

論文の内容の要旨

論文題目： Detection and dynamics of principal modes of Asian summer monsoon variability.

(北半球夏季アジアモンスーン域の主要変動モード
： その検出と力学)

氏名： 竹見 (安富) 奈津子

アジアモンスーンの変動は、日本をはじめ東アジアから東南、南アジアまで、広範囲にわたる地域の農業、経済など生活と密接に結び付き、大きな影響をもたらしている。長期間の再解析データが入手可能になった現在、海面水温変動や降水量、風などさまざまな要素からインド / 東南 / 東アジア各地域に卓越するモンスーン変動を解析するなど、過去多くの研究が既になされているが、アジアモンスーン域全体にどのような変動が卓越するかという点に関してはまだ十分な研究がなされていない。

そこで本研究では (1) 夏のアジアモンスーン域に卓越する変動モードを同定し、(2) その主要変動モードの形成・維持の力学を解析することを目的とした。

アジアモンスーン域全体で夏に卓越する主要変動モードを過去の北半球中高緯度の解析手法にならい EOF 解析によって求めた。熱帯域の解析ではよく OLR や降水量を相関解析、EOF 解析している例が多いが、下層の循環と対流活動の双方の指標にできる水蒸気フラックスの鉛直積分を用いたほうが、領域全体の変動のより高い割合を説明できる主要変動モードが分離できた。

水蒸気フラックスの鉛直積分を EOF 解析したときの下層の循環と対流活動の水平分布を図 1 に示した。第 1 モード (a) は西太平洋の下層に低気圧性の循環、西太平洋とインドネシア上、南西 - 北東方向に OLR のピークが形成されている。上層 (図は示さない) の収束発散もこの対流活動変動に対応していた。図 1(a) 中□で示した領域の OLR の時間変動は、相関係数 -0.56 で変動している。このことから、西太平洋上の循環偏差と対流活動の南北変動を伴う変動を Pacific-Indo dipole と呼ぶことにする。

一方 EOF 第 2 モード (図 1 b) は ENSO に関連する赤道上の東西の対流活動変動と Nitta(1987) で指摘されている PJ(Pacific-Japan) パターンの両方の成分をもつ変動モードである。ENSO と PJ パターンの変動は相関が低く (0.32) 別の変動であると考えられる。

第 2 モードは ENSO の変動と関係があるので、赤道域の海面水温と高い同時相関をもっているが、第 1 モードに関してはほとんど有意な相関は見られない。

アジアモンスーンと ENSO、PJ パターンの関わりについては多くの論文に指摘がある。Pacific-Indo dipole に関しては主に東アジアモンスーンに関する解析の中で同様の循環パターンが図示されている論文はあるが、このパターンがアジアモンスーン域全体で夏に卓越する変動であると指摘したものはなかった。

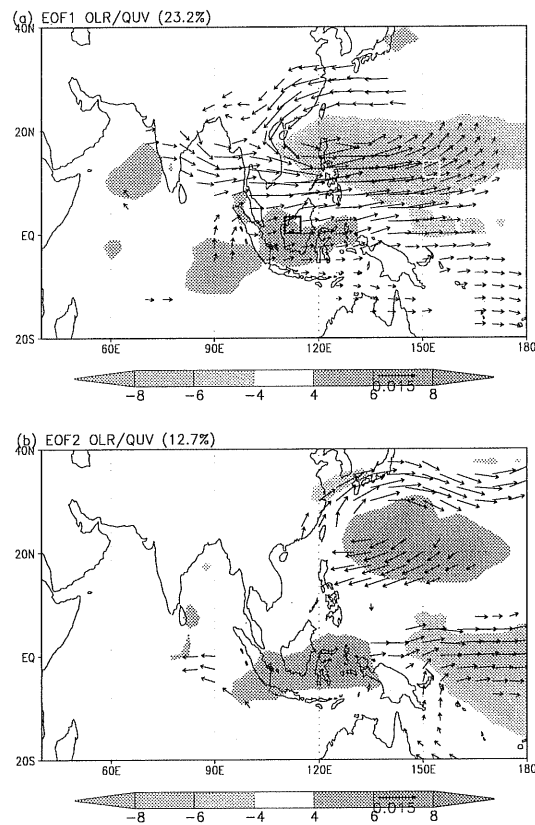


図 1: 水蒸気フラックス鉛直積分の 2 変数 EOF(a) 第 1、(b) 第 2 モードの水蒸気フラックス (矢印)OLR(影)への回帰。信頼度 95% 以上で有意な回帰係数の水蒸気フラックスのみ表示。単位はそれぞれ $\text{m/s}\cdot\text{g/g}$, W/m^2 。□で囲んだ ($150^\circ - 155^\circ\text{E}$, $10^\circ - 15^\circ\text{N}$) と ($110^\circ - 115^\circ\text{E}$, $0^\circ - 5^\circ\text{N}$) の説明は本文を参照。

解析の結果、夏に主要な変動として取り出された Pacific-Indo dipole パターンに着目して、このパターンが形成される力学を考えていくことにする。

パターン形成に関わる要因として (1) 海面水温変動 (2) 夏の気候平均場の力学 (インド洋で下層 / 西風・上層 / 東風、海洋大陸付近の収束) に関して検討し、このパターンが夏に卓越し、フィリピン付近に循環偏差が形成されるのに寄与するかどうかを解析する。

AGCM に気候値の海面水温を与えて時間積分すると、Pacific-Indo dipole パターンが EOF 第 1 モードとして抽出された。このことから、Pacific-Indo dipole パターンは海面水温変動がなくても卓越する、内部変動であることがわかった。

夏の基本場の特徴的な構造が循環パターン形成に寄与しているのか、もししているのならそれはどのような構造か、ということを経線傾圧モデルを用いて確かめる。東西に一樣な基本場に熱源を置くと、線形応答の大きさ・形は緯度のみに依存する。3 次元構造をもった基本場の線形応答は、基本場が非一様であるため熱源の位置によって形を変える。

非断熱加熱を熱源としてインド洋から太平洋を含む ($40^\circ\text{E}-120^\circ\text{W}$, $15^\circ\text{S}-30^\circ\text{N}$) の領域の各格子点上に置いて線形応答を計算し、EOF 解析を行った。応答が基本場に依存していなければ、EOF 解析によって統計的に独立な変動が取り出されることはない。図 2 に線形応答の 850hPa の風の EOF 第 1 モードを示し

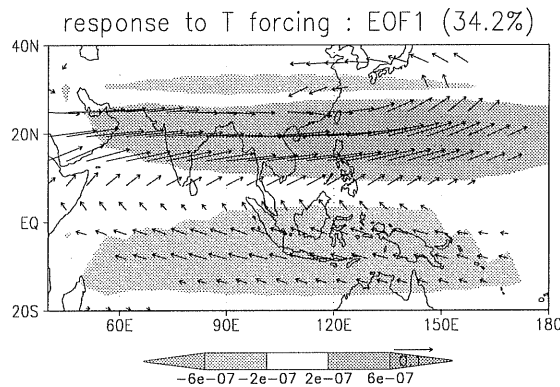


図 2: 線形傾圧モデルで熱帯域に点熱源を与えたときの線形応答の 850hPaU/V 成分の EOF 第 1 モードに対する 850hPa 風ベクトル (矢印) 及び加熱率の回帰。信頼度 95% 以上で有意な水平風の回帰のみ表示。単位はそれぞれ m/s、K/s。

た。図 1(a) に示した再解析データの EOF 第 1 モードとほぼ対応する、フィリピンの北側に循環が形成されている。影をつけた加熱域はこの循環パターンを形成するのに効果的な熱源の分布で、こちらも南北にピークがあり、観測データの対流活動変動の分布とほぼ対応している。

Pacific-Indo dipole パターンは、非断熱加熱が夏の基本場に与えられたときに、基本場が 3 次元的に一樣でない構造をしているために形成されることが確認できた。

夏の気候平均場の 3 次元的に一樣でない構造の、どの要素が Pacific-Indo dipole パターンを形成するのに重要な役割を果たしているのかを調べた。

フィリピン沖の西太平洋に形成される下層の循環偏差パターンは、対流活動と循環、収束の位置関係から、Gill(1980) による赤道から離れた熱源に対する赤道ロスビー応答であると理解できる。一般的に、上層で東風、下層で西風の鉛直シアがあるとロスビー波は下層に限定的に現れる (Wang and Xie, 1996) ことが指摘されている。また、定常ロスビー波は基本場の東西風が緯度方向に変化するとき、 $(\beta - \bar{u}_{yy})/\bar{u} \geq 0$ の場合に存在できる。

下層でこの $(\beta - \bar{u}_{yy})$ を計算すると、熱帯・亜熱帯ではインドからインドシナ半島までの西風域で正の値を持つことから、この領域では定常ロスビー波が励起されうる。西風域の東端、すなわちフィリピン付近の西太平洋上では、擾乱が東西に収束する基本場から運動エネルギーを得て成長する (Simmons *et al.*, 1982) ので、この場所で循環偏差パターンが形成される。

また、西太平洋の収束域には気候平均場の水蒸気が多く分布しているため、この位置で循環偏差パターンが形成されて収束が起こることによって、対流活動が活発になり、P-I dipole パターンは強化される。

夏のアジアモンスーン域では、西太平洋とインドネシア付近で対流活動の南北変動とフィリピン付近の西太平洋沖に下層の循環に伴う Pacific-Indo dipole パターンが主要な変動として卓越する。

この変動パターンは、夏の気候平均場が 3 次元的に非一樣な構造をしていることによって形成・維持される内部変動モードであることがわかった。夏に特徴的な下層の西風域で励起される定常ロスビー波は、海洋大陸付近の収束域で、基本場からの運動エネルギー変換によって強化される。西太平洋に形成された循環偏差によって、海洋上に多く分布する下層の水蒸気が収束して対流活動が強まり、Pacific-Indo dipole の南北の対流活動変動も強化される。