

ファジィ制御の配水制御への適用事例

小貫博史

横河電機（株）FA営業本部プロジェクト統括部エンジニアリング2部
東京都武蔵野市中町2-9-32

概要

従来非常に困難といわれている、多点注入系配水区域における、各配水池の配水制御をファジィ理論を用いて行った。稼働後約1年を経過し、良好な結果が得られたので報告する。

上水道施設では、浄水側の安定運転、すなわち配水池への安定送水と配水側の需要家への適正圧力・水量による安定供給、という2つの目的のため、各配水池からの配水量を制御する。一方、対象である配水施設は、管路が絡み合った巨大なネットワークを形成しており、制御を困難にしている。このため、施設の整備による管路網のブロック化や、現状管網下での縮約手法によるモデルに対する最適制御演算等の対応がとられてきたが、実現が難しい。

これらの問題を解決するため、オペレータの勘や経験を計算機ロジックに組み込み、更に配水管網のような非線形の事象のモデル化に有効な、ファジィ理論を本制御に適用した。過去の操業実績の解析、管網解析シミュレーションによる検討、実プラントでの試験運転により、需要予測量、各配水池の水位、各制御弁の開度等の因子に対し、14の制御則を立てて配水制御弁の2次圧を制御し、良好な結果を得た。

キーワード

配水制御・ファジィ理論

1. 配水制御の目的とファジィ理論の適用

上水道事業の運営は、安全でおいしい水の需要家への安定供給を目的に行われる。この需要家は、都市の変遷に伴って推移し、それと共に配水系、浄水系の施設の拡充が行われ、配水管網は、複数の配水池を含む巨大なネットワークを形成する場合が多い。この多点注入系の配水管網には、通常、複数の制御弁が存在し、以下の目的で制御が行われる。

(1) 需要家への適正圧力、流量による供給

(2) 各配水池からの配水量の制御

(1) は、前述の必須命題であり、(2) は、浄水場の安定運転のためである。

しかし、この系の自動制御のためには、数千元にも及ぶ非線形連立方程式の式解が必要であり、実プロセスへのリアルタイムの適用に際しては、管網の縮尺等によるモデル化が必要となり、精度向上には特殊な技法が要求される。

また、既存の配水管路施設等の改造、増設等を行い、配水系をブロック化した事例もあるが、経済的負担がかなり大きいという問題がある。

ここで我々が注目したのは、近年、適用事例の多く発表されているファジィ制御である。ファジィ制御は数学モデルの作成が困難なプロセス（特に非線形な事象）に対して有効で、オペレータの経験をロジック化できることから、配水制御への適用を試みた。

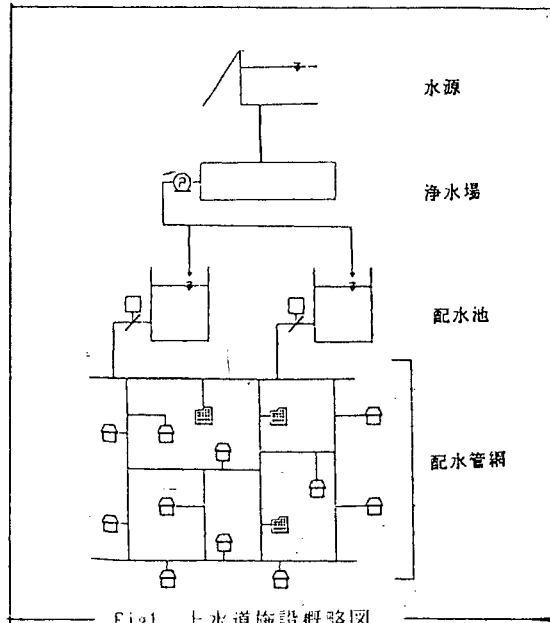


Fig1 上水道施設概略図

2. 適用プロセスとその特性

A市に於ける上水道の系統図をFig2に示す。市自己水源はNo.1・No.2 浄水場分の20.5万 m^3/d で不足分は県水道より補給する。但し、県水道よりの補給は「定量受水」が契約により義務づけられているため、過不足分は自己水源によって吸収しなければならない。本制御導入後、受水量を増加しなければならず、過量となることを見込まれた。

このため、No.1・No.2 制御弁の操作により、自己水の配水量の抑制をおこなわなければならないか、No.2 浄水場はNo.1 浄水場に比べ、処理量の変更に対する能力が劣る。

また、No.1 配水池の標高が高く、No.1 区域の供給圧が高くなるようNo.1 制御弁は、減圧弁として作用させなければならない、2次圧の上限は制限される。No.1 区域の需要量はNo.2 区域で見込まれる過分量を充分吸収できうる量である等の特性がある。

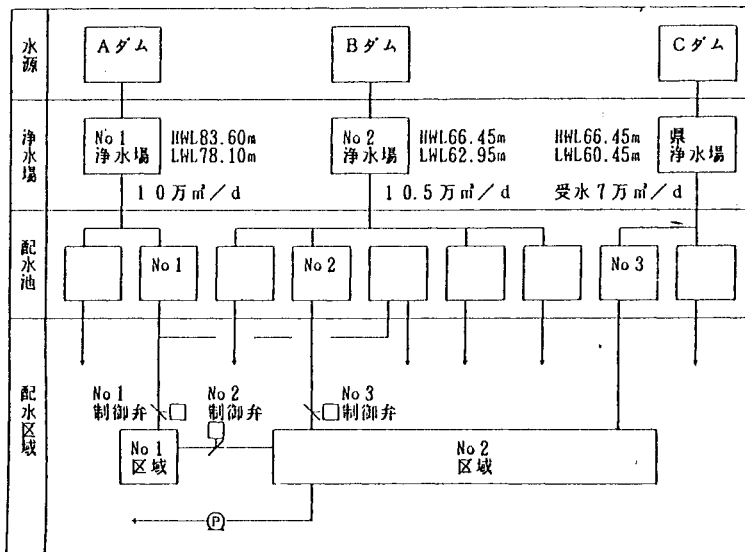


Fig2 A市に於ける上水系統図

3. 制御方法

これらのことを踏まえ、本制御ではNo.3配水池への定量受水の水運用を第一とし、基準時刻の水位が一定となるよう(Fig3)No.1制御弁の2次圧設定値をファジィ制御を用いて制御することとした。(制御周期:1h, 2次圧制御値幅:1.5~3.0kgf/cm²)

制御側の作成にあたっては、今回制御対象としたNo.1制御弁が、2次圧一定の自調弁であったため、作業実績や関連データが蓄積されていなかった。このため関連ある因子をプラント特性より限定し、管網解析によりシミュレーションを行うことにより決定した。Table1に入力因子Fig4にメンバシップ関数、Table2に制御側を示す。

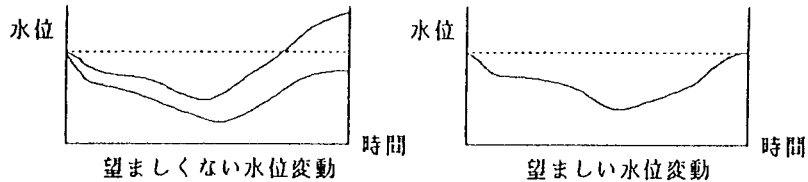


Fig3 配水池水位変動パターン

- | | | | |
|---|----------|-------------------------|------------|
| A | 配水比率差 | =No.3今回予想配水比率 | - 前回実績配水比率 |
| B | 需要量差 | =No.1+No.2+No.3地区次回需要予測 | - 前回実績配水量 |
| C | 水位差変化量 | =現在のNo.2とNo.3の水位差 | - 前回実績水位差 |
| D | No.3弁開度差 | =現在のNo.3弁開度差 | - 前回実績の開度 |
| E | No.2弁開度差 | =現在のNo.2弁開度差 | - 前回実績の開度 |

Table1 ファジィ入力因子

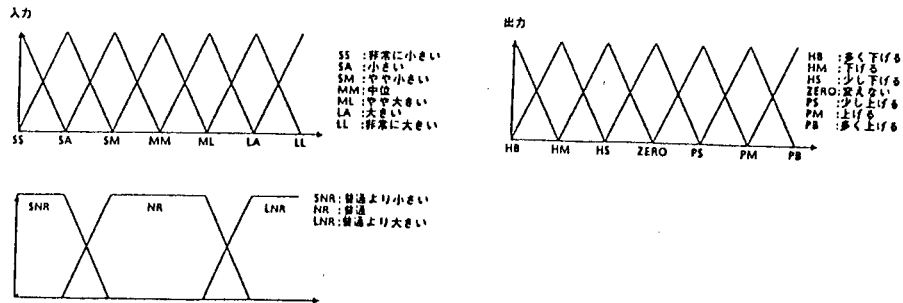


Fig4 メンバシップ関数

if	if	THEN
A = LL		NB
A = LA		NM
A = ML		NS
A = SM		PS
A = SA		PM
A = SS		PB
A = NR & B = LNR		NS
A = NR & B = SNR		PS
A = NR & C = LNR		PS
A = NR & C = SNR		NS
A = NR & D = LNR		PS
A = NR & D = SNR		NS
A = NR & E = LNR		NS
A = NR & E = SNR		PS

Table2 ファジィ制御則

1. 結果

Fig5 に配水池の水位制御目標値と制御結果、およびNo.1 制御弁の2次圧制御目標値と操作結果を示す。目標水位に実水位が充分追従し、1日の基準時刻における水位がほぼ等しくなっており、No.3 から一定量を配水することができている。

5. 今後の課題

配水制御の第1歩としてNo.1 制御弁のみの操作としたが、No.3 制御弁についての検討を行う。

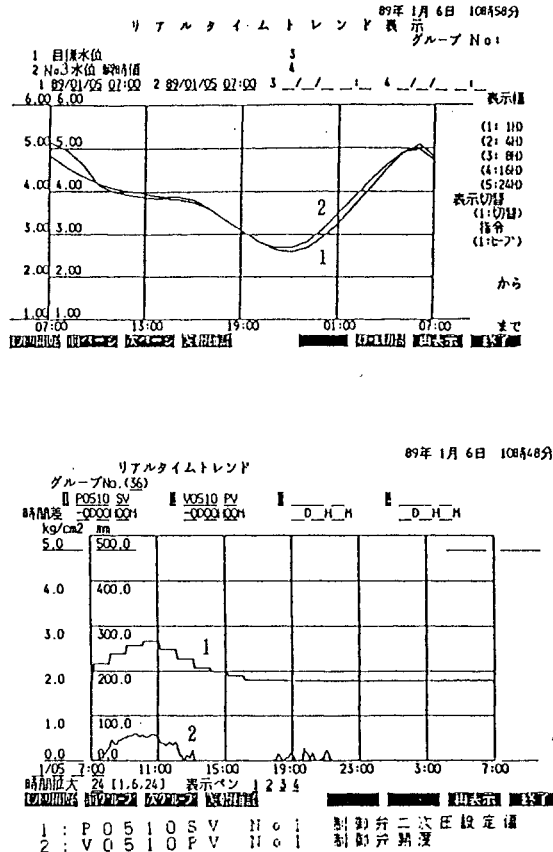


Fig5 制御結果