

地球大気の特異固有解として得られる北極振動

Arctic Oscillation Analyzed as a Singular Eigenmode of the Global Atmosphere

田中 博 [1]

Hiroshi Tanaka[1]

[1] 筑波大・計算科学研究センター

[1] CCS, Univ. Tsukuba

<http://sakura.cc.tsukuba.ac.jp/~tanaka/>

北極振動 (Arctic Oscillation: AO) とは北極圏とそれを取り巻く中緯度帯の間の気圧場の南北振動のことで、近年、大気の長周期変動やテレコネクション、地球温暖化の研究において特に注目されている。AO は海面更正気圧場の EOF-1 として定義されるが、この変動は大気の順圧成分の変動と力学的に等価であることから、我々は北極振動を順圧モデルを用いて研究してきた。

Tanaka and Matsueda (2005, JMSJ) では、Kimoto (2001) や Watanabe and Jin (2004) による中立モード理論を検証し、AO が力学的な実体を持つ全球大気の特異固有解として理解できることを示した。つまり、大気大循環を支配する力学方程式系を冬季気候値で線形化し、その固有解を調べると、それらの中で固有値がゼロ (つまり、停滞かつ増幅率がゼロ) となる特異解が北極振動モードであることを突き止めた。固有値がゼロであることから、このモードは中立モード理論による第一特異解 (SVD-1) と一致するが、特異値もゼロなので、任意の外力に対して自然励起されることになる。

モデル大気のレーリー摩擦を大きくして固有値をシフトすると、固有解の構造は変化しないが減衰モードとなり、中立モード理論で説明される最小減衰モードとなる。このときの SVD-1 の構造は特異固有解とは別なものになり、特異解の共鳴応答曲線の端で特定の外部強制によって励起される定常強制モードとして理解されることになる。したがって、北極振動が力学的固有モードと強制中立モードのどちらで理解されるべきかが次の問題となる。本研究では、レーリー摩擦を大きくして固有値をシフトした際に、どのような外部強制にตอบสนองして北極振動モードが励起されるのかを特異値解析により調べた。

本研究で用いたモデルは Tanaka (2003, JAS) で示した順圧 S-モデルで、それは従属変数を 3-D スペクトル展開した順圧展開係数で表される。非断熱加熱に関わる物理過程は傾圧成分に含まれるため、順圧成分では摩擦力のみを考慮すればよい。

本研究では、粘性摩擦項と地表摩擦項を力学項の一部に含めて解析を行った。

解析の結果、減衰時間 53 日のレーリー摩擦を導入すると AO の固有解が中立になるモデルに対し、20 日のレーリー摩擦を導入した際の SVD-1 の構造は、観測される北極振動と同様に、極域で負、北太平洋と北大西洋に正の極を持つ構造を示した。

特異固有解の構造 (Tanaka and Matsueda 2005) と比較すると、太平洋上の正域が東西に伸びているという特徴が見出せる。この SVD-1 を励起する外部強制の構造は、極域で負、中緯度で正の分布に

波数 3 程度の波が重なっている。この構造はレーリー摩擦の値を変化させても、安定して現れる。

そこで、観測大気の北極振動指数が正負に大きく振れる際に、大気の順圧成分への外力がどのような構造になっているかを、1950-2004 年の日々の NCEP/NCAR 再解析データを用いて調べた。射影された外力指数と北極振動指数の相関係数は、各指数の 365 日移動平均に対し 0.35 であり、相関は有意であるものの、北極振動の分散の 12% (決定係数) を説明するに過ぎないことが判明した。

本研究の結果から、北極振動は物理的実体を伴った大気の力学モードであり、統計的虚像ではないと結論づけられる。北極振動の説明として、任意の外力により自然励起される特異固有モードと、特定の外力にตอบสนองして励起される中立モードの

2 通りの理解が可能であり、そのうち、特定の外力のตอบสนองとして説明されるのは、変動の分散の僅か 1 割であることが明らかになった。今後、さらに検証が必要であるが、北極振動の分散の大部分は、外力の構造とは無関係に特異固有モードとして自然励起されているものと考えられる。