

最新型偏波レーダーを用いた雨滴粒径分布の時空間構造の推定

京都大学大学院工学研究科

学生員 ○金原 知穂

京都大学防災研究所

正会員 中北 英一

京都大学生存基盤科学研究ユニット

正会員 山口 弘誠

1. 研究の背景と目的

2010年7月より都市域での豪雨に対する観測を強化するために、最新型レーダーを使用した国土交通省XバンドMPレーダ網が導入され、現業用Cバンドレーダーと比較して高分解能かつ高頻度での観測が可能となった。その最新型レーダーでは、降水粒子の形状に関する様々な偏波パラメータを観測できるようになったため、より高精度な降水量推定が可能となりつつある。加えて、偏波パラメータを用いることで雨滴粒径分布(Drop Size Distribution)を推定することが期待されている。そこで本研究では、既往研究で用いられてきたDSD推定手法の問題点を整理し、新たなDSD推定手法の開発を行うことを第一目的とする。さらに、開発するDSD推定を豪雨事例に適用することで、対流性雲の発達過程における特徴を捉えること、および、非偏波レーダーへDSD情報を直接的に利用した降水量推定手法の開発へ応用していく。

2. 位相差変化率 K_{DP} を用いた雨滴粒径分布の推定手法の開発

まず初めに、偏波レーダーを用いたDSD推定に関する既往研究の問題点を整理する。ここでは従来手法として、Brandes *et al.* (2004) が開発したConstrained gamma methodを取り上げ実際の豪雨事例に適用したところ、強雨時では推定精度が低く、推定ができない時刻すら存在した。その理由を探るべく偏波パラメータの推定精度をそれぞれ検証したところ、従来手法の中で主に用いている偏波パラメータであるレーダー反射因子差 Z_{DR} は観測ノイズが大きく、特に強雨時では降雨減衰の影響を受けて観測精度が低いことが確認できた。そこで本研究では、降雨減衰の影響を受けにくい位相差変化率 K_{DP} を主に用いたDSD推定手法を新たに開発していく。

新たな手法の開発に先駆け、地上雨滴計を用いてDSDを特徴付けるパラメータ(粒径分布の中央値 D_0 、

キーワード レーダー、雨滴粒径分布、位相差変化率、降水量推定

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 気象水象災害研究部門 水文気象災害研究分野 TEL0774-38-4264

切片 N_w 、傾き A) と偏波パラメータの関係を整理する。ここで、 Z_{DR} が雨滴形状の縦横比に関する偏波パラメータであることにに対し、 K_{DP} は縦横比の積算値であるため、 K_{DP} を切片 N_w など数量を表す物理量で除することにより Z_{DR} と同様の意味を持つ物理量となる。この考えのもとに地上雨滴計を用いて検証したところ、 K_{DP} をそのまま用いるのではなく、数量を表す物理量で除して用いることで、DSDパラメータとの高い相関を確認できた。また、理論式でも K_{DP} を N_w で除することにより、DSDパラメータを表現できた。

DSD推定手法の開発に関して、まず中央値 D_0 の推定にあたり、 K_{DP} と、数量を表す物理量としてここでは Z_{HH} を用いる。地上雨滴計で得られた K_{DP} 、 Z_{HH} と D_0 の関係(図1(a))を基に、 D_0 を K_{DP} と Z_{HH} の3次方程式を仮定して最小二乗法で近似し、内挿して D_0 を求める。その際、 K_{DP} と Z_{HH} それぞれの観測精度の高い値域を活かして観測値の補正を行う(図1(b))。

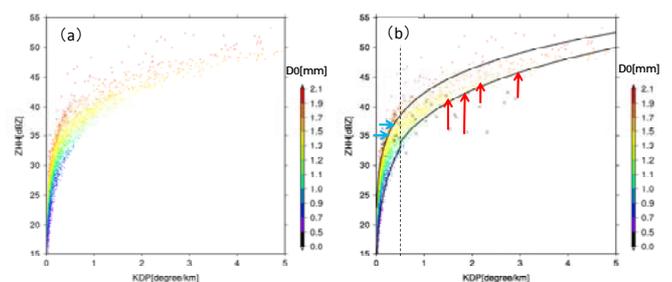


図1 (a) 地上雨滴計から得た K_{DP} 、 Z_{HH} と D_0 の関係

(b) K_{DP} 、 Z_{HH} の補正方法

また、切片 N_w と傾き A の推定については、地上雨滴計で得られた K_{DP} を N_w で除した値と他のDSDパラメータの関係からそれぞれ推定する。開発した新手法を実際の降雨に適用し、検証した結果(図2)、強雨時($K_{DP} > 0.5$)では従来手法以上の推定精度を得ることを明らかにした。そこで、新手法と従来手法でそれぞれ推定精度の高い部分を補うように、両手法を併用する新たなDSD推定アルゴリズムを構築した。

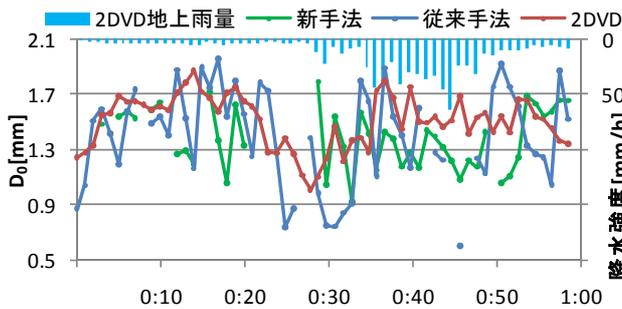


図 2 2010年7月14日00:00~00:59における京都大学防災研究所での地上観測(2DVD), 従来手法, 新手法でそれぞれ求めた粒径分布の中央値 D_0 の比較と同時に時刻の降雨強度

3. 雨滴粒径分布の時空間構造の推定

構築した新しい DSD 推定アルゴリズムを用いて, 積乱雲の DSD の時空間構造の推定を行う. 対流性雲の発達・衰退を DSD パラメータの変化から捉えることで, 降水現象に対する理解を深める.

2010年7月7日の12:35から12:59の間に京都府綴喜郡宇治田原町で急激な発達が観測された降雨事例において, DSD パラメータを推定した(図3). 地上で降水が確認された時点で中央値 D_0 が 2 mm という高値を示しており, また, 切片 N_w も弱雨の降水セルと比較して高値を示していた.

また, 鷲峰山レーダーの立体観測データを用いて, 降水セル内部の DSD パラメータの鉛直分布を推定したところ, 上空でも水平方向と同様の特徴が見られた. さらに, 地上降雨が観測される前に上空で降水セルの発達が探知できていることから, 将来的にはゲリラ豪雨に対する危険度の察知に利用できるものと考え.

今後の展開として, X バンドレーダーの高い時間・空間分解能の特徴を用いて, 降水強度と DSD パラメータに関する時間・空間相関を解析し, 豪雨をもたらす積乱雲の時空間構造に対する新しい知見を広めていく.

4. 非偏波レーダーへの利用

数年後に導入が予定されているフェーズドアレイレーダーのような非偏波レーダーでは, レーダー反射因子 Z のみが観測されるため, 降水量推定精度が低い. そのため偏波レーダーから推定される DSD 情報を用いて, 非偏波レーダーで観測される Z による降水量推定精度の向上を図る.

一つ目の手法として, 非偏波レーダーの降水量推定手法として理論的に導かれた $B-\beta$ 法があり, 一般的

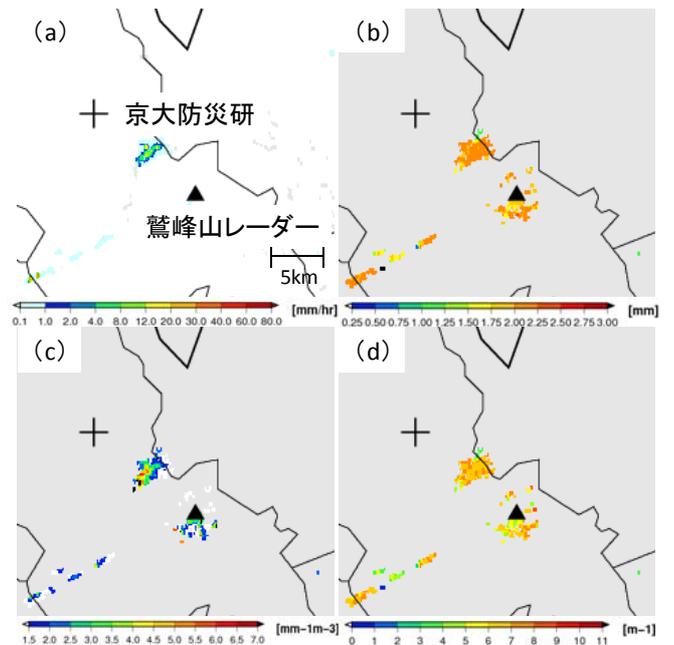


図 3 7月7日12:39における水平分布. (a) 降水強度 (b) DSD の中央値 D_0 (c) DSD の切片の対数表記 $\log N_w$ (d) DSD の傾き λ

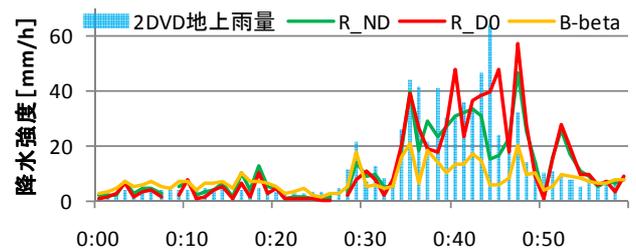


図 4 2010年7月14日00:00~00:59における京都大学防災研究所での地上雨量と推定された降水量には統計値が用いられるが, ここではリアルタイムに偏波レーダーから推定される DSD から $B-\beta$ を算出し, 降水量推定を行う ($R-N(D)$ 法). また, $R-N(D)$ 法では D_0 を用いていないが, 新アルゴリズムで D_0 の推定精度が高いことが示されたため, 二つ目の手法として, 地上雨滴計のデータから半経験的に, D_0 と N_w を用いた新しい降水量推定手法 ($R-D_0$ 法) を開発した.

実際の降雨に適用した結果(図4), 両手法とも統計値の $B-\beta$ 法と比較して高い推定精度を得た. DSD 情報を与えることで Z_{HH} のみからでも十分高い精度での降水量推定が可能であることを明らかにした.

参考文献

- 1) E. A. Brandes, G. Zhang, and J. Vivekanandan. : Drop size distribution retrieval with polarimetric radar: Model and application, *JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY*, VOL. 43, NO. 3, pp. 461-475, 2004.
- 2) V. N. Bringi and V. Chandrasekar : POLARIMETRIC DOPPLER WEATHER RADAR: Principles and applications, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 636pp., 2004.