

理想化した熱帯低気圧に伴う長寿命多重壁雲の維持メカニズム

* 辻野 智紀・坪木 和久

名古屋大学 宇宙地球環境研究所

1. 研究目的

強い熱帯低気圧 (TC) に伴う多重壁雲は TC の強風半径を広げる。また、多重壁雲が置き換わりを起こすと、1 日以内で顕著な強度変化をもたらす。このため TC の強度予報の観点から置き換わりについての研究は多く行われている (例えば, Zhou and Wang, 2011)。しかし, Yang et al. (2013) は統計解析から、北西太平洋域における多重壁雲を伴う TC のうち多重壁雲構造が長期間維持される (置き換わりを起こさない) TC では置き換わりを起こす TC に比べて、TC の強度が強い傾向にあることを示し、長寿命多重壁雲の維持メカニズムを解明することが必要であると指摘している。

本研究では非静力学大気モデルを用いて、理想的な弱い TC 渦から長寿命多重壁雲のシミュレーションを試みる。理想化 TC 渦に伴う多重壁雲のシミュレーション研究はいくつか存在するが、長寿命多重壁雲を再現した研究はこれまでに行われていない。しかし, Hakim (2011) などは理想化した TC の数値実験を 100 日以上行い、TC の定常状態において多重壁雲の形成と置き換わりが周期的に繰り返すことを報告している。我々はこの数値実験を参考に、同様の長時間積分を行うことで、積分期間内に現れる多重壁雲のうちいくつかは長寿命多重壁雲の特徴を有するかもしれないと考えた。したがって、本研究では彼らと同様の、90 日に渡る長時間数値積分を行う。さらに、その結果を用いて長寿命多重壁雲の維持メカニズムを明らかにする。

2. 実験設定・解析手法

本研究では、名古屋大学において開発された 3 次元非静力学雲解像モデル CReSS (Tsuboki and Sakakibara, 2002) を用いる。モデル設定および理想化実験のための設定は辻野・坪木 (2014; 春季大会) のコントロールランと同じ設定で行った。ただし、先行研究に従い、大気・雲放射過程については長波放射のみ考慮するため、放射伝達モデル RRTM-G (Iacono et al., 1997 他) を用いた。

長寿命多重壁雲の維持メカニズムを調べるため、TC 渦の軸対称運動エネルギー (\bar{K}) 収支解析を行った。 \bar{K} の収支式は

$$\frac{\partial \bar{K}}{\partial t} = \text{ADV.} + \text{PTC.} + \text{BUO.} + \text{other.} \quad (1)$$

ここで、ADV, PTC, BUO はそれぞれ軸対称風に伴う \bar{K} の移流、圧力傾度力による仕事、ポテンシャルエネルギーから運動エネルギーへの変換を表す。また、“other” には非軸対称成分から軸対称成分への変換と摩擦による仕事が含まれている。

3. 結果

図 1 は高度 5 km における接線平均鉛直流の動径一時間分布である。積分期間において、13 例の多重壁雲の形成イベントが確認された。ここで、多重壁雲の形成の時刻は高度 5 km においてリング状の上昇流が 6 時間以上維持したとき、リングが現れた最初の時刻として定義した。このうち、積分開始 20 日間で顕著な ERC イベントが発生した。一方、20 日以降はいずれも 24 時間以上に渡り多重壁雲が維持し続けた (長寿命多重壁雲)。

数値実験において現れた長寿命多重壁雲に対して、運動エネルギー収支解析を行った (図 2)。外側壁雲は主に境界層より上で BUO によって運動エネルギーの供給が行われているが、 $\partial \bar{K} / \partial t$ は外側壁雲の内側で負となっており、外側壁雲

の内側への収縮を妨げる傾向になっている。この運動エネルギーの時間変化への負の寄与は主に PTC によってなされており、本実験の ERC タイプでは見られない特徴であった (図略)。この負の寄与は主に内側壁雲の境界層より上における外向きの流れによってなされていた (図略)。

本数値実験の結果は長寿命多重壁雲の維持に対して内側壁雲の力学が非常に重要であることを示唆している。

謝辞

CReSS モデルへの放射伝達コードの導入に関して、吉岡真由美氏 (名古屋大学 宇宙地球環境研究所)、長谷川晃一氏 (中電 CTI) にご協力頂きました。ここに感謝します。

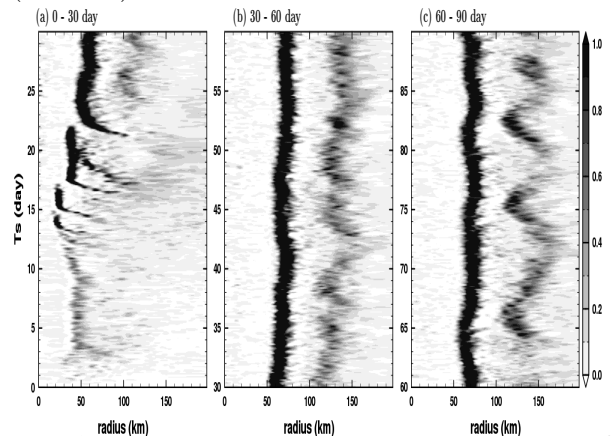


図 1 高度 5 km における接線平均した鉛直流の時間一距離断面図。

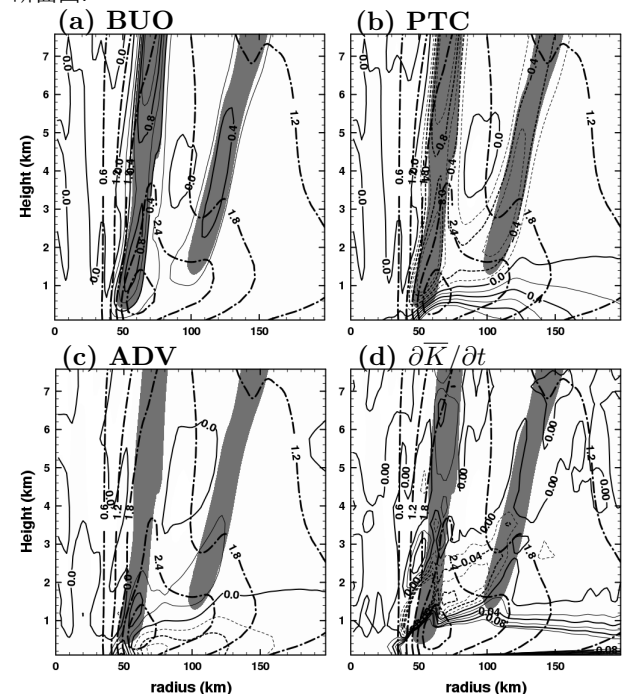


図 2 積分開始 65 日において発生した多重壁雲の形成イベント (図 1c) に対する運動エネルギー収支解析 (6 時間平均) の動径一高度分布。(a), (b), (c) はそれぞれ (1) 式における BUO., PTC., ADV. (正値が黒実線, 負値が黒破線, 間隔は $0.2 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ ごと.), (d) は $\partial \bar{K} / \partial t$ の分布 (間隔は $0.02 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$ ごと) を示す。各図における黒一点鎖線は \bar{K} の分布 (単位: $10^3 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$), 陰影は 0.5 m s^{-1} 以上の上昇流領域 (壁雲) を表す。