

熱帯低気圧の最大強度に対する内部コアの非軸対称成分の寄与

辻野 智紀・坪木 和久 (名古屋大学 地球水循環研究センター)

1. 研究目的

熱帯海洋上で発生する熱帯低気圧 (以下 TC) は、発達過程においてその渦の中心に対して軸対称な構造をとり、成熟期ではほぼ軸対称な渦と考えることができる。このことから、成熟期における TC の最大強度に関する数値的研究の多くは、TC を軸対称な 2 次元の渦であると仮定して行われている (例えば, Bryan and Rotunno (2009) (以下 BR09))。しかし、多くの観測や 3 次元モデルによるシミュレーションから、TC の発達に伴い、渦ロスビー波やレインバンドといった非軸対称成分が存在することが示されている。これらは、軸対称を仮定したモデルでは表現することができない。実際、Yang et al. (2007) は、2 次元軸対称モデルと 3 次元モデルを用いた数値実験を行い、3 次元モデルでは、非軸対称成分によって TC の強度が弱くなるという結果を得ている。

そこで、本研究では 3 次元の非静力学モデルを用いて、成熟期の最大強度が異なる TC の非軸対称成分が最大強度に与える寄与を調べた。BR09 は軸対称モデルでシミュレートした理想的な TC の最大強度が海面交換係数の比、 C_E/C_D に依存することを示した (C_E は熱交換係数、 C_D は運動量交換係数)。そこで、 C_E/C_D に対する TC の最大強度依存性を 3 次元モデルで検証する。次に、その結果得られた最大強度の異なる TC の非軸対称成分が最大強度に対して与える影響を角運動量、エネルギー収支解析から定量的に見積もることで、TC の最大強度に対する非軸対称成分の寄与を考察する。

2. 数値モデル・実験条件

本研究では、名古屋大学地球水循環研究センターで開発された非静力学雲解像モデル (CReSS; Cloud Resolving Storm Simulator) を用いた。モデルの基本設定は以下のとおりである。水平解像度は 4km、計算領域は 2000km × 2000km、鉛直は 40 層のストレッチングで最下層は 50m とした。コリオリパラメータは領域にわたり一定で、緯度 15° での値を用いた。初期値とした力学場は Sawada and Iwasaki(2010) を参考に、式

$$v(r, z) = \frac{10\text{km} - z}{10\text{km}} \frac{40 \times (r/120\text{km})}{1 + (r/120\text{km})^3}, \quad (z \leq 10\text{km})$$

で評価した軸対称な低気圧性の渦を計算領域中心に配置した。ここで、 r, z は円筒座標系における動径方向と鉛直方向の座標であり、 r は渦の中心を原点にとる。 v は円筒座標系でみた接線方向の風速である。大気場は JAMSTEC の観測船「みらい」(MR10-03 航海) で得られたラジオゾンデ観測データを水平方向一様に与えた。海面水温は 30° で水平一様に与え、水温の時間発展はしない。側面境界条件は open boundary、鉛直境界条件は固定境界でスポンジ層を上層 17km 以上に設定した。海面フラックスはバルク法で評価し、 C_E, C_D は Kondo (1975) で計算した値をコントロールランの設定とした。これらの設定で時間積分を行い、最大風速の時間変化が準定常状態に達したときの値を TC の最大強度と定義した。感度実験ではこれらの係数について、コントロールランで用いる値から増加 (×1.5) させた計算と減少 (×0.5) させた計算を表 1 の組み合わせで行い、TC の最大強度の依存性を検証した。さらに、非軸対称成分の影響を解析するために、Wang (2002a,b) における解析手法を用いて、角運動量収支解析を行った。

3. 実験結果・考察

図 1 は、各実験に対する最大風速の時間変化である。この

結果から、理想化した TC の最大強度は C_E/C_D の比とともに大きくなる傾向にあることがわかる。ただし、D0.5 と E1.5D0.5 の最大強度については、運動量交換係数の値が小さいため、下層での摩擦収束によるインフローが弱く、海面からの水蒸気の壁雲域への供給が少なく、準定常状態にまだに到達していないと考えられる。

次に、図 2 は E1.5 の成熟期における接線平均風からの偏差成分 (以下、非軸対称成分) による TC の角運動量の時間変化 (平均風の加減速) の分布を表す。これより、壁雲域 (≈ 40 km の中層および最下層) で非軸対称成分による角運動量の時間変化が負になっている。このことから、非軸対称成分は TC の最大強度に位置する壁雲域での平均風を減速するように作用していることがわかる。

実験名	CTL	D0.5	E1.5	D1.5	E1.5D1.5	E1.5D0.5
C_E	×1.0	×1.0	×1.5	×1.0	×1.5	×1.5
C_D	×1.0	×0.5	×1.0	×1.5	×1.5	×0.5

表 1 各実験設定。

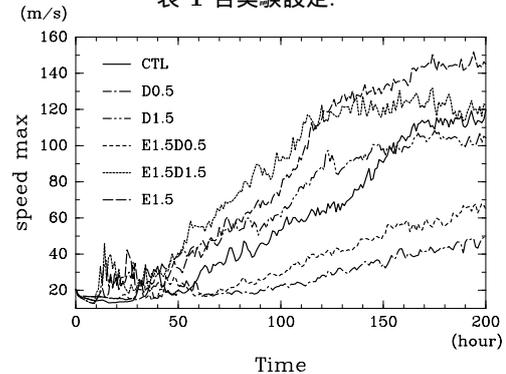


図 1 各実験での最大風速。

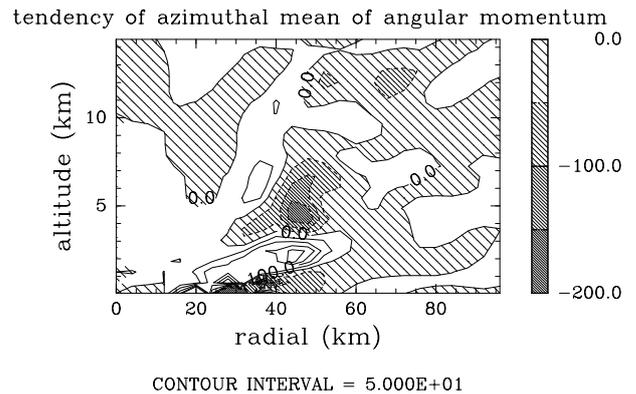


図 2 E1.5 の成熟期において、非軸対称成分による TC の角運動量の時間変化 (平均風の加減速) の動径 鉛直分布。(単位は m^2/s^2 , 負の領域にのみ斜線を施した。)

4. まとめ

本実験の結果から、3 次元数値モデルを用いてシミュレートされた理想化した TC は最大強度が海面交換係数の比に依存することが示された。さらに、角運動量収支解析を行い、非軸対称成分が TC の最大強度に位置する壁雲において平均風を弱めるように作用していることを示した。発表では各実験ごとの解析結果と、エネルギー収支解析の結果についても考察し、非軸対称成分による最大強度への寄与について検証する。