

積雪・融雪モデルの改良に向けた AMeDAS 観測データに基づくパラメータの決定

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○奈良 凶南
 八戸工業高等専門学校 正会員 小屋畑 勝太
 八戸工業高等専門学校 正会員 藤原 広和

1. はじめに

日本列島の日本側は世界有数の豪雪地帯である。豪雪地帯は国土の約 50%，特別豪雪地帯は国土の約 21% を占めている。雪は貴重な水資源であり，灌漑用水や生活用水，発電用水等の重要な供給源になっている。また，近年の気候変動によって融雪の早期化が予想されている。このことから，積雪融雪現象の将来的な動向を把握することは重要である。本研究では積雪融雪モデルの試作を繰り返し，再現性を評価する。そして，積雪融雪モデルの構築・改良をすることが目的である。

2. 解析方法

2.1 積雪融雪モデルの構築

本研究では，青森県内の地方気象台・特別地域気象観測所である，むつ，深浦，青森，八戸を対象とした。融雪現象について，気温を代表パラメータとしたモデルである Degree-hour 法を用いて，積雪融雪モデルを構築した。また，既往研究より泉ら¹⁾に倣い，モデルを構築した。このモデルは，大きく降水過程・融雪過程・積雪過程・浸透過程によって構成される。融雪過程において，気温： $T > 0$ で融雪が生じると仮定してモデルの支配方程式である式(1)により融雪量を計算し，式(2)により積雪深の経時変化を計算する。

$$SM = K \cdot T + \frac{RF \cdot T}{C_m} + Q_g \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}SD = D_n - D_d - D_m \quad (2)$$

SM:融雪量[mm/h]，K:融雪係数[mm/h°C]，RF:降雨水量[mm/h]， C_m :氷の融解熱[cal/g°C]， Q_g :地温融雪量[mm/h]，SD:積雪深[mm/h]， D_n :降雪深[mm/h]， D_d :積雪の圧密度[mm/h]， D_m :融雪による減量[mm/h]である。

積雪深について計算した結果，融雪過程は概ね再現できていたが，降雪時において差異が生じていた。これは，降水形態の判別気温が高く設定されており，雨

であったものが雪と判別されたため，差異が生じたと考えられる。また，新雪密度が大きく設定されたため，積雪深が過大評価され差異が生じたと考えられる。このことから，判別気温と新雪密度の 2 つのパラメータに着目して改良した。

2.2 降水形態の判別方法

判別気温の推定では，気温のみ(+td)と気温-湿度(+td-th)による判別方法の 2 つの手法を検討した。AMeDAS データを 1°C 間隔でグルーピングし，各気温における降水形態の割合を整理したものを図 1 に示す。そして，気温と降雪割合の関係から一次回帰式を求め，小原ら²⁾に倣い，雪の割合 50%における気温を判別気温(td)と定義して算定した。表 1 に判別気温の計算結果をまとめたものを示す。

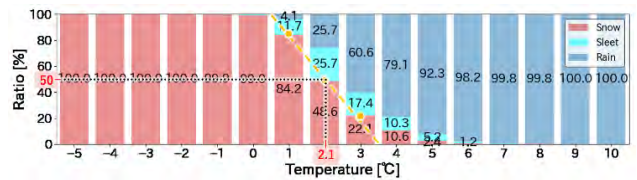


図 1 気温別の降水形態の割合と判別気温の推定

表 1 判別気温，雨雪判別式の計算結果

対象地域	青森	深浦	むつ	八戸
td	2.11	1.78	1.36	1.04
a	-11.8	-10.3	-11.3	-11.9
b	109.9	103.8	105.4	108.5

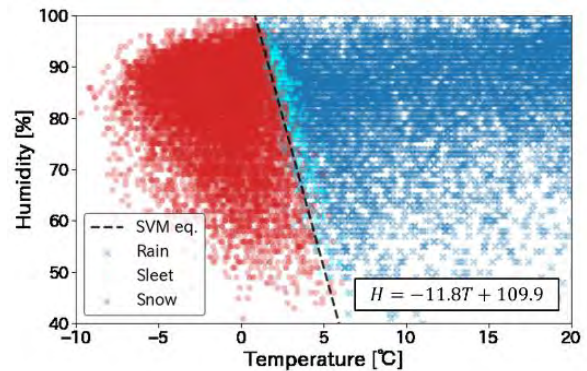


図 2 気温-湿度による降水形態の判別

降水過程には、湿度のパラメータも密接に関係している。気温を横軸、湿度を縦軸として雪・みぞれ・雨をプロットしたものを図2に示す。また、SVM(support vector machine)を用いて雨-雪の境界線を求め、降水形態の判別式を算定した。表1に判別式の計算結果を示す。モデルでは、得られた判別式から気温を用いて判別湿度を計算し、湿度と比較することで降水形態を判別する。

2.3 新雪密度の推定方法

積雪過程において、新雪密度は重要なパラメータである。新雪密度の推定(+ps)にあたって、AMeDAS 観測データでは、積雪深：1cm 単位、積雪水量：0.5mm 単位で観測されるため、観測解像度が荒く十分な精度で推定できない問題が生じる。そこで、連続的に降雪が観測された降雪イベントを抽出し、積雪深 10cm 以上のイベントに限定するフィルタ等を導入し、十分な推定精度が確保されるように集計アルゴリズムを構築した。図3に、気温と新雪密度の関係を整理したものを示す。気温と新雪密度の関係について、0°Cを分岐条件として各領域において一次回帰式を求め、新雪密度の推定式を算定した。また、プロットに同じような傾向が確認され地域特性が見られなかったため、得られた推定式を一様に適用できると考えられる。

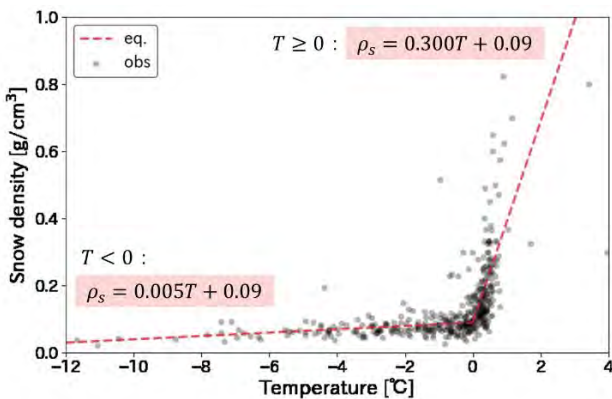


図3 気温と新雪密度の関係

3. 結果および考察

このように得られたパラメータを Degree-hour 法に適用して再現性を評価した。例として、青森観測所の観測値と改良したモデルの計算値の比較したものを図4に示す。判別気温の改良を適用した緑線のモデル(+td)では、改善が見られなかった。判別気温-湿度を適用した紫線のモデル(+td-th)では少し改善が見られた。しかし、観測所ごとに判別気温、判別気温・湿度を設定しなければならないためモデルが複雑になる。新雪密度の改良を適用した黄線のモデル(+ps)では、大幅な改善が見られた。また、新雪密度推定式からは地域特性が見られなく一律に適用できるため汎用性があると考えられる。表2に各モデルのナッシュ係数(NSE)と最小二乗誤差(RMSE) [cm]の計算結果を示す。ここで、NSEは0.7以上でモデルの再現性が高く、RMSEは0cmに近いほど再現性が高いとされている。この結果からも、NSEは org:0.451 から+ps:0.933 となり、RMSEは org:18.2cm から+ps:6.56cm と大きく改善される結果が確認された。

4. まとめ

本研究では、AMeDAS 観測データから気温と降水形態・新雪密度の関係等を示し、降水形態の判別式や新雪密度の推定式を提案した。そして、新雪密度推定式を適用したモデルにおいて、再現性が大きく改善する結果が得られた。

参考文献

- 1) 泉宏和ら：全日本の積雪水量、積雪深、全層積雪密度分布推定,水工学論文集,第49巻,pp.301-306,2005.
- 2) 小原一哉ら：降雪・積雪・融雪過程のモデル化と河川融雪流出予測への応用に関する研究,土木学会論文集 B,Vol.63,49-61,2008.

表2 各モデルのNSE・RMSEの比較

	org	+td	+td-th	+ps	
NSE	[-]	0.451	0.335	0.656	0.933
RMSE	[cm]	18.2	20.6	14.2	6.56

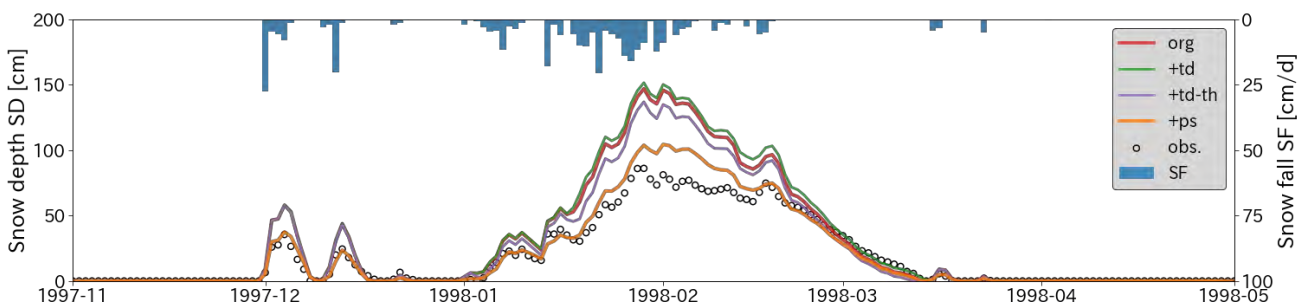


図4 各モデルの計算値と観測値の比較