

II-23 レーダによる降雪量の観測と予測について

建設省土木研究所 正員 水野秀幸
建設省土木研究所 正員 吉野文雄
建設省土木研究所 正員 水野雅光

1. はじめに

近年、積雪地域において冬期の交通の確保、雪害の防止等の意味で降雪量の面的な精度の高い観測、予測に対する要求が高まってきている。本研究では、そのために必要とされるレーダを用いた降雪観測精度の向上方法ならびに将来必要とされる降雪量の予測手法について検討を行った。

2. レーダによる降雪量の観測

レーダによる降雪観測は、一般に降雨観測に比べて精度が劣る。その主な原因の1つとして次の点が揚げられる。降雪粒子の落下速度は、雨滴の落下速度（約10m/s）に比べて約1m/sと小さいため、レーダで観測している高度面から地表面まで降下する間の水平移動距離が大きく、これにより空間的な観測精度が低下する。この降雪粒子の水平風による移流は、落下速度および水平移動ベクトルが得られれば補正を行うことが可能である。そこで、ここではドップラーレーダによる観測結果を用いて降雪粒子の移流の影響を考慮し、観測データに補正をくわえた場合にどの程度の観測精度の向上が得られるのかを検討を行った。

(1) 検討に用いたデータ

本検討には、昭和62年12月から昭和63年2月の間に行われた土木研究所二重偏波ドップラーレーダによる降雪観測データを用いた。データ収集間隔は5分間で、うち3分間を仰角3°、6rpmで強度データ収集に、また1分間を仰角40°、1rpmでドップラーデータ収集に割り当てて観測を行ったものである。

(2) 検討方法

上記観測期間から8降雪を選び、図-1に示す12ヶ所の地上観測点での降雪量（ヒータ付き転倒樹雨量計による）と①地上観測点を中心とした3km×3km範囲内のレーダ反射強度の平均から求めた降雪量及び②移流を考慮した場合のレーダ反射強度から求めた降雪量との関係について検討を行った。なお、検討には地上雨量計の融雪による時間遅れ等の影響を避けるために各降雪毎の累加降雪量(mm)を用いた。

(3) 移流の考慮方法

次の方法により降雪粒子の移流の考慮を行った。①5分毎に得られるドップラーデータのVAD解析を行い、高度300m毎の雪片の水平移動ベクトルを求める。また、雪片の落下速度を1m/sと仮定する。②強度データを高度300m毎に分割し、①で決定した水平移動ベクトル及び落下速度を用いて各高度面を移動させる。③移動後のデータと次の観測データの合成を行う。④このようにして5分毎に移動ベクトルを与えて観測データを人為的に移流させ、地上に到達したときの値を用いて降雪量を算出する。

(4) 検討結果

検討により得られた結果(代表例)を表-1に示す。二乗平均誤差を指標とした場合、8降雪中5降雪で、また相対誤差を指標とした場合には8降雪中7降雪で移流を考慮したほうが良い結果が得られた。誤差の低減は二乗平均誤差で-1.23~+0.68(mm)、相対誤差では-81.5~+26.1%であり、移流を考慮しても精度の向上が得られない場合がある。この原因として次の2点が考えられる。①風速が大きい場合は水平風により地上雨量計の捕捉率が低下し、地上観測値の精度が悪くなる。②風速が小さい場合はドップラーデータをVAD解析する際の誤差が大きくなり、正確な水平移動ベクトルが得られない。以上、雪片の移流を考慮した場合、ある程度の精度向上が得られた。

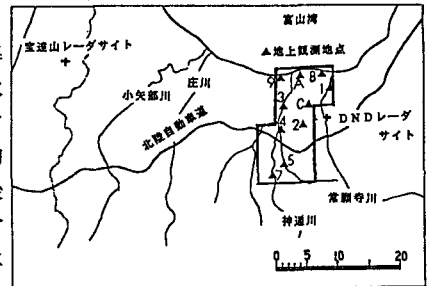


図-1 地上観測地点

	観測日時 開始-終了	累加 時間	C.R.	R.M.S. (mm)	R.E. (%)
N1	1/10 18:00	32	-0.04	5.71	95.1
I1	-1/12 2:00		0.20	4.46	75.8
N2	1/24 20:00	31	0.53	10.75	107.8
I2	-1/26 3:00		0.37	11.18	100.5
N3	2/2 19:00	36	-0.22	5.24	345.7
I3	-2/4 7:00		-0.08	4.59	264.2
N4	2/7 18:00	26	0.37	4.16	228.1
I4	-2/8 20:00		0.39	3.47	207.2

注) N: 通常の場合 I: 移流を考慮した場合
CR: 相関係数 RMS: 二乗平均誤差(mm) RE: 相対誤差(%)

表-1 検討結果

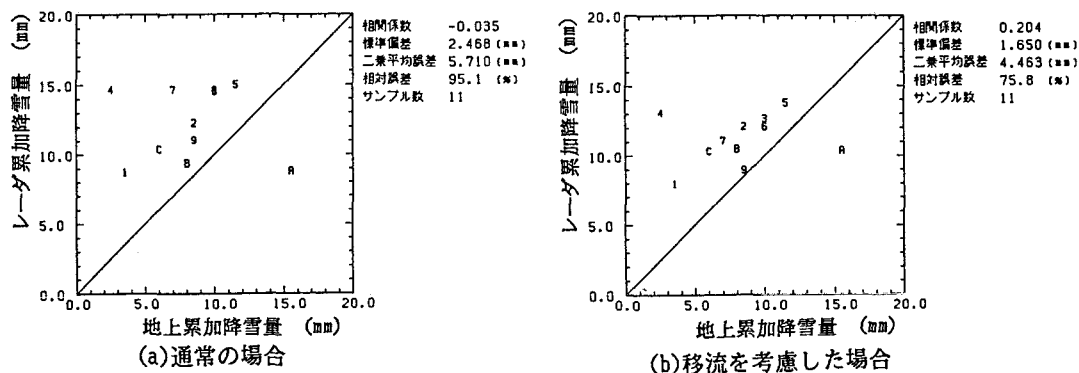


図-2 地上観測値とレーダ観測値との関係（観測例1）

3. レーダによる短時間降雪予測の可能性

レーダによる1～3時間先の短時間降雪予測の可能性を把握するため、土木研究所水文研究室が開発した雨域追跡法を用いて降雪予測を行い、その精度を評価するとともに予測方法の検討を行った。雨域追跡法は2値化した2枚のエコー図を用い、関連係数を指標にしてエコーの移動ベクトルを算出し、この移動ベクトルを用いて初期値のエコーを補外して降水量を予測する手法である。

レーダデータは宝達山レーダの定量観測のデータを用い、対象降雪は、①昭和62年1月30日降雪、②昭和62年2月17日降雪、③昭和62年2月17日降雪の3降雪を対象とした。予測計算時間はそれぞれ4時間、3時間、3時間である。降雪①は寒冷前線によるバンド状の降雪、降雪②は本州南岸の低気圧に伴う降雪、降雪③は冬型気圧配置による降雪である。

表-2に各降雪の予測精度を、表-3に降雪①の1時間予測の予測結果のカテゴリー表を示す。予測値と実績値の比較は1時間平均の1メッシュ値(3km×3km)を用いた。1時間予測の精度は、相関係数で0.43～0.79、的中率で35.7%～86.6%と、ほぼ実用的な精度が有ると言える。また、2時間及び3時間予測の精度は降雨予測と同様に悪い。したがって、雪片がレーダで測定している空間から地上へ落下するまでに1時間程度要するので2時間先まで降雪予測が可能と言える。

しかし、個々に詳細に見ると、降雪エコーが陸上部に入ると移動速度が遅くなるというように海上部と陸上部で移動ベクトルが大きく異なる場合や、内陸部で降雪エコーの発達・衰弱が激しい場合は、降雪予測の精度が悪くなる。したがって、今後、地形の影響による発達・衰弱が考慮でき、また、海上部と内陸部で移動ベクトルが替えられる予測方法を検討する必要がある。

4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

- ①移流を考慮した場合観測精度が良くなる傾向がみられた。今後ドップラーデータの解析精度の向上、地上観測精度の向上等により更に移流を考慮した場合の効果について検討を進める必要があると思われる。
- ②雨域追跡法で1時間降雪予測は実用的な精度があると言える。今後、地形の影響による発達・衰弱が考慮でき、また、海上部と内陸部で移動ベクトルが替えられる予測方法を検討する必要がある。

【謝辞】 富山における降雪観測で多大な協力をして頂いた、建設省北陸地方建設局河川部及び道路部及び富山工事事務所の皆様並びに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。

表-2 降雪予測の精度

降雪	1時間予測		2時間予測		3時間予測	
	相関係数	的中率 [%]	相関係数	的中率 [%]	相関係数	的中率 [%]
①	0.59	86.6	0.30	80.8	0.09	76.3
②	0.79	61.2	0.60	56.4	0.46	55.1
③	0.43	35.7	-0.06	22.0	-0.03	13.7

(注) 精度評価は降雪量0.0mm/hのデータを含む。

表-3 降雪①の1時間降雪予測のカテゴリー表

予測 実績	(単位: mm/h)						計
	0.0 ～0.25	0.25 ～0.50	0.50 ～1.0	1.0 ～2.0	2.0 ～4.0		
0.0	19087	677	122	49	7		19972
～0.25	889	501	207	138	51	2	1788
～0.50	88	116	82	113	60	5	464
～1.0	60	109	81	122	81	15	468
～2.0	48	33	23	55	55	14	232
～4.0	4	7	2	4	15	6	38
計	20176	1443	517	484	270	42	22932