

第68回(2024年度) 北海道開発技術研究発表会論文

地上撮影画像を用いた流域積雪水量の把握

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム ○山田 嵩
横山 洋

融雪期におけるダム管理において流域内の積雪水量の時系列変化を把握することは重要である。ダムによっては地上撮影画像により、経験的に融雪状況の把握を行っている。ダム管理を合理的に行うために、経験則に頼らない手法が求められている。そこで本研究では、AIを利用した地上画像による融雪状況の把握とダム流入量等に基づく流域積雪水量の把握を試みた。

キーワード：、ダム管理、融雪期、流域積雪水量

1. はじめに

積雪寒冷地において積雪は重要な水資源となっており、春から夏にかけて長期間安定した水を人間社会に供給している¹⁾。これは日本、世界的にもアメリカ西部の半乾燥地域²⁾やアジア、ヨーロッパや南米等を含めて10億人以上が氷河を含めて積雪に水資源を依存³⁾している。そのため、山岳域における積雪水量（積雪を水に換算した量）の把握は極めて重要である。積雪水量の把握には流域踏査による流域内の積雪水量の把握が行われているが、その結果はコースや時期に左右される⁴⁾。

流域の時系列的な融雪状況を把握するためにリモートセンシング技術を用いた研究が複数存在する。例えば西原・谷瀬⁵⁾は人工衛星画像を融雪期のダム管理に活用する検討しており、西潟ら⁶⁾は人工衛星画像と地上撮影画像を併用して、時系列的に高密度な融雪状況の把握を行っている。これは広範囲の情報が得られるが時間解像度の小さい人工衛星画像と時間解像度が大きく面積が小さい地上撮影画像を相互に補間したものである。

本研究では、西潟ら⁶⁾による地上撮影画像による積雪面積情報の推定と同様に、北海道内のダムにて地上撮影されている画像を用いて融雪状況及び流域積雪水量の推定を試みた。

2. 解析方法

(1) 対象ダム

本研究での対象ダムは、石狩川水系石狩川の上流に位置する大雪ダムである。大雪ダムの流域面積は291.6 km²であり年間降水量は922 mm程度である。また、大雪ダムでは融雪期のダム管理において以前から、ダム管理所付近にて山岳域の写真撮影が行われている

(2) 地上撮影画像

大雪ダムにおける4月から6月までの風景写真データ（1日当たり2枚）を平成26年から令和2年まで（878枚）及び令和6年（124枚）を用いた。ただし、天候等により解析に用いたのは472枚である。実際に用いた画像例を表-1に示す。

(3) 地上撮影画像の平面投影

撮影された地上撮影画像が流域内のどの領域に位置するのかを、把握するために深層学習技術を用いた平面投影を行った。地上撮影画像の平面投影のイメージ図を図-1に示す。これは本論文中では行っていないが、人工衛星画像による積雪面積率を地上撮影画像による積雪面積率と比較するためである。

実際に平面投影を行った結果を図-2に示す。

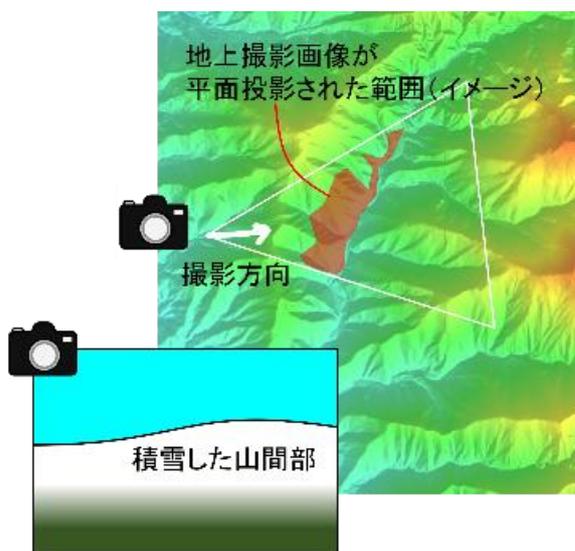


図-1 平面投影のイメージ図

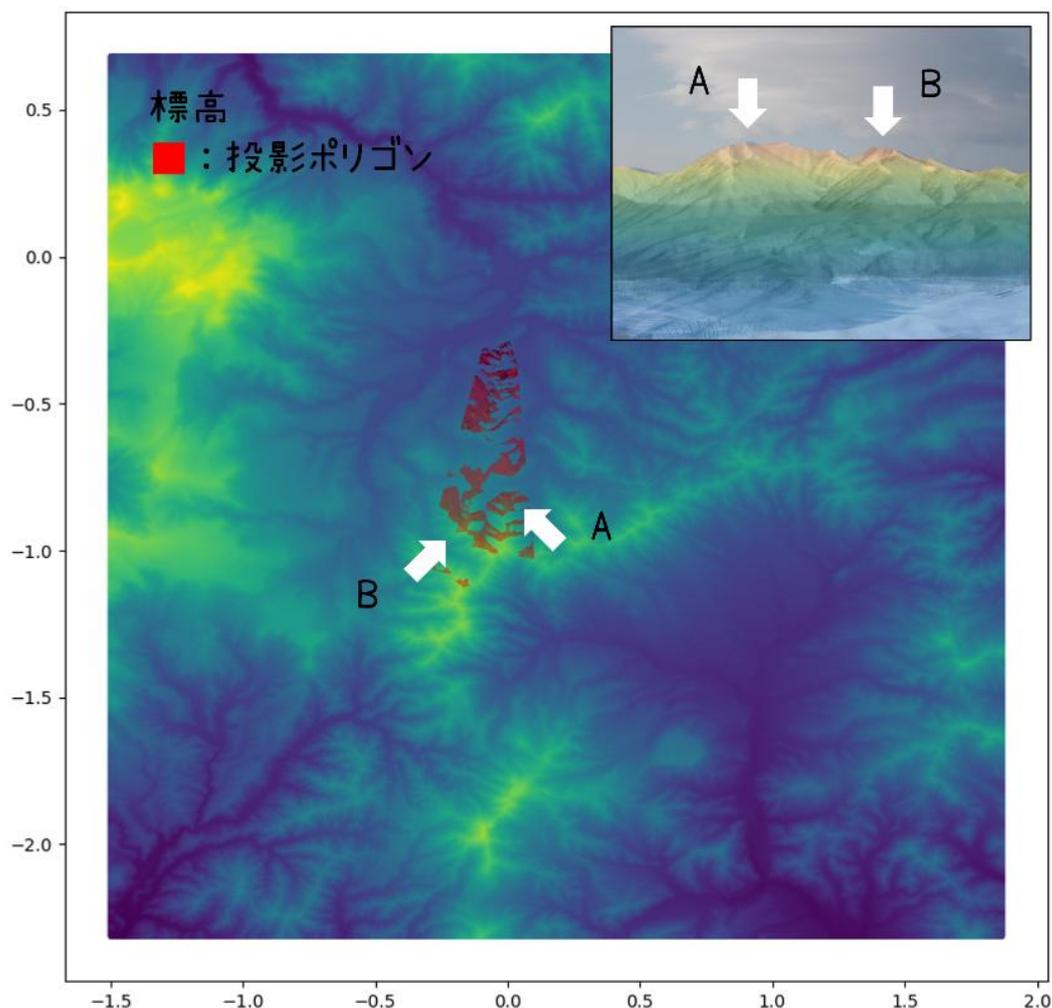


図-2 平面投影結果

(4) 地上撮影画像の積雪判別

地上撮影画像の積雪判別には、セマンティック・セグメンテーションモデルを用いた。セマンティック・セグメンテーションとは画像内の各ピクセルにラベルを割り当てることで物体の種類ごとに領域設定を行う手法である。セマンティック・セグメンテーションは自動車の自動運転や建造物の劣化部分の特定など様々な分野で活用されている。

本研究ではDeepLabv3+というモデルを使用しセマンティック・セグメンテーションを行った。DeepLabv3+はGoogleが開発したモデルで、各ピクセルに対して従来型のU-netで利用されるようなエンコーダー・デコーダー構造を用いてRGB画像のモザイク化とその逆変換を行い、画像内の特徴抽出を行う。図-3には概念図⁷⁾を示した。

また、深層学習に必要な教師データ（正解データ）は収集した風景写真データから雪に覆われている部分のみを手動で色付け（アノテーション）し、作成した。実際に作成したアノテーション画像の例を図-4に示す。

(4) 流域積雪水量

流域積雪水量の推定はダム流入量及び降水量を用いて行った。本来であれば蒸発散や降水量を降雨と降雪に分類する必要があるが、今回は簡単のために割愛した。計算式を式(1)に示す。

$$SWE_{basin} = Q_{in} - P \quad (1)$$

ここで、 SWE_{basin} は流域積雪水量(m^3)、 Q_{in} はダム流入量(m^3)、 P は降水量(m^3)である。計算期間は4月1日から6月30日までである

3. 結果・考察

(1) 積雪判別結果

図-5にセマンティック・セグメンテーションによる積雪判別結果の例を示す。おおむね、積雪域と非積雪域の判別ができています。一方で、森林のある領域にて判別が困難となっており、今後の課題としたい。また、図-6には積雪面積率の時系列変化を示す。また、前述の通り森

表-1 実際の画像例

場所	画像例
石狩岳 大雪ダム	
	
忠別岳	
	
	

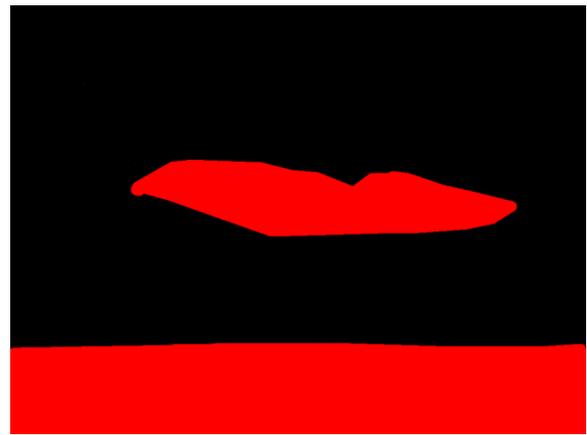
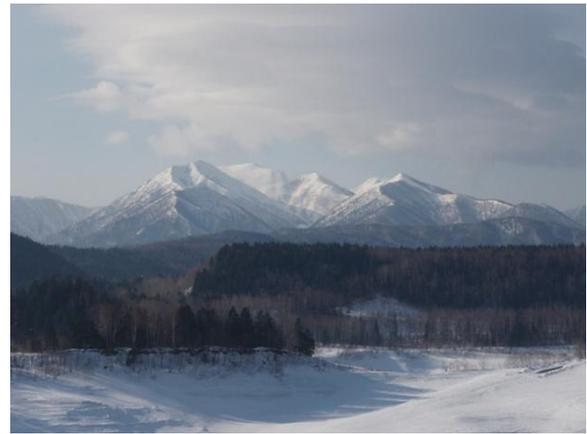


図-4 上：オリジナル画像
下：アノテーション画像（赤色が積雪部分）

林域を積雪と判別できておらず、最大値が過小評価になっていることが考えられる。

図-7には地上撮影画像により推定した積雪面積率と流域積雪水量の関係性を示す。図-7より積雪面積率と流域積雪水量には明確な相関関係があり、流域積雪水量の推定が可能であると考えられる。

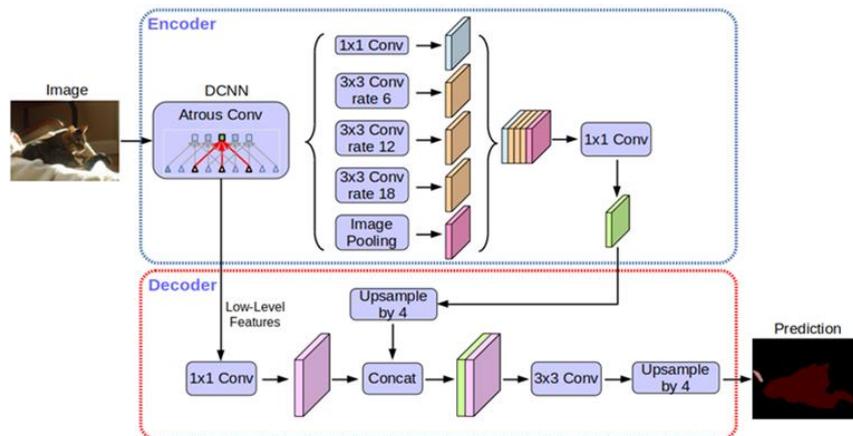


図-3 DeepLabv3+の概念図

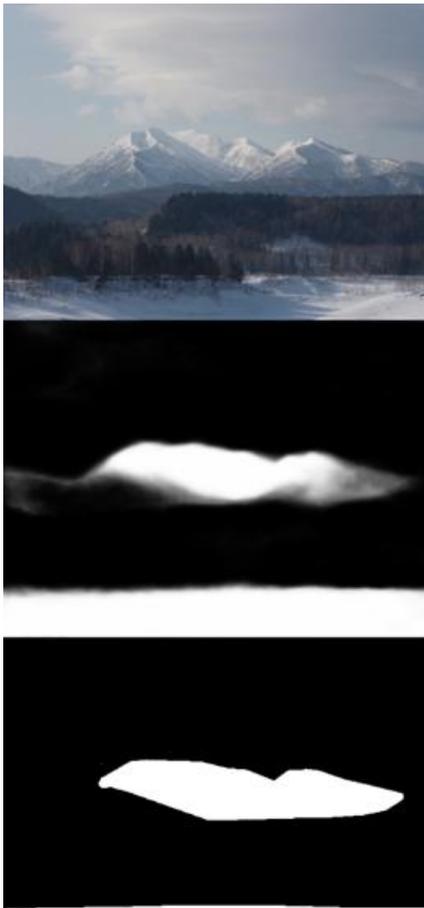


図5 積雪判別結果
上：オリジナル画像
中：積雪判別画像
下：アノテーション画像

4. まとめ

本研究では、先行研究を参考に地上撮影画像を活用した流域積雪水量の推定を試みた。その結果、地上撮影画像の平面投影投影を行うとともに、深層学習による積雪面積率の時系列推定におおむね成功した。合わせて、ダム流入量等から推定した流域積雪水量との関係も確認できた。一方で、森林域での積雪判別に課題があり今後精度向上を試みる予定である。

謝辞：大雪ダム管理支所には多くのデータを提供していただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

1) 小野延雄、石川信敬、新井正、若土正暁、青田昌秋：雪



図6 積雪面積率の時系列変化

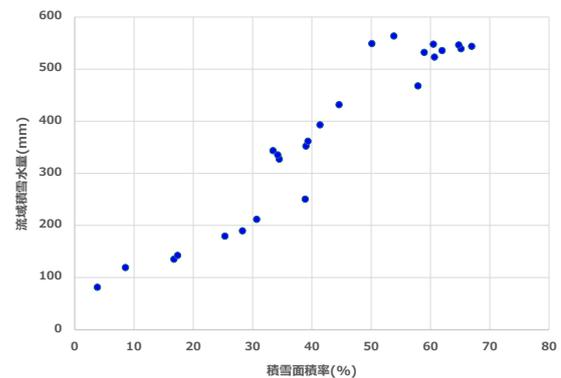


図7 積雪面積率と流域積雪水量の関係 (2020年)

氷水文現象（基礎雪氷学講座VI）、前野紀一・福田正巳編、古今書院、p17、1994.

- 2) Roger C. Bales, Noah P. Molotch, Thomas H. Painter, Michael D. Dettinger, Robert Rice, Jeff Dozier: Mountain hydrology of the western United States, *Water Resources Research*, Volume42, Issue8, 2006.
- 3) Barnett, T., Adam, J. & Lettenmaier, D. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. *Nature* 438, 303-309, 2005.
- 4) 藤田睦博、中津川誠、八田茂実：融雪水と水資源、*水文・水資源学会誌*、Vol. 78, No. 2, pp.451-459, 1994.
- 5) 西原 照雅、谷瀬敦：人工衛星画像から抽出した雪面の情報を融雪期のダム管理に活用する手法の検討、*日本リモートセンシング学会誌*、39巻、4号、p.299-306、2019.
- 6) 西潟優希、陸旻皎、山田嵩：三国河流域における衛星画像と地上撮影画像による積雪情報を考慮した融雪流出解析、第38回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会、2020.
- 7) Liang-Chieh Chen, Yukun Zhu, George Papandreou, Florian Schroff & Hartwig Adam: Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation, *Computer Vision – ECCV 2018*, Volume 11211, pp. 833–851, 2018.