

## <特集>

# 流入量予測ポンプ自動運転システム

Automatic control system of stormwater pumps by estimating of wastewater influent

中山 明夫<sup>1</sup>, 倉持 昭人<sup>1</sup>, 時盛 孝一\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>東京都下水道局, <sup>2</sup>三菱電機株式会社

Akio Nakayama<sup>1</sup>, Akito Kuramochi<sup>1</sup>, Koichi Tokimori\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government, <sup>2</sup> Mitsubishi Electric Corporation

### Abstract

The roles of stormwater pumps is to prevent inundation by drawing away stormwater swiftly in pumping stations and water treatment plants. However, skillful operators run them by their intuition and experience in many cases because pumps have various restrictions about operation. Accordingly, we examined new methods of wastewater influent estimation and automatic control system of stormwater pumps by simulations.

This method can estimate influent to a plant by just a rainfall intensity in various rain cases, and that because a number of parameters is fewer than before in the estimating expression, the calibration is easier.

Meanwhile, an automatic control method of stormwater pumps can operate automatically by considering both influent estimation value and pump operation restrictions. And by indicating run or stop plan of pumps until ten minutes before and later on CRT device and so on, operators can use this system with a sense of relief.

**Key Words** : preventing inundation, wastewater influent estimation, automatic control

## 1. はじめに

下水処理場・ポンプ場の雨水排水ポンプは、的確に運用して浸水を防止することが求められているが、雨水ポンプには様々な運転制約があり、降雨状況をもとに雨水の流入を予測・先取りした操作が必要となる。したがって、熟練運転員の長年の経験に頼って手動で運用されている機場も多い。

そこで、近年進歩が著しい計算機とシミュレーション技術を使って、新しい流入量予測手法に基づく雨水ポンプ自動運転システムを開発した<sup>1)</sup>。本論文で紹介する流入量予測手法は、処理場の地上雨量計データのみで、少雨から豪雨まで適用可能な降雨適応型の流入量予測手法であり、降雨強度だけで流入量を予測する。従来の演算

方法に比べて使用するパラメータ(演算係数)も少ないため、実データとの合わせ込みが容易となった。一方、流入量予測に基づくポンプ運転自動制御手法は種々の運転制約条件を組み入れており、制御演算の進行状況を運転員に理解しやすい形式でCRT画面へ表示する。今回は、本システムに関して報告する。

## 2. 降雨適応型流入量予測

### 2.1 降雨適応型流入量予測手法

雨水排水施設に流入する雨水量を予測する代表的な手法として、物理的な意味合いが分かりやすいRRL(Road Reserch Laboratory)モデルは計画分野を中心に最も多く使用されている。しかし、対象となるパラメータが多いために、調整に多大な費用と時間を要していた。

そこで、我々はモデルの物理的な意味合いや精密さよりも、実データとの合わせ込みが容易な演算方式を採用

\* 〒100-8310 東京都千代田区丸の内 2-2-3 三菱電機ビル  
TEL : 03-3218-2153 FAX : 03-3218-2594  
E-mail : Koichi.Tokimori@hq.melco.co.jp

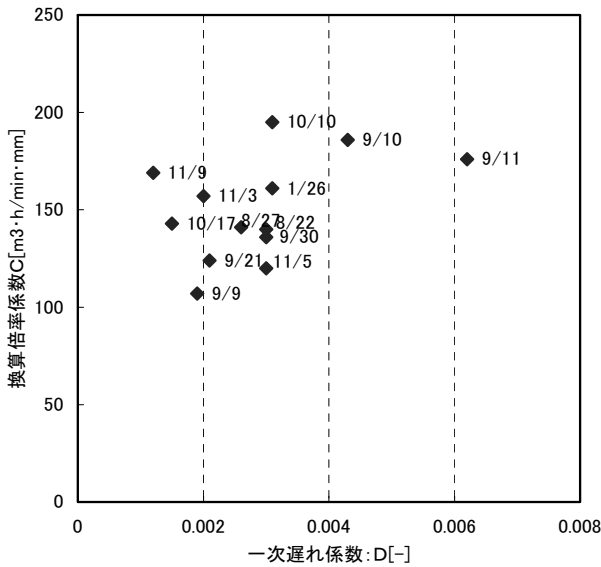


Fig.1 演算パラメータ算出結果

することとした。地域に降った降雨が幹線に流入する状況を、1個の線形貯水池(貯水量に比例した水が流出する貯水池)としてモデル化<sup>2)</sup>し、この一次の線形応答モデルを流入量を予測する式として、以下のような予測式を立てた。

降雨強度の計測データ  $R$  が与えられると、 $s$  秒後の流入量の予測値として  $Q_{in\_est}$  を求めることができる。ここで、流入量予測に使用する過去時間  $s$ (sec)、一次遅れ係数  $D$ 、換算倍率係数  $C$  が同定すべきパラメータとなるが、ある処理場の少雨から豪雨までの様々な降雨時の実データに対して、このモデルを使用して予測誤差(流入量  $Q_{in\_est}$  の予測値と実績値の平均二乗誤差)が最も小さくなるパラメータ  $D, C$  を求めた結果、パラメータ  $D, C$  の最適値は降雨状況によって変化することを見出した(Fig.1)。

このことから、パラメータを固定した場合、予測精度が低下することが予想される。逆に、刻々変化する降雨状況に応じて適切にパラメータを切り替えて流入量を予測すれば、あらゆる降雨状況に対して精度の高い予測が期待できる。

そこで、パラメータ  $D, C$  を適当なメッシュで分けし、

$$A_1 \frac{dQ_{in\_est}}{dt} + A_0 \cdot Q_{in\_est} = B \cdot R(t-s)$$

$Q_{in\_est}$ : 流入量予測値  $R$ : 降雨強度

$A_0, A_1, B$ : 定数

$$R_{firstlag}(t) = D \times R(t-s) + (1-D) \times R_{firstlag}(t-10)$$

$$Q_{in\_est}(t) = C \times R_{firstlag}(t)$$

$R_{firstlag}$ : 降雨強度一次遅れ値

$D$ : 一次遅れ係数

$C$ : 換算倍率係数

← 同定すべきパラメータ!

Table1 パラメータ  $D, C$  の組合せ

	D	C
パターン1	0.0018	155
パターン2	0.0033	134
パターン3	0.0047	180
パターン4	0.0070	173

その平均値を代表的なパラメータ値として用意する

(Table1)。そして、算出した各パターンでの流入量予測を同時に行い、過去数分間の流入量予測値と実績値との誤差が最も小さいパラメータを、現状の最適パラメータとして選出する。そして、そのパラメータから得られた流入量予測値を、現時点の流入量予測値とする手法とした。

## 2.2 結果

実際の処理場データを用いて、上記手法で流入量予測シミュレーションを行った結果を示す。

最新の10分間の流入量予測値と実際の流入量との平均二乗誤差が最小となるパターンを選択するように  $D$  と  $C$  を切り替えながら、流入量を予測した結果を Fig.2 に示す。流入量実績値(演算結果)との比較を行ったところ、降雨状況に応じてパターンを切替える(Fig.3)ことにより、少雨から豪雨の何れの状況においても、流入量を精度良く予測できていることが分かる。

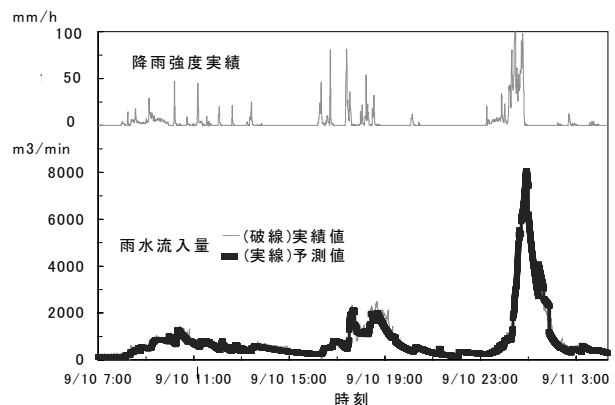


Fig.2 流入量予測シミュレーション結果

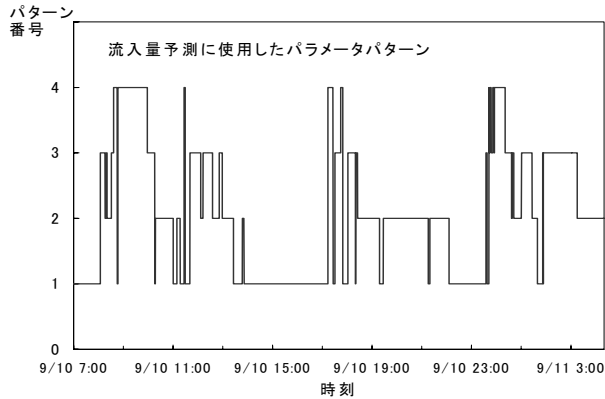


Fig.3 パラメータの切り替わり結果

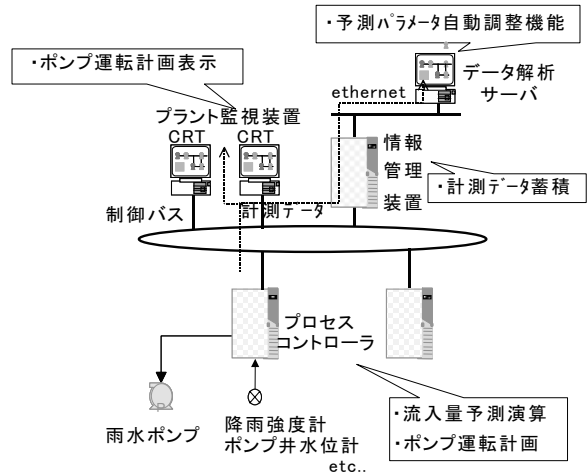


Fig.5 システム構成

### 3. ポンプ運転自動制御

#### 3.1 ポンプ運転自動制御手法

あらゆる降雨状況に対して、ポンプ井の水位を目標水位幅の中に収めるためには、流入量に等しい水量を揚水すればよい。予測誤差の影響などにより、ポンプ井の水位が目標水位から外れた場合は、その分だけ揚水量を加減すれば（ポンプ井水位が高ければ、流入量よりも多めの量を揚水すれば）よい。

また、各ポンプが任意の時点で運転・停止を行えるのであれば、現時点で必要な揚水量を算出し、現時点の実

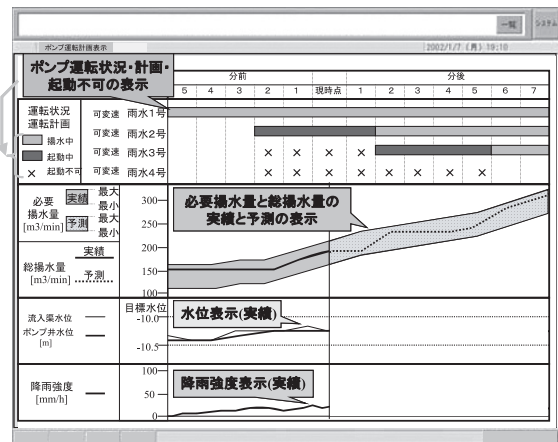


Fig.6 ポンプ運転計画表示画面

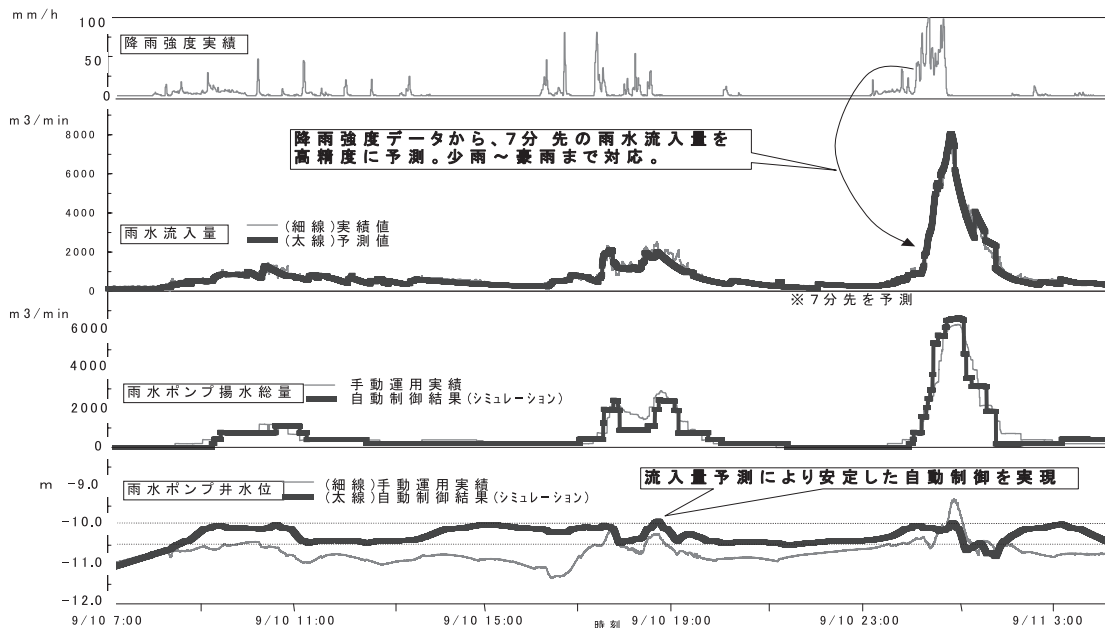


Fig.4 ポンプ自動制御シミュレーション結果

揚水量との差から追加運転・停止するポンプを決定することができる。しかし、ポンプには個々に起動時間や再起動防止時間、同時起動防止等の様々な運転制約があり、これらを考慮してポンプの起動・停止を行う必要がある。そこで、これらのポンプ運転制約を満足しつつ、流入量予測と現状水位から求められる必要揚水量を揚水するポンプ運転自動制御手法を検討した。すなわち、流入量予測値に目標水位幅内に収めるための補正揚水量を加えてポンプでの必要揚水量を求め、次にその量を揚水するためのポンプを、各ポンプの運転状況・運転制約を考慮して選択する。

### 3.2 シミュレーション結果

実際の処理場データを用いて、3.1で述べた手法で運転を行った場合のポンプ自動制御シミュレーションを行った。シミュレーション結果と実運転実績を比較した結果をFig.4に示す。少雨から豪雨といった様々な降雨状況に対応してポンプが的確に運転され、ほぼ目標範囲内に水位が保たれている。実際の運転では、ポンプ起動のタイミングとポンプ井水位変化の追従にタイムラグを生じた箇所も見られるが、自動制御ではこれが解消されている。

## 4. 実施への導入事例

本システムは、平成17年4月に東京都小菅水再生セン

ターへ導入している。システム構成をFig.5に示す。

また、Fig.6にポンプ運転計画の表示画面例を示す。10分程度先までのポンプの運転・停止情報と必要揚水量の上下限值、ポンプ総揚水量、降雨強度等が一覧できるようになっている。また、ポンプ運転計画には、ポンプの運転停止予定、起動中や再起動防止等により起動不可の時間帯であることなどが表示される。運転員は、この画面を一覧するだけで、本システムがどのような予測を行い、どのようなポンプ運転計画を立案しているかが一目で分かり、システムを安心して使用することができる。

## 5. おわりに

流入量ポンプ自動運転システムについて、その概要とシミュレーションによる検証結果について報告した。本システムは雨水排水施設の安定運用に貢献すると共に、雨天時対応の運転員の省力化に寄与するものとする。平成17年度より実プラントでの評価を行っていく予定である。最後に、本システムの検討にあたり、資料およびデータの提供など、ご協力頂いた関係者の皆様に感謝の意を表します。

### [参考文献]

- 1)三菱電機：平成15年度公共システム研究会，降雨時対策システム，(2003)
- 2)水理公式集・昭和60年版：(社)土木学会，11-23，151-172，406-412、