

フェーズドアレイを用いたゲリラ豪雨の渦管消長の詳細解析 Detailed Analysis of the Growth and Decline of Vortex tubes in Guerrilla Heavy Rainfall

○中北英一・高尾充政・新保友啓・山口弘誠・中川勝広

○Eiichi NAKAKITA, Mitsumasa TAKAO, Tomohiro NIIBO, Katsuhiro NAKAGAWA

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 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 high spacional temporal resolution by using Phased Array Radar (PAWR). As a result, we succeeded in observing the behavior of the vortex tube which cannot be captured by X-band MP radar. (119 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-band MP レーダー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渦度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 バンドレーダー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、積乱雲の複雑な構造を更に詳しく解析するためには、X-band MP レーダーでは時空間分解能が不十分であり、より一層高性能なレーダーを使う必要がある。フェーズドアレイレーダー（以下 PAWR）は X-band MP レーダーより高い時空間分解能を持っており、PAWR は X-band MP レーダーより詳しく積乱雲の構造を捉えることが可能である。PAWR を使った研究はいくつかの積乱雲の渦管の発達を PAWR で追った研究はなされていない。本研究では X-band MP レーダーでは解析できなかった積乱雲の詳細な立体構造を、PAWR を用いて解析することが目的である。

2. 解析手法

2.1 フェーズドアレイレーダー（PAWR）

本研究では、大阪大学吹田キャンパスと NICT 未来 ICT 研究所（神戸市）に設置された PAWR の観測データを使用する。X-band MP レーダーが 5 分間に 15 仰角分観測を行うのに対して、PAWR は 30 秒に 110 仰角もの観測を行うことができ、時間、空間的に密な積乱雲の観測データを得ることができる。

2.2 X バンド MP レーダー

PAWR の探知性能の比較を行うために関西圏の 3 台の X バンド MP レーダーを利用した。複数のレーダーを用いて立体観測を行うことによってレーダーの性能向上を図っている。

2.3 レンジサイドローブについて

PAWR の観測データには真のエコー周囲にはレンジサイドローブと呼ばれる、弱い偽のエコーが存在する。本研究ではレンジサイドローブの影響を避けるため、反射強度が強い領域のみを解析する領域とした。

2.4 解析事例

X-band MP レーダーから得た地上降雨データを目視で確認し、PAWR で積乱雲の立体構造が観測できている事例についてさらに詳細な解析を行った。積乱雲が十分高く発達した事例を選び、グラドクラッタの影響を避けるために六甲山付近の領域は除いた。本稿では 2017 年 8 月 4 日 14 時 50

分から午後3時10分までに発生した積乱雲の解析結果を示す。

2.5 解析の結果, 考察

本研究ではまず、X-band MP レーダーで観測した渦度が PAWR でも観測できているかを確認した。その結果を図1に示す。図の左右の赤い丸はどちらも同じ領域を囲んでいる。X-band MP で観測した正負の渦度のペアと PAWR の観測した正負の渦度のペアはほぼ同じ位置にあり、XRAIN で捉えた渦度が PAWR でも捉えられていることがわかる。

次に PAWR を使って渦管の発達を 30 秒ごとに追跡した。解析する際、水平方向に周囲 450m の範囲内で移動平均を施すことで、渦度をより巨視的に分析している。移動平均を施す前と後の渦度の変化を図2に示す。図は積乱雲の鉛直断面の渦度の分布を示している。また、移動平均を施した渦管の様子を1分ごとに三次元表示させた図を図3に示す。X-band MP レーダーの5分に一度の立

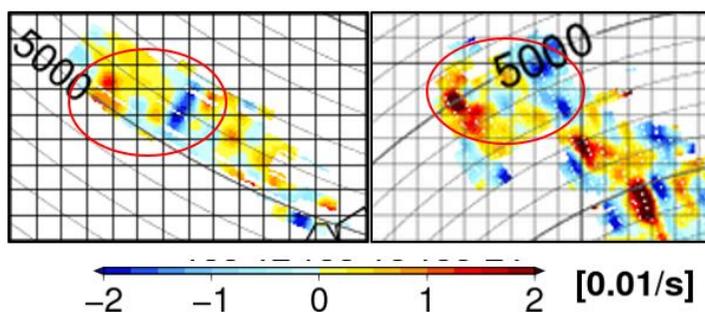


図1 PAWR と X-band MP レーダーの渦度の観測データを比較した図。1メッシュの大きさは1kmであり、左右の赤い丸は同じ領域を囲んでいる。左が大阪 PAWR で、右が葛城 X-band MP レーダーで観測した渦度を表示している。

体観測では捕捉できない渦管の消長を捉えることに成功している。この結果は PAWR による渦管構造のメカニズム解明の可能性を示している。現在、渦管の発達の更なる解析を行っており、発表中に紹介する。

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) 中北英一ら (2017) : 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, 京都大学防災研究所年報, Vol.60B, pp.539-558
- 4) 中川勝広ら (2018) : 渦管を用いた局所的豪雨探知手法に関する研究, 土木学会論文集B1 (水工学), Vol.74, No.5, pp.I_265-I_270

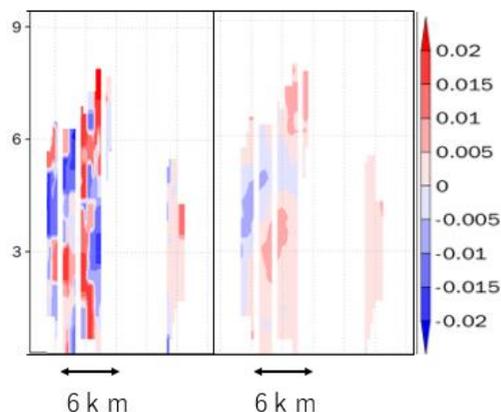


図2 積乱雲の鉛直断面を渦度の様子を表した図。左が水平方向に移動平均を施す前、右が移動平均を施した図である。移動平均を施すことで、正負の渦度のペアが確認できることが分かる。

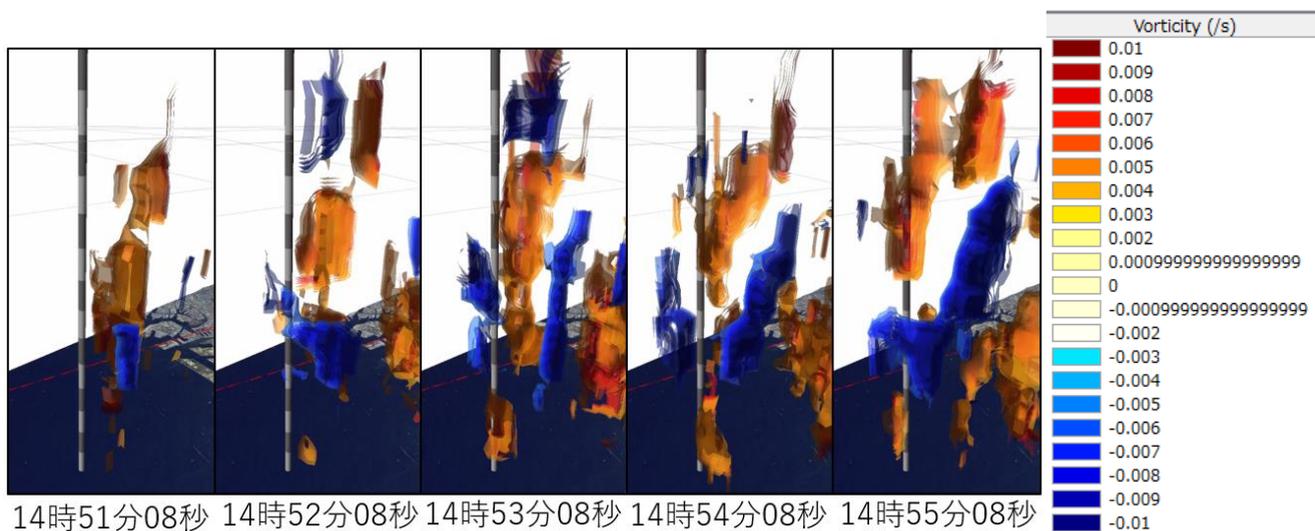


図3 PAWR によって捉えられた渦管の発達の様子を 2017 年 8 月 4 日 14 時 51 分から 1 分ごとに並べた図。4 分間の渦管の変化を捉えていることが分かる。