

苫小牧工業高等専門学校 正員 八田 茂実
 北海道大学 工学部 正員 藤田 睦博
 北海道電力(株) 正員 西村 哲治

1 はじめに

春先の融雪出水は量的にも、流出時間特性からも発電・農業用水等の重要な水資源であり、同時に洪水や雪崩を引き起こす災害要因でもある。このため、北海道・東北・北陸の様な多雪地帯において、水源地の積雪水量の推定、融雪出水の予測・制御システムの構築は利水上、河川の維持管理上重要な課題となっている。

北海道電力(株)は、この様なシステム構築のため、豊平川上流域に水文観測システムを設け、現在も観測を継続している¹⁾。本研究では、豊平川流域内の観音沢川流域で観測されたデータを用いて、天気予報と融雪流出モデルを組み合わせた方法・fuzzy推論による方法の2手法により融雪流出予測を試みた。

2 予測手法

(1) 天気予報を用いた融雪流出予測²⁾

我々が日常的に利用している天気予報(翌日予報)は、気温に関する情報と天候に関する情報の2つの情報を含んでいる。本研究では、天気予報から推定される気温・日射量を分布型融雪流出モデルの入力値として融雪流出量の予測を行う。尚、ここでは入力値の推定方法のみについて述べる。分布型融雪流出モデルについては文献2)を参照されたい。

日射量の予測 天候に関する情報は予報期間中に「雲がどのくらいかかるのか」という日照率の予報と考えることができる。表-1は1988~91年の札幌で観測された天気概況(実況)ごとに出現する平均的な日照率を示している。本研究では天候毎に日照率が表-1の様に定まるものとして、日照率から1日の各時刻における日射量を推定した。尚、日射量の推定は小池ら³⁾によって提案されている方法を用いた。

気温の予測 気温に関する情報は毎日21時に発表される翌日の最高・最低気温の利用が考えられる。一方、気象観測が十分にされておらず、一日の最高・最低気温のみが観測されている場合に、一日の気温の変動パターンを予め最高・最低気温で無次元化して任意時刻の気温を推定する方法がある。本研究では、各時刻の気温をこの方法で推定することとし、1992年融雪期の平均的な気温の変動パターンを図-1の様に定めた。一日の各時刻における気温は、天気予報から得られる最高・最低気温と

図-1の様に無次元化した気温によって求められる。

(2) fuzzy推論による融雪流出予測⁴⁾

融雪流出系のシステム方程式として次式を考える。

$$\Delta Q(t) = f \{ \Delta Q(t-1), T(t-1), I(t-1) \} \quad (1)$$

ここで、 $Q(t)$: 流量, $T(t)$: 気温, $I(t)$: 日射量,
 $\Delta Q(t) = Q(t) - Q(t-1)$: 流出量変化率

式(1)を If, then 形式の条件付き命題 P_t に書き換えると、式(2)が得られる。

If $I(t-1)$ is $M_{I(t-1)}$ and $T(t-1)$ is $M_{T(t-1)}$ and

$$\Delta Q(t-1) \text{ is } M_{\Delta Q(t-1)} \text{ then } M_{\Delta Q(t)} = P_t \quad (2)$$

ここで、 M はそれぞれのサフィックスのメンバーシップ関数を表す。条件付き命題 P_t により表した時刻 t における「あいまい関係」は

$$P_t = M_{I(t-1)} \wedge M_{T(t-1)} \wedge M_{\Delta Q(t-1)} \wedge M_{\Delta Q(t)} \quad (3)$$

ここに、 $\wedge$: min 演算

により求められる。次に時刻 t までに得られた全体の「あいまい関係」を合成する。

$$I_t = P_1 \vee P_2 \vee \dots \vee P_t = I_{t-1} \vee P_t \quad (4)$$

ここに、 $\vee$: max 演算

合成した出水経験から、1時刻だけ将来の流量増分メンバーシップ関数は

$$M_{\Delta Q(t-1)} = I_t \odot M_{I(t)} \odot M_{T(t)} \odot M_{\Delta Q(t)} \quad (5)$$

ここに、 $\odot$: fuzzy合成max-min演算、

によって得られる。2時間先・3時間先の流出量変化は式(5)により推定された予測値を用いて同様にを行う⁵⁾。

3 計算結果

以上の2つの予測手法により融雪流出量の予測を試みる。予測の対象とした期間は1992年の融雪最盛期である3/31~4/8の9日間で、この期間では降雨の影響は小さく、また、積雪面積率も100%と見なすことができる。

図-2は天気予報から推定される日射量・気温を融雪流出モデルの入力値として一日先までの流出量を予測した結果を示している。流出モデルのパラメータは流出解析で得られた値を用い、流域の初期貯留高のみを前日の流出量を再現するように定めている。また、図-3~5はfuzzy推論によって得られた融雪流出予測結果で、それぞれリードタイム1時間、2時間、3時間の場合を示している。天気予報による方法は、24時間先までの流出量を連続的に

予測することが可能であり、比較的長い期間の流出量を知る上で重要な情報を与えることができる。しかし、天気予報の精度に影響されるため、4月2日の様に実際の流量と大きく異なる危険性を持つ。一方、fuzzy推論を用いた方法では、リードタイムが長くなるに従って予測精度が低下することが分かる。今後、天気予報から得られる気象要素の予測値をfuzzy推論に組み込み、リードタイムの向上を図る必要がある。

参考文献

- 1) 嵯峨, 中尾, 西村, 藤田: 豊平川上流部における通年の水文観測とその解析, 水文・水資源学会1991年研究発表会要旨集, pp.114-117, 1991.
- 2) 八田, 西村, 嵯峨, 藤田: 融雪流出予測における週間気象予報の利用について, 水工学論文集第37巻, pp.141-146, 1993.
- 3) 小池, 佐渡, 橋本, 坂本, 西館: AMeDAS日照時間による日射量推定の総合化, 水文・水資源学会1991年研究発表会要旨集, pp.26-29, 1991.
- 4) 藤田: あいまい推論の流出予測問題への応用, 水理講演会論文集第48, pp.469-472, 1992.
- 5) 藤田, 朱, 橋本: FUZZY制御器を加えた多次元FUZZY推論法による流出予測, 土木学会北海道支部論文報告集48, pp.505-510, 1992.

天気概況	日照率	天気概況	日照率
晴	0.771	曇後晴	0.366
晴一時曇	0.521	曇一時雨	0.163
晴後曇	0.507	曇後雨	0.106
晴一時雨	0.498	雨	0.059
晴後雨	0.468	雨一時晴	0.269
曇	0.264	雨後晴	0.346
曇一時晴	0.349	雨一時曇	0.145
		雨後曇	0.103

表-1 天気概況別の出現する日照率の平均値
(1989 - 91年 札幌)

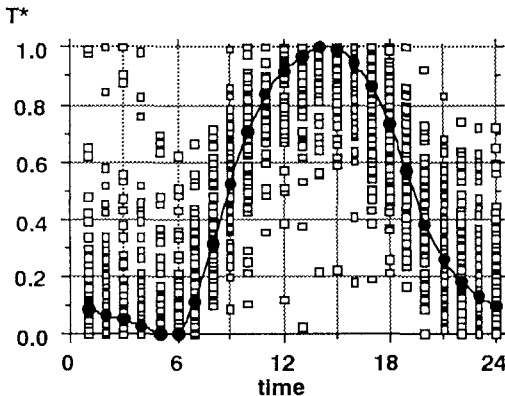


図-1 一日の気温の変動パターン
(1992年 砥山ダム)

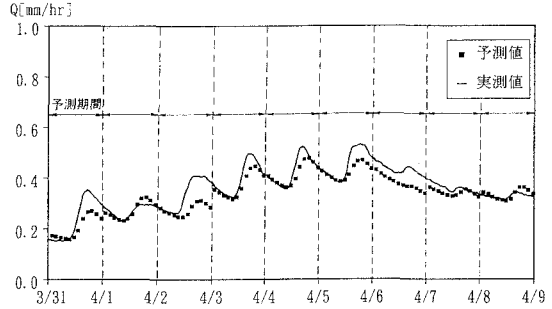


図-2 天気予報による予測結果
(予測期間は24時間先まで)

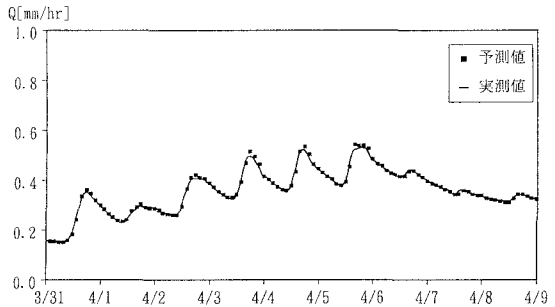


図-3 fuzzy推論による予測結果
(リードタイムは1時間)

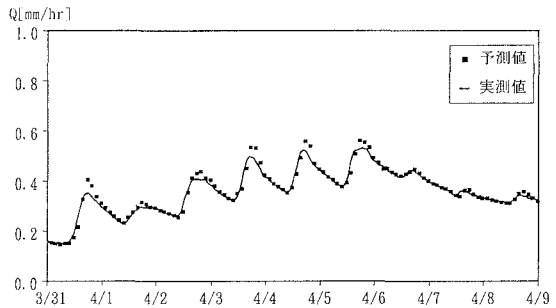


図-4 fuzzy推論による予測結果
(リードタイムは2時間)

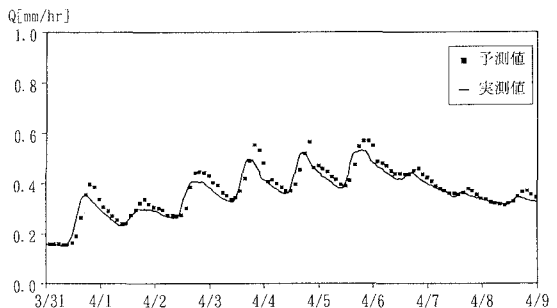


図-5 fuzzy推論による予測結果
(リードタイムは3時間)