

危機管理型水門管理システムの開発



研究開発チーム >> (国研) 土木研究所、(一社) ダム・堰施設技術協会、(一社) 建設電気技術協会、(一財) 沿岸技術研究センター、(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構、(国研) 水産研究・教育機構、筑波大学

①水門・陸閘等の開閉一元監視システム

研究開発の目的：水門等の開閉情報を一元的に集約することによる避難指示の的確な発令の実施

【水門等設備の現状と課題】

- 地域には多様な目的の水門・陸閘が存在し、また管理者が多きにわたるため、開閉状況を全て把握する情報システムがない。
- 操作は基本的に現地(機側)で操作員が実施するため、リアルタイムな情報集約に時間を要する。

BEFORE

危機的状況（電源喪失、通信途絶、交通途絶）が発生したら.....
開閉情報の集約不可能

【解決のための開発目標】

- ①管理者の異なる水門等の開閉状況を一元監視できるシステムの開発。
- ②水門の開閉状況等をリアルタイムで一元監視できる仕組みの開発。

AFTER

これらの技術で水門・陸閘の開閉状況を把握して、
避難指示の判断

(一社) 建設電気技術協会

① 一元監視システムの概要

◆大規模停電時の電源喪失に備えるためバッテリーなどによって低消費電力で長距離の通信を可能とするLPWA (Low Power Wide Area) 通信を使用し、限られた情報から表示するシステムを構築。

① 全体監視画面



② 都道府県別監視画面 (地図表示)



③ 個別水門監視画面 (観測データ表示)



各水門等の記号の色により**全開**、**一部開**、**全閉**の状況を表示

② データ伝送フォーマットの概要 JSA規格「水門などの開閉状況の一元監視システム用伝送フォーマット (JSA-S1019:2022)」

◆フォーマットの構成

データ伝送フォーマットは、情報フォーマット識別部として1 Byte, アプリケーションデータの伝送フォーマットの情報として共通アドレス部、共通監視部及び情報部を11 Byte で構成する

◆情報フォーマット識別部

情報部のフォーマット構成を識別するための情報フォーマット番号を入力する。

1 Byte (8 bit) サイズで1~223を使用することが可能である。

現状では13種類のフォーマットの定義を行いフォーマット番号を規定している。

フォーマット識別部							
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8
情報フォーマット番号 (Hex)							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678	12345678
システム番号 (Hex)	地域アドレス2Byte (Hex)	シリアルNo (Hex)	共通監視	接点データ数	計測データ数	NNNNNNNNNNNNNN 000000000000 000000000111 123456789012	計測データ1 2Byte (BCD)		計測データ2 2Byte (BCD)	

共通アドレス部

共通監視部

情報部 (13種類中の1例を表示)

○ **共通アドレス部**...送信データのデバイスを識別するため、共通アドレス部として、伝送フォーマット11Byte の先頭4Byte にシステム番号、地域アドレス及びシリアルNo.を付け、一元監視システムにおいては、データを処理するアプリケーション・サーバなどでデバイスを簡易に識別する方法として共通アドレス部でデバイス識別を行う。
・送信データを共通利用する一元監視システムでデバイスの識別が重複しないようにアドレスを付与する。

①システム番号...4bit:Hex(0~F/0~15) 端末の利用目的に応じてシステム番号を付与 (03,04,11,12,13~15) は将来拡張

・河川用: 01~02 ・港湾用: 05~06 ・漁港用: 07~08 ・農業用: 09~10

②地域アドレス... 地域アドレスは、端末設備の設置場所として2 Byte (16 bit Hex) を使用する。(数値範囲00000~65535)

デバイスを設置する場所のJIS X 0401及びJIS X 0402で規定する市区町村コード (都道府県2桁及び市町村3桁) を割り当てるが、地域アドレスを設置場所として使用しない場合は、市区町村コード範囲外の数値を使用するものとし、施設管理者が独自のコードを割り当てる。

③シリアルNo...12bit:Hex(0~FFF/0~4095)でシステム毎にLPWA端末にシリアルナンバーを付与する。

○ **共通監視部**...監視用フォーマットの5 Byte 目の前半4 bit の各bit を共通監視項目として、遠隔操作の可否、デバイスの電源、センサなどの状態監視に使用する。

1bit目: 遠方/機側 (0:機側, 1:遠方)

2bit目: デバイスバッテリー状態 (0:正常, 1:異常 (低下))

3bit目: センサ (装置) 状態 (0:正常, 1:異常)

4bit目: 予備

○ **情報部**... 情報部は、5 Byte 目の後半5 bit 目以降11 Byte までとする。

監視用フォーマットとして、接点データ数、計測データ数、接点データ及び計測データの伝送に利用する。

危機管理型水門管理システムの開発



研究開発チーム >> (国研) 土木研究所、(一社) ダム・堰施設技術協会、(一社) 建設電気技術協会、(一財) 沿岸技術研究センター、(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構、(国研) 水産研究・教育機構、筑波大学

①水門・陸閘等の開閉一元監視システム

(国研) 土木研究所

【実施概要】

- 水門・陸閘の全閉状況の一元監視システムの試行
川崎市:水門16か所 (河川(5),上下水道(11))
陸閘1か所 (港湾(1)) ※河川用水門のうち2か所は国所管
LoRaWAN (GW×3、ED×16)、LTE-M×1
- 愛知県:水門19か所 (河川(6),港湾(6),海岸(4),漁港(2),農業(1))
LoRaWAN (GW×6、ED×19)
- 大阪府:陸閘14か所 (河川(14)) Sigfox (ED×6)
- その他 (ため池水位観測1か所)
- マッチングファンド
・停電時にも水門開操作を実現できるシステム、及びそのシステムを既設水門に付加する改造技術の開発 (R3～・2社)
・LPWAを活用した水門・樋門・陸閘の開閉状況一元監視システムに関する共同研究 (R4～・13社)



水門への開度計センサ・通信端末設置例

(一社) ダム・堰施設技術協会

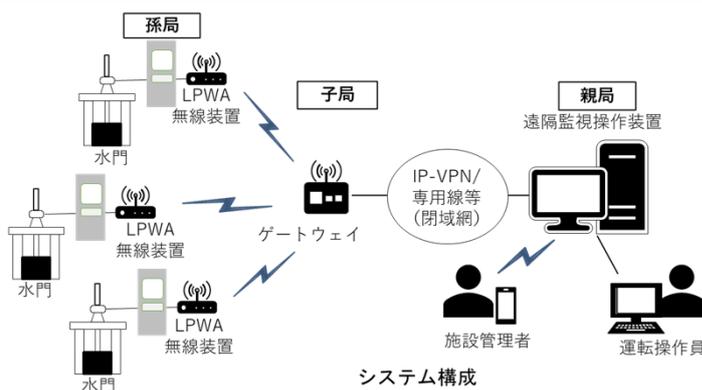
【実施概要】

- 樋門の全開・全閉、水位状況の一元監視システム構築
- 対象施設:水資源機構琵琶湖開発総合管理所管内樋門6施設
- 通信方式:LoRaWAN、LTE 通信距離は最大12.6km
- 開閉状況等の一元監視は、監視用PCにより実施



一元監視状況

監視画面の例

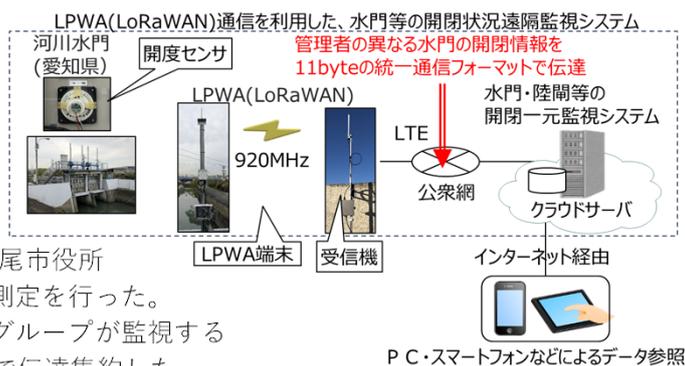


システム構成

(一社) 建設電気技術協会

【実施概要】

- LPWA (LoRaWAN) 通信を利用した水門等一元監視システムを構築した
- 監視対象の水門
愛知県①前川左岸樋門②平坂樋門の2ヶ所
LoRa通信区間①前川左岸樋門～境川浄化センター、②平坂樋門～西尾市役所
- 受信機設置場所の選定にあたり、電波伝搬試験を行い、受信強度の測定を行った。
- 令和元年度に構築した水門等の開閉一元監視システムに、水門サブグループが監視する管理者の異なる水門等の開閉情報を11byteの統一通信フォーマットで伝達集約した。

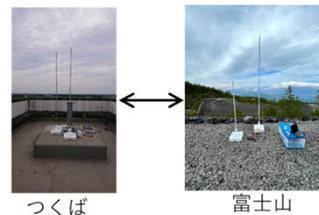


P C・スマートフォンなどによるデータ参照

筑波大学

【実施概要】

- 停電とインターネット途絶の重畳時に対応する衛星活用システムの開発
- <実現性の確認>・つくば-富士山間で減衰器を用いた高度400kmの低軌道衛星を想定した通信実証
・市販LoRaWAN用トランシーバICのドップラー周波数偏移耐性確認
- <地上側装置の開発>・平時はLoRaWANゲートウェイとして機能
・災害時には集約情報を衛星に送信する自動切換機能
- <衛星側装置の開発>・地上からのLoRaWANデータを受信し衛星システムに渡す機能
・衛星搭載基板用部品の耐放射線性確認試験の実施
・CubeSatクラスの超小型衛星に搭載可能なサイズで製作
・衛星搭載基板の宇宙環境試験の実施 (振動, 熱真空)

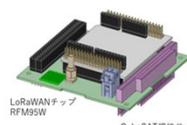


つくば

富士山



重イオン照射による放射線耐性試験



衛星搭載用通信基板の製作

危機管理型水門管理システムの開発



研究開発チーム >> (国研) 土木研究所、(一社) ダム・堰施設技術協会、(一社) 建設電気技術協会、(一財) 沿岸技術研究センター、(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構、(国研) 水産研究・教育機構、筑波大学

② 電源喪失時における水門等の無動力遠隔自重閉鎖技術の開発

研究開発の目的：水門等の確実な閉鎖(蟻の一穴を作らない)による氾濫の防止

【水門等設備の現状と課題】

- 水門・樋門は全国で2万基以上。大部分が小型(10m²以下)。
- 動力は一般に商用電源(ごく小規模は人力)。予備電源装置の設置は限定的。
- 操作は基本的に現地(機側)で操作員が実施。遠隔操作設備の設置は限定的。
- 自重閉鎖装置を備える水門はあるが、機側で切替え操作。

BEFORE

危機的状況(電源喪失、通信途絶、交通途絶)が発生したら.....
自重閉鎖装置があったとしても閉操作不可能

【解決のための開発目標】

- ① 電源喪失時でも遠隔操作で自重閉鎖装置を稼働できるシステムの構築。
- ② 大型水門において安全に扉体を降下できる技術(左右同調制御技術)の開発。

AFTER

これらの技術で水門自重閉鎖システムを構築して、**危機的状況下で最後の砦となる水門閉鎖を実現!!**

(一社) ダム・堰施設技術協会

① 遠隔自重閉鎖システムの基本構成と現地実証実験による検証

○実証実験の目的

電源喪失・交通途絶時における遠隔自重閉鎖の実証

○実証実験項目

- LPWA通信による遠隔操作技術(トリガー機能)の実証
- 遠隔操作による安定したゲート閉操作の実証
- 小型電源装置(UPS)による動作の確実性の実証
- システムの堅牢性の実証

●実験結果

- ① 電源喪失状態での遠隔自重閉鎖機能を確認
- ② 降雨等の気象の影響は確認されず
- ③ UPSの機能劣化(2年半経過で60%の能力)
- ④ LTE回線利用のため数秒のタイムラグが発生

遠隔自重閉鎖システムの基本構成



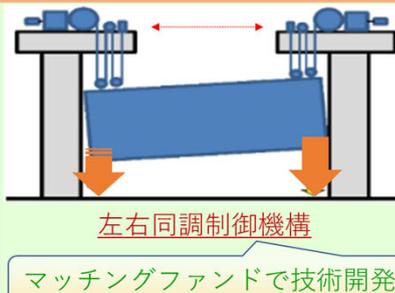
図-1 自重閉鎖システム搭載ゲート設備

図-2 遠隔監視操作機器

② 大型水門(ワイヤロープウインチ2M2D式)重量級扉体の左右同調制御技術の開発と改造試設計

○左右同調制御技術の必要性

- 扉体面積50m²以上の大型水門で開閉装置がワイヤロープウインチ式水門は、扉体降下時に左右がズレて片吊り状態となれば自力開閉不能
- 電源喪失時に遠隔操作で自重閉鎖を可能にするには、左右の降下速度を電氣的・機械的に同調させる**左右同調制御技術が必須**
- マッチングファンドで技術開発(室内実験で実証済み)



2M2D方式の大型水門例

小型水門で実証した遠隔自重閉鎖システムの基本構成をもとに、大型水門用に既存の速度制御装置や左右同調制御装置等を組合せ、**大型水門の自重閉鎖システムを構築**

稼働中の大型水門での実証実験は困難なため、実在の水門設備を対象に、機器配置も考慮した**改造試設計を実施**(1M1D式、1M2D式、2M2D式の各方式を対象)

★★ 施設管理者のシステム導入を支援するため、(一社)ダム・堰施設技術協会にて「**危機管理型水門遠隔監視・操作システム導入ガイドライン(案)**」を策定・公表

危機管理型水門管理システムの開発



研究開発チーム >> (国研) 土木研究所、(一社) ダム・堰施設技術協会、(一社) 建設電気技術協会、(一財) 沿岸技術研究センター、(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構、(国研) 水産研究・教育機構、筑波大学

③開閉状況等の画像認識技術等の開発

(国研) 土木研究所

【実施概要】

水門の遠隔操作に資する画像認識技術のうち、中・大規模水門管理者のニーズの高かった「操作時の周辺安全確認(人検知)」と「水門開閉操作の判断するための流向認識技術」の2点に着目し実施。

「操作時の周辺安全確認(人検知)」については、市販人検知A1カメラを水門操作時の安全確認に資する際に確認すべきポイント等(右図左に抜粋)をとりまとめた「手引き」を作成。

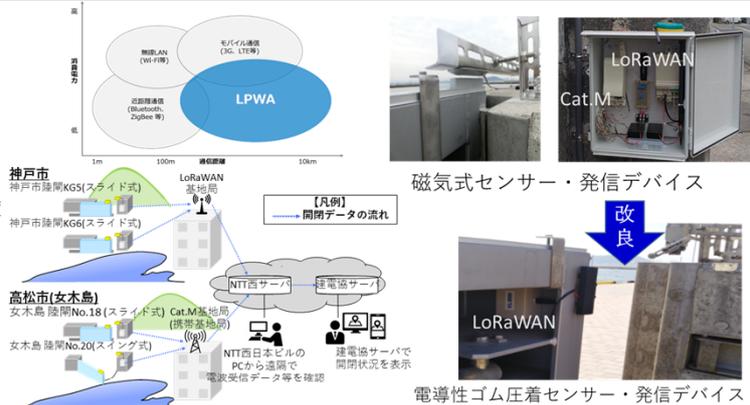
「流向認識技術」については、現場水門に流向認識システム(右図右)を長期間設置し、荒天夜間等の悪条件下での流向認識可否についての知見を得た。



(一財) 沿岸技術研究センター

【実施概要】

東日本大震災では水門・陸閘開閉操作のために多くの消防団員が犠牲となった。そこで開閉監視を遠隔から実施できるシステムを開発した。LPWA通信は少ない消費電力で遠距離通信が可能である。実験は神戸市と高松市に協力を得て2019~2022年度まで陸閘を対象に実施し、LPWA(LoRaWAN・Cat.M)が気象条件の影響を受けないこと、センサー、発信デバイスのコンパクト化への改良により施設管理者の高いニーズである簡易な取付け、低コスト化を実現した。本研究により、全国に立地する約17,500基の小規模手動式陸閘を対象とした本システムの社会実装が期待できる。



(国研) 農業・食品産業技術総合研究機構

【実施概要】

- 3Dカメラ、AI演算マイコンボードを用いて、AI演算を活用した画像認識によりゲート開度、水位を検出。
- 電源は太陽電池を用いた独立電源
- 一元監視システムとの通信は、複数のオプションを選択可能
 - ・セキュリティ確保のためモバイル閉域網通信によりスタンドアロンの管理システムに送信後、ローカル通信経路で一元監視システムへ
 - ・通常のモバイル通信を用いて直接一元監視システムへ
 - ・LoRaWANを用いて、ゲートウェイ経由で一元監視システムへ

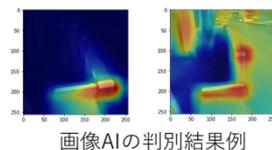


開発システムの設置状況と選択可能な通信手段

(国研) 水産研究・教育機構

【実施概要】

- 画像AIとマグネットセンサー、およびLPWAを活用した陸閘監視システムの試行
- モデル地区 漁港海岸(宮崎県延岡市)
 - 同一地区内に小規模陸閘が多数点在する典型的な地域として選定
 - カメラデバイス×3箇所(ソーラーによる独自電源で稼働)
 - 画像解析AIを搭載した小型マイコンにて現地デバイス内で開閉判別して結果を送信。電源喪失時以外はモバイル回線経由で現地映像の監視を併用し、海象状況等の変化を確認できる
 - センサーデバイス×24箇所(乾電池稼働)
 - マグネットセンサーで開閉を感知して信号を送信
 - 通信 LoRaWAN端末×27機、LPWAゲートウェイ×2機



画像AIの判別結果例



センサーデバイス



陸閘(小規模、手動が主体)



カメラデバイス