

CCTVを活用した異常検知評価システムの開発 —画像解析による河岸侵食の変状検知とアラート配信—

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地河川チーム ○大石 哲也
横山 洋
矢部 浩規

平成28年の水害では、数百mにわたる大規模な破堤拡幅の状況把握に時間を要した。堤防や河岸の侵食初期の状況把握の必要性が求められているが、新たな投資や職員への負担増は最小限とする必要があるため、既存CCTVを活用し、堤防や河岸の侵食初期の状況把握を可能とした技術開発が求められている。本研究では、画像解析による河岸侵食のリアルタイム変状検知とメールへのアラート配信システムの開発状況について報告する。

キーワード：自然災害、河岸侵食、CCTV、システム開発

1. はじめに

平成28年の水害では、北海道において短期間に各地で洪水被害が相次ぎ、国管理区間だけでも6か所の堤防破堤が発生した。この水害では、被害の防止・軽減に貢献する堤防や河岸の侵食初期の状況把握ができず、数百mにわたる大規模な破堤拡幅も状況把握に時間を要した（写真-1）。このような状況に鑑み、被害状況を早期に把握し、被害の防止や軽減につながる準備・対策を確実に行うことが求められている。しかしながら、北海道開発局における河川の管理延長は約2,000kmあることや、河川管理者の人員が削減傾向にあり、洪水時に防災、減災を行うだけの対応力が懸念されている。

また、持続的な体制整備を行うだけの新たな投資を抑えると同時に、災害時の対応が職員への過度な負担増とならないような技術も求められている¹⁾。そこで、既に施設網が整備されているCCTVを活用することで（写真-2）、最小限の設備投資により効果的な堤防や河岸侵食等の監視の実現を目指し、当所では従前から対策方法の検討を進めてきている²⁾。

本報では、画像解析による河岸侵食のリアルタイム変状検知とメールへのアラート配信システムの開発状況について報告する。

2. 方法

(1) 画像解析の変状検知とアラートシステム

図-1に本システムの概略図を示す。アラートシステムでは、CCTVで取得している画像に何らかの変状が現れた際に予め設定したメールアドレスにアラートメールが送信されるシステムとなっている。アラートメールを受け取るにあたり、まず、担当者が配信先メールアドレスを登録することで、システムで利用する設定ファイルを

Tetsuya Oishi, Hiroshi Yokoyama, Hiroki Yabe

簡単に生成できるようになっている。また、アラートの配信は、誤配信を極力防ぐため、一定の水位を超えた場合に解析がスタートし、画像解析によって変状が検知された際にメールが配信されるように工夫されている。この水位制御には、選定されたCCTVの最寄りの水位観測所のリアルタイム10分水位（国土交通省水文水質データベース）を利用している。デフォルトでは、CCTVの座標点から最寄りの水位観測所が自動的に取得されるが、任



写真-1 堤防決壊 (南富良野町：北海道開発局提供)

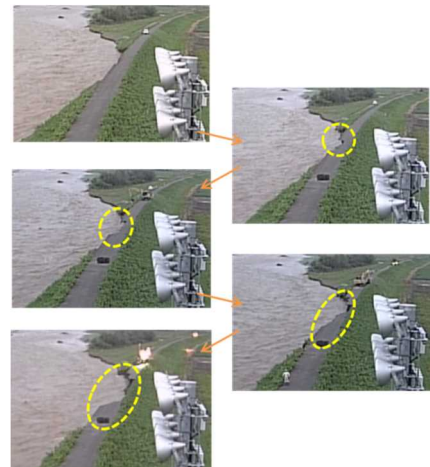


写真-2 CCTVカメラで記録された画像
(帯広開発建設部提供)

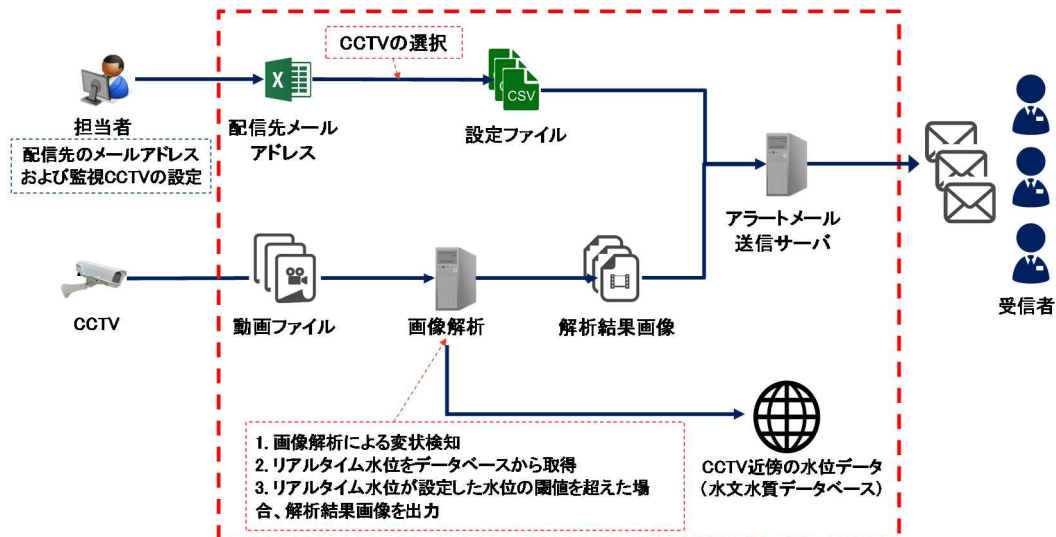


図-1 アラートシステムの概要

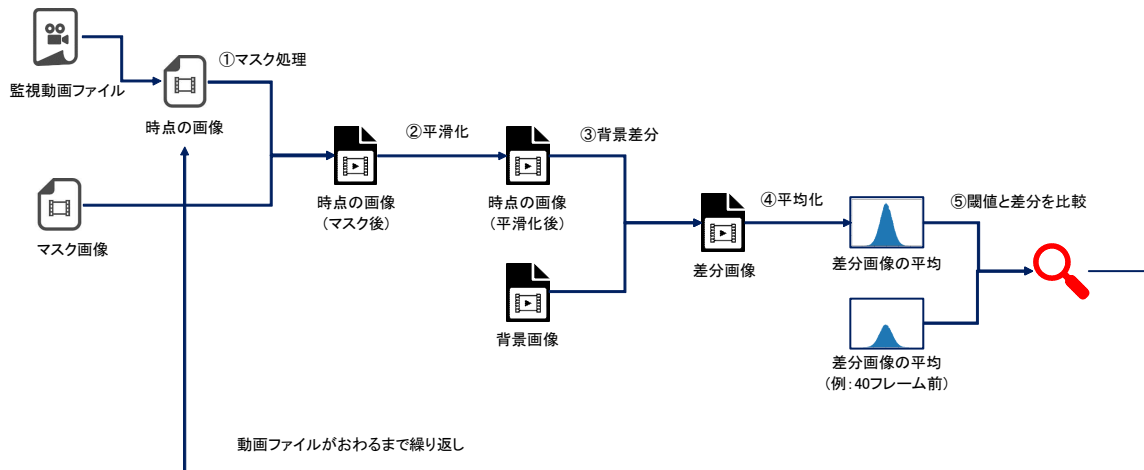


図-2 評価手順のイメージ

意で選択することも可能である。本システム開発には、Python(3.6.5)、サーバにはDocker(ver18.06.1-ce)を利用しており、いずれもオープンソースのため無料で使用可能である。

(2) 画像解析による変状検知

本報で試行した手法は、画像差分によって変状を検知するものである。図-2にこの検討手順を示す。

まず、取得された監視動画ファイル（1分間隔で生成）に対して、その時点の画像を抽出する。次に、誤値を防ぐため評価対象以外の領域を隠す（マスク処理）。さらに、細かいノイズのような変状の検知を抑制するため、画像をぼかす（画像の平滑化）。そして、1フレーム前までの平滑化画像を利用して作成した背景画像と比較し差分画像を作成する。この差分画像の平均値を計算する。同様の作業を40フレーム前（1.6秒前）にも行い、2つの画像の差分を比較することで、それぞれの変化の差分から変状を判断するシステムとなっている。以下にこれらの処理方法の詳細について記す。

1) マスク処理

人や車両などが通行する領域など、変状検知の対象外としたい領域をマスクで隠し、不必要な変状の検知を防止した。マスク処理のイメージを図-3に示す。ここでは、マスク画像は手作業で作成した。

2) 画像の平滑化

流水中の波の形状は時々刻々と変化する。この変化を変状と検知しないようにするため、画像を平滑化する（ぼやかす）処理を行う必要がある。ここでは、平滑化処理として、Gaussian Blurを利用した。画像の平滑化を行った場合と行っていない画像について、以下3)の差分画像の生成で示す処理により生成した画像を図-4に示す。上の写真が画像の平滑化の処理を行わなかった場合（ぼかし無）と行った場合（ぼかし有）との比較であり、下の写真は差分画像である。ここでの評価では、平滑化した画像（ぼかし有）を用いることとした。

3) 差分画像の生成

1),2)で示した前処理を経て得られた画像を利用して、差分画像を生成した。本件では差分画像の生成には、

OpenCV (<https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/>) に実装された BackgroundSubtractorMOG2 (以下 MOG) を利用した。MOG は、照明の変化などといった動的なシーンに対する適応力が優れていることから、太陽光の変化を伴う監視カメラ動画に適していると考え採用した。背景画像作成の概要を図-5 に、差分画像作成の概要を図-6 に示す。

4) 平均値の計算方法

3)により得られた差分画像(白黒)の平均値を計算する。平均値は、白い領域(変化すると認識された領域)が多いほど大きくなる。平均値の算出は、例えば、3×3の画像で、白=1、黒=0とし、黒が3箇所の場合、平均値が $(1+1+1) / (3 \times 3) = 0.333$ となる。

3. 結果と考察

(1) 画像解析による変状検知

図-7に解析結果の例を示す。同図では、平均値が一時的に大きくなったタイミングが、変状が検知された箇所となっている。変状が検知されるとすぐに、検知内容が登録メールへ配信される。内部での処理例のうち、メール配信の実行状況を図-8に示す。3行目にある cameraID は処理する画像フォルダ名を示している。この画像フォルダでは、変状が確認されなかったため、メールの配信処理は行われていない。次の cameraID では、変状が生じたため、リアルタイム水位の確認が行われている。リアルタイム水位は、1.57m となっており設定した水位(この場合 0.6m)を超えていた。そこで、アラートメールに送信する画像の抽出処理を開始し、設定したメールアドレスへメールが配信されている。

メールの受信は、図-9に見られるように Html 形式のメールソフトからスマートフォンにて確認が可能である。このファイルの内容には、CCTV のカメラ名や Google maps により場所の特定が可能で、このほか水位情報などが記載されている。変状がある場合は評価手法の箇所に○で示される。また、画像ファイルも添付され、現状を視認できる。画像データを視認できることで、動画にアクセスすべき変状かの判断も可能である。

(2) 現場での活用と今後の課題

画像の変状を分析する評価手法は、ここで示した方法の他に、CCTVの動体検出^{3) 4)}、動的背景差分^{5) 6) 7)}、ディープラーニング^{8) 9)}などの方法がある。ここで試行した評価手法は1つのみであるが、本アラートシステムは複数の評価方法の配信をメール等でお知らせすることが可能で、その場の河川の状況に併せてシステムを運用することができる。図-9で示したように、その河川で重要な3つの手法の結果を配信できるように工夫されている。実際に、現況の評価システムは、いずれも100%の精度を期待できるものではない。あくまでも危険が生じたと判断



図-3 マスク処理のイメージ

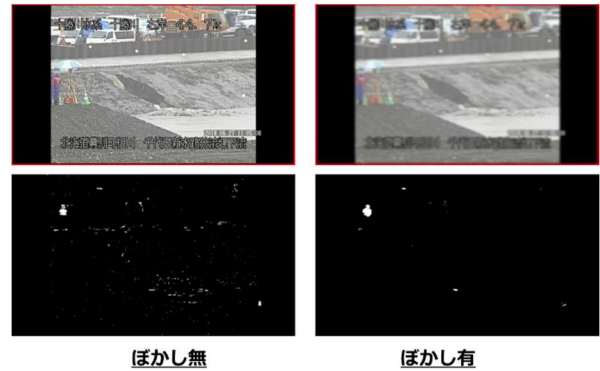


図-4 画像の平滑化処理の有無による差分画像の違い



図-5 背景画像の作成



図-6 差分画像生成の概要

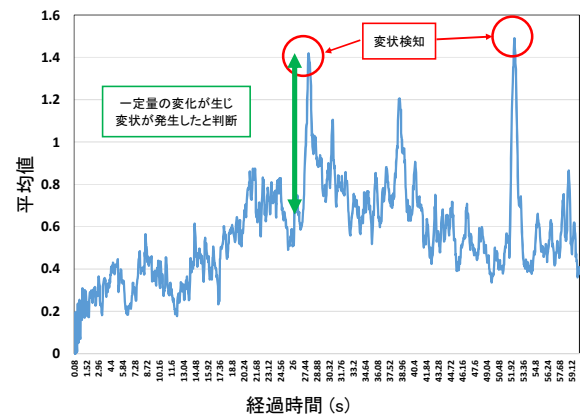


図-7 差分画像の平均の時系列変化 (1分間)

された場合にアラートが配信される。変状が生じているかの最終判断は目視による。本システムの利点は、より危険な箇所を瞬時にアラートで配信され、迅速に危ない

箇所を確認できる点にある。人員が少なくなりつつある昨今、IT技術を活用することで、このような省力化が図れることは、迅速な判断や行動が求められる災害対応時において大きなメリットになる可能性が高い。

4. まとめ

本報では、画像解析による河岸侵食のリアルタイム変状検知とメールへのアラート配信システムの開発状況について報告した。小規模なシステムを用いることで、河川ごとの特有の状況に合わせて運用可能となる利点を示せた。評価手法については、画像解析による変状検知には様々な方法がある中で、特定の現象に対しては、有効な解析を採用できる可能性を示した。また、アラートシステムについては、画像の変状を検知した後に、瞬時にメール等で変状のあった箇所のカメラ情報の他、変状画像を送信することが可能となった。この情報をスマートフォンなどの機器で容易に取得でき、災害時の対応の迅速化を高める可能性を示した。

謝辞：本研究を遂行する上で北海道開発局帯広開発建設部より貴重な資料を提供していただいた。また、本チームの島田研究員には、CCTVデータの収集、整理について尽力いただいた。ここに感謝の意を記す。

参考文献

- 1) 岡部博一, 田所登: 新しい技術を用いた盛土監視手法の提案, 第60回 (平成28年度) 北海道開発技術研究発表会, <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat000000rtss.html>, 2017.
- 2) 岡部博一, 矢部浩規, 田所登: 画像解析の河川管理施設の広範囲自動監視への適用, 寒地土木研究所月報. Vol.770, pp. 1-7, 2017.
- 3) S.-H. Lee, S.-C. Kwon, J.-W. Shim, J.-E. Lim, J. Yoo: WisenetMD: Motion Detection Using Dynamic Background Region Analysis, eprint arXiv:1805.09277, Computer Vision and Pattern Recognition, 2018.
- 4) M. Heikkila, M. Pietikainen: A texture-based method for modeling the background and detecting moving objects, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.28, No.4, pp. 657- 662, 2006.
- 5) 篠崎眞太郎, 中島克人: 実時間物体追跡に適した動的背景推定法と背景差分法, 知能と情報, Vol. 24, No.2, pp. 637-647, 2012.
- 6) M. Mandal, P. Saxena, S. Vipparthi, S. Murala: CANDID: Robust Change Dynamics and Deterministic Update Policy for Dynamic Background Subtraction, eprint arXiv:1804.07008, Computer Vision and Pattern Recognition, 2018.

Tetsuya Oishi, Hiroshi Yokoyama, Hiroki Yabe

```

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 検索(S) 端末(T) ヘルプ(H)
[izutsu@client1 ~]$ python RequestMail.py
20190111171300430699: AnalysisMode one_time
20190111171300430837: cameraID:1810F07 画像フォルダ
20190111171300437224: checkWaterLevel reslut_code -> 0
20190111171300437252: cameraID:1810F07 画像フォルダ
20190111171300437252: URL -> http://
20190111171300438359: wataerLevel:now -> 1.57 リアルタイム水位の確認
20190111171300438359: wataerLevel:threshold -> 0.6 水位設定値との比較
20190111171300438359: Over 解析画像などの出力
20190111171300438734: checkWaterLevel reslut_code -> 1
20190111171300442352: processing < work/01_ceri/01_201812/03_git/data/1810F07/003.mp4> start
20190111171300442355: processing < work/01_ceri/01_201812/03_git/data/1810F07/003.mp4> end
20190111171300444110: HttpClientSendMail Start メールを送信
20190111171300444551: cameraID:1C2P011A
20190111171300445904: checkWaterLevel reslut_code -> 0

```

図-8 アラートメール配信処理の例



図-9 受信したアラートメール 表示例 (スマートフォン)

- 7) H. Yong, D. Meng, W. Zuo, L. Zhang: Robust Online Matrix Factorization for Dynamic Background Subtraction, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.40, No.7, pp. 1726-1740, 2018.
- 8) D. Zeng, M. Zhu, A. Kuijper: Combining Background Subtraction Algorithms with Convolutional Neural Network, eprint arXiv:1807.02080, Computer Vision and Pattern Recognition, 2018.
- 9) M. Sultana, A. Mahmood, S. Javed, S. Jung: Unsupervised Deep Context Prediction for Background Estimation and Foreground Segmentation, eprint arXiv:1805.07903, Machine Vision and Applications, 2018.