

(Ⅱ - 40) 新しいレーダ定数とその物理的意味に関する一考察

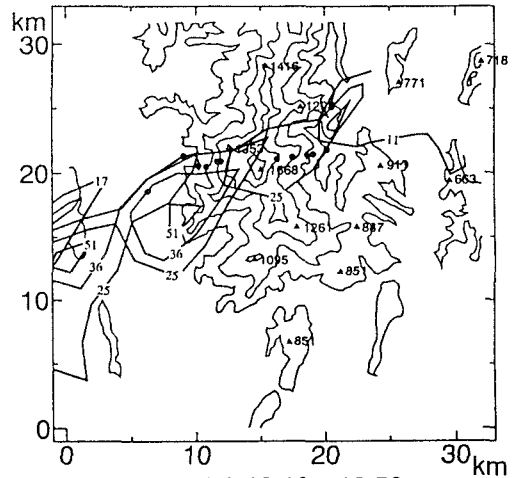
中央大学理工学部 学生員○藤 沢 充 哲 中央大学大学院 学生員 森永博史
中央大学理工学部 正 員 日比野忠史 北海道開発局 正 員 中津川誠
中央大学理工学部 正 員 山田 正

1. はじめに レーダを用いた降雨の観測が全国的に整備され、これまで困難であった面的なデータを取得することが可能となってきた。レーダ雨量計は雨域の動きや降雨の傾向をよく捕らえているが、レーダ雨量計と地上雨量計がそれぞれ観測した降雨強度は必ずしも一致しない。その理由としてレーダ反射因子 Z をレーダ定数 B, β を用いて降雨強度に変換する時のレーダ定数の決定の不完全、または降雨による電波の減衰が考えられる。沖らの研究¹⁾では地上で観測された雨滴粒径分布からレーダ定数の同定を行っているが、本論文ではレーダ雨量計と地上雨量計の降雨強度が等しくなるようにレーダ定数を求めると共に、その物理的妥当正についても考察した。新しく決定した B, β を用いることによってレーダ雨量計の降雨強度は地上雨量計の示す強い降雨強度を再現することが可能となった。

2. 基礎となるデータ 本研究で使ったデータは著者らが北海道夕張岳に設置した転倒桁型雨量計のデータと北海道開発局がピンネシリ山に設置しているレーダ雨量計のデータである²⁾³⁾。図1、図2は、1990年9月3日にレーダ雨量計で観測された降雨の等降雨曲線と同時に地上で観測された降雨強度である。レーダは西から東へ雨域が移動するのを良く捕らえており、地上雨量計のデータからも雨域が移動しているのが分かる⁴⁾。なお図中の●は地上雨量計の設置位置を示している。

3. B, β の評価 図3は1990年9月3日と1990年9月17日に観測された降雨について、新しく決めた B, β を用いてレーダ反射因子 Z から換算した降雨強度(実線)、北海道開発局で使われている従来の B, β を用いて換算した降雨強度(点線)、及び地上雨量計から求めた降雨強度(棒グラフ)とを併せて示したものである。なお新しく決めた B, β はそれぞれ $B = 4800, \beta = 0.22$ である。新しく決めた B, β を用いることにより、従来表現できなかった降雨強度が30mm/h以上の降雨や10mm/h以下の降雨も表現することができる。

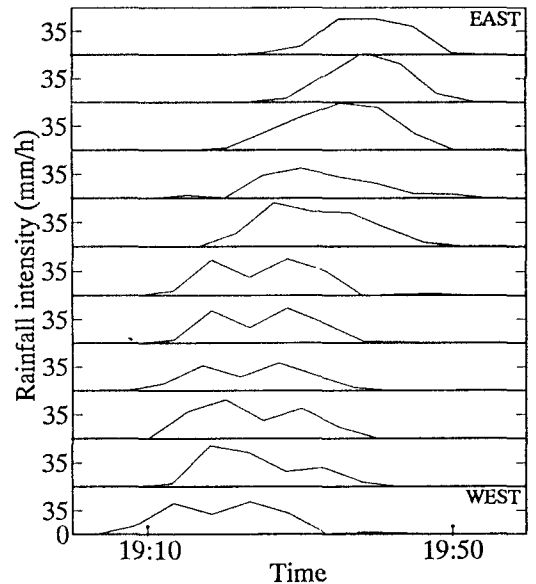
4. レーダ定数の物理的意味 レーダの補足する雨滴は地上約1700mであり、雨滴の成長を考慮すると地上での雨滴とは異なっている。レーダ反射因子 Z は雨滴の直径の6乗に比例している。このため、レーダの捕らえている上空での雨滴粒径が地上での雨滴粒径よりも小さければ上空と地上での降雨強度が等しいとしても Z の値は小さくなっている。新しく決めた B, β が地上での降雨強度を表しているとすれば B, β から上空での雨滴粒径分布が推定される。また地上と上空



1990.9.3.19:10~19:50

図1 等降雨強度線図

(新しく決めたレーダ定数を用いたもの)



1990.9.3.19:10~19:50

図2 各地上雨量計で観測された降雨強度

の雨滴粒径分布は同じ関数形であり、地上と上空の降雨強度も等しいとする。レーダ反射因子 $Z(\text{mm}^6\text{m}^{-3})$ は、雨滴径 $D(\text{mm})$ の関数として次式で表される。

$$Z = \int_0^\infty N(D) D^6 dD \quad (1)$$

ここに $N(D)(mm^{-1}m^{-3})$ は雨滴粒径分布で直径 D の雨滴が、単位体積単位雨滴粒径幅あたりに含まれている個数である。また雨滴粒径分布 $N(D)$ を指数分布であると仮定し、次式で表す。

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

$$N_0 = nR^m, \quad \Lambda = aR^{-b} \quad (2)$$

$N_0(mm^{-1}m^{-3})$ と $\Lambda(mm^{-1})$ は降雨強度 $R(mmh^{-1})$ の指数関数である。(1) 式に (2) 式を代入すると $Z = \frac{N_0 6!}{a^7} R^{7b}$ 、よって

$$B = \frac{N_0 6!}{a^7}, \quad \beta = 7b \quad (3)$$

ここで地上の雨滴粒径分布が Marshall and Palmer 分布であるとすると、 $N_0 = 8000, a = 4.1, b = 0.21$ となり Marshall and Palmer 分布の意味するレーダ定数は、 $B = 296, \beta = 1.47$ となる。(3) 式に (2) 式および $B = 4800, \beta = 0.22$ を代入して $n = 6.7a^7, m = 0.22 - 7b$ となる。また降雨強度 $R(mmh^{-1})$ は

$$R = 3.6 \times 10^{-3} \int_0^\infty \frac{4\pi}{3} \left(\frac{D}{2}\right)^2 N(D) V(D) dD \quad (4)$$

で表され、 $V(D)(ms^{-1})$ は雨滴の終末速度である。また、雨滴の終末速度を $V(D) = 4.4\sqrt{D}$ として (2) 式を (4) 式に代入して $3.02 \times 10^{-2} na^{-\frac{5}{2}} = 1, m + \frac{9}{2}b = 1$ よって以上より $a = 1.193, b = -0.312, m = 2.404, n = 22.847$ となり、上空での雨滴粒径分布は

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

$$N_0 = 22.847 R^{2.404}, \Lambda = 1.193 R^{-0.312} \quad (5)$$

で求められる。図 4 は降雨強度 30mm/h の時の地上(実線)と上空(点線)での雨滴粒径分布である。雨滴の径が地上より上空の方で全体的に小さく、雨滴の個数が多くなっている。この地上と上空での雨滴粒径分布の違いは雨滴が落下する過程で併合成長していることを示すものである。

5. まとめ 本研究では新しくレーダ定数を決定し、その物理的意味を考察した。以下に本研究の成果を要約する。1) 新しく決めたレーダ定数 B, β を用いることにより地上雨量計の示す 30mm/h 以上の強い雨や 10mm/h 以下の弱い雨も再現することが可能となった。2) レーダの捕らえている上空の雨滴粒径分布を推定した結果、地上よりも上空のほうで雨滴径が全体的に小さく個数が多い。よって同じ降雨強度でもレーダ反射因子 Z は地上より上空のほうが小さくなる。従って小さいレーダ反射因子で地上の降雨強度を表すには新しく決めたレーダ定数を使う必要がある。

謝辞 本研究の遂行にあたり、(財) 河川情報センターより研究助成金の補助を受けている。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献 1) 沖大幹, 虫明功臣: 雨滴粒径分布データを用いたレーダ換算定数の同定, 水工学論文集, 第 37

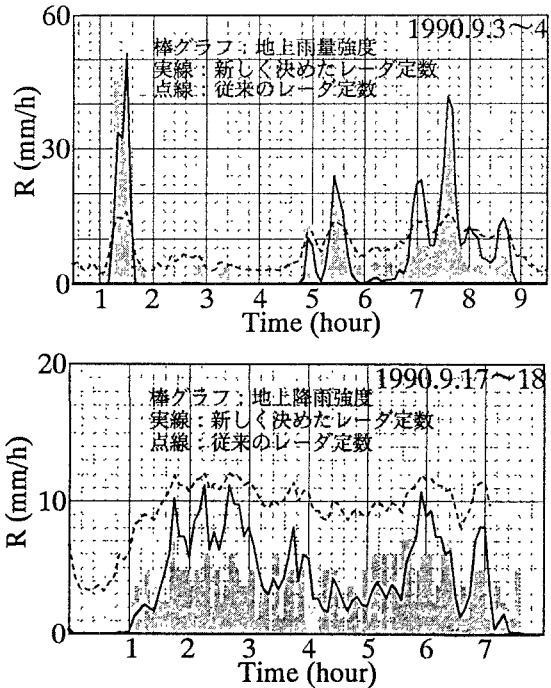


図3 新しく決めたレーダ定数と従来のレーダ定数を用いて換算した降雨強度の比較

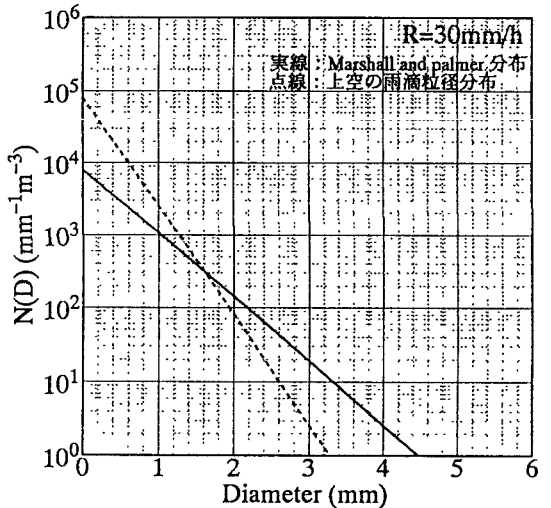


図4 地上と上空での雨滴粒径分布

巻, pp.9-14, 1993. 2) 中津川誠, 竹本成行, 山田正, 茂木正: 流域スケールの降雨特性の研究, 開発土木研究所月報, 第 445 号, pp.19-28, 1990. 3) 荒木隆, 日比野忠史, 山田正, 中津川誠: 地上雨量計による地形性降雨の観測と解析, 第 48 回年次学術講演会講演概要集第 2 部, pp.160-161, 1993. 4) 森永博史, 荒木隆, 日比野忠史, 山田正, 中津川誠: レーダ雨量計の精度に関する一考察, 第 48 回年次学術講演会講演概要集第 2 部, pp.158-159, 1993.