

過去の衛星画像参照による地上画像観測時点での積雪域平面分布推定手法の検討

環境リモートセンシング研究室 渡邊 映
指導教官 向井幸男
力丸 厚

1. はじめに

新潟県などの日本海沿岸域は世界有数の豪雪地帯である。雪は、雪崩や融雪に伴う洪水・地滑りなどの災害を引き起こす要因であり、新潟県では本年、19年振りの大雪となり昨年の中越地震の影響と相まって雪崩や雪の重みで家屋の倒壊が相次いで発生している。しかしながら、融けた雪は人々の大切な水資源である。雪はこれら相反する二面性を持っている。

雪を防災管理あるいは水資源として有効利用するためには、時間的・空間的・定量的に把握することが非常に重要になってくる。しかしながら、積雪の多くは山岳地帯に分布しており、人がその場所に行き積雪を連続的かつ広域的に観測を行うには、雪崩や遭難といった危険が伴うと同時に多大な人的・経済的資源も必要である。故に山岳地帯の降雪・積雪特性を把握することは非常に困難である。そこで、広域的に観測可能な人工衛星リモートセンシング技術を利用することが積雪域の観測に非常に有効である。しかし、融雪期には不順な天候が続くことが多く、光学センサでは雲などの影響で地表面の情報が入手困難であり、マイクロ波センサでは雪の判別が困難である。

本研究では、過去の融雪期の衛星画像から積雪分布履歴情報を把握し活用することで、衛星が観測出来ない日の積雪域平面分布を推定しようと試みた。解析手法はデジタルカメラを使用して地上画像観測を行い、その地上観測画像と過去の積雪分布履歴情報により他地域の広域的な積雪域平面分布を推定および検討した。

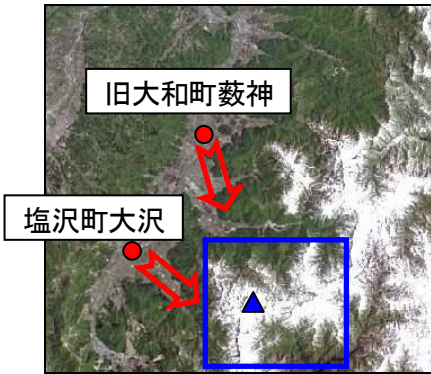
2. 対象領域と使用データ

対象領域は新潟県と福島県を跨る奥只見湖周辺の山岳地帯とした(図-1)。また、使用データを表-1に示す。Terra-MODIS データ中の積雪領域=1、無雪領域=0と考えて地点ごとに時間軸方向(T1 時期から T10 時期)に累積すると図-2のような積雪頻度データが作成される。こうして作成した画像(積雪頻度画像)を積雪分布履歴情報とし任意の地域における積雪域平面分布の推定に用いる。

ある流域内において、積雪域が融雪していく時間的な過程に関して積雪域と無雪域の境界位置の時間的な移動過程は、原則的に毎年同様に繰り返すものと考えられている。すると、調査対象時点での積雪境界の位置は、過去の当該流域での融雪の履歴状態をモデル化すれば、推定することが考えられている。積雪頻度データは、画像中で頻度が高い所はより雪が融けにくい地域で、頻度が低い所はより融けやすい地域である。また、融雪期の衛星データが少ない場合、任意の積雪頻度状況を推定しようとしても頻度に関する分解能が低く解析するのが不都合である。よって今回は 10 シーンと少ないので内挿・先鋭化の処理を施した(図-3)。地上画像観測データは、同一日に 2 箇所の観測地点から山岳部をデジタルカメラにより新潟県南魚沼地方の山岳地帯を観測した(図-1)。1 点は南魚沼市(旧大和町)蕨神地区から巻機山を、もう 1 点は塩沢町大沢地区から巻機山を撮影した。衛星データおよび地上画像観測データは 2004 年のものである。DEM は鳥瞰図を作成する際に使用した。



衛星データ



地上画像観測
図-1 対象領域

3. 解析手法

積雪頻度画像と地上観測画像を用い積雪域平面分布の推定を行った。解析手順を図-4に示す。地上画像観測を行った地点から見た積雪頻度画像による鳥瞰図を作成し、その積雪頻度鳥瞰画像とデジタルカメラで観測した地上観測画像とを重ね合わせ、地上観測画像の雪線に対応する積雪頻度鳥瞰画像の画素値を抽出して平面の積雪頻度画像により他地域の積雪域平面分布を推定した。

表-1 使用データ

衛星データ	衛星センサ	Terra-MODIS
	空間分解能	500m
	撮影時期	1月1日～8日
		1月17日～24日
		2月18日～25日
		3月13日～20日
		3月21日～28日
		4月6日～13日
		4月14日～21日
4月22日～29日		
5月8日～15日		
5月24日～31日		
地上画像観測データ	カメラ	Digital Camera
	撮影時期	4月9日
地形データ	DEM(Digital Elevation Model)	
検証データ	衛星センサ	Terra-ASTER
	空間分解能	30m
	撮影時期	4月7日

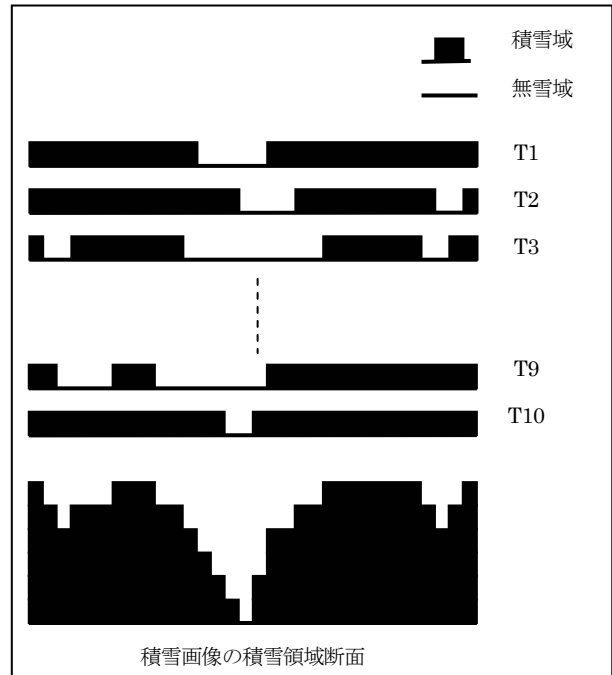


図-2 積雪領域・無雪領域の断面模式図

4. 結果

図-5 は地上観測画像と積雪頻度画像から鳥瞰図を作成した画像である。

藪神地区から観測した画像を基に巻機山方向を眺める積雪頻度画像の鳥瞰図から判別値を算出した結果、画素値 73.9、大沢地区から観測した画像を基にした場合も 74.7 であった。閾値 74 以上の画素値を雪と判断し、平面の積雪頻度画像から推定した結果を図-6 左に示す。右の画像は 4 月 7 日の ASTER データから積雪域を抽出した画像である。

5. 検証

ASTER データを用いて検証を行った。2004 年 4 月 9 日の積雪域平面分布の推定結果画像と 2004 年 4 月 7 日の ASTER 画像を重ね合わせて、合致した画素数と合致しなかった画素数（図-7 左（表-2）の画素数）を集計し、次式により合致率を求めた。

$$\text{合致率} = \frac{A}{A+B+C} \times 100$$

結果、合致率は 50.7% を得た。

黒(D)を計算に含めた場合 75.7% であるが、雪の少ない（黒 D が多い）領域を多く含む地域の画像の場合、D を含めて求めると合致率は D の影響を大きく受けるため、D を含めない方が妥当である。

図-7（左）において、画像全体では 50.7% の合致率であるが、三日月形の白色の地域（山地）およびその地域から南の地域などでは、ほぼ合致している所も見られた。

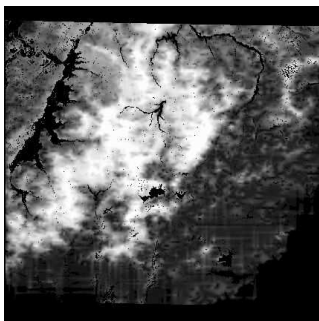


図-3 積雪頻度内挿画像

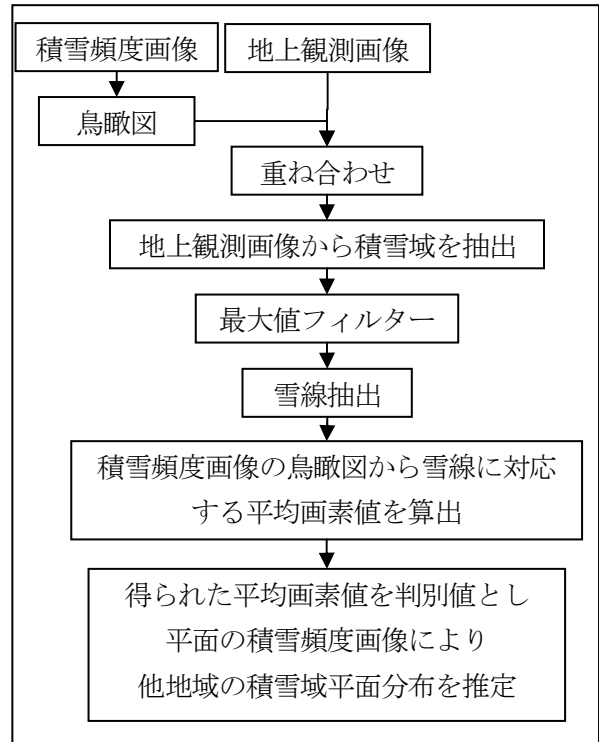


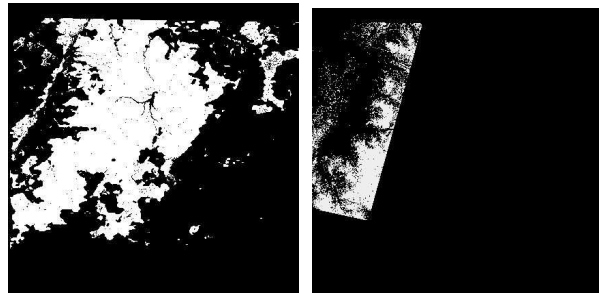
図-4 解析手順



藪神

大沢

図-5 地上観測画像と積雪頻度画像の鳥瞰図



推定結果

検証画像 (ASTER 4/7)

図-6 推定結果

6. 積雪頻度画像についての検討

検証データである ASTER データから鳥瞰図を作成し、地上観測画像から雪線を抽出して積雪域平面分布を推定した方法と同様に推定（再現）を行い、標本となる積雪頻度画像の影響について検討した。

元の ASTER データと ASTER データから積雪域平面分布を推定した結果の比較を行った（図-9、図-7 右）。雪線による閾値は 87，合致率は 53.3%を得た。

この結果より、標本となる積雪頻度画像を改善することで精度の向上が期待される。改善点としては、空間分解能が高く融雪状態の異なる多くの衛星データを用いて、積雪頻度画像を作成することにより精度向上が見込まれる。また、地上観測画像では樹木が存在する所は殆ど雪が見えなく、樹木による影響は強いため土地被覆分類などを行い樹木の影響を考慮する必要があると考えられる。

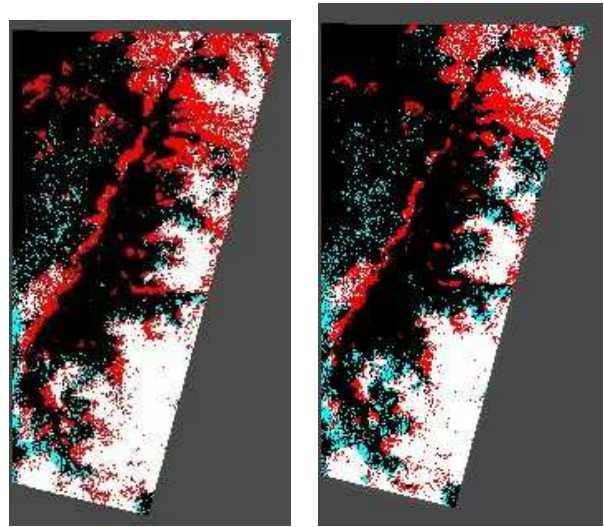
7. まとめ

2004 年の融雪期における 1 月から 5 月の Terra-MODIS による 10 データとデジタルカメラで撮影した雪山の写真から、他地域の積雪域平面分布を約 50%の精度で推定することが出来た。場所によっては、ほぼ合致している地域も見られた。

積雪域が融雪していく時間的な過程に関して原則的に毎年同様に繰り返すものと考えられると、融雪状態の異なる衛星データを数多く蓄積することにより精度の向上が期待される。

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領域の細密推定, 土木学会論文集第 438 号/II-17, pp.13-22, 1991
- 2) リモートセンシング研究会: 図解リモートセンシング, 日本測量協会



地上観測画像から ASTER 鳥瞰図から
図-7 検証画像

表-2 検証画像の色の詳細

		推定画像	
		雪	無雪
ASTER	雪	白 ○ A	シアン × C
	無雪	赤 × B	黒 ○ D

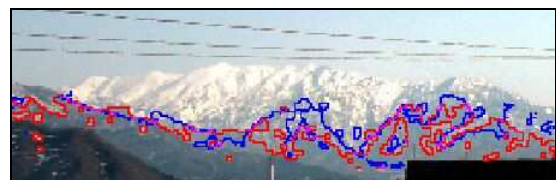
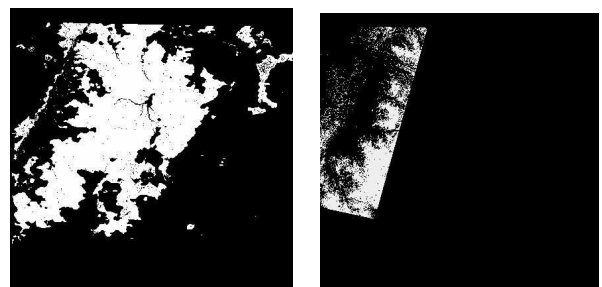


図-8 雪線抽出 (藪神)



推定結果 元画像 (ASTER 4/7)
図-9 推定 (再現) 結果