

II - 4

東日本と西日本における積雪特性の比較

東北大学工学部 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

多積雪地域における融雪水は春から夏にかけての融雪期に貴重な水資源として活用されている一方、積雪は雪崩などの雪害をもたらす。そこで本研究では、水資源として積雪水量を、また雪崩などの発生予知として必要である積雪深および積雪密度の推定方法を確立し、さらに近年の地球温暖化から予測される積雪特性の変化を東日本と西日本という広域で比較し、考察することを目的とする。

2. データセットおよび対象地域

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×1110m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)を用いた。

3. 解析方法

3-1 積雪水量モデル

積雪水量モデルは降雪モデルと融雪モデルから構成される式(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)。

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：日融雪量 (mm)、K：融雪係数 (mm/day/°C)

ΣT：算定期間の0°C以上の積算気温 (°C・day)

3-4 積雪マップの作成

積雪マップは東日本および西日本のJAIDAS画像のch1,3,4を用いて作成した。まずch1で目視により雲または雪の部分の判定し、次に標高データを用い、気温減率(0.6°C/100m)を用いた標高補正をch4の輝度温度に対して行い、氷で形成されている高層の雲を判定した。そして、ch3の中間赤外の波長域が大気中の水粒に強く反射する性質から低層の雲を判定した。このようにして雲域を除去して積雪マップを作成した。

3-5 融雪係数の決定

融雪係数を変化させて求める積雪水量モデルの積雪域とJAIDAS画像から作成した積雪マップにおける積雪域を比較し、最も相関が高い際に得られたものを融雪係数とした。つまり、様々な融雪係数を式(2)に代入し、最適な融雪係数を求めた。

3-6 積雪深の推定

積雪深の推定は風間ら²⁾にならい積雪水量モデルと雪の圧密過程を考慮し、日単位で行う。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(3)のように示す。

$$dD = \beta_N SF \left(\frac{D}{10} \right)^{0.5} \frac{\rho_w}{\rho_D} \quad (3)$$

ここで、新雪圧縮係数β_N=0.024、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S

と積雪深 D から式(4)のように示す.

$$\rho_D = \rho_w \frac{S}{D} + \beta(\rho_{\max} - \rho_D') \quad (4)$$

終局密度 $\rho_{\max}=0.55(\text{g}/\text{cm}^3)$, β は圧密速度であり気温 T によって式(5)のように与えた.

$$\begin{cases} \beta = 0.015(T < 1.0) \\ \beta = 0.015T(T \geq 1.0) \end{cases} \quad (5)$$

以上から, 積雪深 D は, 前日の積雪深 D' と降雪深 Dn から式(6)のように求められる.

$$D = D' - dD + Dn \quad Dn = SF \frac{\rho_w}{\rho_s} \quad (6)$$

ここで, ρ_s は降雪の新雪密度であり式(7)のように与えた.

$$\begin{cases} \rho_s = 0.04 & (T < -2.0) \\ \rho_s = 0.0667 + 0.0133T & (-2.0 \leq T < 1.0) \\ \rho_s = 0.08 & (T \geq 1.0) \end{cases} \quad (7)$$

4. 結果と考察

融雪係数は積雪マップ全域に対する相関が 70%以上かつ積雪域のみでの相関が 70%以上になるように融雪係数を決定した. 1998-1999 年の東日本と西日本の融雪係数を図-1 に示す. 西日本の毎月の融雪係数は 4~6(mm/day/°C)の範囲に含まれており, 戸塚ら¹⁾による東日本の融雪係数は 3~5(mm/day/°C)の範囲にあることが確認できる. これらを比較すると, 西日本の融雪係数の方が若干大きい. 東日本の融雪係数は 4 月にかけて増加し, 西日本の場合 2,3 月にかけて増加している. この融雪係数の増加は, その期間の東日本と西日本における日単位の積雪水量分布図の変化から融雪期を表しているといえる.

西日本の積雪密度と日平均気温の関係を図-2 に示す. 気温が上昇するほど積雪密度は大きくなっている. つまり, 標高の上昇につれて積雪密度が減少するといえる. さらにこの積雪密度から積雪深の推定を行った(図-4).

5. まとめ

本研究において融雪係数の東西での変化は小さく, 日本全域において毎月の融雪係数がほぼ一定であることがいえ. えて. そして, AMeDASデータの降水量, 日平均気温から積雪水量(図-3), 積雪密度, 積雪深の日単位での推定手法が確立された.

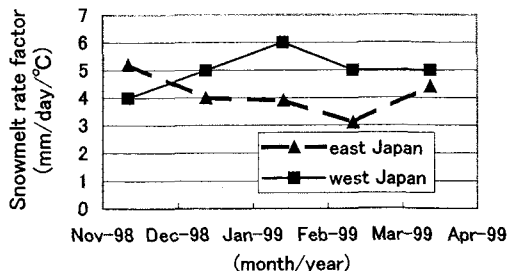


図-1 東日本と西日本の融雪係数(1998-1999)

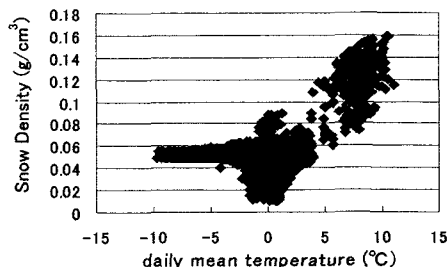


図-2 積雪密度と日平均気温の関係(西日本, 1999/3/1)



図-3 積雪水量分布(1999/3/1) 図-4 積雪深分布(1999/3/1)

謝辞

本研究を進めるにあたり「独立法人森林総合研究所」, 「河川環境管理財団」から援助を受けました. また, 東北大学東北アジア研究センター工藤純一教授から NOAA/AVHRRデータについて助言を頂きました. ここに記して謝意を示します.

参考文献

- 1) 戸塚岳大・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解析, 平成14年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, II, pp. 138-139.
- 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, pp. 245-250, 1997.
- 3) 風間聡・川村宏・枝松芳枝・沢本正樹: AVHRR/NOAAデータによる積雪域抽出パラメータの経時変化, 日本リモートセンシング学会誌, vol. 12, No. 4, pp. 59-69, 1992.