

長岡技大設置気象レーダーを用いた時空間的に密な降雪量分布の推定

長岡技術科学大学大学院環境社会基盤工学専攻 非会員 ○小野大樹

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

1. はじめに

新潟県の冬季における降雪は生活や経済活動に影響を与えるため、正確な降水量を把握することは被害を軽減するために重要である。一般的に提供されているレーダー観測による気象情報は上空の気象情報をそのまま垂直投影をしている。そのため冬期間における気象レーダーによる降雪の観測は、固体降水粒子が風の影響を受け上空から地上に落下する間に移流するためレーダーで観測した座標の直下の降水量と一致するとは限らない。そのため上空の気象情報が地上のどの地点の気象情報と一致するのかを調べる必要がある。より正確な降水量を調べるために、アメダス地点など1点を対象として後方流跡線解析を行い得られた座標の降水量(以下、解析降水量)と、対象地点の直上の降水量の比較を行う研究^{1), 2)}は行われてきたが、アメダスから等間隔に離れた複数の地点を対象とした空間的に密な降水量の分布は行われていない。そこで本研究では長岡アメダスを中心として1辺5 kmの範囲を500 m間隔に後方流跡線解析を行い時空間的に密な降雪量分布の推定を行う。

2. 方法

1) 対象期間の概要

図1に2022年12月18日の天気図を示す。2022年12月18日から19日にかけて冬型の気圧配置となり、上空に強い寒気が流れ込んだため、新潟県の下越と中越を中心に記録的な大雪となった。この大雪により国道8号や17号など各地で立ち往生や渋滞が発生、また関越自動車道をはじめとした新潟県内の高速道路が通行止め、公共交通機関が運休となり生活活動や経済活動に多大な影響を及ぼした。2022年12月18日から19日の長

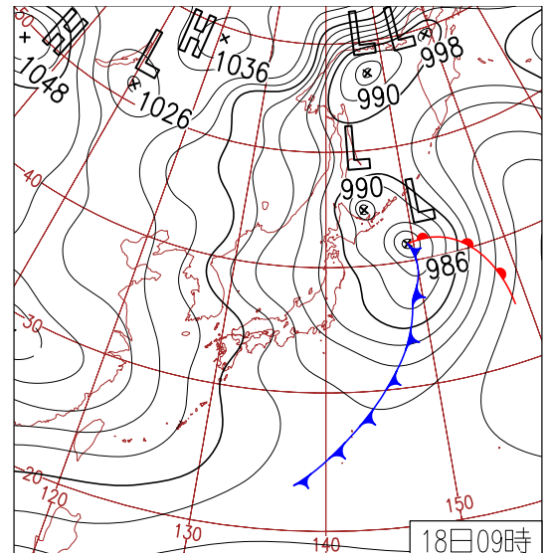


図1 2022年12月18日の天気図(気象庁)

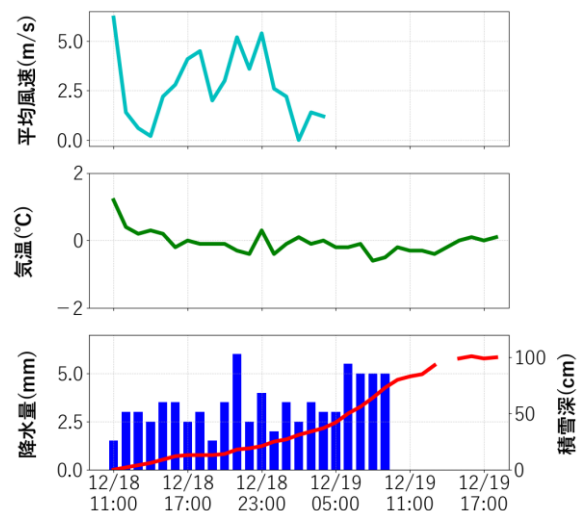


図2 対象期間における長岡アメダスの気象状況

岡アメダスが観測した気象状況を図2に示す。今回の解析では積雪が始まった2022年12月18日11時00分から積雪が落ち着いた12月19日18時00分までの期間を解析対象期間とした。対象期間は里雪型の気圧配置であるため地上平均風速は0 m/s~5 m/sと穏やかである。

2) MP レーダー

本研究で使用するレーダーデータは長岡技術科学大学環境システム棟の屋上に設置された(経度: 138.77819, 緯度: 37.42318, 標高: 88.9m) 古野電気株式会社製の MP レーダーが観測したデータを用いる(表 1). レーダーは 2 分おきに降水強度 $R[\text{mm/h}]$ を観測している. 必要に応じてアメダスが観測している 1 時間降水量のデータと比較するため, レーダーが観測した降水強度をアメダスの観測期間に合わせて平均した値を使用する.

表 1 レーダースペックの概要

最大観測距離	70 km
観測仰角	3°, 6°, 9.5°, 14.3°, 21°
回転速度	6rpm
距離分解能	150m

3) NHM データ

固体降水粒子は風の影響を受け上空から地上に落下してくる間に流される. 粒子の落下挙動を調べるために気象研究所非静力学メソスケールモデル(NHM) で計算された東西および南北風速ベクトルの予報値を用いて後方流跡線解析を行った. 本研究で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, 新潟県中越地方を中心として計算された NHM データを使用した. この NHM データは 1 日に 2 回, 1 回で 36 時間の予報値が算出される. 計算開始初期はモデル内の気象場が境界値になじむまでの時間があるため, NHM の予報された最初の 3 時間を除いた 12 時間ごとに連続的に結合したものをを使用した(表 2).

表 2 NHM データの概要

空間解像度	1.5km
格子数	320x240
鉛直層数	50 (不等間隔標高 10 – 14900m)
境界値	気象庁:メソ数値予報モデル GPV
出力時間間隔	1 時間間隔
要素	風速 u, v 成分

4) 地上観測データ

技大レーダーが観測した上空の気象データと地上の気象データを比較するため, 気象庁のホームページより³⁾長岡アメダス(経度: 138.82378, 緯度: 37.45146)で観測された, 気温($^{\circ}\text{C}$), 降水量(mm), 積雪深(cm), 平均風速(m/s)の 10 分値を参照し, 必要に応じて 1 時間値に直した値を用いた.

5) 降水の種別判別

長岡アメダスと最低仰角 3°のレーダー間の垂直高度はおよそ 300 m である. 対流圏内における気温減率を 100m あたり 0.65°C とした場合, 地上の気温が 2°C を下回れば高度 300 m 付近では気温が 0°C 以下であると考えられ, レーダーで観測された降水を固体降水と仮定することができる. 本研究では, アメダス観測点での地上気温が 2°C を下回った場合はレーダーで観測された降水をすべて固体降水として扱い, 地表面に到達するまで固体降水の形状を維持しているものと仮定して解析を行った. 対象とした全期間においてアメダス観測の地上気温は 2°C 以下であるため降水種別を雪片として解析を行った.

6) 後方流跡線解析

固体降水粒子が上空から地上に向かって落下する際に風によって流されると考えた場合, その固体降水粒子はどのような落下挙動をたどりながら地上に到達するのかを解析する必要がある. 上空から地表面に向けて固体降水粒子の落下挙動を解析する方法を採る場合, レーダー観測された粒子の落下挙動をすべて一斉に解析し, さらにその中から地上の観測施設に到達した流跡線を探さなければならないため非常に効率が悪い. しかし地上から上空に向かって後方流跡線解析を行う場合, 対象となる地上の 1 点の座標さえわかれば解析を行うことができるため計算量が少なくなる. そのため本研究では後方流跡線解析を行った. 後方流跡線解析は NHM データから内挿し

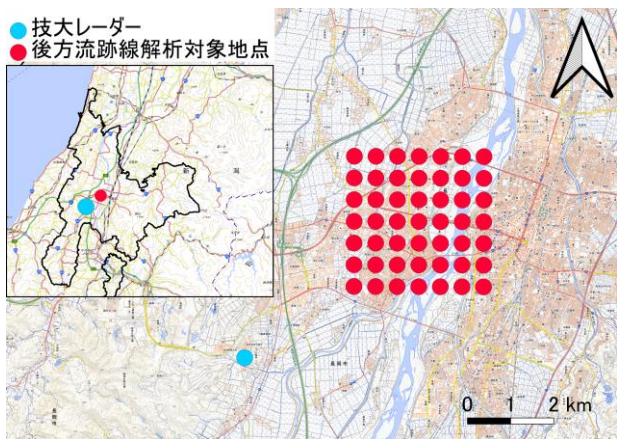


図3 技大レーダーと解析対象地点の位置図

た南北・東西ベクトルの風速および、高度と時刻のデータを線形補間し、粒子の落下速度は1.0 m/sとし、2分ごと解析を始め、地上から上空に向かいレーダー面と後方流跡線が交差するまで10秒ごとに座標の計算を行った。図3に解析の対象地点を示す。解析の対象地点は長岡アメダスを中心として1辺5 kmの正方形の範囲を500 m間隔、11×11の121地点を対象とした。

3. 結果・考察

図4に2022年12月19日9時00分の対象地点の後方流跡線解析の結果を示す。今回の解析は仰角3°のレーダー面と後方流跡線が交わるまでの計算のため、南西側の地点は技大レーダーに近いいため早くレーダー面と交差した。低い地点は高度約100 m、高い地点では高度約300 mで交差した。技大レーダーから近い地点は移流が全くないが離れている地点は流跡線より南西からの風を受け北東に向かって移流していることがわかる。

図5は対象期間の解析降水量を分布した図であり、図6は対象期間の直上降水量を分布した図。図7は解析降水量から直上降水量を引いた差を分布した図である。技大レーダーから近い地点は降水量の差はほとんどない結果となった。原因として、図4のとおり風による移流は僅かであり、レーダー観測による降水量を地表面に垂直投影したものとほぼ同じような状態となってしまったためと考えられる。技大レーダーから離れている

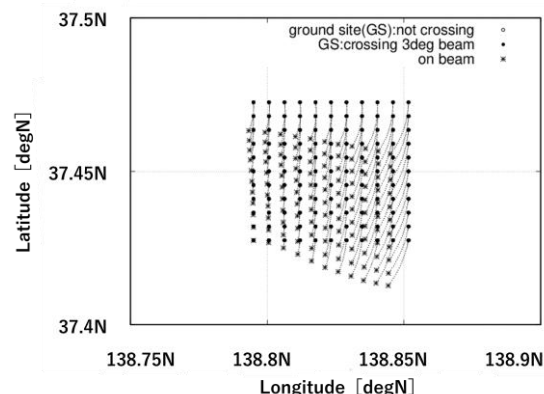


図4 2022年12月19日の後方流跡線解析結果

地点では移流を解析することができたため降水量の差を確認することができた。

図8は解析対象全地点の平均解析降水量と直上平均降水量、長岡アメダスの実測降水量を比較したグラフである。対象地点の平均解析降水量と直上の平均降水量の挙動は全期間を通して類似していることがわかる。仰角3°では移流する距離が短いため解析降水量と直上の降水量とで大きな差がなかったと考えられる。

4. まとめ

レーダー降水量とNHMの3次元風速場情報を用いて、長岡アメダスを中心とした500 mごとの間隔をとり11×11の121地点を対象にして地上から上空に向かって流跡線を描画し、対象地点の直上と後方流跡線解析で得られた座標の降水量を推定し比較を行った。技大レーダーから対象地点までの距離が近いため高度100 mから300 m付近で後方流跡線がレーダーと交差する。そのため解析降水量と直上降水量の差は小さかった。今後の展望として、解析対象地点を増やしより高高度まで後方流跡線解析を行う。

参考文献

- 1) 覺道由郎, レーダー降水量を用いた後方流跡線解析による短時間間隔降雪水量の推定, 長岡技術科学大学大学院修士論文, 2023
- 2) 古橋知季, 上空で測定されたレーダー降水量と

3 次元風速場を用いた地上到達固体降水量の推定と検証, 長岡技術科学大学 大学院修士論文,2022

3) 気象庁 過去の気象データ・ダウンロード <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

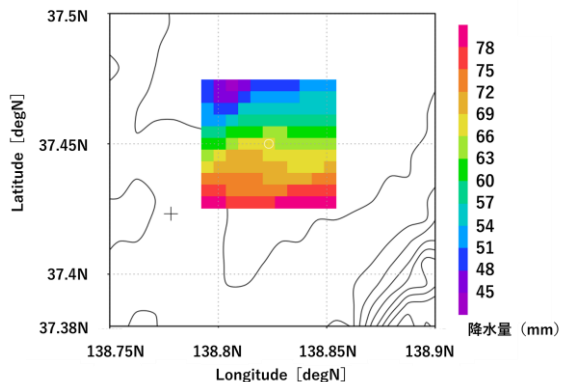


図 5 対象期間の解析降水量の分布

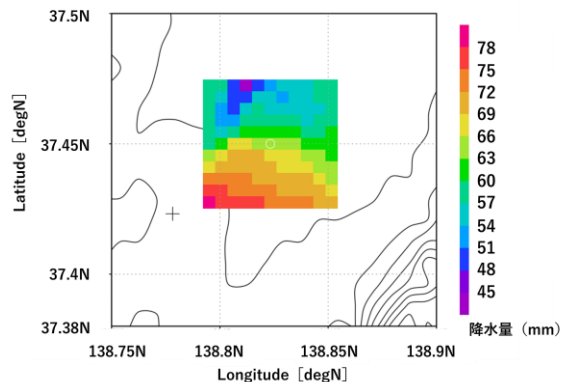


図 6 対象期間の対象地点直上降水量分布

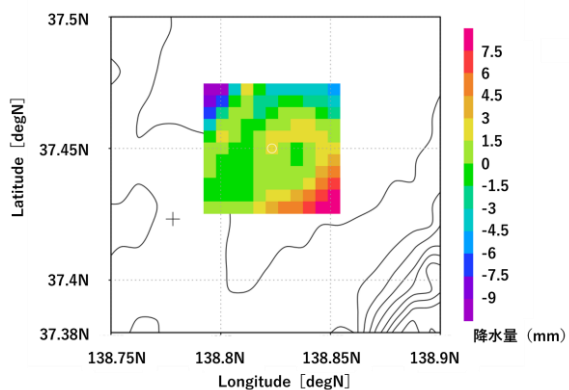


図 7 降水量と直上の降水量の差の分布

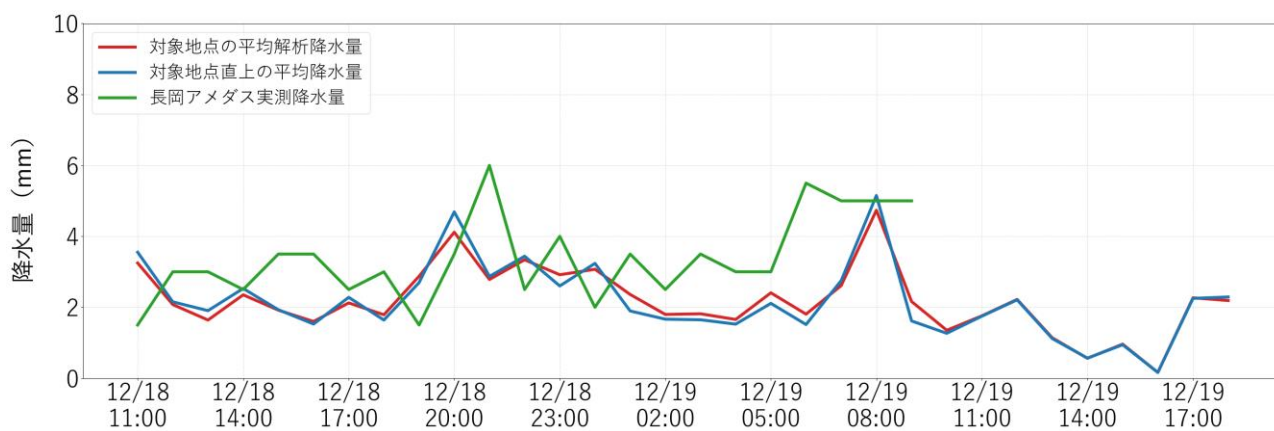


図 8 アメダス降水量とレーダー降水量の比較