

鉛直方向にルジャンドル多項式展開を用いた全球3次元スペクトルモデルとその線型化モデルの構築及び気候学への応用

岸本 昌大

指導教官 村上 茂教 講師

1. 本研究の背景と目的

テレコネクション：

ある地域の大気変動が遠隔地に影響を及ぼすような大規模な相関構造。周期が数週間から数か月あるいはそれ以上であり、繰り返しかつ持続的に現れる。

テレコネクションの解析手法：

統計的アプローチ：メカニズムに迫るには多くの議論が必要
力学的アプローチ：力学的な要因を特定しやすい

線型化モデルの力学演算子行列の固有値解析：

力学的アプローチの一つ
基本場に対する基本振動モードが得られる。
→成長率や周期、パターンの励起に感度が高い領域がわかる

固有値解析の課題と解決の方針：

計算コストがモデルの自由度の3乗に比例して大きくなる。
自由度に対して精度が高いモデルを構築するため、
鉛直方向のスペクトル化を検討する。

目的：

上記のモデルを使い、固有値解析によるテレコネクションの解析を高精度化して、これまで抽出できなかったテレコネクションの抽出を目指す。

2. 方法

2.1. 固有値解析までの流れ

3. 結果

3.1. 先行研究(シルクロードパターン)

- 夏季のテレコネクションで、日本にも影響
- 小笠原高気圧の成因として重要(Enomoto et al., 2003)
- 7月と異なり8月には西部地中海上に偏差が表れない

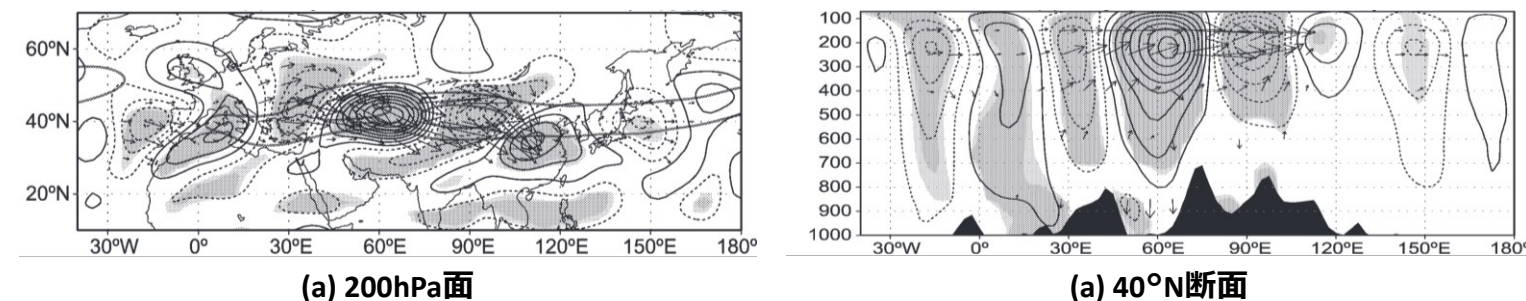


図1：EOF解析による7月のシルクロードパターンの渦度(Kosaka et al., 2009)

3.2. 7月の気候平均場の解析結果(モデルの比較)

60°E付近の正偏差が鉛直スペクトルモデルの方がEOF解析に近い(スペクトル化で鉛直表現が改善)

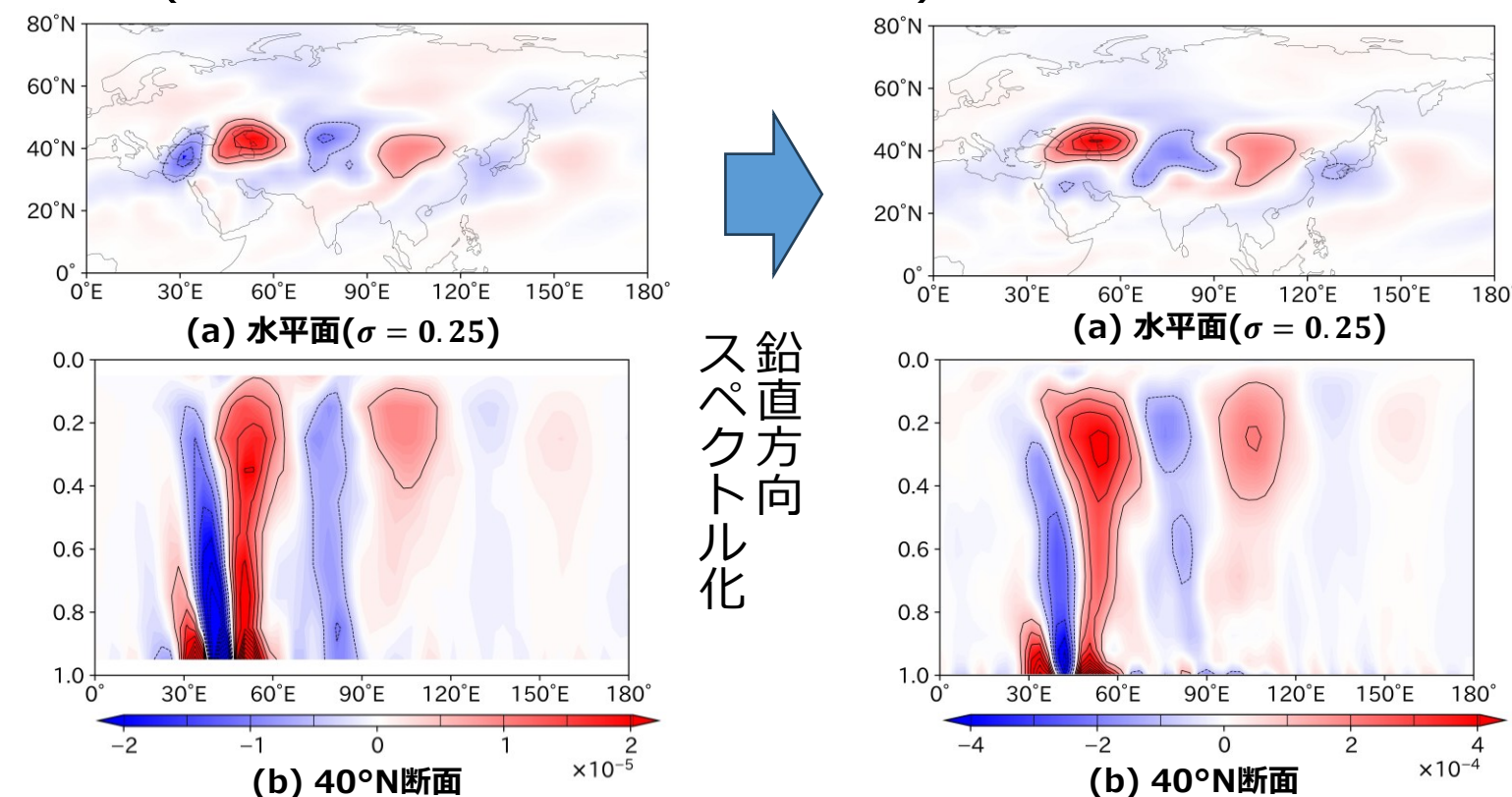


図1：線型鉛直差分モデル

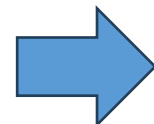
図1：ハイブリッド石岡モデル

非線形モデルの構築
・モデルのテスト



線型化

線型モデルの構築



行列の計算

- ・基本場として気候値を使用



固有値解析

- ・固有値の実部が正のモードのうち振動数が0(定常)・小さい(準定常)ものを探す

2. 2. 先行研究(Ishioka et al., 2022)

基底関数：

- ・水平方向：球面調和関数 $Y_{n,m}(\lambda, \mu)$
- ・鉛直方向：ルジャンドル多項式 $P_l(1-2\sigma)$

温度変数 τ のスペクトル展開に工夫→特異性(大気上端)を解消
小さい自由度で良い精度を持つ

通常の展開

$$\tau(\lambda, \mu, \sigma, t) = \sum_{l=0}^L \sum_{n=1}^M \sum_{m=-n}^n \tau_{n,m,l}(t) Y_{n,m}(\lambda, \mu) P_l(1-2\sigma),$$

石岡らの展開

$$\tau(\lambda, \mu, \sigma, t) = \sum_{l=0}^L \bar{\tau}_l(t) P_l(1-2\sigma) + \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{n=1}^M \sum_{m=-n}^n \tau'_{n,m,l}(t) Y_{n,m}(\lambda, \mu) \sigma P_l(1-2\sigma)$$

2. 3. 構築した線型モデル

線型鉛直差分モデル：

従来型の鉛直差分スペクトルモデルを線型化

線型ハイブリッド石岡モデル：

温度の鉛直展開において、以下の工夫を施した

- ・基本場：通常のルジャンドル多項式展開(特異性なし)
- ・摂動成分：石岡らの展開(特異性を生じる項を含むため)

3. 2. JJA及び6,7,8月の高解像度解析(T42V14)

成長率の大きな定常モードとして、以下の2種類を得た

- ・地中海で強い偏差を持つシルクロード西モード
- ・西アジアで強い偏差を持つシルクロード東モード

西モード+東モードで7月のEOF解析と似た渦度分布になる

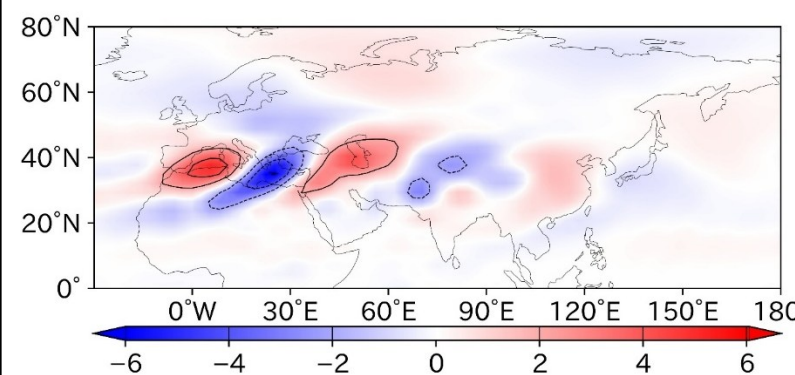


図1:シルクロード西モード $\times 10^{-4}$

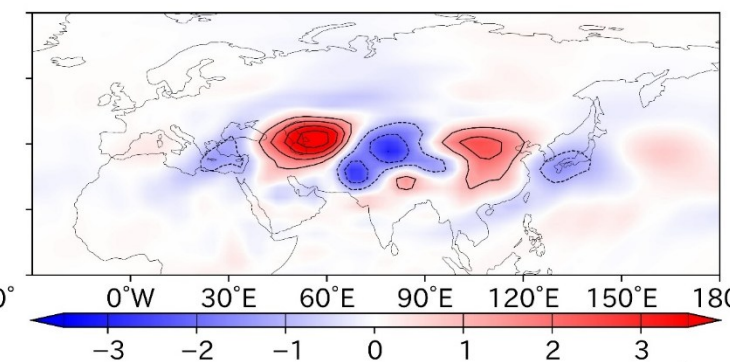


図2:シルクロード東モード $\times 10^{-4}$

6,7,8月の各月の解析では、東モードと、

西モードに似たモードを得た

時定数が各月で異なり、

東モード：各月で10日以内

西モード：6月は9日程度

7,8月は1か月程度



季節進行に伴うEOFモードの
変化が説明できる

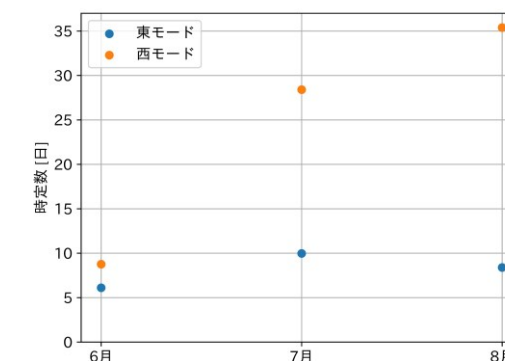


図1:6,7,8月の西モードの時定数
(偏差がe倍に成長するまでの時間)

4. まとめと今後の課題

- ・鉛直方向にスペクトル法を導入したことによって、固有値解析の鉛直方向の表現が改善した
- ・高解像度の解析で、シルクロード西モードを初めて抽出
⇒シルクロードパターンの理解につながる可能性がある
- ・他のテレコネクションの抽出が今後の課題

謝辞

固有値解析の計算には、気象研究所のスーパーコンピュータを使用しました。この場を借りてお礼申し上げます。