

衛星画像及び地上撮影画像による積雪面積情報を考慮した融雪流出解析

環境社会基盤工学専攻 山田 嵩

1. はじめに

正確な積雪情報の把握は水資源の有効活用や融雪洪水の予測において重要である。衛星画像を用いれば広範囲の積雪情報が得られるが、時間解像度が小さい等の問題がある。一方で地上撮影画像では、情報が得られる範囲（以後、視認領域）は狭いが時間解像度を大きくできる。

そこで本研究では、衛星画像及び地上撮影画像の積雪面積情報の相関関係に着目し、衛星画像及び地上撮影画像による積雪面積情報を考慮した融雪流出解析を行うことを目的とした。

2. 相関解析

本研究における対象領域は五十嵐川流域に存在する、大谷ダム及び笠堀ダム流域（以後、ダム流域という）である。五十嵐川は、新潟県三条市を流れ信濃川に合流する流域面積 310.1 km²、流路延長 38.7 km² の一級河川である。五十嵐川の流域図を図 1 に示す。ダム流域の

一般に流域の積雪分布は時期による差が大きいが、標高の依存性が強いことが知られている。すなわち、ダム流域内において標高が近い地点同士であれば時期を問わず、視認領域と非視認領域との間で積雪面積率に相関関係がある可能性が高い。そのため、本研究では対象領域を 10 個の標高帯に分割し、標高帯ごとに視認領域とダム流域との間で積雪面積率の相関関係の推定を行っている。標高帯の分割は、ダム流域の面積標高曲線により行った。視認領域図の作成には QGIS¹⁾ の Visibility Analysis を用いた。視認領域図を図 2 に示す。

作成した視認領域と衛星画像を組み合わせ、視認領域及びダム流域での積雪面積率を計算した。積雪判別には積雪指標 NDSI²⁾を用いた。

3. 地上撮影画像

写真の撮影対象期間は 2018 年 4 月 1 日から 2018 年 4 月 23 日までであり、撮影日数は 10 日間である。撮影は大谷ダム及び笠堀ダムの天端より行った。

標高帯の切り出しはカシミール 3D³⁾の機能であるカシバードにより、作成した模擬写真と実際に撮影した写真を重ね合わせて行った。図 3 には作成した模擬写真を、図 4 には重ね合わせ図をそれぞれ示す。



図 1 五十嵐川の流域図

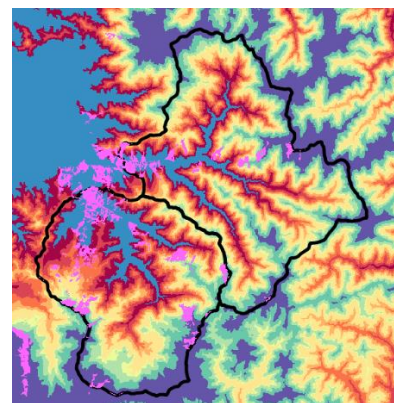


図 2 視認領域図

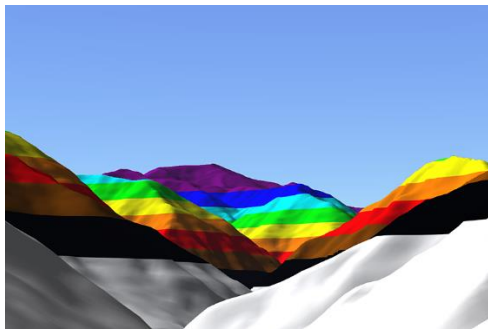


図 3 模擬写真



図 4 重ね合わせ図

積雪判別の閾値には吉田ら⁴⁾の方法を参考に赤バンドを対象に設定した値を用いた。本研究では目視で積雪、非積雪を判別して各々に教師領域を設定、次に各々の教師領域での赤バンドの中央値を算出した。この各々の中央値に対する平均値を積雪、非積雪領域ごとに算出して、両者の平均値を閾値とした。教師領域は10個とし、閾値は各写真に対して設定した。

積雪面積率の計算は対象領域ごとに、閾値以上のピクセル数及び対象領域全体でのピクセル数を合計し行った。また、ダム流域の積雪面積率の推定式には1次関数及び正規化ベータ関数を用いた。正規化ベータ関数には(0,0)及び(1,1)となる性質がある。

4. 融雪モデル

融雪モデルは小池ら⁵⁾の融雪モデルをベースに、放射収支の計算に太田⁶⁾のモデルを用いて、底面融雪を考慮したものである。入力データには降水量、気温、日照時間を用いており、計算期間は2014

年10月1日から2015年5月31日まで及び2017年10月1日から2018年5月31日までである。

また、ダム流入量より降雨量を減算した値を5月31日から3月1日まで加算して、流域の積雪水量を推定した。推定した積雪水量と衛星画像による積雪面積率をプロットして、積雪面積率と積雪水量の関係を推定した。これは、水資源管理等において重要になるのは積雪水量であるからである。

5. 結果と考察

図5には標高帯1における積雪面積率の散布図を、図6には標高帯5における積雪面積率の散布図を、図7には標高帯10における積雪面積率の散布図を、図8には地上撮影画像による積雪面積率の時系列変化、図9には地上撮影画像と衛星画像による積雪面積率の散布図を、図10には2015年の融雪モデルの計算結果(補正前)を、図11には2015年の融雪モデルの計算結果(衛星画像による積雪面積率補正後)を、図12には2018年の融雪モデルの計算結果(補正前)を、図13には2018年の融雪モデルの計算結果(地上撮影画像による積雪面積率補正後)を、図14には積雪面積率と積雪水量の散布図それぞれ示す。

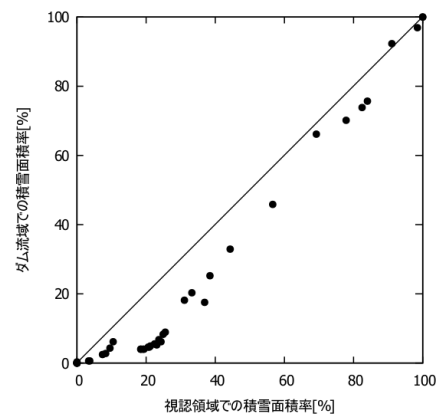


図 5 標高帯1における積雪面積率の散布図

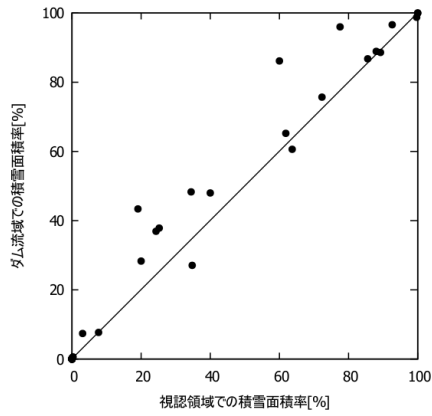


図 6 標高帯 5 における積雪面積率の散布図

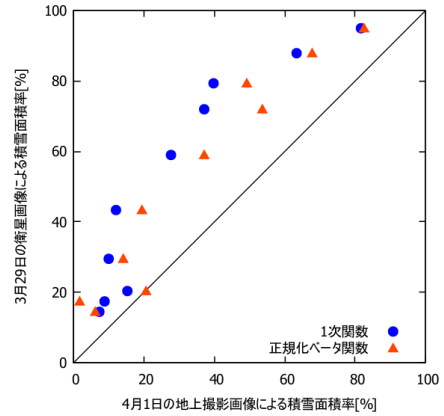


図 9 地上撮影画像と衛星画像による積雪面積率の散布図

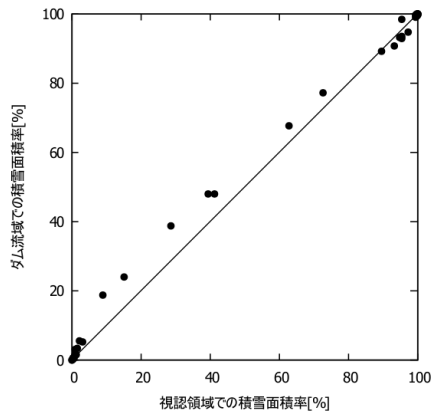


図 7 標高帯 10 における積雪面積率の散布図

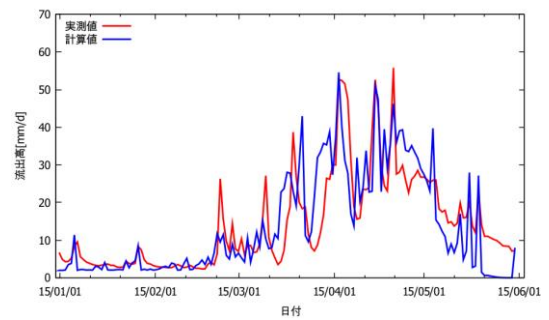


図 10 融雪モデルの計算結果-2015 補正前)

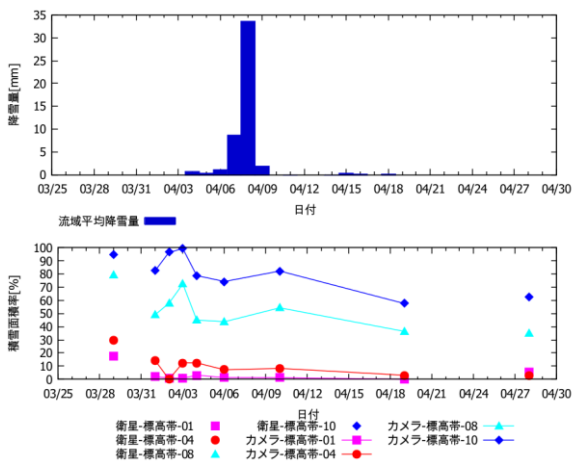


図 8 地上撮影画像による積雪面積率の時系列変化 (正規化ベータ関数)

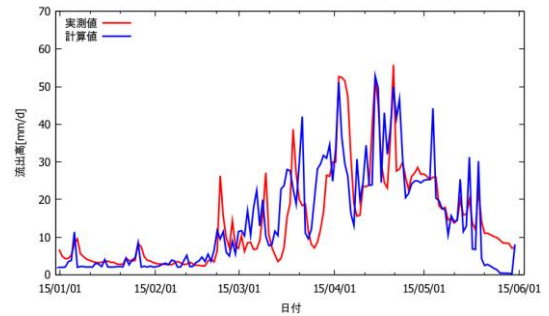


図 11 融雪モデルの計算結果-2015 (衛星画像による積雪面積率補正後)

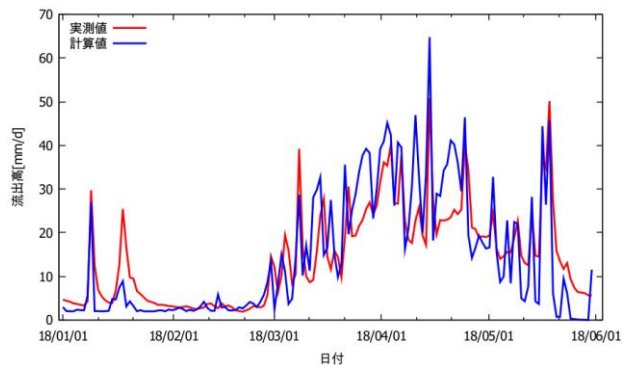


図 12 融雪モデルの計算結果-2018 (補正前)

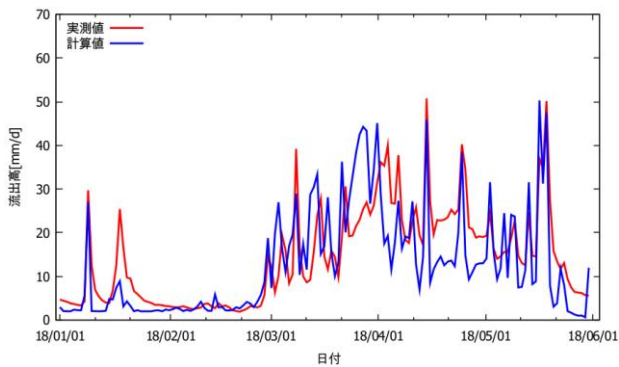


図 13 融雪モデルの計算結果-2018
(地上撮影画像による積雪面積率補正後)

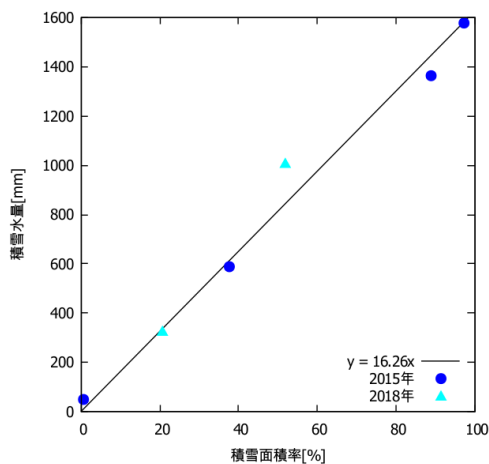


図 14 積雪面積率と積雪水量の散布図

図 6 を見ると、視認領域での積雪面積率と流域全体の積雪面積率には強い相関があり、視認領域での積雪面積率から流域全体の積雪面積率を推定できるといえる。

一方で図 8 及び図 9 を見ると、地上撮影画像による積雪面積率は、時系列変化は妥当だが衛星画像との比較では過小評価となり、負のバイアスが確認できた。これは、地上撮影画像において植生領域の影響があったこと、衛星画像の撮影日が 2 日前のため融雪が生じたためと考えられる。そのため、地上撮影画像による積雪面積率の精度向上が必要であるといえる。

融雪モデルによる計算では、図 10 及び図 12 より計算値は実測値の変化の傾向を概ね再現できた。また、図 11 より積雪面積率のフィードバック後は融雪末期の再現性が向上した。尚、融雪末期にて計算値が実測値大きく過大評価となって

いるのは降雨の影響である。一方で図 13 に示す地上撮影画像による積雪面積率補正後は、融雪末期で過小評価となっている。これは、地上撮影画像による積雪面積率には負のバイアスがあったためと考えられる。また、図 14 より積雪面積率と積雪水量の間には線形関係があることが確認できた。

6. まとめ

本研究では、衛星画像において視認領域での積雪面積率及び流域全体での積雪面積率を比較して積雪面積率に強い相関があることを示した。一方で実際に地上撮影画像により推定した積雪面積率は、負のバイアスがあり過小評価であった。融雪モデルの計算結果は概ね妥当であり、衛星画像による積雪面積率のフィードバックを行った場合には、融雪末期の再現性が向上した。一方で地上撮影画像による積雪面積率のフィードバック後は、融雪モデルの計算値は過小評価となった。

7. 参考文献

- 1) QGIS Development Team : QGIS フリーでオープンソースの地理情報システム”, < <http://qgis.org/ja/site/>>,2017-09-22,最終閲覧.
- 2) Dozier,J: Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper, Remote Sensing of Environment ,28,pp.9-22,1989.
- 3) 杉本智彦 : 山と風景を楽しむ地図ナビゲータ カシミア 3D 入門, 実業之日本社, 2002.
- 4) 吉田京平, 力丸厚, 高橋一義, 坂田健太 : 山岳積雪領域の地上観測画像と衛星画像の照合と比較検討, 第 24 回土木学会関東支部新潟会研究調査発表会論文集, pp.86-89, 2006.
- 5) 小池俊雄・高橋裕・吉野昭一 : 融雪量分布のモデル化に関する研究, 土木学会論文集, pp165-174, 1985.
- 6) 太田岳史 : 森林内外における積雪面上の純放射量の推定と表層融雪量, 水文・水資源学会誌, pp19-26, 1992.