

危機管理型水位計の開発

Development of Flood Crisis Management Water Level Gauges

佐藤 潤 高橋 勉 小島 康由 中原 亮
Jun Sato Tsutomu Takahashi Yasuyoshi Kojima Ryo Nakahara

要 旨

近年、2018年の西日本豪雨、2017年の九州北部豪雨など、中小河川の氾濫による災害が相次いだ。行政機関はこれらの氾濫災害を教訓に、従来、一級または二級河川等の重要河川にとどまっていた河川監視体制を、中小河川にも拡大する方針を打ち出している。この拡大方針で課題になっていた中小河川への水位計設置・維持コストを削減するため国土交通省は、洪水時のみの水位観測に特化し、機器の小型化や通信機器等のコストを低減した機器仕様、「危機管理型水位計の観測基準・仕様」を策定した。当社は本仕様に基づく機器の開発、量産体制構築をいち早く押し進めて、2018年出水期より順次市場投入を開始している。今後、本機の配備により氾濫災害に対する防災・減災が期待される。

Abstract

In recent years, disasters such as western Japan torrential rain in 2018 and northern Kyushu torrential rain in 2017 caused the flooding of small and medium-sized rivers successively. The administrative agencies have launched a policy to expand the river monitoring system to small and medium-sized rivers with lessons learned from these flood disasters, which had previously been limited to important rivers such as class A or class B rivers. In order to reduce the installation and maintenance cost of the water level gauge to the small and medium-sized river which was a subject of this expansion policy, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism has formulated the equipment specification "Measurement standards and specifications of flood crisis management water level gauges" which reduced equipment size and communication equipment cost by specializing in water level observation only at the time of flood. JRC has been promoting the development of devices based on this specification and the establishment of mass production system as soon as possible and starting to introduce it to the market in order from the time of the flood in 2018. Disaster prevention and disaster mitigation against flood disasters will be expected by the future deployment of this equipment.

1. まえがき

近年、治水対策の進化により一級または二級河川等の重要河川における水害発生は減少傾向にあるが、中小河川においては2018年の西日本豪雨、2017年の九州北部豪雨などの水害が頻発しており、人命被害や経済活動に大きな影響を与えている。

このような水害の発生は、今後、線状降水帯などの異常気象により更に頻発する恐れがある。ある研究では、将来、基本高水を超える洪水の発生頻度が1.8~4.4倍に増加すると予測されている⁽¹⁾。特に中小河川は大河川に比べ流域面積が小さく、河川延長が短いため、局所的に発生する集中豪雨等により急激な水位上昇を引き起こす場合が多いと考えられ、近年頻発する水害はそれを裏付けている。

更に、中小河川において被害が拡大する要因の一つとして、避難の状況判断や水防計画等の策定のための水位計の設置が進んでおらず、洪水時における河川水位等の現況把握が困難であることが指摘されている⁽²⁾。従来の水位観測装置は、設置コストが1か所につき数千万円であり、加えて運用コストも高額になることが中小河川に水位計の設置が進まない一因になっている。

この背景のもと、国土交通省は課題となっていた設置コスト、運用コストの削減を目的とした「革新的河川管理プロジェクト」を立ち上げ、実証実験を経て、洪水時の観測

に特化した水位観測装置の仕様を策定した⁽³⁾。(以下、「危機管理型水位計の観測基準・仕様」と称する)

当社は、実証実験に参加するなどしてノウハウを蓄積し、「危機管理型水位計の観測基準・仕様」に準拠した水位観測装置を開発し、いち早く市場に投入開始した。

本稿では、危機管理型水位計の一般的な仕様と、当社が開発した製品の特長について紹介する。

2. 概要

ここでは国土交通省が策定した危機管理型水位計の一般仕様と特長を述べる⁽³⁾。危機管理型水位計は洪水発生時の水位観測に特化した水位観測装置であり、従来の水位観測装置に比べ次の特長を有する。

- ① 設置コストが安い(従来の約1/10)
- ② 小型省スペース(橋梁等への取り付けが容易)
- ③ 運用コストが安い(洪水時のみ通信)
- ④ 無給電で5年以上稼働(運用コストの削減)

最大の特長は必要機能を限定したことによる設置コスト、運用コストの低減である。コスト低減により水位計配備における予算的な制約が軽減され、必要とされる箇所への水位計配備が容易となる。更に小型省スペース化により機器

取付工事にかかる負担を、また5年間無給電という仕様により運用維持にかかる負担をそれぞれ軽減する。

この特長を実現するため、危機管理型水位計では従来の水位観測方法に対して異なる水位観測方法を規定している。

国土交通省の河川砂防技術基準カテゴリ1に準拠している従来の水位観測設備では、観測データの信頼性・継続性・精度が重視されるため、無線などの専用回線を経由して常に一定間隔でデータ送信している(図1)。これに対し、危機管理型水位計は携帯電話回線網等の回線を使用して、平常時は水位を計測するだけでデータ送信はせず、一定の水位を超過した洪水発生時のみデータを送信する(図2)。これらの手段、運用方法により、設備機器・通信コストの削減、電源容量の削減が可能となり、結果として導入費用の引き下げ、機器の小型化が実現できる。

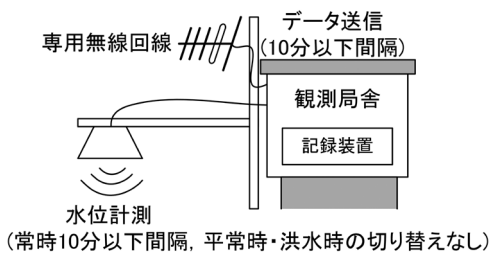


図1 従来の水位観測設備 (カテゴリ1)

Fig.1 Conventional water level observation facility (category 1)

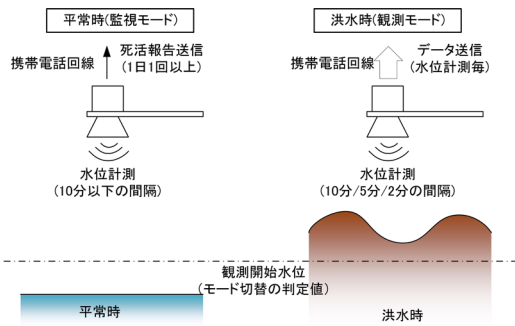


図2 危機管理型水位計の動作概要

Fig.2 Outline of operation of flood crisis management water level gauge

また、平常時、洪水時における動作はそれぞれ「監視モード」、「観測モード」と呼ばれ、更に動作モードの切り替え方法として、自律型と制御型の二種類が規定されている。自律型は、水位計測だけを行う「監視モード」と水位計測とデータ送信を行う「観測モード」を装置が自律的に判断して切り替える。制御型は「監視モード」、「観測モード」の自律的な切り替えに加え、監視サーバの指令によるモード切り替えが可能である。更に制御型は降水量の少ない冬季に水位計測を停止して消費電力を抑える「休止モード」を備える(図3)。

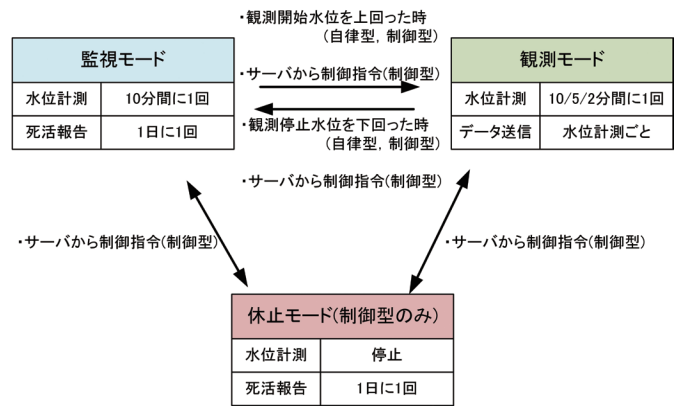


図3 危機管理型水位計の動作モード

Fig.3 Operation mode of flood crisis management water level gauge

表1に危機管理型水位計として最低限具備すべき主な基準・仕様を示す。

表1 危機管理型水位計が具備すべき観測基準・仕様 (抜粋)

Table 1 Required measurement standards and specifications (excerpts) of flood crisis management water level gauge

項目	仕様
水位の決定方法	サンプリング間隔1秒以内による20秒間以上平均観測水位により決定する。その際、瞬間的に発生する異常値を除去して平均する。
最小読取単位	1cm
平常時の水位監視	10分間以下で水位計測
洪水時の水位観測	10分/5分/2分間隔 (選択) で水位計測しデータ送信
観測開始条件	観測開始水位を上回った場合
観測停止条件	観測停止水位を下回った場合
不稼働条件	サーバからの制御により平常時に水位計測を停止 (制御型のみ)
死活監視	平常時において1日1回以上データを送信
電源容量 (太陽電池)	監視モードで9日間無日照が続いた後、観測モードで150回のデータ送信が可能なこと
筐体保護等級	IP55以上
時計機能	NTP等により自動補正
無給電稼働	5年以上

3. 開発のポイント・本機の特長

ここでは、本機の開発時に重視したポイント、及び本機の特長を述べる。

3.1 小型・軽量化

機器の小型・軽量化は、設置工事費の削減、設置場所の自由度を高めるために重要な要素である。本機的设计に際して、機器の現場搬入にあたり重機などが必要ないように、制御部筐体を1人で無理なく抱えられる大きさ、重量である30cm四方以下、5kg以下を目標とした。

小型・軽量化を図る上で、最も影響を与えるのがバッテリー容量であるが、開発にあたっては特に水位計測やデータ送信をしていない待機状態の消費電力削減に注力し、観測基準、仕様に規定される「監視モードで9日間無日照が続いた後、観測モードで150回のデータ送信が可能なこと」の条件下で可能な限りバッテリー容量の低減を図った。

図4は本機の制御部、太陽電池の外観を示す。

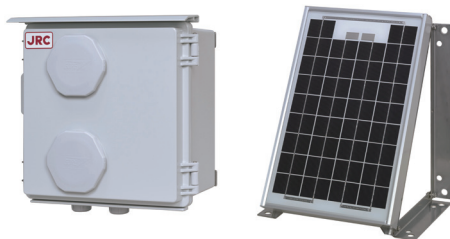


図4 制御部筐体、太陽電池の外観

Fig.4 External appearance of control cabinet and solar cell

3.2 機能の集約による低コスト化

部品点数の削減により低コスト化を進めた。

生産時の作業性、将来の拡張性を考慮した上で、通信機能以外の機能を1ユニットに集約した制御ユニットを新規に設計した。これにより、構成ユニット、配線ならびに固定部材の個数が削減され、低コスト化が達成できた。

図5に制御部の内部構造を示す。

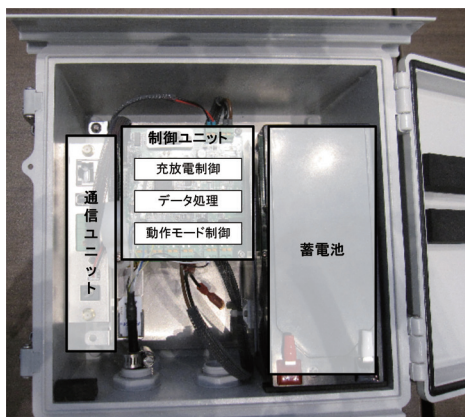


図5 制御部の内部構造

Fig.5 Internal structure of control unit

3.3 拡張性

最近のセンシング技術、通信技術の進歩はめざましく、技術が陳腐化するサイクルが短くなっているため、将来の新技术を即座に適用できる構造を取り入れた。

ソフトウェアの計測データ処理、通信処理においてそれぞれ統一したインターフェースによる設計を導入して、将来の技術進歩にあわせて、ベースのソフトウェア構造に影響を与えずに機能追加できる構造とした。

一例として通信処理部分に導入したインターフェース共通化の概念図を図6に示す。このインターフェース共通化により、制御ユニットの処理構造を変更することなく、将来の技術向上に合わせLTE Cat M1、NB-IoT 等に対応した各種通信ユニットへの切り替えを可能とした。この結果、検証済みソフトウェアを再利用することで生産性及び品質の向上を図ることができる。

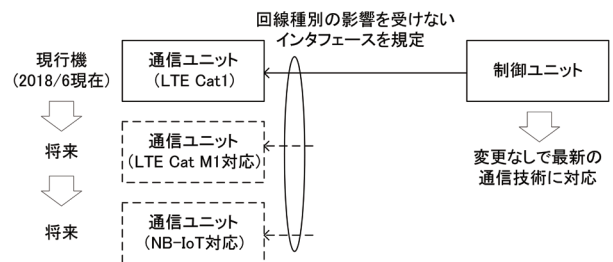


図6 通信処理のインターフェース共通化概念図

Fig.6 Interface communalization conceptual diagram of communication processing

4. 製品仕様

本機は制御部、太陽電池、計測部の3ユニットから構成され、ユニット間はケーブルで接続される (図7)。



図7 機器構成例

Fig.7 Equipment configuration example

本機計測部は計測方式として非接触式 (電波式) と接触式 (水圧式) の2方式に対応している。電源は蓄電池を太陽電池によって充電する方式とした。観測開始水位、水位計測値のスケール変換係数などの設定方法は、設置時にサーバ側から携帯電話回線網経由でダウンロードして設定する

方法、または現場でPCを接続して設定する方法の2つを用意した。

表2に制御部、太陽電池の仕様を示す。表2に記載以外の仕様項目は表1の内容に準ずる。

表2 制御部・太陽電池仕様

Table 2 Control unit and solar cell specification

項目	仕様
計測形態	接触式, 非接触式に対応
電源構成	太陽電池及び蓄電池 (太陽電池は本体と分離)
筐体保護等級	IP65
寸法 (mm)	本体: 210(W) × 220.4(H) × 132(D) 太陽電池: 300(W) × 358(H) × 238.8(D)
質量	本体: 4.2kg (バッテリー含む) 太陽電池: 3.1kg
動作温度範囲	-10~50℃
通信回線	LTE Cat1

筐体保護等級においては、橋梁への設置の際に車両通行による粉塵への耐性を考慮し、IP65を本機の仕様とした。

無日照における動作可能時間を検証した結果を図8に示す。太陽電池を取り外した状態で充電状態の蓄電池を接続し、10日間の監視モード動作の後、10分間隔でデータを送信する観測モードへ切り替え、蓄電池電圧の変化と観測モードの動作状況を観察した。結果として監視モードで10日間、観測モードに切り替えた後更に連続7日間(10分間隔のデータ送信回数1008回)の動作を確認した。よって、要求仕様である「監視モードで9日間無日照が続いた後、観測モードで150回のデータ送信が可能(10分間隔の場合25時間)」を十分に満足することが確認できた。

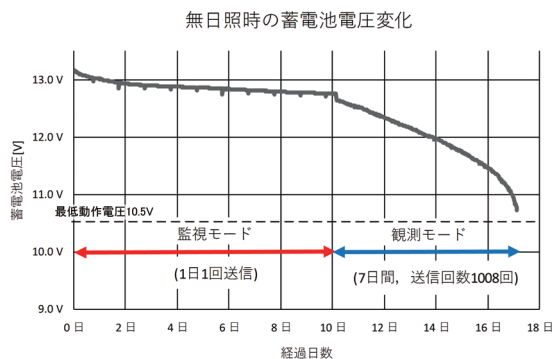


図8 無日照時の動作可能時間検証結果

Fig.8 Operable time verification result without sunshine

表3, 4に計測部の仕様を示す。

表3 接触式計測部仕様

Table 3 Contact type measuring unit specification

項目	仕様
計測原理	水圧式
計測範囲	0~10m
精度	±10mm
寸法, 質量	21(W) × 115(H) × 21(D)mm, 0.2kg
動作温度範囲	-10~50℃

表4 非接触式計測部仕様

Table 4 Non-contact type measuring unit specification

項目	仕様
計測原理	電波式
計測範囲	0.5~10m
精度	±10mm
寸法, 質量	148(W) × 584(H) × 176(D)mm, 4.2kg
動作温度範囲	-10~50℃

5. 導入事例

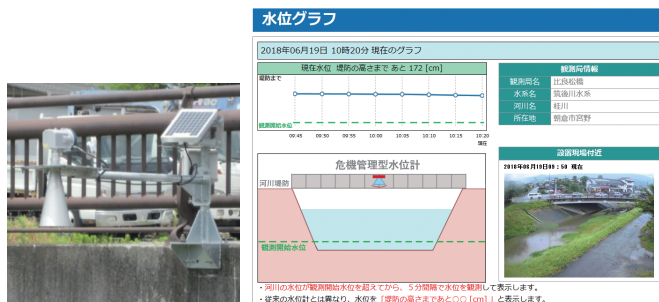
当社は2018年5月に福岡県殿の発注する工事において、2017年7月の九州北部豪雨で被災した県内の朝倉市、東峰村の計3地点に危機管理型水位計を設置した。データは福岡県殿が運用する河川防災情報システム上で、2018年6月1日より市民向けにWeb公開されている。

平常時は10分間隔で水位を監視し、毎日9時に死活報告を送信する。監視している水位が局ごとに設定された観測開始水位を超過すると水位計測とデータ送信を5分間隔で実行する。

計測方式は非接触式である電波式が選定され、本体、太陽電池、水位計測部が橋梁に取り付けられている。

図9 (a) に現場の取り付け状況を示す。装置は橋の欄干のそばに取り付けられているが、小型の機材が欄干の高さ以上に突出していないため、通行者の視野を妨げにくく、本機の小型という特長が生かされている。

図9 (b) は公開されているWeb画面のイメージである。



(a) 据え付け状況

(b) 公開Web画面

図9 導入事例 (福岡県殿)

Fig.9 Introduction examples (Fukuoka Prefecture)

6. あとがき

危機管理型水位計の開発にあたり、低消費電力設計の導入、構成するユニットの削減により、小型化・低コスト化を実現した。また、インタフェースを共通化したソフトウェア構造により、将来の新技术に即座に適應できる拡張性を確保し、品質向上を図った。

今後、本機の配備により氾濫災害に対する防災・減災が期待される。

最後に、本開発にあたり、ご指導、ご協力頂いた関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- (1) “水災害分野における気候変動適應策のあり方について”，国土交通省 社会資本整備審議会，平成27年8月。
- (2) “中小河川緊急治水対策プロジェクト”，国土交通省 水管理・国土保全局，平成29年12月。
- (3) “危機管理型水位計の観測基準・仕様”，国土交通省 水管理・国土保全局，平成30年1月。

用語一覧

基本高水：洪水防御に関する計画の基本となる洪水（河川法施行令第十条の二）

NTP：Network Time Protocol（時刻校正用プロトコル）

LTE Cat 1：Long Term Evolution Category 1（通信規格の一種）

LTE Cat M1：Long Term Evolution Category M1（通信規格の一種）

NB-IoT：Narrowband-IoT（省電力に特化した通信規格の一種）