

監視カメラと動体検知 AI システムを用いた 河川巡視の省力化に向けた取組

○佐々木優貴子¹・藤澤 大志¹・富田 尚樹²

概要：

草木ダムにおけるダム放流を行う際の河川巡視は、過去の経緯から、利水放流バルブによる放流前にも河川利用者確認・安全確保を目的として実施し、更にゲートからの放流が必要になった際にあらかじめサイレン吹鳴等の動作確認も含めて実施している。

一方、当ダム流域は急な雷雨等の発生が多く、流出も早いことから、利水放流バルブによる放流に向けた短時間での必要人員の参集に苦慮している。また、近年は、事前放流による積極的な高水管理への期待が高まっており、河川巡視の頻度は、昼夜・天候を問わず、ますます増大することが予想される。

本稿では、ダム放流前に実施する河川巡視の合理化・省力化を図りつつ河川利用者の安全を確保するため、下流河川 2 か所に設置した監視カメラと AI による画像解析技術を活用した物体（ヒト又は車両等）の検知機能を組み合わせた「河川監視（安全確認）システム」を構築・試行したので、その結果について報告するものである。

キーワード：河川巡視、AI、DX、物体検知

1. はじめに

草木ダムの利水は、群馬県の水力発電を経由して約 20km 下流の発電ダムに導水される。現在では水力発電から分岐された河川維持流量がダム直下に放流されているが、過去にはダム直下から合流河川までの約 10km の間が無水・減水区間となっていた。このため、河川利用者の安全に配慮し、利水放流バルブによる放流前にも河川巡視（以下「サービス巡視」という。）を実施してきており、現在も継続している。

一方、当ダム流域は急な雷雨等の発生が多く、かつ流出も早いことから、利水放流バルブによる放流に向けた短時間での必要人員の参集が課題となっており、今後この課題は、激甚化する気象等により、より深刻になると想定される。

以上の背景から、サービス巡視の合理化・省力化を図る取組として、監視カメラと AI による画像解析技術を組み合わせた、河川監視（安全確認）システム（以下「本システム」という。）を構築して課題解決を行うこととした。

2. 河川巡視の省力化に向けた取組

2.1 河川監視（安全確認）システムの検討

2.1.1 システムの構築

システムの構築に当たり、当初は AI 搭載型カメラの活用を検討していたが、汎用性及び将来の横展開の観点から監視カメラ（ネットワークカメラ）と物体検知 AI を組み合わせたシステムを構築することとした。

本システムの仕組みは、ネットワークカメラから配信される動画から一定時間毎に静止画像を取得し、取得した静止画像を AI が物体検知することでヒト又は車両の検知を行う。（図-1）

物体検知 AI には幾つか実用化されているモデルがあり、このうち、河川巡視に求められる迅速性を踏まえ、

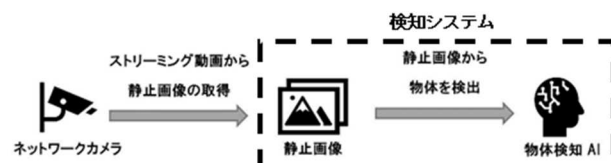


図-1 河川監視（安全確認）システム イメージ

1. 草木ダム管理所 管理グループ
2. 草木ダム管理所 所長代理

高速に処理できるモデルである SSD と YOLO の比較を行った (表-1)。両モデルには、評価項目上の大差はないが、今回はリアルタイム性 (検知速度) で優位な YOLO モデルを選定した。なお、YOLO モデルの最新バージョンは YOLOv8 であるが、商用利用が不可能なため、検知精度及び検知速度が同等である YOLOv7 を採用している。

表-1 物体検知モデル選定表

評価項目	モデル	SSD	YOLO
リアルタイム性		高速	SSD より高速 (約3倍)
検知精度		高精度	高精度
商用利用の可否		可	可

YOLO モデルを組み込んだ今回の検知システムは、オープンソースライブラリを活用した web システムで構築している。このため、一般的なブラウザ (Edge 等) で操作可能であるほか、ライセンス費用などのランニングコストが不要である。さらに、今後システムの改良が必要になった場合、システムを構築した者以外でもカスタマイズが可能であり、クラウド化の拡張性も確保できる。

2.1.2 検知精度の確認

本システムの試行に先立ち、構築した検知システムによる物体 (ヒト、車両) の検知精度を確認するため、既設の監視カメラの静止画像を対象に、時刻、気象及び対象物までの距離を変化させた複数ケースで確認した。この結果を表-2 に示すとともに、確認の結果明らかとなったことを以下に列記する。

- ①昼間・夜間ともに、ヒト・車両の検知が可能であった。
- ②夜間になると検知距離が短縮されるほか、誤検知 (自然物等をヒトと認識) もあった。
- ③河川内の小さな人影の検知精度は低かった。

表-2 検知精度の確認結果

時間帯	対象物までの距離	天候	場所	検知結果 (検知物体)
昼	30m	雨	河川内進入路・道路	○ (ヒト)
昼	90m	曇	河川内	○ (ヒト)
昼	90m	曇	河川内	× (ヒト)
昼	140m	雨	道路	○ (ヒト・車両)
夜	30m	曇	河川内進入路・道路	○ (ヒト)
夜	30m	曇	河川内進入路・道路	× (ヒト)
夜	80m	曇	道路	○ (車両)

2.2 河川監視 (安全確認) システムの試行

2.2.1 システムの試行

草木ダムにおける既存の巡視ポイント 2 か所にネットワークカメラを設置し、実際のサービス巡視 (職員による目視確認) と本システムとの整合性を確認するための試行を令和 5 年 4 月から行った。

この際、2.1.2 で課題となった③については、カメラのズーム機能を活用することで検知精度の向上を期待した。また、職員による目視確認を再現するため、カメラのプリセット機能として 10 秒毎に複数箇所を自動で巡回させ、フル HD サイズ (1,920×1,080) で静止画像を取得することとした。

試行の結果を表-3 に示す。サービス巡視を行った 5 回全てにおいて、本システムでサービス巡視と同等の成果 (河川利用者の有無の判定) を得ることができた。

表-3 試行の結果 (東橋)

	天候	本システム	サービス巡視	検知の成否
R5.5.8	晴	1人	1人	成
R5.6.15	曇	0人	0人	成
R5.6.22	雨	0人	0人	成
R5.8.15	曇	0人	0人	成
R5.8.19	曇	4人	5人	成

2.2.2 ヒトの目と本システムとの目合わせ

職員が実際に巡視を行う際の見え方と本システムの検知精度の差を確認し、補正・改善するための目合わせを行った。目合わせの方法としては、釣り客に似せた職員が川の中を移動しながらヒトの目と本システムによる見え方を比較した。目合わせの結果を表-4 に示す。

表-4 目合わせの結果

	カメラ設定	比較内容	本システムの検知状況	ヒトの目との比較
1 回目	広角	カメラ距離	約 140m 先まで検知できるが、検知精度は低い。	劣
		対象物の姿勢	歩行姿勢の方が検知精度が高く、直立姿勢では検知できない場合がある。	劣
		衣服の色	衣服と背景の色が近似している場合、検知できないことがある。	劣
		薄暮時	カメラの性能が高く、日中に比べ明るさ・検知精度の変化なし。	優
2 回目	プリセット (ズーム)	カメラ距離	約 260m 先まで検知でき、検知精度も高い。	同等
		対象物の姿勢	直立姿勢や後向きでも高精度で検知できる。	同等
		衣服の色	衣服と背景の色が近似している場合、精度は下がるが検知できる。	同等

1 回目の目合わせでは、ネットワークカメラの画角を巡視ポイント全体とし広角の1枚で撮影していたため、衣服と背景の不明瞭なコントラスト又はカメラ距離が影響し、本システムによる職員の検知がヒトの目に追いついていない状況であった。(写真-1)

この状況を改善するため、2 回目の目合わせでは、試行中のネットワークカメラのようにプリセット機能を用い、遠方から近辺までを複数の画角に切り分け、ズーム機能を活用してフル HD サイズで画像取得することとした。その結果、本システムによる職員の検知がヒトの目と同等程度に行えることを確認した。(写真-2)

なお、薄暮時における目合わせについては、ネットワークカメラの性能が高いことから、ヒトの目以上の検知を可能にしている。

2.2.3 誤検知の調整

本システムの試行を令和5年4月から開始したところ、6月までの2か月間で延べ約12万件のヒトの検知があった。このうち、河原の岩などを、その形状や模様からヒトとして誤検知する事象が発生しており、検知システムがヒトとして検知し、その確度が90%以上であると判定したものであっても、その約7%に誤検知がみられた。(写真-3)

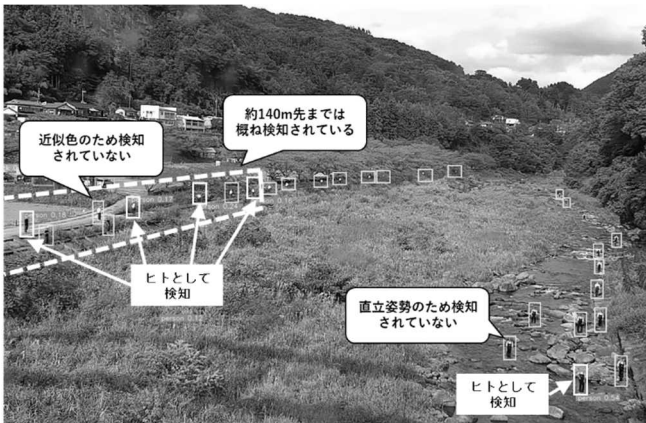


写真-1 広角で撮影した場合の検知結果

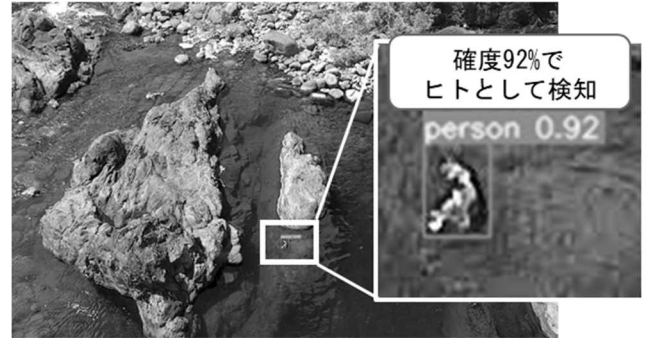


写真-3 岩をヒトと誤検知した事例

本システムを実運用することを考えた場合、ダム運用上、見逃しは危険側であるが、誤検知は安全側であるため今回の試行としては問題が無いものと整理した。ただし、より確度の高い検知とするため、現在の検知システムに Depth 機能※を取り入れ、ピクセル内に写った物体の寸法を簡易計測し、明らかにヒトの寸法ではないものをヒトと判断しないようにプログラムを改造する予定である。

※カメラから対象物までの距離と画像のピクセル面積により簡易な計測を行う機能。

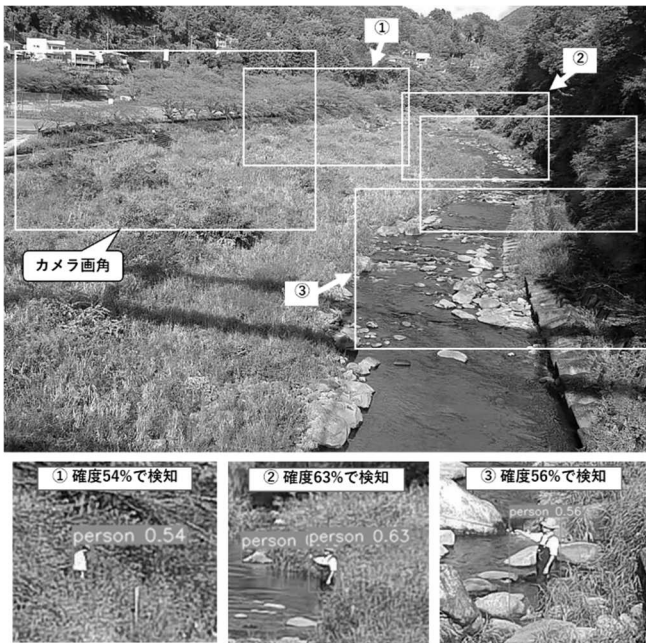


写真-2 ズーム機能を活用した場合の検知結果

3. 河川巡視に係るその他の検討（巡視ポイントの精査）

サービス巡視における巡視ポイント 12 か所のうち 4 か所については、過去 10 年間の巡視記録から河川利用者が確認されていないことが判明している。これは、巡視ポイントを決定した当時から、河川環境や利用実態が変化しているためと考えられる。このため、今回あらためて河川の利用実態調査を行い、巡視ポイントを精査するとともに、今後本システムを設置する候補地を検討することとした。

河川の利用実態調査は、河川利用者が最も多いと想定される7~9月の土日祝日に、荒天日を除いた12日間実施した。調査の結果を表-5に示す。

表-5 河川の利用実態調査結果

項目 No.	巡視ポイント	利用者 確認日数	最大 利用者数	主な 利用目的
1	萬年橋下流	1	1	釣り
2	上毛石材裏	1	1	釣り
3	神戸駅裏	2	3	散策(護岸)
4	松島橋上下流	0	—	—
5	下松島橋上下流	1	1	釣り
6	小夜戸河原	0	—	—
7	東橋上下流	9	30	川遊び、BBQ
8	東瀬橋上下流	3	30	釣り
9	農協前	0	—	—
10	両毛建材付近	1	1	石拾い
11	荻原局舎周辺	0	—	—
12	小黒川橋	5	11	釣り

河川利用者が確認されなかった4か所(No. 4, 6, 9, 11)については、河川への進入ルートの有無等も踏まえ、巡視ポイントから除外することを検討していく。一方、利用者数の多いポイント(No. 7, 8, 12)は、本システムの設置候補地として検討する。その他のポイントについては利用者が極めて少ないため、例えば利水放流バルブの放流による各ポイントの水位上昇が30分に30cm以内であることの確認や、スピーカを設置してサービス巡視の都度放送を行い対応するなどカメラの設置は不要であると整理していくこととしたい。

なお、河川利用者のうち川遊びやBBQを行う者は若者が多くを占めていたが、中には外国人の姿もあり、注意喚起を行う場合の留意点として挙げられた。

4. まとめと今後の予定

以上の検討・検証により、今回構築した「河川監視(安全確認)システム」が草木ダムで実施するサービス巡視を代替できることを確認した。

本システムの有効性を確認するため、今後も引き続き試行を行いデータ収集に努めるとともに、実装に向けた設計を行っていく。さらに、本システムの実運用に向けて、地元住民はもとより、自治体や漁業組合などにも説明を行っていく予定である。

また、今回河川の利用実態の調査を行ったところ状況に変化が確認されたことから、巡視ポイントや警報看板の設置位置について、ゼロベースで見直しを行っていく。さらに、外国人の河川利用者も確認されていることから、

警報看板にピクトグラムを導入するなど、表記内容についても検討していく。

5. おわりに

本システムの更なる活用として、ゲート放流前の巡視への適用も期待できる。ゲート放流前の巡視は、施設管理規程及び施設管理規程細則に基づいて実施しており、本システムに置き換えた場合、これらの規程で定められた事項を満たす必要がある。ゲート放流前の巡視を本システムに代替した場合の対照表を表-6に示す。

表-6 対照表

規程・細則	必要な措置	ゲート放流前の巡視	本システムによる代替	適否
〔規程〕 流水の状況に著しい変化を生ずると認める場合において、(中略)一般に周知するため必要な措置を執らなければならない。	河川利用者の確認	職員による目視確認(5分/1ヶ所)	システムによる検知(5分/数ヶ所)	適
	注意喚起	利用者に直接声かけ	スピーカ等による放送	適
〔細則〕 一般に周知するため必要な措置は、警報局のサイレン等による警報により行うものとする。	サイレン吹鳴の動作確認	警報局付近で音を聴く	放流警報設備の通信状況により確認	適
	動作不良時の対応	現地で機側操作又は警報車による放送	動作不良時のみ警報車で出動(最大30分の遅れ)	否

必要な措置のうち、河川利用者の確認、注意喚起及びサイレン吹鳴の動作確認については、本システムにより代替が可能である。サイレン吹鳴の動作不良が発生した場合、従来であれば現地で動作不良を確認した時点で警報局舎内での機側操作や警報車による放送で対応することができるが、本システムにより代替した場合は、動作不良が確認された時点で管理所から警報車で現地に出勤することとなり、草木ダムの場合、最大30分程度の遅れが発生し、放流操作に支障を来すおそれがある。このため、サイレン吹鳴の動作不良時の対応については、課題として今後検討していく必要がある。

本取組は、従来職員が相当の時間を掛けて行っていた河川巡視をAIで代替するものである。こうしたDXは、少子化により労働者数が減少する中であっても、現在の管理レベルを維持又は向上できるものである。本取組を確立し、そして全国に展開することで、組織的な負担軽減につながるものと期待している。