

下水ポンプ場におけるファジィ制御の応用について

深野 司

東京都下水道局 施設建設部 設備設計課

東京都新宿区西新宿 2-8-1

概 要

下水処理システムにおいて、ポンプ場は二つの目的を持っている。すなわち、

- ① 流入する汚水を終末処理場へ中継するためのポンプアップを行う。
- ② 流入する雨水を河川等に排除するためのポンプアップを行う。

ポンプ場における運転は、これら流入する汚水、雨水に応じてポンプ台数、回転数等を制御して流入水量に追従したポンプ能力の確保が必要となる。このため①流入止水扉（ゲート）開度、②ポンプ回転数、③ポンプ台数などを制御要素としているが、雨水が混入する合流式下水道においては、天候等による流入水量の変動が大きく、またこれらの要素が相互に干渉し合うためスムーズな制御が困難である。そこで、従来行われているPID制御に加え、より適確な運転を目指しファジィ制御を導入した。ファジィ制御の導入によって従来とは異ったスムーズな運転制御が可能になったので、今回報告する。

キーワード

下水処理 ポンプ場 汚水 雨水 合流式下水道 ファジィ制御

1. はじめに

東京都の下水道普及率は、平成3年度末、区部95%、多摩地区80%に達し、下水道事業における施設の拡張とともに、維持管理の充実化が図られている。広域的な下水道施設の信頼性を確保し、かつ効率的に維持管理するため、下水プラントへの各種の制御手法が試みられ応用されているところである。

下水処理のプラントは、まず管渠に流入する汚水は処理場に速やかに圧送し、また雨水は河川等に放流するポンプ場施設、次に汚水中の汚濁物質を除去する水処理施設、さらに水処理で発生した汚泥を処理する汚泥処理施設等がある。

なかでもポンプ場は区部67カ所に点在し、それぞれ都市化による集中豪雨時の、下水管渠への雨水流入量の増大に対応する施設の整備が進められているところである。そして、これらのポンプ場を効率的に広域的に管理するために、ポンプ場の遠方監視制御を行う必要があり、先ずプラントの自動化が不可欠である。

本報告は、東京都文京区にある湯島ポンプ場の無人化に際して、ポンプ場自動制御の一部にファジィ制御を導入し効率的運営を目指したので、その概略を紹介する。

2. 湯島ポンプ場の概要

湯島ポンプ場は昭和44年4月に創設され、文京区の大部分、千代田、新宿、台東、豊島、荒川各区の汚水を揚水し、終末処理場である三河島処理場に送水する役割の施設である。また、その汚水量は晴天時約143,600m³/日、雨天時には、その約3倍量を揚水する。

このポンプ場は、汚水揚水能力は都内で最大規模の施設であるが、敷地の関係上全地下式となっている。

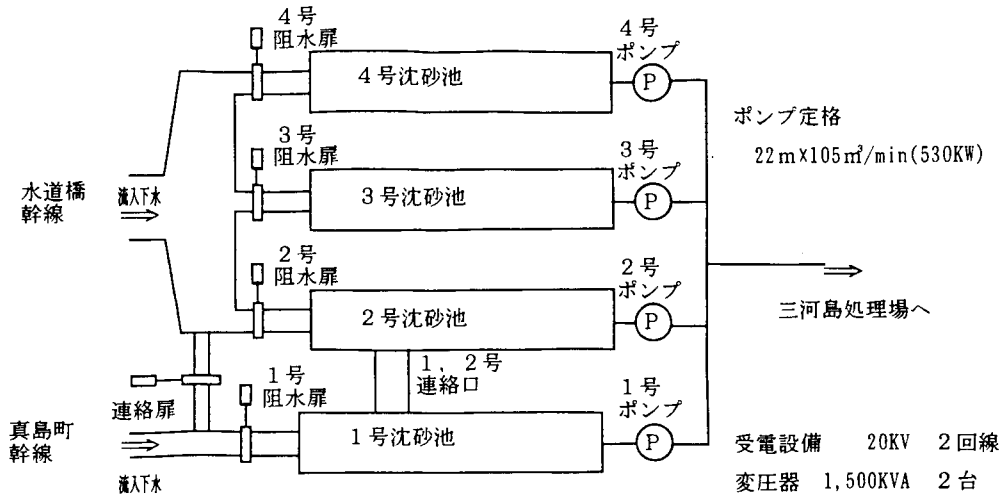


図-1 湯島ポンプ場概要

3. 従来の制御

湯島ポンプ場は、これまで常時オペレータが勤務している有人ポンプ場であり、次のような簡易な自動制御が行われていた。

①晴天時、ポンプの回転数制御を主体とした沈砂池水位一定制御（PID） ②雨天時、沈砂池水位の水位上昇に併せたポンプ台数制御

しかし、上記の制御のみでは、雨天時等の激しい流量変化が伴うとき、制御の追従性が悪く、オペレータの手動によるバックアップ運転を必要とした。

その主な内容は

①雨天時には、ポンプの能力以上の雨天時汚水が流入することがあり、この時は阻水扉によって流入量を調節する必要がある。阻水扉は、開度と流入量が線形でないためその調節は難しく、水位を監視しながらオペレータが微調整していた。

②晴天時の連絡扉による汚水の割り振りや、雨天時に生じる、幹線相互の水位差による連絡扉の調整がオペレータの操作として必要であった。

③阻水扉、連絡扉、ポンプの制御は相互に干渉する。

こうした、オペレータの調整操作は、経験的な判断要素が多く、雨天時におけるポンプ場全体の制御を自動化することは、かなり困難であるとされていた。

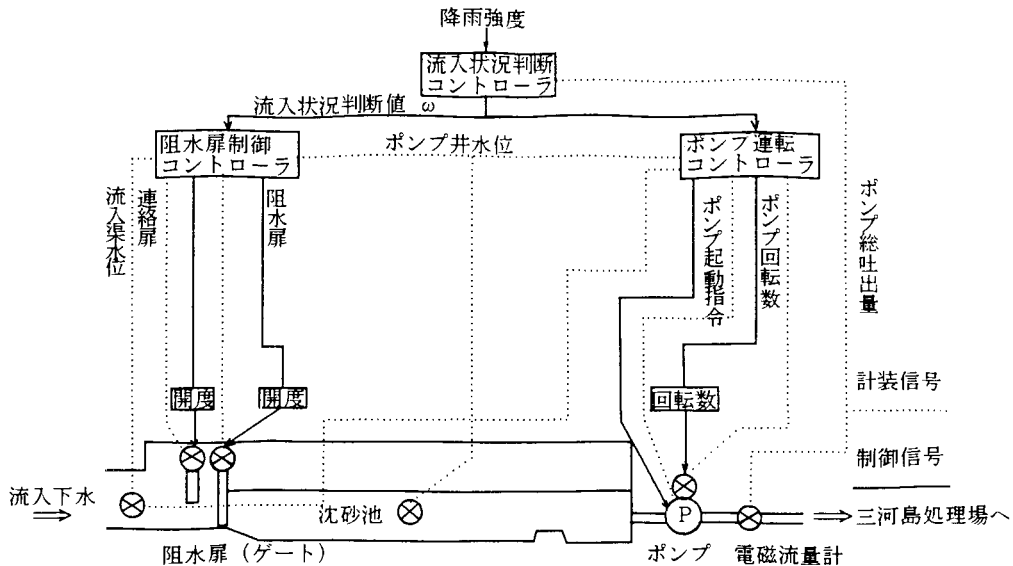


図-2 ファジィ制御概要

4. ファジィ制御システムの特徴

1) ファジィコントローラシステム

止水扉、連絡扉の開度及びポンプの制御は、流域での降雨状況（強度、時間等）によって大きく異なり、さらに各機器間で相互に干渉するため、全体的な協調制御が要求される。このため従来の制御手法では、有人操作に匹敵する信頼性が得られなかった。近年、人間的なあいまい情報を集約し、全体的な協調制御を行う手法としてファジィ制御の応用が盛んであるが、本制御においてはこの新しい制御手法の導入を試みた。

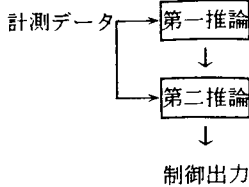
ポンプ場における流入水量は、合流式下水道のため晴天、雨天において大きく変動する。これら変動に対処するため、具体的なファジィ制御システムの形態として図-2のように降雨強度とポンプ総吐出量から雨水の流入状況を判断するコントローラ、及びその結果とポンプ井水位、流入渠水位の変化率により、ポンプ及び止水扉の制御を推論演算するコントローラに階層化した。

2) ファジィコントローラの機能

- | | | |
|-------------|---|--|
| 状況判断コントローラ | ： | 降雨強度とポンプの総揚水量から流入状況を推論する。
入力2点、出力1点、制御規則25点 |
| 止水扉制御コントローラ | ： | 幹線水位、ポンプ井水位やその変化率等から止水扉、連絡扉の開度を推論する。 |
| ポンプ制御コントローラ | ： | 幹線水位、ポンプ井水位やその変化率、ポンプ回転数等からポンプの起動停止、回転数を推論する。
ポンプ及び止水扉制御コントローラで入力64点、出力17点、制御規則546点 |
| 制御（演算）周期 | ： | 1回/分 |
| 計算機の主な仕様 | ： | 工業用32bitミニコンピュータ、主記憶容量12MB、補助記憶330MB HD
OS:UNIX、記述言語:C、FORTRAN等 |

3) 階層型ファジイ推論

本システムのファジイ推論は、第一段階として全体的な流入状況判断を行い、晴天・雨天の判断重み係数 ω を求める。第二段階は、この重み係数から、制御対象の状況を考慮した出力推論を行う階層構造のファジイ制御である。階層化によるメリットとして制御規則数の低減、チューニングの簡略化があげられる。



ポンプ場では、ポンプ井の水位が流入幹線の溢水に対し危険か危険でないかという判断は、同一水位の値でも降雨状況や流入水量によって大きく異なる。階層型ファジイ推論により、プラントのパラメータに適應させて制御内容を変化させ、より実態の運用に合った制御を可能にしている。

5. 運転状況

湯島ポンプ場は、平成元年7月に自動・無人化され、本ファジイ制御システムも同時に稼働している。実運用した結果を図-3に示す。降雨により晴天から雨天モードに切り替わり阻水扉が制御され、降雨終了に従い晴天モードにスイッチされている。全体的な協調制御が図られ、特に阻水扉においてスムーズな運転がなされファジイ制御の有効性が確認された。

6. あとがき

湯島ポンプ場のように阻水扉の制御を必要とするポンプ場において、阻水扉の

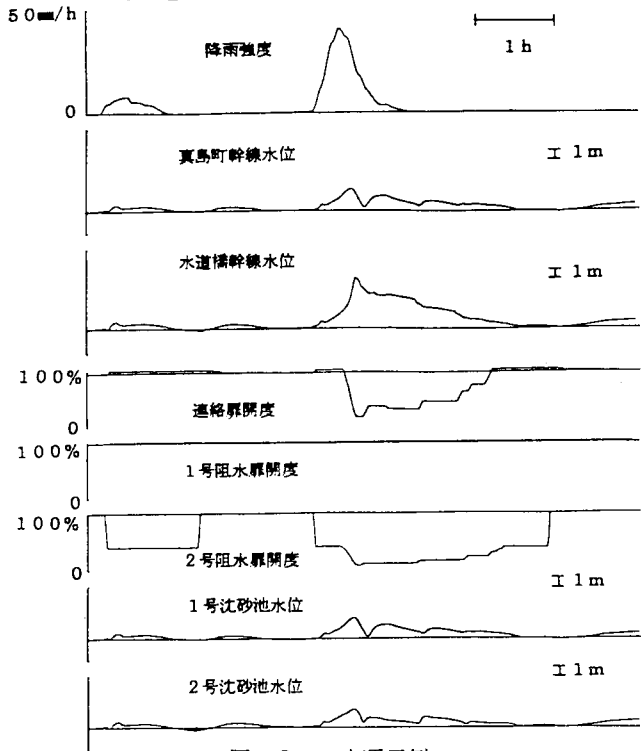


図-3 実運用例

制御は応答が非線形であることや構造上、制御回数をあまり多くできないことから、適正な制御手法について諸々模索がなされていた。一般に、降雨時の有人ポンプ場の場合では、ベテランのオペレータが監視室から手で操作を行っている。今回のファジイ制御の適用は、こうした人間による多くの状況判断が求められる制御に導入を試みた一例である。運用されてから約3年経過した現在、雨天時の全パターンを検証されていないが、現在までほぼ良好な制御結果を得ている。

今後、さらに追跡調査を実施し修正を加え、より良いものにしたいと考えている。

参考文献

- 1) 佐武 昇ほか：適応形ファジイコントローラによる雨水ポンプの協調制御
：電気学会論文誌C Vol.109, No.5, P.361-366, 1989
- 2) 菅野 道夫：ファジイ制御：日刊工業新聞社 1988