

天塩川砺波樋門における局所集中豪雨対策自動制御に伴う 画像解析フィールド試験

(公社)高知県土木施工管理技士会
西田鉄工株式会社

現場代理人

加藤 充 城[○]

Mitsuki Kato

技術主任

吉川 隆 宏

Takahiro Yoshikawa

技術主任

久木田 利 彦

Toshihiko Kukita

1. はじめに

工事概要

- (1) 工 事 名：砺波樋門遠隔操作制御設備更新工事
局所集中豪雨対策自動制御確認試験
- (2) 発 注 者：北海道開発局 旭川開発建設部
- (3) 工事場所：北海道名寄市砺波地区(砺波樋門)
- (4) 工 期：平成27年8月24日～
平成27年9月4日

近年、頻発する異常気象のなかに局所での集中的な豪雨（ゲリラ豪雨）の被害が各地で報告されている。深夜等操作員不在時での急激な河川水位の上昇に伴い、樋門操作の遅れによる田畑や市街地等の浸水被害が懸念される。

砺波樋門遠隔監視制御システムでは、汎用品のドームカメラを用いた、画像解析による水面検知を実現した。設定した水位（水面）を検知することでゲートの自動制御を行い、操作員不在時の操作遅れの補助を行うものである。

今回の試験は、本システムの有効性を確認するため、水路を堰き止めて（仮締切り）樋門付近の水位を上昇させ実際に近い条件（実水面）を再現し、画像解析からなる自動制御動作確認を目的としたフィールド実験である。

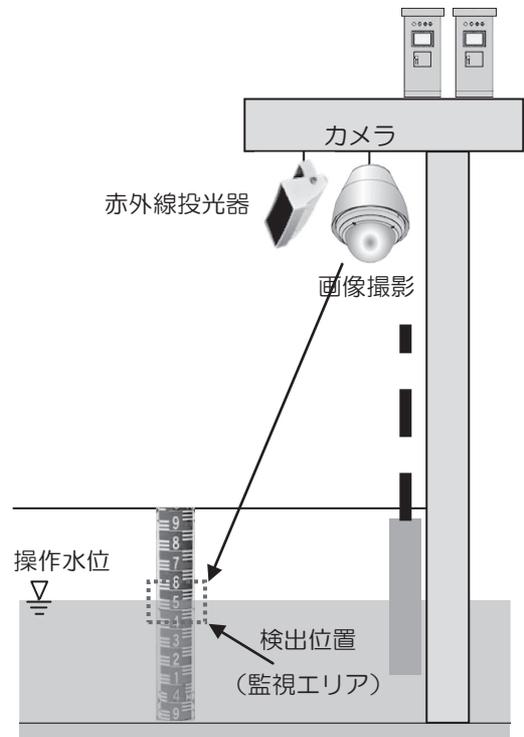


図-1 機器（カメラ等）概要図

2. 現場における問題点

2-1. 画像解析水位検知の概要

画像解析の概要は、ドームカメラで撮影された水路量水標部分の画像を画像処理ソフトにより、「ノイズ除去処理」及び「画像補正処理」を行い水面を検知する。一定周期に複数枚の画像処理を行い不要な要素の映り込みの除去、波浪等のバラツキを平均化、画像の形状補正等を行い、1枚の

画像にする。

水位（水面）の判定は、その処理された画像をもとに量水標の両端2か所に監視エリアを設けて、水面の有無に伴う画像の濃淡を検出することで判断するものである。

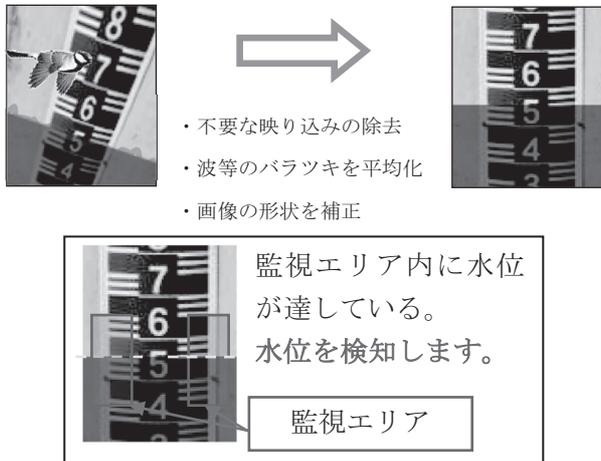


図-2 画像処理の概要図

2-2. 条件変化による画像解析の可否

自動制御を必要とする場面は、天候や昼夜を問わず求められる。樋門水路に仮締切りを設けることで任意の水位に実水面を形成し、画像解析水位検出に至るあらゆる条件を検証することでシステムの有効性を確認した。

1) 水位検知精度の確認…徐々に水面を上昇させ水位検知精度を確認した。検出に40mm程度のバラツキを認めたと監視エリアを300mm程度に設定しているので制御の支障には至らない。



図-3 悪天候（雨+波浪）の確認

2) 悪天候（雨+波浪）での確認…降雨（100mm/h程度）と波浪（50mm程度の波）を発生させて水位検知精度を確認した。水位検出に支障がなく、画像処理ソフトが有効に機能していることが確認できた。

3) 漂流物での確認…流速を変えて（0.02~0.1 m/S）漂流物を再現した。水位検出に支障がなく、画像処理ソフトが非連続の水面をうまく補正していることが確認できた。

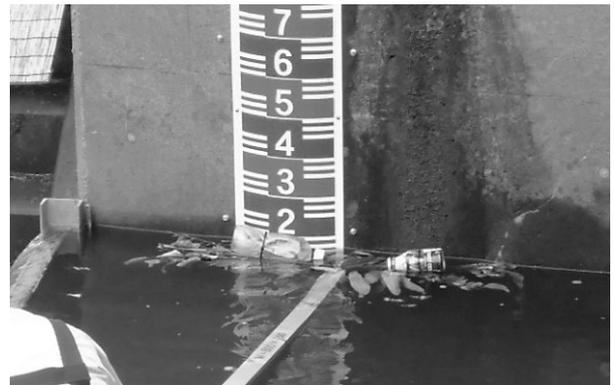


図-4 漂流物での確認

4) 障害物での確認…画像の一部を障害物で連続して遮る。監視エリアの一部にでも連続した障害物が存在すると検出不可となる。

5) 量水標の汚れ具合による確認…量水標に黒色斜線（透明フィルム）で汚れを再現した。斜線の太さや間隔で検知度合いを確認する。7%：検知、10%：検知、14%：検知不可。

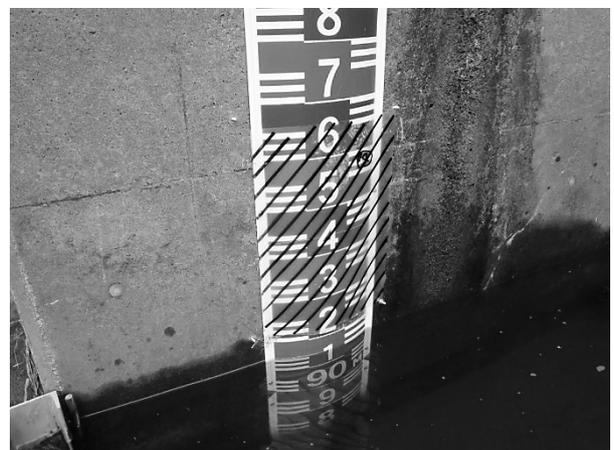


図-5 量水標の汚れを再現

6) カメラレンズの曇りでの確認…暴風時のカメラレンズへの飛沫を霧吹きで再現した。霧吹きの度合いにより一時検出不可となるが、カメラレンズに施した親水性処理の効果により1分程で検出を再開した。



図-6 ドームカメラ

7) 夜間（月明り10ルクス以下：明るさの目安参照）赤外線ライトでの確認…前項1）～6）を夜間確認した。1）～4）項は昼間と同様の成果を得たが、5）量水標の汚れ度合いによる確認では、7%で検出不可の結果であった。6）カメラレンズの曇りでは、検出再開に3分程を要した。また、赤外線ライトの発光面の一部を遮光して、検出度合いを確認した。50%の遮光を超えると検知が不安定となり70%では完全に検出不可となる。

8) LED投光器（街灯下100～200ルクス：明るさの目安参照）での確認…前項1）～6）を夜間確認し、昼間と同様の結果を得た。

9) 河川の濁度確認

水面の有無に伴う画像の濃淡を検出するうえで、河川水の濁度と検出度合いの関係を確認した。

検出に際しては濁度が高い（汚れている）ほど濃淡が顕著になるので検出に有利となる。

試験期間中を通しての樋門河川濁度（カオリン mg/L ）は、最高値：11 mg/L 最低値：2 mg/L を記録している。何れも昼夜共に水面の検出を確認した。

濁度の目安としては、プールの水で4 mg/L 以内、上水道では2 mg/L 以内等の基準が定められ

ており、現地で記録した最低値：2 mg/L は、上水道並みの濁度（透明度）であることになる。



図-7 河川濁度の測定状況

2-3. 画像解析に係る問題点

条件変化による実験結果から画像解析に至る脆弱項目を整理する。

1) 昼間

①障害物（樹木等）により量水標監視エリアの一部にでも連続して障害物が存在すると、監視エリアを認識特定（探しても見つからない状態）することが出来ない為、昼夜を問わず検出不可となる。

②量水標の汚れが10%程度を超えると検出不可となる。汚れにより監視エリアを認識特定することが出来ずに検出不可となる。

2) 夜間（月明り10ルクス以下：明るさの目安参照）赤外線ライト使用時

画像解析には、一定以上の照度（街灯下：100～200ルクス）が必要であることから照度の低下に伴い検出感度も低下する。

③量水標の汚れが7%でも検出不可となり、ほとんど許容しない結果である。照度低下が汚れの度合いを助長した結果である。

④赤外線ライトの遮光は照度の低下となる為、必然的に検出感度は低下する。

画像解析感度を左右する要素のまとめ

I. 障害物の除去

II. 量水標の汚れ防止

III. 明るさ（照度）の確保

表-1 明るさの目安

目 安	照度 (ルクス)
晴天時の屋外	50,000 以上
晴天時の体育館内	1,000 程度
曇りの体育館内	300~500 程度
街灯下	100~200 程度
月明り	10 以下

3. 工夫・改善点と適用結果

前項現場における問題点のまとめから改善点等を検討する。



図-8 機器配置図

3-1. 障害物の除去

障害物になりうる要素として樹木や漂流物の停滞が考えられる。設備保守管理により障害物の除去に留意すると共に定期的な除草等が効果的である。

3-2. 量水標の汚れ防止

設備保守管理により量水標の汚れに留意する。(定期的な清掃が望ましい) また、耐候性等に優れた量水標を選択することで変色や腐食の低減が期待できる。

3-3. 明るさの確保

1) 赤外線ライトについて

赤外線ライト使用の経緯(利点)は、市街地等に在する設備の場合、夜間照明による近隣住民への影響に配慮したものである。

赤外線は不可視光線であり、肉眼では明るさを感じられない。ドームカメラの夜間モードを利用することで赤外線ライトの照射を光源として撮影

している。

2) 明るさの確保について

夜間の明るさの確保については、投光器の使用がポピュラーであり、今回の試験においても付属のLED投光器の使用により昼間と同様の検知感度を確認している。赤外線ライトの使用に際しては、一般的な投光器(LED投光器等)に比べ照度が期待できない一面がある。しかし、画像解析監視エリア部分のみを照明対象とするので赤外線ライトの設置位置等を検討することで効果的に必要な照度を得られると考える。

以上の改善点等の検討により、現場条件の変化に対する画像解析検知の精度向上と安定が期待できる。

4. おわりに

昨今、画像解析は工場製作ライン等において、不良品(変形や欠品等)の検出に利用されるなど多彩な用途で利便性を発揮している。

今回の実験は、汎用ドームカメラに画像解析機能を付加し、水面検知を条件とした樋門自動制御の動作確認を目的としていましたが、同時に樋門設備などでの画像解析の可能性を図る有効な資料採取の機会となった。

現在、防災を目的に多くの樋門設備で遠方監視遠隔制御化が進められ、多数の樋門で汎用ドームカメラが利用されている。

そのドームカメラに画像解析機能を付加することで水面検知だけでなく扉体の状態監視、または防犯対策等々新たな付加価値が期待できる。

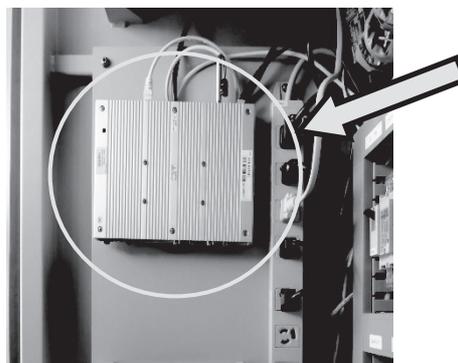


図-9 画像解析装置