

下水道水位情報システム

関根 賢 (せきね けん)

小林 晋哉 (こばやし しんや)

1 まえがき

都市化の進展やヒートアイランド化による局所的な集中豪雨による都市型浸水被害が近年発生している。各自治体では、都市機能に甚大な影響を与える浸水を解消するために都市浸水対策を重点的に実施している。こうした場合、雨水幹線や下水道幹線の整備、雨水貯留施設の建設などの抜本的対策が講じられるが、都市部では発達した地下空間や住宅密集などの制約があり、改善策とすることが難しいことが多い。このような中で、浸水発生時の被害軽減を目的とする浸水防災体制の整備や住民への水位情報の提供などが求められる。

富士電機では、都市型浸水対策の一環として、水位情報の提供を行う下水道水位情報システムを納入してきた。下水道水位情報システムは、光ファイバ水位計を介して、下水道管きょ内の水位をリアルタイムに測定し、水位情報を必要な場所に配信するものである。

2 光ファイバ水位計システム

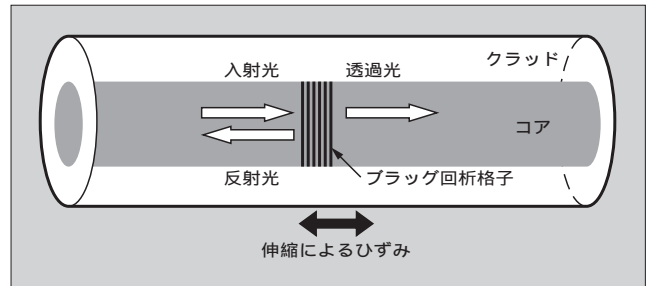
下水道管きょ内の水位を計測する水位センサには、検出部電源が不要である光ファイバ水位計を用いている。光ファイバ水位計は、信号の伝送路として管きょ内に敷設された光ファイバを利用でき、従来では地上部に設置していた制御盤（電源・伝送装置）が不要となるため、地上部の設置環境条件に制約されることなく、広範囲にわたり水位計測ができる。

2.1 光ファイバ水位計の測定原理

光ファイバ水位計は、光ファイバ素子である FBG (Fiber Bragg Grating) を利用した水位計である。FBG とは光ファイバのコア部に周期的な屈折率変調、すなわちブラッグ回折格子を形成したものである。FBG 光ファイバの模式図を図 1 に示す。

ブラッグ回折格子は、光ファイバの屈折率に対して長手方向に周期的な分布を持たせることにより形成され、特定

図 1 FBG 光ファイバの模式図



波長の光のみを反射させる光フィルタとして機能する。FBG が形成された光ファイバに伸縮によるひずみがかかることで、ブラッグ回折格子の格子間隔が変わり反射光の波長がシフトする。この反射光の波長スペクトルを測定し、反射光の中心波長の変化量を計測することで FBG に加わるひずみ量を求めることができる。光ファイバ水位計の測定原理を図 2 に示す。

反射光波長 λ の波長変位 $\Delta\lambda$ ($= \lambda - \lambda_0$) は、FBG のひずみ変位 ϵ に比例するため、FBG のひずみ変位と水位の関係を校正曲線で求めておくことで、水位変動 h を計測できる。

2.2 光ファイバ水位計システムの概要

光ファイバ水位計システムは、以下の機器から構成される。光ファイバ水位計システムの構成を図 3 に示す。

1) 水位計センサ部

水位計センサ部は、水位計検出部や水位計接続箱などで構成される。水位計検出部は、FBG をダイアフラムに固定した光センサである。水位計検出部内部には電源を必要とする電子回路が存在しないため、本質安全防爆であり、また、摩耗経年劣化を伴う機械部品がないため、信頼性は高い。

2) 接続部

接続箱は、幹線光ケーブル内の心線を水位計センサ部側に分岐するために設置する。

3) 光波長測定装置部



関根 賢

上下水道用の電気、計装、監視情報システムの設計に従事。現在、富士電機システムズ(株)環境システム本部水処理統括部首都圏技術部。



小林 晋哉

環境・水処理分野における中小システムの企画・設計に従事。現在、富士アイティ(株)カスタマーソリューション部主査。

図2 光ファイバ水位計の測定原理

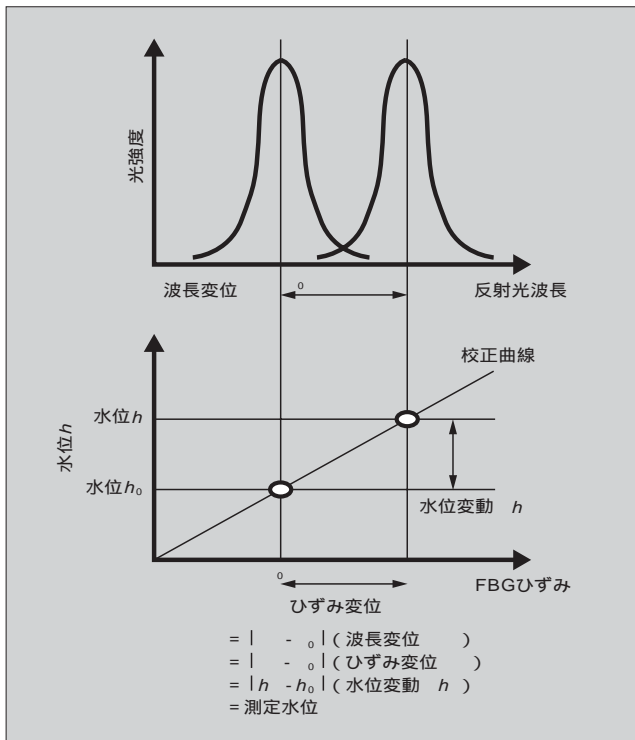
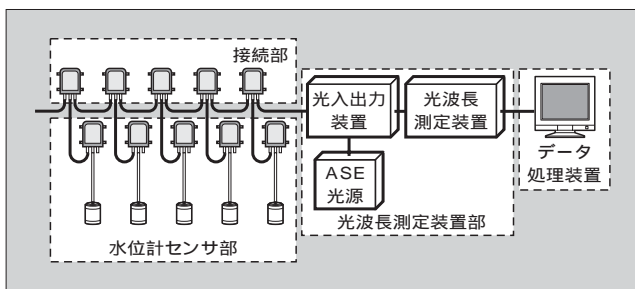


図3 光ファイバ水位計システムの構成



光波長測定装置は、水位計センサに光を送出するとともに、反射光を受光し、波長変化検出を行う。

④ データ処理装置

データ処理装置は、光波長測定装置から定周期で波長データを取り込み、波長変化量から水位値を求める。

③ 下水道水位情報システム

3.1 システムの目的

本システムは、光ファイバ水位計システムから水位データを収集・加工し、情報提供先へリアルタイムに Web 配信するものである。集中豪雨時における下水道管きよ内の水位上昇を早期に通知し、防災担当者や道路ならびに管きよの維持管理担当者などの初動対応に備えることが可能である。また、記録データによる水位変動の解析や浸水対策などのリスク管理に役立てることを目的としている。

3.2 システム構成

本システムは水位収集サーバ、水位配信サーバ（Web

図4 下水道水位情報システムの構成

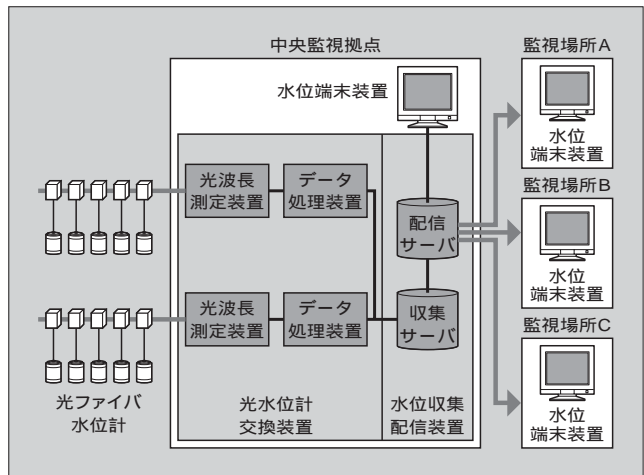


表1 システム構成部品と基本機能

装置名	機能・役割	機能説明
水位収集サーバ	水位データの定期収集	<ul style="list-style-type: none"> ○光水位計変換装置とのUDP/IP通信 ○データベースへの記録
	異常監視	<ul style="list-style-type: none"> ○水位異常（警報設定値：3段階） ○システム異常（RAS情報） ○停電監視・自動シャットダウン・復電処理 ○外部通報
	水位傾向判定	<ul style="list-style-type: none"> ○水位データの変化率監視 ○系統図画面への判定結果表示
	データ記録	<ul style="list-style-type: none"> ○トレンドデータ（通常トレンド、自動記録トレンド） ○帳票データ（日報、月報、年報） ○履歴データ（異常履歴、操作履歴） ○通信ログ（システムメンテナンス用）
	外部データ通信【オプション】	<ul style="list-style-type: none"> ○外部システムへの水位データ送信 ○情報表示器への水位情報の配信
水位配信サーバ	画面の生成・Web配信	<ul style="list-style-type: none"> ○監視画面の自動生成 ○サーバサイドアプリケーション
	アクセス管理（セキュリティ）	<ul style="list-style-type: none"> ○水位監視端末制限 ○データベースアクセス制限
	配信先別コンテンツ制御	<ul style="list-style-type: none"> ○配信先別の自動メニュー切替
水位端末装置	インターネット配信【オプション】	<ul style="list-style-type: none"> ○インターネット経由での情報配信 ○プロバイダ提供ホスティングサービスの活用
	配信データ表示	<ul style="list-style-type: none"> ○Webブラウザでの画面表示
	システム設定機能	<ul style="list-style-type: none"> ○画面からの各種システム設定
	無線LANアクセス管理【オプション】	<ul style="list-style-type: none"> ○監視拠点での無線LANの活用に対応 ○セキュリティ設定および通信条件設定

サーバ) および水位端末装置とこれらを接続するネットワーク機器により構成される(図4)。水位収集サーバと水位配信サーバにはミラーリングハードディスク、強化電源およびRASカードを搭載してシステムの信頼性、可用性および保守性を高めている。

3.3 システム基本仕様⁽¹⁾⁽²⁾

システム構成部品と基本機能を表1に、画面機能を表2に示す。

Windows 2000^{注1}上で動作するJava^{注2}環境をベースに、高

表2 画面機能

画面名称	機能概要
系統図画面	水位情報のグラフィック表示（自動更新表示） ○平面図表示 ○縦断面図表示 ○詳細図表示（水位計別表示，マルチ表示）
トレンドグラフ画面	水位情報のヒストリカルトレンド表示 ○通常トレンド（常時記録） ○自動記録トレンド ○トレンド再生表示（平面図表現によるトレンドデータ表示）
履歴表示画面	各種履歴データの表示水位警報履歴画面 ○警報水位設定履歴表示画面 ○システム異常履歴表示画面 ○検索機能（フリーワード，日付）
帳票表示画面	○日報，月報，年報表示 ○プリンタへの印刷，データのダウンロード
掲示板表示画面	○Web掲示板（情報交換）
システム設定画面	○警報水位設定（幹線ごと） ○配信コンテンツ制限設定（配信先別） ○外部データ通信条件設定（通信可否，更新周期，通信アドレスなど）

い生産性とコンパクトな Java コード生成を実現するグラフィック作画ツールを採用し，監視システムにおいて必須条件とされる軽快な画面レスポンスと高度なグラフィック描画を Web 環境において実現しているのが特長である。

水位収集サーバは，データ処理装置との通信により水位データを収集し，水位配信サーバから各監視場所の水位端末装置に対して Web 配信を行う。水位端末装置ではブラウザソフトウェアによるリアルタイム監視と記録データのダウンロード・印刷を行うことができる。また Web 配信によるシステムのため，水位端末装置に専用ソフトウェアが不要であり，クライアント・サーバシステムに比べると，水位端末装置の追加が容易である。そのため，監視場所を容易に増設することができる。

以下に水位データ収集・配信サーバの機能性能を記す。

- 水位データ収集周期：10秒
- 水位端末装置更新画面周期：10秒
- 水位端末装置画面切換速度：1秒以下
- 水位測定分解能：1cm

3.4 システム機能

以下に主な機能と特長を述べる。

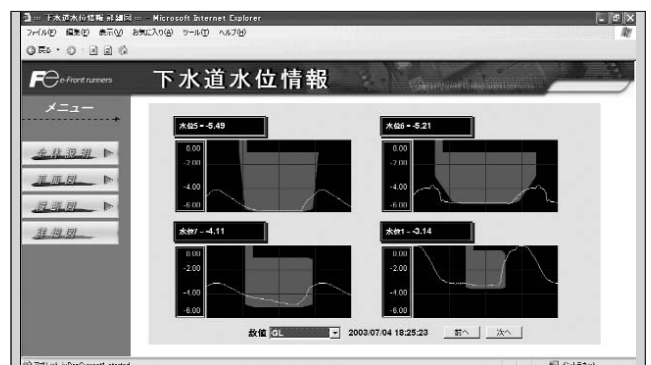
1) 系統図画面

グラフィック表示の代表的な画面で，水位データをさまざまな切り口から表現するために平面図，縦断面図，および詳細図を用意している。平面図では監視対象となる幹線ごとに画面が構成され，水位データを地図上に重ね合わせて数値表示する（図5）。下水道管きよ内水位があらかじめ設定してある水位警報設定値を超えた場合，水位計設置場所ごとに色替え表示し監視者に注意を促す。また，表示さ

図5 系統図画面（平面図）



図6 系統図画面（マルチトレンド）



れる水位は測定基準点（地上線，管底，海拔，特定河川水準など）を切り換えて表示機能を備えており，水位データを多目的に利用することができる。

縦断面図では水位データを管底からマンホール（地上部）までの断面図によりグラフィックイメージと数値で表示する。水位の状態を幹線の上流から下流への相対的な位置関係でとらえることができるのが特長である。

詳細図は，平面図または断面図から特定の水位計設置場所を選択することにより表示される画面で，詳細な固有情報（所在地やマンホール No.など）や個々に異なる形状をしている管きよの断面図を表示する。現在の水位レベルをレベルバーグラフやリアルタイムトレンドグラフの表示形式で管きよ断面図に重ね合わせて表示することで，担当者の状況把握がよりの確に行える。さらに水位計設置場所を任意に4か所指定し，同一画面上に並べて表示するマルチ表示機能がある（図6）。水位データを単にデジタル値でとらえるよりも地上までの到達レベルを直感的にとらえることができる。いずれの画面もコンパクトなサイズに最適化された Java コードにより生成されており，非常に軽快かつ高速に描画されるのが特長である。

2) トレンドグラフ画面

定周期で常時記録するヒストリカルトレンドグラフ画面で，通常トレンドと自動記録トレンドがある。通常トレンドは，任意の日付指定による表示方法に加え，再生表示機能によりグラフ表示しているトレンドデータを平面図として再生表示することができるのが特長である。再生機能により，過去の水位動向をグラフィックイメージでとらえる

注1 Windows 2000：米国 Microsoft Corp. の登録商標

注2 Java：米国 Sun Microsystems, Inc. の登録商標

ことができる。また自動記録トレンドは、水位の上昇が急激に変化しこれが一定時間継続した場合に異常水位上昇が起きていると判断し、通常のトレンドとは別に水位が平常に戻るまで記録を続ける機能である。記録したデータは日付・時刻情報とともにインデックス化され、一覧画面へ表示されるので、必要としている時期のトレンドデータを即座に見つけることが可能である。自動記録トレンドは、台風時や局所的集中豪雨時の記録として有効であり、データの確認や解析に役立つものである。

なお、これらのデータは長期間データベースに保存され、また必要に応じて光磁気ディスクなどの補助記憶媒体に保存し活用することができる。

3) 異常監視

水位異常・システム（装置 RAS）異常・停電などの監視を行い、異常を検知した場合には水位端末装置の画面やブザー装置に出力するとともに、電話回線に接続された非常通報装置などを經由して外部へ通知する機能である。特に水位異常については、測定している水位データがあらかじめ水位端末装置から設定された警報設定値を超えた場合に水位警報となる。警報設定値は監視拠点ごとに管底をベースに、地上部到達点をフルスケールとした範囲で、3段階に設定することができるため、監視拠点それぞれの判断で警報レベルを自由に設定し運用できるのが特長である。

4) 水位傾向監視

すべての水位データの変化率を常に監視しており、その値が上昇傾向なのかまたは減少傾向なのかを瞬時に判定する機能である。判定結果は系統図画面などにリアルタイムに表示される。集中豪雨時は短時間のうちに急激な水位の上昇と減少を繰り返す場合があるため、迅速な判断を求められる監視拠点において非常に重要な機能の一つである。

5) 外部データ通信機能

種々の管理や防災などの目的で、各自治体や関連する組織では河川情報システム、防災情報システムなどを構築し、

稼動・運用している。下水道水位情報システムは、これらのシステムに対して、水位情報の統計管理や地域住民への情報公開を目的に、必要な水位データと時刻をセットにして送信する機能を備えている。この通信機能では、さまざまな通信プロトコルに対応可能なソフトウェア構造で設計されているため、すでに稼動しているシステムへの取り込みが容易に行える。また、住民への情報提供を目的に外部に設置された情報表示器への水位情報の配信も可能である。

6) 配信先別コンテンツ制御機能

情報の配信先により配信コンテンツのデータを制限し、メニュー構成を切り換える機能である。複数の地域をまたがる下水道水位情報システムを運用する場合に、利用者など利用状況に応じて、監視場所へコンテンツ内容を制限して必要な情報のみを的確に配信することができる。

4) あとがき

以上、下水道水位情報システムについて紹介した。本システムは、下水道管きょ内の水位を広範囲・リアルタイムに監視することができる。管きょ内の水位動向を監視することによりポンプ場や下水処理場の流入量シミュレーションにも活用でき、下水処理施設の運転支援の一助となれば幸いである。今後は、下水道管きょ内水位のほか、河川水位や雨量情報などを取り込み、浸水予測など浸水対策に貢献するシステムを提供していく所存である。

参考文献

- 1) 高見澤真司ほか・上下水道事業における IT 時代のオープン監視制御システム・富士時報・vol.74, no.8, 2001, p.474-479.
- 2) 佐藤尚規著・Web テクノロジーがわかる・技術評論社・2001-6, p.50-53, 72-73, 77-79.



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。