

熱帯・亜熱帯・温帯の環境場における低気圧の理想化実験

柳瀬 亘・新野 宏 (東大/AORI)

1. はじめに

秋季 (9,10,11 月) の北太平洋西部は、熱帯では台風が、温帯では温帯低気圧が発達しやすく、中間の亜熱帯では低気圧が発達しにくい。このことは各領域での環境場の違いが一つの要因であると考えられるが、現実の大気では低気圧のライフサイクルや、他の擾乱の影響、環境場の非一様性などがあるため、明瞭な結論を得ることは難しい。本研究では熱帯・亜熱帯・温帯の環境場を与えた理想化実験を行ない、環境場の観点から低気圧の発達や力学の違いをどこまで説明できるかを試みる。

2. 方法

理想化実験には水平格子間隔を 5km に設定した気象庁非静力学モデル (JMANHM) を用いる。計算領域を東西 4000km、南北 2000km、鉛直約 25km にとり、東西の境界は周期的、南北の境界は断熱壁とした。雲水・雨・雲氷・雪・あられの混合比を予報する雲微物理スキームにより積雲対流を直接的に表現し、パラメタリゼーションは使用しない。

環境場には JRA25/JCDAS の再解析データから 30 年分 (1982-2011 年) の秋季の時間平均場をまず求め、北太平洋西部 (150°E) における熱帯・亜熱帯・温帯の代表的な値として、それぞれ 10°N, 25°N, 40°N を中心とした傾度 20°×緯度 10°の領域平均場を使用した。環境場の変数には温位 (t)、相対湿度 (h)、東西風 (u)、海面水温 (o; 最下層気温との差)、コリオリパラメータ (f) の違いがある。図 1 に t と u の鉛直分布を示す。熱帯・亜熱帯・温帯の o の値は、それぞれ 3.67、3.70、5.22K である (海面の方が温かい)。上記の環境場は水平方向に一樣であるが、温位場に関しては東西風と温度風バランスする南北勾配も与えている。全ての環境場の変数を熱帯 (T)・亜熱帯 (S)・温帯 (E) の値に設定した実験の名称を、それぞれ Ta, Sa, Ea と表す (a は all の意味)。また、環境場の変数を一部入れ変える感度実験も行なった。例えば温帯の実験 Ea から東西風 u だけ亜熱帯の値に差し替えたものは EaSu のように表す。

各環境場に対応した構造を持つ渦が形成できるよう、初期擾乱には複雑な鉛直構造は考慮せず、最下層に強い振幅を持つ軸対称の渦 (半径 50km で 15ms⁻¹ の最大風速) を与えた。積分時間は 150 時間とした。

2. 結果

標準実験 Ta, Sa, Ea における低気圧の中心での気圧偏差 (東西平均からのずれの最小値) の時間発展を図 2 (黒線) に示す。低気圧が最も発達したのは熱帯の環境場 (Ta) であり、150 時間後には気圧偏差は -45hPa になっている。この低気圧の雲パターン (図 3 左) は、台風のようなスパイラル状の構造を示している。また、温帯の環境場 (Ea) でも 80 時間までに -15hPa まで下がる低気圧の発達が見られ、温帯低気圧のようなコンマ状の雲パターンを伴っている (図 3 右)。亜熱帯の環境場 (Sa) では低気圧は発達しなかった。

「なぜ低気圧は温帯では発達できるのに、亜熱帯では発達できないのか」という問題を理解するため、温帯の環境場のうち東西風とコリオリパラメータを亜熱帯の値に差し替える実験 (それぞれ EaSu, EaSf) を行った。実験 Ea に比べると、EaSu も EaSf も低気圧の発達は弱まり (図 2; 灰線)、温帯で大きな値を持つ東西風の鉛直シアとコリオリパラメータのいずれもが温帯での低気圧の発達に寄与していることが確かめられた。このことは、傾圧不安定の指標である Eady 発達率が、東西風の鉛直シアにもコリオリパラメータにも依存していることと整合的である。その他の変数の寄与も確認中である。

発表では、「なぜ低気圧は熱帯では発達できるのに、亜熱帯では発達できないのか」、「熱帯と温帯の環境を組合せると、大発達するハイブリッド型低気圧はできるか」、「鉛直シアは低気圧の発達の促進要因か、阻害要因か」などの話題も議論したい。

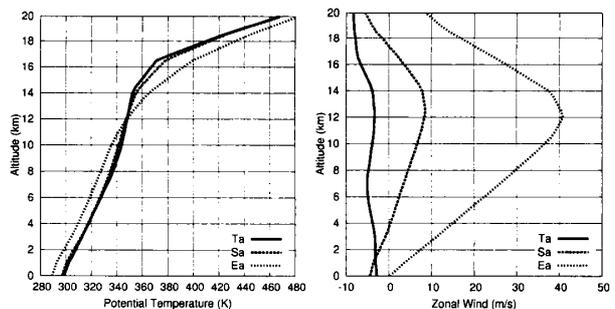


図 1: 環境場の鉛直分布。(左) 温位 (K); (右) 東西風 (ms⁻¹)。

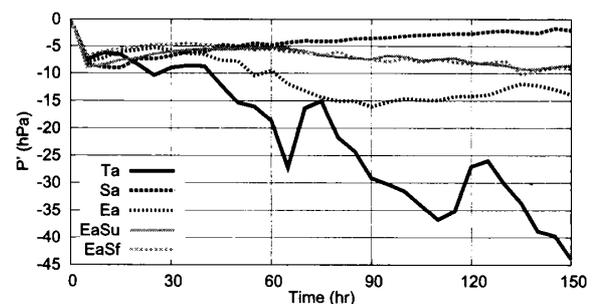


図 2: 低気圧の気圧偏差 (東西平均からの偏差) の時間発展。



図 3: 雲パターン (全凝結水の鉛直積算) と海面気圧の偏差 (コンター; 5hPa ごと)。(左) 実験 Ta(150hr); (右) 実験 Ea(80hr)。