

線型化モデルの固有値解析に基づく大気の長周期変動に関する系統的研究

—長周期変動のモード分解—

吉田知也 指導教官 村上茂教講師

1. はじめに

季節予報や異常気象の診断において重要である大気循環の長周期変動は、**テレコネクションパターン**(以下:TP)と呼ばれる特徴的な空間構造を伴って現れやすい。TPの同定には、統計解析がしばしば用いられるが、現象の力学的側面を理解するために、**気候平均場のまわりに線型化した大気モデルの力学演算子を固有値分解**することも行われている。これは力学的には平衡点のまわりの微小振動を求めることに相当するものである。

本研究では、順圧・傾圧等複数の線型大気モデルの固有値解析を複数の解像度の下で行い、得られる長周期固有モード解が観測の統計解析から得られる主要長周期変動モードを再現するかどうかを調べた。更に応用として、得られた長周期固有モードによる、**長周期変動のモード分解**を試みた。

2. 研究手順

1. 再解析データの統計解析による主要変動モード(TP)の抽出
2. 線型大気モデルの固有値分解による長周期固有モードの計算
3. 得られた固有モードによる長周期変動のモード分解

3. 使用線型モデル

球面上の非発散渦度方程式に基づく線型順圧モデル(解像度はT42, T106)と球面上のプリミティブ方程式に基づく2種類の線型傾圧モデル(表1参照)を用いた。

表1 使用した線型傾圧モデル

	モデルA	モデルB (V:鉛直モード数)
水平方向	球面調和関数を用いたスペクトル法	
鉛直方向	差分法	鉛直構造関数を用いたスペクトル法
解像度	T42L10	T42V7L20, T59V7L20, T42V15L36

図2は、T106解像度で得られたPNAとEUが混在したモード。ただし、T106解像度でもTPと思われるモードが十分に分離して抽出されることはなかった。

5.2 傾圧モデル

表2 傾圧モデルの固有値分解の結果

モデル	解像度	抽出されたTP
モデルA	T42L10	EA
モデルB	T42V7L20, T59V7L20	PNA
モデルB	T42V15L36	すべてのTP

ただし、T42V15L36解像度でもすべてのTPが完全に分離して抽出された訳ではなかった。**これが解像度不足によるものなのか、あるいは解像度を更に上げたとしても分離したモードとして抽出できないのかについては今後更に調査する必要がある**。図3は、T42V15L36解像度で得られたPNAに似たモードである。波活動度フラックスより、波列に沿ってエネルギーが伝播していることが分かる。

順圧モデル T106

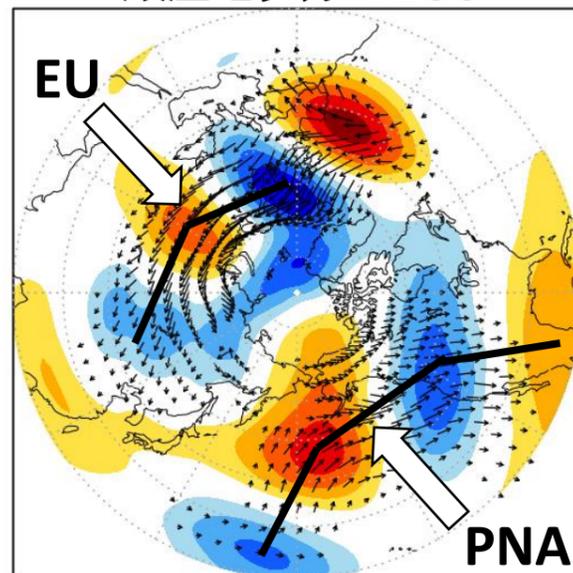


図2 PNAとEUに似たモードの流線関数偏差[$10^7\text{m}^2/\text{s}$] 矢印は高谷・中村の波活動度フラックス。周期約39日。

傾圧モデル T42V15L36

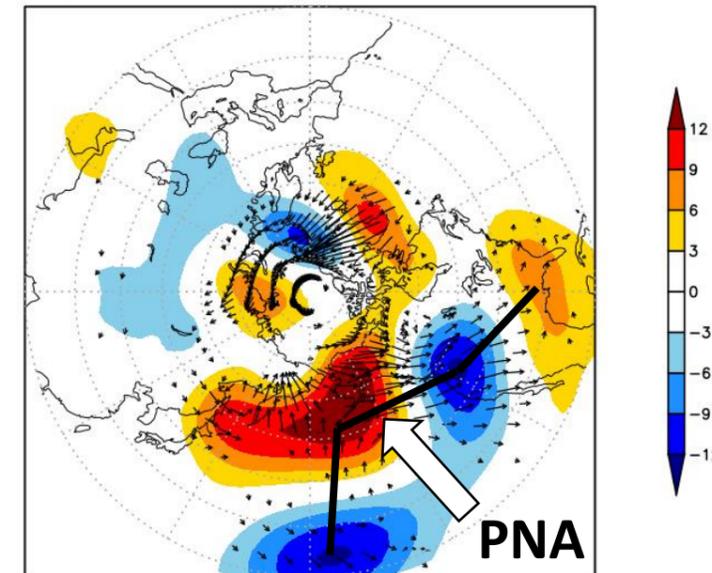


図3 PNAに似たモードの流線関数偏差[$10^7\text{m}^2/\text{s}$] 矢印は高谷・中村の波活動度フラックス。周期約20日。

4. 統計解析による主要変動モードの抽出

JRA-55再解析の1962-63年~1976-77年冬季500hPa高度場のデータ(北緯20度以北)を使用し、相関解析とEOF解析を行った。図1は、**Teleconnectivity map** と呼ばれているもので、各点を基準とする1点相関図のうち、最も大きい負相関の値の絶対値をその点の値としてプロットしたものであり、強い負相関を持つ極値同士が矢印で結ばれている。図から、5つのTPが存在することが分かる。また、EOF解析でも5つのTPが存在することを確認した(図省略)。

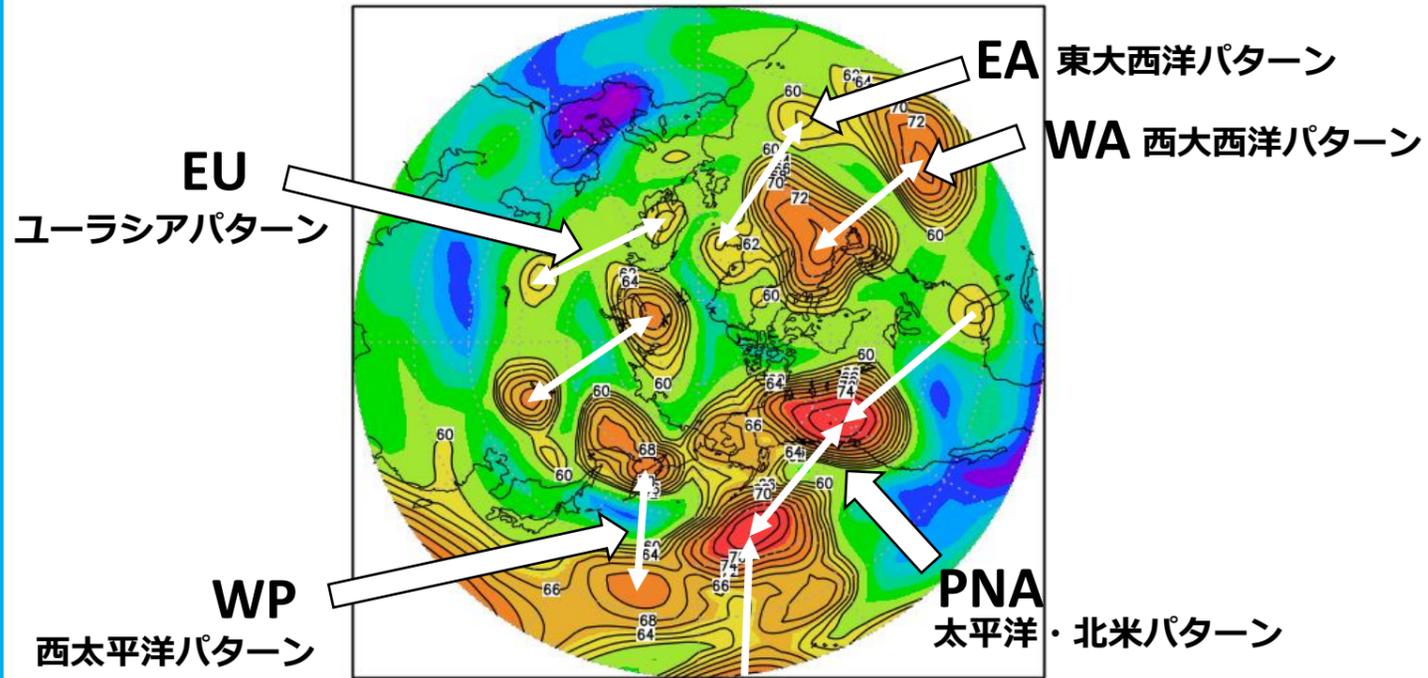


図1 Teleconnectivity map

5. 線型化モデルの固有値解析

・ JRA-55再解析の1962-63年~1976-77年の冬季(DJF)気候平均場を基本場として演算子行列を固有値分解

・ 1種類の順圧モデルと2種類の傾圧モデルを用いて複数解像度に対して行うことで、4.の統計解析で確認された5つのTPが得られるかどうかを調査

5.1 順圧モデル(500hPa)

T42および、T106解像度で演算子行列の固有値分解を行った。T42解像度ではEAのみが抽出され、T106解像度ではEAに加えてPNA、EU、WPも抽出された。

6. 長周期変動のモード分解

・ 線型化モデルの固有値分解で北半球冬季の5つのTPが再現されたが、独立したモードとしては得られなかったため、先行研究でシルクロードパターンが独立したモードとして得られることがわかっている夏季(JJA)の気候値を基本場とした固有値分解を実施。

・ 得られた固有モードの系列で**猛暑**となった**2004年7月**、及び対照的に**低温**となった**2003年7月**の偏差場を展開し、シルクロードパターンの展開係数の時系列を比較。

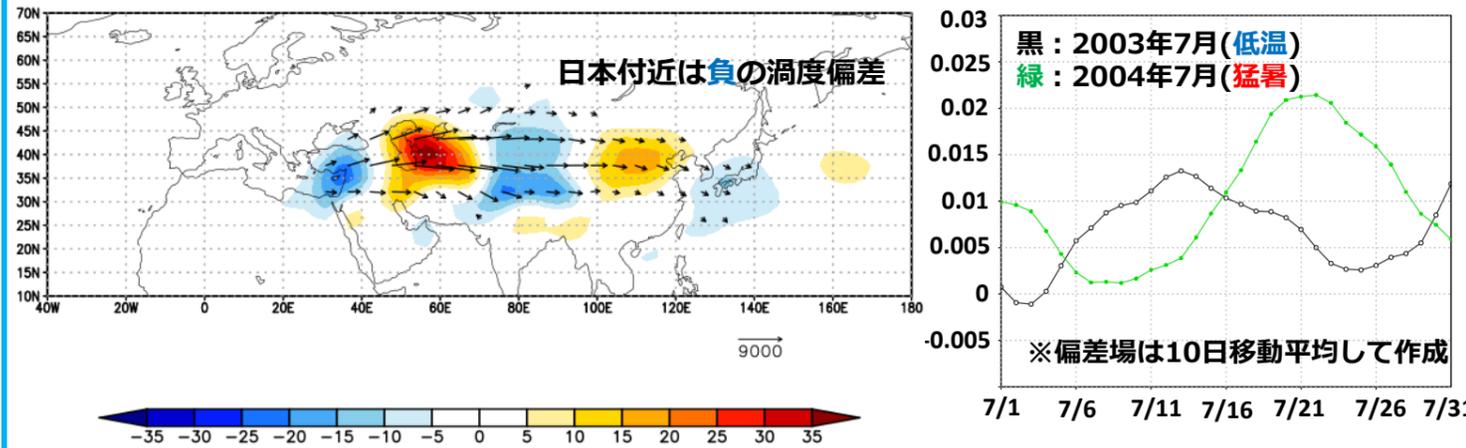


図4 シルクロードパターンに似たモードの渦度偏差[$10^{-5}/s$] 矢印は高谷・中村の波活動度フラックス。定在振動。

図5 シルクロードパターンに似たモードの展開係数の時系列

日本で猛暑となった2004年7月20日頃に展開係数の大きさが大きくなっている。

→2004年7月20日頃には、日本付近が負の渦度偏差となるシルクロードパターンが強まっていたことが証拠づけられる

7. まとめ・今後の課題

・ T42V15L36のモデルBの固有値分解で北半球冬季の5つのTPが再現されたが、独立なモードとしては得られなかった。

・ LBMとしてはモデルBの方がTPの表現性が良い。

・ 夏のシルクロードパターンは傾圧モデルでしか抽出されない**傾圧的**なモードであるが冬季の5つのモードは**順圧的**である。

<課題>

・ より高解像度なモデルBで5つのモードが独立に得られれば、北半球冬季の長周期変動の固有モード分解が可能になる。