

画像式水位計測システム

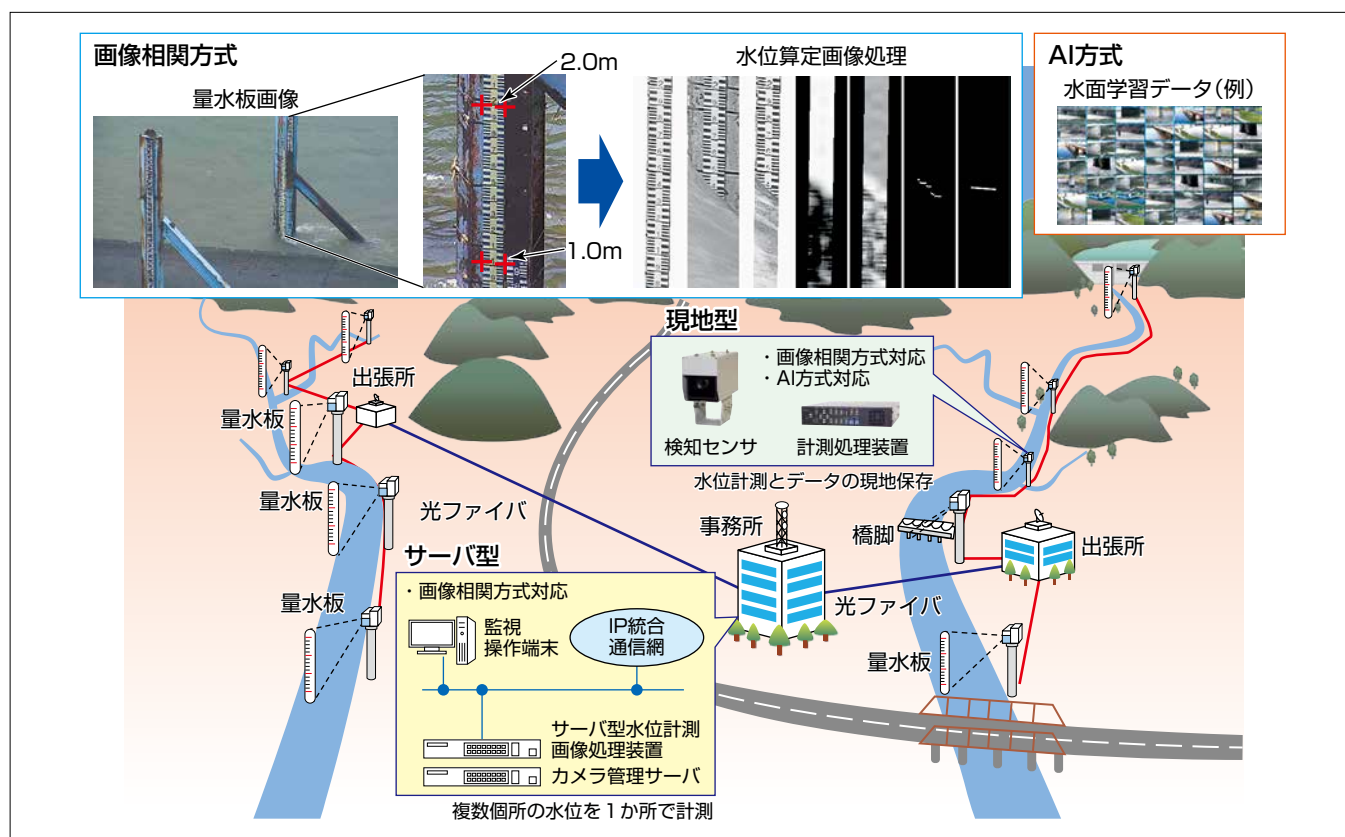
Water Level Observation System Based on Image Processing Technique

要 旨

近年の記録的な大雨や集中豪雨による水害の激甚化を踏まえて、河川管理での治水計画及び防災・減災に向けた水位把握が重要になっている。フロート式など従来の接触型水位計は激流による流出や流木等による損傷被害があった場合にその状況を確認する術(すべ)がなく、誤った水位データを観測し続けるおそれがあった。

画像式水位計測システムでは水位データとともに水位計測時の画像を記録するため、水位データの確からしさを現在から過去にわたって確認できる。三菱電機の画像式水位計測システムには“現地型”と“サーバ型”がある。現地型は専用検知センサと計測処理装置を現地に設置する。計測処理装置は検知センサの画像から得られる水位データと計測時の静止画を記録する。サーバ型は国土交通省が定め

るCCTV(Closed Circuit TeleVision)カメラ設備機器仕様書に準拠したカメラに対応したシステムである。複数映像を順次1か所に集めて、水位データと計測時の静止画を記録する。現地型は現地からの画像伝送容量が少ない特長がありベストエフォート型インターネット回線で伝送可能である。サーバ型は国土交通省IP(Internet Protocol)統合通信網で映像伝送されるため画像伝送容量の心配がなく、既存のカメラで水位計測できることが特長である。処理アルゴリズムには“画像相関方式”と“AI方式”がある。画像相関方式では量水板の画像が必要であるが1cm精度の計測が可能であり、AI方式は橋脚・護岸堤防などの構造物の画像を対象に3～4cm精度の計測が可能である。



画像式水位計測機器の設置場所と画像処理方式

現地型画像式水位計測システムは専用検知センサの画像を用いてその場で計測水位データと静止画を蓄積し、サーバ型画像式水位計測システムは1か所に集約された複数カメラ画像を順に処理して計測水位データと静止画を蓄積する。画像処理方式として量水板が必要だが計測水位精度が高い画像相関方式と量水板が不要で橋脚・護岸堤防などの画像で水位計測ができるAI方式(現地型だけ)を選択できる。

1. ま え が き

水位計測方法にはフロート式などがあるが、水位データの提供だけであった。画像式水位計測システムでは水位データとともに水位計測時の静止画を確認できる。

2. 画像式水位計測システムの構成

2.1 現 地 型

現地型は検知センサと計測処理装置で構成される(図1)⁽¹⁾。検知センサはセンサ部が旋回する旋回型と旋回しない固定型の2種類がある。これらは水位計測に特化した画像センサで、特に河川水位の観測では量水板の読み値が基本であることから高感度かつ高精細なフルHD(High Definition)画質としている。また安定して水位を計測するために天候や太陽光反射等の様々な光源変化の影響を軽減できるフレキシブルエリア測光制御機能を持っている。

計測処理装置は静止画を生成するビデオアダプタと水位を計測する計測処理部から成る。計測処理部にはWWW(World Wide Web)サーバ機能を搭載し、水位と画像を同時に確認できる水位観測画面を光ネットワークやインターネット等のIP網を介して遠隔地の閲覧端末(監視用パソコン、職員パソコン)から確認できる(図2)。データ更新間隔は急激な水位変動を迅速に把握できるように1分間隔としている。なおクラウドでのデータ管理も可能である。

2.2 サ ー バ 型

サーバ型は国土交通省CCTVカメラ設備機器仕様に準拠した複数のフルHDカメラ映像を国土交通省IP統合通信網で一つのサーバに集めて、順次集中的に水位計測を行う(図3)。サーバには現地型の計測処理装置と同等の処理機能を搭載し、100台のカメラ映像から水位を10分間隔で計測できる。カメラ映像が伝送されているため監視拠点(サーバ拠点)ではリアルタイムに動画の確認ができる。

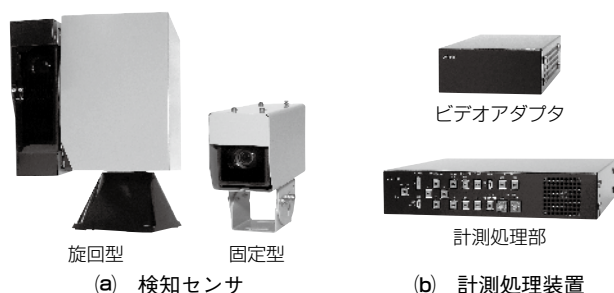


図1. 現地型画像式水位計測システムの機器

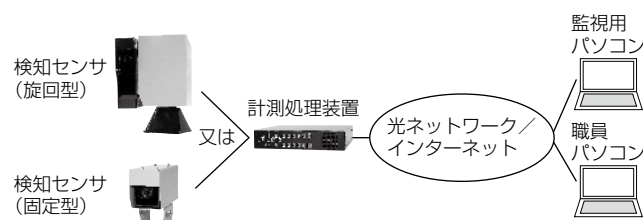


図2. 現地型画像式水位計測システムの構成例

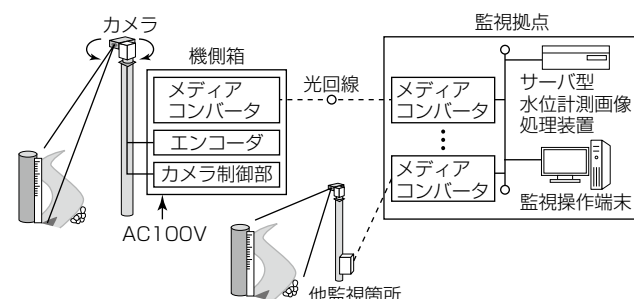


図3. サーバ型画像式水位計測システムの構成例

3. 画像処理のアルゴリズム

3.1 画像相関方式

(1) 方式

従来の画像式水位計は水面の揺らぎ(動き)等の特徴量を検出し、水面境界抽出等を行うことで水位を算定していた。しかしこれら特徴量は水面以外にも発生する場合があります安定した連続計測は困難であった。特に水面の“動き”を利用する場合は、カメラ性能の制約から照度が確保できない夜間等で計測に必要な“動き”が得られなかった。

そこで量水板を被写体とした静止画を用いて、画像相関方式によって水面の位置を検出して水位を算定する次のような画像式水位計測手法を考案した。すなわち量水板全体が露出した基準画像(図4(a))と、各時刻に取得した計測画像(図4(b))を画像相関方式で比較すると、基準画像と計測画像の水面上に露出している量水板領域は強い相関関係があり、水面下の領域は弱い相関関係になることが分かる。相関関係の強弱を表す相関係数の変化点が水面上と水面下の境界、すなわち水位になる。計測対象は“量水板”で計測精度は1cmである(被写体の縦の長さが実物で3.6mのとき)。

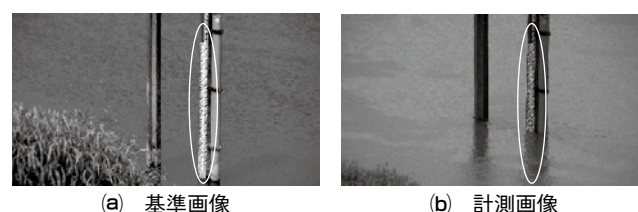


図4. 画像相関方式での基準画像と計測画像の例

(2) 特長

天候や太陽光反射等の様々な光源変化の影響を軽減できるフレキシブルエリア測光制御機能を搭載した検知センサや、強風等による画像ブレや夜間・降雨・降雪等での視認性低下時でも計測可能なアルゴリズムによって、安定して水位を計測できる。図5に環境への対応事例を示す。

(3) 評価実験例

福岡県の河川で画像式水位計測システムの評価実験を実施した⁽²⁾。高所に検知センサを設置し、約120m先の二つの蓄光型量水板(低水位：0～3m／中水位：2～6m)を計測対象とした(図6)。

7日間の計測で降雨(大雨)を含む天候等の環境変化にかかわらず昼夜を通して、データ欠測することなく目視水位、テレメータ水位(国土交通省提供)と同等の計測水位が得られた(図7)。

3.2 AI方式

(1) 方式

AIによる深層学習方式を用いたAI方式では量水板の代わりに橋脚や護岸堤防を被写体として水位を計測する(現地型だけ対応)。AI方式では水とは何か(水面はどのように撮像されるか)を多様な屋外環境で取得した映像に基づいて学習させ、任意の対象画像で水域と非水域を分離することで水面位置を特定する⁽³⁾。その後あらかじめ計測した橋脚の長さ情報と喫水線位置から水位を算定する(図8)。計測対象は“橋脚・護岸堤防”で計測精度は3～4cm(被写体の縦の長さが実物で3.6mのとき)である。

(2) 特長

量水板がない場所でも橋脚・護岸堤防などの構造物があれば水位計測ができる。国内の複数の河川の映像から水域学習済みであるため購入設置後からある程度の精度の水位計測が可能である。さらに設置場所での映像を学習させることによって計測精度の向上が可能である。

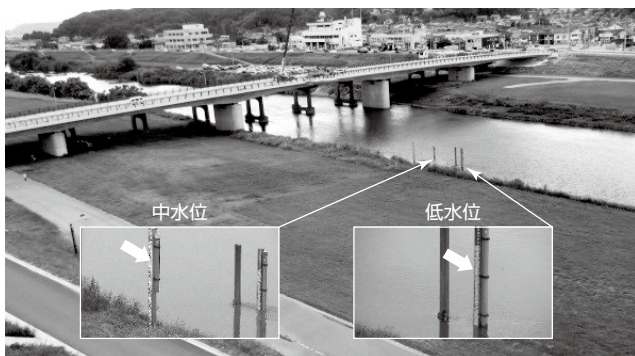


図6. フィールド検証場所

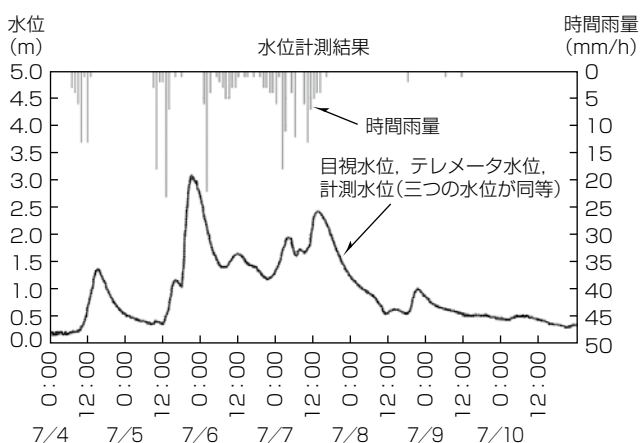


図7. 河川の水位計測結果

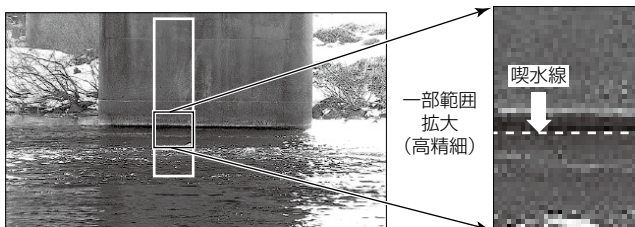


図8. AI方式での水位計測範囲の例

4. む す び

画像処理による水位計測(観測)は国土交通省が制定する河川管理での水文観測業務規程細則⁽⁴⁾に量水板観測の一つの手段として認められており、水位データと計測時の画像を同時に確認・記録できる画像式水位計測システムは今後の新たな水位計測手段として活用が期待される。

参 考 文 献

- (1) 本田吉明, ほか: 非接触型画像式水位計, EICA環境システム計測制御学会, 23, No.1 (2018)
- (2) 磯部修一: 画像・レーザーを活用した非接触型水位計について, 平成29年度建設電気技術研究発表会 (2017)
- (3) 前原秀明, ほか: AIを活用した画像式河川水位計測装置, 三菱電機技報, 93, No.7, 401~404 (2019)
- (4) 国土交通省: 水文観測業務規程細則 第1章 第2条 (2017)

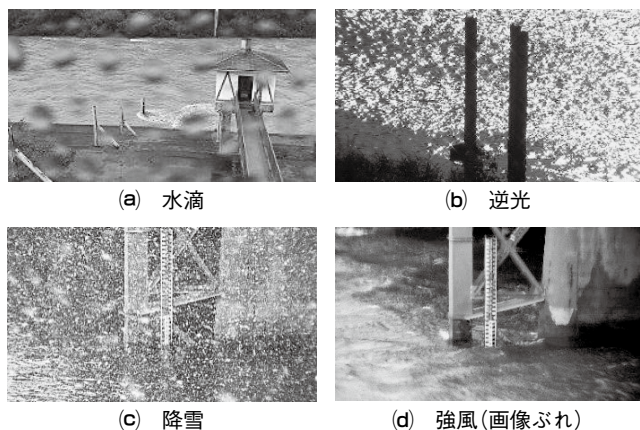


図5. 環境への対応事例