

Walker 循環と赤道波の関係についての解析

理学専攻・情報科学コース

2240638

新井涼子

1 熱帯域の気象

熱帯域は太陽光が垂直に近い角度で入射するため、中・高緯度と比べて、単位面積当たりの太陽エネルギーの量が大きく活発な対流活動を伴う気象現象が見られる。熱帯における気象現象の影響は熱帯域のみならず地球規模に及ぶと考えられている。

熱帯域の海面水温はインド洋と西太平洋で高く、東太平洋で低い傾向がある。赤道域に沿ってインド洋と西太平洋の間に位置する海と陸が混在した東南アジア地域は海大陸と呼ばれ、暖かい海域のため、積雲対流活動が活発で、降水量も多い。熱帯域の海面水温勾配の緩やかな変化は、大気の東西循環である Walker 循環の変動と関連している (Bjerknes 1969)。

また、熱帯域には様々な時間・空間スケールの変動が生じている。エルニーニョ南方振動 (ENSO)、マッデン・ジュリアン振動 (MJO)、赤道波などの現象が熱帯で観測されている。本研究で着目する赤道波は、赤道域に存在する大気および海洋の波であり、Matsuno 1966 と Gill 1980 によって、理論的に導出された。また、Yanai and Maruyama 1966 では観測によって赤道波の存在が確認されている。赤道波の種類としては、ケルビン波、赤道ロスビー波 (ER)、混合ロスビー重力波 (MRG)、慣性重力波がある。

本研究では、赤道波の背景循環場として Walker 循環を仮定して、対流結合した赤道波が背景循環場によってどう変調するかを季節性に焦点を当てながら調べる。

2 使用したデータと季節の区分

- ・外向き長波放射：NOAA Interpolated OLR (1979-2022)
- ・水平風、鉛直速度、海面気圧：NCEP/DOE Reanalysis2 (1979-2022)

季節の分類は気象学での慣例に従い、12-2 月は DJF、3-5 月は MAM、6-8 月 JJA、9-11 月は SON とした。

3 Walker 循環の強さの定義

対流結合した赤道波の背景循環場として Walker 循環を仮定する。先行研究で提唱された Walker 循環の強さを評価するインデックスでは、本研究が着目する、インド洋から西太平洋の上空東西風の強さを十分に反映していないことが判明した。そのため、本研究では東西風のデータを用いた Walker 循環のインデックス、Uwnd インデックスを新しく定義した。Uwnd インデックスは、標準偏差で規格化された東西風の偏差のインド洋上層 (60°E-180°, 10°S- 10°N, 200hPa) における領域平均で定義した。図 1 は、Uwnd インデックスの時系列である。東西風は西風を正、東風を負としており、インデックスの算出に用いた領域は東風となっているため、Uwnd インデックスがより小さな値をとる時に Walker 循環が強く、Uwnd インデックスが大きな値をとる時に Walker 循環が弱いことを示す。

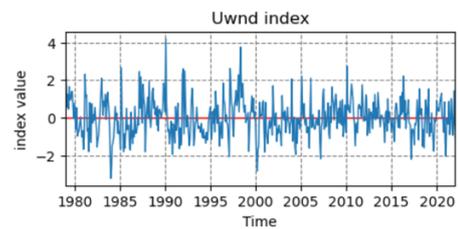


図 1 Uwnd インデックスの時系列

4 OLR のコンポジットの差

図 2 は、Uwnd インデックスが -1 より小さい時と、 1 より大きい時とで OLR のコンポジットをとり、その差を示している。DJF と MAM, JJA と SON の結果がそれぞれ似た特徴を表していることがわかる。

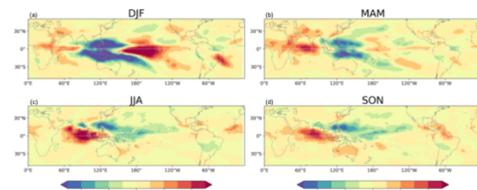


図 2 Uwnd<-1, Uwnd>1 との OLR のコンポジット差

5 OLRの波数-周波数スペクトル解析

対流結合した赤道波の定性的な解析のために、Takayabu 1994, Wheeler and Kiladis 1999 の手法をもとに OLR のスペクトル解析を行った。図 3 は、OLR の波数-周波数スペクトル図を季節ごとと描画したものである。DJF で ER が、MAM でケルビン波が、JJA や SON で MRG が卓越することが確認できる。これらの結果は Masunaga 2007 と整合的であった。

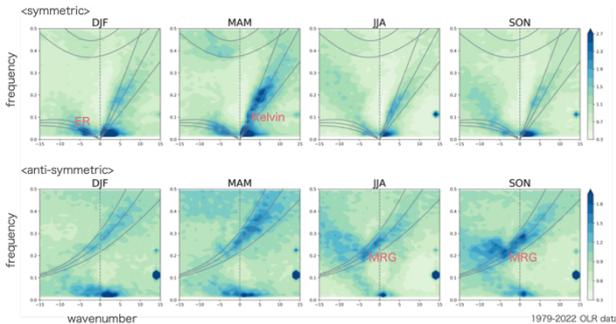


図 3 OLR の波数-周波数スペクトル解析

Hayashi 1970 では、ケルビン波が西風を加速させ、ER や MRG が東風を加速させることが示唆されている。そこで、Uwnd インデックスの大きさに場合分けした期間について、OLR の波数-周波数スペクトル図を描画することで、赤道波と背景循環場との関係を調べた。図 4 は、Uwnd インデックスが-1 より小さい時の OLR の波数-周波数のパワースペクトルを 1 より大きい時のパワースペクトルで割ったものである。図 4 では、インド洋上空の東風が強い時に顕著だったシグナルが赤、東風が弱かった時に顕著だったシグナルが青で示されている。東風が強い時に ER や MRG が卓越し、東風が弱い時にケルビン波が卓越することが確認できるが、例外的に、JJA では東風が弱い時に MRG が卓越する結果となった。

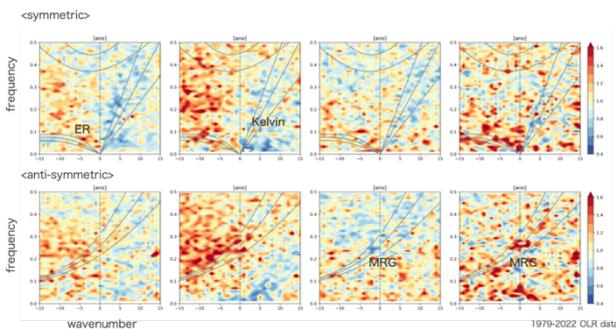


図 4 OLR の波数-周波数スペクトル図 (Uwnd<-1 の時を Uwnd>1 の時のパワースペクトルで割った商)

また、東半球と西半球では背景循環場が異なることを考慮して東半球と西半球のそれぞれでスペクトル解析を行った (図 5)。両者を比較すると、シグナルが強く出る等価深度が東半球で浅く、西半球で深い。これは、海大陸を擁し、対流活動が活発な東半球では大気が湿潤であり、西半球では、東半球と比べると大気が乾燥していることが表れているのではないかと考えられる。

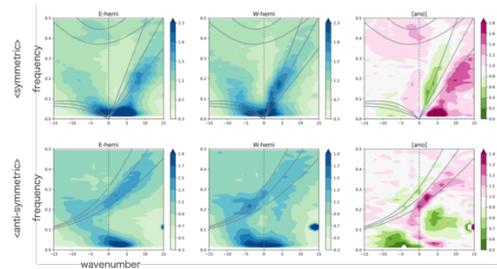


図 5 東西半球ごとの OLR の波数周波数スペクトル図

6 今後の課題

本研究では、対流結合した赤道波と背景循環場の関係を主に OLR の波数-周波数スペクトル解析を用いて調べた。季節ごと、Uwnd インデックスの値ごと、東西半球ごと、に波数-周波数スペクトル図を描画した。ただし、東半球・西半球ごとの解析では、等価深度の差について、ドップラーシフトの影響を考慮できていない。今後、ドップラーシフトの効果を調べることで等価深度の差をより正確に評価できると考えられる。また、JJA については先行研究から期待される結果と異なる点が多くみられた。この結果についても、何が要因であるかを詳しく調べていきたい。

引用文献

- Bjerknes, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Weath. Rev.* 97, 163–172 (1969).
- Gill AE (1980) Some simple solutions for heat-induced tropical circulation. *Q J R Meteorol Soc* 106:447–462
- Hayashi, Y., 1970: A theory of large-scale equatorial waves generated by condensation heat and accelerating the zonal wind. *J. Meteor. Soc. Japan*, 48, 140-160.
- Masunaga, H., 2007: Seasonality and regionality of the Madden-Julian oscillation, Kelvin wave, and equatorial Rossby wave. *J. Atmos. Sci.*, 64, 4400–4416, doi:10.1175/2007JAS2179.1.
- Matsuno, T. (1966), Quasi-geostrophic motions in the equatorial area, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 44, 25–43.
- Takayabu, Y. N. (1994). Large-scale cloud disturbances features associated of the with cloud equatorial disturbances waves. Part I: Spectral features of the cloud disturbances. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 72(3), 433– 449.
- Wheeler, M., & Kiladis, G. N. (1999). Convectively coupled equatorial waves: Analysis of clouds and temperature in the wavenumber–frequency domain. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 56(3), 374– 399.
- Yanai, M. & Maruyama, T. Stratospheric wave disturbances propagating over the equatorial Pacific. *J. Meteorol. Soc. Jpn* 44, 291–294 (1966).