

# 排水施設の広域遠隔監視制御システムの開発

## Development of Remote Supervisory Control System for Drainage Facilities in Wide Area

エレクトロニクス事業部 清水 祐次郎\*<sup>1</sup> 堀 慎一郎\*<sup>1</sup>  
高砂製作所 小川 健男\*<sup>2</sup> 前本 勝由\*<sup>3</sup>

河川流域内の複数排水施設（排水機場、水門等）を少人数で集中監視する広域遠隔監視制御システムについて、その概要と、特に広域遠隔監視制御を実現するための主要機能である最適運転監視機能と最適運転計画機能について述べる。監視機能については、少人数での監視信頼性を維持するため、全体監視と各機場監視の体制や運転員の思考モデルに基づくヒューマンインタフェースを提案した。またポンプやゲート制御の計画作成支援のための計画機能については、流域物理モデルの解析による予測シミュレーションに基づく機場、水門等の設備の制御最適化技術を開発し、シミュレーションによりその有効性を確認した。

We developed a remote supervisory control system for drainage facilities (pump stations, gates, etc.) in wide area. To maintain the reliability of monitoring facilities with a small number of operators, we proposed a system sharing central and local monitoring tasks and applied the operator's mental model to design and control human interface. And, to support the operators' planning tasks to control pumps and gates in a river basin, we applied a predictable simulation method with a physical model of the river basin. Through a simulation we confirmed that the ability of this method is useful for optimum control with cooperative operation of some drainage facilities.

### 1. ま え が き

近年、排水機場（以下、機場と称す）では運転員の高齢化・人員不足、あるいは都市化等の流域形態の変化による出水の早期化等の問題が生じている。このような観点から、運転員の少数化と排水遅れの回避等の排水操作信頼性向上を目的とする広域複数機場の遠隔監視制御（以下、遠制と称す）の必要性が高まっている。

一方、各産業分野においては、システムの高度化に伴う“人間の疎外”が様々な弊害を生み出している。そして、これらの反省から人間中心の設計が見直されている。この問題は上下水道分野でも例外ではなく、特に遠制で監視制御の高度化を目指すうえで、従来の機械系の信頼性のみではなく、人間を含めたシステム全体の信頼性向上を図る設計が不可欠となる。

そこで、プラントメーカーとしての技術・経験を十分に生かし、“人にやさしいシステム”とするため遠制システムの開発を進めている。

### 2. 広域遠隔監視制御システムの概要

#### 2.1 開発の目的

広域遠隔監視制御システム（図1参照）の開発の目的を以下にまとめる。

- (1) 流域全体の総合的な監視による排水操作の迅速性、確実性、及び信頼性の向上
- (2) 運転支援装置<sup>(1)</sup>の導入による運転・管理の合理化、容易化、及び省人化
- (3) 最適ヒューマンインタフェース（以下、HIと称す）による、少人数監視時の信頼性向上

#### 2.2 遠制対象機場の運用体制

本システムでは、流域内の機場及び工事事務所を以下のように分類した運用体制を考える。これら各々の機能、通信形態をまとめたシステム構成を図1に示す。

- (1) センター機場（親局）

管轄流域排水のためのポンプ制御に加え、流域内のポンプ・水門等設備全体の集中監視制御を行う。運転員は常駐とし、流域全体状況、及び各機場状態について、各々1名以上による監視制御を行う。

- (2) ローカル機場（子局）

管轄支流排水のためのポンプ制御のみを行う。運転員は非常駐とし、降雨時の初期対応を遠隔制御にて行い、その後センター機場からの指示で巡回中の運転員を派遣する。

- (3) 工事事務所

水利・水文（降雨流出過程の解析）情報を含めた情報収集、統計処理、それに基づく流域施設の運転・保守計画作成、非常時の警戒・安全監視等を行う。

#### 2.3 システム導入の方針

本システムの対象機場は既設プラントが多いので、現状の運転支援装置等の機能をベースに以下のような段階的な機能追加を行っていくものとする。

- (1) ステップ1

- 機場内 LAN の構築による ITV カメラ・センサ情報の収集
- 運転支援装置による運転・故障対応・記録情報管理支援機能の導入

- (2) ステップ2

機場・工事事務所間の光ケーブル接続による通信機能の確立

- (3) ステップ3

各機場ごとの自動運転機能の導入<sup>(2)</sup>

- (4) ステップ4

センター・ローカル機場間の情報通信による遠隔監視制御機能の導入

#### 2.4 主要機能

2.1節で述べた本システム導入の目的の実現のために、以下の必要機能についての開発を行った。

- (1) 最適運転監視機能

センター機場では、ローカル機場や河川情報センターとの通

\*1 開発・製造部制御システム二課

\*3 水車ポンプ部開発メカトログループ

\*2 水車ポンプ部ポンププラント設計課



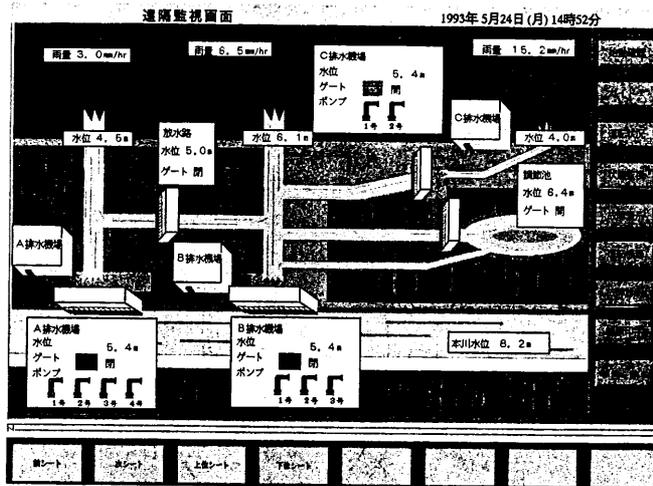


図2 流域全体監視画面 遠隔監視制御の対象流域全体の降雨・水位・運転情報等を表示する監視画面。  
Display image for monitoring all basin area

#### 4. 最適運転計画機能

##### 4.1 流域制御最適化の目標

本機能の概要については2.4節で述べたが、ここでの流域の排水最適化とは、“降雨時、本川・支川水位を維持し、流域全体での出水を防止するために、機場・水門制御の最適な組合せを決定すること”と言える。これをより具体化した目標を、以下に挙げる。

- (1) 河川(本川及び支川)水位を安全水位内に維持すること。
- (2) 排水機場貯水池, ダム, 調節池等の水位を安全水位内に維持すること。
- (3) さらに、より適切な運転目標として、機場ポンプ・水門のOn/Off制御の切換え回数を低減すること。

##### 4.2 流域制御最適化の手法

本機能では、①流域状態の予測と②予測結果に基づく機場・水門制御の組合せ最適化を5min, 10min等の一定時間間隔で行い、動的な対象である流域の制御最適化を図る。

###### (1) 流域状態の予測

AMeDAS等からの予測降雨情報、流域内の降雨・水位情報、さらに現在の設備稼働状況をオンラインで入手する。また、本川水位や各機場への流入量に影響する水門について、将来の可能な制御パターンを複数決定する。そして、先の情報を与えた流域モデルにより各制御パターンごとの予測シミュレーションを行い、流域内主要点の水位・流入量を予測する。このモデルは、従来からの開水路解析モデルに学習手法による調整機能を与えたもので、精度向上を図っている。また、処理の効率化のために、動的計画法<sup>(4)</sup>によるパターンの絞り込みを行っている。

###### (2) 設備制御の最適化

まず、(1)の水門制御パターンごとのシミュレーション結果の中で、各施設の水位維持・制御切換え回数の観点から最適な水門制御パターンを決定する。次に、最適パターンでの水位・流量の予測結果に対し、各機場ごとの簡単な数式モデルにて、最適なポンプ制御パターンを同じく水位・制御切換え回数の観点から決定する。

以上の処理の流れと評価関数を図3に示す。

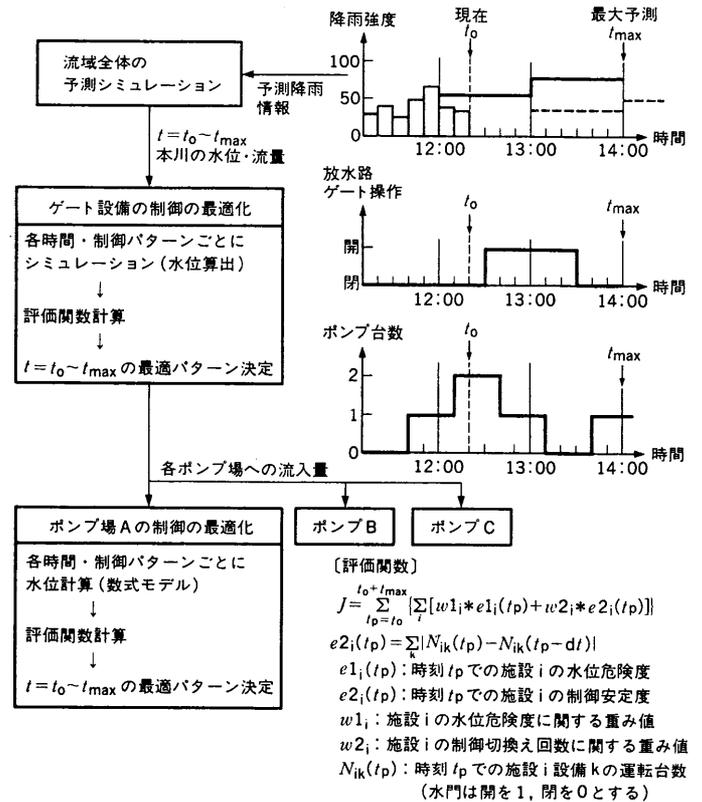


図3 流域制御最適化の処理の流れと評価関数 最適運転計画機能における流域制御最適化のための処理の流れと評価関数。  
Optimum algorithm of control drainage plants in basin and function of estimation

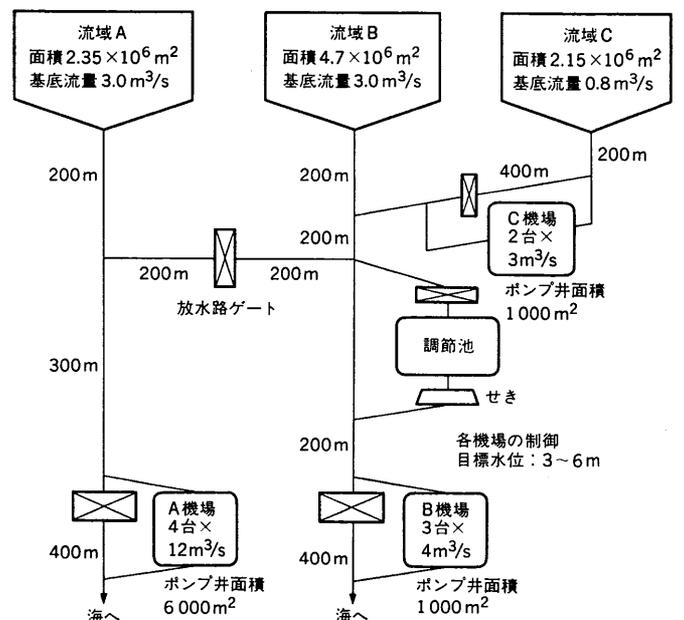


図4 流域シミュレーションモデル 流域制御シミュレーションに用いた代表的な流域モデル。  
Simulation model of a river basin

##### 4.3 制御最適化のシミュレーション

以上の手法による本機能の検証を行うために、流域制御のシミュレーションを行った。

###### (1) 流域モデル

本モデルは、図4に示すように流域3, 支川3, 本川1, 機場3 [ポンプ各4, 3, 2台, 吐出樋門(ひもん)各1], 放水路

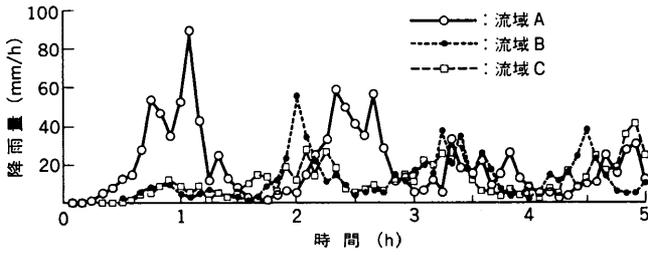
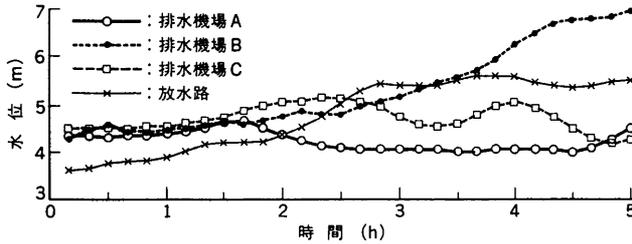
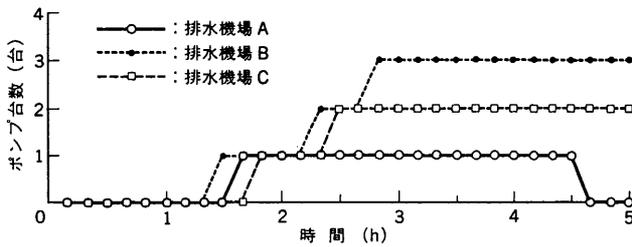


図5 降雨データ シミュレーションに用いた降雨強度データ。  
Rain data for simulation



(a) 排水機場・放水路水位 (水位制御)



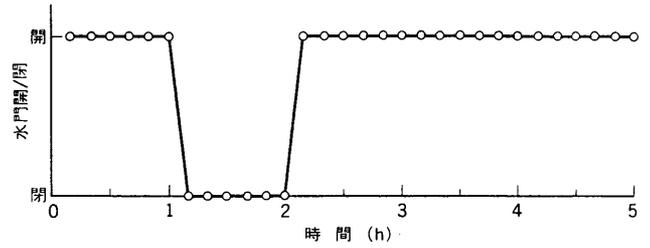
(b) ポンプ運転台数 (水位制御)

図6 水位制御シミュレーション結果 機場ポンプ井の水位制御によるシミュレーション結果としての各施設水位及びポンプ運転台数。  
Result of simulation with level control method : (a) Level data of pump plants and canal (b) Pump operation data

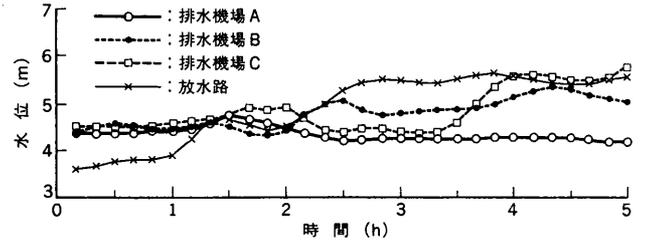
1 (水門1) という構成であり、流域に必要な河川・施設等の代表的要素、及び各々の連携による制御最適化が可能となる各施設の代表的位置関係を含む総合的なモデルを用意した。

(2) シミュレーション結果

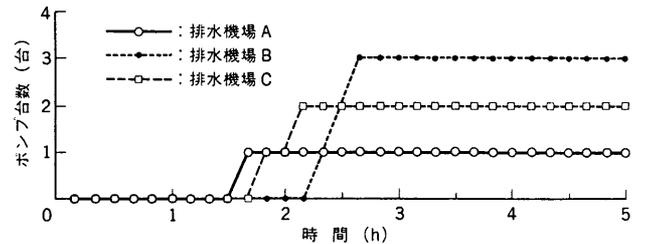
図5の降雨データに対し、まず水門制御なし(常時開)で機場ポンプ井の水位制御のみを行った結果を図6に示す。この場合、制御目標水位3~6mに対し、B機場で上限を超えている。これに対し、予測シミュレーションによる最適制御結果を図7に示す。本モデルではA機場の貯水量をB、Cの6倍と仮定しているの、流域Aの初期降雨に対して放水路を開→閉、さらにその後のB、Cの降雨に対し閉→開とし、B機場への流入を貯水量の大きいA機場側に負担させることで、3~6mに水位を維持できていることが分かる。また、A、Bのポンプ運



(a) 放水路水門制御パターン(最適制御)



(b) 排水機場・放水路水位 (最適制御)



(c) ポンプ運転台数(最適制御)

図7 制御最適化シミュレーション結果 流域制御最適化によるシミュレーション結果としての水門制御パターン、各施設水位及び、ポンプ運転台数。  
Result of simulation with optimum control method : (a) Canal gate operation data (b) Level data of pump plants and canal (c) Pump operation data

転も図6に比べ均等化されている。

5. あとがき

広域遠隔監視制御システムの開発について紹介した。今後、目標とする“人にやさしいシステム”により一層近づけるべく開発を続け、実機適用を目指す所存である。

参考文献

- (1) 穂坂, 高見ほか, ポンププラント故障診断システム, 三菱重工技報 Vol.26 No.2 (1989) p.91
- (2) 堀ほか, 雨水排水機場の人工知能応用制御, 三菱重工技報 Vol.29 No.2 (1992) p.106
- (3) Rasmussen, J., インタフェースの認知工学, 啓学出版 (1990) p.9
- (4) Elgerd, O. I., 制御システム工学, ラテイス社 (1969) p.540