

# 時系列地上積雪観測画像による融雪特性の把握に関する研究

環境リモートセンシング研究室 安田 俊夫  
 指導教員 力丸 厚, 高橋 一義, 坂田 健太

## 1. はじめに

雪は災害を引き起こす要因であると共に、貴重な水資源であり、二面性を持っている。また、融雪期に山の斜面には残雪の白い部分と、山の地肌の黒い部分が作り出す不規則・不均一な白黒パターンが現れる。これは一般に雪形と呼ばれ、古くから農事の開始や豊凶の指標とする自然暦、農事暦として使用されてきた。本研究では、多少の悪天候でも積雪が観測可能な地上定点カメラを設置し、連続的に観測を行うことで、時系列地上積雪観測画像を取得し、その時系列地上積雪観測画像から過去の雪形等の知見を参考にして地形単位で融雪特性の把握をした。

ここで、観測地点が異なっても積雪領域が不変なものを積雪域とし、樹木の陰などで雪が見えない場所は含まず、観測地点から見える積雪領域のことを雪視率と定義して雪形に見立てた。また、積算暖度の基準日は最大積雪深観測日とした。本研究における融雪特性とは、雪視率と積算暖度の関係を表したものである。

## 2. 研究位置づけ

図1に本論文の研究位置づけを示す。

積算暖度と雪視率から雪視率—積算暖度特性曲線を作成し融雪特性の画像解析をした。積雪量条件、融雪条件、地表面特性の要素を含む雪形を時系列地上積雪観測画像を介して領域別雪視率とした。また、雪視率—積算暖度特性曲線を作成し融雪特性の画像解析をした。その後、衛星観測画像や気象観測情報等の要素を加え、各年の融雪状態との比較検討を行い、農業気象等への利用を期待する。

## 3. 対象領域

対象領域は全国的にも豪雪地帯で知られる、新潟県南魚沼市における八海山を対象とした(図2)。本研究では、デジタルカメラを八海山山頂より水平距離約 9.8km 離れた八海クリエイツ株式会社(緯度 37 度 08 分 27 秒, 経度 138 度 54 分 38 秒)

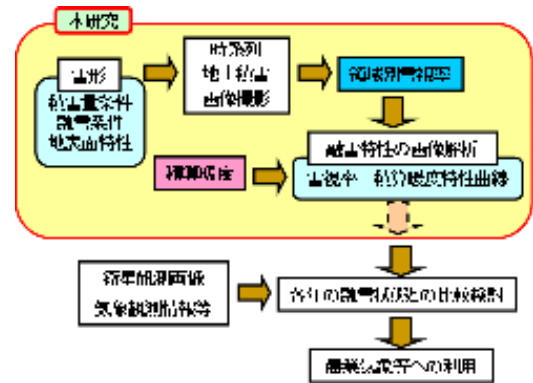


図1 研究位置づけフロー

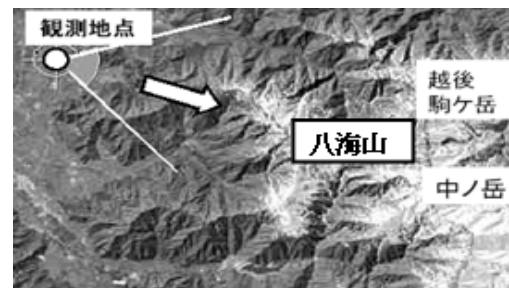


図2 対象領域

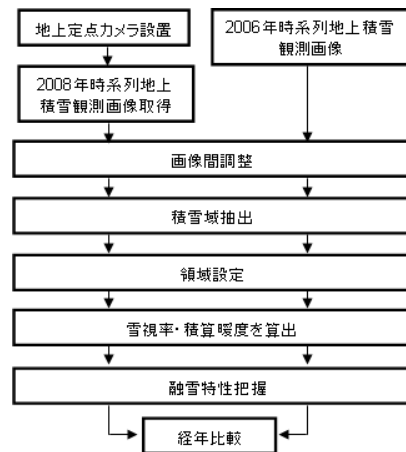


図3 解析手順

の敷地内に設置した。撮影間隔は 3 時間で 2007 年 12 月 27 日～2008 年 7 月 2 日まで撮影を行った。

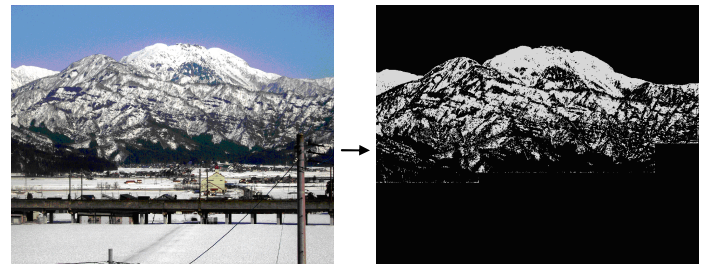
## 4. 解析手法

解析手順を図3に示す。

まず、デジタルカメラの設置及び撮影を行う。さらに、2008年時系列地上積雪観測画像から晴天画像 16 枚を選定する。その後、画像間調整及び積雪域抽出をした。融雪特性の把握には、領域を

設定し、各領域における雪視率、積算暖度を算出してから融雪特性の把握をした。

次に、2006年時系列地上積雪観測画像を使用し、融雪特性の経年比較をした。兩年、時系列地上積雪観測画像で同一箇所領域を設定した。その後、各領域において雪視率、積算暖度を算出し、融雪特性の把握を行って、経年比較をした。



原画像 積雪域抽出画像

図5 積雪域抽出画像例

## 5 時系列地上積雪観測画像による融雪特性の把握

### 5.1 画像間調整

地上定点カメラで撮影した地上積雪観測画像は各画像で幾何学的歪や、撮影時間により画像間に位置ずれや色調が異なっている。そのため、幾何補正や反射係数画像作成を積雪域抽出の前処理として実施した。

### 5.2 積雪域抽出

積雪域抽出画像作成には固定閾値法と動的閾値法により作成した積雪域抽出画像を合成した。

動的閾値法により、樹木付近の積雪域や日陰積雪域の抽出が困難な箇所の抽出を行なった。また、図5に積雪域抽出画像例を示す。

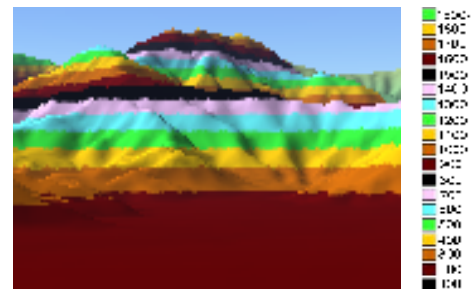


図6 標高別領域設定

### 5.3 領域設定

領域設定にはまず、10mメッシュのDEMに100m間隔で領域を設定し、3D地図ナビゲータソフトのカシミールを用いて観測地点からの鳥瞰図を作成する。その後、時系列地上積雪観測画像に幾何補正をした。

図6に標高別領域設定を示す。

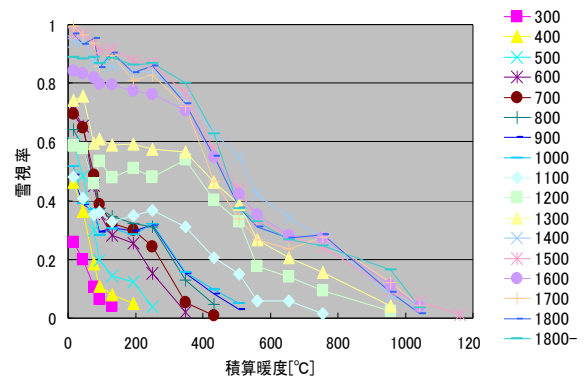


図7 積算暖度 - 雪視率特性曲線

### 5.4 雪視率と積算暖度の算出

雪視率の算出は標高0m~200mまでと、それ以降は100m間隔で算出している。雪視率の算出式は式(1)により算出した。

$$\text{雪視率} = \frac{\text{積雪域の画素数}}{\text{設定領域全体の画素数}} \quad (1)$$

本論文では雪視率が5%未満になった時点でその領域は消雪したとする。

また、積算暖度の算出には気象庁が管理する新潟県小出地点の過去の日平均気温及び降雪、最大

積雪深の気象データより算出する。積算基準日を2008年2月17日とした。

### 5.5 融雪特性

横軸に積算暖度・縦軸に雪視率として、図7に積算暖度と雪視率の特性曲線を領域全体、手前の山、八海山のそれぞれについて示す。

### 5.6 融雪特性の把握

図7より、標高200m~900mでは積算暖度0°C~150°C間、標高1300m以上の領域でも積算暖度300°C~600°C間で雪視率が急激に減少していた。標高200m~900mの領域は、それよりも標高の高い

領域に比べて積雪量は全体的に少ない。そのため、積雪量の少ない箇所や樹木に積もった雪などがすぐに融けたためと考えられる。標高 1300m 以上の領域では、2008 年 4 月 30 日に日平均気温が一日で 5℃以上高くなり 20℃前後になる期間が一週間ほど続いたためと考えられる。

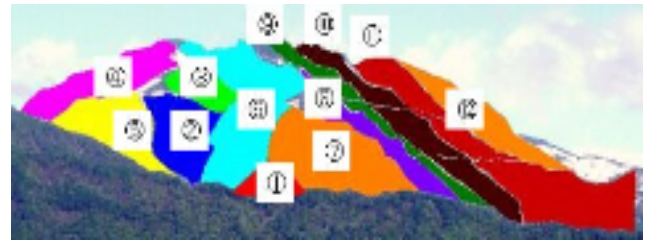


図 8 同一領域

### 6 時系列地上積雪観測画像による融雪特性の経年比較

#### 6.1 2006 年時系列地上積雪観測画像積雪域抽出

2006 年時系列地上積雪観測画像においても、幾何補正を行った後、積雪域抽出をした。

#### 6.2 領域設定及び雪視率、積算暖度の算出

積雪量は谷域に多いなど、地形を考慮して領域を設定した。実際には、山岳部の尾根線・谷線及び 100m 間隔に引いた標高線を基に図 8 のように 2006 年、2008 年で 12 の同一領域を設定した。また、雪視率と積算暖度は 5.4 と同様に算出した。2006 年積算基準日は 2006 年 2 月 5 日とした。

#### 6.3 経年比較手法

- ・経年変化

2006 年と 2008 年の雪視率を 0.9 から 0.1 刻みで消雪日 (5%未満) までの 10 段階に設定し、それぞれの雪視率になった時の積算暖度をまとめ、原データに存在していない場合は、線形内挿補間により調整した。領域別積算暖度－雪視率特性曲線を図 9 に示す。

- ・斜面方位別

八海山山頂より斜面方位が北向 (領域④)、西向 (領域①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧), 南向 (領域⑨, ⑩, ⑪, ⑫) 方位に分けて経年比較した。斜面方位別に含まれる領域の雪視率を各段階で対応する積算暖度の平均値を算出した。斜面方位別積算暖度－雪視率特性曲線を図 10 に示す。

#### 6.4 経年比較

図 9 より、2006 年、2008 年での経年比較は、2008 年の方が雪視率が低い値で減少していた。また、両年における各領域の雪視率の減少する推移はほぼ同じだった。また、領域によっては 2006

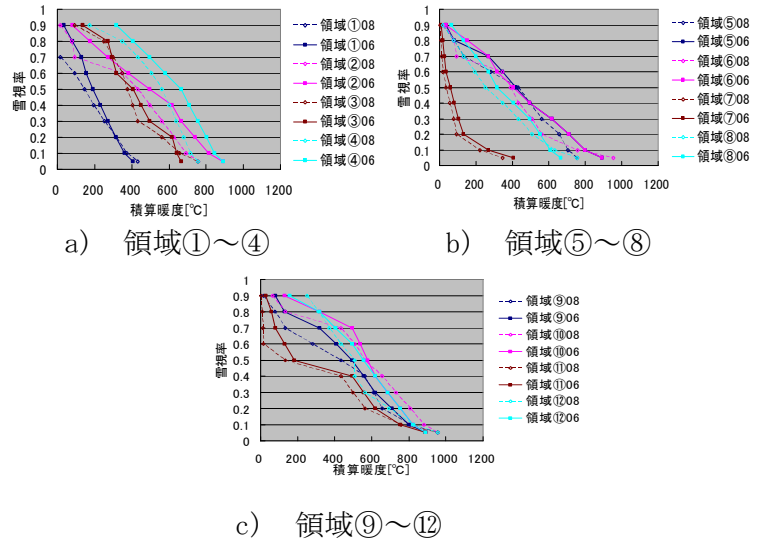


図 9 領域別積算暖度－雪視率特性曲線

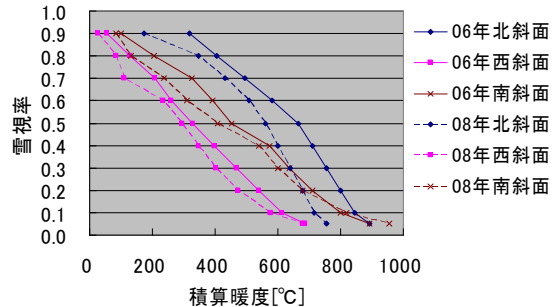


図 10 斜面方位別積算暖度－雪視率特性曲線

年が 2008 年よりも低い積算暖度で雪視率が減少する時期があった。

また、図 10 より斜面方位別の雪視率減少速度は、両年通じて、西向斜面、南向斜面、北向斜面の順に速い。北向斜面では 2008 年が約 100℃低い積算暖度で雪視率が減少しており、西向斜面ではほぼ同じ積算暖度で雪視率が減少していた。また、南向斜面では 2006 年が約 60℃低い積算暖度で雪視率が減少していた。

最大積雪深より、どの領域、斜面方向においても 2008 年が 2006 年より低い積算暖度で雪視率が減

少すると推測されていた。雪視率の減少推移はほぼ同様だったが、2006年が2008年よりも低い積算暖度で雪視率が減少することもあった。本論文では、雪視率と積算暖度から融雪特性を把握したが、融雪特性は他に天候や斜面の傾斜・凹凸、土地被覆などの要素も重要であると考えられる。

### 7 領域別融雪特性の検討

図9より領域別融雪特性の検討を行った。領域⑧が代表するように雪視率の変化がほぼ一定の傾きで直線的に減少する傾向が多いが、領域⑦や領域⑩のように雪視率が急激に減少する領域が存在する。図11から目視判読で領域の特徴をまとめ表1に示す。

表1より

- ・岩肌域・傾斜角40度以上・谷域でない

以上の箇所が領域⑦では多く、積雪量が少ないと推測され、雪視率が急激に減少、その後、谷域の雪視率が緩やかに減少したと考えられる。

領域⑩では、表1より

標高(高)

- ・岩肌・傾斜角40度以上・谷域でない・面積小

標高(低)

- ・1400m付近までは谷域・面積大・植生あり

以上から、標高が高い箇所の雪視率の減少は急激だが、領域全体では面積が小さいため雪視率も緩やかに減少している。その後、山頂付近の融雪と1100mから1400mでの谷域の融雪が進み、さらに、標高の低い箇所では植生も芽吹き始めたことで雪視率が急激に減少したと考えられる。

### 6 まとめ

これまで現地に毎回出向いて地上積雪観測画像の撮影を実施していた。本研究では、自動撮影を設定した定点カメラ設置により高頻度で撮影が可能となった。従来の撮影方法では、視界不良や雲、霧の影響で、1シーズンで数回しか好天状態で対象地区を撮影することができなかった。本研究では、1シーズンで772枚の撮影を行うことができた。このことにより、融雪期の積雪画像を時系列の雪視率の減少特性として、追跡可能となっ

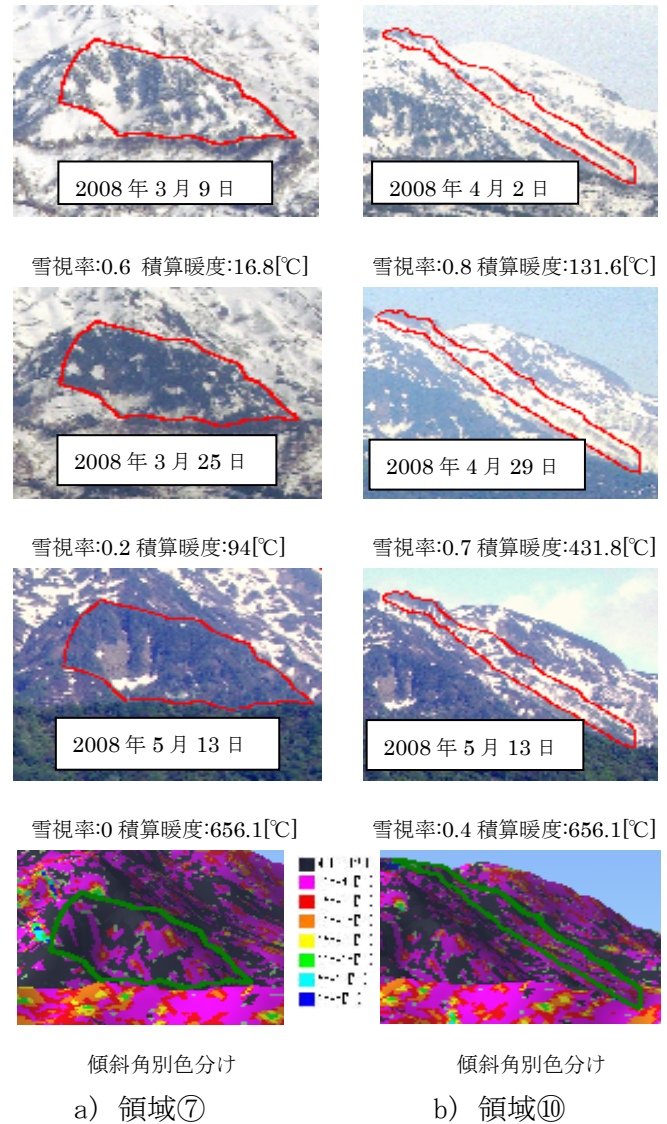


図11 時系列地上積雪観測画像及び傾斜別色分け

表1 領域別地形等の要素と特徴

	方位	標高[m]	土地被覆状態	傾斜角[度]	特記	グラフ傾向
領域⑦	西	1100~1300	岩肌と植生	40度以上:多	地形:複雑な凹凸	積算暖度100°Cまで減少:急
領域⑩	南	1100~1800	高:岩肌 低:岩肌・植生	高:40度以上 低:30度前後	1400m付近までは 谷域(面積:多)	積算暖度500°C付近から 減少:急

た。また、積算暖度と雪視率の相互関係を、標高別、斜面方位別など、地形や日当たり条件を考慮して年次を比較が可能となり諸条件等を検討した。時系列の雪視率の減少特性として、追跡可能となった。また、積算暖度と雪視率の相互関係を、標高別、斜面方位別など、地形や日当たり条件を考慮して年次を比較が可能となり諸条件等を検討した。