

# 気象レーダーと3次元風速による高解像度積雪深分布を用いた 長岡市周辺の降雪特性の事例解析

長岡技術科学大学大学院環境社会基盤工学専攻 非会員 ○徳家響  
長岡技術科学大学 正会員 熊倉俊郎  
古野電気株式会社 非会員 中島大岳・早野真理子  
防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 非会員 本吉弘岐・中井専人  
長岡技術科学大学大学院環境社会基盤工学専攻 非会員 平岩柊太

## 1. はじめに

新潟県の冬季の降雪は、道路交通をはじめとする市民生活や経済活動に大きな影響を及ぼす。2022年12月18日から19日にかけての大雪では、長岡市や柏崎市を中心に車両の立ち往生が発生した<sup>1)2)</sup>。現在、地上の降雪状況は主にアメダスなどの地点観測で把握されているが、局地的に発達する雪雲による降雪は数 km の範囲でも大きく異なり得るため、1 地点の観測値が周辺の状況を代表するとは限らない。

面的な降水の把握には気象レーダーが用いられ、広い範囲の降水強度を数分ごとに推定できる。近年はXバンドのマルチパラメータ (MP) レーダーにより 250 m・1 分間隔の観測も可能となっている<sup>3)</sup>。しかし、雪片は雨滴に比べて落下速度が小さく、地上に達するまでに風で流されるため、レーダーの観測位置と実際に雪が降る位置はずれる<sup>3)</sup>。

このずれを補正するため、先行研究<sup>4)</sup>では、後方流跡線解析により、長岡アメダスを中心とする1辺10 kmの範囲について500 m間隔・2分間隔の地上降水量（以下、解析降水量）を推定し、多層式積雪モデル<sup>5)</sup>により積雪深を推定した。しかし、アメダス地点から離れた場所で降雪の降り方がどの程度異なるかは調べられていない。

そこで本研究では、解析降水量を用いて2つの大雪事例を解析し、長岡市周辺における強い降雪の降り方の特性、すなわち強い降雪がどの程度続き、どのような間隔で繰り返し到来するかを明らかにすることを目的とする。その際、解析範囲の北西端・アメダス地点・南東端の3地点を比較し、数 km 離れた地点の間でこれらの特性がどの程度異なり、その違いが何によって生じるかに着目する。

## 2. 方法

### 1) 対象期間の概要

事例 A（2022 年 12 月 18 日 11 時～19 日 8 時）で

は強い冬型の気圧配置となり、日本海寒帯気団収束帯 (JPCZ) に伴う発達した雪雲が下越と中越に流れ込み続け、記録的な大雪となった<sup>1)2)</sup>。

事例 B（2023 年 1 月 25 日 12 時～26 日 12 時）では、西から冬型の気圧配置が強まり、25 日には非常に強い寒気が流入した<sup>6)</sup>。

### 2) 気象レーダーと NHM データ

降水データには、長岡技術科学大学環境システム棟の屋上（東経 138.778°, 北緯 37.423°, 標高 88.9 m）に設置された古野電気株式会社製の MP レーダーが 2 分ごとに観測した降水強度を用いた。風速データには、防災科学技術研究所雪氷防災研究センターより提供を受けた気象研究所非静力学メソスケールモデル (NHM) の東西・南北風速の予報値を用いた。NHM は 1 日 2 回、36 時間先までの予報値を算出しており、計算開始直後の 3 時間を除いた予報値を 12 時間ごとに結合して用いた<sup>4)</sup>。

### 3) 解析降水量と解析地点

解析降水量は、2 分ごとに地上の各格子点から、雪片の落下速度を考慮しつつ NHM の風速を用いて仮想粒子を上空へとさかのぼって追跡し、その粒子がレーダー観測面と交差した点の降水強度を地上の降水量としたものである<sup>4)</sup>。本研究では、解析範囲の 441 格子のうち、北西端、アメダス地点、南東端の 3 地点でレーダー観測値から求めた解析降水量を用いて解析した（図 1）。これは、積雪の少ない地点、アメダス地点、積雪の多い地点の 3 地点で、強い降雪の降り方を比較するためである。北西端は両事例とも解析範囲内で積算降水量が最も少ない地点の一つであり、南東端は事例 A では最も多い地点の一つで、事例 B でもアメダス地点と同程度であった。また、北西端と南東端はアメダス地点を通る対角線上にあり、アメダス地点からそれぞれ等しく約 7 km 離れている。

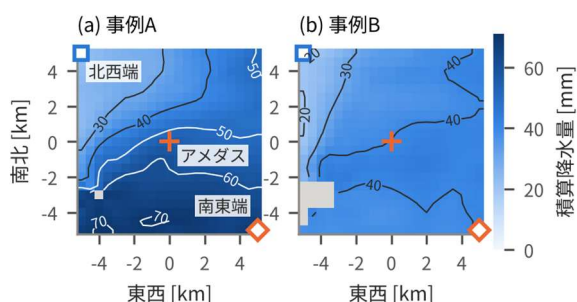


図1 積算降水量の分布と解析地点（□：北西端，  
+：アメダス地点，◇：南東端，灰色：欠測，等  
値線：10 mm ごと）

#### 4) 強い降雪の定義

気象庁の大気現象の強度区分では、雪の強度 2（強）を瞬間の降水強度 3.0 mm/h 以上としている<sup>7)</sup>。本研究ではこれを参考に、3.0 mm/h を超えた時刻を強い降雪とした。

#### 5) 解析指標

地点ごとに、強い降雪について次の 5 つの指標を求めた（図 2）。合計継続時間は、解析期間中に強い降雪であった時間の合計である。到来回数は、解析期間中に 1 回の強い降雪が現れた回数である。強い降雪の途中で一度でも 3.0 mm/h 以下になった場合は、その前後を別の回として数えた。1 回の平均継続時間は、合計継続時間を到来回数で割った値である。

到来間隔は、ある強い降雪が始まった時刻から次の強い降雪が始まった時刻までの時間である。休止時間は、ある強い降雪が終わった時刻から次の強い降雪が始まった時刻までの、強い降雪がなかった時間である。到来間隔と休止時間は、地点ごとにその平均を求めた。また、推定積雪深の時間変化を 3 地点で比較した。推定積雪深は、解析降水量を多層式積雪モデル<sup>5)</sup>に与えて算出したもので、事例 A は平岩ら<sup>4)</sup>と同じ方法で計算した値（平岩氏より提供）を用い、事例 B は気温・風速の入力も含めて同じ方法で本研究において計算した。

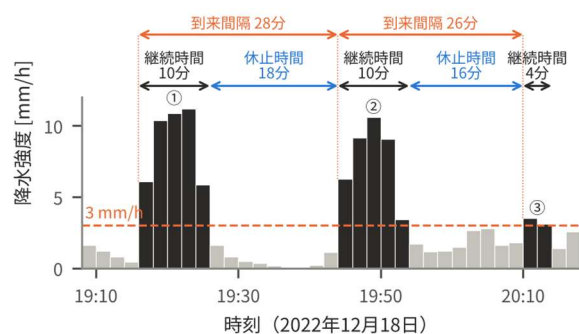


図2 強い降雪の判定と解析指標の例（事例 A、  
アメダス地点、2022 年 12 月 18 日 19 時 08 分～20  
時 18 分の 2 分値。濃い棒：3 mm/h を超えた強い  
降雪，①～③：1 回の強い降雪）

表 1 3 地点の解析結果（□：北西端，+：アメダ  
ス地点，◇：南東端）

| 指標             | 事例 A |     |     | 事例 B |     |     |
|----------------|------|-----|-----|------|-----|-----|
|                | □    | +   | ◇   | □    | +   | ◇   |
| 積算降水量 [mm]     | 22   | 55  | 70  | 19   | 40  | 41  |
| 合計継続時間 [h]     | 1.1  | 5.4 | 8.0 | 1.0  | 3.9 | 3.8 |
| 強い降雪の時間割合 [%]  | 5    | 26  | 38  | 4    | 16  | 16  |
| 到来回数 [回]       | 8    | 38  | 39  | 13   | 29  | 28  |
| 1 回の平均継続時間 [分] | 8    | 9   | 12  | 5    | 8   | 8   |
| 到来間隔の平均 [分]    | 169  | 33  | 33  | 65   | 35  | 36  |
| 休止時間の平均 [分]    | 162  | 25  | 20  | 61   | 26  | 28  |
| 推定積雪深 [cm]     | 23   | 45  | 52  | 17   | 33  | 34  |

### 3. 結果

#### 1) 3 地点の降水強度の時間変化

図 3、図 4 に 3 地点の降水強度の時間変化を示す。事例 A（図 3）では、南東端とアメダス地点では強い降雪が期間を通じて繰り返し現れたのに対し、北西端では 18 日 22 時から 19 日 1 時頃の数回と期間終了直前を除いてほとんど現れなかった。

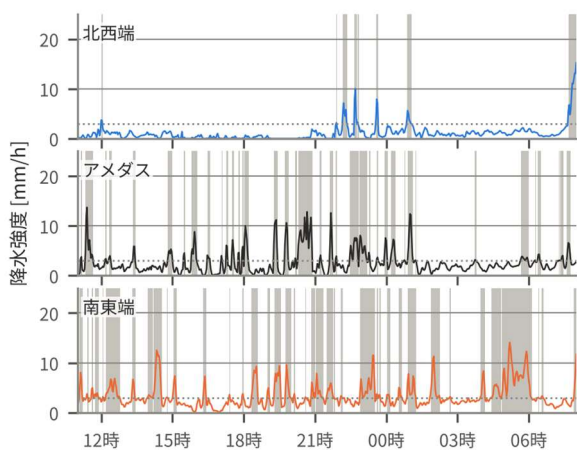


図3 事例Aの3地点における降水強度（2分値）の時間変化（灰色：強い降雪の期間，点線：3 mm/h）

事例B（図4）でも，強い降雪はアメダス地点と南東端で25日15時頃から26日7時頃にかけて繰り返し現れ，北西端では数回にとどまった。

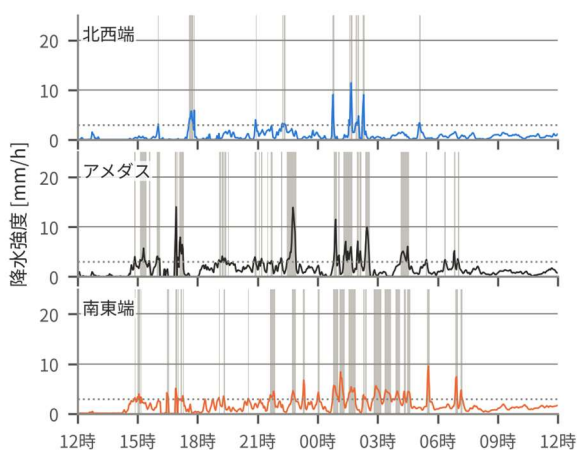


図4 事例Bの3地点における降水強度（2分値）の時間変化（灰色：強い降雪の期間，点線：3 mm/h）

## 2) 継続時間・到来回数・到来間隔

表1と図5に3地点の指標を示す。事例Aの合計継続時間は，北西端で1.1時間，アメダス地点で5.4時間，南東端で8.0時間であり，アメダス地点と比べて，北西端では4.3時間短く，南東端では2.6時間長かった。北西端の到来回数は8回で，アメダス地点の38回の約5分の1であったが，1回の平均継続時間は8分で，アメダス地点の9分とほぼ同じであった。一方，南東端の到来回数は39回でアメダス地点と同程度であったが，1回の平均継続時間は12分で，アメダス地点の9分より長

かった。

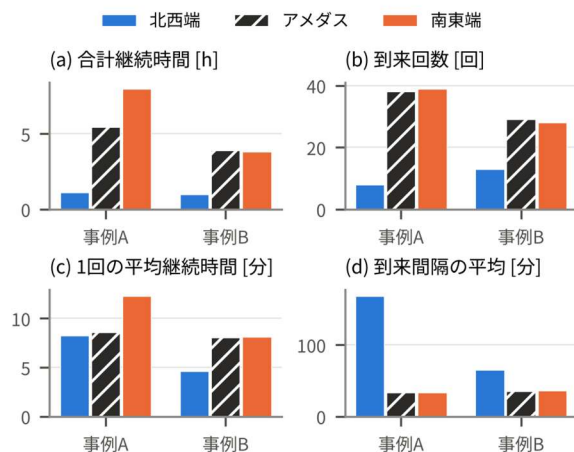


図5 3地点の (a) 合計継続時間，(b) 到来回数，(c) 1回の平均継続時間，(d) 到来間隔の平均

事例Bでも，北西端の到来回数は13回で，アメダス地点の29回の半分以下であり，1回の平均継続時間も5分で，アメダス地点の8分より短かった。

到来間隔の平均は，アメダス地点と南東端では事例Aとともに33分，事例Bで35分と36分であり，強い降雪は30分余りごとに繰り返し到来していた。これに対し，北西端の到来間隔の平均は事例Aで169分，事例Bで65分であり，アメダス地点と比べて事例Aでは約5倍，事例Bでは約2倍長かった。休止時間の平均は，アメダス地点と南東端では事例Aで25分と20分，事例Bで26分と28分であった。

## 3) 推定積雪深

図6に3地点の推定積雪深の時間変化を示す。期間終了時の推定積雪深（表1）は，両事例とも北西端がアメダス地点の約半分であった。

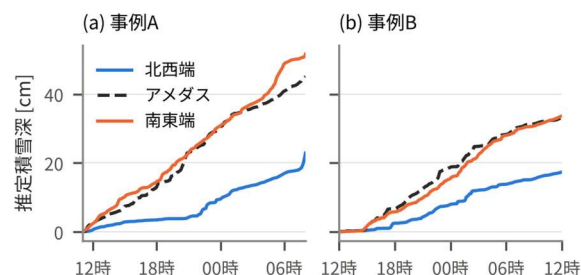


図6 3地点の推定積雪深の時間変化

## 4. 考察

以上の結果から，数km離れた地点の間の強い降

雪の合計継続時間の違いは、到来回数の違いと 1 回の継続時間の違いの両方によって生じており、どちらが主となるかは地点の組み合わせや事例によって異なっていた。北西端と他の 2 地点の違いは主に到来回数の差によるものと考えられる。北西端では両事例とも到来回数が他の 2 地点の半分以下であり、強い降雪の間が長く空いていた。ただし、事例 B では北西端の 1 回の継続時間も他の 2 地点の 6 割程度と短く、その差も加わっていた。一方、事例 A のアメダス地点と南東端では到来回数がほぼ同じ (38 回, 39 回) であり、合計継続時間の差 (約 2.6 時間) は主に 1 回の継続時間の差 (9 分, 12 分) によるものであった。このとき、積算降水量 (55 mm, 70 mm) や推定積雪深 (45 cm, 52 cm) も南東端の方が多かった。また、アメダス地点と南東端では、1 回 10 分前後の短い強い降雪が約 30~35 分ごとに繰り返し到来しており、強い降雪の状況は数十分の時間スケールで大きく変化していた。北西端で強い降雪が少ない要因は、3 地点の解析からは明らかでない。

このため、アメダス地点の値は、7 km 離れた地点の強い降雪の合計継続時間を数時間単位で過小または過大に評価し得る。また、強い降雪の少なかった北西端では、推定積雪深も他の 2 地点の約半分であった。除雪などの判断では、1 地点の観測値だけでなく、こうした数 km 規模の違いを考慮することが重要である。

## 5. まとめ

本研究では、後方流跡線解析による 500 m・2 分間隔の解析降水量を用いて、長岡市周辺の 2 つの大雪事例について、北西端・アメダス地点・南東端の 3 地点で強い降雪 (3 mm/h を超える降雪) の降り方を解析した。その結果、長岡市周辺の大雪時の降雪特性として、以下の 3 点が明らかになった。

- (1) アメダス地点と南東端では、1 回の平均継続時間が 12 分以下の短い強い降雪が、約 30 分ごとに繰り返し到来しており、その休止時間にも弱い降雪が続いていた。
- (2) 約 7 km 離れた地点の間でも強い降雪の降り方は大きく異なり、事例 A の合計継続時間は、アメダス地点と比べて北西端で 4.3 時間短く、南東端で 2.6 時間長かった。
- (3) 両事例とも、北西端では強い降雪の到来回数が

アメダス地点の半分以下であり、到来間隔の平均はアメダス地点と比べて事例 A で約 5 倍、事例 B で約 2 倍長く、その合間には降雪がほとんどない時間も多かった。推定積雪深も、北西端はアメダス地点の約半分であった。

以上から、長岡市周辺の強い降雪の状況は数 km の範囲でも大きく異なるため、1 地点の観測では捉えきれず、高解像度の面的な情報が必要であるといえる。

ただし、本研究は 2 事例・3 地点の解析である。今後は事例と解析地点を増やして、これらの特性が長岡市周辺の大雪に共通するかを確かめるとともに、降雪域の形や移動を解析し、強い降雪の到来回数や継続時間の違いが生じる要因を明らかにする予定である。

## 参考文献

- 1) 新潟地方気象台：令和 4 (2022) 年 12 月 18 日から 19 日にかけての大雪、新潟県に災害をもたらした主な気象事例、[https://www.data.jma.go.jp/niigata/menu/saigai\\_NI\\_gaiyo/070\\_2022.pdf](https://www.data.jma.go.jp/niigata/menu/saigai_NI_gaiyo/070_2022.pdf)
- 2) 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター：2022 年 12 月 18 日から 20 日にかけて新潟県で発生した集中豪雪による災害調査速報 (第 1 報)、2022 年 12 月 21 日、[https://yukibousai.bosai.go.jp/kaiseki/20221218Gousetsu/ShuuchuuGousetsuSokuhou1\\_20221221r2.pdf](https://yukibousai.bosai.go.jp/kaiseki/20221218Gousetsu/ShuuchuuGousetsuSokuhou1_20221221r2.pdf)
- 3) 今長信浩, 大手方如, 片岡正次郎：XMP レーダ雨量計を活用した降雪把握と雪害ナレッジについて、[https://www.hrr.mlit.go.jp/yukimirai-toyama/happyouni/21\\_xbando.pdf](https://www.hrr.mlit.go.jp/yukimirai-toyama/happyouni/21_xbando.pdf)
- 4) 平岩柊太, 熊倉俊郎, 中島大岳, 早野真理子, 本吉弘岐, 中井専人, 小野大樹：気象レーダーと 3 次元風速を用いた高解像地上推定降水量と積雪深分布, 2025 年。
- 5) 熊倉俊郎：積雪の多層圧密モデルを用いた北陸地方の降積雪現象の解析, 日本雪氷学会誌第 66 巻 1 号, 2004 年 1 月。
- 6) 気象庁：日々の天気 2023 年 1 月, <https://www.data.jma.go.jp/yoho/data/hibiten/2023/2301.pdf>
- 7) 気象庁：天気記号・大気現象の強度, [https://www.data.jma.go.jp/stats/mdrr/man/tenki\\_ki\\_gou.html](https://www.data.jma.go.jp/stats/mdrr/man/tenki_ki_gou.html) (2026 年 10 月 9 日閲覧)