

高時空間分解能マルチセンサを用いたゲリラ豪雨ライフサイクルと渦管の統合的解析 Integrated Analysis of Guerrilla Heavy Rainfall Life Cycle and Vortex Tubes by Using Multiple Types of Radars with High Spatio-temporal Resolution

中北英一・○高尾充政・山口弘誠

Eiichi NAKAKITA, ○Mitsumasa TAKAO, Kosei YAMAGUCHI

Localized heavy rainfall which resulting from isolated cumulonimbus often brings severe human and economic damages. Nakakita et al.¹⁾ developed a prediction system for torrential rainfall using vertical vorticity in a first echo using X-band Polarimetric Doppler radar (X-band MP radar) and Katayama et al.²⁾ implemented this system. Besides, research on vertical vortex tube structure has been conducted. Nakakita et al.³⁾ showed that with the development of the cumulonimbus cloud, a vertical vorticity structure with positive and negative pairs is generated. In this study, we analyzed the cumulous cloud with updraft, vertical vorticity, and hydrometeor. As a result, we succeeded in observing the behavior of the vertical vortex tubes, updraft, and hydrometeor. (111 words)

1. 序論

近年、都市域でゲリラ豪雨と呼ばれる、急激に発達する孤立積乱雲によってもたらされる豪雨による被害が甚大なものになっている。こうした被害を防ぐため、ゲリラ豪雨の早期探知に関する研究が多数なされてきた。中北らはXバンド二重偏波レーダの立体観測により雨粒が生成される段階での積乱雲の探知ができ、さらにドップラー風速から推測される鉛直渦度（以下単に渦度と呼ぶ）が強い場合にはほぼ確実に積乱雲が強く成長することを示した¹⁾。これらを利用しXバンド二重偏波レーダを用いた早期探知システムが開発され実用化されている²⁾。一方、ゲリラ豪雨探知の更なる高度化を目的とした渦管構造の研究も行われている。中北らは積乱雲の発達に伴って、正負のペアを持った鉛直渦度の構造が生成することを示した³⁾。しかし、渦管や上昇流をゲリラ豪雨のタマゴ生成から衰退まで解析した研究はいまだなされていない。また既往研究³⁾では、一台のドップラー風速で疑似的に算出された渦度を用いており、3次元風速場の情報を用いた渦管構造の研究はいまだない。更に、ゲリラ豪雨の発達に伴う降水粒子の変化と、渦管の発達を統合的に解析した研究もいまだない。本研究では近畿地方に設置されている複数のXバンド二重偏波レーダを用いて、渦管と上昇流、降水粒子の発達を、発達から衰退まで統合的に解析することが目的である。

2. 使用レーダ及び解析事例について

2.1 Xバンド二重偏波レーダ

本研究では近畿地方に設置されている5台のXバンド二重偏波レーダ（以下X-MPレーダと呼ぶ）を利用した。複数のレーダを用いて立体観測を行うことによって積乱雲の立体情報が1分ごとに得られる。また、レーダの偏波情報を用いることで、積乱雲内の降水粒子の情報も得られる。

2.2 解析事例について

本稿では2017年8月5日に大阪付近で発生した積乱雲の解析結果の一部を載せる。この事例では14時2分にファーストエコーが探知され、14時32分に地上降水強度は最大値をとり、128mm/hの強い雨をもたらす。その後積乱雲は衰退し続け、14時46分頃他の積乱雲と衝突し、やがてその積乱雲に吸収される。この事例は2つの降水エコーが連続的に発達する様子が4台のX-MPレーダ、Xバンドフェーズドアレイレーダ、Kaバンドレーダで観測できることが特徴である。

4. 結果

図1にデュアルドップラー解析を用いて算出した鉛直流・渦度分布・水平風速を示す。鉛直流の時間変化に着目すると、14時20分から14時35分間にエコー内の上昇流の値が強くなっている。鉛直流の空間分布に着目すると、上昇流が低層に比べ上層で高い値を示している。また、どちらの

時刻も下層で上昇流の分布が東(図の右上側)に、上層で上昇流の分布が西(図の左下側)に位置していることから、上昇流が下層から上層にかけて傾いた構造をしていると判断できる。以上のようにデュアルドップラー解析を用いることでエコー内の上昇流の詳細な空間分布、時空間変化、定量的変化を捉えられることがわかる。

渦度の空間分布に着目すると 14 時 20 分・14 時 35 分の高度 750m から 3750m までと、14 時 35 分の高度 6750m から 8750m まで、正負の渦管のペアが確認できる。鉛直流と合わせて着目すると、上昇流の値が大きい場所では渦度の値も高くなっていることから、渦のストレッチングが発生していることがわかる。また、渦度の最大値を確認すると、14 時 20 分では 0.002~0.003/s、14 時 35 分では 0.004~0.005/s 程度と、既往研究の結果と比べてワンオーダー低い値になっている。既往研究で示された 0.01/s 以上の渦度は、本来であれば竜巻のオーダーであることから、このデュアルドップラー解析で示された渦度は、既往研究と比べてより自然な値である。以上のようにデュアルドップラー解析を用いることで、疑似的な計算手法ではなく本来の手法で計算した、値がより自然な、現実

の現象に近い渦を捉えられていることがわかる。

デュアルドップラー解析を用いることで、上昇流の空間分布や時空間変化を詳細に、かつ定量的に解析できるようになった。また、積乱雲内の渦の分布を疑似的な算出方法を使わずに算出し、既往研究と比べて自然な値を持った、現実の場に近い渦がみえるようになった。渦管構造は上昇流によって発生するため、渦と上昇流を同時に解析することは非常に重要である。また、強い雨をもたらす積乱雲内部では、降水粒子の目まぐるしい変化が起きており、降水粒子の変化を調べることも非常に重要である。発表では渦と上昇流、更に降水粒子を統合的に解析した結果を示す予定である。

参考文献

- 1) 中北英一ら (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) 片山勝之ら (2015) : 局地的豪雨探知システムの開発, 河川技術論文集, 第21巻, pp.401-406.
- 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.

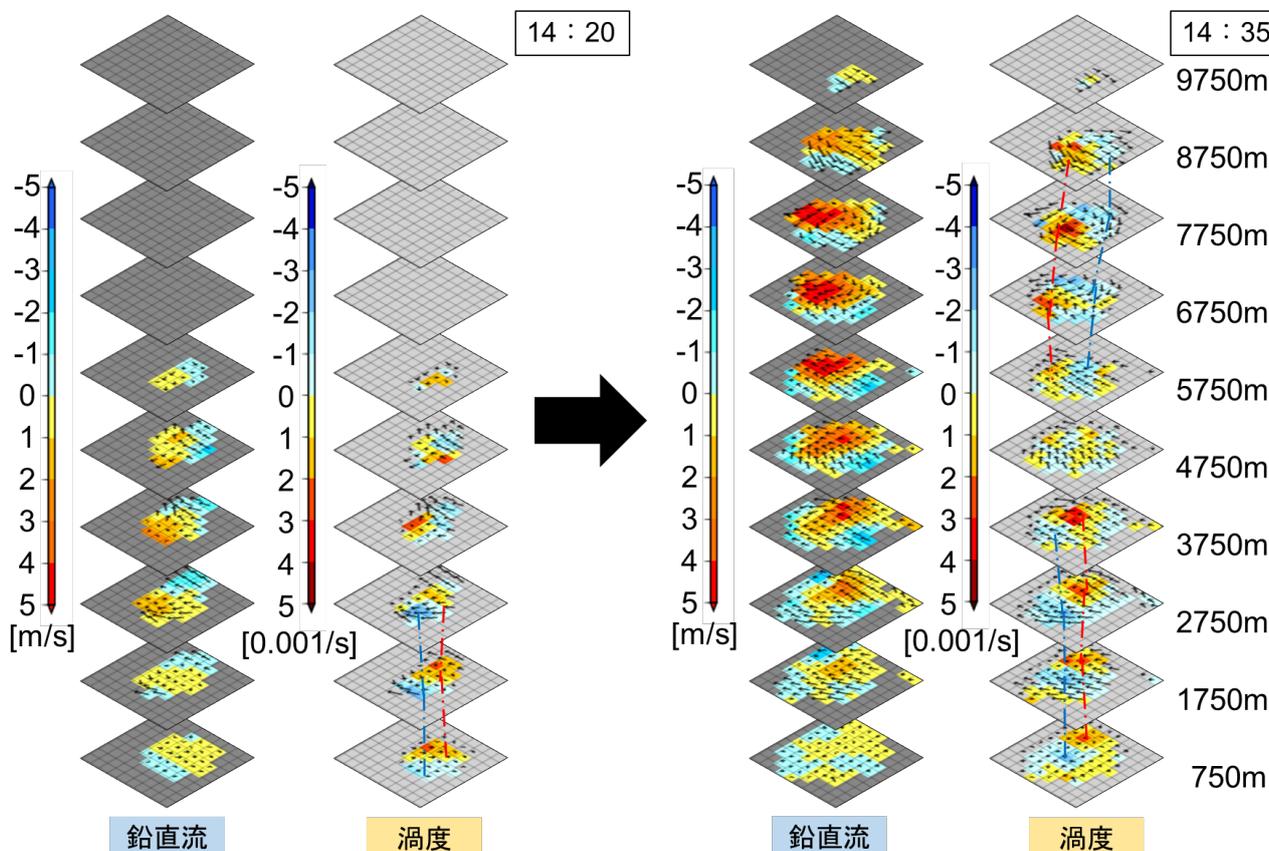


図 1 鉛直流・渦度・水平風の変化。水平風は鉛直流、渦度の図に矢印で表されている。渦度の図に描かれてる点線は鉛直に連続な 0.002/s 以上の渦度をつないでおり、赤が正、青が負の渦度を表している。