

ストレッチングによる渦対がもたらす熱帯不安定擾乱の東進性

*林 未知也・伊藤 久徳 (九大院理)

1 はじめに

赤道 β 面の線形静力学方程式系を用いて、境界層上端 (高度 1 km) での鉛直流 w^* が正の場合には非断熱加熱 $\dot{Q}/C_p \equiv \eta(z)\bar{\pi}(d\bar{\theta}/dz)w^*$ [$\eta(z) = 4.5 \times \sin(\pi z/15 \text{ km})$, $\bar{\pi}$: 基本場の Exner 関数, $\bar{\theta}$: 基本場の温位, C_p : 定圧比熱], そうでなければ $\dot{Q}/C_p \equiv 0$ とパラメタライズし, 初期に微小温位摂動を与えて時間積分した. その結果, 赤道付近に捕捉されて遅く東進する不安定擾乱が現れた (図 1 上). 位相速度は約 11 m/s, e -folding 成長時間は約 2 日である.

Lau and Peng (1987) などは, 対流圏上層で大きくパラメタライズされた加熱によって異なる 2 つの鉛直直交モードの位相速度が一致するために不安定に成長しながら, 西に傾いた鉛直構造を持つ擾乱が Kelvin 波の性質として東進すると説明したが (wave-CISK), 本研究における加熱は中層で大きいようにパラメタライズされており, また擾乱の鉛直構造はほぼ直立している. そこで本研究では, Kelvin 波の性質ではなく, 惑星渦度のストレッチングに伴う水平発散傾向という観点から熱帯不安定擾乱の東進性を説明する.

2 不安定擾乱の東進性

鉛直渦度方程式は

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\beta v + \beta y \frac{\partial w}{\partial z} + F$$

(ζ : 相対渦度鉛直成分, βy : 惑星渦度鉛直成分, F : その他) である. 右辺第 1 項は惑星渦度鉛直成分の南北移流項であり, 第 2 項は惑星渦度鉛直成分のストレッチング項である. 第 1, 2 項ともに不安定な対流域の下層における赤道北側で正・南側で負の鉛直渦度, すなわち赤道の南北に低気圧性渦対 (上層では高気圧性渦対) の生成を意味する.

積雲対流存在下での熱帯におけるスケール解析 (Hayashi and Itoh, in press) を行うと $|\partial u/\partial y| \gg |\partial v/\partial x|$ であることが分かるので, $\zeta \approx -\partial u/\partial y$ となる. さらに両辺を任意の y から $\partial u/\partial t \approx 0$ となる $y = y_0 (> 0)$ まで積分して x で微分すると, 東西風による水平発散の時間発展式

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \int_{y_0}^{y_0} \left(-\beta v + \beta y' \frac{\partial w}{\partial z} + F \right) dy'$$

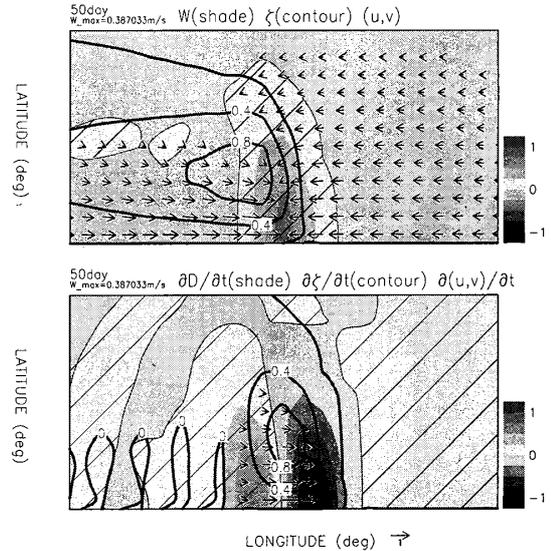


図 1. 上: 北半球高度 1.5 km 平面における鉛直流 (陰影, ハッチは正の値), 鉛直渦度 (コンター) と水平風 (矢印). 下: 同平面における水平発散傾向 (陰影, ハッチは正の値), 鉛直渦度傾向 (コンター) と水平風傾向 (矢印). 値は全て最大値で規格化されており, 矢印は大きさ 0.2 以上のみ表示している. 積分開始から 50 日目.

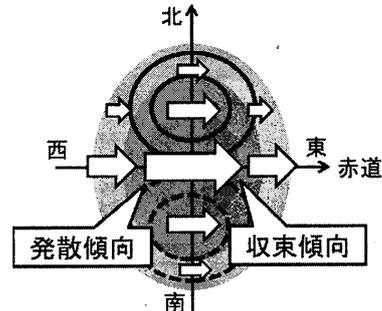


図 2. 下層で上昇流 (陰影) によりストレッチングされる鉛直渦度 (コンター) に対応した西風 (矢印) の概念図.

が得られる. ただし $|\partial u/\partial x| \gg |\partial v/\partial y|$ であり, 実質的には水平発散 $D \approx \partial u/\partial x$ である. 下層において右辺第 1, 2 項は対流域の西側で発散・東側で収束の傾向をもたらす (図 1 下, 図 2). 第 2 項が卓越して大きいと, 惑星渦度のストレッチングに伴う水平収束発散傾向によって対流域は東進する.

加熱を下層, もしくは中層でより大きくパラメタライズすると, Yoshizaki (1991) などで議論された対流不安定による対流域直下での低圧化が顕著になり, 水平圧力傾度力による下層収束傾向は大きくなる. その結果, 対流域中心での対流が強化され, 位相速度がより遅くなると考えられる.