

理想化した熱帯低気圧における多重壁雲の構造と壁雲の置き換わりの関係

* 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

強い熱帯低気圧はまれに、同心円状の壁雲を複数有することがあり、多重壁雲 (Concentric Eyewall) と呼ばれる。多重壁雲は一度形成されると、内側の壁雲がゆっくりと減衰し、外側の壁雲が徐々に内側に収縮するという壁雲の置き換わり (Replacement) が起こる。しかし、多重壁雲の形成後、壁雲の置き換わりが必ず起こるとは限らない。2012 年の台風 15 号 (Bolaven) は多重壁雲が形成されてから少なくとも 1 日以上維持しており、明瞭な壁雲の置き換わりは見られなかった (辻野・坪木, 2013; 秋季大会)。このように、多重壁雲と壁雲の置き換わりの間にどのような関係があるかという点については未解明な部分が多い。

本研究では、特に多重壁雲の構造と壁雲の置き換わりについて注目する。3次元非静力学モデルを用いて理想化した熱帯低気圧における多重壁雲の構造に関するパラメータスイープ実験を行う。そして、各実験における多重壁雲の構造の違いと壁雲の置き換わりの関係について調べる。

2. 数値モデル・実験設定

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 3次元非静力学モデル (CReSS; Cloud Resolving Storm Simulator, Tsuboki and Sakakibara, 2007) を用いた。初期値は Terwey and Montgomery (2008; 以降 TM08) における多重壁雲の理想化実験を参考に

$$V(r, z) = -\frac{fr}{2} + \sqrt{\left(\frac{fr}{2}\right)^2 - \frac{2r^2\theta_{v0}\pi'}{(r^2+a^2)}}, \quad (1)$$

$$\pi' = \frac{B_0 a^2 H}{(a^2+r^2)\pi} \left\{ \frac{1}{2} \cos\left(\frac{2\pi z}{H}\right) - 0.2 \cos\left(\frac{\pi z}{H}\right) - 0.7 \right\}$$

で与えられる低気圧性回転の軸対称な風場を初期渦とした (V = 軸対称接線風, r, z = 円筒座標系の動径方向と鉛直方向, f = コリオリパラメータ, π' = エクサー関数の環境場からのずれ, $a = 75$ km, $H = 8$ km, θ_{v0} = 仮温位)。熱力学場については Jordan (1958; 以降 J58) で得られた熱力学場の鉛直 1 次元データを用いた。さらに初期の温位摂動を初期渦の中心から半径 100 km に振幅 2 K の大きさで与えた。初期渦以外の平均流成分はない。コリオリパラメータは 15° の値を用い、 f 面近似を行った。水平解像度は 2 km, 鉛直方向には 45 層でストレッチングを行った。最下層の鉛直解像度は 100 m, 計算領域は 2000 km \times 2000 km \times 22.5 km をとった。積分時間は 500 時間まで行った。側面境界条件は open boundary, 鉛直境界条件は固定境界, 鉛直方向にはスポンジ層を上層 17km 以上に設定した。海面水温は各実験全て固定値を用いた。雲物理過程は氷相を考慮したバルク法パラメタリゼーション, 乱流過程は 1.5 次の乱流運動エネルギーを予報するクロージャースキーム, 海面はバルク法パラメタリゼーション (Kondo, 1975) を用いた。

本研究では、多重壁雲の構造についてパラメータスイープ実験を行う際、TM08 で提唱されている考え方を元に、多重壁雲の構造が接線風の動径方向の分布で変化すると仮定した。これは熱帯低気圧の最大強度に依存すると考えられる。そこで、最大強度を変化させるパラメータ (海面水温と大気鉛直温度分布) に関して 4 つの数値実験を行った (表 1)。

3. 結果

図 1 は各実験における接線平均した高度約 5 km の鉛直流の動径方向の時間変化である。CTL, S302 実験は積分開始 400 時間程度で複数回の多重壁雲形成と壁雲の置き換わ

りを経験している。一方、ST302 では積分開始 250 時間付近で多重壁雲が形成されたが明瞭な置き換わりが見られなかった。ST300 では多重壁雲を形成しなかった。

図 2 は積分開始 430 時間における CTL (上) と ST302 (下) の接線平均した鉛直風の動径 - 高度断面である。CTL では外側壁雲の形成場所が中心に近く、その鉛直方向の傾きが内側壁雲と同程度であることがわかる。一方、ST302 では外側壁雲の形成場所が中心から遠く、鉛直方向の傾きが内側壁雲よりも外側に傾いているということがわかる。

4. まとめ・考察

3次元非静力学モデルを用いて、理想化した熱帯低気圧の多重壁雲構造に関するパラメータスイープ実験を行った。実験のうちいくつかは顕著な多重壁雲を形成し、壁雲の置き換わりに関して大きく異なる結果を示した。置き換わりが見られる実験では外側壁雲の形成した位置が中心から比較的近く、鉛直方向には内側壁雲とほぼ同じ程度の割合で傾いていた。一方、置き換わりが見られなかった実験では外側壁雲の位置が中心から比較的遠く、鉛直方向に内側壁雲より大きい割合で傾いていた。これらの実験と多重壁雲の構造から、壁雲の置き換わりにはその形成位置と鉛直方向の傾きが関係していると考えられる。今後はさらにいくつかのパラメータスイープ実験を行い、壁雲の置き換わりにおける多重壁雲の構造変化を調べる。

表 1 各実験における設定。J58+1, J58+3 は J58 で観測された温度にそれぞれ 1 K, 3 K 増加させた。

実験名	CTL	S302	ST302	ST300
SST (K)	301	302	302	300
sounding	J58	J58	J58+3	J58+1

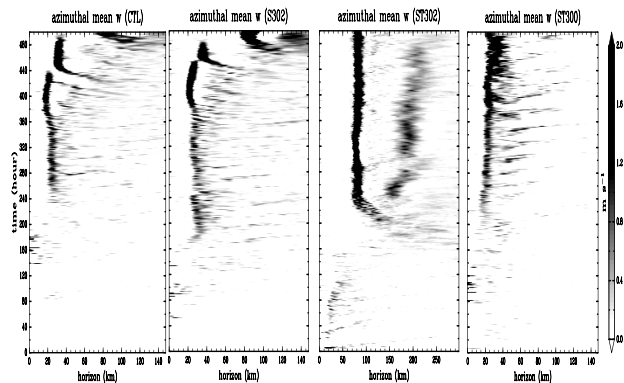


図 1 各実験における接線平均した高度約 5 km の鉛直流 (m/s)。それぞれ左から CTL, S302, ST302, ST300。

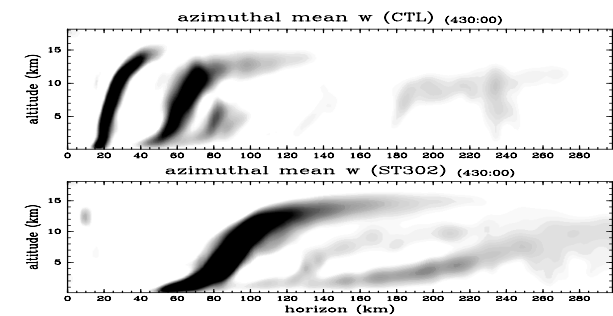


図 2 積分開始 400 時間後における接線平均した鉛直風の動径 - 高度断面。(単位は m/s)。上が CTL, 下が ST302。