

浅い対流の内在的遷移機構について

佐藤 海斗・稻津 將（北大院理）、西澤誠也（理研計算科学）、本田匠（東大情報基盤）

1. はじめに

境界層における浅い対流は乾燥した寒気が比較的暖かい水面上を通過する際に発生する。日本海、バルト海、北海および五大湖で頻繁に観測されている (Steenburgh and Nakai 2020; Hjelmfelt 1990)。浅い対流は主にロール状対流とセル状対流の二種類に分類され、鉛直シアと表面の熱フラックスのバランスによって決定される (Atkinson and Zhang 1996; Weckwerth et al. 1997)。これまでには背景場に強い強制を与え、浅い対流の定常的な応答を対象とした研究が多くなされてきた。しかし、浅い対流はそれ自身が運動量や熱を鉛直方向に輸送するため、基本場を変える。ここから浅い対流に時間的な遷移機構が内在する可能性が考えられる。そのため、本研究では海面水温 (SST) により表面の熱フラックスを制御し、鉛直シアを持つプロファイルを境界に与える理想的な水路領域における浅い対流の遷移機構を調べた。

2. 実験設定

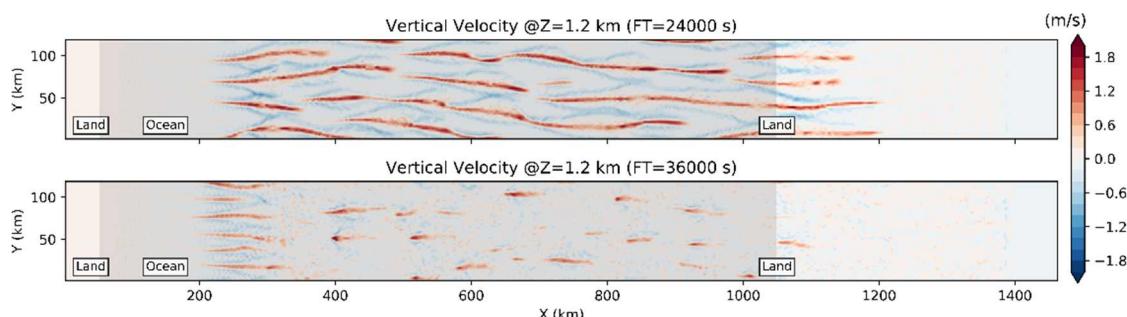
本研究では、SCALE-RM (Nishizawa et

al. 2015; Sato et al. 2015) を用いて、図に示す理想化した海陸配置を与えた数値実験を行った。実験では、上流から境界層内に鉛直シアを持つ水平一様な西風を導入し、海面境界には SST を設定した。海面からの熱フラックスが対流の遷移機構に与える影響を調べるために、SST を 273~287 K の間で 2 K ごとに走査した実験をおこなった。

対流構造を客観的に識別するために、高度 1200 m における鉛直風の強さを指標に用いた。まず、鉛直風速が上位 5 % を超える領域を連結成分として抽出し、これを組織化した積雲群とみなした。小規模な鉛直風によるノイズを除去するために、画像膨張・収縮処理を施した。抽出された連結領域の縦横比が 7.5 を超えたものをロール状、それ以下をセル状と判定した。

3. 結果

本研究で行ったすべての実験において浅い対流システムがロール状からセル状へと遷移した。対流構造の遷移には背景場の不安定が強く依存していた。SST が高い時、実験開始後、すぐに対流が発達し



図：海面水温を 273 K で与えた実験における、積分開始から(上)6 時間 40 分後と(下)10 時間後の鉛直風の分布図。色影は右スケールの通り。灰影は海域を表す。

た。このときわずかにロール状の対流がみられたが、短時間で構造はくずれ、時間が経過すると領域全体でセル状の対流が卓越した。一方、SST 273 K の実験では実験開始後、しばらくして、全域に明瞭なロール状の対流が生じた(図 1)。しかし、これも長時間維持されなかった。対流による鉛直方向への運動量輸送が領域内部の鉛直シアを弱める作用が対流構造の遷移に関係することが示された(図 2)。海面からの熱フラックスが大きいほど、対流による運動量輸送量は増加するため、背景場の鉛直シアを弱めるのにかかる時間が短くなることが確認された。対流構造の遷移にかかる時間は海面の熱フラックスに依存することが示唆された。

4. まとめ

ロール状対流に好ましい、理想的な環境を再現した理想化実験を行った。これにより浅い対流がロール状からセル状への遷移機構が内在することが明らかになった。これは対流による運動量の輸送によって鉛直シアが解消される、背景場が変化するためである。

謝辞: 本研究は環境省・環境再生保全機構 2-2303 によって実施された

参考文献

- Atkinson, B. W., and J. W. Zhang 1996: Mesoscale shallow convection in the atmosphere. *Review of Geophysics*, **34**, 403-431.
- Hjelmfelt, M. R., 1990: Numerical Study of the Influence of Environmental Conditions on Lake-Effect Snowstorms over Lake Michigan. *Monthly Weather Review*, **118**, 138-150
- Nishizawa, S., H. Yashiro, Y. Sato, Y. Miyamoto, and H. Tomita, 2015: Influence of grid aspect ratio on planetary boundary layer turbulence in large-eddy simulations. *Geoscientific Model Development*, **8**, 3393–3419.
- Sato, Y., S. Nishizawa, H. Yashiro, Y. Miyamoto, Y. Kajikawa, and H. Tomita, 2015: Impacts of cloud microphysics on trade wind cumulus: Which cloud microphysics processes contribute

to the diversity in a large eddy simulation? *Progress of Earth and Planetary Science*, **2**, 23.

Steenburgh, W. J., and S. Nakai, 2020: Perspectives on Sea- and Lake-Effect Precipitation from Japan's "Gosetsu Chitai". *Bulletin of the American Meteorological Society*, **101**, E58-E72

Weckwerth, T. M., Wilson, J. W., Wakimoto, R. M., and N. A. Crook, 1997: Horizontal Convective Rolls: Determining the Environmental Conditions Supporting their Existence and Characteristics. *Monthly Weather Review*, **125**, 505-526

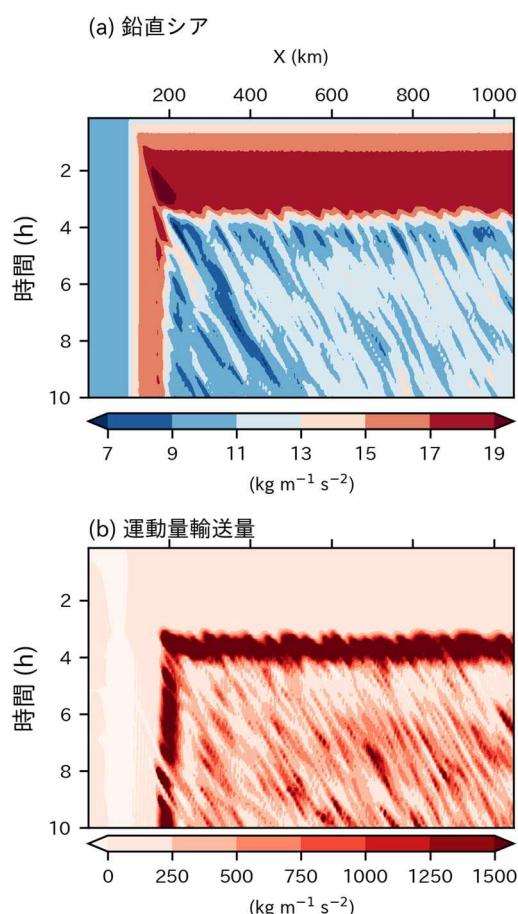


図 2: 海面水温を 281 K で与えた実験における鉛直シアと運動量フラックスの時間変化と水平分布。縦軸は積分開始からの時間、横軸は実験の x 軸に対応