Analytical and theoretical study for seasonal variation of the Arctic Oscillation

横山 直美 [1]; 田中 博 [2]

Naomi Yokoyama[1]; Hiroshi Tanaka[2]

[1] 筑波大・生命環境・地球環境科学; [2] 筑波大・計算科学研究センター

[1] Geoenvironment Science, Tsukuba Univ.; [2] CCS, Univ. Tsukuba

北極振動 (Arctic Oscillation; 以下 AO) は冬季北半球に卓越する高緯度と中緯度の大気場の変動パターンのことである。AO は海面更正気圧 (SLP) を経験的直交関数 (EOF) に展開した際の第 1 主成分として定義される。それゆえ、AO は統計的虚像であるという主張と、それとは逆に力学的実体を伴うモードであるという主張があり、今も議論が続いている。また、冬季に卓越するとされる AO が夏季にも存在することが示されているが (Ogi et al. 2004), 詳細な季節変化について研究された例はほとんどない。

そこで本研究では、各月ごとに EOF 解析を行い、EOF-1 で示される AO がどのような季節変化を示すのかを調べることに、また固有モードおよび中立モードの観点から AO は力学的実体を伴うモードであるのかを明らかにすることを目的とする。

NCEP/NCAR 再解析データから、計算して求めた順圧高度場を用いた。また順圧高度場の妥当性を調べるために SLP、および 500 hPa 高度場も使用した。固有モードおよび中立モード理論に基づく解析には、順圧 S-モデルを線形化したシステムを用い、SVD 解析を行った。

まず順圧高度場、SLP、および 500 hPa 高度場に対して各月ごとに EOF 解析を行った。その結果、冬季の EOF-1 には、どの高度場においても高緯度に負偏差、中緯度に正偏差が分布するという AO の構造が現れた。夏季の EOF-1 には Ogi et al. 2004 で示された夏の AO のパターンは出現は出現せず、それぞれの高度場で示すパターンが異なった。特に SLP の EOF-1 には陸面加熱の変動が現れていた。秋季の EOF-1 には総観規模の擾乱が出現し、AO のような環状構造は出現しなかった。

次に固有モードおよび中立モード理論に基づいて、各季節ごとに SVD 解析を行った。その結果、超粘性摩擦を導入したとき、冬季の SVD-1 に EOF 解析で得られた AO の構造が出現したが、それ以外の季節は EOF 解析で得られたパターンとは異なるパターンを示した。そこで、粘性摩擦を超粘性摩擦よりも弱い倍調和粘性に変えて SVD 解析を行ったところ、春季は EOF 解析で得られたパターンと似たパターンを得ることができたが、それ以外の季節については EOF 解析の結果とは異なるパターンを示した。

以上の結果から、EOF-1 として定義される AO は、夏季および秋季においては環状構造をしていないことが分かった。また順圧高度場 SLP、および 500 hPa 高度場の EOF-1 を比較したところ、冬季の AO は順圧構造をしているため、どの高度場においても AO の構造を確認することができた。しかし夏季や秋季の AO は傾圧成分が順圧成分より卓越しているため、高度場によって異なるパターンを示すことがわかった。さらに AO は物理的実体を伴うのかを調べるために線形順圧モデルを用い、中立モード理論に基づいて SVD 解析を行った結果、冬季の AO は中立モードで説明される強力な摩擦項の元で、ある特定の外力に共鳴して励起されるモードであると分かった。Tanaka (2003) で同一の非線形順圧モデルを用いて行った AO の数値実験の結果と照らし合わせると、冬季 AO は大気力学系の固有解という物理的実体を持ったモードであるといえる。しかし冬季以外の EOF-1 で示される AO のパターンには物理的背景はなく、統計的に出現しやすいパターンを示していると考えられる。