

危機管理型 水門管理システム の開発



危機管理型水門管



戦略的イノベーション創造プログラム(以下「SIP」という)は、総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮し、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラムである。

SIP 第2期は2018~2022年度の5ヶ年計画で進められ、12研究課題の1つ「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」のうち「Ⅵ. スーパー台風被害予測システムの開発」において、4つのサブテーマの1つ「**危機管理型水門管理システムの開発**」に、7つの機関で取り組んできた。

国家レジリエンス(防災・減災)の強化

国家全体の災害被害を最小化するため、衛星、AI、多種多様な情報を活用し、災害の予測情報を生成・共有する国向けの避難・緊急活動支援統合システムと地域特性を入れた市町村向けの災害対応統合システムの構築等を行い、社会実装する。

12の研究課題の一つ

研究開発項目：Ⅵ. スーパー台風被害予測システムの開発

気候変動により発生が懸念されるスーパー台風等を対象とした、自助・共助・公助による自立的な避難行動や最善の広域応急対応の実現に向けて、様々な観測データを利用し合理的なデータ処理を施すことで、スーパー台風の進路予測を用いた河川水位や高潮・高波、さらに浸水エリアを予測するとともに、ダムや水門の連携・一元化による運用・操作機能も装備したスーパー台風被害予測システムを三大湾等への社会実装も考慮し開発する。

7つの研究テーマの一つ

サブテーマ：危機管理型水門管理システムの開発

水門設備は、人の生活に密接な関わりを持ち、治水・利水などの目的で設置され、その種類も多様であり、さまざまな管理者によって管理運用されている。

本研究開発では、大規模災害時における電力・通信インフラの機能喪失、交通の途絶などの危機的な状況下においても、確実に水門の機能を発揮できる仕組みを開発するものである。また、水門の開閉情報を一元的に集約監視できるシステムの実現を目指すものである。

4つのサブテーマの一つ

背景と目的

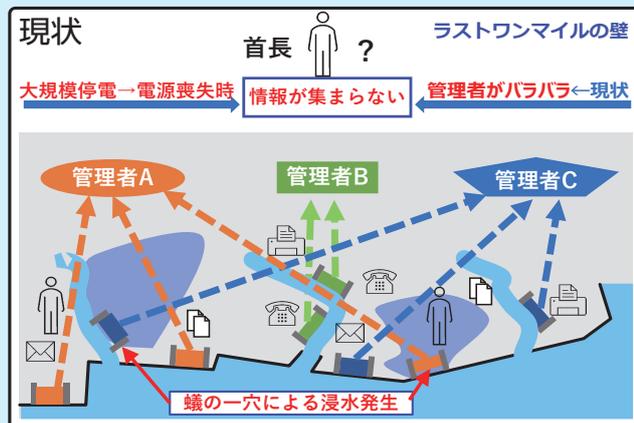
■スーパー台風襲来時に求められる電源喪失・情報遮断を想定した危機管理

悪条件下でも被害をゼロにする優先的かつ効果的な対策の実施

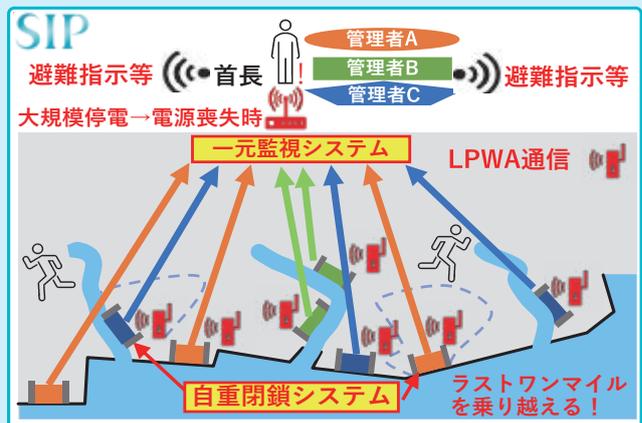
課題 ①低コスト・堅牢性の確保、②省庁連携の取組が必須

目的1：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

目的2：水門等の確実な閉鎖(蟻の一穴をつくらない)による氾濫の防止



- ◆ 行政機関・所管部署毎に個別に管理
- ◆ 夜間・暴風雨時に現場での操作は危険
- ◆ 電源喪失時に遠隔から閉鎖できない
- ◆ 操作員の高齢化・担い手減少



逃げ遅れゼロ、社会経済被害最小化の実現

理システムの開発

技術目標と実施内容

1 水門・陸閘等の開閉一元監視システムの開発

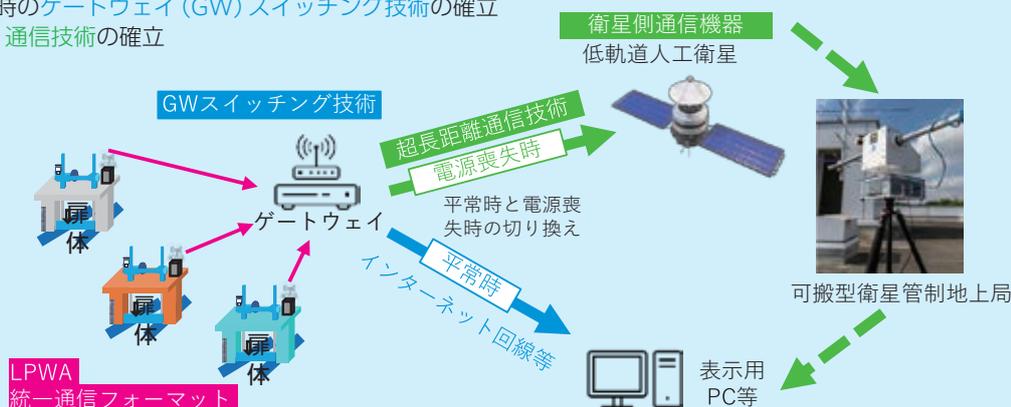
災害時に異なる施設管理者の水門等の開閉状況を一元監視できる仕組みを三大湾のいずれかに実装するとともに、全国で展開可能とする。さらに広範囲な電源喪失に対応可能な多目的低軌道人工衛星を介したLPWA中継の実現に必要な模擬実験を行うとともに、国際展開・異分野展開を見据えた共通プロトコルによる展開を目指す。

〈実施機関〉

(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、筑波大学

コア技術

- ①低コストで実現する LPWA 統一通信フォーマットの規格化
- ②平常時・電源喪失時のゲートウェイ (GW) スwitching技術の確立
- ③衛星による LPWA 通信技術の確立



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

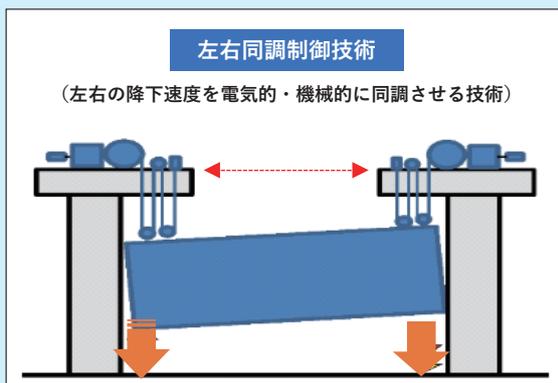
動力源喪失や交通途絶等の危機的状況下でも確実に水門操作できるよう、自重降下やカウンターウェイト等の組合せによる水門閉鎖を遠隔操作で行うシステムを開発する。

〈実施機関〉

(一社) ダム・堰施設技術協会

コア技術

- ①電源喪失時の遠隔操作による自重降下切替え技術の確立
- ②大形水門の左右同調制御技術の開発



3 開閉状況等の画像認識技術等の開発

水門に設置された監視カメラの映像や LPWA 無線通信に対応したセンサー等を活用して、水門の遠隔操作や閉鎖状況を確認するために必要な技術を開発し、開閉一元監視システムに活用する。

〈実施機関〉

(国研) 土木研究所、(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

社会実装 >>> 技術基準：ガイドライン等に基づき施設管理者が技術を採用

▶ 次ページ以降に、各実施機関が取り組んだ研究開発内容を紹介いたします。

水門・陸閘等の開閉一元監視システムの開発

(一社) 建設電気技術協会

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、また管理者も多岐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
避難指示の判断!!

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 1Byte、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 11Byte 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。
1Byte (8bit) 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
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
	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8	1:2:3:4:5:6:7:8
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	接点データ数	NNNNNNNNNNNNNN	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 2Byte (16bit 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 5Byte 目の前半 4bit 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)

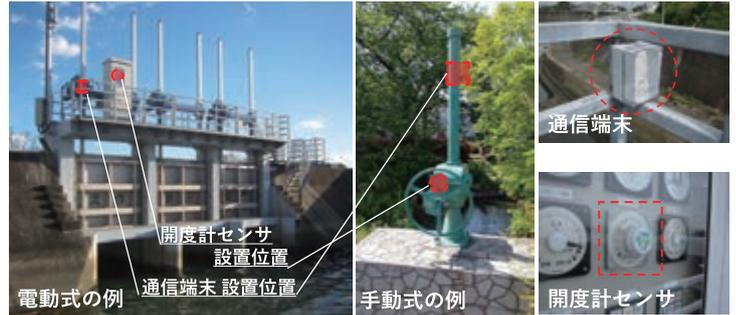
4bit 目: 予備

○情報部 : 情報部は、5Byte 目の後半 5bit 目以降 11Byte 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。

(国研) 土木研究所

【実施概要】

- 水門・陸閘の全開状況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））
 - ※河川用水門のうち 2 か所は国所管
 - 陸閘 1 か所（港湾（1））
 - 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）

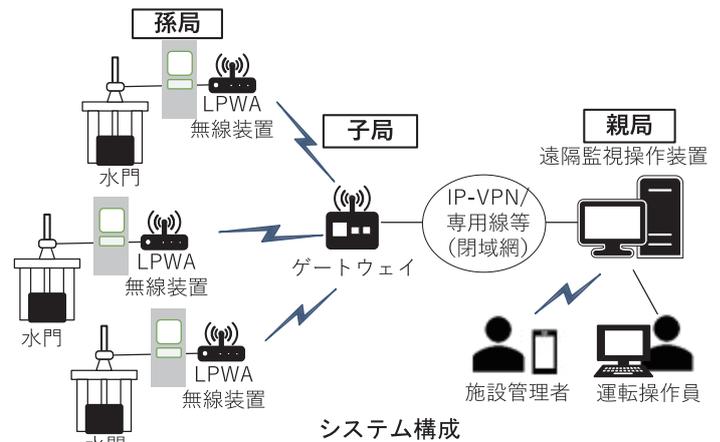


水門への開度計センサ・通信端末設置例

(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の試行
- 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

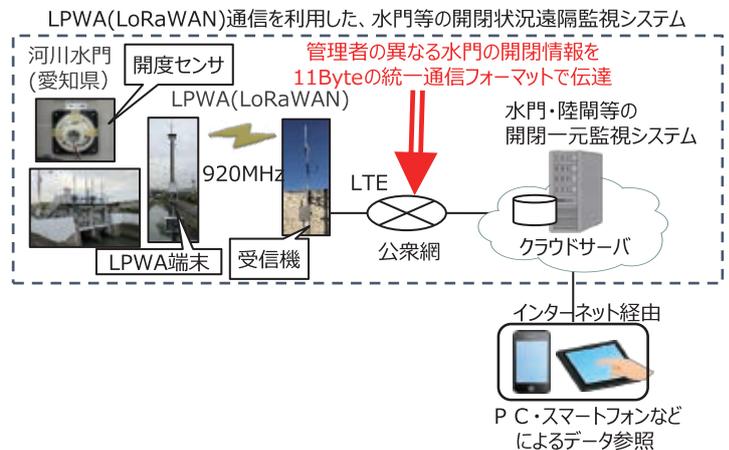


システム構成

(一社) 建設電気技術協会

【実施概要】

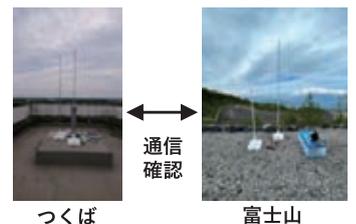
- LPWA (LoRaWAN) 通信を利用した水門等一元監視システムを構築した。
- 監視対象の水門
 - 愛知県 ①前川左岸樋門 ②平坂樋門の 2 ヶ所
 - LoRa 通信区間 ①前川左岸樋門～境川浄化センター、②平坂樋門～西尾市役所
- 受信機設置場所の選定にあたり、電波伝搬試験を行い、受信強度の測定を行った。
- 令和元年度に構築した水門等の開閉一元監視システムに、水門サブグループが監視する管理者の異なる水門等の開閉情報を 11Byte の統一通信フォーマットで伝達集約した。



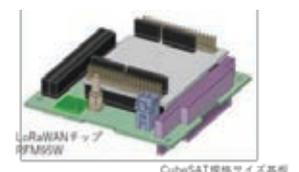
筑波大学

【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）



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

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

(一社)ダム・堰施設技術協会

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。大部分が小形（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開操作不可能

【解決のための開発目標】

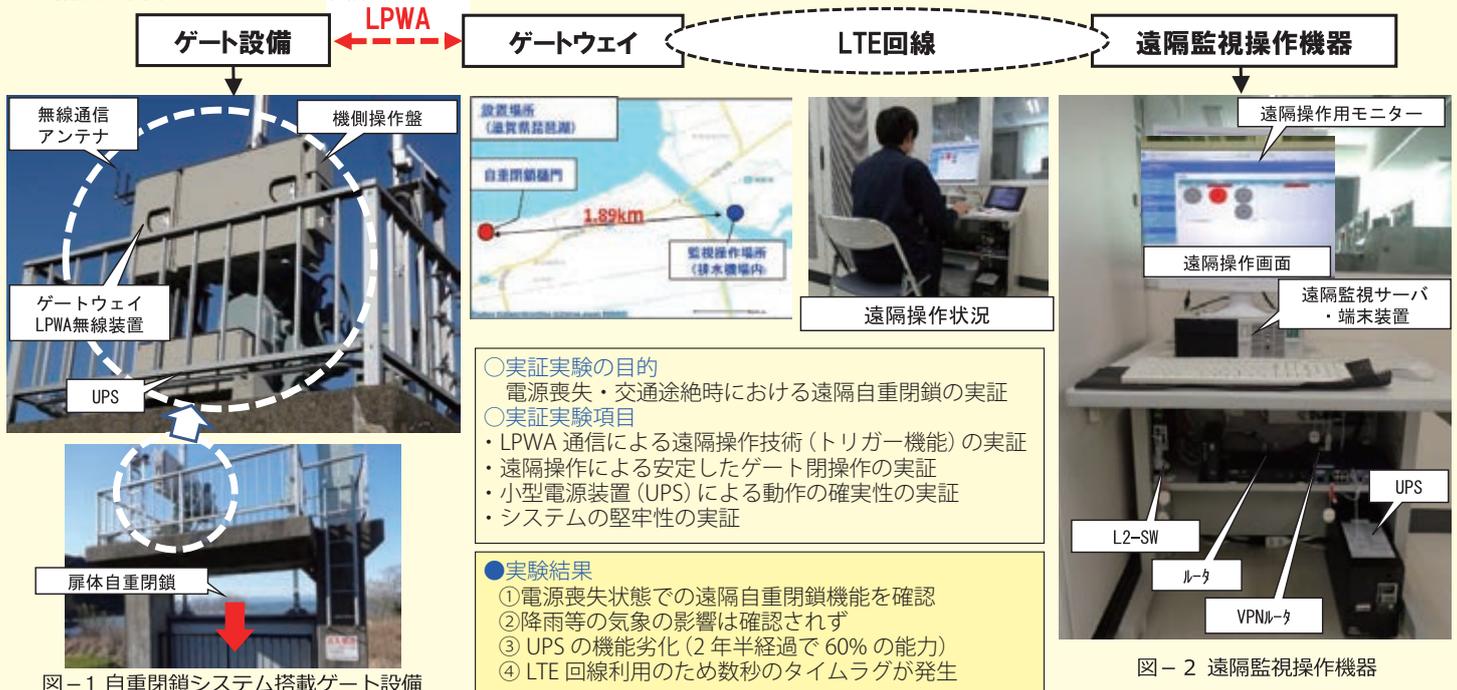
- ①電源喪失時でも遠隔操作で自重閉鎖装置を稼働できるシステムの構築。
- ②大形水門において安全に扉体を降下できる技術（左右同調制御技術）の開発。

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！！

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

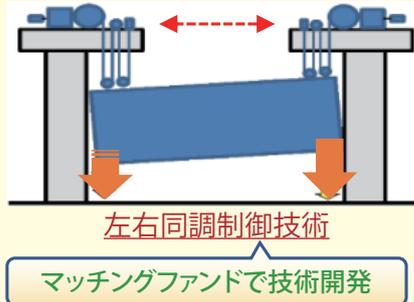
遠隔自重閉鎖システムの基本構成



②大形水門（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 以上の大形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）



小形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、大形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、大形水門の自重閉鎖システムを構築

稼働中の大形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「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

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AI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。



人検知AIカメラ選定のポイント(抜粋)

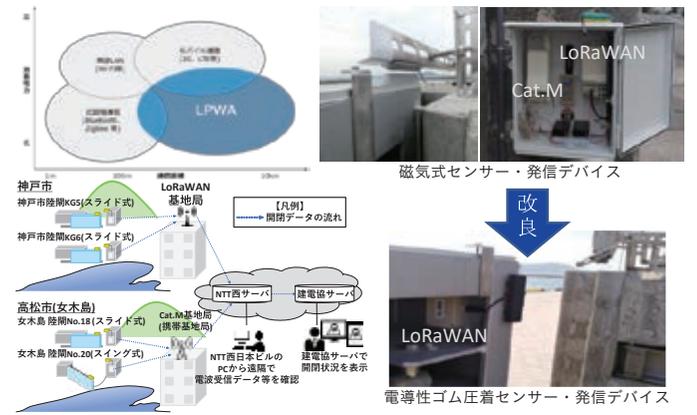


流向認識システム

(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。



電導性ゴム圧着センサー・発信デバイス

(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存在する典型的な地域として選定した。

○カメラデバイス×3箇所(ソーラーによる独自電源で稼働)

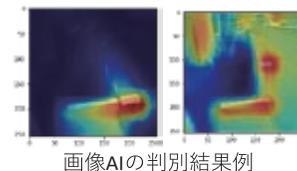
画像解析AIを搭載した小型マイコンにて現地デバイス内で開閉判別して結果を送信。電源喪失時以外はモバイル回線経由で現地映像の監視を併用し、海象状況等の変化を確認できる。

○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



陸閘(小規模、手動が主体)

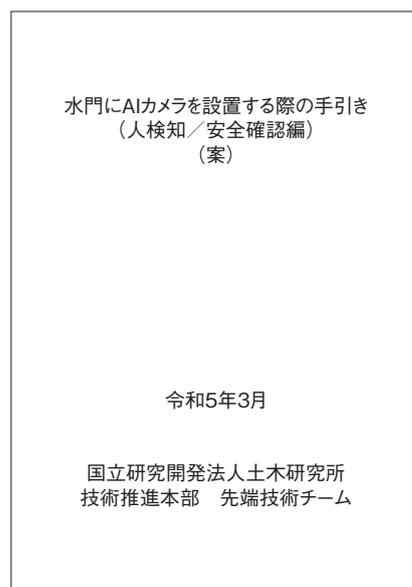
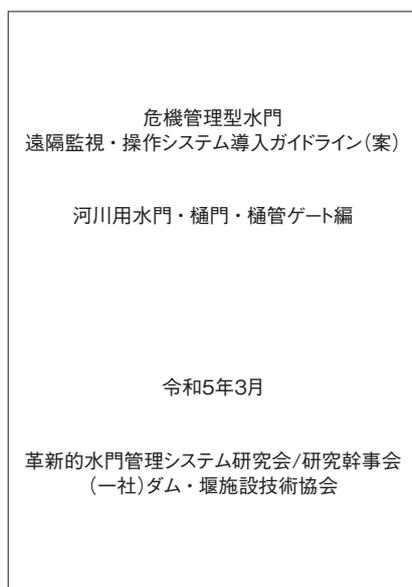
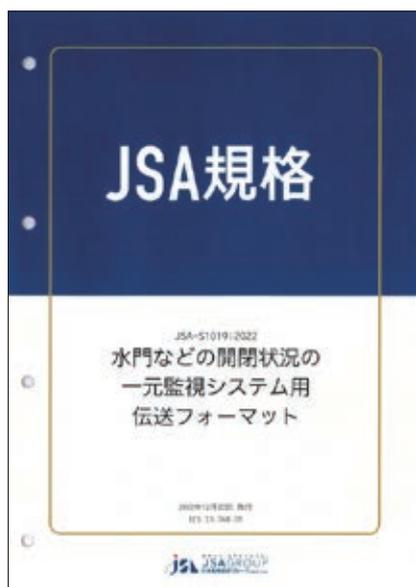


センサーデバイス



カメラデバイス

本研究で作成した規格・手引き



※近日公開予定

※近日公開予定



SIP 第2期 「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」
研究開発項目VI. スーパー台風予測システムの開発
<https://www.jice.or.jp/sip>



研究開発項目VI. 2022年度研究成果 全体概要
<https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/sip/sip05.pdf>



高潮・高波ハザード予測システムの開発
<https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/sip/sip06.pdf>



河川・ダム of 長時間洪水予測・防災支援システムの開発
<https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/sip/sip07.pdf>



危機管理型水門管理システムの開発
<https://www.jice.or.jp/cms/kokudo/pdf/sip/sip08.pdf>

長時間・広域洪水予測システム

統合ダム防災支援システム

問合せ先(窓口) ◆ (国研)土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム
Email:sentan@pwri.go.jp

危機管理型水門管理システム 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