

郵政省通信総合研究所 正員 ○中川勝広 京都大学防災研究所 正員 中北英一
京都大学工学研究科 佐藤 亨 京都大学防災研究所 正員 池淵周一

1 はじめに レーダー雨量計を用いた地上雨量推定に関する研究は数多くなされており、レーダー雨量計による観測誤差および推定誤差に係わる原因も指摘されている。筆者らは、その原因の一つである雨滴粒径分布が降雨の種類によって変化し、その鉛直分布も変化することに着目し、大気の鉛直風速と雨滴の落下速度の両者のドップラースペクトル分布が得られる京都大学超高層電波研究センター所有の滋賀県信楽町の MU レーダー観測所において雨滴粒径分布の鉛直分布と地上同期観測を実施し、地上観測した雨滴粒径分布の解析および前線性や台風性といった降雨タイプを考慮した雨滴粒径分布の鉛直構造の解析を行ってきた。本研究では、時々刻々変化するより小スケールの時・空間スケールでの降雨タイプでの雨滴粒径分布の鉛直構造を定式化し、それを用いたレーダー雨量計による地上雨量推定手法を構築し、観測地上雨量と比較することにより推定手法の検証を行った。

2 雨滴粒径分布の鉛直構造の定式化 雨滴粒径分布パラメータの高度依存性に着目し、雨滴粒径分布パラメータの高度依存性を定式化することにより雨滴粒径分布の鉛直構造を定式化する。雨滴粒径分布を指数分布；

$$N(D) = N_0 \exp(-\Lambda D) \quad (1)$$

で表すと、降雨強度 R は、

$$R = 6\pi \int_0^{D_{max}} \underbrace{D^3 N_0 \exp(-\Lambda D)}_{f(D)} v(D) dD \quad (2)$$

から得られる。ここで、降雨強度の高度依存性（上空ほど降雨強度は小さく、地上ほど降雨強度は大きくなる。）を適格に表現できるような雨滴粒径分布パラメータの鉛直分布の式形を定めるために、式 (2) の $f(D)$ に着目し、雨滴粒径分布パラメータ N_0, Λ の高度依存性を表現する関数形； $N_0(h; C)$, $\Lambda(h; C)$ を、 $f(D)$ の積分値 $F(D, h)$ ；

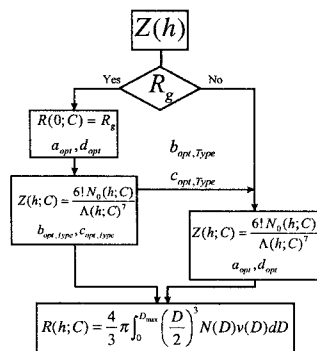


図 1：レーダー雨量計による地上雨量推定手法のフローチャート

$$F(D, h) = \int_0^{D_{max}} f(D) dD \quad (3)$$

を数値計算により求めた。その結果から高度依存性を表現する最適な関数形；

$$N_0(h; C) = a \exp(-bh), \Lambda(h; C) = ch + d \quad (4)$$

を決定した。ここで、 C は、パラメータ a, b, c, d の総称として用いている。

3 レーダーによる降雨量推定手法 レーダー雨量計による地上雨量推定手法を構築した。フローチャートを図 1 に示す。推定手法は大きく観測地上雨量を参照する部分と観測地上雨量を参照しない部分の 2 つで構成されている。レーダー観測領域内で地上降雨が観測されている地点において、観測地上雨量 R_g を用いて、式 (4) の $h=0$ のときのパラメータ a, d を用いて $R(0; C)$ と観測地上雨量 R_g との差が最小となるパラメータ a_{opt}, d_{opt} を同定し、地上観測されている地点の上空のレーダー反射因子 $Z(h)$ ；

$$Z(h) = 6! \frac{a \exp(-bh)}{(ch + d)^7} \quad (5)$$

からパラメータ $b_{opt, Type}, c_{opt, Type}$ を同定する。

次に、レーダー観測領域内で地上降雨が観測されていない領域の地上雨量をレーダー情報を用いて推定する。このとき、同じ降雨成因の場合は、式 (4) の

表 1：降雨強度の高度依存性を考慮した推定手法による結果と雨滴粒径分布の高度依存性を考慮した本推定手法による推定結果の相関係数の比較（なお、表中の IAC はパラメータを同定する際に用いるレーダー反射因子 $Z(h)$ の積分時間、IAD は、パラメータを同定する時間で、単位は分である [1], [2].）

降雨強度の高度依存性を考慮した場合						
IAC	IAD	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
60	60	0.52	0.33	0.52	0.43	0.66
雨滴粒径分布の高度依存性を考慮した本推定手法の場合						
10	60	0.78	0.59	0.73	0.79	0.81
15	60	0.87	0.71	0.85	0.81	0.61
30	60	0.66	0.75	0.75	0.78	0.60

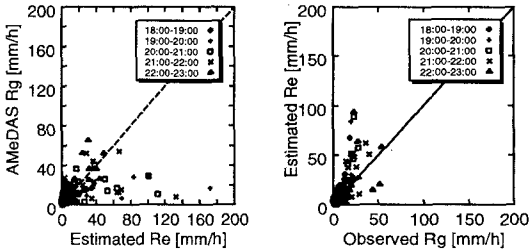
パラメータ $b_{opt,Type}, c_{opt,Type}$ は一定とする．すなわち，地上降雨が観測されている地点の降雨成因と同じ降雨成因の地上降雨が観測されていない領域のパラメータ $b_{opt,Type}, c_{opt,Type}$ は等しいとする．降雨成因が等しい領域に対して， $b_{opt,Type}, c_{opt,Type}$ を式 (5) に代入すると，

$$Z(h) = 6! \frac{a \exp(-b_{opt,Type}h)}{(c_{opt,Type}h + d)^7} \tag{6}$$

となり，観測されるレーダー反射因子 $Z(h)$ を用いて，式 (6) のパラメータ a_{opt}, d_{opt} を同定する．同定されたパラメータ $a_{opt}, b_{opt,Type}, c_{opt,Type}, d_{opt}$ と式 (2) から推定雨量 $R_{est}(h)$ が導かれる．

4 適用結果 本推定手法を建設省深山レーダー雨量計に適用した．適用に際して，解析対象領域内 (AMeDAS 観測点 45 地点) で同一のパラメータ $b_{opt,Type}, c_{opt,Type}$ を同定し，各地点ごとの a_{opt}, d_{opt} から推定地上雨量 $R_{est}(0)$ を求めた．単なる降雨強度の高度依存性を考慮した推定手法 [1], [2] による結果と雨滴粒径分布の高度依存性を考慮した本推定手法による推定結果の相関係数を比較したものを表 1 に，観測地上雨量と推定雨量の比較散布図を図 2 に示す．表 1，図 2 より，本推定手法を用いることにより，降雨強度の高度依存性を考慮した推定手法より地上雨量推定精度が向上された．

5 おわりに 雨滴粒径分布の鉛直構造の解析を通して，その定式化を行った．さらに，定式化した鉛直構造を考慮したレーダー雨量推定手法を構築した．構築した推定手法を建設省深山レーダー雨量計に適用し，単なる降雨強度の高度依存性を考慮した推定手法の結果と比較し，推定手法の有効性を示した．



(a) 降雨強度の高度依存性を考慮した場合
(b) 雨滴粒径分布の高度依存性を考慮した場合 (IAC=15)

図 2：推定地上雨量と観測地上雨量との比較

謝辞：本論文で用いた建設省深山レーダー雨量計データは建設省近畿地方建設局淀川ダム統合管理事務所提供頂き，MU レーダーのデータは，京都大学超高層電波研究センター信楽 MU 観測所共同利用研究として利用させて頂きました。深く感謝する次第であります。

参考文献

[1] Nakakita, E., Ikebuchi, S., Nakagawa, K., Sato, T., B.E. Vieux and Takasao, T: Utilization of Vertical of DSD into Building up an Algorithm for Estimating Ground Rainfall Amount Using Radar, Proc. of the III International Symposium of Hydrological Application of Weather Radar, pp. 375-384, 1995.

[2] 中川勝広・中北英一・池淵周一・佐藤 亨・Baxter E. VIEUX・高棹琢馬: 降雨の 3 次元構造を考慮したレーダー雨量推定手法の構築，水工学論文集 第 40 巻，pp.297-302, 1996.