

高時間空間分解能フェーズドアレイレーダーを用いたゲリラ豪雨の三次元立体解析

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○高尾 充政
国土交通省 正会員 新保 友啓

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
情報通信研究機構 正会員 中川 勝広

1. 研究の背景及び目的

近年、都市域で急に発達する孤立積乱雲によるゲリラ豪雨が多発している。中北らは X バンド 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 バンドレーダーを用いた早期探知システムが開発され幾つかの行政機関で実際に利用されている²⁾。一方、ゲリラ豪雨早期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³⁾は積乱雲の発達に伴って、正負の鉛直渦度のペアが生成するメカニズムを示した。本研究では、積乱雲内部の構造を更に詳しく解析するために、より空間時間分解能の高いフェーズドアレイレーダー（以下 PAWR）を用いて解析を行う。PAWR を使った既往研究は存在するが、⁴⁾積乱雲の渦管の詳しい発達の様子を PAWR で追った研究はない。本研究では X バンド MP レーダーでは解析難し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) : 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 バンド MP レーダーが 5 分間に 15 仰角分観測を行う一方、PAWR は 30 秒に 110 仰角もの観測ができ、積乱雲を密に観測できる。

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田口 X バンド MP レーダーを使った。現業用のレーダーで、都市域を中心に 39 台配置されている。

2.3 レンジサイドローブ : PAWR の観測データの真のエコー周囲には、レンジサイドローブという弱い偽エコーがある。本稿では受信波のピークエコーから 20dBZ 以下のエコーをレンジサイドローブとして除去した。

2.4 解析事例 : 大阪と神戸の PAWR、田口 X バンド MP レーダーで観測できる積乱雲の内、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更に詳細な解析を行った。

3. 解析の結果, 考察

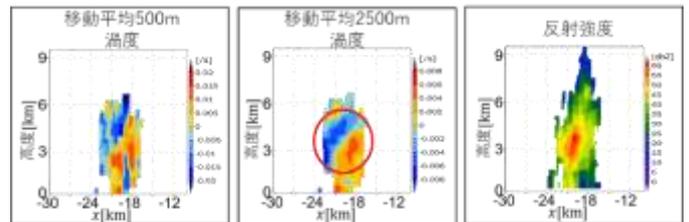


図1 移動平均による鉛直渦管構造の差異 (14 : 15 : 38 JST)

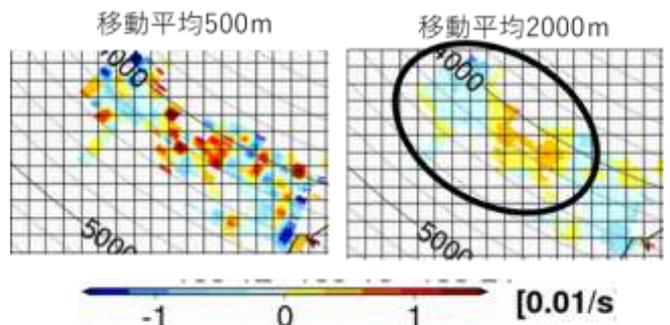


図2 移動平均による渦度分布の差異。

①**時空間スケールの小さな渦管 :** 図1に PAWR で捉えた積乱雲の鉛直断面の渦度分布を示す。図1の水平方向に周囲 500m の移動平均を施した左図から、小さな渦度分布が複数確認できる。この渦度分布は鉛直方向に数 km 程連続な構造であることから、単なるノイズではなく、時空間スケールの小さな渦管を捉えていることがわかる。この結果は 5 分間に 15 仰角分しか観測できない X バンド MP レーダーでは確認できず、30 秒に 110 仰角もの観測ができる PAWR を用いて初めて確認できる。

②**渦管の階層構造 :** ここで図1の中図のように水平方向に周囲 2500m の大きな移動平均を施すと、鉛直断面に時空間スケールの大きな正負の渦度分布を確認することができる。この結果は既往研究で示された一対の正負の渦管のペアが観測できた事実と合致する。以上から図2の水平断面だけでなく、鉛直断面でも渦度の階層構造を観測できることがわかった。

Mitsumasa TAKAO, Eiichi NAKAKITA, Tomohiro NIIBO, Kosei YAMAGUCHI, and Katsuhiro Nakagawa

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所中北研究室 E-mail:takao.mitsumasa.64u@st.kyoto-u.ac.jp

キーワード : ゲリラ豪雨, フェーズドアレイレーダー, 渦度

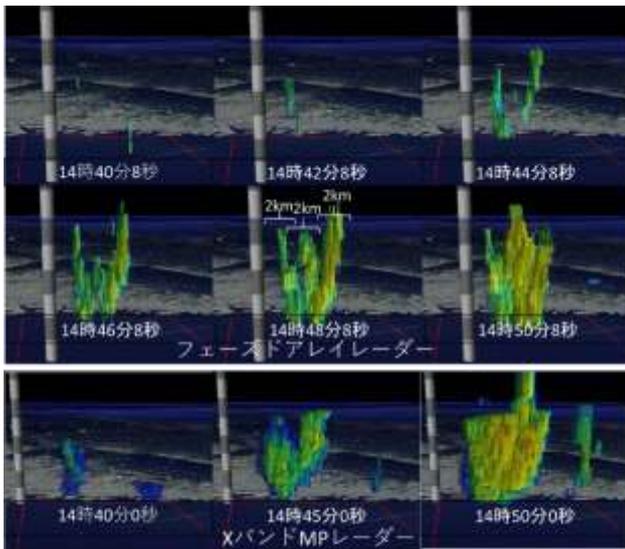


図3 PAWRとXバンドMPレーダーで捉えた反射強度の比較

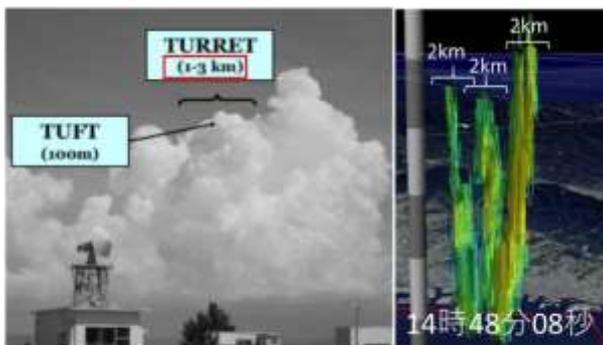


図4 反射強度とタレットの水平スケールの比較

③反射強度の時間変化：PAWR を用いて積乱雲の反射強度の時間変化を解析した。図3は14時40分から14時50分までの反射強度の時間変化をPAWRは2分ごとに、XバンドMPレーダーは5分ごとに並べた図である。なお、紙面の関係で2分毎のPAWRの観測値を載せているものの、実際には30秒毎の観測データを得られる。反射強度の細かいふるまいを30秒ごとに追跡することで以下の事実に初めて気づくことができた。図3を見るとPAWRで観測されたエコーから、複数の小さなエコーの塊が上昇下降する挙動が確認することができる。このエコーの上昇、下降は積乱雲内部のタレットを観測したものと考えられる。タレットとは図4の左図⁹⁾に示すように、積乱雲を構成する水平スケールが1~3km程度の雲塊のことである。図4に示すように観測されたエコーの塊は水平スケールが約2kmほどであり1分程度の時間間隔で変動していることから、この反射強度の分布はタレットである可能性が高いと考えられる。また図3からわかるようにXバンドMPレーダーでは、このタレットの形状を大まかに捉えている一方で、タレットの挙動を捉えることはできていない。

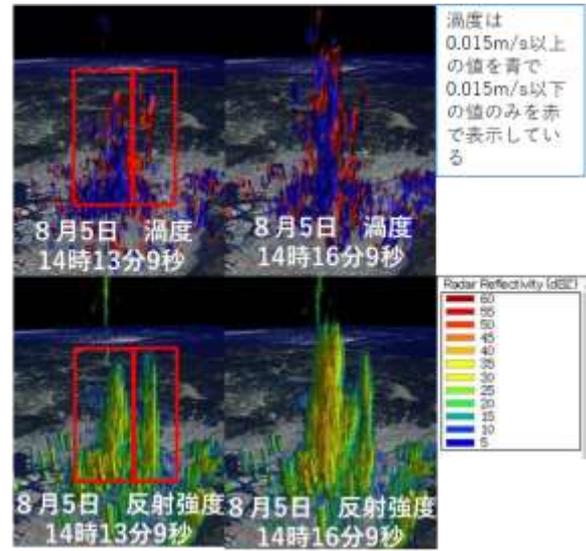


図5 タレットとその内部の渦度

④積乱雲内部のタレットと渦度：タレット内部には上昇流が発生しており、中北ら³⁾が示したメカニズムに従って正負の渦管のペアが発生する可能性が高い。そこでタレットだと思われる領域についてPAWRを用いて渦度分布を調べた。図5は8月5日に発生した積乱雲の反射強度と渦度を立体表示させた図である。14時13分9秒の図にタレットと思われる領域を四角で囲んでいる。図からタレット内部に正と負と渦度が存在するのを確認できる。また、急激に発達するタレットは、値が高く鉛直方向に長い渦管が存在していることが分かる。

4. まとめ

PAWRを用いてXバンドMPレーダーでは観測しづらい渦管の階層構造について確認した。また、PAWRで水平スケール2km程度のエコーが上昇下降の様子を観測し、それが正負の渦度のペアを持つことから内部で上昇流の存在が推測されタレットを観測した可能性を示した。

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 et al. (2017)：Early Detection of Baby-Rain-Cell Aloft in a Severe Storm and Risk Projection for Urban Flash Flood, *Advances in Meteorology*, 15pp.
- 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
- 5)Kobayashi et al. (2012): growing speed of cumulonimbus turrets, *J. Atmos. Electr.*, 32 13-23