

II - 3

全日本における積雪分布評価

東北大学大学院 学生会員 ○泉 宏和
東北大学大学院 学生会員 戸塚 岳大
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

積雪は貴重な水資源である。冬の間に貯留された積雪は水供給を補う上で重要な役割を果たしている。一方、近年の地球規模での温暖化による冬の積雪および春の融雪の変化に伴う水文・水資源への影響が懸念される。そこで、本研究は積雪水量の推定を行うことで貯留量を把握し、流出量予測の指標として役立たせる。さらに、積雪深、積雪密度の推定を行うことで、雪崩、吹雪等の雪氷災害や交通情報としての指標作りを入手し易いデータを用いて簡便な推定手法で行う。つまり、本研究ではAMeDASデータ、国土数値情報、JAIDASデータを用いて、全日本での積雪水量分布、積雪深分布、全層積雪密度分布を日単位で推定する手法の確立を目的とする。

2. データセットおよび対象地域・期間

研究対象地域は日本全域である。衛星データはNOAAのデータベースの一つであるJAIDASの東日本および西日本の画像を用いた。標高データは国土地理院が作成した数値地図情報の250m×250mメッシュをJAIDASの1100m×1100mメッシュに平均化して用いた。気象データは気象庁より提供されているAMeDASデータから日平均気温(°C)と日降水量(mm)、日最深積雪(cm)を用いた。また、研究対象期間は積雪が平年並の1998-99年、積雪が平年より多い1999-2000年とした。

3. 解析方法

3-1 SWE モデル

SWEモデルは降雪モデルと融雪モデルから構成され式(1)のように示す。

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

ここで、 SWE は積雪水量 (mm), SF は降雪量 (mm/day), SM は融雪量 (mm/day)である。

3-2 降雪モデル

各メッシュの気温はAMeDASデータを重み付距離平均法により補間して求め、標高データを用いて気温減率、0.6°C/100mにより補正した。各メッシュの降雪量は降水形態の判別

気温2°C¹⁾を用い、気温2°C以上を降雨、2°C以下を降雪として、AMeDASの降水量データを重み付距離平均法により補間して求めた。

3-3 融雪モデル

各メッシュの融雪量は式(2)に示すようにdegree-day法により計算した。

$$SM = K \times \sum T \quad (2)$$

SM は日融雪量 (mm), $\sum T$ は算定期間の0°C以上の積算気温 (°C・day), K は融雪係数 (mm/day/°C)であり、戸塚ら¹⁾および泉ら²⁾が決定したものをを用いた。

3-4 積雪深推定モデル

積雪深は風間ら³⁾にないSWEモデルと雪の圧密過程を考慮し、日単位で推定する。このモデルは推定した積雪水量分布、気温分布を用いて計算を行い、積雪深、全層積雪密度を推定するものである。

積雪深 D は、前日の積雪深 D' と降雪深 Dn から式(3)のように求められる。

$$D = D' - dD + Dn \quad Dn = SF \frac{\rho_w}{\rho_s} \quad (3)$$

ここで、 ρ_s は降雪の新雪密度であり式(4)のように与えた。

$$\begin{cases} \rho_s = 0.04 & (T < -2.0) \\ \rho_s = 0.0667 + 0.0133T & (-2.0 \leq T < 1.0) \\ \rho_s = 0.08 & (T \geq 1.0) \end{cases} \quad (4)$$

降雪後は、雪自身の重さで圧密が起こる。この時の圧縮高さ dD は、降雪量 SF と降雪前の積雪密度 ρ_D 、積雪深 D から式(5)のように示す。

$$dD = \beta_N SF \left(\frac{D}{10} \right)^{0.50} \frac{\rho_w}{\rho_D} \quad (5)$$

ここで、新雪圧縮係数 $\beta_N=0.018$, ρ_w は水の密度である。

ρ_D は前日の積雪密度 ρ_D' で与えられ、積雪前の積雪水量 SWE と積雪深 D から式(6)のように示す。

$$\rho_D = \rho_w \frac{SWE}{D} + \beta(\rho_{\max} - \rho_D') \quad (6)$$

終局密度 $\rho_{\max}=0.55(\text{g/cm}^3)$, β は圧密速度であり気温 T によつ

て式(7)のように与えた。

$$\begin{cases} \beta = 0.012(T < 1.0) \\ \beta = 0.012T(T \geq 1.0) \end{cases} \quad (7)$$

4. 結果と考察

研究対象期間の 1998-99 年における積雪は日本全域において平年並みであった。また、1999-2000 年は東日本で平年並み、西日本では平年比 170%と多雪であった。

図-1, 2 に湯田（岩手）における積雪深の日最深積雪 (AMeDAS)と推定値を示す。98-99 年(図-1)はピークが 2 月中旬であり、99-00 年(図-2)はピークが 3 月中旬とずれが生じている。また、積雪が急激に増加する時期が同様に 1 ヶ月ずれているが、融雪終了はほぼ同時期であった。融雪期において、推定値と AMeDAS 観測値に誤差が生じたが、 $R^2=0.88(98-99), 0.83(99-00)$ であり、1 シーズンを通して見れば、推定精度としては十分である。また、他の地域においても R^2 の値は概ね高い値を示した。全層積雪密度変化は、両者ともに $0.25-0.35\text{g}/\text{cm}^3$ の範囲で安定し、最終的に $0.50\text{g}/\text{cm}^3$ 以上になり融雪が終了した。

図-3, 4 に大山（鳥取）における積雪深の日最深積雪と推定値を示す。これらの図から 1999-2000 年の方が明らかに多雪であることが分かるが、降雪のパターンは同様の傾向が見られ、両者ともに 2 月下旬から 3 月上旬に積雪のピークを向かえ、4 月上旬には融雪終了している。つまり、平年並(図-3)の積雪年と多雪年(図-4)で降雪量は違うものの、降雪-融雪のパターンが同じであることが示唆される。また、図-4 の結果から急激な積雪深の変化を推定できていないことが分かる。相関係数は $R^2=0.78(98-99), 0.83(99-00)$ である。これは、積雪開始および融雪終了時期の積雪深の推定精度が良かったためと考えられる。また、全層積雪密度変化は $0.10-0.50\text{g}/\text{cm}^3$ という広範囲の値を示した。

5. まとめ

本研究から、積雪深推定モデルは広域において適用可能であり、積雪が平年並み、または多雪において積雪深を精度良く推定する手法が確立できた。今後は、推定した全層積雪密度を実測値によって検証する必要がある。

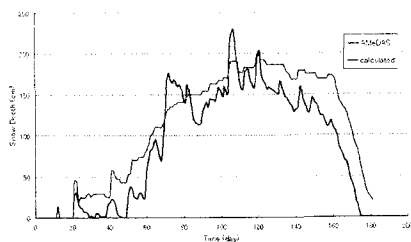


図-1 湯田(1998-99)

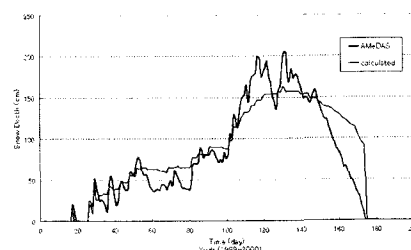


図-2 湯田(1999-2000)

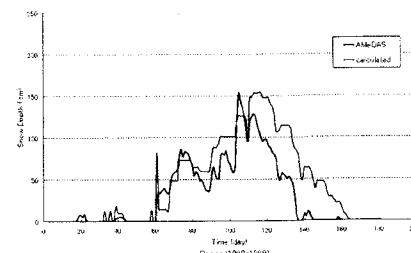


図-3 大山(1998-99)

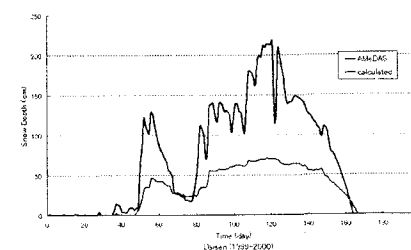


図-4 大山(1999-2000)

謝辞

本研究を進めるにあたり「(独)森林総合研究所」から援助を受けました。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1) 戸塚岳大・風間聡・朝岡良浩・沢本正樹：積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪分布と融雪係数の解析，水文・水資源学会誌，Vol.17，No5，pp493-502，2004。
- 2) 泉宏和・風間聡・戸塚岳大・沢本正樹：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，2005。（掲載予定）
- 3) 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。