

NHM を用いた降雪予測実験と地上降水粒子観測との比較

*本吉弘岐、中井専人、石坂雅昭（防災科研 雪氷防災研究センター）

1. はじめに

雪氷災害には降水量や降水分布だけではなく、卓越降水粒子の種類（降水種）や降水粒子の状態が影響するものがある。例えば、降雪を伴う吹雪時の視程障害や吹きだまり、表層雪崩における降雪粒子に起因する弱層の形成、湿雪に伴う着冠雪などである。雪氷防災研究センターでは気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）に吹雪、雪崩の発生予測モデルや道路雪氷状態予測モデルを接続することで雪氷災害発生予測システムを構築しているが、将来的に降雪種まで考慮して雪氷災害発生予測モデルの高度化を図る場合、気象予測モデルの降雪種予測の傾向を捉えておくことは重要な課題である。篠田ら¹⁾は、CReSS の雲微物理過程の改良のために画像処理による個々の粒子の雪、霰判別測定を検証に用いている。また、バルク雲物理スキームのカテゴリ分けや降水粒子の密度などのパラメタリゼーションは、上空の雲内での成長過程などを扱うために構成されたものであり、必ずしも地上で観測される降水種のカテゴリや密度などとの整合性は明らかではない。そこで本研究では、まずは JMA-NHM による降雪種予測の傾向を調べるという目的で、降雪粒子観測による降水種の判別結果を、雪氷災害発生予測システムで予測された降水種関連の出力値を単純に比較することを行った。

2. 降雪粒子観測と卓越降水種の判別

降水粒子はその種類ごとに粒径と落下速度の関係がよく調べられており、個々の粒子を直接観察しなくても、粒径・落下速度を同時に測定することにより卓越降水粒子の種類を推定することが可能である。雪氷防災研究センター（新潟県長岡市）では、CCD カメラを用いた連続画像処理による粒径・落下速度分布の測定²⁾を行ってきた。また、2010 年からは OTT 社の光学式ディストロメーター PARSIVEL（Particle Size and Velocity Disdrometer）を導入し降雪観測を行っている。解析期間は雨から霰、雪片などの降水が見られた 2011 年 1 月 1 日から 1 月 31 日までの 1 か月間とした。判別手法としては、石坂ら³⁾による質量フラックスで重み付けした粒径・落下速度分布の中心位置（粒径・落下速度分布の質量フラックス中心）を用いる方法を採用した。5 分平均の粒径・落下速度分布から、質量フラックス中心を求め、図 1 に示した分類図から 5 種類の降水種を決めた。測定データは CCD カメラを用いた測定結果を主に用いたが、湿雪では感度が落ちるため、雨滴や霰でも測定可能な PARSIVEL を補助的に用いることで湿雪を含めた判別を行った。湿雪かどうかについては、気温や、CCD と PARSIVEL による検知粒子数の違いや、PARSIVEL による落下速度が乾雪の分類図に収まらない場合などから判断した。降水量比較のために、田村式降水強度計を用いて 5 分毎の降水強度を算出した。上記の降水観測測器

は敷地内の 2 重の除風ネットの内側で行い、その他の気象要素については観測露場の自動気象観測装置を用いて行った。

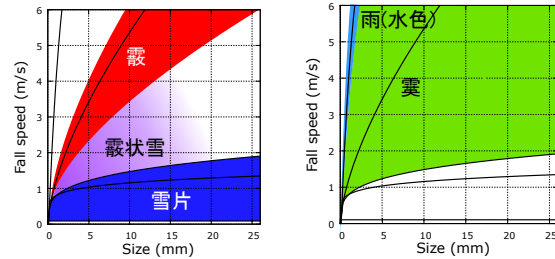


図 1：質量フラックス中心による分類図。左図は乾雪の場合、右図は湿雪または雨の場合。

3. JMA-NHM による降水種の予測

気象庁のメソ数値予報モデル（MSM）を外側領域として、日本海を囲む領域での水平解像度 10km の計算と、新潟県域を含む水平解像度 1.2km の 2 重ネスティングを行った。新潟領域では鉛直座標には z*座標による 38 層の鉛直グリッドを用い、大気最下層の高度は 10m である。雲物理過程には氷相を含む 2 モーメントモデルを用いて、積雲対流パラメタリゼーションは用いていない。初期時刻 09UT, 21UT の 12 時間おきに 24 時間先までの予測計算を行い、1 時間毎に変数を出力した。降雪粒子観測との比較のため、観測点の最近接グリッドのデータを抽出し、FT9 から FT17 までの 12 時間分の計算結果をつなげることで 1 か月分のデータを作成した。比較用の降水種としては、1 時間毎に出力されている雨、霰、雪片の積算降水量から降水種毎の降水量比を求めた。

4. 結果

図 2 に降雪粒子観測と NHM の計算による 1 時間毎の平均気温、降水量、降水種毎の降水量比を示す。図 2 の(a)と(c)から両者の降水量を比べると、全体として NHM は降水量を過少評価しており、特に 1 月 21 日以降は NHM の降水量が継続的に少ない傾向がみられた。ただ、降水のタイミングを見ると、強い降水がある時間帯や止み間（降水の有無）について比較的合っている場合が多い。各時刻同士を比べても、地点データ同士の比較では、降水量の相関は良くなく、その理由としてはモデル計算の位置ずれや時間ずれが考えられる。しかし、全体的に降水量が過少評価となっているのは、計算領域の風上側の海の領域が狭いなどの計算設定の問題などがあるかもしれない。次に、図 2 の(b)と(d)の降水種毎の降水量比をみると、観測で霰が卓越している時間帯において NHM の霰の割合が少ない傾向があることが分かる。一方、観測で雪片が卓越している場合は、NHM でも霰の割合が少なく雪片が卓越している場合が多い傾向がみられた。表 1 に 1 時間の降水量比が最大を占める降水種を卓越降水種として、期間中の頻度をまと

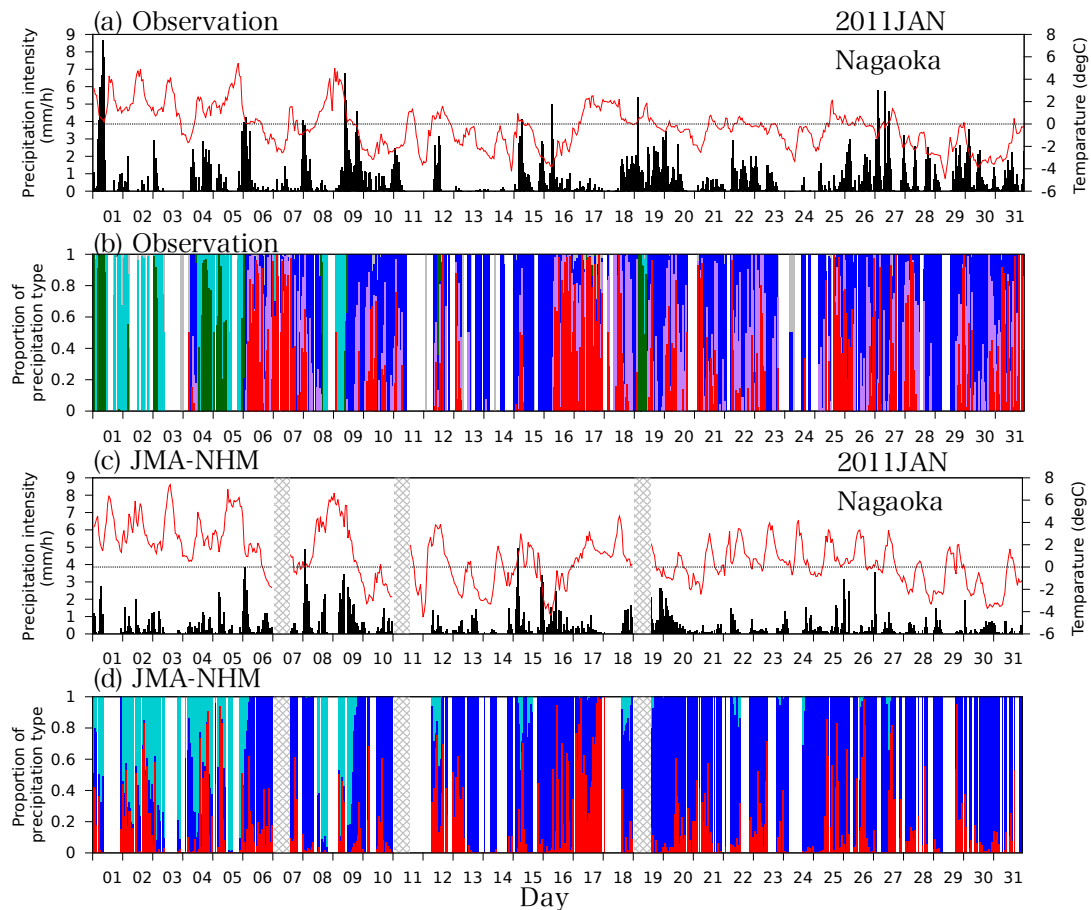


図2：降雪粒子観測とNHMでの計算による1時間毎の平均気温、降水量、1時間降水量に占める降水種毎の降水量比。プロットしている期間は2011年1月1日から31日までの1か月間。(a),(b)が降雪粒子観測による測定結果で、(c),(d)はNHMによる計算結果であり、ハッチ部分は計算に失敗した期間を表す。(b),(d)の色分けは図1に示したとおり。

めた。降雪観測で雪片とされた時刻にNHMでも雪片とされた頻度が67%であるが、観測で霰とされた時刻に、NHMでは67%が雪片、11%が霰であり上述した傾向が見られる。霰状雪が観測された時刻ではNHMでは雪片が卓越する傾向(78%)があった。

NHMでは曇というカテゴリがないため、図2(d)では雨を多く含む時間帯にも霰や雪片としてをそのままプロットしているが、このような場合は気温も高く、曇が含まれると考えられる。そのように考えると、NHMでは雨・曇の期間が観測に比べて頻繁に見られる。図2(c)から、気温の予測値が最大で5℃、平均で1.06℃過大評価であり、特に21日から26日にかけて温度の変化傾向が観測と合わない期間が継続し、結果として雨が混じる降水が多くなった。詳細な比較のためには、気温や降水量などのバイアスが小さい条件での比較ができるようにモデル計算設定が必要である。

5. まとめと今後の課題

今回の解析では、1時間毎の降水種別の降水量で比較したが、今後は、より短い時間間隔での出力を用いて、空間密度や粒径分布でみた特徴での比較や降雪種毎の降水継続時間の特徴なども比較する必要がある。また、観測に関しても、雨や曇まで含めて観測可能なPARSIVEL単独での信頼性の高い降雪粒子判別手法を開発することで、多点に展開したPARSIVELによる気象モ

デルによる空間的な降水種予測の検証を行うことが可能になるものとする。

参考文献

- 1) 篠田太郎ほか(2010): 地上観測データを用いた雲解像モデル CReSS における雪と霰の割合の検証, ワークショップ「降雪に関するレーダーと数値モデルによる研究(第8回)」講演予稿集。
- 2) 石坂雅昭ほか(2004): 画像処理手法を用いた自動観測による降雪粒子の同定について-その2 長岡で観測された降雪粒子と自動観測による検出手法の検証-, 雪氷, 66, p.647-659.
- 3) 石坂雅昭ほか(2011): 推定質量フラックスを用いた降雪粒子の連続的種類判別について, 雪氷研究大会(2011・長岡)講演要旨集, p.105.

		NHM予測による頻度					降雪観測に対するNHM予測の頻度割合			
		無降水	雨	霰	雪片	合計	無降水	雨	霰	雪片
降雪観測による頻度	無降水	50	21	11	99	181	0.28	0.12	0.06	0.55
	雨	17	26	5	4	52	0.33	0.50	0.10	0.08
	霰・湿雪	18	15	6	3	42	0.43	0.36	0.14	0.07
	霰	23	3	13	79	118	0.19	0.03	0.11	0.67
	霰状雪	12	1	10	80	103	0.12	0.01	0.10	0.78
	雪片	45	8	28	167	248	0.18	0.03	0.11	0.67
	合計	165	74	73	432					
NHM予測に対する降雪観測の頻度割合	無降水	0.30	0.28	0.15	0.23					
	雨	0.10	0.35	0.07	0.01					
	霰・湿雪	0.11	0.20	0.08	0.01					
	霰	0.14	0.04	0.18	0.18					
	霰状雪	0.07	0.01	0.14	0.19					
	雪片	0.27	0.11	0.38	0.39					

表1: 1時間の降水量比が最大の降水種を卓越降水種として集計した出現頻度と、観測とNHM予測のそれぞれに対する頻度割合。