

II-386

下水道ポンプ場における雨水汚濁流出のファジィ制御

摂南大学工学部 正員 八木 俊 策

大阪大学工学部 正員 末石富太郎

摂南大学工学部 正員 金子 光 美

1 はじめに

降雨時における合流式下水道ポンプ場の役割は、放流先公共用水域の氾濫や汚濁排出負荷軽減に留意しつつ、排水区域の溢水を防止する事にある。現場の熟練オペレータは、汚水ポンプによる晴天時汚水量の3倍量の遮集を基本ルールとして、ポンプ場水位、降雨強度、放流先河川水位等の情報にもとづき、知識・経験・勘を活かしつつ、たくみに雨水・汚水ポンプの操作量を決定している。

しかし、将来的に気象・水象・汚濁現象の観測や予測、データ通信等の整備が進み、それに合わせて現行操作方式の高度化や確実な実行をオペレータに要求するとしても、それにはおのずと限界があり、部分的な自動化や支援システムの導入も必要となろう。そこで本研究では、大阪府下のポンプ場における現行制御ルールをファジィ理論によって同定し、利用可能な情報の多様化に対応した制御ルールのタイプ別作成と更新を行い、その効果について検討した。

2 雨水汚濁流出システム

図-1に示すような排水区、下水道(雨水・汚水ポンプ)、河道からなるサブシステムが3つ直列につながっている場合を取り扱う。排水区、下水道部分はタンクモデルで、河道部分はkinematic waveで表現し、地表面および下水管汚濁堆積と流送を考慮したモデルを用いて水位、水質等のシミュレーションを行なった。

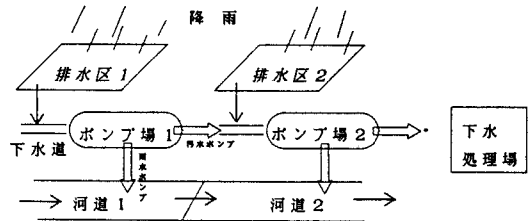


図-1 雨水汚濁流出システム

表-1 ファジィ制御に用いた変数

変 数	最小値	最大値	単位
下水管水位 (x1,x22)	0.5	4.5	m
降雨強度 (x2,x6)	0	30	mm/hr
小降雨低水位時間 (x3)	0	120	min
下水管水位変化 (x4)	-0.001	0.001	m/sec
河川水位 (x5,x23)	0	2.5	m
表面流出流量 (x7)	0	25	m³/sec
下水管水質 (x11)	0	100	g/m³
下水管水質変化 (x12)	-0.2	0.2	g/m³sec
河川水質 (x13)	0	25	g/m³
表面流出負荷量 (x14)	0	200	g/sec
雨水ポンプ排水区1 2 3	0	25	m³/sec
汚水ポンプ排水区1	0.5	3.5	m³/sec
汚水ポンプ排水区2	1.0	7	m³/sec
汚水ポンプ排水区3	1.5	10.5	m³/sec

3 ファジィ理論による現行制御方式の同定

ファジィ制御は、入力情報と操作量の関係をいくつかのファジィ部分空間におけるIf~Then~型のルールとして表現し、ファジィ推論によって操作量を求める方法である。ここで用いた変数を表-1に、ファジィ変数とメンバーシップ関数を表-2に示す。

表-3の制御タイプIはポンプ場のオペレータへ

表-3 ファジィ制御規則(タイプI、V)

制御タイプ I									
1: IF	X1	>P5						THEN	U PB O PB
2: IF	X1	=ZE	X2	>ZE				THEN	U PB O PS
3: IF	X1	=NS	X2	=NB	X3	=NB		THEN	U PM O --
4: IF	X1	=NM	X2	>PS				THEN	U -- O PS
5: IF	X1	=NM	X2	=NM				THEN	U PM O --
6: IF	X1	=NM	X2	<NS				THEN	U -- O NM
7: IF	X1	=NM	X2	=NB	X3	<PS		THEN	U NM O --
8: IF	X1	<NM	X2	=NB	X3	>PB		THEN	U NB O --
9: IF	X1	=NB						THEN	U NB O NB
制御タイプ V									
1: IF	X1	=NM	X11	=NM	X14	>ZE		THEN	U -- O PB
2: IF	X1	=NB	X6	=NM	X12	>PM		THEN	U -- O ZE
3: IF	X1	=NB	X2	=NB				THEN	U -- O NB
4: IF	X1	=PM	X4	>PS	X6	>PM	X11<NM	THEN	U PB O PB
5: IF	X1	=PS	X4	>PS	X6	<PM	X11<NM	THEN	U PB O PB
6: IF	X1	=ZE	X2	>ZE	X6	<PM	X6 >ZE	THEN	U PB O PS
7: IF	X1	=NS	X2	=NB	X3	=NB	X11<NM	THEN	U PM O --
8: IF	X1	=NM	X2	>PS				THEN	U -- O PS
9: IF	X1	=NM	X2	=NM	X11<NM			THEN	U PM O --
10: IF	X1	=PM	X6	=PB	X6	<PM	X11<NM	THEN	U ZE O --
11: IF	X1	=NM	X2	<NS	X2	>NM		THEN	U -- O NM
12: IF	X1	=NM	X2	=NB	X3	<PS	X11<NM	THEN	U NM O --
13: IF	X1	=PM	X6	=PM	X6	<ZE	X22=PB	THEN	U NB O NB
14: IF	X1	=PM	X6	=NB	X6	>PM		THEN	U NB O --
15: IF	X1	=PM	X4	<ZE	X6	>PM		THEN	U NB O --
16: IF	X1	=PB	X6	=NB	X7	<NM		THEN	U NB O --
17: IF	X1	=NB						THEN	U NB O --

表-2 ファジィ変数とメンバーシップ関数

F	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
m_F	-1.00	-0.50	-0.25	0.00	0.25	0.50	1.00
σ_F	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
MEMBERSHIP FUNCTION							
$G_F(X) = \exp \left\{ -0.5 \left(\frac{X - m_F}{\sigma_F} \right)^2 \right\}$							

のヒアリングおよび実運転記録にもとづいて作成したものである。後件部（Then～）のUは雨水ポンプ、○は汚水ポンプを意味する。ファジィ制御による操作量とオペレータの操作量を図-2に示す。部分的には不一致もみられるが、全体的には近い傾向を示している。

4 制御規則の更新とその評価

現行制御方式をタイプⅠとし、河川水位(x5)、下水管水位変化(x4)を前件部情報に加えたタイプⅡ、さらに予測降雨(x6)、表面流出流量(x7)を付加したタイプⅢ、水質情報(x11,x12,x13,x14)を加えたタイプⅣ、他排水区情報(x22,x23)も含めたタイプⅤ（表-3）を作成した。ルール作成にあたっては、現行ルールを踏襲しつつ、下水管水位5m以下、河川水位3m以下、汚濁排出量、河川水質ピークをできるだけ抑えることを意図した。シミュレーションモデルにおける実行結果を図-3、図-4に示す。図-3のAB線はポンプ吐出量を最小にした場合、BC線は下水管水位をできるだけ抑えるために、ポンプを最大限運転した場合である。ABCで囲まれた部分が制御領域であり、現行方式のタイプⅠはBC線に近く、下水管水位抑制を重視した制御になっている。図-3、図-4が示すようにタイプⅡ→Ⅴへ進むにつれ、下水管貯留容量を必要に応じてできるだけ利用しながら、汚濁放流量や河川水質、河川水位についても考慮した制御になっていることがわかる。

本研究でのファジィコントローラーの設計更新は発見的、試行錯誤的に行なっているが、今後、これを系統的に行なう方法についても検討していく必要がある。

本研究を行なうにあたり、文部省科学研究費（一般研究B「大気汚染・水質汚濁現象を統合した都市環境制御の研究」代表 末石富太郎）の援助を受けた。

参考文献 寺野、浅居、菅野「ファジィシステム入門」オーム社 1987

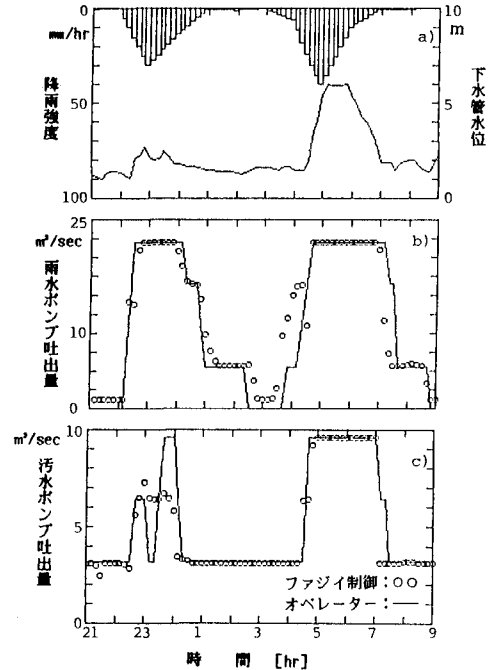


図-2 降雨強度・下水管水位およびポンプ操作量【実線はオペレータ、丸印はファジィ制御Ⅰ】

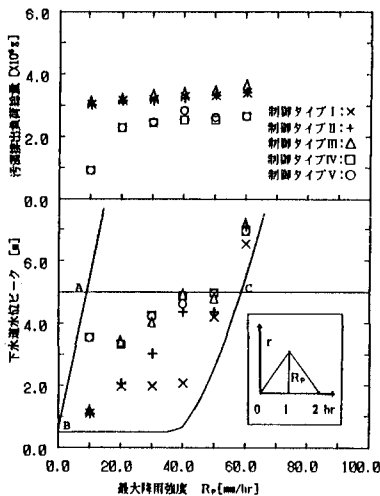


図-3 制御タイプと下水道水位ピークおよび汚濁排出負荷総量

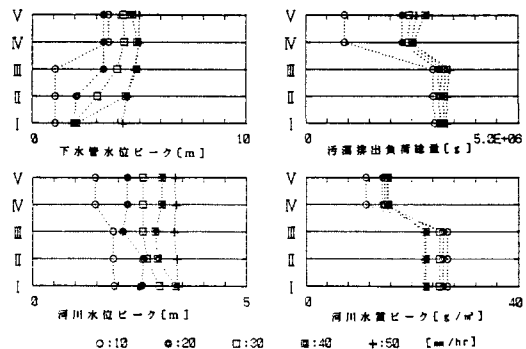


図-4 制御効果の比較（降雨強度の変化）