

暖湿な環境下で発生する停滞性降水系の理想化数値実験 Numerical Experiments of Quasi-Stationary Mesoscale Convective Systems in Humid Environments

○ 鶴沼昂・竹見哲也

○ Takashi UNUMA、Tetsuya TAKEMI

Role of mid-level moisture on the development of quasi-stationary mesoscale convective systems (QSMCSs) in humid environments was investigated using a numerical cloud model in an idealized framework. As moisture increased at the middle levels, the static stability in the low-to-mid troposphere was decreased due to preceding deep convections. From the analysis of forward trajectories, the parcels were able to go upward by experiencing the positive buoyancy when the environmental moisture in the middle troposphere is relatively large. Therefore, it is suggested that the development of QSMCSs in humid environments is explained by positive buoyancy that is induced by environmental moisture (100 words).

1. はじめに

日本における集中豪雨は、台風の直接的な影響を除けば主に停滞性降水系によるものが多く、停滞性降水系の多くは暖候期に発生する。これまでに Unuma and Takemi (2014) が非降水時と比較した場合の停滞性降水系発生時の環境条件を調べた。その結果、停滞性降水系の発生条件として高度 2 km 以上における水蒸気量の多さが重要であることが明らかとなった。熱帯において水蒸気量の鉛直分布は、雲頂高度を制御することが知られている (e.g., Johnson et al. 1996) もの、停滞性降水系の形成機構との関係性は調べられていない。したがって、本研究の目的は、対流圏中層の水蒸気量が停滞性降水系の形成に及ぼす影響を明らかにすることである。

2. 実験設定

使用した数値モデルは、CM1 (Bryan and Fritsch, 2002) ver. 17 である。水平格子間隔は 1 km、鉛直方向には 100–500 m の可変格子を用いた。計算領域は東西 512 km、鉛直 21 km の 2 次元とした。初期場の気温・湿度・水平風の鉛直分布には、停滞性降水系の発生数が最も多かった太平洋沿岸域の夏期における平均値を水平一様に与えた。また、モデル下部においてガウス型の強制収束場を配置し、時間積分において収束を与え続けた。水蒸気量の高度毎の感度を調査するために、相対湿度の値を非降水時から停滞性降水系発

生時のものに地上から 1 km ずつ高度 12 km まで変化させた計 13 例の実験を行った。

3. 結果・考察

相対湿度を地上から高度 1 km まで停滞性降水系発生時のものに置き換えると浅い対流が発生したものの、それらの多くは孤立した対流であった。相対湿度を高度 2–4 km まで置き換えると、継続的に深い対流が発生した。相対湿度を高度 5 km 以上に置き換えた実験では、発生する対流の挙動は高度 2–4 km まで置き換えたものとほぼ似ていた。以上から、深い対流の形成には高度 2–4 km における水蒸気量の鉛直分布が重要であることが再確認された。

次に、高度 2 km 以上の水蒸気量が停滞性降水系の形成機構にどのような寄与をもたらすかを調べた。対流域における温位・露点温度の鉛直分布を調査したところ、相対湿度を高度 2 km まで置き換えた場合には逆転層が形成していた。一方、高度 6 km まで相対湿度を置き換えた場合では逆転層は形成されず、高度 2 km まで置き換えた場合と比べて高度 2–4 km における静的安定度が低下していた。この静的安定度の低下は、先行して発達した深い対流によるものと考えられる。また高度 1–3 km において MAUL (Moist Absolutely Unstable Layer, Bryan and Fritsch, 2000) が形成されており、空気塊は MAUL 付近から持ち上げられやすい環境であった。

ここで、高度 2-4 km の静的安定度の低下は、持ち上げられる空気塊が受ける浮力を増加させる効果を持つと考えられる。そこで、前方流跡線解析を行い、流跡線に沿って鉛直方向の運動方程式の各項の大きさを評価した。その結果、空気塊に働く加速度は、水蒸気量が多い環境下では浮力項の符号が正になることで鉛直方向の加速に寄与していた。以上から、持ち上げられる空気塊が正の浮力を得ることにより、深い対流の形成に寄与していたことが数値実験により明らかとなった。

深い対流が持続して形成する要因としては、環境風の鉛直シアーが大きく寄与していると考えられる。また、MAUL の形成は、浮力起源の持ち上げではないメソスケールの持ち上げ効果であることが指摘されている (Bryan and Fritsch, 2000)。そのため、本研究における MAUL の形成は、モデル下部に与えた強制収束による持ち上げ効果によるものと考えられる。

4. 参考文献

- Bryan, G. H., and J. M. Fritsch, (2002): A Benchmark Simulation for Moist Nonhydrostatic Numerical Models. *Mon. Wea. Rev.*, **130**(12), 2917-2928.
- Johnson, R. H., T. M. Rickenbach, S. A. Rutledge, P. E. Ciesielski, and W. H. Schubert, (1999): Trimodal Characteristics of Tropical Convection. *J. Climate*, **12**(8), 2397-2418.
- Unuma, T. and T. Takemi, (2014): Characteristics and Environmental Conditions of Quasi-Stationary Mesoscale Convective Systems during Warm Season in Japan, submitted to *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* (in revision).