

トレイルカメラを用いた晶氷流下の検知と アラート配信システムの開発

福田水文センター
SOHO
大阪大学
北見工業大学

甲斐達也
横尾啓介
中谷祐介
吉川泰弘

- 冬期の寒冷地河川取水施設では、取水口から流下する晶氷が多量に流れ込むと、導水路が閉塞してしまい、**取水停止**に追い込まれる危険性が高まる。そこで、カメラによる**目視監視**を行っているが、**作業員の負担**が大きくなっている。
- 目視監視用としてカメラを新設する場合、既存の監視カメラシステムでは**費用が高**んでしまう。

目視監視は負担が大きい



冬期間の取水施設は、**24時間体制で監視**体制を強化してアイスジャムとたたかっております！！

アイスジャムによる取水障害と対策例



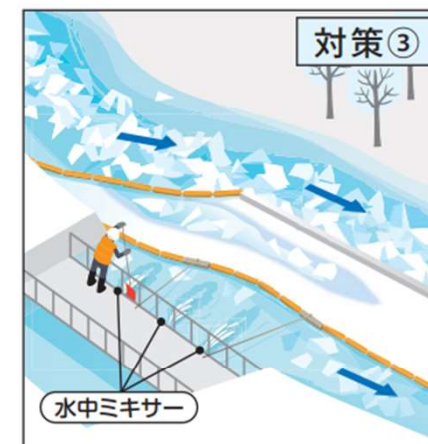
アイスジャムを引き起す晶氷が取水口を閉塞してしまい、取水障害となってしまう。



アイスブームというフェンスを設置し取水口への晶氷の進入を防ぐ。



取水口付近においてもフェンスを設置し取水口を晶氷から守る。

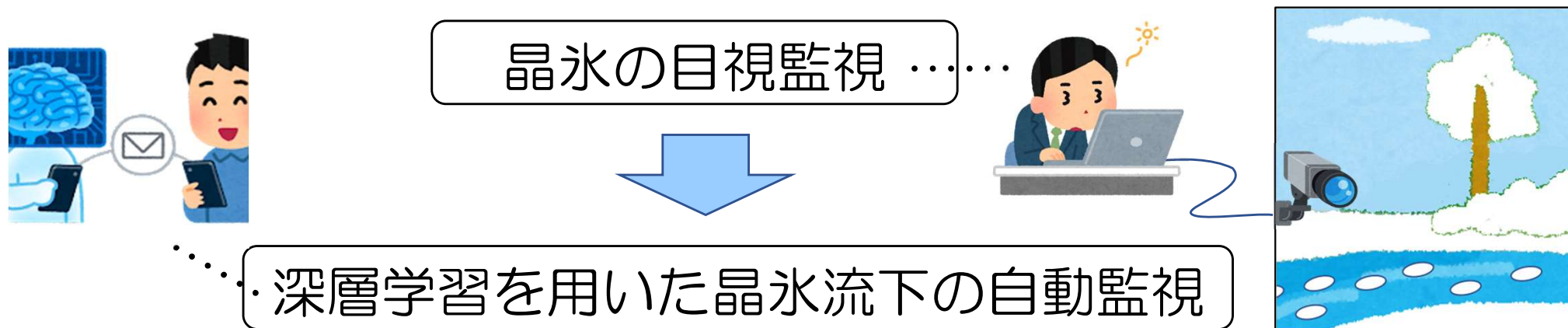


水圧により晶氷を押し返し晶氷を下流へ流しアイスジャムの発生を防ぐ。

☆アイスジャムとは…河川の流れの遅い箇所、晶氷が詰まり流れをせき止める現象をいいます。

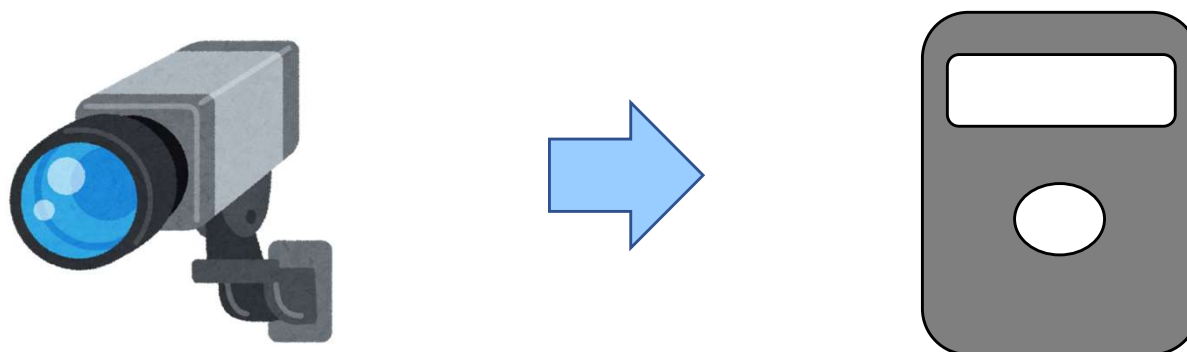
☆晶氷とは…氷の形成過程により、薄氷 (Skim Ice)、晶氷 (Frazil Ice)、錨氷 (アンカーアイス: Anchor Ice)、泥状晶氷 (Frazil slush)、蓮葉氷 (Ice pans)、氷盤 (Ice floes) と区別されますが、本パンフレットでは、これらを総称して晶氷と呼称します。

■ 人的労力が大きいカメラによる晶氷の目視監視の負担軽減



晶氷の検知とアラートメール配信システム

■ 監視カメラシステムの低コスト化



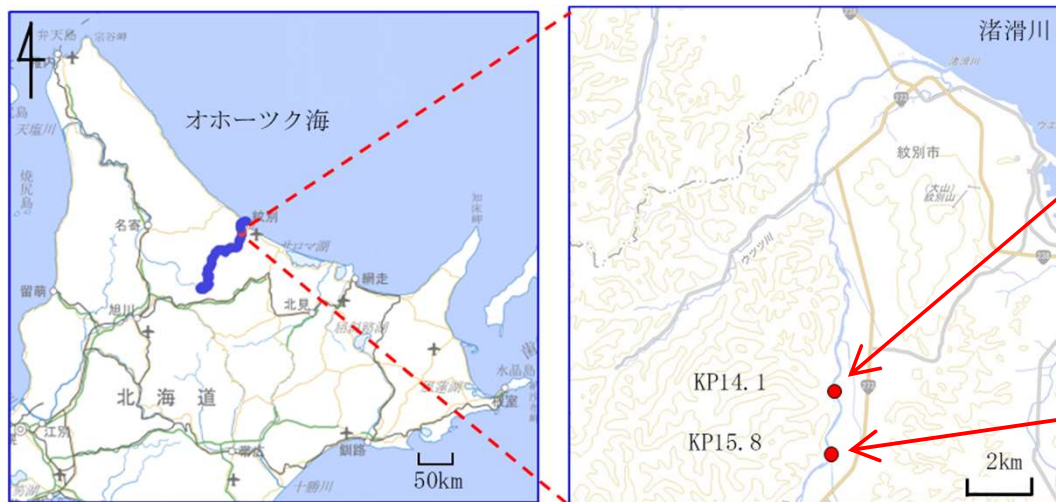
既存監視カメラシステム

廉価なカメラシステム

現地観測の概要

4

撮影地点：



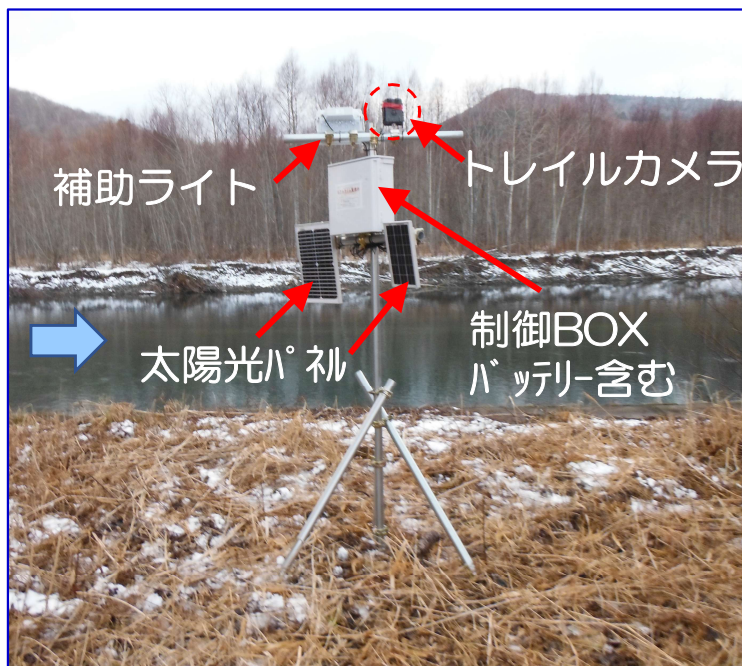
渚滑川KP14.1

- 川幅約40m
- 水位計測
- カメラ撮影

渚滑川KP15.8

- 気温計測

撮影機材：

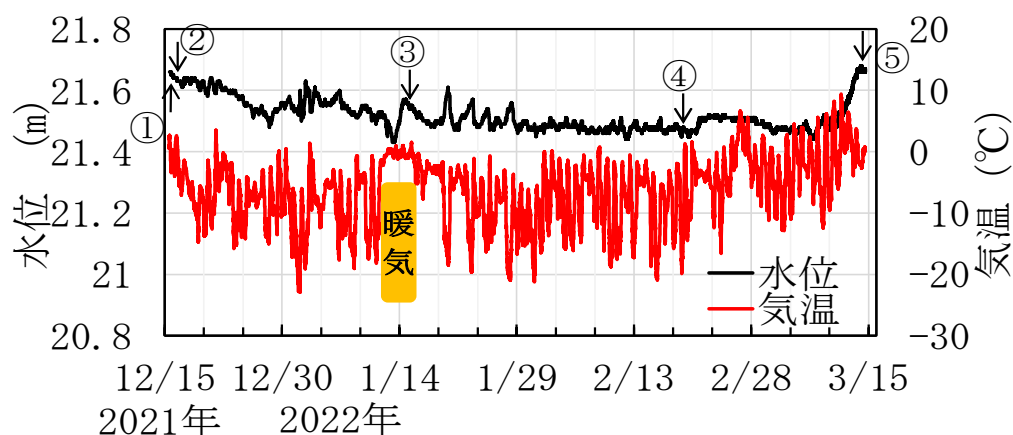


『撮影条件』

- 30分インターバル
- 静止画2,048×1,536
- 日中color (3チャネル)
- 夜間gray (1チャネル)
- 近赤外線ライト (940nm)

撮影期間：2021年12月16日～2022年3月14日

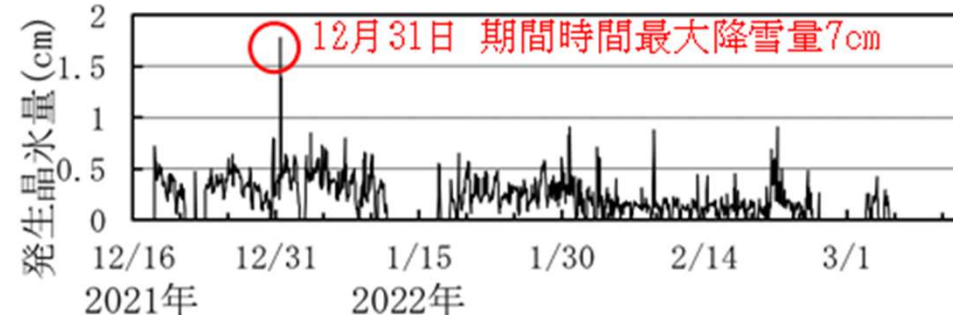
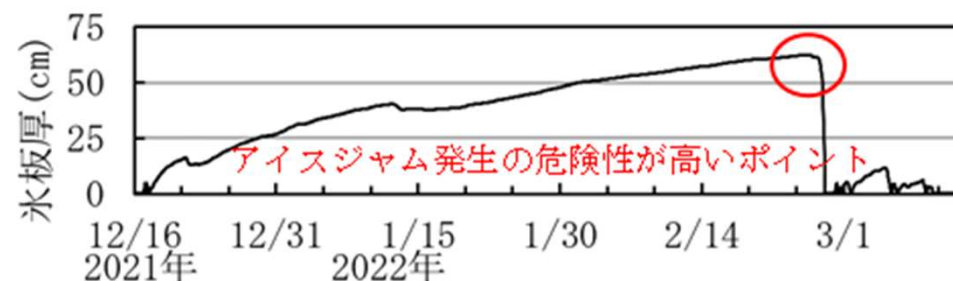
『現地計測結果の整理』



- 結氷開始は観測開始2日後の12月18日
- 2月17日～3月7日は全面結氷
- 観測終了時点で川幅の約半分がまだ結氷状態
- 晶氷流下は結氷が開始した12月18日から暖気が訪れる直前の1月12日まで毎日確認
- 暖気が過ぎ去った1月17日以降は、晶氷の有無が交互に発生
- 2月1日以降は晶氷の発生はなし

『予測プログラムの結果整理』

項目	取得方法	項目	取得方法
気温	現地計測	河床勾配	過去文献 ⁶⁾
風速	気象庁 紋別気象台	川幅	地形図より
日照時間		水位	現地計測
降雪深	水位計設置点河床高		



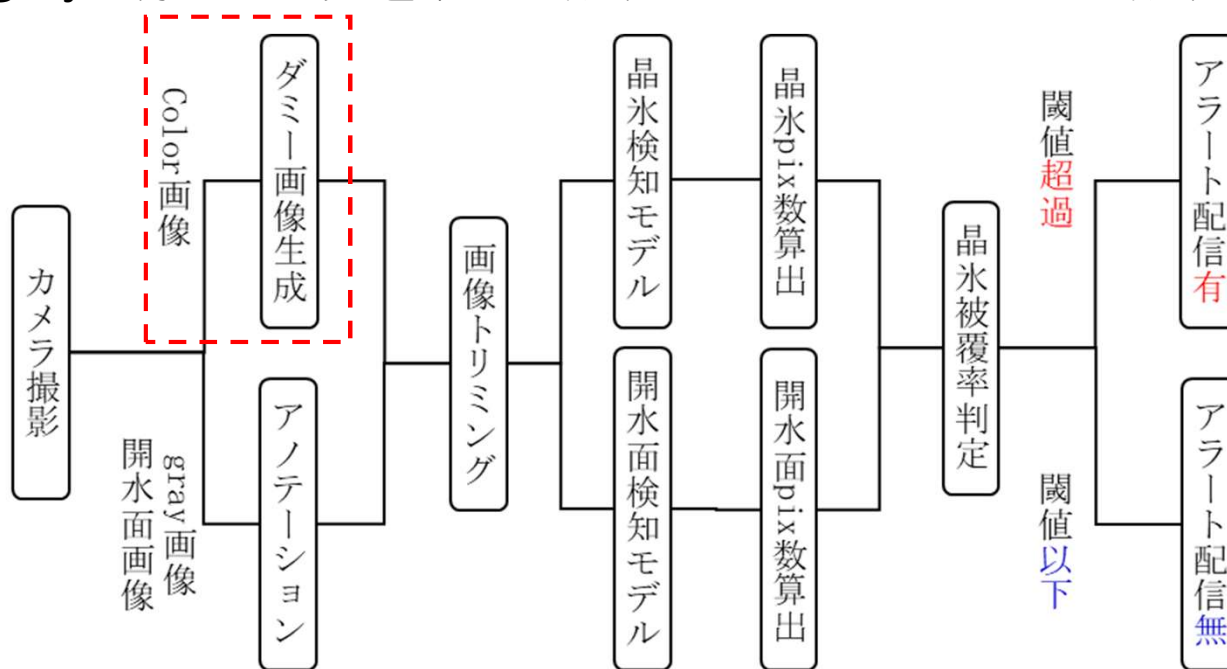
- アイスジャム発生の危険性が最も高かったのは2月26日（アイスジャムの発生はなし）
- 降雪量が多い12月31日は晶氷が増える傾向
- 暖気期間中は晶氷が発生しない計算結果
- 氷板の流下は「アイスジャム発生予測プログラム」では検知できない

『システムの概要』

- 開水面の範囲と流下する晶氷量は時々刻々と変化するため、「**晶氷検知モデル**」と「**開水面検知モデル**」の2つのモデルをシステムへ組み込み、それぞれのモデルから**晶氷pixel数**（流下している晶氷）と**開水面pixel数**（開水面＋流下している晶氷）を求める手法を採用
- 晶氷pixel数と開水面pixel数から求めた晶氷被覆率が閾値を上回った場合にアラートを配信するシステム

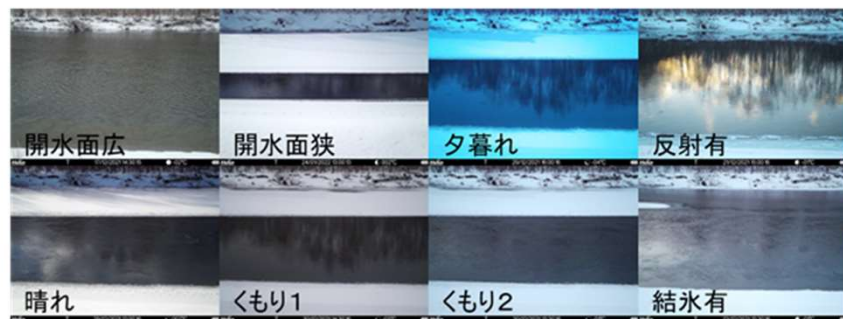
『教師データ作成手順』

- 開水面検知モデル
日中のcolor画像：ダミー画像を用いた作成方法
夜間のgray画像：通常の手作業によるアノテーション作業
- 晶氷検知モデル
color画像， gray画像ともに，通常の手作業によるアノテーション作業



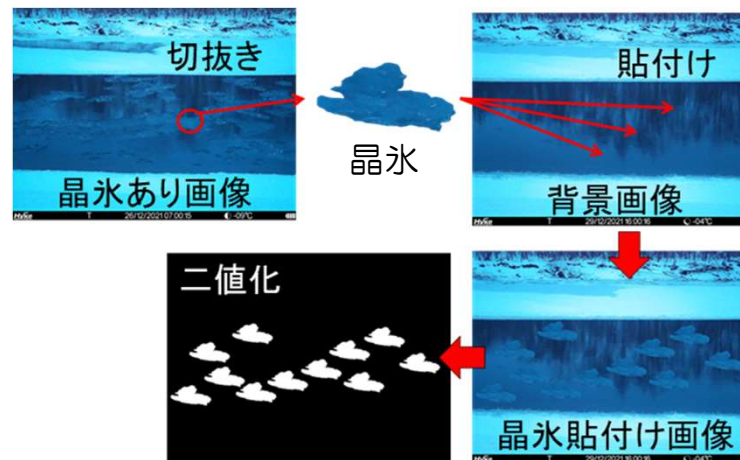
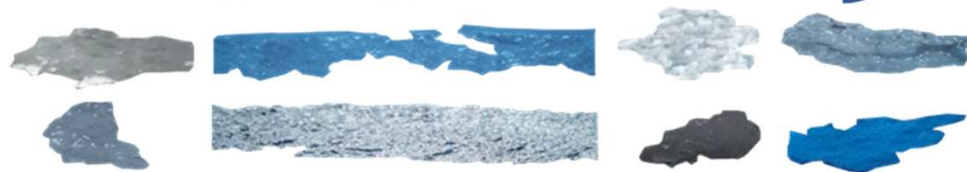
ダミー画像の生成～深層学習までの流れ

背景の一例



同系統で作成

切抜いた晶氷の一例



①ダミー画像生成用の素材を揃える

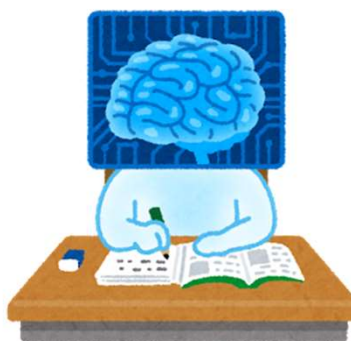
②ラベリング画像と二値化画像作成

晶氷検知モデル

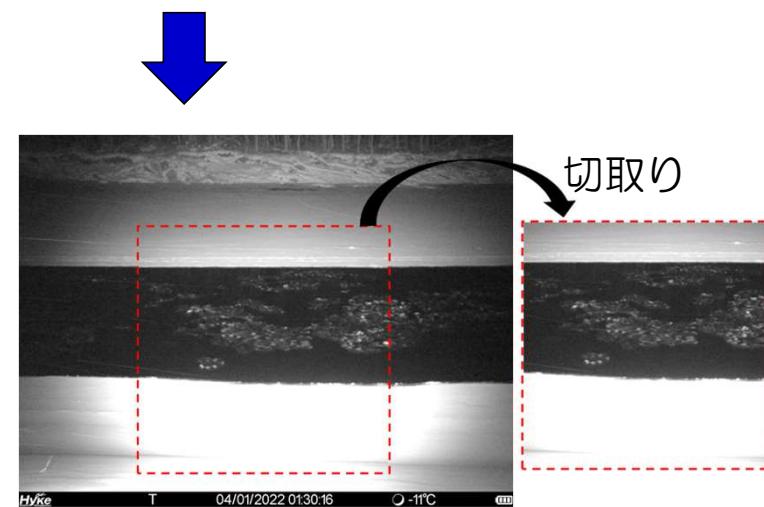
正解画像454枚
水増し画像1,362枚
計1,816枚

開水面検知モデル

正解画像166枚
水増し画像498枚
計664枚



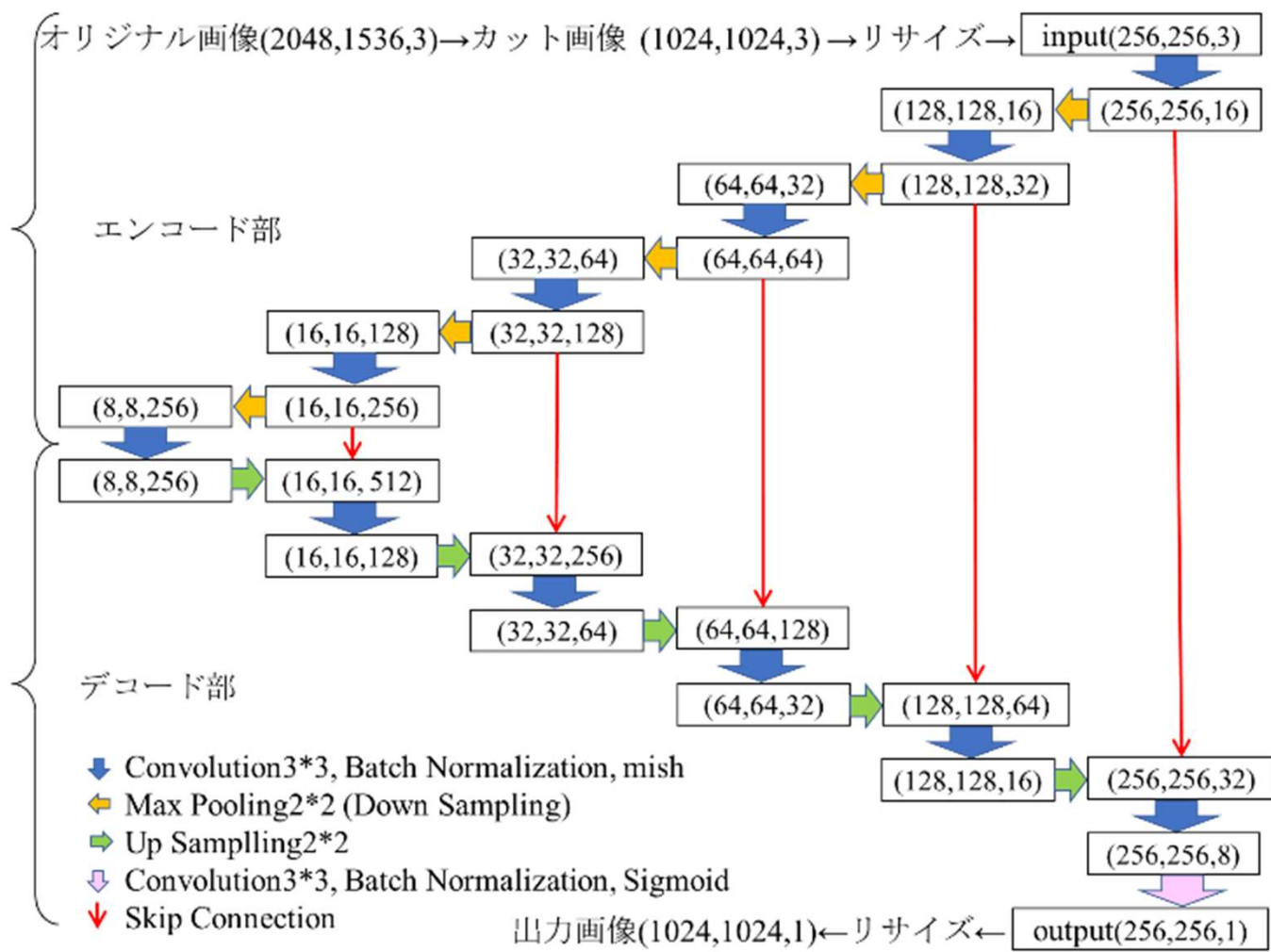
④深層学習



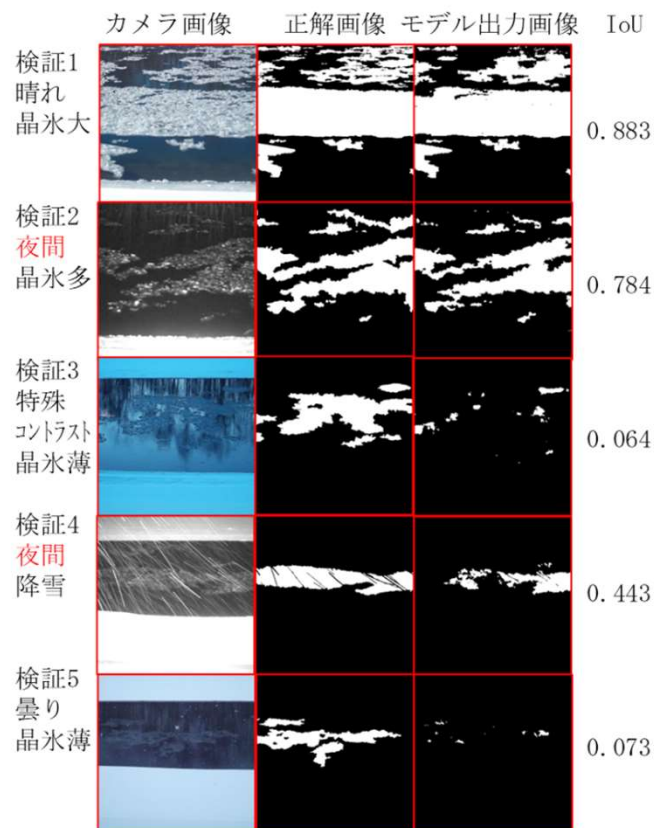
③画像のトリミング

深層学習モデル

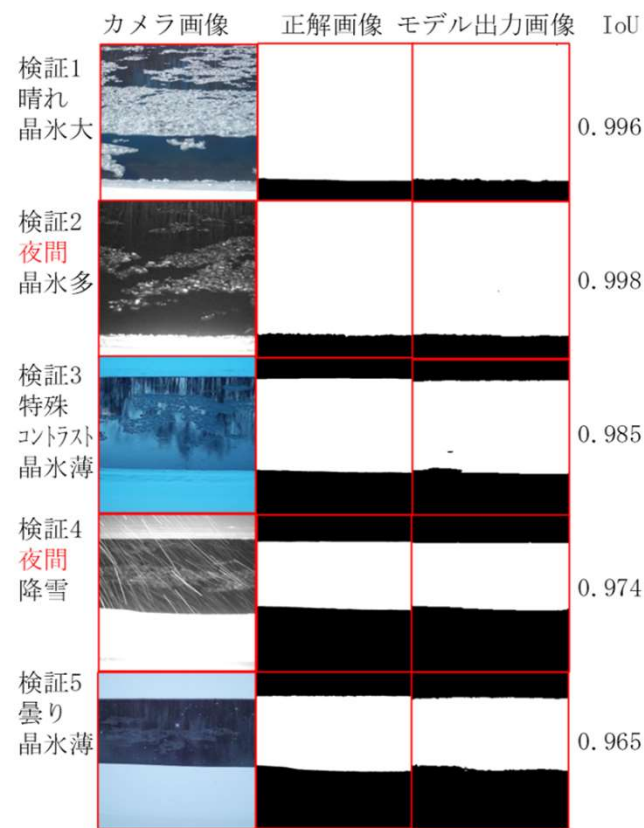
モデル・・・TensorFlow+U-Net(Semantic Segmentation)の一種
入力画像・・・カット画像1,024×1,024⇒256×256にリサイズしモデルに入力
batch size=4, epoch=200



『晶氷検知モデル…mIoU=0.655』

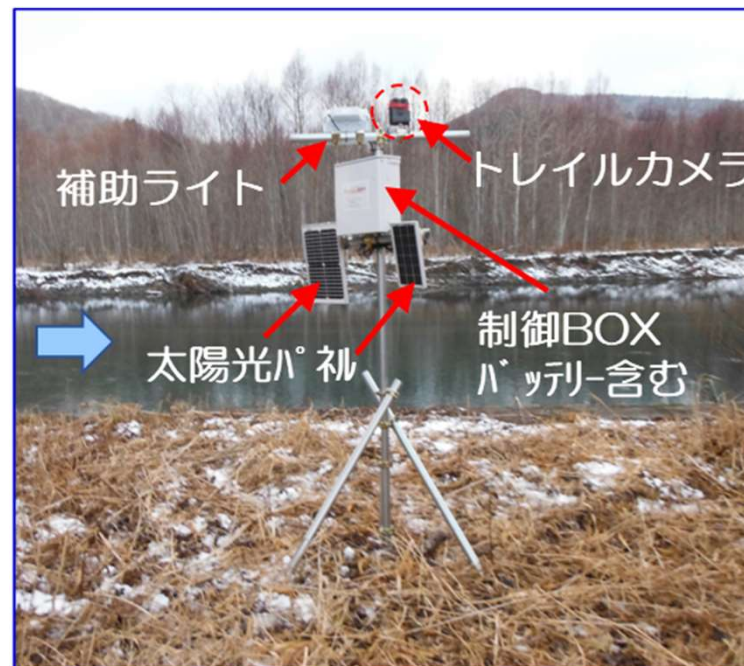
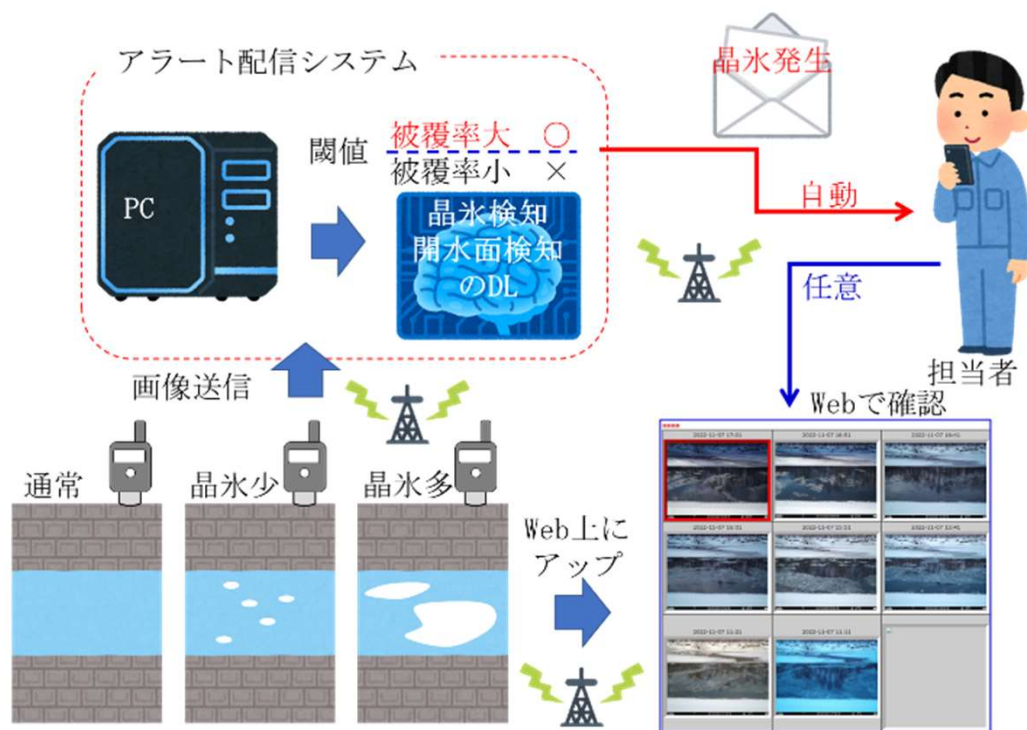


『開水面検知モデル…mIoU=0.980』



- colorとgray共に晶氷の大小に関わらず厚い晶氷は精度良く検知
- 検証3画像の朝夕極短時間の特殊なコントラストや検証4画像の激しい降雪、及び検証5画像の薄い晶氷では晶氷検知精度が低下

- どのような撮影条件下でも開水面を精度よく検知



『アラート配信』

- ①トレイルカメラで撮影,サーバへ画像配信
- ②晶氷検知,開水面検知のDL
- ③晶氷被覆率が閾値超えた場合,アラートメール配信

『Web確認』

任意のタイミングでWebを介して晶氷の流下状況を確認できるシステムを構築

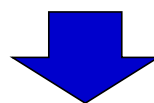
『観測機材費の低コスト化』

- 通信型トレイルカメラ：8万円
 - 赤外線投光器：3万円
 - 赤外線投光器制御装置：6万円
 - 通信料その他部材費：3万円
- 合計20万（税抜）

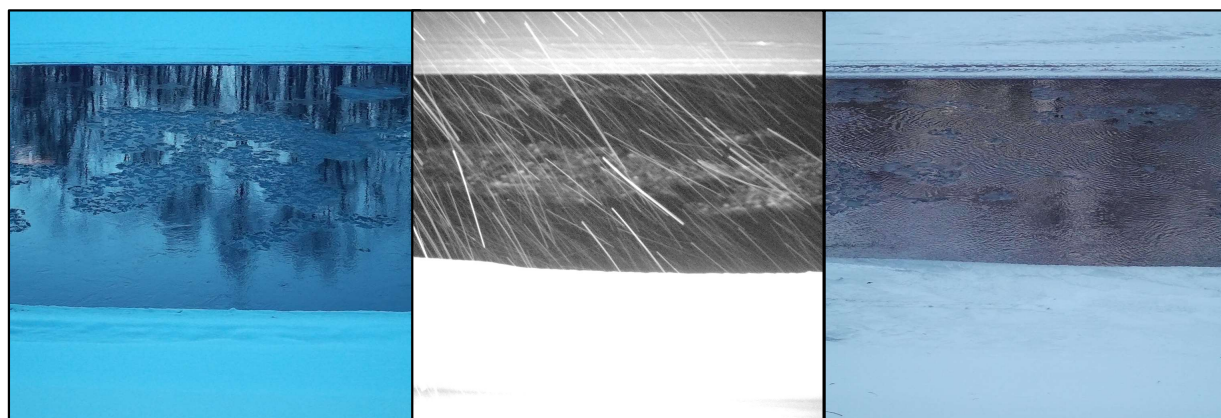
- 更に、設置が容易で設置費も低コスト

『晶氷検知モデルの精度向上』

- 本モデルでは、color画像とgray画像の両方に対して晶氷のサイズに関わらず、厚い晶氷を精度良く検知することができた。
- 一方、朝夕の極短時間に見られる特殊なコントラストや、激しい降雪、薄い晶氷などの状況下では、晶氷の検出精度が低下することが確認された。



- 教師データを増やす以外で、晶氷の検出精度向上に必要な情報や検討事項が存在すると思われる場合、またはその他の課題にお気づきの点がありましたら、ご指摘をお願い致します。



特殊なコントラスト

激しい雪

薄い晶氷

『システム』

- 晶氷検知モデルと開水面検知モデルから晶氷被覆率を算出し、閾値を上回った場合にアラートを配信するシステムを構築した。
- Webで任意のタイミングで晶氷流下状況を確認するシステムを構築した。

『深層学習モデルの精度』

- 廉価なトレイルカメラを採用しても、晶氷検知モデルのmIoUが0.655、開水面検知モデルのmIoUが0.980と良好な結果であった。
- 晶氷検知モデルは、薄い晶氷や朝夕極短時間の特殊なコントラスト、及び激しい降雪の状況下では検知精度が低い結果であった。

今後の課題

検知精度が低い画像うち、激しい降雪以外は取水障害につながる可能性が低いことから、今後は激しい降雪の検知精度の向上が重要と考える。