

名古屋大学 正員 松林 亨一郎

[1] まえがき ; 流出解析において、どの程度の大きさの流域を解析単位に選ぶかというランピングスケールの問題は流出解析の基本的問題の一つである。遅い中間流出を対象としたとき、ランピングスケールを決定する際の指標となる流出特性のばらつきは2つの要因によって生じていると考えられる。まず第1は流域内の各部分流域における地形・地質特性の差によって流出特性が異なることであり、他の1つは降雨の空間的分布が降雨毎に変わるという不確定性によるものである。本報告の目的は、流出特性のばらつきとこれら2つの要因の関係を明らかにすることである。

[2] 部分流域の流出特性の相違 ; 著者はこれまでに山地流域の山腹における種々の斜層からの流出が合成されることによって比較的小さな流域でも平均化が卓越することを明らかにしている。^(参考文献)本文で扱う部分流域はこの平均化が十分進んだ流域であり、その流出ハイドログラフは部分流域内斜層の地形・地質特性から導かれる無次元パラメータ A, B の分布 $P(A, B)$ とパラメータ (A, B) をもつ斜層からの無次元ハイドログラフ $g'(A, B)$ を用いて(1)式によって与えられ、無次元係数は(2)式によって計算される。ここに $g'_i, \bar{A}_i, \sigma_{A_i}^2$ は i 部分流域の無次元流量、係数およびパラメータ A の平均・分散である。(1)(2)式において流域の地形・地質特性の相違は $P(A, B)$ を通じて g'_i, λ'_i の相違として現われている。

$$g'_i(x) = \iint P(A, B) g'(x; A, B) dA dB \quad (1)$$

$$\lambda'_i = \frac{\exp(\bar{A}_i + \frac{\sigma_{A_i}^2}{2})}{1 - \frac{1}{2} \exp(\bar{A}_i + \frac{\sigma_{A_i}^2}{2})} \quad (2)$$

[3] 降雨の空間的分布特性 ; 降雨の空間的分布は降雨毎に異なり、その変動特性を数量化するためここでは地点降雨間の相関係数を求めてそれを観測点間の距離と対応づけた。図1は両者の関係を長良川の16の降雨観測点の日データについて示したものであり、観測点間距離が広がるにつれて相関係数が小さくなってゆく様子が認められる。

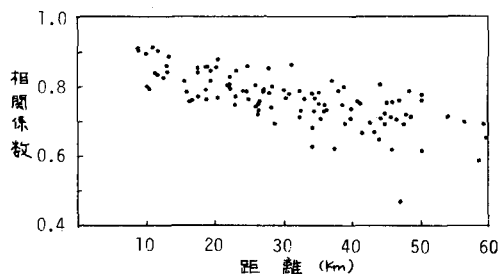


図1 距離-相関係数の関係

[4] 流出特性のばらつき指標 ; 流出特性として、ここでは流量と係数を取り扱った。まず、流量についてばらつきの指標を示そう。遅い中間流出を日単位で扱う場合には河道での遅れは無視してよいから、対象とする流域からの流出流量は流域平均降雨で無次元化すると(3)式で表わされる。ここに a_i は i 部分流域の降雨強度、全流域面積に対する面積比である。(3)式中 r_i が降雨毎に変化する確率変数であり、これによって g'_i も降雨毎に変化する。この流量 g'_i のばらつきとして、ここでは降雨が一樣な場合の無次元ハイドログラフ g'_0 (4式)を基準とし、(3)式(4)式の差の2乗の期待値 $\sigma_{g'_i}^2$ (5式)によって評価する。ここで(5)式の σ^2 は部分流域での降雨の平均値 $\bar{r}$ 、分散 σ^2 を共通とし、第1式をTaylor展開して2次の項まで取ったものである。また P_{ij} は i, j 部分

流域間の降雨の相関係数である。つぎに、低減係数のばらつきについても、流量の場合と同様として、基準低減係数 λ_0 およびばらつき $\sigma_{\lambda'}^2$ はそれぞれ(6)式・(7)式で表わされる。こゝら(5)式・(7)式の表現は $R_{ij}=1$ すなわち降雨が流域内で一様な場合、 $g_i' = g_j'$ および $\lambda_i' = \lambda_j'$ すなわち部分流域間の流出特性に差のない場合にはそれぞれゼロとなり、こゝで求めようとしたばらつきの条件を満たしている。

$$g' = \frac{\sum r_i a_i g_i'}{\sum r_i a_i} \quad \dots (3)$$

$$g_0' = \sum a_i g_i' \quad \dots (4)$$

$$\sigma_{g'}^2 = E \left[\left(\frac{\sum r_i a_i g_i'}{\sum r_i a_i} - \sum a_i g_i' \right)^2 \right] \\ = \frac{\sigma_r^2}{F^2} \sum_i \sum_j R_{ij} (a_i g_i' - a_i \sum_k a_k g_k') (a_j g_j' - a_j \sum_k a_k g_k') \quad \dots (5)$$

$$\lambda_0' = \frac{\sum b_i \lambda_i'}{\sum b_i}, \quad b_i = a_i / (1 + \lambda_i' / 2) \quad \dots (6)$$

$$\sigma_{\lambda'}^2 = \frac{\sigma_r^2}{F^2} \sum_i \sum_j R_{ij} \frac{(b_i \lambda_i' \sum_k b_k \lambda_k' - b_i \sum_k b_k \lambda_k') (b_j \lambda_j' \sum_k b_k \lambda_k' - b_j \sum_k b_k \lambda_k')}{(\sum b_k)^2} \quad \dots (7)$$

[5] 実流域での計算例 ; 対象とした流域は長良川左支川吉田川の下津原流域(118.0 km²)であり、こゝでは地形解析データをもとに上下2つの部分流域に分割した。表1は各部分流域のパラメータAの分布、低減係数、面積率、および降雨の相関係数・変動係数をまとめて示したものである。まず流量のばらつきについて、図2には、破線で示した基準ハイドログラフ g_0' を中心に、(5)式で求めた $\sigma_{g'}^2$ より $|g' - g_0'| < \sigma_{g'}, 3\sigma_{g'}$ の範囲をそれぞれ太線細線によって示してある。こゝに対して、実際降雨・流量より中間流出成分を抽出し、単位降雨・単位面積あたりで表した無次元流量が図中の実線である。両者の分布はほぼ対応している。つぎに低減係数のばらつきについて、(6)式(7)式から求めた λ_0' 、 $\sigma_{\lambda'}^2$ はそれぞれ $\lambda_0' = 0.41$ 、 $\sigma_{\lambda'} = 0.03$ であった。こゝに対して上述の実際ハイドログラフから求めた λ' の分布を図3に示した。図には $|\lambda' - \lambda_0'| < \sigma_{\lambda'}, 3\sigma_{\lambda'}$ の範囲を図2と同様に示したがこゝによると実際値のばらつきは(7)式によるばらつきより少し大きいけれどもほぼ同程度であるといってもよい。

表1
部分流域の特性

i	1 (上流域)	2 (下流域)
$\bar{A}$	-1.56	-1.20
σ_A^2	0.77	0.70
λ_i'	0.336	0.474
a_i	0.5	0.5
R_{12}	0.9	
$\sigma_r / \bar{r}$	2.7	

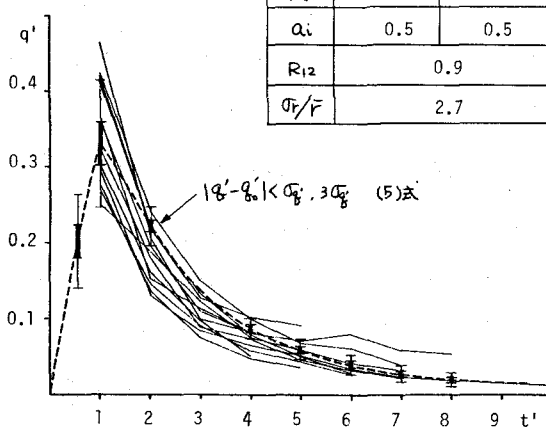


図2 g' の分布

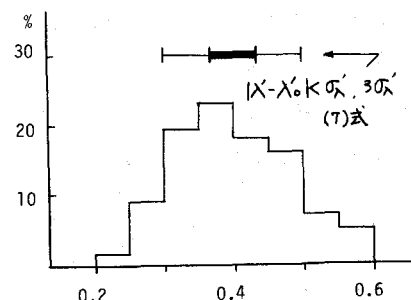


図3 λ' の分布

[6] あとがき ; 以上遅い中間流出を対象として流出特性のばらつきを部分流域の流出特性の相違と降雨の空間分布の不確実性から導いた。この方法はとくに流量データの乏しい流域において有効に利用されるだろう。なお、実流域における検討がまだ不十分であり、今後は大きさの異なる流域で解析を進めたい。

参考文献: Takagi, F. On the averaging process of runoff characteristics within watersheds Proc. 3rd Inter'l Sympo. on Stochastic Hydraulics 1980 Tokyo