

同化手法を用いた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 AMeDAS データを活用し，山岳域の積雪深分布を推定する手法をまとめたものである．柏ら¹⁾は，米代川流域において AMeDAS 降水量データの誤差が大きいため，積雪深を過小推定する結果を得た．そのため AMeDAS 積雪深データを積雪モデルに同化する手法を提案した．本研究は同化手法を改良し，手法の違いによる積雪深の比較を行った．

2. 対象地域・データセットの概要

2-1. 対象地域およびデータセット

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，幹川流路延長 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，積雪深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．

2-2. 消雪日データ

冬期の降雪が始まる前に山岳域の地表に温度ロガーを設置した．積雪の期間は雪に覆われるため温度ロガーの時間的変化はほぼ一定となる．消雪後は大気の影響され時間的変化が明確になるため，温度変化の時間プロファイルからおおよその消雪日が判明できる．本研究においては変化が開始した日を消雪日の実測データとした．温度ロガーを設置した観測点の位置と，標高を表 1 に記載する．なお温度ロガーは全ての地点においておおよそ西斜面に設置した．

表 1 観測点の標高および位置

地点名	標高	地域	位置
F-1	924m	二ツ森	40.436N 140.106E
F-2	817m	二ツ森	40.431N 140.101E
M-1	1297m	森吉山	39.978N 140.529E
M-2	1213m	森吉山	39.976N 140.523E
M-3	974m	森吉山	39.970N 140.518E

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²⁾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，藤里の 5 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．

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

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)， elv_i はメッシュ標高値(m)， elv_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¹⁾。この問題を補うため、もっとも信頼性のある AMeDAS の実測積雪深データを、SWE モデルに組み込む同化(10 日に一回)を行い、流域の積雪水量分布を修正した。本研究は以前に提案した同化手法¹⁾ [同化 1]に加え、新たな同化手法[同化 2]で解析を行い、両手法の比較を行った。以下にその 2 つの手法を示す。

AMeDAS の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、積雪水量の真値とする。

[同化 1]モデル推定の積雪水量に対する真値の積雪水量の比を求め、重み付き距離平均法により空間内挿した比を SWE モデルから求めた各メッシュの積雪水量に積算することにより積雪水量の修正を行う。

[同化 2]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。

なお補正による積雪水量の増加のためモデルによる消雪日と実測の消雪日に不一致が生じた。そのため 3 月からの融雪期については実測とモデルによる消雪日が一致するよう融雪係数のパラメータを変更した。

5. 解析結果

図 1 は AMeDAS 観測所の阿仁合地点における積雪深の推定結果である。同化を行うことにより、実測データに近い積雪深の推定を行っていることが確認できる。

表 2 は温度ロガーの存在する 5 地点の消雪日をまとめたものである。標高が 800m を超える地点においては実測値と比較し消雪日が遅れる傾向にあり、[同化 1]に対し[同化 2]の方が若干実測値に近い。代表地点として M-1 地点の結果をまとめたものが図 2 である。観測所の不足分の比を積算する[同化 1]の手法は、積雪深が数千 mm に達する積雪の多い山岳地点においては、観測所の増加量に比べ過大な補正となる。それに対し[同化 2]は観測所の不足分を加算するため、観測所の増加量に相当する量が加算される。これが[同化 1]に比べ[同化 2]消雪日が早い理由である。また降雪量の不足分あるいは降水量計が捕捉できない量を補うために行う同化であるため、不足分を加算する[同化 2]の方が、より現象を再現できる修正方法であるといえる。

6. まとめ

本研究から得られた結果のまとめと今後の課題は以下の通りである。

- (1)高標高域においては消雪日が実測値に対し遅れる傾向があるが、[同化 1]に対し[同化 2]の方が遅れが改善されている。これは[同化 1]の補正の方法が積算していることによる。
- (2)[同化 2]は加算により補正するため、降雪量の不足分を補うための補正と考えた際、[同化 1]と比較してより現象を再現できる修正方法であることが示唆された。
- (3)流域の流量データから水収支の比較をしていき、最も適切な同化手法を検討していくことが今後の課題である。

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。また秋田大学本谷研准教授から温度ロガーのデータを提供して頂きました。ここに記して謝意を示します。

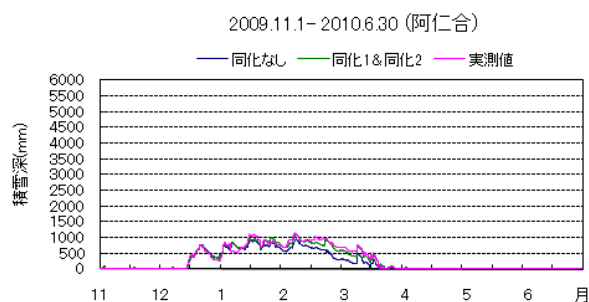


図 1 阿仁合地点の積雪深時間変化

表 2 各地点の消雪日

地点名	消雪日(実測)	消雪日(推定)同化1	消雪日(推定)同化2
F-1	5月7日	5月8日	5月6日
F-2	4月29日	5月4日	5月2日
M-1	5月19日	6月12日	6月7日
M-2	5月10日	6月8日	6月2日
M-3	5月3日	5月22日	5月18日



図 2 M-1 地点の積雪深時間変化

参考文献

- 1) 柏俊輔, 朝岡良浩, 風間聡: 積雪深データ同化による融雪出水解析, 水工学論文集, 2011(印刷中).
- 2) 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, pp245-250, 1997.