

# 気象レーダパラメータを用いた雨滴粒径分布推定手法の開発

因幡直希<sup>1</sup>, 若月泰孝<sup>2</sup>

1.筑波大院生命環境 2.筑波大学生命環境系

## 1. はじめに

気象レーダ観測に関して、降水強度をより高い精度で推定するためには、リアルタイムで雨滴粒径分布 (raindrop size distribution, DSD) を把握することが大切である。山口他(2012)の手法(以下、山口法)ではレーダ反射因子( $Z_h$ )と伝搬位相差変化率( $K_{DP}$ )から DSD を推定している。しかし、特に強雨時では降雨減衰により $Z_h$ が過小評価されるために、推定精度が大きく低下してしまう。そこで、DSD 推定精度を向上させるため、本研究では、疑似観測実験を行うことにより、 $Z_h$ よりも減衰量の少ない反射因子差( $Z_{DP}$ )と $K_{DP}$ を用いた DSD 推定手法を理論的に開発した。

## 2. 実験概要

Ulbrich(1983)によると DSD はガンマ分布で近似できる。本研究では、以下の様式を用いた。

$$N(D) = N_T \frac{\beta^{-\alpha}}{\Gamma(\frac{\alpha}{\beta} + 1)} D^{\alpha/\beta} \exp(-\frac{D}{\beta}) \quad (1); \quad D_m = \alpha + 4\beta \quad (2)$$

$N(D)$ は粒径分布 $[m^3/mm]$ 、 $D$ は粒径 $[mm]$ 、 $\alpha$ は最頻粒径 $[mm]$ 、 $\beta$ は中心値に関するパラメータ $[mm]$ 、 $N_T$ は数密度 $[m^3]$ 、 $D_m$ は中心値 $[mm]$ である。 $\alpha$ 、 $D_m$ (もしくは $\beta$ )、 $N_T$ を DSD パラメータと呼び、DSD はこれら 3つのパラメータにより決定される。既往研究の観測結果を基に DSD パラメータ間の相関や各 DSD パラメータのレンジを決定し、乱数として 7093 セット発生させ、それらを真値とした。真値の DSD パラメータから $Z_h$ 、 $Z_{DP}$ 、 $K_{DP}$ 、降水強度  $R$  を理論的に導出した。また、降雨減衰に関しては、レーダサイトから観測域まで(距離 0.5km)減衰量が一定であると仮定し、Pak et al.(2005b)の経験式を用いて $K_{DP}$ から減衰量を決定することにより、減衰を考慮した場合のレーダパラメータを導出した。減衰を与えた場合もしくは与えていない場合の 2種類のレーダパラメータを用いて、新手法および山口法から DSD パラメータを推定し、その推定精度の比較を行った。また、推定された DSD パラメータから降水強度を導出し、新手法、山口法、Z-R 関係経験式を用いて $Z_h$ から直接  $R$  を推定する手法)の 3手法の推定精度の比較も行った。

## 3. 結果と今後の課題

図 1 に $Z_h$ と $Z_{DP}$ の減衰量を示す。図 1 に見られるように、 $Z_{DP}$ は $Z_h$ よりも減衰量が小さいために、 $Z_h$ の代わりに $Z_{DP}$ を用いることで、より高い精度で DSD パラメータを推定できる可能性があると考えられる。図 2(a)~(f)に  $R$  の推定結果を示す。減衰がない場合、新手法の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.997 と 0.904、山口法の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.997 と 1.114、Z-R 関係の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.784 と 7.494 である。新手法と山口法は Z-R 関係の推定精度を大きく上回っており、両手法ともほぼ同程度の高い推定精度で降水強度を推定することができている。一方、減衰がある場合では、新手法の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.997 と 2.55、山口法の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.977 と 6.84、Z-R 関係の相関係数と RMSE はそれぞれ 0.763 と 8.032 である。減衰がない場合と比べると 3手法とも推定精度は低下しているが、中でも新手法の精度が最も高い。Z-R 関係では、減衰なしの場合と比べるとやや過小評価の傾向がみられるようになった。新手法と山口法では、降水強度が 40mm/h 程度以上で過大評価の傾向が見られるようになった。特にその傾向は山口法で顕著であり、山口法でより大きな推定精度の低下が見られた。新手法に比べて、山口法では、減衰により $D_m$ や $N_T$ の推定精度がより大きく低下しており、

それが新手法と山口法の  $R$  の推定精度の差をもたらしたと考えられる。なお、 $\alpha$ に関しては両手法共に推定精度が低く、あまり大きな差異は見られなかった。

以上の結果から、降雨減衰が生じている場合でも、 $Z_h$ よりも減衰が小さい $Z_{DP}$ を用いた新手法の方がより高い精度で DSD を推定することが可能であると考えられる。

ただし、本研究では理論的に $K_{DP}$ に依存した簡単な降雨減衰を与えているため、今後これらの手法を実際のレーダ観測データに適用し、更なる精度検証を行う必要がある。

## 4. 参考文献

Pak, S.G, M. Maki, K. Iwanami, V.N. Bringi, and V. Chandrasekar; 2005b: Correction of radar reflectivity and differential reflectivity for rain attenuation at X band. Part II: Evaluation and application. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 22, 1633-1655.  
 Ulbrich, C.W; 1983: Natural variations in the analytical form of the raindrop size distribution. *J. Climate Appl. Meteor.*, 22, 1764-1775.  
 山口引誠, 金原知穂, 中北英一; 2012: Xバンド偏波レーダを用いた雨滴粒径分布とその空間構造及び降水量の推定手法の開発. 土木学会論文集 B1(水工学), 68, B37-B72.

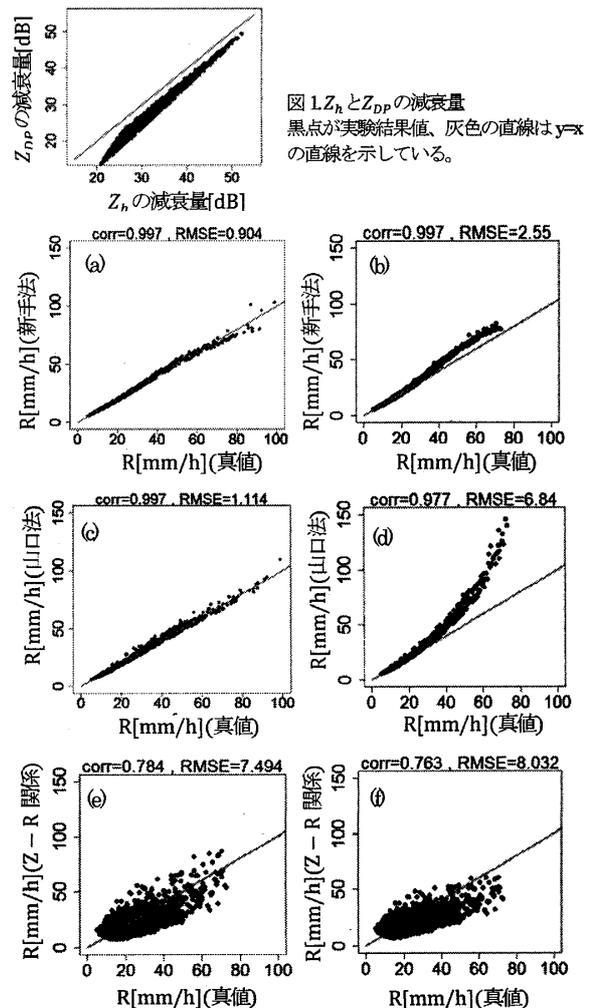


図 1  $Z_h$ と $Z_{DP}$ の減衰量  
黒点が実験結果値、灰色の直線は $y=x$ の直線を示している。

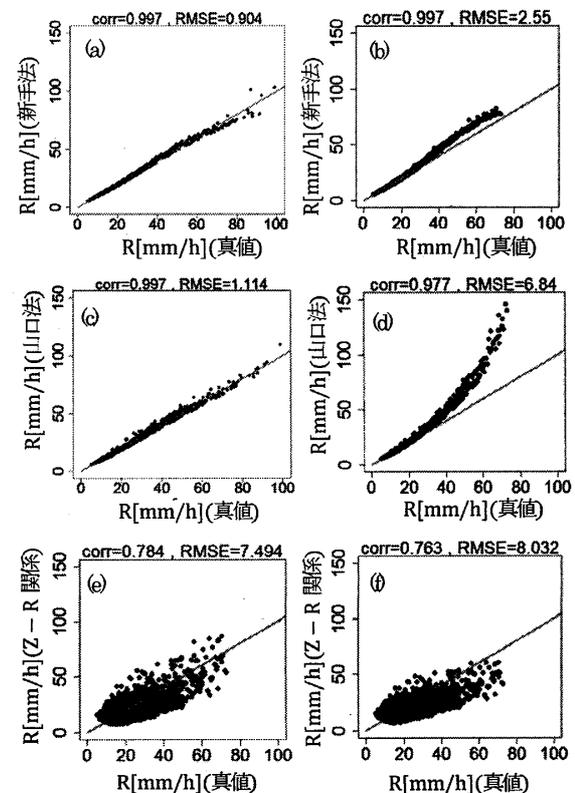


図 2 降水強度  $R$  の推定結果  
(a)新手法(減衰なし) (b)新手法(減衰あり) (c)山口法(減衰なし) (d)山口法(減衰あり) (e)Z-R 関係(減衰なし) (f)Z-R 関係(減衰あり)  
corr は相関係数、RMSE は RMSE 値を示しており、灰色の直線は  $y=x$  の直線を示している。