

デジタルカメラ画像の画像解析による簡易推定 とその実装方法の検討

国立研究開発法人 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○岸 寛人
永長 哲也

救急排水ポンプ設備運転判断のための水位確認を遠隔から可能にする方法として、カメラで取得した画像を解析し水位を推定する簡易な手法を検討してきた。本稿では、本手法を実際の樋門の画像に適用した結果について紹介するとともに、実装方法について提案する。

キーワード：デジタルカメラ、画像解析、簡易水位推定、実装方法

1. はじめに

河川ポンプ施設の1つである救急排水ポンプ設備は可搬式のコラム形水中ポンプにより支川の水位上昇を軽減する施設であり、近年の集中豪雨等の増加で重要性が高まっている。

救急排水ポンプ設備運転判断のための水位確認は、通常、近隣の電気工務店等の技術者や樋門操作員による量水標の目視観測により行われている。しかし、今後特に地方部の人口減少が進むことにより技術者を確保できなくなる恐れがある。また近隣都市から技術者を呼ぶ場合、移動に時間を要し内水被害の危険性が高まる可能性がある。また水位確認作業は夜間や暴風雨などの状況下で行う場合もあり、安全性の向上や苦渋性の軽減に貢献できる手段が必要である。

量水標の目視観測によらない水位観測手法として、フロート式、圧力式、超音波式等の水位計りがあるが、専用機器の調達並びに設置工事の手間や費用負担が発生する。これに対し、既存のCCTV等で撮影される量水標の画像を利用し、画像解析により水位を計測する技術は、ソフトウェアで対応できるものであり様々な手法が開発されている^{2,3,4)}など。しかし、CCTVの設置位置からは量水標が見えにくく画像上では詳細に水位を確認できないことや、樋門操作員等がCCTV画像を自由に操作できないことなどが想定される。

筆者らは、一般的に入手可能なデジタルカメラを使用した簡易かつ安価な機器構成と利用の簡便さに主眼を置き、画像解析により水位を推定する手法を考案した⁵⁾。文献5)では実際の1つの樋門で取得された3日間の画像に対して解析を実行し水位推定できることを示したが、その後取得されたより長期間の画像に対してプログラムを実行したところ、プログラムが停止するパターンが発生

することがわかった。そのため文献6)において水位推定プログラムを改良し、4ヶ月間2928個の画像に対して水位推定を実行した結果、99%の画像を正常に解析でき、正常に解析できないパターンについては構造物の影や水滴、クモなどの写り込みが原因となっていることを特定した。また、樋門に設置されている既設の圧力式水位計のデータとの比較を行い、水位上昇時の変動にも概ね追従できていることを示した。

本稿では、実装に向けた水位推定プログラムの改良内容および実装方法案を示す。

2. 機器構成

実装に向けて検討した機器構成図を図-1に示す。図-1上段は商用電源を利用できる場合の機器構成図であり、現地にデジタルカメラ、解析用PC、Wi-Fiルータを設置し、遠隔地からユーザーがスマートフォンやPCを用いてインターネット経由で解析用PCに接続することで、ブラウザで画像および推定水位情報を確認できる。

解析用PCとユーザー端末の接続はVPN（Virtual Private Network）を利用している。VPNとはインターネット上に仮想の専用回線を設け、暗号化により安全に通信を行う技術であり、接続する各端末のIPアドレス等の情報を同一ネットワークに登録することで利用可能となる。この方法を用いることで、各ユーザーが複数の現場の画像および推定水位を確認することも可能である。

水位推定プログラムは任意の設定時間間隔で起動し、デジタルカメラの1フレームの画像を取得し水位推定を行った後、次の時間まで再び待機状態となる。一方、画像サーバープログラムは実行し続けるため、ユーザーはスマートフォン等を用いて随時画像を確認できる。

本技術のデジタルカメラ映像の取り込みから遠隔端末への情報提供まで行う一連のプログラムはPythonで作成しており、Windows PCにPythonおよび関連するライブラリをインストールした状態であれば動作することを確認している。使用するカメラはPCにUSB等を経由して画像入力できるものであれば機種は問わない。ただし、初期設定プログラムでは、人間が画像上の目盛を見てクリック操作を行うため、目盛が読める程度の解像度は必要である。

図-1下段は、商用電源が利用できない場合であり、ここではインターネット経由で画像を送信する機能を備えたカメラであるネットワークカメラを利用する例とした。現地にはネットワークカメラとバッテリー等の電源のみを設置し、消費電力を最小限にするために機能は画像送信のみとし、商用電源が利用できる職場などに解析PCを設置するという方法を想定している。ネットワークカメラを用いた場合の全体を通した動作検証は行っていないが、クラウド上に画像が保存される場合、画像を水位推定プログラムが格納されているフォルダにダウンロードする仕組みを用意すれば本技術を利用可能である。

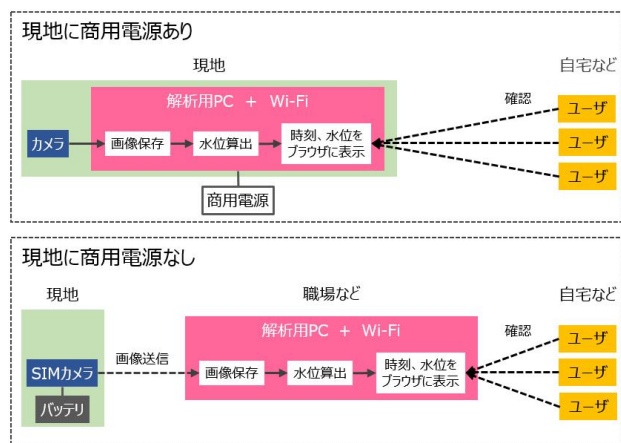


図-1 機器構成図

3. プログラム改良

(1) 画像への推定水位の表示

文献6)では、量水標付近の拡大画像に推定水位線のみを表示していたが実用に向けて、元画像上に推定水位線（赤線）および推定水位（赤数字）を表示した（図-2）。これにより撮影範囲全体の様子と水位の確認を同時にできるものとした。

(2) 画像へのAR目盛の表示

文献6)の長期間のデータへの適用性検証から、影の映

り込みにより水面を誤検出するパターンがあることがわかった。このような場合、ユーザーが画像を見て量水標の目盛りを読むことで水位を確認すれば、誤検出かどうかを判断できる。しかし、元画像が低解像度の場合、また夜間の画像のようにLED照明により量水標部分が白飛びしているような場合では、画像から量水標の目盛を目視で読み取ることが非常に困難または不可能である。そこで、設定プログラムで算出した回帰曲線から仮想の目盛（以下、「AR目盛」という。AR: Augmented Reality）を生成し、前述の推定水位線と合わせて表示できるようにした。

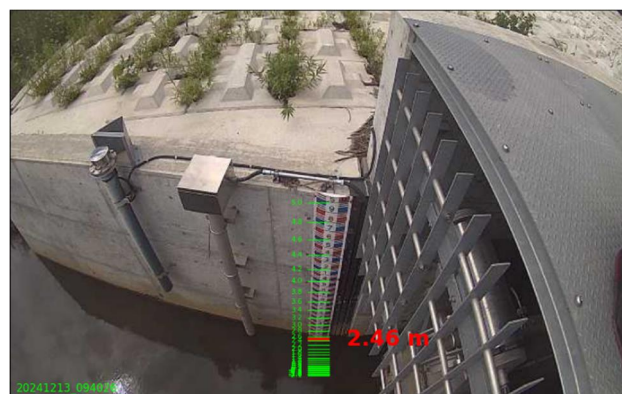


図-2 元画像への推定水位およびAR目盛の表示

図-3左は元画像が低解像度の場合の例であり、量水標の数値はほとんど読めず、このような画像から目視によりセンチメートル単位で水位を判定することは非常に困難である。これに対し、AR目盛を表示することで、直感的におよその水位を読み取ることが可能となる。また図-3右は夜間の画像の例であり、量水標部分全体が白く表示され、目視で目盛を認識し水位をセンチメートル単位で判定することは不可能である。これに対し、AR目盛を表示することで、量水標の目盛の有無に関係なく水位確認を行うことが可能となる。以上から、推定水位が極端な変動を示した場合、その原因が水面の誤検出か、急激な水位変動かを目視で判断でき、水面誤検出により推定水位が誤った値を示したとしても、ユーザーが目視でおよその水位を確認できる。

また応用として、量水標がない箇所に測量用スタッフを立て、本技術によりAR目盛を作成することにより、量水標がない箇所で水位推定を行うことも可能である。本技術は画像の明暗をもとに水面検出を行うため、構造物の影が出やすい環境では水面を誤検出する可能性が高まる。このような場合、構造物の影が少ない位置でAR目盛を利用することで、安定した水位推定を行うことができると考える。

図-2ではAR目盛の間隔は0.2mとしたが、これは解析に用いた元画像の解像度が低く、目盛間隔を細かくするとAR目盛が重なってしまうためである。しかし、実際

の夜間の量水標目盛の目視確認において照明がなくはつきりと読み取れない場合があることや、目視観察による読み取りの正確さを考えると、この程度の表示でも作業の省力化や安全性の向上に有効と考える。

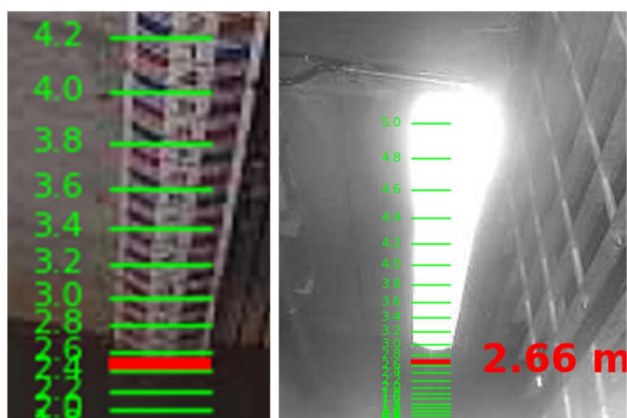


図-3 低解像度画像（左）および夜間画像（右）へのAR目盛の表示

(3) 遠隔端末への情報提供機能

画像および推定水位情報を遠隔端末へ提供する機能を作成した。文献6)ではAndroidスマートフォン端末で利用できるアプリケーションを試作したが、より汎用性が高い方法として、Webブラウザで表示する方法に変更した。スマートフォンでの表示例を図-4に示す。なお、図-4は本稿のために抜粋した過去の画像を使用して水位推定処理を実行したものであり、画像と時刻は一致しておらず、水位の推移も実際とは異なる変動となっている。図-4上段左は通常時の「最新の画像」ページである。画面の上方から順に、現在時刻、データ更新時刻、最新の水位、最新の画像、水位の推移グラフを表示している。データ更新間隔は任意の間隔に設定できる。最新の水位は、最新の画像から推定された水位を表示している。最新の画像は、元画像に前述のAR目盛を表示した画像となっており、左下に解析時刻（＝更新時刻）を表示している。水位の推移グラフは横軸に時間、縦軸に水位を表示しており、横軸表示期間は任意に設定可能で、右端のプロットが最新の水位を表す。画面最下部には「過去の画像一覧」ページへ遷移するボタンを設置している（図はスマートフォン画面のスクリーンショットのため、過去の画像ページへのボタンは写っていない）。図-4上段右は、水位がある値（以下、「アラート水位」という）以上となった場合の表示例であり、画面全体を赤く表示させている。アラート水位は任意に設定できる。図-4下段は、「過去の画像一覧」ページであり、最新から過去30件分のデータを表示させている。30件分としているのは、1時間に1回のデータ更新で1日以上を確認できること、および表示させる画像が多すぎるとページ遷移時に表示に時間がかかることが理由であるが、解析用PCの能力

次第では表示件数を増やすことも可能である。画面の最上部および最下部には「最新の画像」ページへのリンクボタンを設置している。「過去の画像一覧」ページに表示されていない画像を含む全ての画像および、推定水位のログは、解析用PC内に保存されている。

「最新の画像」ページおよび「過去の画像一覧」ページどちらも、画像等の表示サイズを変更したい場合は、通常のスマートフォン操作と同様に、親指と人差し指の間隔を広げる／狭めることで、画像を拡大／縮小できる。

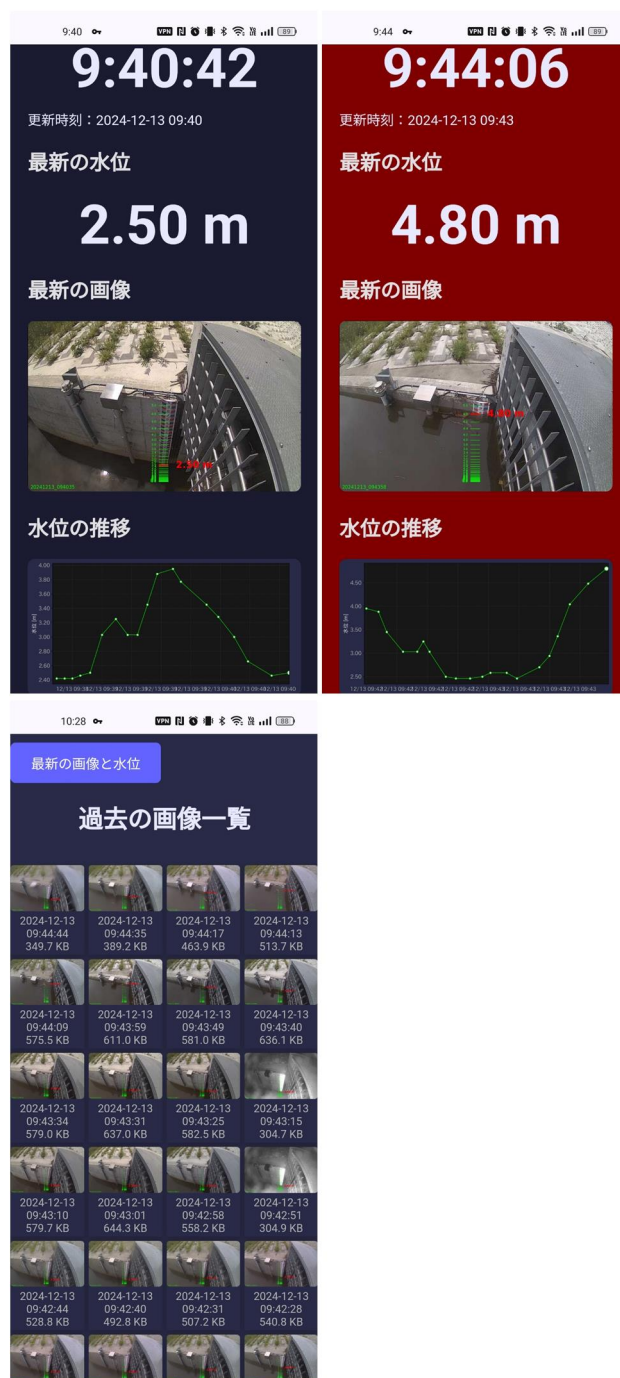


図-4 スマートフォンでの表示例

上段：「最新の画像」通常時（左）とアラート時（右）、
下段：「過去の画像一覧」

4. まとめ

デジタルカメラの画像から水位を推定し、インターネットを経由してユーザーに情報提供する手法を作成した。画像を用いた水位推定技術は新しいものではなく、装置として販売されているものもあるが、本技術は入手しやすい機材と解析プログラムの組み合わせで構成し、その実装方法案を示した。また、AR目盛は、水面誤検出時の補完としてだけでなく、量水標の目盛を読み取ることが困難な状況でもおよその水位を確認できることから、作業の省力化や安全性の向上に有効と考える。

参考文献

- 1) 一般財団法人河川情報センター：危機管理型水位計に関するポータルサイト，危機管理型水位計のカタログ
<http://www.river.or.jp/riverwaterlevels/>（2023年12月22日確認）
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局河川計画課河川情報企画室：CCTV カメラ等を活用した水位観測の手引き（試行版），pp. 11-42, 2018.
- 3) 前原秀明，長瀬百代，平謙二：渇水位時の量水版画像を利用した CCTV カメラ映像からの水位計測方法，写真測量とリモートセンシング VOL. 55, NO. 1, pp. 66-68, 2016.
- 4) 青山宣弘，高木陽市，辻川秋雄，斎藤健，米丘孝幸：水位計測方法および水位計測システム，特開 2001-133311, 2001.5.18.
- 5) 岸寛人，永長哲也：デジタルカメラ映像の画像解析による簡易水位推定手法，第 67 回（令和 5 年度）北海道開発技術研究発表会，DX19, 2024.
<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/slo5pa000001a6ex.html>（2024 年 8 月 12 日確認）
- 6) 岸寛人，永長哲也：デジタルカメラ画像を用いた簡易な水位推定手法の検討，寒地土木研究所月報 No. 864, pp. 18-26, 2024. 12.