

3 台の X バンド MP レーダとタイムラプスカメラから推定した 気流場と降水粒子タイプに基づく孤立積乱雲のライフサイクル

佐部利魁人¹, 高橋暢宏², Sophia Lestari², 加藤慶¹

(1:名古屋大学環境学研究科, 2:名古屋大学宇宙地球環境研究所)

要旨

積乱雲のライフサイクルは、発達期、成熟期、衰退期と区分してそれぞれのステージでの特徴が論じられてきた(例えば、Byers and Braham 1949)。一方、積乱雲は時空間スケールが小さいため、従来の観測網においてそのライフサイクル全体を詳細に捉えた研究はそれほど多くない。既存のライフサイクルモデルは、上昇流と降水域が1対1で対応するものである単一セルを想定したものが多く、実際には複数の降水セルが関与して寿命を延ばす事例も知られている(Moroda et al. 2021)。そこで本研究では、2024年8月9日に愛知県東部で発生した孤立積乱雲を対象に、3台のXバンドMPレーダXRAIN(Maesaka et al. 2011)と高解像度タイムラプスカメラを用いた統合解析を行い、そのライフサイクルにおける降水構造および力学・微物理過程の変化を明らかにすることを目的とした。このケースにおいて、対象とした積乱雲は発生地点でほぼ動かずにライフサイクルを終えたため、従来のXバンドレーダ観測ネットワークを用いて、発生から消滅までの全ライフサイクルにわたる詳細な観測が可能になった。さらに、周囲の雲が観測を妨げなかったため、タイムラプスカメラによる積乱雲の発生・発達過程の観測も可能となった。

解析には、デュアルドップラー解析(pyDDA)による三次元風速場の推定(Jackson et al. 2019, 2020)、二重偏波パラメータに基づく降水粒子判別(Kouketsu et al. 2015)、およびタイムラプスカメラによる雲発達の追跡を行った。その結果、以下の主要な知見が得られた。

本事例について外観上は単一の孤立積乱雲であったが、内部では複数の降水セル(Cell A-E)が次々と発生・発達するマルチセル型の構造を有していることが明らかになった。特に、中心的なセル(Cell B)が発生から1時間以上にわたり維持され、その周囲で局所的な世代交代が繰り返されることで、従来の単一セルモデル(30~60分)の寿命を超えて活動が継続したことが示された。また、XバンドMPレーダにおけるレーダ反射因子差(Z_{DR})の正の領域が0°C高度を超えて存在する Z_{DR} columnと、推定された上昇流の時空間分布に関して高い整合性を持つことが確認された。降水粒子タイプの三次元分布を各セルのライフサイクルや上昇流との関係を定量的に評価した結果については、積乱雲のライフサイクルの段階に応じて卓越する降水粒子タイプが明瞭に変化することが定量的に示された。