

衛星観測した積雪域履歴情報を用いた雪線位置の推定に関する検討

長岡技術科学大学大学院 非会員 ○ 和田拓実
長岡技術科学大学 正会員 高橋一義

1. はじめに

山岳地帯における積雪は重要な水資源であるが、積雪を現地調査により観測することは多大な労力を伴う。このことから、衛星リモートセンシング技術を利用して積雪領域の融雪状態を確認し、効率的な水資源管理に繋げることは重要である。

しかしながら、衛星データを収集しようとする、課題になるのが天候障害である。力丸¹⁾は過去の地球観測衛星 Landsat-MSS の好天データを「融雪の履歴知識」として用いることで、細密な積雪境界領域の推定が可能になったと述べている。

雪線は積雪域と無雪域の境界に存在するため、雪線位置を推定することは積雪域を推定することにつながる。本研究では、Landsat5,8,9の好天時衛星画像を用いて、「融雪の履歴知識」に相当する積雪履歴情報（積雪観測頻度画像）を作成し、積雪観測頻度画像を参照して雲に覆われて直接衛星観測できない積雪域を推定する（雪線位置を推定する）ことを検討した。

2. 方法

2.1 データ

本研究では、NASA と USGS が運用する Landsat5、8、9 のデータを使用する。Google Earth Engine を用いて、以下の条件に合う画像を検索する。

- (1) 雲量が 20%以下
- (2) パス 108, ロウ 34
- (3) 1984 年～2024 年の 3 月～7 月

その後、目視により画像内の雲域の有無を判断し、積雪観測頻度画像に用いる画像を絞り込む。

2.2 積雪頻度画像の作成

絞り込んだ画像から NDSI 画像を作成する（式 1）。

$$NDSI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)} \quad (1)$$

積雪域を判別するために、NDSI 画像を二値化する。Hall ら²⁾は、Green と SWIR の閾値も設定しているが、本研究では、処理を単純化するため、 $NDSI \geq 0.4$ を

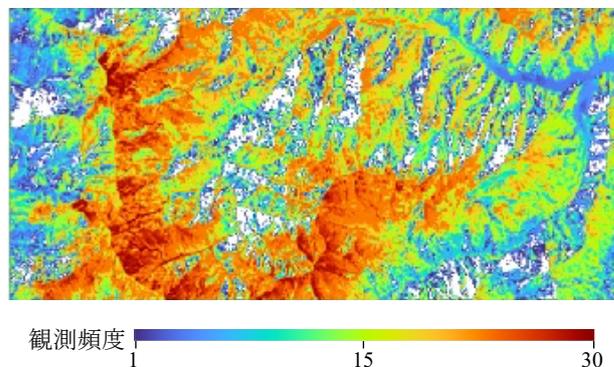


図-1 対象領域における積雪観測頻度

積雪域とする。絞り込んだ画像の積雪域を積算して積雪観測頻度画像を作成する。

2.3 積雪域（雪線）の推定

積雪観測頻度画像は、ある時点の雪線位置を示している。また、観測頻度は融雪時期の違いを表し、頻度が高いほど融雪が遅いと考えられる。融雪が同じように進む領域では、衛星観測される雪線位置（頻度 q ）と雲で覆われている雪線位置（頻度 q' ）が対応することが期待される。

積雪域を示す二値化画像にオープニング処理を施すと雪線画像が得られる。そして、雪線画像と積雪観測頻度画像の積により、頻度 q が算出される。その後、頻度 q' を頻度 q から決定し、積雪観測頻度画像において頻度 q' 以上の頻度領域を雲域下の推定積雪域とする。頻度 q が複数の頻度を持つ場合、頻度の最低値、累積頻度 1, 2, 3%の頻度を頻度 q' とする。

2.4 雲域下の積雪域の推定と評価

積雪観測頻度画像に使用していない Landsat5 の 2011 年 4 月 12 日の観測画像を用いる。対象領域は、魚野川流域付近とする。前述の方法により、積雪域と雪線画像を作成する。そして、擬似的に対象領域の 1/4 の領域を雲域とし、頻度 q と頻度 q' を求め、雲域下の積雪域を推定する。

推定積雪域の評価は、2011 年 4 月 12 日の積雪域を真値とする混同行列と正解率（式 2）により行う。

$$\text{正解率} = \frac{TP + TN}{(TP + FN + FP + TP)} \quad (2)$$

ここで、TPは真値と推定値ともに積雪域である画素数、FNは真値が積雪域、推定値が無雪域である画素数、FPは真値が無雪域、推定値が積雪域である画素数、TNは真値と推定値ともに無雪域である画素数を表す。

3. 結果と考察

3.1 積雪観測頻度画像

期間内の観測画像総数は 267, 条件に合致する画像数は 64, 目視により絞り込んだ画像数は 30 であった。積雪観測頻度画像を図-1 に示す。山の斜面には積雪観測頻度が低い領域あるいは無雪域が見られた。これらの領域は、周囲の観測頻度からも、本来積雪が観測される領域だと考えられる。

NDSI \geq 0.4 は積雪域を過小評価していた可能性がある。積雪域の判別手法を見直すことでこのような領域を減らすことができる。また、目視で雲無しと判断する基準を緩めることで、利用可能な画像を増加させ、融雪状態の変化をより再現する積雪観測頻度画像を生成できる。

3.2 雲域下の積雪域の推定と評価

対象領域の北西 1/4 の領域を擬似的に雲域とし、衛星観測した雪線画像を作成した (図-2)。雪線画像と積雪観測頻度画像の積から頻度 q を算出した。q の最低値は 4、累積頻度 1%、2%、3%に相当する頻度はそれぞれ 7、9、10 であった。これらに対応する積雪域を推定し、正解率を算出した (表-2)。最大の正解率は頻度 10 であった。この時の推定積雪域と混同行列を図-3 と表-3 に示す。

積雪域を過大評価したことで、誤判別領域の大部分が生じた。これは、積雪観測頻度画像に使用した画像に 2011 年 4 月 12 日と同じような積雪域を持つデータが含まれていなかったためである。正解率を向上させるには、融雪状態の変化をより再現する積雪観測頻度画像を生成する必要がある。

4. まとめ

本研究では、衛星観測した積雪域履歴情報 (積雪観測頻度画像) を用いて雲域下の積雪域を推定する



図-2 衛星観測した雪線画像

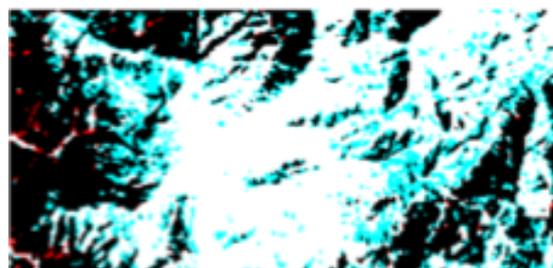


図-3 False color 合成画像

積雪頻度	正解率(%)
4	68.5
7	78.3
9	82.4
10	83.9

表-2 積雪観測頻度ごとの正解率

		真値	
		積雪域	無積雪域
推定値	積雪域	17081	5342
	無積雪域	225	11924

表-3 積雪観測頻度 10 の混同行列

手法を検討した。作成した積雪観測頻度画像には、山の斜面に積雪頻度が低い領域が確認され、NDSI の閾値設定が積雪判別に影響を与えている可能性が示唆された。雲域下の積雪推定では、頻度 10 で最大の正解率 83.9%を得たが、過大評価による誤判別領域が生じた。今後は、融雪状態をより正確に再現できる方法の改善が必要である。

【参考文献】

- 1) 力丸 厚: MSS 融雪履歴情報の支援による気象衛星データの画素内積雪量域の細密推定, 土木学会論文集, 第 438 号/II-3, pp13-22, 1991
- 2) Hall, D. K., Riggs, G. A., and Salomonson, V. V.: Algorithm theoretical basis document (ATBD) for the MODIS snow and sea ice-mapping algorithms, NASA/Goddard Space Flight Center, 45p. 2001