

带状収束雲上に見られる渦状擾乱の非線形発展

— 線形安定論における不安定モードとの対応 —

*前島康光・伊賀啓太 (東大海洋研)

1 はじめに

冬季日本海に発生する带状収束雲上に、メソスケールの渦状擾乱がしばしば発生することは広く知られている。我々はこれまでに带状収束雲の断面に見られる前線状の構造を模した基本場の線形安定性を調べ、さらに基本場を特徴付ける要素である“前線の遷移層の厚さ”、“底面の温位勾配”、“大気不安定度”を変化させて、基本場の性質の違いがそこで卓越する不安定モードにどのように関わっているか調べ、その結果を2005年度春季大会で報告した。本研究では、これまで行ってきた線形安定論による解析を進展させ、非静力学モデル“CReSS”を用いて基本場の時間発展を計算して、モデルに現れた渦状擾乱と線形安定解析で得られた不安定モードの対応を調べ、擾乱の非線形発展期における力学的不安定の役割について考えていく。

2 基本場と数値モデル

線形安定解析を行った際の基本場と同様、冬季日本海上に発生した带状収束雲の状況を念頭において、水平、鉛直ともにシアを持った前線状の構造を模した基本場を考えた。モデルの計算領域は水平方向1000km×500km、鉛直方向7400m、格子間隔は水平5km、鉛直200mとした。境界条件は x 方向に周期境界条件、 y, z 方向にはfree-slipとした。また、Newtonian coolingによって基本場を維持している。本研究では、線形安定論における不安定モードとの対応を調べるため、乾燥大気を考えて地表面過程については考慮しない。

3 計算結果

(1) Reference Case

まずReference Caseとして、前線の遷移層の厚さを1000m、大気不安定度を 1.6×10^4 として、基本場の時間発展の様子を見ていく。図1はそれぞれ72時間積分後の図である。この段階で、明確な渦状構造が形成され、気圧偏差からメソ α スケールに相当する波長500km程の擾乱が見てとれる(図1(b))。気圧偏差が最も大きかった $y = 200\text{km}$ での東西-高度断面図を見てみると、高度が増すに従ってトラフが西に傾いており、トラフの前で暖気、後面で寒気が存在するという、傾圧不安定の特徴を持っている。

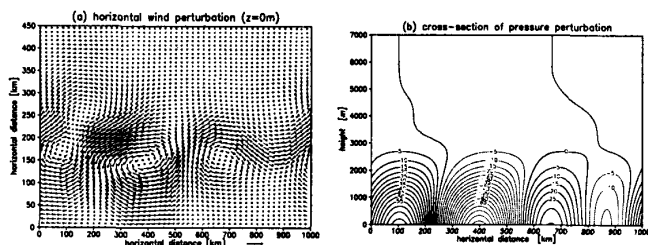


図1: (a) 水平風の偏差, (b) 圧力偏差の東西高度断面

(2) 遷移層を薄くした場合

次に、大気不安定度はReference Caseと同じ 1.6×10^4 のまま、前線の遷移層を300mとした基本場からの時間

発展の様子を見る。図2に15時間積分後の図を示す。基本場の水平シアの最も強い領域に、メソ β スケールに相当する波長120km程度の渦状擾乱が形成されており、位相が東北-南西方向に傾いている(図2(a),(b))。従って擾乱場の運動量フラックスは $\overline{u'v'} > 0$ であり(図2(a))、この擾乱は順圧不安定に依るものであると考えられる。前線の遷移層が薄い場合には、メソ β スケールの不安定モードが相対的に目立って来るという線形安定論での結論と整合的である。擾乱の発生までの時間はおよそ4時間であり、線形論での不安定モードのe-folding time: 6670s(1.85h)とも比較的近い値である。

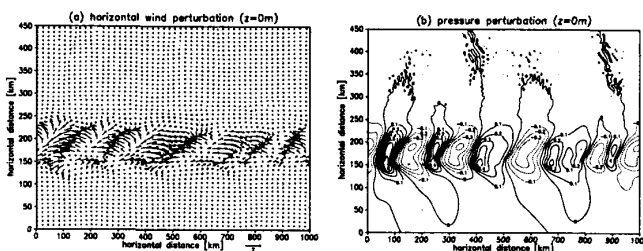


図2: (a) 水平風の偏差, (b) 圧力偏差の水平断面

(3) 大気不安定度を小さくした場合

前線の遷移層をReference Caseと同じ1000mのまま、大気不安定度を 6.0×10^3 として計算した。図3は24時間積分後の図である。Reference Caseと同様、メソ α スケールに対応する波長450km程の擾乱が気圧偏差から確認される。また、東西-高度断面図からこの擾乱が傾圧不安定であると考えられる。一方で、Reference Caseと比べて擾乱の発生までの時間が短くなっている。これは大気不安定度が小さいほど、メソ α スケールの不安定モードの成長率が大きくなるという線形安定論の結論と合致している。

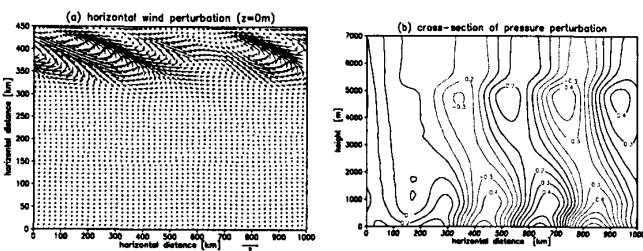


図3: (a) 水平風の偏差, (b) 圧力偏差の東西高度断面

4 まとめと今後の課題

非静力学モデル“CReSS”を用いて計算した結果、メソ α スケールの擾乱の発生要因が傾圧不安定、メソ β スケールの擾乱の発生要因が順圧不安定であり、基本場の遷移層が薄く、大気不安定度が大きい場合にメソ β スケールの擾乱が目立ってくるという、線形安定論と整合的な結果が得られた。今後は地表面課程を取り入れて、それらがどのように擾乱の発生・発達に寄与していくかを調べていきたい。