

京都大学 工学部 学生員 ○松下 真
 京都大学 工学部 正員 平岡正勝
 大阪市 下水道局 山本 攻

1. はじめに

人間の社会活動・生活活動は複雑であり、下水処理場への流入量は多くの要因で変化する。団地の小規模下水処理場では1日の流量変動がとくに大きく、処理プロセスに悪影響を与えている。近年、廃水処理プラントの制御に関する研究がさかんになってきたが、生物学的処理は応答があそく、フィードバック制御は困難である。

このようなプラントの制御には、理論的には時間おくれのないフィードフォワード制御を採用するのが有効である。

本研究では、フィードフォワード制御実現の前段階として、流入下水量・流入水質の予測を行った。予測手法には、A.G. Ivakhnenko により開発されたGMDH(Group Method of Data Handling)を用いた。

2. GMDH

GMDHは複雑なシステム、つまり相互の関係が非線形かつ多変数で多重フィードバックループをもつようなシステムに対する一般的予測・周定手法である。このGMDHの特徴としては、①データ量が比較的少ない ②多変数のわりに計算量が少ない、ことなどがあげられるが、最大の特徴は与えられたデータにもとづいて自己組織化(Self-Organization)を行うことである。また、Heuristicsとして人間の判断が加わるので、そのアルゴリズムは非常に柔軟性をもっている。GMDHの詳細は他に譲るが、本研究ではGMDHアルゴリズム(基礎関数)に2次多項式(1)式、予測式選択の基準(Criterion)に最小二乗誤差を、入力データの分割は分散の大きいものをtraining(構造決定)、小さいものをchecking(精度計算)にする方法をとった。

y : 予測変数

$$y = r_0 + r_1 x_1 + r_2 x_2 + r_3 x_1^2 + r_4 x_2^2 + r_5 x_1 x_2 \quad (1)$$

x_1, x_2 : 説明変数

r : 係数

GMDHのフローチャートを図-1に示す。

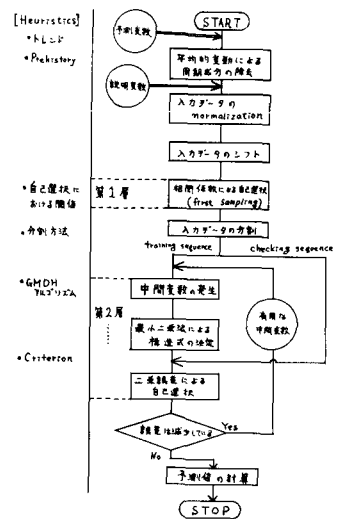


図1. フローチャート

3. 流入変動予測

本研究では、以上に述べたGMDHを用いて大阪近郊にある下水処理場への(A)流入量(B)流入水質を予測した。

(A)流入下水量予測 変動には①日変動、②季節変動、③その他の変動(人口増加・経済状況による変動)がある。

このうち、②③については、その月の平均的変動(トレンド)を与えることで吸収してやり、トレンドからのずれを

GMDHで予測する。この処理場のある団地は、上水給水区域と下水集水区域が一致しているので、スカデータには1~3時間前の下水流量・上水流量の6つを用いた。GMDHへのスカデータは、トレンドを除去され、さらに(1)式により正規化(normalization)されたものが使われる。モデルの構造決定にはS49.5月14,15日の48時間データを扱い、この予測式でS49.5月16日(図-2)、11月14日(図-3)、S50.2月14日(図-4)を予測した。

x_i : normalized data

$$x_i = (X_i - \bar{X}) / \sigma$$

X_i : raw data, $\bar{X}$: X_i の平均

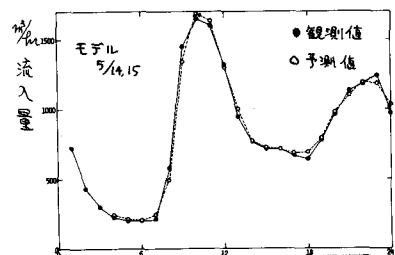


図2. 5月16日の流入量予測

図2~4から、 $5/4,15$ の式は $7/6$ に対しては、よい予測をしているが、 $1/4$ に対しては、うまく合っていないことがわかる。この原因には季節変動以外に国地入居者数の増加も考えられるが、各月の平均的変動を変えるだけでは変動を追うことができず、モデル式そのものを変えねばならないことを示している。比較のために、11月12,13日の48時間で構造決定した式による $1/4$ の予測を示しておく。(図-5) $5/4,15$ の式よりよい予測をしていることがわかる。

(B)流入水質予測 水質については、(A)とは別の下水処理場における24時間水質試験(S51, 8月6,7日)の結果を用いて2通りの予測をした。予測変数としてはBODを用いたが、他の指標に対しても同様に予測できる。入力データは量が少ないので、トレンドをとり、そのままnormalizationを行ない構造決定と同じ日(%)について予測した。

- (i) 時系列予測-----現在~4時間前のBOD, 処理量, TOD, TOC, pH, 強熱減量, 電気伝導度, SSの計40変数から、1時間先のBODを予測する。(現実にはBODは説明変数に使えない)
- (ii) 同時予測(推定)-----過去のデータは使わず、予測すべき変数と同時刻の他の変数から予測した。すなわち処理量, TOD, TOC, pH, 強熱減量, SS, 電気伝導度の7つからBODを予測した。
- (iii) (i)いずれの方法でも精度の点では大差ない。(i)の方法では、説明変数の数が多く、説明変数の予測変数への影響の時間的なおくれも考慮できるので、より安定な予測をすると思われる。しかし、この場合BODのような測定に時間のかかる指標は使えない。逆に(ii)の方法は、BODのような指標を他の簡単に測定できる指標から推定する際に意義がある。
- (iv) の方法による予測結果を図-6に示す。

4. おわりに

- 本研究により次のような点が明らかになった。
- ① 流入量については、GMDHによる1時間先の予測が可能である。ただし、予測式はデータにもとづいた経験式であるので、長期間にわたっては使えず、適当な時期にモデルのたてかえをする必要がある。
- ② 流入水質については、モデルの構造決定と予測に用いたデータが同じであり、他のデータによる検証が必要である。また予測変数にどの指標を使うかについても検討されねばならない。しかし、水質予測についてもGMDHによる方法は有効である。

(参考文献)

1. Ivakhnenko, A. G. "The Group Method of Data Handling—A Rival of the Method of Stochastic Approximation" Soviet Automatic Control, Vol.13, No.3 (1968)
2. 日本住宅公団大阪支所, 京都大学平岡研究室「家庭排水処理施設のプラント化に関する研究」の報告書(その5) 1976

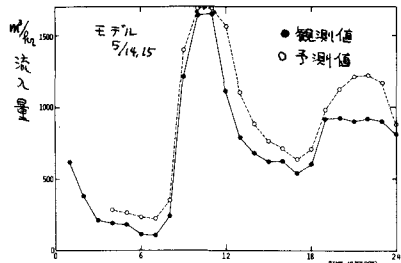


図3. 11月14日の流入量予測

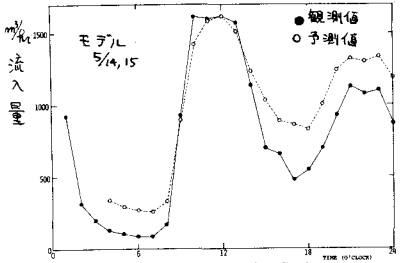


図4. 2月14日の流入量予測

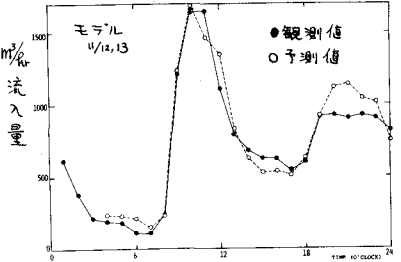


図5. 11月14日の流入量予測

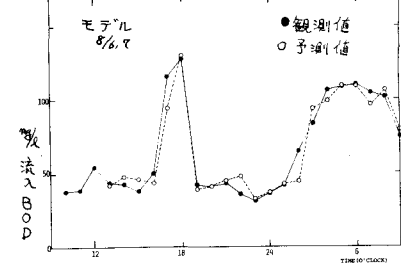


図6. 8月6,7日の流入水質予測