

京都大学 大学院 学生員 川 端 僚 二
 京都大学 工学部 正員 高 棹 琢 馬
 京都大学 工学部 正員 雄 葉 充 晴

〔1〕はじめに

河川流域は、山腹斜面と河道が複雑にからみ合っており、山腹斜面と河道区分とをセットにしたものを流域単位とよぶと、河川流域は流域単位網から構成されていることになる。いま、河川流域の地形構造の幾何学的性質を1次元の量で表わした河道オーダー (Horton - Strahler の位数, Magnitude) について着目する。出水特性は流域の地形特性に關係すると考えられるので、出水特性と河道オーダーの間にも何らかの關係があるものと考えられる。

そこで、本研究では、降雨から斜面流出への変換は流域全体で一様と仮定し、河道での流れは Kinematic wave 法によって追跡することを前提とし、河道オーダーと流域単位の出水特性との關係を、クラスター分析、主成分分析の手法を用いて検討する。

〔2〕距離の概念による出水特性の把握

ここでは、各流域単位の出水特性を、定常線形化単位インパルス応答を用いて表現する。まず、入力 i_0 が一定値 i_0 をとったときの Kinematic wave 法の流れの基礎式の定常解から河道内定常時流速を求める。次に、この流速を固定して系を線形化し、線形系に対して求まる単位インパルス応答でシステムの入出力關係を近似的に表現することを考える。

こうして求めた流域単位 B_i の単位インパルス応答 $h_{ij}(t)$ は、次に示す通りである。

$$\left\{ \begin{array}{ll} h_{ij}(t) = \sum_{B_k \in B_i} h_{kj}(t) & \\ T_{ij} \leq t \leq T_{ij} + t_{ri} \text{ のとき} & h_{ij}(t) = i_0^{\frac{m}{m-1}} \alpha_i^{\frac{1}{m-1}} \frac{F_i}{L_i} \left\{ (F^* + F_i)^{\frac{1}{m}} - i_0^{\frac{m-1}{m}} \frac{\alpha_i^{\frac{1}{m-1}} F_i}{L_i} (t - T_{ij}) \right\}^{m-1} \\ t < T_{ij} \quad T_{ij} + t_{ri} < t \text{ のとき} & h_{ij}(t) = 0 \end{array} \right. \quad (1)$$

ここに、 B_i は B_0 より上流の流域単位の集合 (B_0 を含む)、 T_{ij} は河道区分 L_i の末端から河道区分 L_i の末端までの雨水流下時間、 t_{ri} は河道区分 L_i を流下する時間、 F_i は B_i の面積、 F^* は B_i の上流域面積、 L_i は河道区分長、 $\alpha_i \cdot m$ は河道の抵抗特性を表わす定数、 i_0 は入力、 t は時間である。

任意の2つの流域単位 B_{i_1} 、 B_{i_2} をとったとき、それぞれを最下流流域単位とする部分流域の河道による出水特性の差異は、それぞれの単位インパルス応答 $h_{i_1 j_1}(t)$ 、 $h_{i_2 j_2}(t)$ を用いて、次式で評価することができる。

$$\alpha_0(h_{i_1 j_1}, h_{i_2 j_2}) = \sqrt{\int [h_{i_1 j_1}(t) - h_{i_2 j_2}(t)]^2 dt} \quad (2)$$

〔3〕分類指標としての河道オーダーと出水特性

〔2〕で述べた距離の概念を用いて、出水特性の似通ったものを集めて、流域単位群をいくつかのグループに分けることを考え、河道オーダーによる分類とどのような關係をもつかを比較検討する。

これには、数値分類法の1つであるクラスター分析を用いる。由良川上流荒倉流域で適用して得られた、流域単位の出水特性を表わす樹形図をFIG 1に示す。

この樹形図をもとにして検討した結果、河道オーダーが大きいほど、同じ位数内の流域単位間の出水特性の差は大きいということがわかった。結局、河道オーダーによる分類は、距離を用いた分類と大きく相異し、出水特性からみると、分類指標としては河道オーダーは不十分であるといえる。

〔4〕量的側面からみた河道オーダーと出水特性

出水特性との関係で河道オーダーがどのような量的意味をもつのかを検討する。

しかし、今の場合、出水特性は単位インパルス応答という無限次元の量で表わされているので、直ちにこれと河道オーダーの量的対応関係を検討することはできない。そこで、出水特性の変動を1次元量の変動で表わすことを考え、主成分分析法を適用してその主成分を求める。

荒倉流域に対して、この主成分を求めたところ、その全変動への寄与率は62%にすぎず、出水特性を1次元の量として表わすことには問題があることがわかった。

なお、この主成分とHorton - Strahlerの位数、Magnitudeとの関係を、荒倉流域において求めたものを、FIG 2、FIG 3に示す。

この結果から分析すると、Horton - Strahlerの位数と主成分の間には曲線的な相関関係があり、Magnitudeと主成分の間には直線的な相関関係があることがいえる。また、量的側面からみると、Horton - Strahlerの位数よりMagnitudeの方が、すぐれた河道オーダーであるといえる。

〔5〕おわりに

以上、本研究では、流出解析の立場から、出水特性を念頭におき、河道オーダーがどの程度意味があるかを明らかにした。

なお、本研究における実際の手法や今後の課題については、講演時に詳細に報告することにする。

<参考文献>

高柳琢馬・雄葉元晴・川端脩二：河道網構造に基づく出水解析の集中化（土木学会第32回年次学術講演会講演概要集Ⅱ-88）

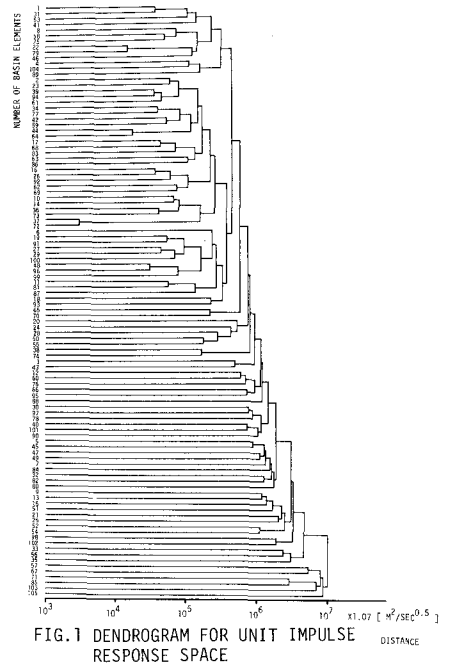


FIG.1 DENDROGRAM FOR UNIT IMPULSE RESPONSE SPACE

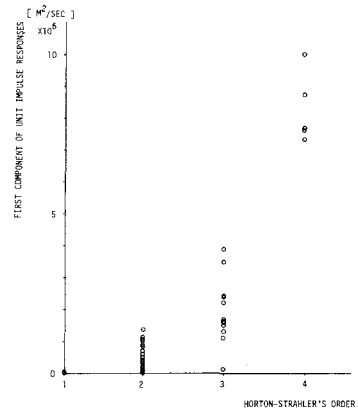


FIG.2 RELATION BETWEEN HORTON-STRAHLER'S ORDER AND FIRST COMPONENT OF UNIT IMPULSE RESPONSES

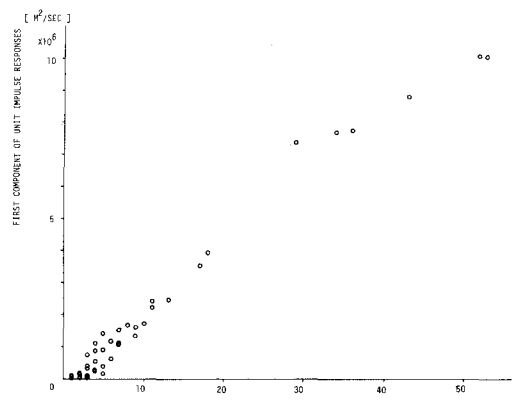


FIG.3 RELATION BETWEEN MAGNITUDE AND FIRST COMPONENT OF UNIT IMPULSE RESPONSES