

同化手法を用いた流出解析による山岳域の積雪分布推定

東北大学大学院 学生会員 ○柏 俊輔
東北大学大学院 正 会 員 朝岡良浩
東北大学大学院 正 会 員 風間 聡

1. はじめに

多雪地域において山岳域の積雪は下流地域の生活、産業の基盤となる重要な水資源である。そのため山岳域の積雪水量を把握することは重要な課題である。しかし山岳域において雪現象に関する観測は困難を要するため、山岳域の積雪水量を把握する一般的な方法として、シミュレーションによる時間的、空間的な積雪水量の推定が行われている。

本研究は積雪深データの同化手法を導入し、山岳域の積雪分布を推定する手法をまとめたものである。さらに推定された積雪分布から、融雪出水を含めた流出解析を行うことにより、流域全体の積雪分布が精度良く推定できているかを検証した。

2. 対象地域・データセットの概要

対象地域は日本有数の豪雪地帯に位置する米代川流域である。米代川流域は秋田県北部に位置し、幹川流域延長 136km、流域面積 4100km² の一級河川である。

解析に使用した標高データは国土数値情報から、気温データ、降水量データ、風速データは地域気象観測 (AMeDAS:Automated Meteorological Data Acquisition System)データから取得した。また AMeDAS 降水量データの比較対象としてレーダー・アメダス解析雨量 (RAP:Radar-AMeDAS composite precipitation)を利用した。積雪深データは AMeDAS および、藤里地点においては藤里町役場により観測されたデータを用いた。

積雪深の精度の検証のため、秋田県建設交通部道路課から得られた八幡平 AMeDAS 観測所の積雪深データを利用した。また流域の水収支の比較のため、実測の流量データを水文水質データベースより取得した。

3. 積雪深の推定方法

3-1. 積雪モデル

積雪水量を以下の式を用い表わす。

$$\frac{d}{dt}(SWE) = SF - SM \quad (1)$$

ここで、 SWE は積雪水量(mm)、 SF は降雪量(mm/h)、 SM は融雪量(mm/h)である。また風間¹⁾の全層積雪密度推定モデルによって積雪深を推定した。

3-2. 融雪モデル

融雪量の算定は底面融雪を 2.0mm/day とし、表面融雪は degree hour 法により 1 時間融雪量を求めた。以下は融雪量算定の式である。

$$SM = K \times T + 2.0/24 \quad (2)$$

ここで、 T は 1 時間の時間平均気温(°C)、 K は融雪係数(mm/°C・h)である。融雪係数 K はモデルによる消雪日が実測値の消雪日と一致するように値を設定した。

3-3. 降雪量フォーシングの作成

AMeDAS 降水量データは能代、阿仁合、八幡平、鹿角、藤里、鷹巣の 6 地点を代表値とし、重み付き距離平均法により降水量分布を作成した。観測所の降水量データは、降水量計の捕捉特性を考慮し降雨量、降雪量の補正を行っている。降雪量は標高依存性を考慮し、以下の式による降雪量を補正した。

$$SF = SF' \times \{1 + \alpha(elt_i - elt_k)\} \quad (3)$$

ここで、 SF は標高補正した降雪量(mm/h)、 SF' は補正前の降雪量(mm/h)、 elt_i はメッシュ標高値(m)、 elt_k は観測点標高値(m)、 α は標高補正係数($\alpha=0.001$)である。

4. 同化手法

米代川流域の AMeDAS 観測所においては、十分に降雪を捕捉していない可能性があり、降雪量分布の誤差の要因として降水量の観測誤差が大きく占めている²⁾。この問題を補うため、最も信頼性のある AMeDAS の実測積雪深データを、SWE モデルに組み込む同化(3 日に一回)を行い、流域の積雪水量分布を修正した。以下にその手法を示す。

能代、阿仁合、鹿角、鷹巣、藤里における実測積雪深データを積雪密度推定モデルにより積雪水量に変換し、積雪水量の真値と仮定する。モデル推定の積雪水量に対する真値の積雪水量の差を降雪量の不足と考え、各観測所の差を重み付き距離平均法により空間内挿し、各メッシュの積雪水量に加算させることにより修正を行う。なお加算する際に式(3)に記述した標高による補正を行う。

5. 解析結果

柏ら²⁾は、積雪深データの同化手法を導入した際の

キーワード 水収支、降雪、レーダー・アメダス解析雨量、AMeDAS データ

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7459

2010年度の山岳域の積雪深分布の推定精度の検証を行い、その有用性を確認した。しかし、2007年度など同化による補正のみでは山岳域の降雪を十分に補うことができない年があることが判明した。図-1はAMeDAS観測所の八幡平地点における2007年度の積雪深の推定結果である。過少推定の原因として、山岳地帯の局地的な降雪は、平地の観測所の同化による補正量では補えないことがあるためと考えられる。

図-1を比較すると2007年12月30日から翌年1月2日、また2月12日から2月15日にかけてAMeDASによる推定値の降雪が少なく、積雪深の実測値と誤差が生じていることが確認できる。そこで12月31日から1月1日にかけての降雪量をAMeDASとレーダーで比較を行った。表-1がその結果をまとめたものである。表-1が示すように、レーダーが解析している1時間に0.4mmといった微量な降雪を、AMeDAS雨量計が捕捉されにくい傾向があることが確認できる。これが推定の精度に影響しているものと考えられる。

図-2はレーダーを利用したケース、AMeDASで降雪量0mmの時間帯に限りレーダー・アメダス解析雨量を用いたケース、の解析を行い結果の比較を示した図である。レーダーを用いることにより12月30日から1月2日や2月12日から2月15日の積雪深の増加を推定しており、AMeDASとレーダーの双方を用いた解析は最も良く積雪深の推定精度を示すという結果が得られた。以上からレーダー・アメダス解析雨量を用いることにより、平地の同化による補正では補えない局地的な降雪、特に弱い降雪強度ながらも長時間に及ぶ降雪、を補っていることが確認できる。

また融雪出水を含めた流出解析を行ったところ、2008年の3月から4月の融雪期に対して、AMeDASのみを利用したケースにおいては総流出量が7%過少推定していたものの、レーダー・アメダス解析雨量を用いることにより5%の過大推定にまで改善が見られた。この結果から流域内の積雪分布を概ね精度良く推定していることが確認できる。

6. まとめ

本研究から得られた結果のまとめは以下の通りである。

- (1) 山岳地帯の局地的な降雪は、平地の観測所の同化による補正量では補えないことがある。
- (2) AMeDAS雨量計の特徴として、降雪強度が弱い場合降雪が捕捉されにくい傾向があることが示唆された。
- (3) レーダー・アメダス解析雨量を用いることにより、平地の同化による補正では補えない局地的な降雪、特に弱い降雪強度ながらも長時間に及ぶ降雪、を補っていることが確認できる。

謝辞：本研究は、地球規模課題対応国際科学技術協力事業(SATREPS)の援助によるGRANDEによって実施されました。ここに記して謝意を示します。

表-1 AMeDASとレーダーの降雪量の比較.

月	日	時	降雪量(mm/h)		月	日	時	降雪量(mm/h)	
			AMeDAS	RAP				AMeDAS	RAP
12	31	1	0.00	0.00	1	1	1	0.00	0.40
12	31	2	0.00	0.40	1	1	2	0.00	0.40
12	31	3	0.00	0.40	1	1	3	0.00	0.40
12	31	4	0.00	0.40	1	1	4	0.00	0.40
12	31	5	0.00	0.40	1	1	5	0.00	0.40
12	31	6	0.00	0.40	1	1	6	0.00	0.40
12	31	7	0.00	0.40	1	1	7	0.00	0.40
12	31	8	0.00	0.40	1	1	8	0.00	0.40
12	31	9	1.13	0.40	1	1	9	0.00	0.40
12	31	10	0.00	0.40	1	1	10	0.00	0.40
12	31	11	0.00	0.40	1	1	11	0.00	0.40
12	31	12	1.26	0.40	1	1	12	0.00	0.40
12	31	13	1.26	1.00	1	1	13	0.00	0.40
12	31	14	1.26	0.40	1	1	14	0.00	0.40
12	31	15	0.00	0.40	1	1	15	0.00	0.40
12	31	16	0.00	0.40	1	1	16	0.00	0.00
12	31	17	0.00	0.40	1	1	17	0.00	0.00
12	31	18	0.00	0.40	1	1	18	0.00	0.00
12	31	19	0.00	0.40	1	1	19	0.00	0.40
12	31	20	0.00	0.40	1	1	20	0.00	0.40
12	31	21	0.00	0.40	1	1	21	0.00	0.40
12	31	22	0.00	1.00	1	1	22	0.00	0.00
12	31	23	0.00	0.40	1	1	23	0.00	0.40
1	1	0	0.00	0.00	1	2	0	1.00	1.00

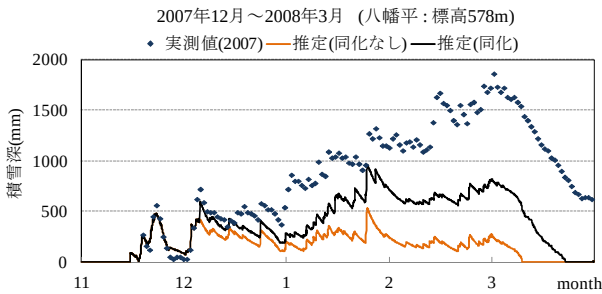


図-1 八幡平 AMeDAS 地点の積雪深時間変化.

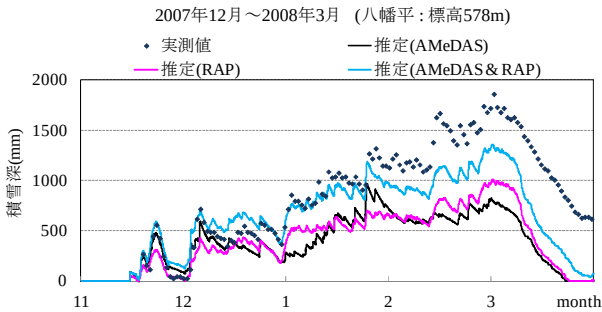


図-2 レーダーを用いた積雪深時間変化.

参考文献

- 1) 風間聡：広域における積雪全層密度推定に関する研究，水工学論文集，第41巻，pp.245-250，1997.
- 2) 柏俊輔，朝岡良浩，風間聡：同化手法を用いた山岳域の積雪分布推定，水工学論文集，2012(印刷中).