

雲解像モデルを用いたモンスーン低気圧の発達過程の研究

A study on development processes of monsoon depressions using a cloud-resolving model

平田英隆 立正大学地球環境科学部

1. はじめに

夏季に北インド洋ベンガル湾で発生・発達するモンスーン低気圧は南アジア域にしばしば豪雨をもたらすため、その特性の理解は重要である。モンスーン低気圧の発達プロセスは、これまで大規模循環場の水平シアに起因する不安定（順圧不安定）と関連付けて解釈されることが多かった。一方、低気圧の詳細な構造を解像可能な雲解像モデルを用いて行われた最近の研究は（Fujinami et al. 2019）、水平スケール数 km の積雲対流に伴う潜熱解放が低気圧発達プロセスにおいて重要な働きをすることを示唆した。もし、積雲対流が低気圧発達において本質的な役割を担うのであれば、海面水温の変化が低気圧の発達へ影響を及ぼす可能性がある。なぜなら、海面水温の変動は海面熱フラックスの変動を通じて大気中の水蒸気量や大気安定度を変化させて、積雲対流の強度へ作用すると考えられるからである。そこで本研究では、モンスーン低気圧の発達過程に対する理解を深化させるために、雲解像モデルを用いて、海面水温の変動に対するモンスーン低気圧の応答を調査した。

2. 手法

本研究では、2019年8月初旬に発生したモンスーン低気圧に注目する。数値モデルには、領域雲解像モデル Cloud Resolving Storm Simulator (CReSS; Tsuboki and Sakaikibara 2002) を用いた。水平格子間隔は 0.05° 、計算領域はベンガル湾を含む $75.0^\circ\text{E}-104.95^\circ\text{E}$ 、 $5.0^\circ\text{N}-34.95^\circ\text{N}$ とした。大気の初期値・境界値には ECMWF の ERA5、海面水温データには NOAA の OISST を使用した。実験期間は、注目する低気圧の発生・発達期間を含む 2019年8月4日 13UTC から 8日 13UTC とした。これらの基本設定のもと、5つの異なる海面水温分布を与える実験を実施した。再現実験 (CNTL) には、実験初期時刻の海面水温分布を与えた。さらに、CNTL の海面水温分布に -2 、 -1 、 $+1$ 、 $+2^\circ\text{C}$ の海面水温偏差を加えることで作成した4つの海面水温分布を与える実験も実施した（以後、それぞれの実験を SST-2、SST-1、SST+1、SST+2 と呼ぶ）。

3. 結果

まず、CNTL 実験における低気圧の再現性を確認した。CNTL 実験における低気圧中心気圧は ERA5 と比較して全体的に低くなる傾向を示したが、両者の全体的な時間発展の特徴は類似していた。また、衛星で観測された低気圧発達期における低気圧中心南西における対流性降水の局所的な強まりを CNTL 実験は再現した。このように CNTL 実験は、低気圧の

発達やそれに伴う降水分布を比較的良く再現した。

次に、CNTL 実験と海面水温に対する感度実験との比較を行った。中心気圧の時間発展を実験間で比較すると、冷水偏差を与えた実験 (SST-2、SST-1) では、CNTL 実験よりも低気圧中心気圧の低下が抑制された。一方で、暖水偏差を与えた実験 (SST+1、SST+2) では、中心気圧の低下は促進された。低気圧中心付近の降水については、冷水偏差を与えた実験では弱まる傾向にあり、暖水偏差を与えた実験では強まる傾向にあった。海面水温偏差が、積雲対流の強度の変化を通じて低気圧発達へ影響したことが示唆される。

海面水温偏差と低気圧強度との関係を調査するために、海面熱フラックスや大気場 (相当温位、対流有効位置エネルギーなど) を調査した。海面水温偏差に応答して、海面熱フラックスの大きさにも実験間で違いが生じていた。この熱フラックスの差が、対流圏下層の相当温位の差をもたらす。その結果、実験間で大気の鉛直安定度にも違いが生じていた。ゆえに、海面水温偏差がもたらす大気安定度の増減が、低気圧中心付近の対流の強度へ影響を及ぼすことによって、最終的に低気圧発達へ作用したと考えられる。

4. まとめ

本課題で実施した海面水温を変化させるモンスーン低気圧の雲解像数値実験の結果は、低気圧発達における積雲対流の重要性を支持するとともに、海面水温偏差が低気圧発達へ影響を及ぼすということを示した。また、低気圧の微細構造やそれに伴う低気圧発達や降水強化の理解において雲解像数値実験が有用であることを再認識させる結果であった。

引用文献

- H. Fujinami, H. Hirata, M. Kato, and K. Tsuboki, 2019: Mesoscale precipitation systems and their role in the rapid development of a monsoon depression over the Bay of Bengal, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(726), 267-283.
- K. Tsuboki and A. Sakakibara, 2002: Large-scale parallel computing of Cloud Resolving Storm Simulator. In *High Performance Computing* (H. P. Zima et al. Eds.), Springer, 243–259.

成果発表

- H. Hirata, H. Fujinami, M. Kato, and K. Tsuboki, Response of a monsoon depression to SST anomalies over the Bay of Bengal, *Workshop: Approaches for Hydrospheric-Atmospheric Environmental Studies in Asia-Oceania*, 2020 年 12 月 18 日
- 平田英隆, 藤波初木, 加藤雅也, CReSS によるヒマラヤ山岳域の 1km シミュレーション, ヒマラヤ降水研究会合, 2020 年 12 月 10 日
- 平田英隆, 藤波初木, 加藤雅也, 坪木和久, 雲解像モデルを用いたモンスーン低気圧の発達過程の研究, 学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 第 12 回 シンポジウム, 2020 年 7 月 9 日