

PSII-4

二重偏波レーダによる降水強度の測定精度について

建設省土木研究所	正員	吉野文雄
建設省土木研究所	正員	石井典夫
建設省土木研究所	正員	水野秀幸
建設省土木研究所	正員	井川貴史

1. はじめに

洪水時の河川管理及び積雪地域の冬期の道路管理を適切に行うには、広域・面的でかつ正確な降水量を測定する技術を開発する必要がある。その一つとして、降水粒子群から得られる情報を複数にした二重偏波レーダによる観測が考えられる。二重偏波レーダを用いて降水強度を求める方法としては、従来の $Z = BR^{\beta}$ を用いる方法（以下「 BR^{β} 法」と呼ぶ）に対して、反射因子差 Z_{DR} を用いる方法（以下「 Z_{DR} 法」と呼ぶ）がある。

本報告では、九州久留米でのDNDレーダ（二重偏波・ドップラレーダ）を用いた降雨観測データを用いて、 Z_{DR} 法による降水強度を求め、ディストロメーターを用いた雨滴の粒径分布、の測定結果から得られる反射因子、粒径分布及び降水強度と比較することによりその測定精度を調べた。

2. 降雨観測

DNDレーダによる降雨観測は、建設省筑後川ダム統合管理事務所（福岡県久留米市高野町）をレーダサイト（庁舎屋上にレーダを設置）とし、半径40km以内の地域の降雨を観測した。また、地上雨量の観測は、レーダサイトから約20km以内の地点に、雨滴計（ディストロメーター）を3台設置することにより観測を行った。降雨観測期間は、昭和63年6月16日から10月15日の間の約60日間である。

3. Z_H , Z_{DR} の測定精度

レーダによる観測から得られた Z_H , Z_{DR} の値とディストロメーターによる粒径分布の観測から理論的に求めた Z_H , Z_{DR} の値とを比較することにより、二重偏波レーダの性能評価を行った。なお、対象降雨は、昭和63年10月5日17:00~20:20（200分間）の降雨を用いた。この降雨は九州南岸に停滞した前線によるものである。なお、この期間におけるディストロメーターによる粒径分布の観測は、2地点で行っており、そのうち測定状態の良かった1地点のみを解析に用いた。

(1) Z_H の比較

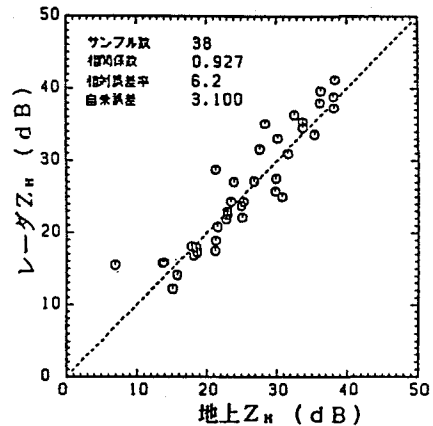
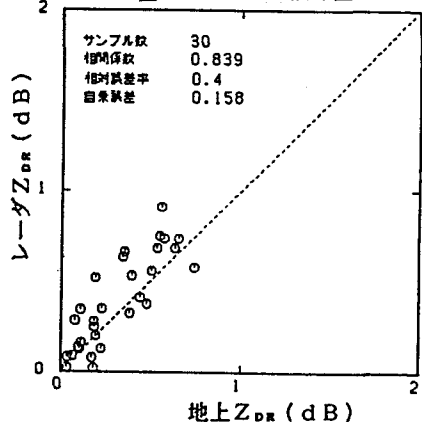
図-1に Z_H の散布図を示す。相関は非常に良く、相関係数は0.927、自乗誤差では3.1dBであった。また、 Z_U についても同程度の精度であった。これらの図から、レーダ $Z_{H,U}$ のディストロメーター $Z_{H,U}$ に対する偏差を求めると、 $Z_H = +0.245\text{dB}$, $Z_U = -0.005\text{dB}$ となった。以下の解析においては、これらの値を用いて補正した後の Z_H , Z_U 及び Z_{DR} を用いることとした。

(2) Z_{DR} の比較

図-2に Z_{DR} の散布図を示す。相関係数は0.839、自乗誤差は0.158dBである。これから、レーダ観測の Z_{DR} 値が地上観測と比べて若干大きくなっているが、比較的精度良く観測されていると言える。

4. Z_{DR} 法による粒径分布の測定精度(1) Z_{DR} と平均粒径 D_0 の関係

雨滴の粒径分布が指数分布に従うとすると、反射因子差 Z_{DR} は、雨滴の平均粒径 D_0 の関数となることが知られている。そこで、ここでは、レーダ観測から得られる Z_{DR} 値とディストロメーターから得られる粒径分布の平均粒径 D_0 との関係を調べた。解析データは、3節と同じであるが、よ

図-1 Z_H の散布図図-2 Z_{DR} の散布図

り正確な関係を調べるためデータは1分間平均を用いた。ただし、その場合、レーダで観測される上空と地上観測地点との間に雨滴の落下時間の影響により両者の観測時間にずれが生じるので、その相関が最も良くなるように時間のずれを修正した。

図-3に Z_{DR} （レーダ） $\sim D_0$ （ディストロメーター）関係図を示す。相関係数は0.711であり、あまり強い相関関係は見られなかった。関係式を求めると次のようになる。

$$Z_{DR} = 0.689 D_0 - 0.023 \quad (1)$$

解析対象とした粒径分布測定地点でのレーダビーム高度は、600m程度であり、雨滴径を1mmとして落下時間を計算すると、ビーム幅も考慮して、2～4分程度である。しかし、実際の観測データから時間のずれを調べる6分程度であった。この時間のずれの大きさが、 $Z_{DR} \sim D_0$ との間の相関に影響したのではないかと考えられる。

(2) 雨滴の粒径分布の比較

レーダ観測から得られた雨滴の粒径分布とディストロメーターによる測定から得られた雨滴の粒径分布とを比較することにより測定精度の評価を行った。分布曲線 $(N(D) = N_0 D^m \exp(-\Lambda D))$ の定数 N_0 、 Λ で見てみると、 N_0 は、オーダーが合っている程度で、 Λ については、相関はあるが地上値の方が大きくなる場合があった。これは、 Z_H 、 Z_U 、 Z_{DR} 値の比較でもレーダと地上との対応があまり良くなかった時間データのデータである。その時間付近の粒径分布図を図-4に示す。地上での観測値は、粒径1mm以下の雨滴がかなり多くなっており、レーダ観測により得られた粒径分布とは大きく異なっている。別の地点（解析対象地点から約6km離れている地点）での粒径分布の測定結果を見てみても同様の結果となっている。したがって、ディストロメーターが周囲の何らかの雑音を拾ったとは考えにくく、実際にそのような粒径の小さい雨であったと考えられる。これから、粒径の小さい雨滴が多い降雨の場合は、レーダ観測に誤差が生じやすいということが推察できる。

5. Z_{DR} 法の降水強度の測定精度

レーダ観測から得られた降水強度と粒径分布の測定から得られた降水強度とを比較することにより測定精度の評価を行った。解析データは3節と同じである。表-1に計算結果を示す。

比較的精度良く観測されているが、 $B\beta$ 法（ $Z = 200 R^{1.6}$ とし、地上値と最も良く合うように総合的なレーダ補正係数 F を設定している）よりは劣っている。その原因は、 Z_{DR} 法の降水強度の一部にかなり大きい値が生じているためである。この時の粒径分布を調べてみると、 Λ は地上と良く合っているが N_0 がかなり違っている。すなわち、 Z_H の違いに大きく影響された結果と言える。これから、 Z_{DR} 法により降水強度の測定を行う場合には、 Z_H 、 Z_U の測定にかなりの測定精度が要求されることがわかる。

表-1 降水強度の測定精度
(粒径分布の測定結果を用いる)

	Z_{DR} 法			$B\beta$ 法
	$m=0$	$m=2$	$m=5$	
相関係数	0.825	0.825	0.825	0.834
相対誤差 (%)	24.6	18.5	14.7	5.8
自乗誤差 (mm/h)	6.9	5.3	4.2	3.1

6. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

- ①二重偏波レーダの Z_H 、 Z_U 、 Z_{DR} は、精度良く測定されている。
 - ② Z_{DR} と平均粒径 D_0 の関係は、あまり強い相関が得られなかった。これは、今後、観測データを増やした上での検討が必要である。
 - ③粒径分布は、ほぼ地上と対応しているが、粒径の小さい雨滴が多い場合は、誤差が大きい。
 - ④ Z_{DR} 法による降水強度の測定精度については、全般的には良いと言えるが、③で示したような要因や Z_H 、 Z_U の微妙な測定誤差に影響を受けるため、特異な値が生じることがある。
- 【謝辞】九州における降雨観測で多大な協力をして頂いた、建設省九州地方建設局河川管理課・電気通信課並びに筑後川ダム統合管理事務所、筑後川工事事務所の皆様及び降雪観測用レーダ研究会の皆様に、紙上を借りて謝意を表したい。

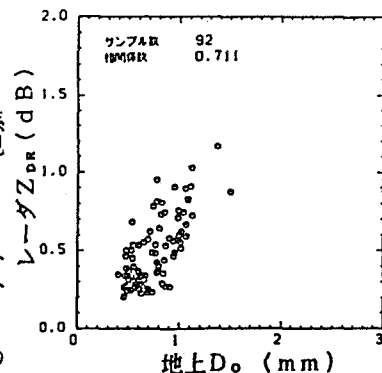


図-3 $Z_{DR} \sim D_0$ 関係

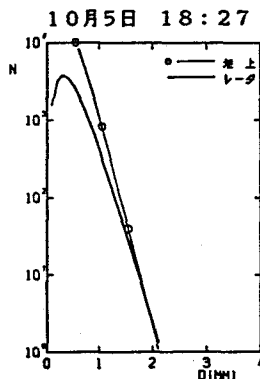


図-4
粒径分布図
($m=2$)