

信州大学工学部 正 員 荒木 正夫 寒川 典昭  
信州大学大学院 学生員 〇滝沢 文雄 渡辺 輝彦

### 1. まえがき

融雪期の流出解析は、現在実用的には気温のみから black-box 的に評価されているが、流域内積雪の融解量を予測可能な気象因子から推定できるなら、それは降雨と同様の入力と考えることができるため、降雨期の解析法を適用することができる。本研究では、融雪を規定する複数の気象因子を主成分分析にかけて主成分を抽出し、一方、流量時系列からフィルター分離 A R 法により融雪量時系列を逆探し、両者の間に特定の関係を見い出すことによって、予測された主成分から融雪量を推定することを目的としている。

### 2. 主成分分析法<sup>1)</sup>

いま  $n$  個の対象について  $P$  次元ベクトル  $(X_{\alpha 1}, X_{\alpha 2}, \dots, X_{\alpha p}, \alpha=1, 2, \dots, n)$  が観測されたとき、 $m$  個の主成分  $Z_k (k=1, 2, \dots, m)$  は次式で与えられる。

$$Z_k = \sum_{i=1}^P a_{ki} X_i', \quad k=1, 2, \dots, m \quad \dots (2.1)$$

ただし

$$\sum_{i=1}^P a_{ki}^2 = 1, \quad k=1, 2, \dots, m \quad \dots (2.2)$$

であり、 $X_{\alpha i}'$  は  $X_{\alpha i}$  を基準化したものである。 $a_{ki}$  は  $Z_k$  が  $Z_1, Z_2, \dots, Z_{k-1}$  と無相関になるという条件のもとで、 $Z_k$  の分散が最大になるように定められたものである。

### 3. フィルター分離 A R 法<sup>2)</sup>

流量時系列から流出成分（地下水流出成分、表面流出成分）に分離する後方作用数値フィルターは次式で与えられる。

$$h(\tau) = \begin{cases} C_0 \cdot \exp(-C_1 \cdot \tau / 2) \cdot \sinh((C_1^2 / 4 - C_0) \cdot \tau) / (C_1^2 / 4 - C_0)^{1/2}, & (\tau \geq 0) \\ 0, & (\tau < 0) \end{cases} \quad \dots (3.1)$$

ただし、 $C_0 = (\delta / T_c)^2$ ,  $C_1 = \delta^2 / T_c$  であり、流出分離日数  $T_c$  は自己回帰係数、相関係数より求められ、 $\delta$  は減衰係数である。

分離された流出成分  $y_i$  に A R モデルを適用して得られる逆探降雨は次式で表わされる。

$$x_i = \beta \cdot \phi(B) \cdot y_i' + 86.4 \bar{y} / A \quad \dots (3.2)$$

ただし  $\phi(B) = 1 - B - B^2 - B^3, \dots, -B^p$ ,  $\beta = 86.4 / A (1 - \sum_i a_i)$ ,  $B$  は Buckward shift operator、 $a_i$  は回帰係数、 $A$  は流域面積 ( $\text{km}^2$ )、 $y' (= y_i - \bar{y}, \bar{y} = E[y_i])$  は流出変動成分である。

### 4. 気象因子の加工

複数の気象因子に対して主成分分析を行ない、融雪に作用する主成分を抽出する。この際、第 1 主成分のみで融雪量を推定することを目的としているため、その主成分のもつ寄与率をできるだけ大きくしたい。そこで次のような因子の加工を試みた。a) 最高・最低気温：積算気温<sup>3)</sup>に変換する。

b) 降水量：気温により降雨量に分離する。

### 5. 実流域への適用

対象流域は図-1に示す信濃川水系碓花川祖山流域とした。解析資料は1965～1978年における最高気温、最低気温、日照時間、最小湿度、及び祖山日流量を採用した。融雪期は3月1日～6月30日とし、戸隠最高気温を用いて“ $\chi^2$ 検定”を行ない、5つの層に分割した。その層内では時間の経過に従って変化する融雪に影響する質的因子は一定であるとし、流量時系列は定常であると仮定する。



図-1 祖山流域概況図

フィルター分離では、流出分離日数 $T_c = 6$ 日、減衰係数 $\delta = 2.5$ として行なった。その一例を図-2に示す。以下では第3層（4月21日～5月10日）についての計算結果を示す。

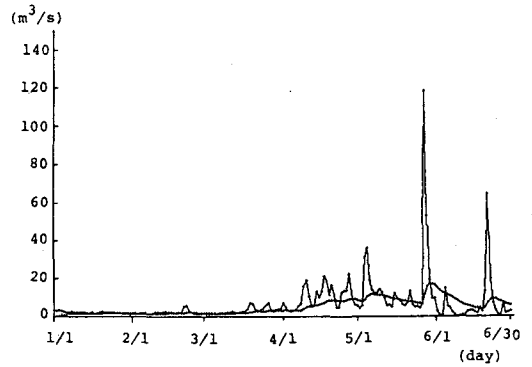


図-2 流量分離成分(昭和40年)

フィルター分離AR法によって逆探した入力量の一例を図-3に示す。なお、融雪量は逆探した入力量から降水量分離降雨を差し引いたものを用いるが、そのとき融雪量に負が出ないように、降水量分離降雨に係数を掛けて用いている。

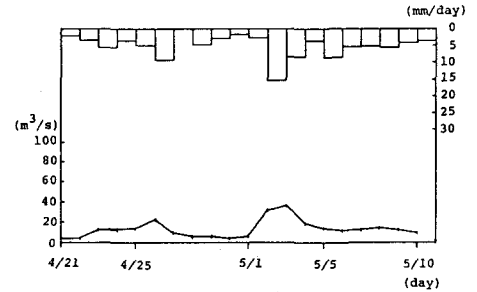


図-3 逆探入力量(昭和40年)

今回主成分分析に用いた変数はa) 積算気温、b) 降水量分離降雨、c) 日照時間、d) 最小湿度である。このときの累積寄与率は第1主成分までで57.4%、第2主成分までで79.9%であった。その因子負荷量を表-1に示す。第1主成分は、日照時間、積算気温と相関が高いものとなっている。現在、第1主成分と逆探融雪量との関係について検討中であり、両者の間に特定の関係式を模索している。

### 6. おわりに

今後は、融雪量と第1主成分との関係式を求め、第1主成分のスコアから、融雪量を推定していこうと考えている。

### 参 考 文 献

- 1) 例えば、奥野忠一ほか：多変量解析法，日科技連。
- 2) 日野幹雄，長谷部正彦：流量時系列のみによる流出解析について，土木学会論文報告集，第300号，1980年8月。
- 3) 境隆雄：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，1963年7月。

表-1 因子負荷量

| 主成分  | $z_1$   | $z_2$   | $z_3$   | $z_4$   |
|------|---------|---------|---------|---------|
| 日照時間 | 0.8873  | 0.0312  | -0.1640 | 0.4300  |
| 最小湿度 | -0.8400 | 0.1747  | 0.4003  | 0.3217  |
| 積算気温 | 0.7421  | -0.4063 | 0.5282  | -0.0706 |
| 降水量  | -0.5020 | -0.8380 | -0.1788 | 0.1173  |