

寒冷地河川の結氷・解氷過程を把握可能な画像解析手法の検討

寒地土木研究所 正会員 ○平田 智道
寒地土木研究所 正会員 横山 洋
寒地土木研究所 正会員 阿部 孝章

1. 目的

北海道内の多くの河川では冬期に河川が結氷し、河水が形成される。解氷した河水は河道の狭窄部に流下・堆積することで、急激な水位上昇や河川管理施設の操作支障等を引き起こす要因となる。特に近年では、気候変動に伴う春先の気温上昇と降雨発生の早期化により、河水の解氷・流下特性が変化し、突発的なアイスジャム被害が生じることが懸念される。2018 年 3 月に北海道内で発生したアイスジャムでは、温帯低気圧の発達による暖気と降雨出水の影響で、道内各地の河川でアイスジャム洪水が同時多発的に発生し、多数の被害が生じた¹⁾。このように近年のアイスジャム被害の深刻化を踏まえ、今後の河川管理および河川工事を実施するうえで、結氷・解氷状況を監視し、アイスジャムがいつ・どこで発生するのかを予測・検知する技術確立することが重要である。本研究では、冬期河道状況の現地観測及び調査を行い、画像解析によって結氷面・非結氷面を判別することで、結氷・解氷状況を監視する手法について検討した結果を報告する。

2. 結氷・解氷時期の現地観測

現地観測は結氷・解氷過程を詳細に把握し、画像解析のデータを収集するため、渚滑川（北海道紋別市）の KP11.1～KP19.8 までの計 10 地点で行った(写真-1)。KP は河口からの距離(km)を示す。渚滑川では 2010 年 2 月に気温上昇による急激な水位上昇により、アイスジャムが発生している²⁾。上記 10 地点では、河岸にトレイルカメラ(ハイクカム SP2, hyke)を設置し、2021 年 12 月 15 日～2022 年 3 月 14 日まで河道状況を撮影した。また、河道全体の結氷状況を把握するため、RTK-GNSS 搭載の UAV(Phantom4 RTK, DJI)を用いて、上空河道撮影を 2 回実施した。撮影した画像はオルソ化し、2 時期の解氷面の変化を比較検討した。

3. 画像解析手法

結氷・解氷状況の監視・把握のため、カメラによる連続撮影データから結氷面積を推定する画像解析を行った。解析には、python(ver.3.7.3)と OpenCV(ver.4.1.1)を使用した。画像上の任意の 4 地点を設け、実スケールでの地点間の距離を計測し、平均的な画像上の 1 ピクセル当たりの面積を算出した。さらに、結氷面を 2 値化した画像と 1 ピクセルの大きさから、結氷面と非結氷面のピクセル数から非結氷面積の概算値を推定した。

4. 結果及び考察

冬期に撮影した UAV によるオルソ画像を図-1 に示す。UAV



写真-1 冬期の渚滑川 (3月3日撮影)

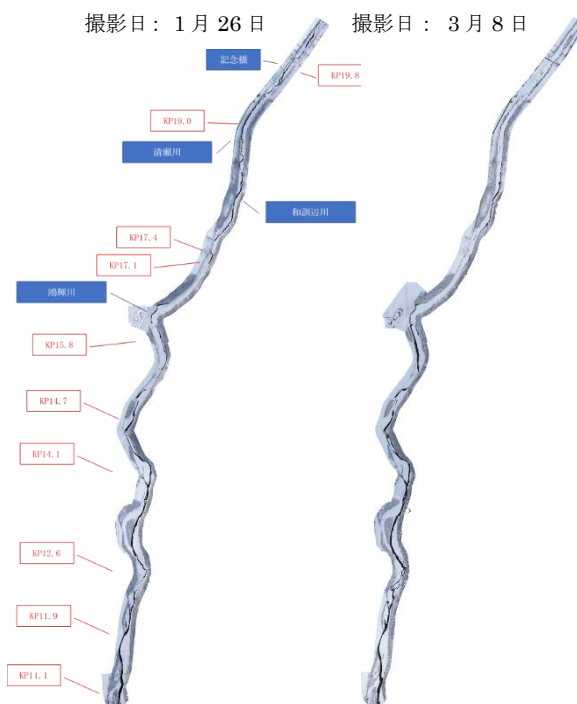


図-1 UAV による河道結氷状況の把握

キーワード 結氷河川, アイスジャム, 画像解析, 河道監視技術

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3-1-34 (国研) 土木研究所寒地土木研究所 TEL: 011-841-1639

空撮は1月26日と3月8日の2回実施した。各画像を比較すると、KP15.8周辺では1月26日から3月8日にかけて、解氷面が拡大していた。KP14.7よりも下流側ではわずかに解氷面が広がっているのに対し、KP17.1より上流は開水面が拡大するような明確な変化は見られなかった。このように、結氷・解氷状況は河道10km以内という範囲でも異なる特徴を示しており、地形的要因や水温等に影響を受けていると言える。なお、本研究の観測期間中には渚滑川でアイスジャムになるような河水の堆積は見られなかった。

トレイルカメラを用いた結氷面と非結氷面の2値化結果を図-2に示す。非結氷面を黒色、結氷面を白色で示している。2値化によって非結氷面と結氷部分を判別できている。一方で、判別精度が低い画像もいくつか確認され、これらの画像では結氷面積の算出が難しいことが分かる(図-3)。判別精度が低いときの撮影条件には、水面が波打った状態(図-3a)や夜間撮影時に光量不足が生じた状態(図-3b)が挙げられる。このような判別精度が低い画像では、解氷面積を算出する際にも過大もしくは過少推定するため、これらの画像を自動判別するような効率的な手法を組み合わせ、安定した推定精度を得られるよう今後改良が必要である。

次に、1時間毎に連続撮影した3か月間の画像を用いて、日単位で非結氷面積を推定した(図-4)。日代表画像には、各日の画像から図-3に示すような精度の低い撮影条件を可能な限り除外し、比較的抽出精度の高い画像を用いた。図-4を見ると、観測初期の12月中旬は解氷面積が1,200m²であるが、12月20日に気温が-5℃以下となり、水温も0℃付近で一定となるため、河水形成に伴い非結氷面積が減少する過程を推定できている。1月10日には非結氷面積が観測初期の約1/2程度にまで減少し、1月下旬にはほとんど水面は解氷したため、それ以降は変化が小さい。

全10地点においてKP11.1と同様の方法を用いて面積を推定したところ、どの地点も結氷・解氷過程における面積の変化は、画像の結氷部分を目視で確認した様子と概ね一致していた。一方で、本解析で用いた面積算出方法は1ピクセルの面積を画像上で全て等しいと仮定したものであるため、定量的に結氷面積を推定するために、今後の解析手法の検討が必要である。

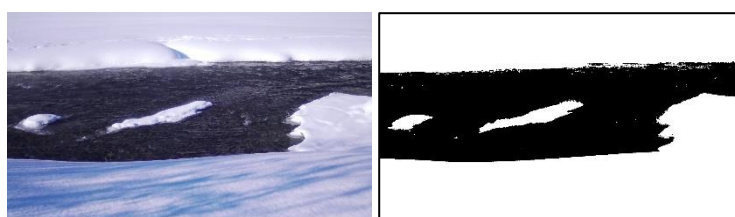


図-2 開水面と結氷面の2値化処理前後の比較

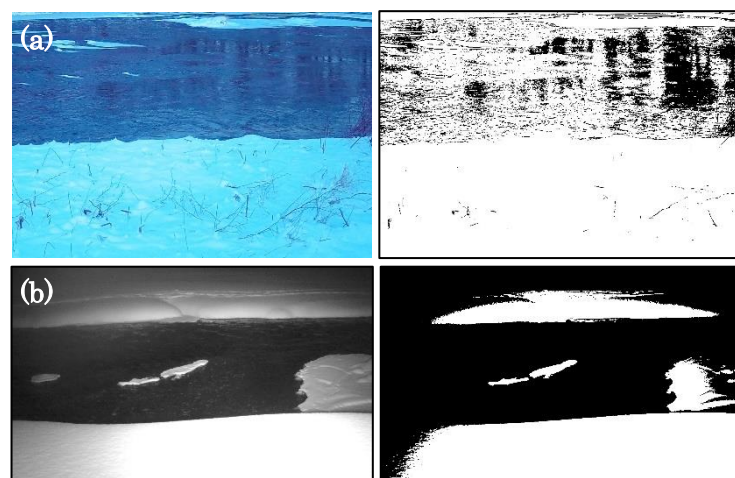


図-3 開水面の抽出精度が低い例

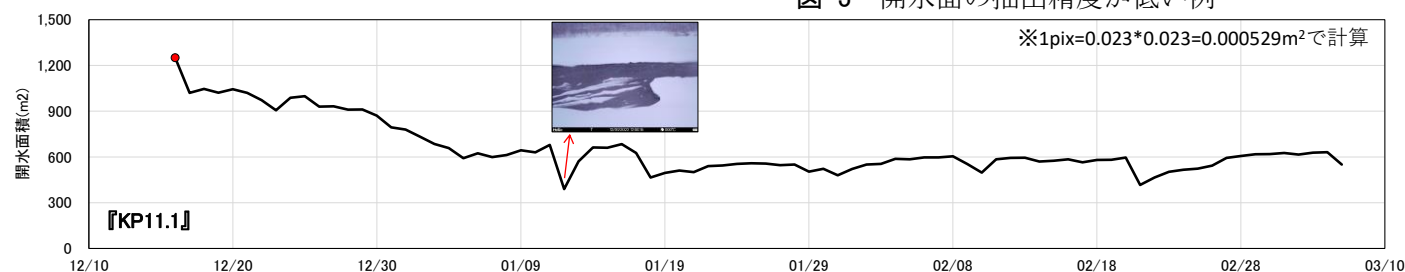


図-4 日代表画像による開水面積の推定

5. まとめ 本研究では、冬期の結氷・解氷状況を現地観測し、画像解析によって監視する手法について検討した。今後は深層学習等も活用し、画像解析による監視技術の高度化に向け、検討を進めていく予定である。

参考文献 1) 横山ら, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, I_1039-I_1044, 2018. 2) 吉川ら, 河川技術論文集, 第17巻, pp.353-pp.358, 2011