

ゲリラ豪雨のタマゴにおける渦管構造の解析

京都大学工学研究科 学生会員 ○佐藤悠人
京都大学防災研究所 正会員 中北英一
京都大学防災研究所 正会員 山口弘誠

1. 背景と目的

昨今、ゲリラ豪雨による水難事故が問題視されている。ゲリラ豪雨は突如発生し、急発達するという特徴を持ち、降り始めてからわずか10分程度で地上に豪雨をもたらすので、1分1秒でも早い注意喚起を行い被害を最小限に抑える必要がある。従って、ゲリラ豪雨の予測技術の確立、高精度化がより一層急務であると言える。中北ら(2009)は、地上での豪雨が起こる前に上空でのみ確認できるレーダエコーを「ゲリラ豪雨のタマゴ」と呼び、早期探知情報として利用すべきと提案した。また、中北ら(2014)は渦度を用いた危険性予測システムを構築した。図1は渦度がタマゴ探知から何分後に検出されているか、タマゴ探知から何分後に地上で最大降雨強度に至るかという統計情報を表している。全ての発達事例でタマゴ探知時刻から10分以内に高い渦度が検出された。この統計より渦度が危険性予測に有効な指標であることがわかる。しかし、どのようにして渦度の大きい積乱雲が発達するのか、そのメカニズムについては未だに明らかでない点が多い。本研究では、渦度を用いた危険性予測手法の理論的な裏付けを行うため、積乱雲発生・発達過程における新たな知見を得ることを目的とした。

2. 解析手法

本研究では、実際に積乱雲が持つ数値の分布を解析するため、合成出力、鉛直補間を行わず、レーダ毎のPPIスキャンデータをそれぞれ平面に投影して可視化した。反射強度、ドップラー風速、渦度を可視化し、解析に用いた。渦度は放射状メッシュ毎に得られる動径方向の風速 v_a, v_b を用いて近似的に算出する。解析図の一例を図2に示す。レーダは近畿圏の4台のXバンドMPレーダを用いた。レーダサイトを中心とした高度の等値線と、1km×1kmメッシュ線を設け、タマゴとレーダサイトの位置関係を明確にした。3.では、解析により得られた結果について述べる。

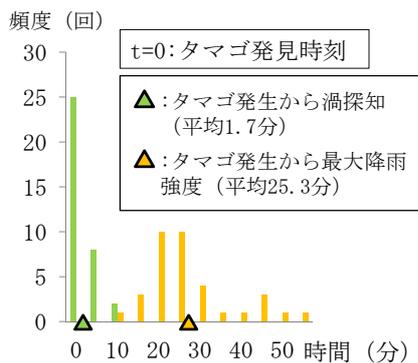


図1 タマゴ探知時刻からの時間の頻度分布

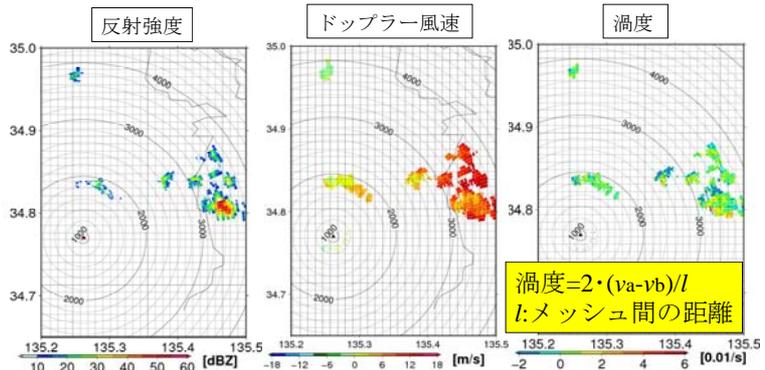


図2 2014/8/25 12:40 EL07 六甲レーダから観測

3. タマゴの発生・発達過程における渦解析

2013, 2014年の8月でタマゴを17事例抽出し、タマゴ発見時の渦度解析を行った。タマゴ内部の渦度の頻度分布をとったところ図3のように正の渦度が負の渦度と比較して卓越していた。次に、発達過程で他の雲と合体し解析が困難であった事例を除く10事例について渦度の高度分布解析を行った。タマゴ発見時刻

キーワード ゲリラ豪雨 積乱雲のタマゴ 渦度 渦管 フェーズドアレイレーダ
連絡先 h.sato@hmd.dpri.kyoto-u.ac.jp

と地上での降雨強度 50mm/h 到達時刻の間隔を用いて時間を正規化し、事例毎にステージを定めた。図 4 にステージ毎の渦度の高度分布を示す。これより、ステージ 1 からステージ 2 にかけて、大きい渦度の高度が上昇し、ステージ 1 からステージ 5 にかけて、徐々に渦度の高度が上昇している様子を確認することができた。最後に、タマゴ発達過程の渦管解析を行った。10 事例全てで正負両方の渦管を確認することができた。また、10 事例中 7 事例で渦管が成長している様子を、10 事例中 8 事例で正負の渦管が対になって存在している様子を確認できた。その一例について図 5 に示す。黒線が積乱雲、赤線が正の渦度が鉛直につながった正の渦管、青線が負の渦管を表している。この事例については、フェーズドアレイレーダ (PAR) を用いて、より時空間的に細かい解析を行ったので、その時の PPI スキャンデータを図 6 に示す。

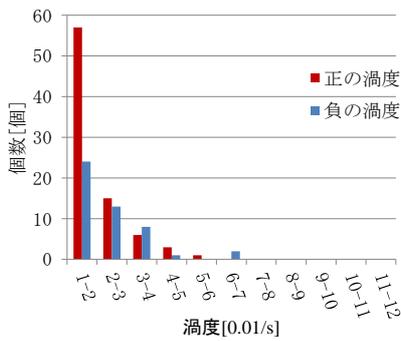


図 3 タマゴ内部の渦度の頻度分布

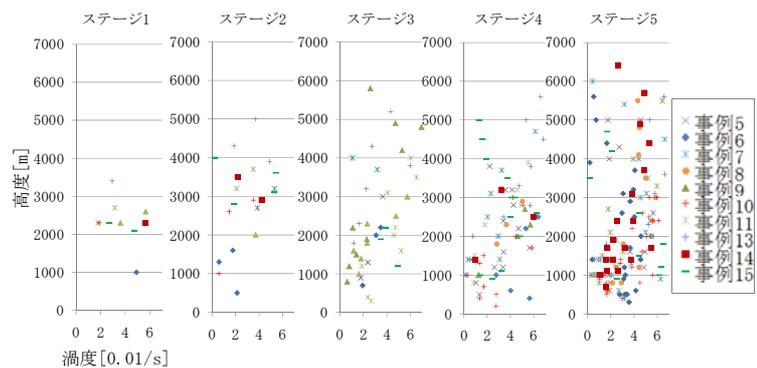


図 4 ステージ別の正の渦度の高度分布

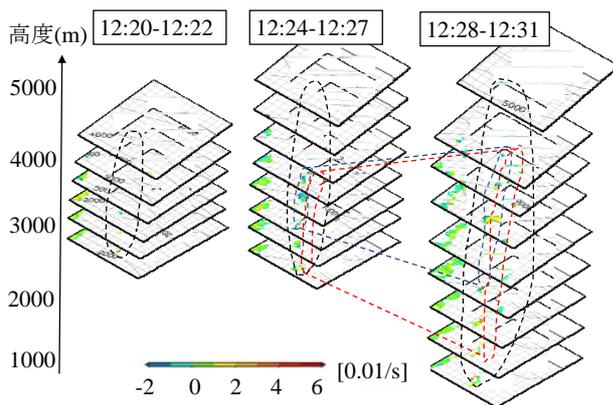


図 5 対で見られた正負の渦管の成長過程

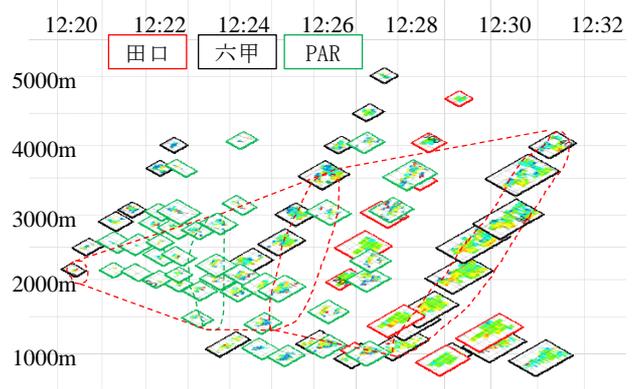


図 6 PAR を用いた渦管解析

4. 結論と考察

タマゴは正の渦度が支配的であり、これにより正の渦度が降水粒子を形成する時の上昇流に対応すると考えられる。また、渦度の高度分布が上昇していたことも、上昇流の存在を示唆していると考えられる。そして、渦管の成長はよりスケールの大きいスーパーセルの特徴と一致していた (Cotton et al. (2010))。今後は渦度に加えて、新しいパラメータによる上昇流の推定手法を用い、解析に挑戦したいと考えている。例えば Z_{DR} を用いて上昇流を確認する研究が行われており (Adachi, Ahoro et al. (2011)), Z_{DR} と渦度の分布を比較することでより詳細な気流構造の解析が期待される。

(参考文献)

中北英一ほか：レーダー情報を用いたゲリラ豪雨の卵の解析，京都大学防災研究所年報，第 52 号 B, 547-562, 2009.

中北英一ほか：ゲリラ豪雨の早期探知・予報システムの開発，河川技術論文集，第 20 巻, 355-360, 2014. 6.

Cotton et al., *Storm and cloud dynamics.*, Vol. 99. Academic press, 2010.

Adachi, Ahoro, et al., *Detection of convective cells with a potential to produce local heavy rainfalls by a C-band polarimetric radar.*, SPIE Remote Sensing. International Society for Optics and Photonics, 2011.