

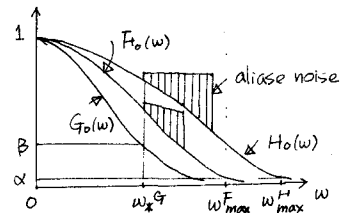
京都大学	正員	高橋	琢馬
京都大学	正員	中根	亮晴
同大学院	学生員	北村	英和

1. はしがき

流出系は分布系であるから、そのシステムモデルも分布系モデルであることが望ましいが、実際的にはある有限のスケール内での降雨や流域のパラメータをランコングし、トータルシステムをそれらの集結に近似するという方法をとらざるを得ない。また降雨や流出は時間的に離散系列として取扱われる以上、その時間間隔のとり方が問題である。これらの距離スケール、時間スケールを流出系の集中化スケールとよぶ。流出系の集中化スケールは、そのスケール内での降雨・場の変動が対象地点の流出に顕著な影響を与えないように決定されなければならない。したがって、集中化スケールは系の感度分析に基づいて決定されるべきであるが、系の非線型性と場の構造の複雑さのため十分明らかにされてはいない。

2. 時間スケール

線型システムではシステム関数のスペクトルの分析によって単位時間を決定するとよい。右図は、線型システムの入力信号の正規化スペクトル $F_0(\omega)$ 、単位インパルス応答のスペクトル $H_0(\omega)$ 、出力信号の正規化スペクトル $G_0(\omega)$ の関係を示したもので、 β はゲインの信頼度のレベル、 α は無視レベルである。 $\omega_{F_{\max}}^F \ll \omega_{H_{\max}}^H$ のとき、単位時間を



$\Delta t = 2\pi / \omega_{F_{\max}}^F \dots \textcircled{1}$ で決定できる。 $H_0(\omega)$ の包絡線が角周波数 ω_0 以下で急激に減少し、 ω_0 以上で漸減するような性質を持つならば、 $\Delta t_1 = \pi / \omega_0 \dots \textcircled{2}$ を単位時間とするのも合理的である。

(1) 単位図法における単位時間 簡単のため単位図を二等辺三角波とすると、 $\textcircled{2}$ 式で単位時間を定めると $T_c/3$ となる。ここに T_c は到達時間である。(2) G型中間流の単位時間 α 、 β をそれぞれ 1%、5% としたとき、 $\textcircled{1}$ 式による単位時間は $T_c < 100 \text{ hr}$ に近似的に $(0.023 T_c + 0.6) \text{ hr}$ である。 $\textcircled{2}$ 式によると $T_c/3$ である。ここに $T_c = \gamma B / k \sin \theta$ であり、 γ は有効空隙率、 k は透水係数、 $\sin \theta$ は二角配、 B は斜面長である。数値実験では、前者で誤差は 1% 前後、後者で 4% 前後であった、後者の単位時間の前後で誤差が急変することが確かめられた。

(1) 地表面流あるいは河道流の単位時間 地表面流はマニング型抵抗則を仮定した kinematic wave 法による追跡は非線型として取扱われるから、今までの方法を適用するにはなお工夫を要する。Eagleson は kinematic wave 法におけるインパルス応答を、 $q = \alpha k^m (t < t_0)$ 、 $q = \alpha (B / \alpha m t)^{m/m-1} (t \geq t_0) \dots \textcircled{3}$ とし、このインパルス応答関数を用いて単位時間を $\Delta t = [B / 3.2 \alpha m (\bar{v}_e)^{m-1}]^{1/m} \dots \textcircled{4}$ とすることを提案している。ここに k はインパルス強度、 α 、 m は抵抗特性値、 B は斜面長、 $\bar{v}_e$ は有効降雨強度の平均値、 $t_0 = B / \alpha m k^{m-1} \dots \textcircled{5}$ である。数値実験の結果は良好であった。 $\textcircled{4}$ 式で単

位時間を定めてよいと思われる。

[3] 距離スケール

距離スケールは一般に降雨と場のパラメータの空間的変動の程度とそれに対する系の感応度の分析に依存するが、前者の観測・研究は未だ不十分であって確定的な結論は出せない。

(1) 場のスケール 場のパラメータの分布は既知とする。斜面系のインパルス応答を $q = \bar{q} + q' \dots$ (6) とあらわす。ここに $\bar{q}$ はあるスケールで集中化された斜面系の応答、 q' はパラメータの分布による偏差である。 q' によるスペクトルの変化部分は $\bar{q}$ のスペクトルより高周波域にあると考えられ、それが流出系のフィルター効果によって遮断される。そのスケール内の集中化が許される。 q' は、降雨のスペクトル、河道系インパルス応答のスペクトルが低域に制限されているとき程遮断される可能性が高く、長雨のときほど、また大流域ほどスケールは大きくなってよいといえる。

(2) 降雨のスケール 通常の斜面では降雨は一樣とみなしてよいと考えられるから、降雨のスケールは場所的に変動する横流入を受ける河道系の感応度分析から決定してよいと思われる。この場合のインパルス応答は kinematic wave 法では考えられず、運動方程式の線型化を考えなければならない。これについては検討中である。

(3) ネットワーク構成の簡略化スケール 河道での遅れ時間を無視できるものとする。流出 $Q(t)$ は $Q(t) = (2L/k)^{1/p} \left[\int_0^t r(t-\tau) d\tau \right]^{1/p} \dots$ (7) とあらわされる。ここに L は河道総延長、 k は斜面の抵抗特性値、 τ は特性曲線が上流端を出発する時刻であって、 $pk^{1/p}B = \int_0^t ds \left[\int_0^s r(z) dz \right]^{1/p-1} \dots$ (8) である。一方、斜面長 B 、河道区間長 l 、抵抗特性値 k 、 p をもつ均一斜面からの流出は、 $Q_s(t) = (L/k)^{1/p} \left[\int_0^t r(t-\tau) d\tau \right]^{1/p} \dots$ (9) であり、 τ は $pk^{1/p}B = \int_0^t ds \left[\int_0^s r(z) dz \right]^{1/p-1} \dots$ (10) を満たす。(7)、(8) と (9)、(10) を比較すると、 $k^{1/p}B = k^{1/p}B \dots$ (11) であれば、 $Q_s(t) = Q(t)$ であることが分る。それ故、河道での遅れを無視できるときは、(11) 式を用いて流域を均一斜面でおきかえることが出来る。

河道での遅れを無視できないときは、河道構成を考えなければならない。(8) 式と示される応答関数のスペクトルは $t_s \rightarrow 0$ のとき理想低域通過形であることが分るから、 t_s/t_c はこの境界を定めるので妥当であろう。 $p=0.5$ とし、5% を基準値として計算した結果、 $t_s/t_c = 0.05/\pi$ なる値を得た。

[4] あとがき

距離スケールの問題は多くは未解決であり、今後検討しなければならない。特に斜面粗度は「等価粗度」としてパラメトリックな操作の対象とされ、それだけ概念的意義が希薄となっているので、距離スケール決定の難点となっている。この点については別の機会に論ずるつもりである。

参考文献

1) Eagleson, P.S.: A Modular Distributed Model of Catchment Dynamics.

M.I.T 1970

2) 高橋琢馬 : 洪水流出系の分析と総合に関する基礎的研究。1971.6.