

ゲリラ豪雨予測の高精度化に向けた積乱雲の鉛直渦管生成メカニズムに関する研究

Studies on Formation Mechanism of Vertical Vortex Tube inside Cumulonimbus Cloud for Accuracy Improvement of Guerrilla-heavy Rainfall Prediction

中北英一・○佐藤悠人・山口弘誠

Eiichi NAKAKITA, ○Hiroto SATO, Kosei YAMAGUCHI

Nakakita et al.¹⁾ developed a prediction system of heavy rainfall using vertical vorticity in the first radar echo. This system has been adapted by MLIT and implemented at X-band radars in Kinki area. However, it is unclear why vertical vorticity is useful for predicting a rainfall, so it is quite important to resolve the relationship between rain cell growth and corresponding vorticity behavior. In this study, the relationship between rain cell growth and vertical vortex tube using VAD method. We found that vertical vortex tubes correspond to vertical shear of horizontal wind in two heavy rainfall events (98 words).

1. 研究背景と目的

2008 年神戸市都賀川で豪雨による突然の出水により 5 名の方がなくなるという悲惨な事故が起こった。この事故は極めて小さな時空間スケールを持つ局地的豪雨によりもたらされた。このような人命に関わる局地的豪雨は特にゲリラ豪雨と表現される。河川付近にいる人々を安全に避難させるため、わずか数分でも早くゲリラ豪雨を予測する技術の確立が急務であると言える。中北ら¹⁾はゲリラ豪雨に発達するタマゴ内部に高い鉛直渦度が見られることを発見し、渦度がゲリラ豪雨の危険性予測に極めて有効な指標であることを示した。しかし鉛直渦度と積乱雲の発達を結びつけるメカニズムについては未だに明らかでない点が多い。従って本研究ではタマゴ発生・発達時におけるメカニズム解明のために積乱雲初期のふるまいを詳細に解析し、新たな知見を得ることを目的とした。

2. 渦管に関する先行研究

スーパーセルを含む激しい積乱雲内部の渦管の振る舞いは図 1 のように説明できる。しかし実際にゲリラ豪雨をもたらすような、時空間スケール 1 時間、数 km 程度の積乱雲内部の渦管を扱った既往研究はほとんどない。Nakakita ら³⁾は X バンド MP レーダを用いて、ゲリラ豪雨をもたらした 16 事例の積乱雲内部に鉛直渦管が見られることを示した。この既往研究より、筆者らはゲリラ豪雨をもたらす積乱雲内部でも先に述べたよう

な水平渦管の立ち上がりにより鉛直渦管が生じるのではないかという仮説を立てた。そこで本研究では、鉛直渦管のできる位置と鉛直シアとの関係について解析を行った。すなわち、鉛直渦管と鉛直シアにより生じる水平渦管の関係性を明らかにすることが目的である。

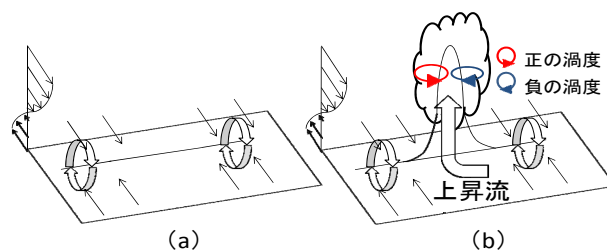


図 1 風向シアの無い場合の渦管生成の概念図。(a) 水平風の鉛直シアにより水平方向に軸を持つ渦管が形成される。(b) 上昇流があると水平渦管が持ち上げられて上昇流の両脇に正負の渦度を持ったペアの鉛直渦管が形成される(Rotunno²⁾)。

3. 手法と結果

解析には国土交通省により監理される近畿圏の X バンド MP レーダ 4 台を用いた。本研究では渦度の分布構造を詳細に解析するため、レーダデータの可視化については Nakakita ら³⁾と同様に PPI スキャンデータを平面に投影する手法を用いた。風速場の推定には VAD 法⁴⁾を用いた。VAD 法は方位角方向の風速、風向を等しいと仮定して最小二乗法を用いる手法である。本研究では低層の風速場に注目するためレーダ高度

が 100m 程度と他の 3 台よりも低い田口レーダを用いた。風速場はゲリラ豪雨が起る前後 2 時間程度の計算を行い、30 分平均した場で評価した。

本研究ではまず風速場を確認し、風向シアの有無について確認を行った。次に風向シアがないシンプルな事例で渦管がどのように見えているか確認を行った。7 事例の風速場について VAD 法を行った結果、5 事例で風向シアが見られなかった。風向シアがなく、ペアの渦管が見られる 2 事例について渦管解析を行った。図 2 に VAD 法により得た風速場をホドグラフで示し、ドップラー風速により得られた渦度を高度別に並べて示す。上空 3km までの鉛直シアに着目すると 2014 年の事例で約 10m/s、2016 年の事例で約 8m/s であった。正の渦度はシアに対して右側に、負の渦度は左側に見られた。これは図 1 に示したシアと渦度の位置関係と一致していることがわかる。

4. 結論

VAD 法により風速場を推定し、鉛直渦管と風速場の関係性について調べた。その結果、風向シアのない風速場において正負の渦度の生じる位置が図 1 の概念図と一致していた。スーパーセルでは鉛直シアベクトルが高度と共に時計回りに回転していることで、正の渦の発達が進められるこ

とがわかっている。しかし本研究の結果より、ゲリラ豪雨はスーパーセルとは異なり、風向シアのほとんどない場で発生し正負の渦が共に発達することが示唆された。今後の課題は風向シアのあった事例についても同様に解析を行い、渦管と風速場の関係性をより明らかにすることである。そのために雲レーダや時間的に密にデータを得ることができるフェーズドアレイレーダの利用を進めている。最終的な目標はメカニズム理解を中北ら¹⁾が開発したようなゲリラ豪雨予測システムに還元することである。

参考文献

- 1) 中北英一ほか (2014) : 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, pp. 355-360.
- 2) R. Rotunno (1981): On the evolution of thunderstorm rotation, *Monthly Weather Review*, 109(3), pp. 577-586.
- 3) Nakakita E. et al. (2017) : Early Detection of Baby-Rain-Cell aloft in a Severe Storm and Risk Projection for Urban Flash Flood, *Advances in Meteorology*, vol.2017.
- 4) 深尾昌一郎, 浜津享助 (2005) : 気象と大気のレーダーリモートセンシング, pp. 76-78.

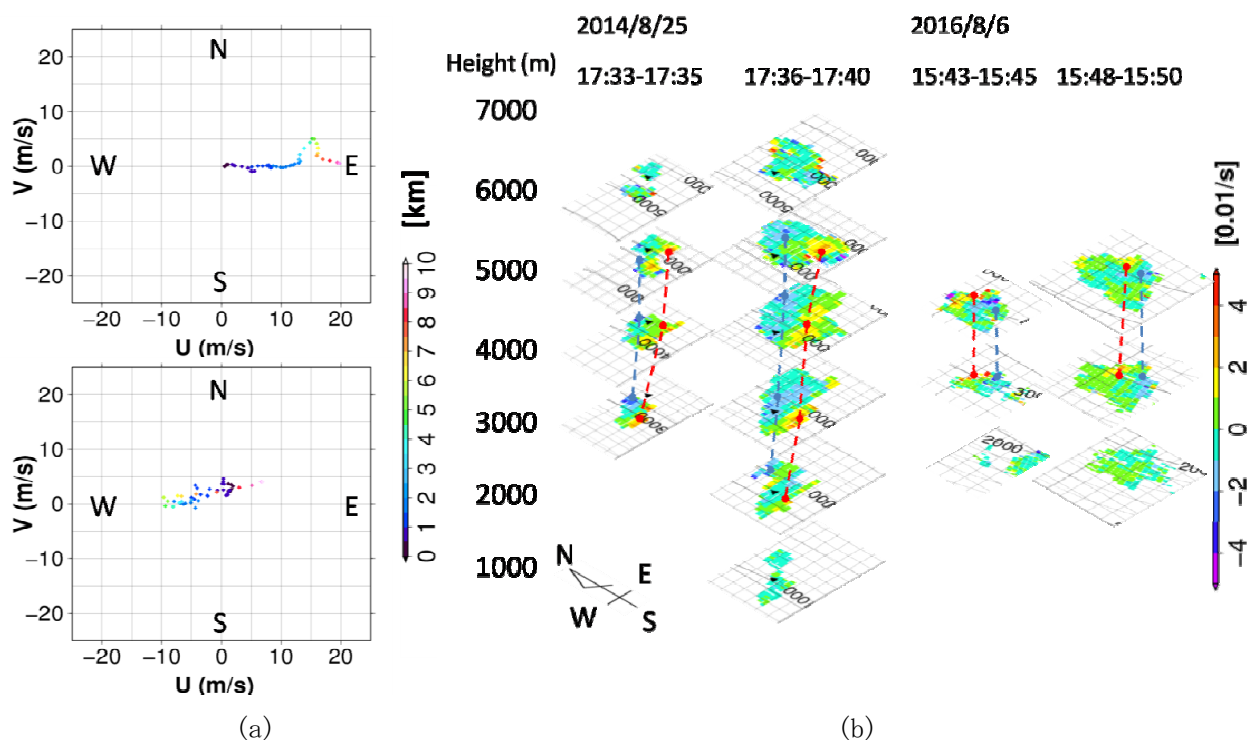


図 2 2015 年 8 月 25 日の事例と 2016 年 8 月 6 日のデータ. (a)ホドグラフ (速度の高度分布). (b)渦度. (b)の点線は 0.01/s 以上の渦度を鉛直につないでおり、赤が正、青が負の渦度を表している。