

ITCZ breakdownに伴う台風の発生・発達メカニズム

* 横田 祥・新野 宏・柳瀬 亘 (東大大気海洋研)

1. はじめに

太平洋の熱帯収束帯 (ITCZ) がその下層風の不安定性等により崩壊して熱帯擾乱になる一連のプロセスを ITCZ breakdown (以下 IB と略) という。IB は、中央～東太平洋における台風発生の一因の一つと言われている。ITCZ の外から擾乱が入って来なくても起こり得ることや、初期の渦度源が下層にあることが特徴である。

横田ら (2011 年気象学会秋季大会) は、非静力メソスケールモデルを用い、擾乱の無い理想的な場を初期値とした数値実験を行うことにより、IB では、外的な擾乱が無くとも、南北シアを持つ東西流の水平シア不安定によって初期渦が発生し、それが軸対称化と暖気核の形成を伴いながら台風へと発達していくことを示した。しかし、この実験 (以下 $\Delta 20$) では積雲をパラメタライズした水平解像度 20km のモデルを用いていたため、積雲スケールの運動が台風の発生にどのような影響を与えるかについては示されていない。

そこで本研究では、積雲をパラメタライズしない水平解像度 5km のモデルを用い、 $\Delta 20$ と同じ設定で IB の理想化実験 (以下 $\Delta 05$) を行う。そして、 $\Delta 20$ と $\Delta 05$ の結果を比較することで、 $\Delta 20$ の妥当性や、積雲スケールの運動が台風の発生に与える影響について考察する。

2. 数値実験

実験には気象庁非静力学モデル (JMA-NHM) を用いた。水平方向に $3000 \times 3000\text{km}$ ($\Delta 20$ は 20km 格子、 $\Delta 05$ は 5km 格子)、鉛直方向に 29.5km の領域をとって、北緯 10 度の f 平面で 25 日間時間積分した。初期条件は無風とし、温位と湿度は理想的な水平一様の鉛直分布を与えた。但し、温位に関しては、東西方向の各波長のパワースペクトルが一定で位相がランダムな微小擾乱を与えた。境界条件は東西方向は周期境界、南北方向は摩擦無しの断熱壁を用いた。海面水温は一律に 300K とするが、大気中に ITCZ に似た構造を発生させるために、計算領域の南北中心で 5K 高い南北分布を東西一様に与え、これを 25 日間維持した。乱流クロージャーモデルは MYNN モデル (Level 3) を、雲物理は 3-ice バルクスキームを用いた。積雲パラメタライゼーションは、 $\Delta 20$ では Kain-Fritsch スキームを用いたが、 $\Delta 05$ では用いていない。

3. 結果

図 1 は、 $\Delta 20$ と $\Delta 05$ の、高度 10m の相対渦度の時間変化である。まず、SST 高温域における上昇流の発生に伴って ITCZ に似た構造が生成され、それが下層の水平シア不安定により崩壊し、複数の台風が発生する。これらの渦は併合を繰り返し、最終的には 1 つの台風となる。この一連のプロセスは、 $\Delta 20$ と $\Delta 05$ で共通していた。しかし、初期に卓越する不安定波の東西波数は、 $\Delta 20$ は 2、 $\Delta 05$ は 3 と異なっていた。これは、下層のシアの幅が両者で異なることから説明出来る。この卓越する東西波数 k ($\Delta 20$ では $k = 2$ 、 $\Delta 05$ では $k = 3$) においてエネルギー収支解析を行うと、鉛直積分した東西波数 k の運動エネルギー $\rho_0(\bar{u}_k^2 + \bar{v}_k^2 + \bar{w}_k^2)/2$ (バーは東西平均) の主要生成項は、 $\Delta 20 \cdot \Delta 05$ 共に、156 時間後にはシア生成項 $-\rho_0 \bar{u}_k \bar{v}_k d\bar{u}/dy$ であったが、その 12 時間後の 168 時間後には浮力生成項 $\rho_0 \bar{w}_k \bar{\theta}_k g/\Theta$ に変わっていた。(図 2)。このことから、 $\Delta 20 \cdot \Delta 05$ 共に、

下層の水平シア不安定によって発生した初期渦が、156 時間後から 168 時間後までの 12 時間で、主として潜熱解放により台風として発達する過程へと移行したと考えられる。なお、実験の全期間を通して、他の波数の運動エネルギーからの変換項は主要な項ではなかった。 $\Delta 20$ と $\Delta 05$ の結果が定性的に似ていることや、高波数の運動エネルギーからの変換項が小さいことは、個々の積雲スケールの運動が台風の発生にとって本質的でないことを示唆している。従って、IB においては、初期渦の起源は下層に存在するものの、Bottom-up 説において渦が下層から強まっていく際に重要な役割をするとされる積雲スケールの Vortical Hot Tower (Hendricks et al., 2004; Montgomery et al., 2006) は、台風の発生にとって必ずしも本質的でない可能性がある。

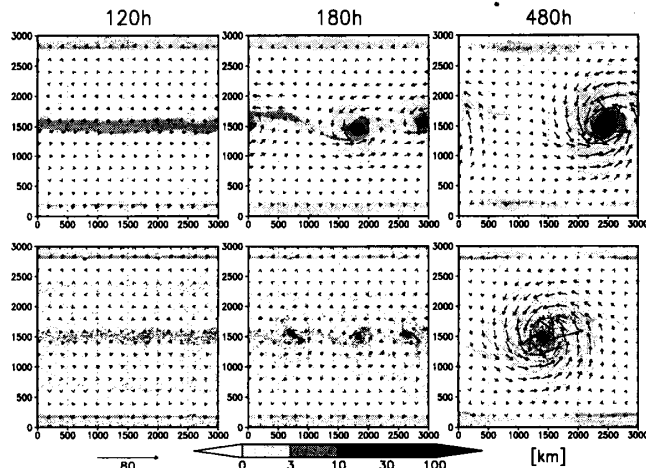


図 1: 実験開始から 120 時間後 (左)、180 時間後 (中)、480 時間後 (右) における、高度 10m の相対渦度 ($10^{-5}/\text{s}$) と水平風 (m/s)。ただし上段は $\Delta 20$ 、下段は $\Delta 05$ 。

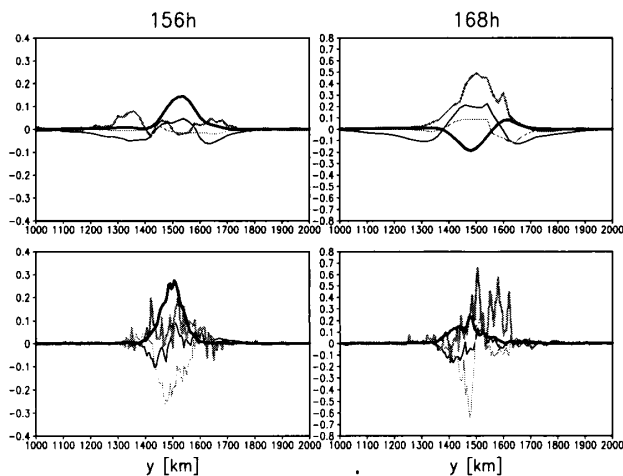


図 2: 実験開始から 156 時間後 (左) と 168 時間後 (右) の、鉛直平均したエネルギー生成項 (黒太線: 東西風の南北シアによる生成項、灰太線: 浮力生成項、黒細線: 波数 1~6 からの変換項、灰細線: 波数 7 以上からの変換項、 $\text{J/m}^3/\text{hour}$)。ただし上段は $\Delta 20$ における東西波数 2 のエネルギー生成項、下段は $\Delta 05$ における東西波数 3 のエネルギー生成項。