

Ka バンド雲レーダー等のマルチセンサーで捉えた積乱雲の生成・発達過程
 A Study of Cumulonimbus in Generating and Developing stage Observed by
 Ka-Band Cloud Radar and Multisensor

中北英一・○新保友啓・大東忠保・山口弘誠

Eiichi NAKAKITA, ○Tomohiro NIIBO, Tadayasu Ohigashi, Kosei YAMAGUCHI

Suddenly-generated and rapidly-developed isolated cumulonimbus often cause flash flood and inundation disasters. For these disasters prediction, it is significant to analyze flow structure in a cumulonimbus cloud before raindrop generation. To investigate the initiation process, we conducted observation in Kobe City, on August 2018 using a Ka-band Doppler radar, X-band radars and some sensors. Developing cumulonimbus clouds and non-precipitating cumulus were observed by Ka-band radar, and the former has high Radar reflectivity (Zh) in the upper part. This implies that strong updraft lifted up the cloud particles and particle size grew up in the developing cell. In addition, we evaluated the effect of spatial resolution and direction on the radar observation by analyzing the vortex structure simulated by a Large Eddy Simulation model. The simulation result show that the vorticity can be observed irrespective of the direction if a cell has a circulation in a spatial scale larger than observation resolution.

1. 序論

昨今、急激に発達する積乱雲が局地的豪雨をもたらしている。災害を引き起こすような局地的大雨は将来増加する傾向にある。これに対して発達する積乱雲が生成段階で高い渦度を持つことを利用して現業の気象レーダーを用いた局地的豪雨早期探知システムの実用化が始まっている¹⁾。中北ら²⁾は、Xバンドレーダーで観測される段階の渦管構造について、環境場のシア解析、上昇流の解析を行い渦管構造が上昇流による水平渦管のtilingで生成する原理との一致を示した。また、Kaバンド雲レーダーを用いた解析により発達する積乱雲の降水粒子生成に至る前段階で渦度の探知が可能であること、渦管構造がみられるものがあることを示した³⁾。以上を踏まえ本研究では積乱雲の発生から衰退を通した渦管構造の生成までを追跡しメカニズムの解明を目的と定め、神戸市においてマルチセンサーによる集中観測を行った。積乱雲生成段階から発達段階に至る過程を捉えた事例を対象に渦管の生成過程の解析を行った。

2. 観測の概要

2018年8月神戸市に設置された複数のセンサーを活用し集中観測を行った。

2.1 Kaバンドレーダー

神戸国際大学に設置された名古屋大学 Ka バンド雲レーダー（以下 Ka バンドレーダー）のデータ

を利用した。西側に約90度のセクター領域を設定し2分間で11仰角の高頻度の立体観測を行った。

2.2 XRAIN

発達段階の観測情報として国土交通省の近畿に設置された4台のXバンドレーダーを利用した。

本観測では、境界層レーダー（BLR）、Lidarによる雲生成前段階の風の観測も行った。

3. Ka バンドレーダーで捉えた積乱雲の生成・発達過程

3.1 対象事例

2018年8月16日の午前8時から10時まで六甲山上で断続的に発生した雲を解析の対象とした。

3.2 Kaバンドレーダーで観測されたZhの特徴

Kaバンドレーダーで9時28分に高度約1kmで探知し、9時42分まで2分毎の立体構造を観測した。30分には境界層レーダー上を通過し境界層レーダーで上昇流が観測されている。Kaバンドレーダーのレーダー反射因子（Zh）から作成したCAPPIの鉛直断面を図1に示す。雲の発生から発達までの過程を捉えている。観測間隔が2分であるため小さなセルが結合しながら次第に大きくなっていく様子が確認できる。さらに、セル内部でのZhの特徴を捉えるために各仰角の観測値から作成したヒストグラムを図2に示す。発達せずに消滅した雲の観測値を比較対象として用いた。高度による差を比べると発達したセルは高い高度ほ

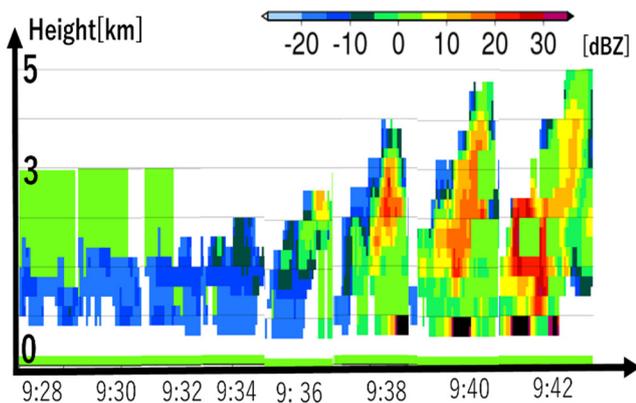


図 1. Ka バンドレーダーで観測された発達するセルの Zh の時間高度変化

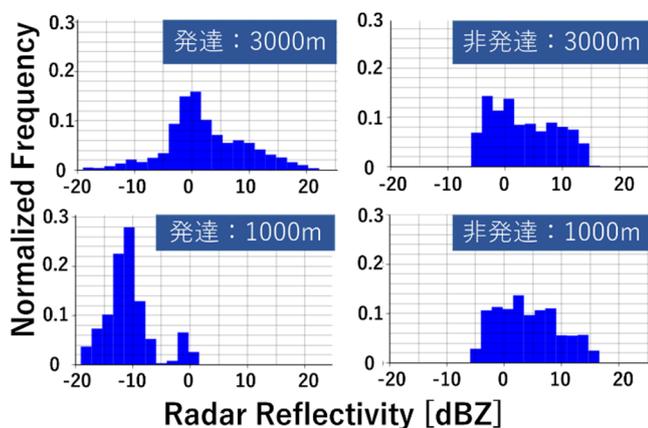


図 2. 発達セルと非発達セルを観測した仰角毎の Zh のヒストグラム.

ど Zh の値が大きくなっている一方で、発達しなかったセルは高度による差が小さいことがわかる。これは、発達するセルと発達しないセルの中で雲・降水粒子の鉛直分布に違いが発生しているためだと考えられる。すなわち、発達したセルでは上昇流が強いため、低い高度では凝結により生成した小さな粒子が多く存在し、高い高度ではより粒径の大きい粒子が存在していると考えられる。ひまわり 8 号の観測値から算出される雲物理情報との比較を行い Ka バンドレーダーのみで観測される段階の雲の解析を進め発表時に示す予定である。

4. 積乱雲生成・発達過程における渦度について

発達する積乱雲の内部で疑似渦度が高く発達段階において渦管構造が確認されている³⁾。一方、Ka バンドレーダーで観測される雲内部の渦度分布を見ると X バンドレーダーで観測しているものと比べて複雑な分布をしている。Ka バンドレーダーの観測値が示す意味や各レーダーによる違いを明らかにするために LES モデルの計算結果を利用

した検討を行った。また、観測値の移動平均のスケールを変化させることで分解能の異なるレーダー間で観測値を比較した。

4.1 モデルによる検証

都市内部の大気シミュレーションの計算結果を用いて、都市上空で発生する上昇流の周辺の渦度分布をレーダーで観測した場合にどの程度現象をとらえられるのかを検証した。分解能が異なるレーダーで観測できる疑似渦度の分布を図 3 に示す。分解能が Ka バンドレーダーの観測分解能であると水平スケール 600m の上昇流の周囲に発生する規模の渦度分布であっても観測できることが確認できる。X バンドレーダーの解像度では明瞭に観測できないことが分かるこのほかに観測方向に関する検討、渦の構造による観測可能性の検討を行った。また、異なる分解能のレーダーの観測値を移動平均する事でスケールを合わせて比較検討を行った。発表時に解析結果を示す予定である。

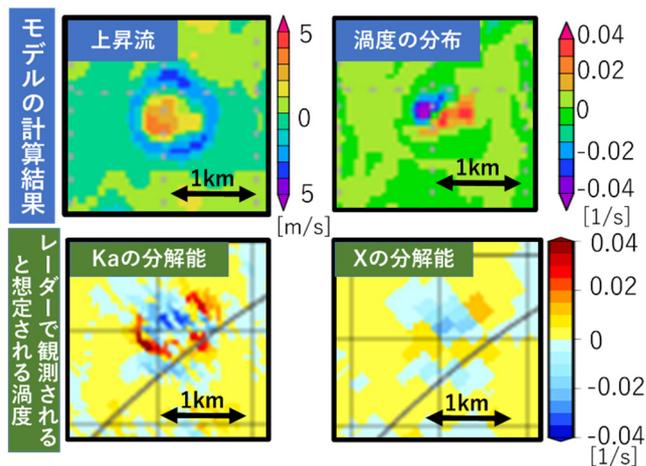


図 3. LES モデルの上昇流と鉛直渦度の計算結果と各レーダーの分解能で観測される疑似渦度分布。

参考文献

- 1) 片山勝之, 山路昭彦, 中村文彦, 森田宏, 中北英一: 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, 2015.
- 2) 中北英一, 佐藤悠人, 山口弘誠: 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, 60B, pp.539-558, 2017.
- 3) 中北英一, 新保友啓, 佐藤悠人, 山口弘誠, 大東忠保: Ka バンドレーダーを利用した積乱雲生成段階に関する研究, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.74, No.4, pp.I_55-I_60, 2018.