

特性曲線法によるオンライン洪水予測 (3)

九州大学工学部 正 員 平野 宗夫
 九州大学工学部 正 員 森山 聡之
 国立成功大学 正 員 徐 義人
 九州大学工学部 学生員 ○鉄谷 浩之

1. まえがき

前報までに、洪水のオンライン予測に関して、物理的意義がより明確なシステムを考案し、その予測モデルの適用性について検討を行ってきた。そのモデルは、下流側断面積の予測時間や斜面における遅れ時間を河道の到達時間との関係で適当に選ぶことにより、降雨の予測を行わずに洪水予測を可能とするものである。本報では、水位観測所が2ヶ所、その間の到達時間が1時間と限られた条件のもとでこのモデルの適用性を検討し、より長時間の予測を行おうと試みたものである。なお、適用河川は中華民国(台湾)の高屏溪上流月眉地点である。予測対象の水理量は流水断面積で、予測した断面積を水位に換算して予測水位とする。

2. 予測式の誘導

河川における流量を Q , 断面積を A , 横流入量を q_* , とすると、連続の式、運動の式はそれぞれ次のように表すことができる。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_* \quad (1) \quad Q = KA^P \quad (2)$$

ここに、 t は時刻、 x は下流方向に測った距離である。式(1)および(2)を変形して特性曲線法で解くと次式がえられる。

$$A_2(t) - A_1(t - \tau_{21}) = \int_{t-\tau_{21}}^t q_* dt - \int_{t-\tau_{21}}^t KA^P \frac{\partial K}{\partial x} dt \quad (3)$$

ここに、添字 1, 2 は上流及び下流の水位観測点を示し、 τ_{21} は2地点間の洪水の到達時間である。式(3)第2項は、次式のように近似できる。

$$\int_{t-\tau_{21}}^t KA^P \frac{\partial K}{\partial x} dt = \int_0^{L_{21}} \frac{A}{P} \frac{\partial K}{\partial x} dx \approx \frac{L_{21}}{2} \left\{ \frac{A_2}{P_2} \frac{\partial K_2}{\partial x} + \frac{A_1}{P_1} \frac{\partial K_1}{\partial x} \right\} = C_1 A_1(t - \tau_{21}) + C_2 A_2(t) \quad (4)$$

ここに、 L_{21} は水位観測地点 1, 2 間の距離、 $C = (L/2P)(\partial K/\partial x)$ である。

また、 q_* の算定に単位図法を適用すると

$$\int_{t-\tau_s}^t q_* dt = \tau_s q_*(t - \tau_s) \quad (5) \quad q_*(t - \tau_s) = \int_0^{t-\tau_s} l \cdot f \cdot u(\tau) r(t - \tau_s - \tau) d\tau \quad (6)$$

ここに、 l : 斜面長 f : 流出係数 $u(\tau)$: 瞬間単位図 τ_s : 斜面における遅れ時間

式(5)に式(6)を、式(3)に式(4)、(5)を代入し、予測時間 I を用いると、次式がえられる。(前報参照)

$$A_2(t+I) - A_2(t) = k \left\{ A_1(t+I - \tau_{21}) - A_1(t - \tau_{21}) \right\} + \int_0^{t+I-\tau_s} U(\tau) r(t+I - \tau_s - \tau) d\tau - \int_0^{t-\tau_s} U(\tau) r(t - \tau_s - \tau) d\tau \quad (7)$$

$$U(\tau) = m \tau_{21} l f u(\tau)$$

ここで、 $k = (1 - C_1)/(1 + C_2)$, $m = 1/(1 + C_2)$

3. 予測モデルの適用とその検討

上述のモデルの適用性を、台湾の高屏溪において検討する。入力は月眉観測所と民族観測所の水位データおよび、その周辺の数ヶ所の時間降雨記録の平均値の降雨データである。ここで、民族と月眉の区間において、 I 時間先の下流側断面積 A_2 の予測を行う際、上流側断面積 A_1 の予測及び降雨の予測が不要であるのは、(7) 式において $I \leq \tau_{21}$, $\tau_S = I$ の条件を満たすときである。しかし、高屏溪においては、上流側の民族から下流側の月眉までの到達時間は 1 時間と見積られた。このため、この条件のもとで予測を行うのは予測時間 $I = 1$ 時間が限度である。そこで、月眉における 3 時間の予測を行うために、まず民族において 2 時間予測を行う。すなわち、(7) 式において、上流側断面積を 0 とした次式

$$A_1(t+I) - A_1(t) = \int_0^{t+I-\tau_S} U(\tau) r(t+I-\tau_S-\tau) d\tau - \int_0^{t-\tau_S} U(\tau) r(t-\tau_S-\tau) d\tau \quad (8)$$

ここに、 $U(\tau) = m\tau_{10} l f u(\tau)$

を $I = 2$ として民族の水位観測所に適用し、その断面積を式 (7) に適用して月眉の 1 時間後の水位を予測し、それを月眉の 3 時間予測とした。なお、モデルのパラメタは k および $u(\tau)$ で、カルマンフィルターにより同定した。

図 1～3 は、上述の方法に基づき月眉においての 3 時間予測を行った結果を示したものである。なお、斜面における遅れ時間 $\tau_{S1} = 2$, $\tau_{S2,1} = 1$ 時間、到達時間 $\tau_{21} = 1$ 時間を用いており、すべて現時点までのデータを使用したものである。いずれの洪水においても、水位の予測値と実測値により一致がみられることがわかる。

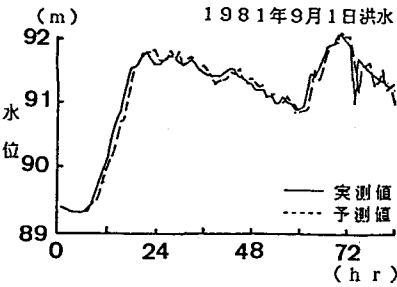


図 1. 予測値と実測値の比較

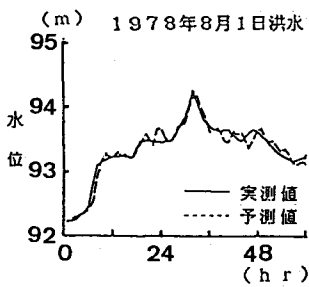


図 2. 予測値と実測値の比較

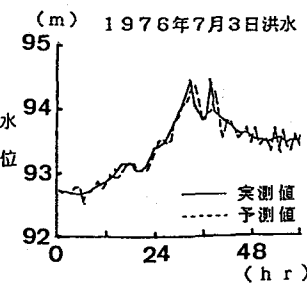


図 3. 予測値と実測値の比較

4. 結論

本報では、水位観測所が 2 ヶ所で、その間の到達時間が 1 時間と、現時点までのデータを用いたのでは 1 時間の予測が限度であった河川に、新たに上流側水位観測所に降雨データのみを用いた予測を導入して 3 時間の予測を試みた。

上流側の断面積の実データと補助的に降雨データを用いた式 (7) にのみ基づいた前報までの手法と異なり、最上流側の情報として降雨データのみを用い、単位図法に頼るところの大きい式 (8) を含んでの今回の 3 時間予測は、最上流観測地点で式 (7) を用いた 3 時間予測が出来る場合に比べ、理論的にも精度がよいとは言いがたい。しかし本手法は、同様な条件の為に長時間の予測が出来なかった多くの河川について予測時間の延長を可能にしたものである。なお今回の高屏溪の流域面積は、上流側が 306 km²、下流側が 250 km² であって、この程度の流域面積を持つ河川では、本報の手法により 3 時間程度の予測は可能であるように思われる。

参考文献

- 1) 平野, 森山ら; 特性曲線法によるオンライン洪水予測 (2) 土木学会西部支部概要集 昭 62. 3