

長岡技術科学大学大学院 工学研究科 環境社会基盤工学専攻 非会員 ○猪狩吉弘

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 正会員 熊倉俊郎

防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 非会員 中井専人

古野電気株式会社 非会員 早野真理子・中島大岳

1. はじめに

新潟県等の豪雪地帯においては、一年間の降水量の中で冬期の降水量が占める割合が大きく、中でも降雪の割合が大きい。大規模積雪の場合、交通機関の停止や雪崩等の雪氷災害が発生する場合があります、災害を抑制するに広域にわたり目標箇所の降水種別を把握する必要があります。近年では国土交通省が整備する XRAIN を用いた冬期降水量の推定精度向上¹⁾や小型レーダーを用いた雨雪判別手法の開発²⁾等、冬期の降水量把握に関する研究が行われている。そこで、本研究では技大に設置してある古野電機製二重偏波気象レーダーを用い、降水粒子を推定する。

2. 研究目的

偏波レーダーを用いて粒子判別を行う手法としてファジィ理論を用いた手法がある³⁾。本研究では瀧瀬ら^{4),5)}(2015)によって得られたメンバーシップ関数を基に、レーダーから得られる4つの偏波パラメータと高層気温の5つのパラメータを用いて降水粒子判別を行うことを目的とする。

3. 方法

(1) 解析概要

本研究では偏波レーダーでの最新の観測データ(2021年1月13日から3月1日)の中で、特に降水量の多かった1月29日から2月4日までの期間を対象として粒子判別を行う。対象期間中は、1/30 12:00~12:30, 1/31 0:00~6:00, 2/1 11:30~2/2 12:00, 2/3 1:00~5:00, 6:00~8:00, 2/3 0:00~4:00, 10:00~12:00の時間帯を除き、気温が2℃以下で降雪が期待できる。上記の時間帯では気温が最大6℃付近まで上昇するため融解が起こることが考えられる。レーダースペックとして最大観測距離70km, 回転方向の分解能約0.5°, 回転速度60rpm, 距離分解能150m,

送信周波数9432.5MHzである。粒子判別は、霧雨(DZ), 雨(RN), 湿り雪片(WS), 乾き雪片(DS), 氷晶(IC), 乾き霰(DG), 濡れ霰(WG), 雨と雹の混合物(RH)の8つの降水粒子カテゴリーに分類する。レーダー観測データは観測仰角3.0°, 6.0°, 9.5°, 14.3°, 21.0°の5仰角分を取得し検討する。レーダーから得られた観測データの例を図-1に示す。また、観測仰角の違いによる同一パラメータの描画範囲の違いを図-2に示す。

(2) 偏波パラメータと高層気温

解析には偏波レーダーから得られるパラメータ(水平偏波レーダー反射因子差 Z_h , 反射因子差 Z_{dr} , 偏波間位相差変化率 K_{dp} , 偏波間相関係数 ρ_{hv})と高層気温を用いる。

高層気温は気象庁が管理する長岡アメダス(新潟県長岡市)から得られる気温データを気温減率で補正した結果を用いる。気温減率は高度が100[m]上昇するごとに0.65[℃]減少するものとした。

(3) メンバーシップ関数と評価方法

瀧瀬らより得られたメンバーシップ関数を式(1), 図-3に降水粒子を評価するための評価式を式(2)に示す。

$$\beta(x, a, b, m) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - m}{a} \right)^2 \right]^b} \quad (1)$$

$$RS_j = \prod_i \mu_{i,j} \quad (2)$$

式(1)において、 x はレーダーの観測値、 a はメンバーシップ関数の最大値と最小値の差、 b は傾き、 m はメンバーシップ関数の中点を表す。また、式(2)において、 i は高層気温を含めた5つのパラメータのインデックス(図-3では横方向にとる)、 j は8つの降水粒子カテゴリーのインデックス(図-3では縦方向にとる)、 μ はメンバーシップ関数のスコア(0

表-1 レーダー観測データとアメダスの比較

	レーダー観測データ	
	雪	雨
	WS & DS	RN
的中データ数	31	9
外れデータ数	4	12
累計データ数	35	21
的中率(%)	88.6	42.9

～1の値)を示している。例えば $\mu_{3,4}$ は乾いた雪片(DS)の偏波間位相差変化率 K_{dp} となる。る。評価式より得られた値が最も大きい降水粒子カテゴリーを卓越降水粒子と判別する。

(4) 計算結果の確認

技大レーダーで観測されたデータには、異常値が含まれる時間帯が存在する。そこで長岡アメダスの気温及び降水量のデータと、長岡アメダスからの鉛直距離が最も近い観測仰角 3.0° での解析結果を用いて、計算結果の確認を行う。レーダーの観測期間中雪が観測される(気温による融解が起こることを考慮し、卓越降水粒子がWSもしくはDS)可能性が高いと考えられる時間帯(1/30 3:00~4:00, 2/2 15:00~16:00, 2/2 23:00~24:00)と雨が観測される(卓越降水粒子がRN)可能性が高いと考えられる時間帯(2/23 0:00~1:00)を抽出し確認する。選定理由として、2/22の日中は 15°C を超える気温で夜半から気温が低下し始め2/23 24:00には 0°C 近辺まで気温が下がったからである。雪の事例では1時間の平均気温が -0.6°C 以下かつ1時間降水量が 0.1mm 以上の時間帯を対象とし、雨の事例では1時間の平均気温が 3.0°C 以上(気温減率を考慮)かつ1時間降水量が 0.5mm 以上の時間帯を対象とした。選定した雨の事例における気温は 8°C であった。

4. 解析結果と考察

計算の確認結果を表-1に示す。卓越降水粒子が雪と考えられる時間帯においては、的中率が88.6%となり十分判別可能であるといえる。卓越降水粒子が雨と考えられる時間帯においては的中率が42.9%と低い結果となった。的中率が低くなった要因として、寒気が観測される前に霰やみぞれが観測されることが多く、雨の事例の後は急激に気温が低下し、2/24 0:00付近では 0°C 前後になっていることが挙げ

られる。よって雨の時間帯においてWSとRNに分類されるデータ数を見ると全データ数の95.2%を占めていることが分かった。

5. まとめ

技大レーダーを用いて降水粒子判別を行うにあたりパラメータにより判別が十分可能な降水粒子と補正が必要な降水粒子に分かれることが把握できた。判別が難しい粒子に対しては、融解などの現象を考慮したデータの補正を行う必要がある。

6. 参考文献

- 1) 増田有俊, 板戸昌子他, XRAINを用いた冬期降水量推定精度の向上,土木学会論文集 B1, Vol74, No4, I_85-I_90,2018
- 2) 早野真理子, 中島大岳他, 小型Xバンド二重偏波気象レーダーを用いた雨量判別手法の開発, 雪氷研究大会(2019・山形), 2019.9
- 3) T.Kouketsu, H.Uyeda, A Hydrometeor Classification Method for X-Band Polarimetric Rader:Construction and Validation Focusing on Solid Hydrometeros under Moist Environments,J.Atmos.Oceanic Technol(JTECH),32(11),2052-2074,2015
- 4) B.Doran 他, A Theory-Based Hydrometeor Identification Algorithm for X-Band Polarimetric Radars, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 2071-2088,2009
- 5) H.Liu 他, Classification of Hydrometeors Based on Polarimetric Radar Measurements:Development of Fuzzy Logic and Neuro-Fuzzy Systems, and In Situ Verification, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 140-164,2009

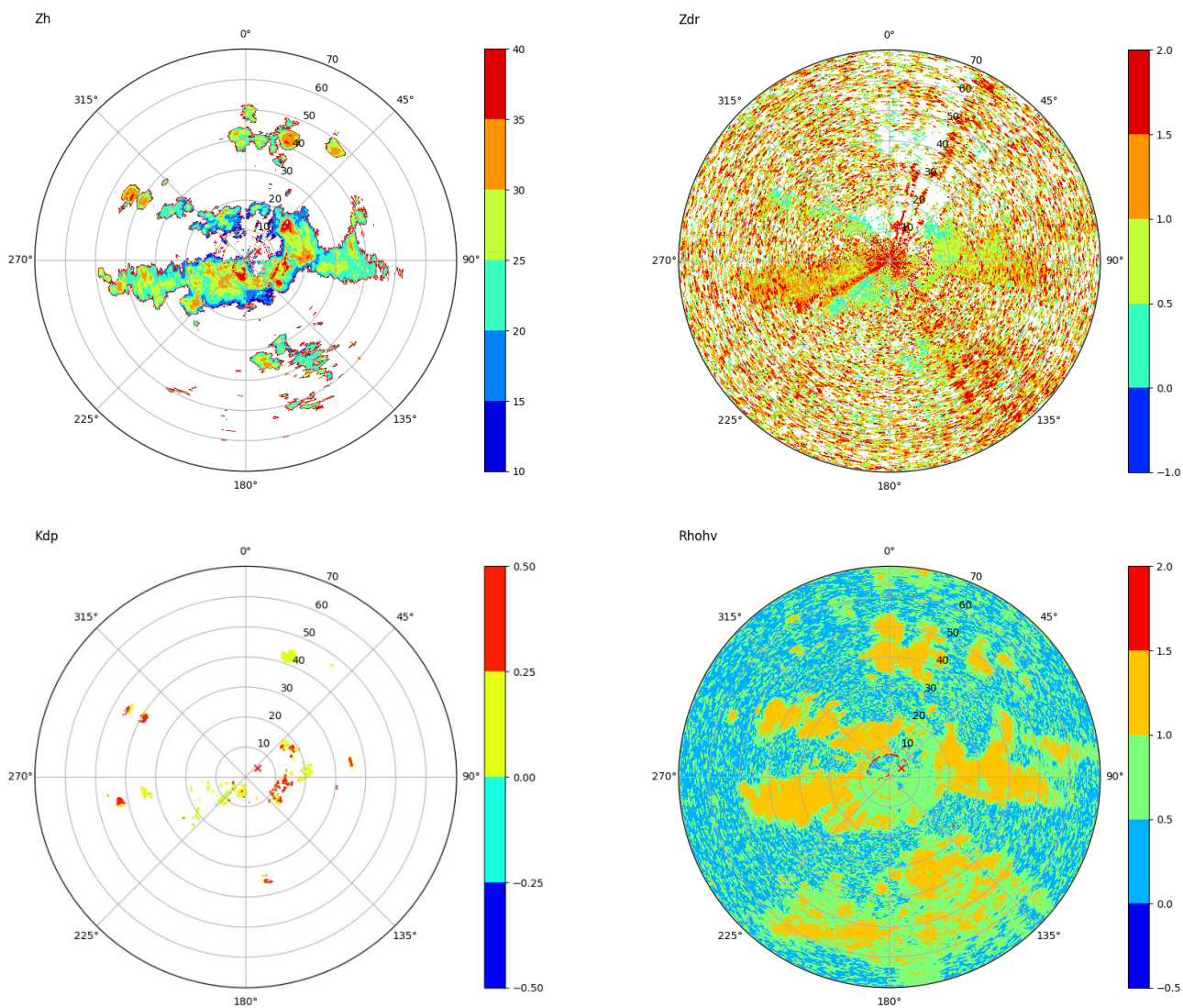


図-1 レーダーから得られた観測データの例(2021/1/29 18:00)

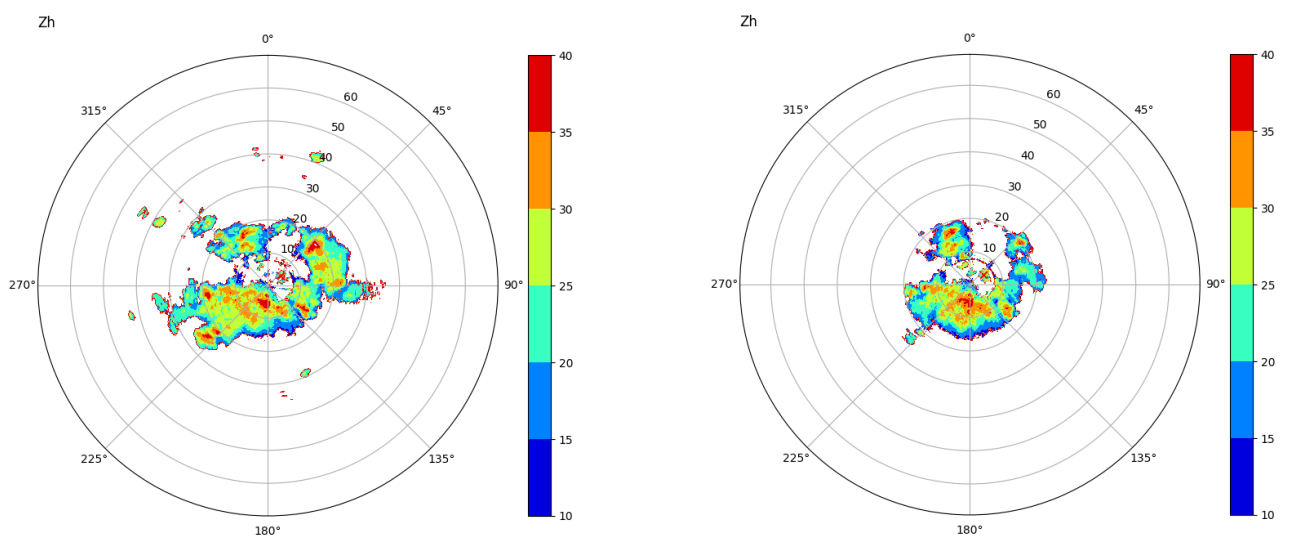


図-2 観測仰角の違いによる描画範囲の比較

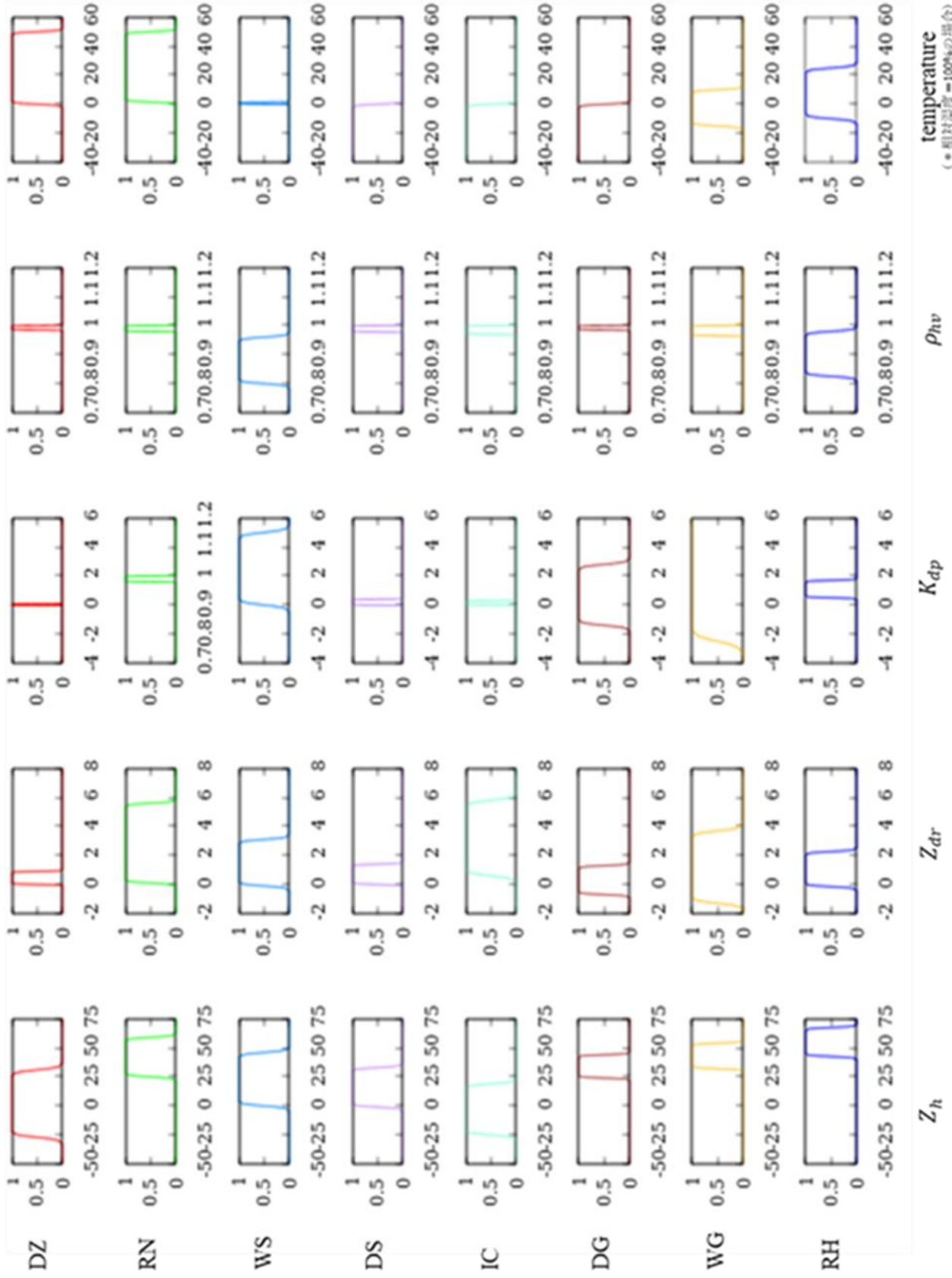


図-3 メンバシップ関数