

大気海洋結合のある浅水波方程式系において導出された位相速度の遅い東進モード

佐藤尚毅 (東京学芸大学/JAMSTEC 地球環境変動領域)

1 はじめに

MJO は熱帯域における主要な季節内変動であり、インド洋から西太平洋にかけての領域を数 m/s 程度でゆっくりと東進するが、この位相速度はケルビン波と比べてかなり遅い。このような遅い東進のメカニズムはいまだに解明されていない。これまでの研究例では、数値実験により大気海洋結合の重要性が示唆されているが、方程式系の固有モードとして MJO の存在を説明しようとする研究は行なわれてこなかったようである。近年では衛星観測の進展により、MJO に伴う海面水温 (SST) の変動が明らかになってきた。そこで、本研究では観測事実に基づいて大気海洋結合を簡略化して表現し、それを赤道 β 平面における浅水波方程式に取り入れることによって、MJO に対応するようなモードが現れるか検討する。

2 ケルビン波型のモード

本研究では赤道 β 平面における浅水波方程式は次のように書く。

$$\frac{\partial}{\partial t} u - yv = -\frac{\partial}{\partial x} h \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} v + yu = -\frac{\partial}{\partial y} h \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} h = -\frac{\partial}{\partial x} u - \frac{\partial}{\partial y} v - \kappa T \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} T = -u \quad (4)$$

第3式の右辺第3項は、SST 偏差による大気への強制を表している。また第4式では、西風基本場のもとで正の東西風偏差が生じると、海上風速が増大し、SST が低下することを考慮している。第3式の右辺第3項の κ は大気海洋結合の強さを表している。従来の浅水波方程式系と同様に $v=0$ という条件のもとで方程式を解いてみる。 $\kappa=0$ の場合は $\omega=k$ という古典的な解が得られる。観測事実に基づく現実的な値として $\kappa=0.02$ とすると、分散関係は図1のようになる。従来の浅水波方程式 ($\kappa=0$) においては、実数の東西波数 k に対して振動数 ω は常に実数であったが、 $\kappa>0$ の場合には k の値によって ω が虚数成分を持つようになる。これは成長モードが現れることを意味している。図1を見る

と、 $k>0.227$ (東西波長 28000km 以下に相当) では、従来の解に近い実数解と、従来の解よりもずっと小さい実数解のふたつが存在することが分かる。つまり、古典的なケルビン波とは独立な、位相速度の遅い東進モードが存在することを示している。一方 $k<0.227$ では ω が虚数成分を持つ。これは不安定 (成長) 解が存在することを意味している。 $k>0.227$ における ω が小さいほうの解や、 $k<0.227$ における不安定解は、現実の MJO の波長や位相速度に対応しているように見える。つまり、現実の大気においても MJO が大気海洋結合系の不安定モードとして成長している可能性がある。

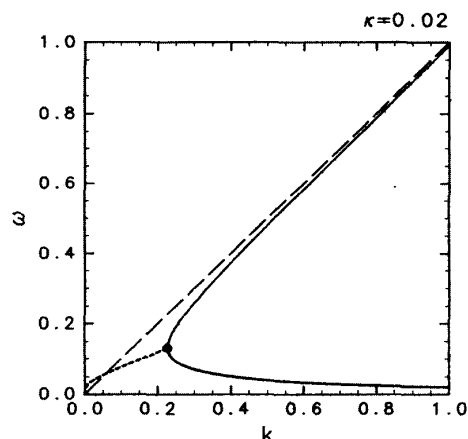


図1: $\kappa=0.02$ におけるケルビン波型モードの分散関係。実線は ω 実数の解、点線は ω 複素数の場合の実数成分。破線は $\kappa=0$ の場合。

なお、 $v \neq 0$ を仮定したロスビー波型モードとしても、観測された MJO に近い分散関係を持つ解が得られる (図は省略)。

3 考察

赤道 β 平面における浅水波方程式に大気海洋結合を取り入れることによって、MJO に対応する遅い東進成分の存在を説明することを試みた。 $v=0$ を仮定した場合に得られるケルビン波型モードとして、現実の MJO に近い分散関係を持つモードが得られた。このモードは、大気海洋結合がない場合にも得られるケルビン波とは別のものである。つまり、古典的なケルビン波と MJO が共存することが整合的に説明されている。特に東西波数が小さい場合には、不安定解が存在し、現実大気の MJO が不安定モードとして成長している可能性を示唆している。