Meteorological Society of Japan

3次元ノーマルモード展開を用いたMJOのエネルギースペクトル解析

*山上晃央[1], 田中博[2]
1:筑波大院生命環境, 2:筑波大計算科学

1. はじめに

Madden-Julian 振動 (MJO) は，赤道波とは異なる位相速度とスペクトル，降水域周辺の4つの渦などによって特徴づけられる．MJO を抽出する手法としてはこれまで先行研究で様々な手法が用いられている．その1つとして Wheeler and Hendon (2004, MWR) による Real-Time Multivariate MJO(RMM) index は，OLR と上下層の東西風から EOF を用いて MJO を抽出した．

MJO のメカニズムには下層収束や湿潤過程が重要とされている．また，Yamagami and Tanaka (2014, SOLA) では3次元ノーマルモード展開による重力波モードのみを用いたスペクトル線形傾圧モデル (LBM) によって，固有モードとして MJO の構造の不安定モードが存在することを示した．しかし，実際の MJO に対しての重力波モードの重要性は示されておらず，また，LBM では非線形相互作用は考慮されていない．今回は RMM インデックスを用いて JRA-55 から MJO の構造を抽出し，その構造やエネルギーをロスビーモードと重力波モードに分離して解析を行った．

2. 解析手法

JRA-55 を用いて，時間フィルターをかけた各変数 $\mathbf{U} = (u, v, \phi')$ と T, ω を RMM に回帰することで MJO の構造を抽出した．

抽出した MJO の構造に対して，以下の式で定義される Tanaka (1985, JMSJ) の3次元ノーマルモード展開を行い，エネルギースペクトル E_{nlm} を計算する．

$$w_{nlm}(t) = \langle \mathbf{U}, \mathbf{X}_m^{-1} \mathbf{\Pi}_{nlm} \rangle$$

$$E_{nlm} = \frac{1}{2} p_s h_m |w_{nlm}|^2 \quad (n \geq 1)$$

ここで，w_{nlm}:3次元ノーマルモード展開係数，n, l, m: 東西，南北，鉛直モード，$\mathbf{\Pi}_{nlm}$: 3次元ノーマルモード関数，$\mathbf{X}_m$: スケール行列，p_s:地上気圧，h_m:等価深度を表す．これにより各変数やエネルギースペクトルについてロスビーモード，重力波モードそれぞれに分離し，MJO の構造に対する重力波モードの寄与について解析した．

3. 結果

図1は RMM1 に回帰した対流圏下層での発散場を各モードに分離した図である．これれより，発散場はほとんど重力波モードに含まれており，MJO の重要な構造である下層収束，上層発散の構造はほとんど重力波モードが担っていることがわかる．図2は RMM1 による MJO の構造の東西波数，鉛直モード別エネルギースペクトルである．ロスビー，重力波どちらのモードも $n = 1, m = 4$ にエネルギーピークが存在する．$m = 4$ は対流圏で逆の位相となるモードであり，MJO の構造を反映していると考えられる．また，エネルギーピークにおいては重力波モードとロスビーモードのエネルギーが同じオーダーとなっている．

4. まとめ

RMM インデックスを用いて MJO の構造を抽出し，3次元ノーマルモード展開を用いてロスビーモードと重力波モードに分離してその構造を比較し，エネルギー解析を行った．その結果，MJO に伴う発散場についてはほとんど全て重力波モードに含まれていること，エネルギーも重力波モードの寄与が大きく，MJO に対する重力波モードの重要性が示された．また，エネルギーピークは $n = 1, m = 4$ に存在し，Yamagami and Tanaka (2014) の MJO モードと同様の結果となり，重力波モードの不安定解析による MJO モードが励起されている可能性が示唆された．

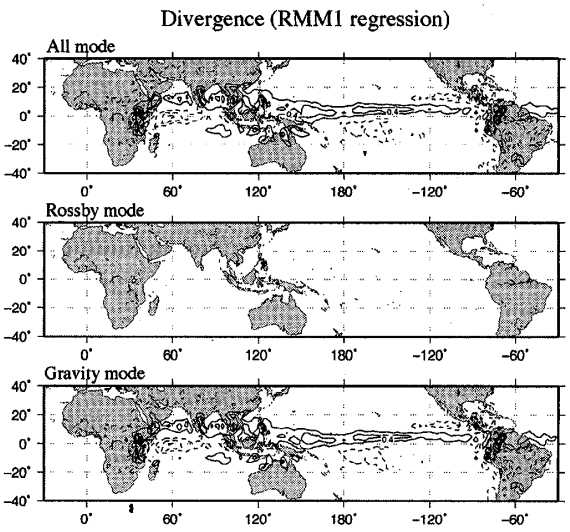

図 1: 全モード，ロスビーモード，重力波モードに分離した約 850hPa での発散場．実線が収束，破線が発散を表している．単位は $10^{-6}[\mathrm{s}^{-1}]$.

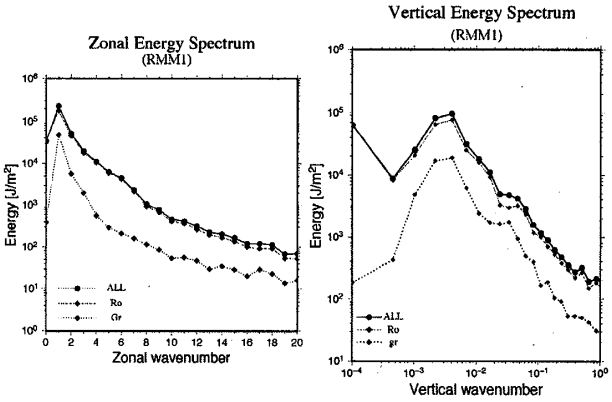

図 2: 東西波数 (左) と鉛直モード別 (右) のエネルギースペクトル．黒が全ての，赤がロスビーモード，青が重力波モードのエネルギーを示す．単位は $10^{-2}[\mathrm{J/m}^2]$.

NII-Electronic Library Service