

P416 大気の順圧成分の長周期変動に対する EOF/SVD 解析

*松枝 未遠 (筑波大学・生命環境科学), 田中 博 (筑波大学・計算科学研究センター)

1. はじめに

中高緯度の異常気象の多くは、ブロッキング高気圧、北極振動 (AO), PNA テレコネクションのような大気の長周期 (低周波) 変動によって引き起こされており、それらはいずれも順圧的な構造をしていることが知られている。このことから、中高緯度の異常気象の原因を探るために、大気の順圧成分に注目することは興味深いことである。

Tanaka and Matsueda (2004, JMSJ) によると、北半球における近年の月平均スケールでの異常気象の約 80% は、異常な外力の伴わない大気の内部分動によって引き起こされている可能性があることが分かった。しかしながら、彼らの解析はエネルギーノルムの観点からの議論にとどまっておき、空間パターンについては触れていない。そこで本研究では、大気の順圧成分の空間パターンを調べるために EOF 解析, および, SVD 解析を行った。

2. 解析方法

プリミティブ方程式に 3D ノーマルモード関数展開を施し、大気の順圧成分 ($m = 0$) のみで方程式を閉じると以下のようになる:

$$\frac{dw_i}{d\tau} + i\sigma_i w_i = -i \sum_{jk} r_{ijk} w_j w_k + s_i, \quad (m = 0) \quad (1)$$

ここで、 w_i , s_i , τ , σ_i , r_{ijk} は、それぞれ、状態変数 $U = (u, v, \phi')$ の展開係数, 外力 F の展開係数, 無次元時間 ($= 2\Omega t$), ラプラス潮汐方程式の固有振動数, 非線形スケール相互作用係数を表す。NCEP/NCAR 再解析データを用いて、 w_i を計算し、上式の残差として s_i を算出した。順圧で方程式を閉じたことにより、 s_i の中には順圧-傾圧相互作用が含まれている。

Tanaka and Matsueda (2004) にあるように、大気全体のエネルギーは各波数ごとのエネルギー E_i :

$$E_i = \frac{1}{2} p_s h_m |w_i|^2 \quad (2)$$

の総和で表すことができ、(1) 式, (2) 式から次のようなエネルギー方程式を導くことができる:

$$\frac{dE_i}{dt} = p_s h_m \Omega [(w_i n_i^* + w_i^* n_i) + (w_i s_i^* + w_i^* s_i)] \quad (3)$$

()* は複素共役を示しており、簡単のため (1) 式にある非線形項を n_i とした。このエネルギー方程式を用いることで、大気のもつエネルギーの増減が、非線形相互作用 n_i , 外力 s_i のどちらに起因するかを見積もることができる。また、この式の w_i , n_i , s_i をそれぞれ、アノマリ w_i' , n_i' , s_i' に置き換えることで、大気アノマリエネルギー増減について議論することができ、さらに、SVD 解析から得られた w , n , s に対しても同様の議論が可能となる。

3. 解析結果

はじめに DJF 季節平均場のアノマリについてであるが、状態変数アノマリ w_i' に対する EOF1, EOF2 には、それぞれ、AO, PNA のパターンが見られ、外力アノマリ s_i' に対する EOF1, EOF2 には、それぞれ、波数 1 の構造、山岳強制パターンが見られた。また、 w_i' と s_i' に対する SVD1 には、AO と山岳強制のパターンが (図 1), SVD2 には PNA と EL niño/La niña に関連する外力のパターンが得られた。エネルギー方程式によると、いずれの外力も高度場の damping として働いていることが分かった。このことから、長周期変動に見られる大気偏差が、外力によってではなく、非線形項によって引き起こされることが示唆されるが、この期待通り、 w_i' と n_i' の SVD からは、高度場を励起するような非線形項のパターンが得られた。

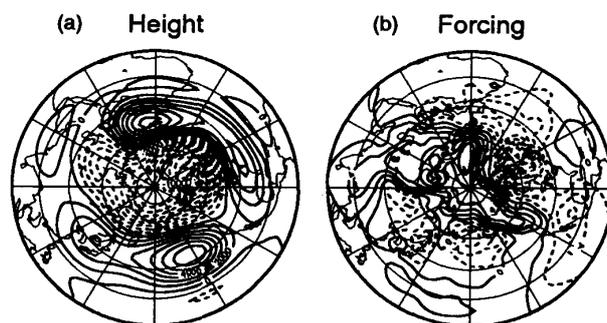
DJF の daily データに対しても、同様に EOF 解析, SVD 解析を行ったところ、外力の EOF をのぞき DJF 季節平均場と同様のパターンが得られた。そこで、これらの低周波変動を取り除くために 30 日 high pass filter を施し、改めて SVD 解析を行った。すると、DJF 平均場とは異なり、高度場を励起するような外力のパターンと、高度場を減衰させるような非線形項のパターンが得られた。

4. まとめ

以上の結果から、半球規模の異常気象をもたらす長周期変動は、外力の長周期変動によって直接引き起こされているのではなく、日々の総観規模擾乱との非線形スケール相互作用によって引き起こされることが示唆された。

Barotropic Component (SVD1: 35.8%)

1952/53-2001/02 DJF



(c) Time Series $r = 0.93$

図 1: DJF 季節平均場のアノマリ (w_i' と s_i') に対する SVD1。 (a), (b) はそれぞれ、順圧高度場, 外力の空間パターンで、(c) の実線, 点線はそれぞれ、順圧高度場, 外力に対する SVD 時系列。