

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○山邊 洋之
 京都大学防災研究所 正会員 中北 英一
 京都大学大学院工学研究科 学生員 山口 弘誠

1. 研究の目的

2008年7月28日の都賀川豪雨事例に代表されるような豪雨は、局所的に突如として発生し、急速に発達するため、一般的に“ゲリラ豪雨”と呼ばれる。ゲリラ豪雨はレーダーで雨域が探知されてからごくわずかな時間で巨大な積乱雲となり豪雨をもたらす。そのため、レーダーで雨域を探知し予測を行うためのリードタイムは、情報伝達の時間も考慮すると5~10分程度しかない。このような短い時間の予測は難しく、あまり有用性のないものと考えられてきたが、都賀川豪雨の事故によってこの5~10分の予測の重要性を認識させられた。すなわち、5~10分先の急激な発達予測手法の開発に向けて、ゲリラ豪雨を引き起こす初期の状態の積乱雲、すなわちゲリラ豪雨の卵の状態を一刻も早く探知し、予測のための時間を確保することが極めて重要である。本研究ではゲリラ豪雨の予測を実現するための前段として、レーダーで探知し始める程度の段階である“積乱雲の卵”の一刻も早い探知の可能性を探ることを主な目的として、レーダー情報と様々な力学的指標を用いて解析する。

2. 解析方針

解析事例は、2006年8月22日の豊中豪雨と2008年7月28日の都賀川豪雨とする。解析するレーダー情報は、Cバンド(5cm波長帯)レーダーである国交省深山レーダーの低仰角観測(PPIf観測)および立体観測(PPIv観測)、気象庁のレーダーAMeDAS、Xバンド(3cm波長帯)レーダーである大阪市のオークレーダーである。PPIv観測は、他の観測が1仰角のみであるのに対して、複数の仰角で観測することにより雨域の立体構造を把握することができる。2つの豪雨事例について、これらのレーダー情報が“豪雨の卵”をいつどのように捉えているのか以下の3つの観点から解析する。

- (1) 電波の波長の違いによる感度の比較：Cバンドレーダーでは広い範囲が観測できるが電波の感度が低い。ため、観測範囲は狭いが微弱な降雨を捉えることができるXバンドレーダーと比較する。
- (2) 時間・空間分解能の比較：それぞれのレーダーの観測結果から、時間・空間分解能の相違による見え方の違いを比較する。また、レーダーの3次元的な観

測にも注目する。

- (3) ドップラー風速など他の物理量：深山レーダーで観測されるドップラー風速、また、気象庁GPVとAMeDASから算出する収束発散、鉛直シア、水蒸気流入量、CAPE(Convective Available Potential Energy)等の力学的指標を解析する。

以上3点を判断する基準に関しては

- ①運動学的手法を用いての短時間予測
 - ②大気上空の降水粒子の鉛直方向の移動予測
 - ③データ同化による大気モデルを用いた予測
- という3つの視点において判断を行う。①については、短時間(1時間以内)の降雨予測に関してはレーダーで探知された雨域の動きを数理工学的に捉えて予測する運動学的手法が有効であるとされている。②については、①の水平面上の移動に対して鉛直方向の運動学的手法である。積乱雲が成長期にある段階では内部は上昇流が卓越しており、降水粒子を上昇気流が支えている。そして積乱雲が成熟期に達し上昇流が弱まり、また、上昇流の位置が変化し降水粒子が落下する。その動態をレーダー情報を用いて追うことにより、上空の降水粒子の落下挙動を5~10分のリードタイムで予測できる可能性がある。③については、大気・雲物理の支配方程式を数値的に時間積分するメソ大気モデルを用いる物理学的手法があり、空間的に細かな初期値を取り込む同化手法が研究開発されている。感度の良いレーダー情報であるドップラー風速を同化することでゲリラ豪雨を予測できる可能性があるため、本研究では初期的な研究ではあるがその確認を行う。これらの視点でアプローチを行うことで、ゲリラ豪雨の予測のために、まずその探知を行うためにはどのような観測が必要であるのかについて時間・空間分解能が果たす役割を整理することで明らかにする。

3. 豪雨事例の解析結果

(1) 都賀川豪雨事例

様々なレーダー情報を時系列順に整理したものを図1に示す。ゲリラ豪雨の卵を探知した順番はPPIv観測、オークレーダー、PPIf観測、レーダーAMeDASであった。立体観測であるPPIv観測が最も早く14時13.5分に上空のみに存在する積乱雲の卵を探知しており、約5km

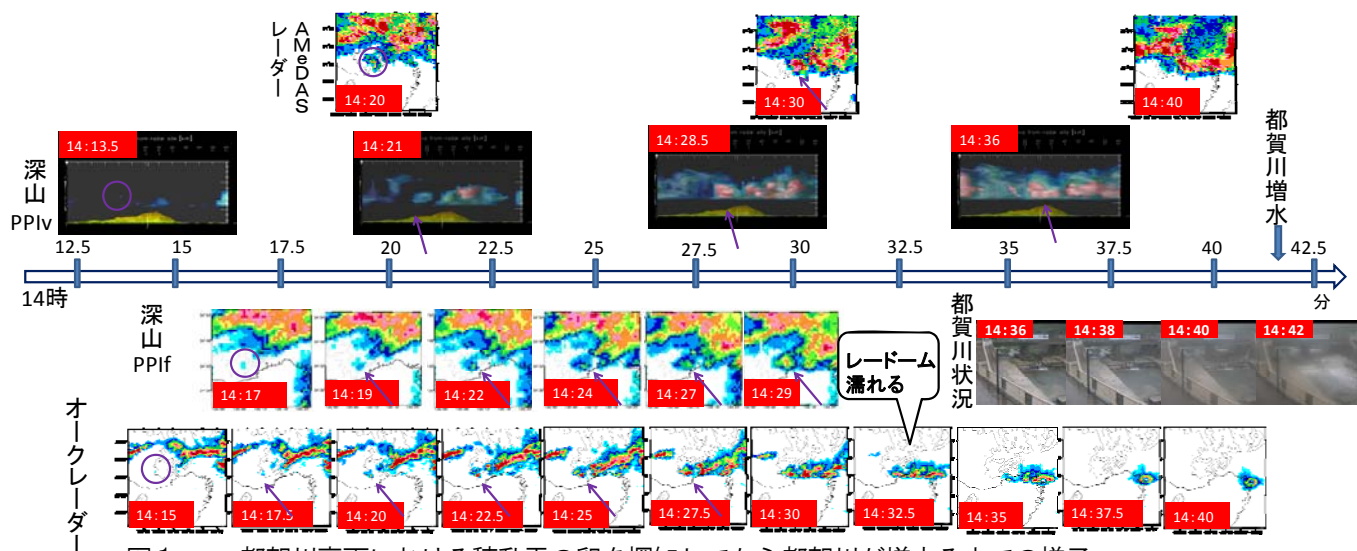


図1 都賀川豪雨における積乱雲の卵を探知してから都賀川が増水するまでの様子
それぞれの観測ごとに初めて卵を探知した様子を丸で囲み、発達する様子を矢印で示す。

高度で発生していた。次いで感度のよいXバンドのオー
クレーダーが14時15分に低仰角高度で探知していた。
現業用のCバンドレーダーではそれから数分程度探知が
遅れていた。これは低仰角のみの観測では、5kmもの上
空を観測できず、ある程度成長した積乱雲の上空から落
ちてきた雨粒しか捉えることはできないからである。一
方、立体観測の時間分解能が7.5分であるので、この時
間分解能では判断基準②の積乱雲内の降水粒子の挙動を
つかむことができていない。図1に都賀川の河川の状況
を合わせて示すが、14時13.5分に極めて小さな雨域を
探知してから出水まで約30分である。

(2) 豊中豪雨事例

図2(a)に示すように、都賀川豪雨事例と同様に立体観
測によって上空にのみ存在する積乱雲の卵を探知してい
た。積乱雲の発達段階において、図2(b)に示すように低
仰角高度のドップラー風速に収束帯がみられた。この収
束帯の存在は雨域の発達に関与しており、強降水域の発
達の挙動とよく対応している。また、力学的指標におい
てはGPV情報だけでなくAMeDASの情報を取り入れる
ことで、図2(c), (d)に示すように風速では豊中周辺に収
束帯が存在し、水蒸気流入量にも流入がある。このよう
に、風速や水蒸気に関する指標は大気の状態は豪雨の発
達する場を表現していた。CAPEにおいては積乱対流が
起こったときに高い値を示すと予想されたが、豊中豪雨
事例に関しては良い結果が得られなかった。力学的指標
を求めるにあたりGPV情報の風速、相対湿度および気
温の情報を利用しているが、本事例に関しては気温情報
の信頼性が低いと考えられる。

4. 結論

本研究では、レーダー情報と力学的指標を用いてゲリ

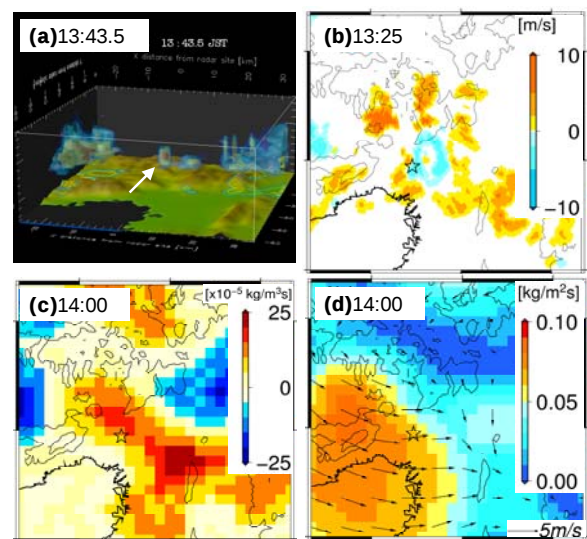


図2 豊中豪雨における (a)レーダー反射因子の3次元分
布, (b)ドップラー風速, (c)水平収発散, (d)水蒸気流入量

ラ豪雨の卵の捉え方について解析した結果、現業の観測
運用よりも早い時間に、立体観測やXバンドレーダー観
測が上空で発生した卵を探知していることを明らかにし
た。ただし、立体観測の時間分解能が粗いために都賀川
豪雨では上空の降水粒子の挙動を細かく把握することが
できていなかった。そのため、ゲリラ豪雨の卵の探知に
は感度の良いXバンドレーダーでの高時間分解能の立体
観測が必要であることを示した。また、ドップラー風速
の収束域と豪雨発達域が対応しており、力学的指標は
GPV情報にアメダスの風速を取り入れることで豪雨発
生の場を表現していることから、それらの観測情報を同
化することで予測精度が向上すると期待できる。以上に
より、ゲリラ豪雨の予測に向けて、豪雨となる卵の探知
能力を上げることが予測の第一歩であると考えられる。