

II-123 流出予測におけるファジィ推論手法の比較

北海道大学工学部 正 員 藤田睦博

北海道大学大学院 学生員 ○朱 木蘭

1 はじめに

あいまいな量を有効に取り扱えるFUZZY理論は、現在多くの分野でその応用研究がなされている。本研究は様々なFUZZY推論手法を実流域に適用し、推論結果、計算時間などを比較、検討したものである。

2 基礎理論¹⁾

流出系のシステム方程式として、式(1)を考える。

$$\Delta Q(t) = f \{R(t-1), \Delta Q(t-1)\} \quad \text{ただし: } \Delta Q(t) = Q(t) - Q(t-1) \quad (1)$$

$R(t)$, $Q(t)$ はそれぞれ時刻 t の観測降雨量、流量である。これらの量をFUZZY量として、図-1のようなメンバーシップ関数 $M_{R(t)}$, $M_{\Delta Q(t)}$ を導入して、式(1)をFUZZY理論の条件付き命題に書き換えると

IF $\{(t-1)$ 時刻の雨量 $\}$ IS $M_{R(t-1)}$ AND $\{(t-1)$ 時刻の流量変化量 $\}$ IS $M_{\Delta Q(t-1)}$ THEN $\{t$ 時刻の流量変化量 $\}$ IS $M_{\Delta Q(t)}$

この命題を時刻 t の関数 P_t として、 t 時刻までに既知の $P_1, P_2, \dots, P_t$ をまとめると、 t 時点までの全体の「あいまい関係」 Π_t を得る。

$$\Pi_t = P_1 \vee P_2 \vee \dots \vee P_t \quad (2)$$

記号 $\vee$ は和(MAX)演算を示す。本研究で、この文章的な命題 P_t を表-1のような7種類の手法によって定式化する。又、過去の水文資料がある場合、前回の洪水の終了時に得られた Π_t を出水経験 Π_t と表すと、

$$\Pi_t = \Pi_t \vee \Pi_{t-1} \vee P_t \quad (3)$$

次に、1時間だけ将来の流量増分のメンバーシップ関数を予測する。

$$M_{\Delta Q(t+1)} = M_{R(t)} \diamond M_{\Delta Q(t)} \diamond \Pi_t \quad (4)$$

記号 $\diamond$ はMax-ProductのFUZZY合成(Composition)を意味している。本研究で、Productについての演算は表-2のような4通りの手法を採用した。したがって、表-1と表-2を組合せると、7*4通りのFUZZY推論手法1A, 1B, .. 7C, 7Dなどが考える。これらの手法を実流域に適用し、その結果を比較、検討する。

3 計算結果

神流川の1949.8.30の洪水を対象に、図-1で $DR=4$ (mm/hr), $DQ=0.6$ (mm/hr)とし、過去の資料がなしの計算条件で、28通りの推論手法を用いて計算した。まず、表-1の1~7種類の定式化についての比較である。図-2から分かるように、3番目の定義式の場合、予測不可能な時刻がほかの定義式よりも多く、減衰部の予測も過小気味である。4番目の定義式では、予測不可能な時刻は特に多くないが、減衰部ではやはり過小に予測している。その他、1, 2, 5~7の定義式による予測結果には優劣をつけがたい。次は、表-2のA~D種類のFUZZY合成方法についての比較である。図-2の3Aと図-3から分かるように、3番目の定義式について、FUZZY合成方法A, B, C, Dの順に予測不可能な時刻が多くなっている。他の定義式については、やはりAの合成方法はB, C, Dより、よく減衰部を予測する。(パースの関係で、この計算結果を省略、又、表-3の示すように予測された $M_{\Delta Q(t+1)}$ の最大グレードによって、これらの図にそれぞれ異なる記号を用いている)

最も計算時間が少ないのは4, 5番目の定義式である。したがって、予測精度、計算時間を考慮すると、結論として、もっとも流出予測に適応するFUZZY推論手法は5Aである。(実際には、1950.8.2の洪水についても計算したが、同じ結論を得ている。)本研究のもう一つの計算は、(3)式にある和演算 $\vee$ の代わりに加算 $+$ を採用して(すなわち $\Pi_t = P_1 + P_2 + \dots + P_t$)、推論手法3Aを用いて計算したのである。図-2の3Aと図-4から分かるように加算の場合は、和演算ほどよく予測できなかった。

表-1 条件付き命題の定義式:

定 義 式	3次元の条件付き命題
	IF X IS A AND Y IS B THEN Z IS C
(1)	$P = 1 \wedge (1 - P_1 + C) \quad P_1 = 1 \wedge (1 - A + B)$
(2)	$P = (P_1 \wedge C) \vee (1 - P_1) \quad P_1 = (A \wedge B) \vee (1 - A)$
(3)	$P = P_1 \wedge C \quad P_1 = A \wedge B$
(4)	$P = \begin{matrix} 1 & (P_1 \leq C) \\ 0 & (P_1 > C) \end{matrix} \quad P_1 = \begin{matrix} 1 & (A \leq B) \\ 0 & (A > B) \end{matrix}$
(5)	$P = \begin{matrix} 1 & (P_1 \leq C) \\ C & (P_1 > C) \end{matrix} \quad P_1 = \begin{matrix} 1 & (A \leq B) \\ B & (A > B) \end{matrix}$
(6)	$P = (1 - P_1) \vee C \quad P_1 = (1 - A) \vee B$
(7)	$P = \begin{matrix} 1 & (P_1 \leq C) \\ C/P_1 & (P_1 > C) \end{matrix} \quad P_1 = \begin{matrix} 1 & (A \leq B) \\ B/A & (A > B) \end{matrix}$

表-2 種々のProductの定義:

	名称と使った記号	定義式
A	Logical Product $\wedge$	$A \wedge B = \min\{A, B\}$
B	Algebraic Product $\cdot$	$A \cdot B = AB$
C	Bounded Product $\odot$	$A \odot B = 0 \vee (A + B - 1)$
D	Drastic Product Δ	$A \Delta B = \begin{matrix} A & B=1 \\ B & A=1 \\ 0 & A, B < 1 \end{matrix}$

表-3:

記号	最大グレードの範囲
●	0.8-1.0
■	0.6-0.8
▲	0.4-0.6
○	0.2-0.4
×	0.0-0.2

参考文献

- 1) 藤田・橋本・朱: 土木学会北海道支部論文報告集第47号, P419~424, 1991

図-2

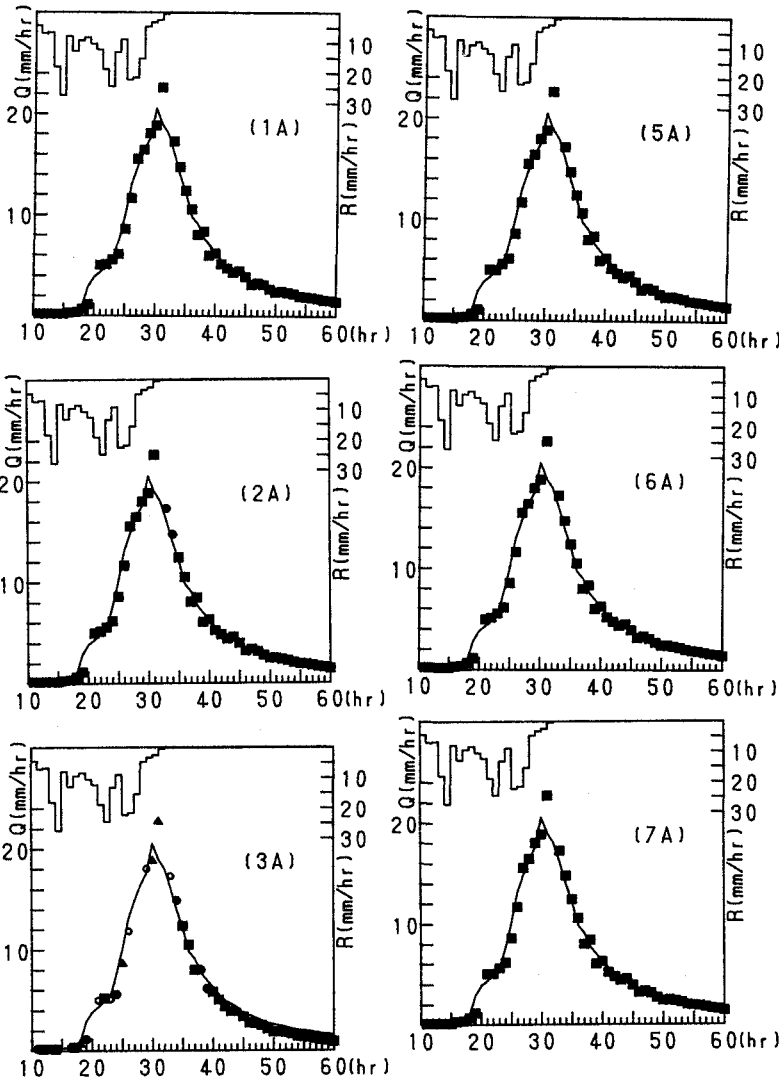


図-3

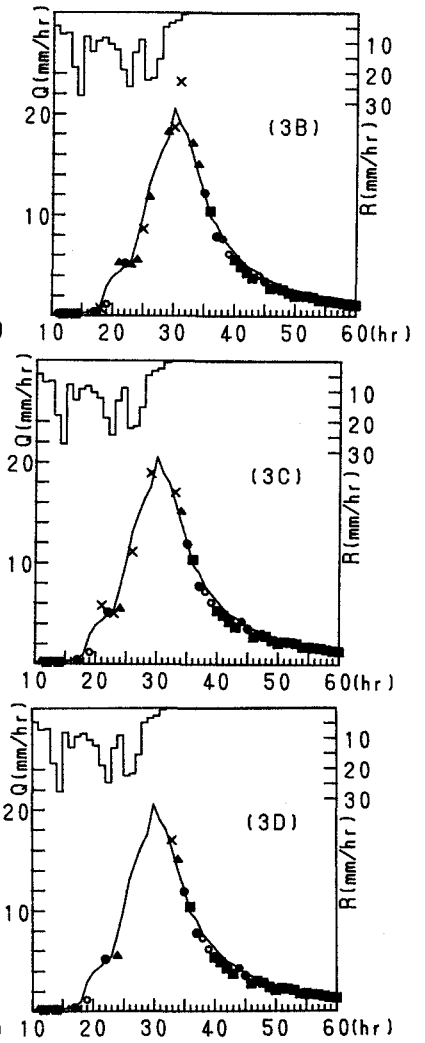


図-1

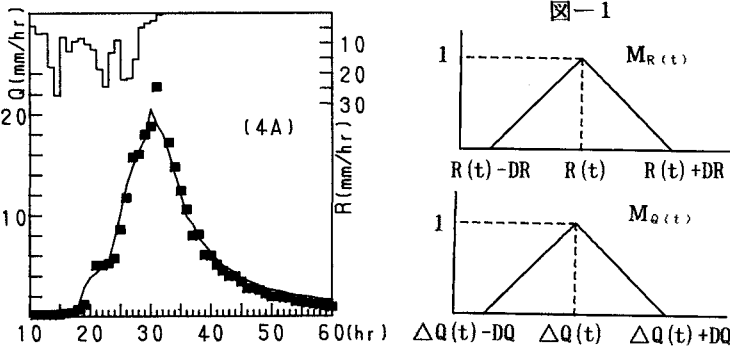


図-4

