

北極振動指数のカオス性の検証と AOI 方程式の導出

*田中博 (筑波大学 CCS) 下悠子 (筑波大学 生命環境院)
平田祥人 (東大生産研) 合原一幸 (東大生産研)

1. はじめに

2009/2010年の冬季は標準偏差の3倍(3 σ)という記録的な負の北極振動(AO)指数により、世界的な寒波に見舞われた(図1)。寒帯ジェットが極端に弱まり、ブロッキング高気圧が北米とヨーロッパで繰り返し発生したため、極渦が崩壊し、北極気団がアメリカ東海岸、ヨーロッパ、東アジアに流れ出した。そのため、これらの地域では記録的な大雪となった。幸い波数3型ではなかったことと、熱帯の高温偏差の影響で、日本の気温は平年並みとなった。

20世紀後半の地球温暖化はAOパターンで進行したが、21世紀に入ってから温暖化が一時的に止まっている。これは北極振動がAOマイナスにシフトした事と関係していると考えられ、地上気温のトレンドは確かにAOマイナスのパターンで進行している。このような北極振動の長期トレンドの原因を考える際に、まずは2009/2010年の-3 σ のAOマイナスの原因を明らかにすることは重要である。

2. AOI 方程式

図1で示したAO指数(AOI)は、筑波大学で開発した順圧Sモデルの状態変数 W とその時系列のEOF-1として得られる構造ベクトル Z の内積 $\langle W, Z \rangle$ で定期される。よって、AOIの時間微分をとり、その状態変数の時間変化項に順圧Sモデルの右辺を代入することで、AO指数の時間変化を与える方程式が導かれる。これをAOI方程式と呼ぶ事にする。このAOI方程式を用いることで、-3 σ のAOマイナスを生じさせた原因を考察することができるので、その結果の統報を紹介する予定である。

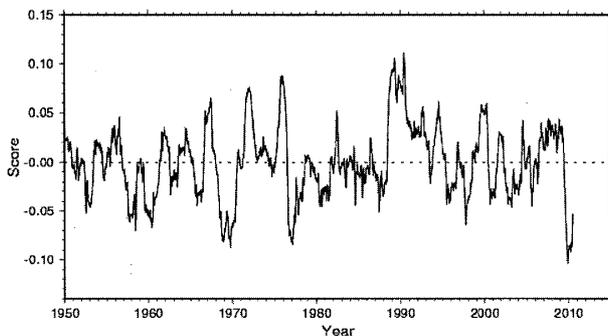


図1 順圧大気で定義した AO 指数

3. 北極振動指数のカオス性

北極振動は確率過程のひとつの Realization としてカオス的に変動することは、IPCC-AR4の気候モデルによるアンサンブル実験からも明らかであるが、AO 指数の時系列データ解析からもそのカオス性を検証することが可能である。北極振動の力学は高次元のシステムであるため、最大リアプノフ指数の定量化は困難であった。そこで、最近提案されたリカレンスプロットを複雑ネットワークとみなし、そのクラスタ係数を統計量として求める手法に、サロゲートデータを用いて検証を行った。

AO 指数の時系列から4種類のサロゲートデータ(図2は擬周期型サロゲートデータ)を39セットそれぞれ発生させ、クラスタ係数の95%信頼区間を1から20までの Embedding dimension を用いて求めた(実線で最大値と最小値を示す)。+印がAO 指数の時系列から求めた統計量である。これら4つのサロゲートデータ解析の結果は、決定論的カオスと整合的であった。

4. まとめ

北極振動は地球大気の固有解のひとつと考えられ、その固有値がゼロとなる特異なモードであることから特異固有解と呼んでいる(Tanaka and Matsueda 2005, JMSJ)。これは持続性が極めて高く、任意の準定常外力に共鳴して励起される他、非定常擾乱によっても自律的に励起される大振幅の内部変動である。今回の解析により、これが決定論的カオスでありその長期予測は極めて困難であることが示唆された。

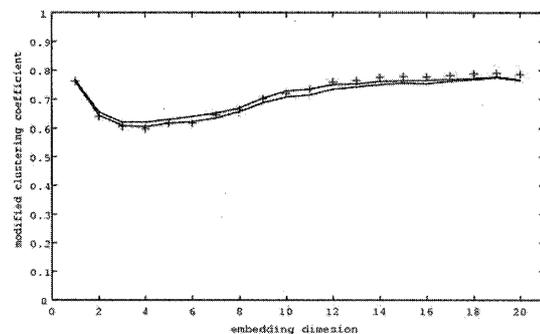


図2 AO 指数のカオス性の検証実験