

信州大学工学部 正員 荒 木 正 夫
" " ○寒 川 典 昭

1. はじめに

Degree—day法、及びそれを改善したDegree—hour法¹⁾は実用的な融雪流出解析法とみなされているが、融雪を気温のみから評価したBlack—boxの手法である。実際、融雪現象はそれを規定する因子が多数存在し、それらが複雑にからみ合って不確定な流出状態を生起させているため、本研究では、主な気象因子から融雪を規定する主成分を抽出し、第1主成分から融雪量を評価して、エントロピーモデルによる確率論的融雪流出解析法を提案する。

2. 融雪流出解析モデル構成の考え方

我々は、次のようなモデル構成を考える。

- 1) 最高気温に一樣性に関する χ^2 検定を施し、融雪期をいくつかの区間に分ける。分けられた区間内では融雪に関して定常性が確保されていると考える。
- 2) 融雪に関する因子 $x_1, x_2, \dots, x_n$ から融雪量を規定する第1主成分 z_1 を主成分分析より抽出する。この主成分は多くの情報を含み、融雪量 s に対して大きな説明力をもつように決定する。²⁾
- 3) いま、流域の積雪状態 i に第1主成分 z_1 が作用して積雪状態が j に遷移し、融雪量 s を生じる。このとき、流域からの降雨入力 r があるなら

$$\sigma = s + r \tag{1}$$

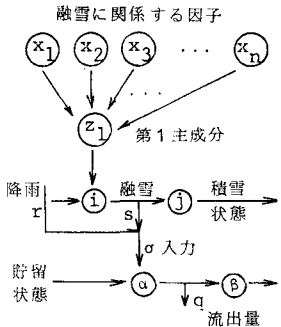
が、流域貯留状態 α への入力となり、貯留状態は β に遷移し、流出量 q を生起する。このとき、状態遷移確率は $P_{ijz_1\alpha\sigma}(\beta)$ となる。図—1はモデルの考え方の説明図を、図—2は融雪流出の模式図を示したものである。

- 4) 定常性が確保されている区間内で z_1 と s の間に k を任意定数として

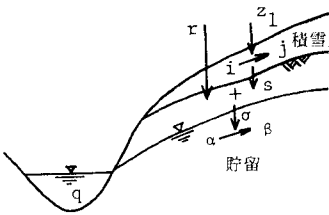
$$s = k z_1 \tag{2}$$

なる線形関係を仮定するなら、 z_1 を計算して σ を求めることができ、そのとき状態遷移確率は $P_{\alpha\sigma}(\beta)$ で表現される。

- 5) 図—3は融雪期と降雨期のハイドログラフを示したものである。降雨期はパルス的な、融雪期は持続性をもった流出状態となっている。これは降雨期には入力量が間欠的に、融雪期には連続的に発生しているためである。しかし、(1)式により融雪期の連続入力量が評価できたなら、降雨期における長期流出モデルを融雪期に適用可能となる。



図—1 モデルの考え方



図—2 融雪流出の模式図

3. 融雪流出のエントロピーモデル

融雪期の流出現象は、多くの不確定要素を内蔵しているため、その流出解析には変換系そのものを確率論的に取り扱ったモデルを採用することが妥当であろう。

そこで、我々は、不確定性を積極的に利用する立場でモデル化が図られた“長期流出系のエントロピーモデル”³⁾の導入を考える。

このモデルによれば、2.4)の $P_{\alpha\sigma}(\beta)$ は次式で与えられる。

$$P_{\alpha\sigma}(\beta) = \frac{V_{\beta} \exp(C \cdot 1_{\alpha\beta\sigma})}{\sum_{\beta} V_{\beta} \exp(C \cdot 1_{\alpha\beta\sigma})} \quad (3)$$

上式の V_{β} は、

$$V_{\beta} = \frac{\sum_{\alpha} \left(\frac{P_{\alpha} Q_{\sigma} \exp(C \cdot 1_{\alpha\beta\sigma})}{\sum_{\beta} V_{\beta} \exp(C \cdot 1_{\alpha\beta\sigma})} \right)}{\sum_{\beta} V_{\beta} \exp(C \cdot 1_{\alpha\beta\sigma})} = P_{\beta} \quad (4)$$

を満足するように決定される。ここで、 $1_{\alpha\beta\sigma}$ は特性値であり、 P_{α} (P_{β})、 Q_{σ} は貯留状態 α (β)、及び入力量 σ の確率である。これらは、 $P_{\alpha\sigma}(\beta)$ に比べてデータから高い精度で評価されるため、既知量と考える。又、 C は単位特性値あたりの相互情報量の最大値であり、繰り返し計算によって決定される。

4. 特性値 $1_{\alpha\beta\sigma}$ の評価

特性値 $1_{\alpha\beta\sigma}$ は貯留状態間の到達時間 $t_{\alpha\beta\sigma}$ の逆数で評価する。ここで、 $t_{\alpha\beta\sigma}$ とは、 α 状態に s 入力が入力が作用して β 状態へ遷移するのに要する時間である。したがって $t_{\alpha\beta\sigma}$ の評価には間欠的な入力、具体的には1つの σ が作用して、貯留状態が最低のレベルへの遷移まで入力のないことが要求されるが、融雪期にこのような状態が生じることは望めない。そこで、我々は貯留量の遞減曲線が降雨期と融雪期で差異がないと仮定して、降雨期で求められた $t_{\alpha\beta\sigma}$ を融雪期に代用する。

5. 流量確率 $P(q=u)$

(3)式より $P_{\alpha\sigma}(\beta)$ が求まると、貯留状態から流量への変換は $u = \alpha + \sigma - \beta$ とおくと

$$P(q=u) = \sum_{\{\alpha+\sigma-\beta=u\}} P_{\alpha} Q_{\sigma} P_{\alpha\sigma}(\beta) \quad (5)$$

として確率論的に評価される。ここで、 $\{ \}$ は $\alpha + \sigma - \beta = u$ を満足する要素集合全体を意味している。

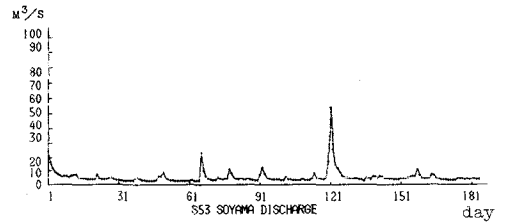
6. あとがき

ここでは、融雪期の入力量が融雪を規定する因子の主成分から評価されたときのエントロピーモデルによる流出解析法について記述した。現在、実流域への適用について検討している。

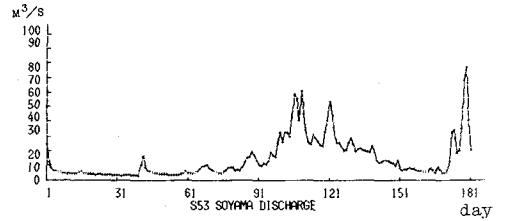
1) 境：河川の融雪流出に関する研究、土木学会論文報告集、第95号、昭和38年7月。

2) 荒木他：融雪を規定する主成分の抽出について、土木学会中部支部講演概要集、昭和59年3月。

3) 高棹他：長期流出系のエントロピーモデル、土木学会論文報告集、第337号、昭和58年9月。



(a) 融雪期 (1~6)



(b) 降雨期 (7~12)

図-3 ハイドログラフ (裾花川水系祖山)

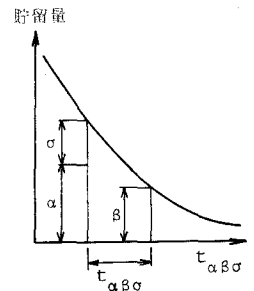


図-4 到達時間 $t_{\alpha\beta\sigma}$