

異常気象の発生メカニズムと予測可能性に関する数値的研究

Numerical study on the mechanism and predictability of anomalous weather

研究代表者： 向川 均 (京都大学 防災研究所)

mukou@dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp

研究分担者： 谷口 博 (京都大学 防災研究所)

taniro@dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp

担当: 大気大循環モデルを用いた数値実験と解析

近本 喜光 (東京大学 気候システム研究センター)

chika44@ccsr.u-tokyo.ac.jp

担当: 実験結果の考察

塩谷 雅人 (京都大学 生存圏研究所)

shiotani@rish.kyoto-u.ac.jp

担当: 実験結果の考察

研究目的 (Research Objective):

日本における昨年の冬季の高温小雨傾向や、夏季の記録的猛暑など、近年異常気象が世界各地で多発する傾向にあることが懸念されるようになってきた。このような異常気象を引き起こす大気循環場変動のひとつの要因として、熱帯域における季節内長周期変動の影響が挙げられる。Madden-Julian 振動 (MJO) として知られている熱帯域季節内振動は、熱帯大気中の季節内の時間スケールにおいて最も卓越する変動であり、30 日から 60 日の周期で熱帯を東向きに伝播する対流偏差と、それに関連する循環偏差とで特徴づけられる。MJO は、日本を含む中高緯度域の大気循環にも大きな影響を与えるため (Waliser et al., 2003; Jones et al., 2004), その予測可能性を正しく評価することは重要である。また、熱帯域の季節内振動の予測精度が良い場合、日本を含む中高緯度域の予測精度も向上する傾向にあることがこれまでの研究により指摘されている (Ferranti et al., 1990; Tsuyuki, 1990)。しかしながら、熱帯域の季節内振動の予測精度と MJO の活動度との関係については一貫した結果が得られていないのが現状である (Boer, 1995; Jones et al., 2000; 久保田他, 2005)。

我々はこれまでの研究で、気象庁現業アンサンブル予報システムで用いられている初期摂動作成スキーム (BGM 法; Toth and Kalnay, 1993, 1997) の改良を行い、熱帯域の大気循環場の予測可能性評価に適した初期摂動の作成に成功した (Chikamoto et al., 2007, 以降 C07)。そこで本研究では、この改良された初期摂動作成スキームを用いて長期間にわたる初期摂動を作成し、摂動の成長率などの力学的特徴と MJO の活動度との関係について調査を行い、一貫した結果の得られていない MJO の活動度と予測可能性との関係について解析を行う。

実験設定と解析手法 (Computational Aspects and Analytical Approach):

本研究で使用したモデルは、2007 年 4 月に更新され、気象庁現業アンサンブル予報システムで用いられている TL159V0703C (GSM0703) である。初期摂動作成スキームには BGM 法を用いる。本研究で使用する BGM 法は、C07 と同様の改良が施されている。改良点は以下のとおりである: (1) 緯度 20 度より極側の摂動は 0 とする, (2) 熱帯域 20S-20N

における 200hPa 速度ポテンシャル (χ_{200}) ノルムを用いて摂動を規格化する, (3) ノルムの大きさを χ_{200} における気候学的変動の 10.0% とする, (4) 各摂動サイクルにおけるモデル積分時間を 24 時間として摂動を作成する. 求めた初期摂動は 4 メンバーである. 再解析データ JRA-25/JCDAS の日々の値を初期値に用いて, 摂動を加えないコントロールラン 1 ケースと摂動を加えた摂動ラン 4 ケース, の計 5 ケースのアンサンブルメンバを用いる. 境界条件として, COBE-SST から計算した日別 SST (日別気候値 + 初期時刻で計算した気候値からの偏差. 予報期間中は固定) を毎時与える. 初期摂動作成サイクルでの積分時間 (Δt) は 24 時間である. 初期摂動作成サイクルは 1996 年 4 月 1 日から開始し, 2006 年 2 月 28 日までの期間 (~ 10 年間) を解析した.

予報初期日における MJO の活動度, 位相の定義には JRA-25/JCDAS の 200hPa 速度ポテンシャル (χ_{200}) の日平均値を用いる. 1996 年 ~ 2006 年までの χ_{200} の日平均値に 60 日の低域フィルターを施して気候値を作成する. さらに, 気候値からの偏差に対して 30-90 日の帯域フィルターを施す. このようにして得られたデータに対して主成分分析を行い, 第一 (第二) モード EOF1 (EOF2) の時系数 PC1 (PC2) を用いて求められる

$$\sqrt{(PC1)^2 + (PC2)^2} \quad (1)$$

の値で MJO の活動度を定義する. Wheeler and Hendon (2004) に倣い, 式 (1) の 91 日移動平均が予報期間の平均よりも 1.5 標準偏差 (1.5σ) 上回る (下回る) 期間を MJO の活動の活発期 (衰退期) と定義した. また, MJO の位相は, EOF1, EOF2 の時系数 PC1, PC2 の符号で定義した. このようにして定義した MJO の活動度, 位相毎に初期摂動の成長率を計算し, 予測可能性を評価する.

研究成果 (Accumplishments):

改良した初期摂動作成スキームを用いて得られた初期摂動の成長率と MJO の活動度との関係を図 1 に示す. 図 1 の赤 (青) 丸印は, 初期日が MJO 活発期 (不活発期) である場合の誤差成長評価期間に対する 1p 摂動 (最大成長する摂動) の成長率の平均値を示している. MJO の活動度 (活発期, 不活発期) の判定規準を平均値 $\pm 1.0\sigma$ とした場合 (図 1b) には, MJO の活動度に依らず全評価期間にわたって平均成長率に有意な差は見られない. 一方, MJO の活動度の判定規準を平均値 $\pm 1.5\sigma$ とすると, 全評価期間で MJO 不活発期の平均成長率が活発期の平均成長率よりも大きくなる (図 1a). 両者の平均成長率の違いは, 成長評価期間が 10 日を越えると有意となる.

図 2 は, 初期摂動作成期間 (1996 年 4 月 1 日から 2006 年 2 月 28 日) の JRA-25/JCDAS 再解析データの 200hPa 速度ポテンシャル (χ_{200}) の気候値からの偏差に対し 30-90 日の帯域フィルターを施したデータに対する主成分分析結果である. 良く知られているように, 西太平洋の海洋大陸上で変動の大きい第一モードと, インド洋域に変動の中心域が存在する第二モードの構造が現れている. この第一, 第二モードの時系数 (PC1, PC2) の符号により, 基本場 (背景場) の MJO の位相を定義し, $\sqrt{(PC1)^2 + (PC2)^2} \geq 1.5$ の基準を満たす MJO 活発期の各位相毎に求めた 1p 摂動の平均成長率を図 3 に示す. この図 3 から, インド洋域に発散場があるとき (PC2-) に, 最も初期摂動の平均成長率が小さいことがわかる. 次いで, 西太平洋の海洋大陸上が発散場にあるとき (PC1+) に, 初期摂動の平均成長率が小さくなる. 但し, MJO の活動度毎に初期摂動の成長率を評価した場合と比べて, 平均値のばらつき (エラーバー) が大きく, 有意な差が認められるのは評価期間 0 ~ 15 日程度である.

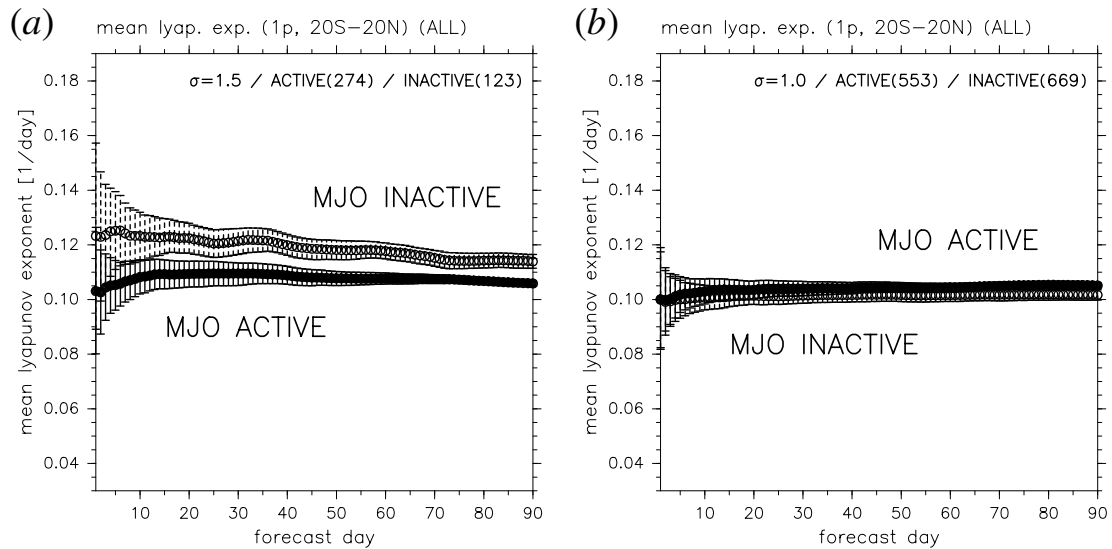


図 1: MJO の活動度毎 (活発期, 不活発期) に各々の評価期間で求めた 1p 摂動 (最大成長する摂動) の平均成長率. 横軸は成長評価期間 (日), 縦軸は成長率 (1/日) である. (a) は, MJO の活発期 (不活発期) を式 (1) の 91 日移動平均が予報期間の平均よりも 1.5σ 上回る (下回る) 期間で抽出した場合の結果, (b) は, 同様に 1.0σ を基準として抽出した場合の結果である. 図中の \bullet 印は活発期, 不活発期の平均成長率, エラーバーはランダムサンプリング法 (ブートストラップ法) により, 信頼区間 95% で評価した各々の平均値の取り得る範囲を示している.

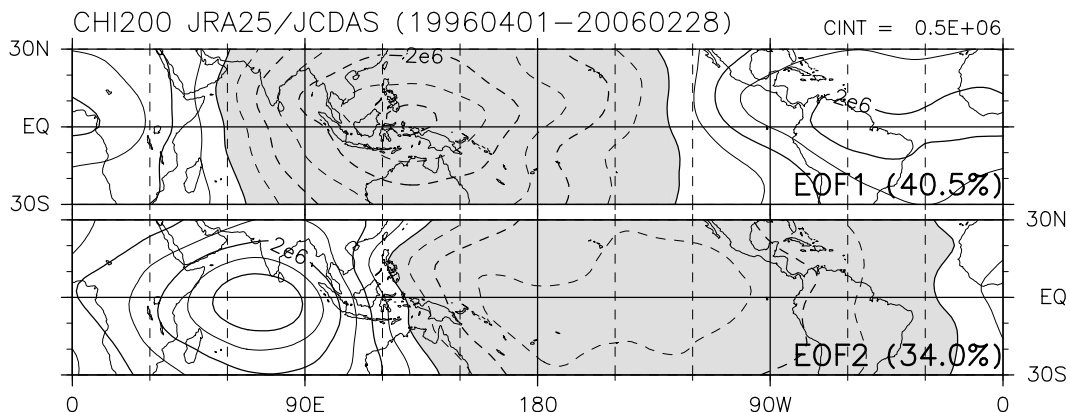


図 2: 初期摂動作成期間 (1996 年 4 月 1 日から 2006 年 2 月 28 日) の JRA-25/JCDAS の 200hPa 速度ポテンシャル (χ_{200}) の気候値からの偏差に対し 30-90 日の帯域フィルターを施したデータに対する主成分分析結果. 上図は第一モード (EOF1), 下図は第二モード (EOF2) の構造である. EOF1, EOF2 の寄与率は, 各々 40.5%, 34.0% である. 等高線間隔は 0.5×10^6 [m^2/s] である. 負の領域 (速度場が発散場となる領域) に陰影を付けた.

改良した初期摂動作成スキームを用いて, 気象庁現業アンサンブル予報システムにより長期間にわたる初期摂動を作成し, 熱帯域季節内振動の活動度や位相と熱帯域大気循環場の予測可能性との関係について調べた. 熱帯域季節内振動の活動度と初期摂動の成長率との関係では, MJO が活発な期間では初期摂動の成長率が有意に小さいことがわかった. これは, MJO 活発期に熱帯域大気循環場の予測精度が良くなることを示唆しており, Jones et al. (2000) の結果を支持するものである. また, MJO に伴う対流圏上層の発散域がインド洋域にあるとき, 初期摂動の成長率が最も小さくなることが示された. また, 西太平洋の海洋大陸上に発散場があるときも, それに次いで初期摂動の成長率が小さい. このことは,

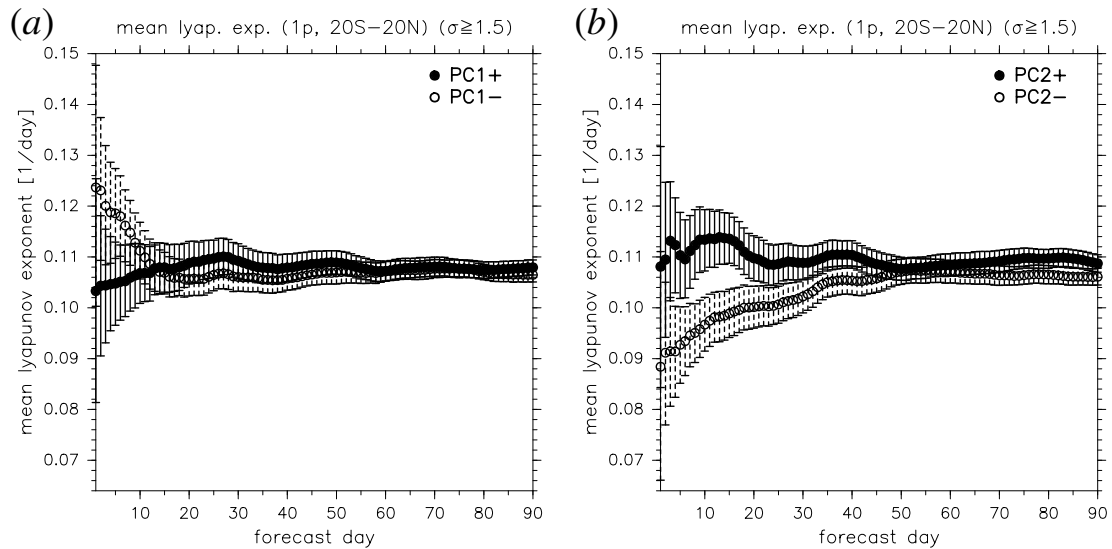


図 3: 活発期にある MJO の位相毎に各々の評価期間で求めた 1p 摂動の平均成長率。横軸は成長評価期間(日), 縦軸は成長率(1/日)である。図中の \bullet , \circ は平均成長率, エラーバーはランダムサンプリング法(ブートストラップ法)により, 信頼区間 95% で評価した各々の平均値の取り得る範囲を示している。(a) は, 第一モード (EOF1, 図 2 上図) の時係数の符号により抽出した事例の結果。EOF1 の時係数が正(負)の場合を PC1+ (PC1-) とし, (\bullet) (\circ) で表示している。(b) は, 第二モード (EOF2, 図 2 下図) の時係数の符号により抽出した事例の結果。EOF2 の時係数が正(負)の場合を PC2+ (PC2-) とし, (\bullet) (\circ) で表示している。但し, (a), (b) 共に $\sqrt{(PC1)^2 + (PC2)^2} \geq 1.5$ となる事例だけを抽出し, 平均成長率を計算した。

インド洋域で MJO が発達期にある時に, 熱帯域大気循環場の予測精度が最も良くなり, 西太平洋域の海洋大陸上を MJO イベントが通り過ぎるまでの期間は, 高い予測精度が持続する可能性があることを示唆している。

公表状況 (Publications): (論文)

1. Chikamoto Y., H. Mukougawa, T. Kubota, H. Sato, A. Ito, and S. Maeda, 2007: Evidence of Growing Bred Vector Associated with the Tropical Intraseasonal Oscillation. *Geophys. Res. Lett.*, **34**, L04806, doi:10.1029/2006GL028450.
2. 谷口 博・向川 均・近本喜光・久保田 拓志・前田 修平・佐藤 均・伊藤 明, 2007: 熱帯域季節内振動の活動度と予測可能性との関係. 平成 19 年度「異常気象と長期変動」研究集会報告. <http://dpac.dpri.kyoto-u.ac.jp/mukou/meeting-07/Report/taniguchi.pdf>

(口頭)

1. 谷口 博・向川 均・近本喜光・久保田 拓志・前田 修平・佐藤 均・伊藤 明. 熱帯域季節内振動の活動度と予測可能性との関係. 2007 年 日本気象学会秋季大会, B118, 札幌, 2007 年 10 月.
2. 谷口 博・向川 均・近本喜光・久保田 拓志・前田 修平・佐藤 均・伊藤 明. 熱帯域季節内振動の活動度と予測可能性との関係. 2007 年 第 5 回「異常気象と長期変動」研究集会, 京都, 2007 年 11 月.