

京都大学防災研究所 正員 小葉竹 重機・石原 守雄

われわれは流域末端での洪水hydrograph $Q(t)$ は、単位流域からの流出hydrograph $q(t)$ と単位流域の位置と大まさを表現している修正集中面積図 $A(t)$ とのたたみ込み積分 $(q * A)(t) = Q(t)$ --- (1) で与えられるとして考察を進めてきた。本報ではこの考え方をを用いて洪水流出計算の統合化の検討を行ったものである。

1. 単位流域の洪水流出解析 : 単位流域においては、斜面要素と河谷要素を考慮することによって、かなり厳密に雨水流出の物理的過程を表現できるようになった。すなわち高押らは表層(A層)の役割に着目して斜面における流出過程を説明することに成功し、われわれは荒川試験地の観測結果に基づいて多層モデルによる表現を行った³⁾。したがって、ここでも本報はこの流出モデルによって単位流域からの流出hydrographを算定し、その統合化を討ることを考えるべきであろう。しかし、斜面における雨水の流出過程は、本質的に非線形性であり、しかも入力である降雨量と出力である流出量が等しくなく、雨水が流域内に残留するという特性を有している。そのために、これらの単純な物理モデルに含まれるパラメータの同定には多くの観測値が必要とするものである。そこで、ここではできるだけ上述の雨水流出の特性が考慮され、しかもパラメータ同定が可能な流出モデルを採用して、こうした近似によって生ずる誤差の伝播を考察した上で、洪水流出計算の統合化を考えることとした。

2. 単位流域からの流出波形に含まれる誤差の伝播 : ある時刻 t_0 に $q(t)$

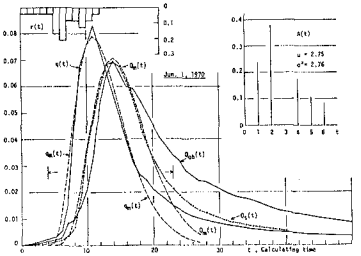


図1 荒川試験地と荒川流域全体の観測hydrograph $q(t)$ 及び $Q_{ob}(t)$ を用いた検討例。
 $Q_q(t)$ は(1)式を用いた厳密値

上に生じた δ の変化は、下流端では $\delta \cdot A(t-t_0)$ の変化となつて現われるが、ここではこのような偶然誤差の伝播ではなく、流出計算上現われ易い一種の系統誤差、すなわち波形全体へに若干の誤差が含まれる場合に、それがどのように伝播するかについて検討を行う。伝播の様子をみるものとして、ピーク位置とその大きさの変化をとり上げることにする。いま図1に示すように $q(t)$ のピーク付近の波形はガンマ分布 $g_m(t)$ で、図中右上に示す $A(t)$ については二項分布で近似できるものとすれば、下流端のhydrograph $Q(t)$ は確率変数の和の分布としてガンマ分布 $Q_m(t)$ で近似的に表わ

されることになり、そのピーク位置と大まさは、 $g_m(t)$ と $A(t)$ の平均値 μ_g, μ_A と分散 σ_g^2, σ_A^2 を用いて、(2)式

で与えられる。いま $g_m(t)$ の平均値、分散が各々 $\varepsilon_\mu, \varepsilon_\sigma$ だけ変化したとすれば、 $q_m(t)$ のピーク位置 t_{pg} と $Q_m(t)$ のピーク位置 t_{pq} のもとの位置からのずれは各々(3)式のようになる。(3)式において μ_g と σ_g^2 とはほぼ同じorderであり、 $\varepsilon_\mu, \varepsilon_\sigma$ は各々 μ_g, σ_g^2 の 10^{-1} order であるとするならば、(3)式より、 $\Delta t_{pg} \approx \Delta t_{pq}$ とする。つまり同様の $\varepsilon_\mu, \varepsilon_\sigma$ の変化による $q_m(t), Q_m(t)$ のピークの大ま

な変化率 V_g, V_Q は、(2)式のガンマ分布のピークの大まさを表わす式に

いて最後の項の1を無視することによって ($\mu^2 \gg \sigma^2$ の時成立) (4)式で与えられる。

$a = \varepsilon_\sigma / \sigma_g^2$ として図1の場合について、 $\delta v = V_Q / V_g$ を計算したものが図2の点線であり、実線はこの場合の1を無視しない厳密値である。また破線は(4)式を用いて

$\sigma_g^2 = \sigma_A^2, \sigma_g^2 = 2\sigma_A^2, \sigma_g^2 = 10\sigma_A^2$ の場合について δv を計算した結果である。いま $Q(t)$ のピーク付近の波形を決定するのは、 $q(t)$ の波形のうちピークを含んで伝播時間(最

速単位流域から流域末端までの雨水の伝播時間)の2~3倍の期間と考えられ、この

ような期間を(対象とした) $Q_m(t)$ の分散は、 $A(t)$ の分散の2~10倍程度になると予想される。図2から、このような場合の Q_p の変化率は q_p の変化率の60~90%であると与えられる。

$$\left. \begin{aligned} V_g &= \left(1 - \frac{\varepsilon_\sigma}{\sigma_g^2}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \\ V_Q &= \left(1 - \frac{\varepsilon_\sigma}{\sigma_g^2 + \sigma_A^2}\right)^{-\frac{1}{2}} - 1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

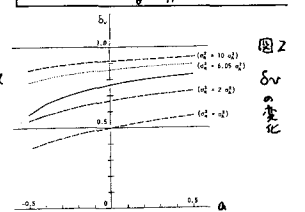


図2
 δv の変化

