

金沢大学工学部 正 員 高瀬信忠

同上 正 員 宇右橋康行

同上 学生員 〇恵良康司

1. まえがき 都市の流出が山地のそれと異なっている点は、流域がそれぞれ応答特性の異なる浸透域と不浸透域からなること、雨水の流下経路が明確なことである。従って都市の流出モデルはこの特徴を考慮したものであることが望ましく、都市化による流出の変化等を議論する際にも有用である。しかし、末端の小排水路に到るまですべての排水路を考慮することは、計算を煩雑にするし、また実際上不可能であり、ある程度の集中化が必要であり有効でもある。本報告は最近 Diskin らによって提唱されたパラレルカスケードモデルを我が国の都市河川に適用し、若干の考察を行なったものである。

2. パラレルカスケードモデル モデルの構造は図-1に示すようであり、3つの主要素から構成されている。第1の要素は過剰降雨を求めるものであり、その手順は次のようである。まず降雨初期に凹地貯留域に相当するものとして初期損失 D を差し引く。これが満たされた後は一定の浸透損失 ϕ を差し引く。すなわち、過剰降雨は次式で与えられる。

$$\int_0^t R(t)dt \leq D \text{ のとき } X(t)=0, R(t) \leq \phi \text{ のとき } X(t)=0, R(t) > \phi \text{ のとき } X(t)=R(t)-\phi$$

ここに、 $R(t)$ は降雨、 $X(t)$ は過剰降雨、 D は初期損失、 ϕ は浸透損失である。他の2つの要素は互いに並列になっているもので、それぞれ流域の浸透域および不浸透域に対応しており、前に求めた過剰降雨から直接流出量への変換を行なう要素である。全流出量はそれぞれの和で求められる。浸透域、不浸透域とも、過剰降雨から直接流出量への変換には Nash の標型貯水池モデルを用いる。単位図および直接流出量は次式で表わされる。

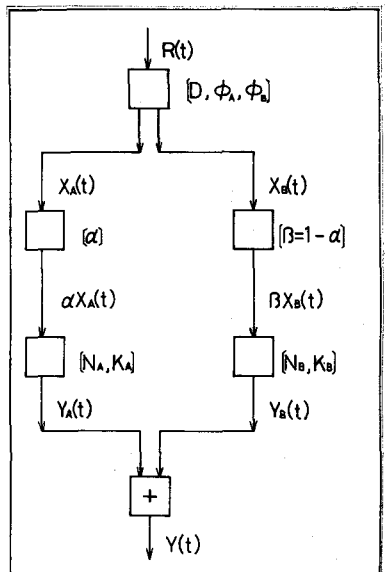


図-1

$$Y_A(t) = \alpha \int_0^t X_A(\tau) H_A(t-\tau) d\tau, \quad H_A(t) = \frac{1}{K_A \Gamma(N_A)} \left(\frac{t}{K_A} \right)^{N_A-1} e^{-t/K_A}$$

ここに、 $Y(t)$ は直接流出量、 $H(t)$ は単位図、 N は貯水池の数、 K は貯留係数、 α は不浸透面積率、 $\beta(=1-\alpha)$ は浸透面積率である。また添字 A, B はそれぞれ不浸透域および浸透域を表わす。

3. 適用流域と使用データ 適用流域は東京都内の谷端川上流域、下流域および桃園川の3流域である。使用したデータは建設省土木研究所から刊行されたものである。3流域の流域面積は、谷端川上流域 1.092 km^2 、下流域 5.42 km^2 、桃園川流域 4.582 km^2 である。また不浸透面積率はそれぞれ、40%、50% および 49% である。これらの値は東京都の調査によった。3流域とも都心にあり、家屋の密集地帯に位置し、下水道も整備されており、完全市街化地域であると言える。

4. パラメータの決定 このモデルには、 $D, D_0, \phi, \phi_0, N_A, N_B, K_A, K_B$ の計8つのパラメータ-

が含まれている。これらのパラメーターのうち過剰降雨の算定に関連する D_A 、 D_B 、 ϕ_A 、 ϕ_B は、他の研究・調査の結果を参考にし流出率が等しくなるように考慮して決定した。その結果3流域ともに $D_A = 6 \text{ mm}$ 、 $D_B = 9 \text{ mm}$ とした。また、この3流域で最終浸透能が 10 mm/hr 前後の値であることが報告されているので、 $\phi_A = 0.0 \text{ mm/hr}$ 、 $\phi_B = 11.0 \text{ mm/hr}$ とした次に貯水池の数 N_A 、 N_B は、Diskinらによれば $N_A = 2$ 、 $N_B = 3$ が最適であると報告されているのでこゝでも $N_A = 2$ 、 $N_B = 3$ とした。 K_A 、 K_B は次式で示す2つの誤差を最小にするような最適値を降雨ごとに求めた。

$$S_A = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - Q_i|}{Q_p}, \quad S_E = \frac{\left| \sum_{i=1}^n (Y_i - Q_i)^2 \right|^{1/2}}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

ここに、 Q_i は実測値、 Y_i は計算値、 Q_p はピーク流量である。

5. 計算結果および考察 パラレルカスケードモデルを上記3流域に適用した結果の一例を図-2、3、4に示す。これらの図に見られるように全体的に実測値と計算値はかなりよく一致している。また、不浸透域からの流出が大部分を占める都市域では、当然のことながら K_A の影響が小さく、 K_B は大規模のピーク付近にのみ影響を持つ。また、

パラメーター K_A 、 K_B の降雨ごとの変動は、表-1に示した桃園川の場合には、降雨ごとの変動は少なく平均値を用いても良好な結果が得られる。しかし、谷端川上流域、下流域ではパラメーターの降雨ごとの変動が大きく、このモデルを用いる場合の今後の問題点と言える。

6. おわりに パラレルカスケードモデルを我が国の都市河川に適用した結果は、誤差を最小にするように最適化されたパラメーターを用いれば、計算値と実測値はかなり良い一致を示すことが分かった。しかし、このようにして求められたパラメーターの降雨ごとの変動は、Diskinらの場合より大きく、流域固有の1つのパラメーターを定めろのが困難な場合もある。今後は、この型のモデルをよりすぐれたものとするために、前期降雨との関連を含めた過剰降雨モデルについで両検討、および都市流出の非線型性を考慮して、過剰降雨-直接流出の変換に非線型モデルを用いることを考えている。

＜参考文献＞ M. H. Diskin, S. Isaac, K. Oben-Nyarko, "Parallel Cascades Model for Urban Watersheds," A.S.C.E. HY-2, 1978, p. 261~p. 276. , 都市河川研究室:「東京都における雨水流出調査報告書」, 土木研究所資料, 第679号, 1970. 東京都下水道局:「東京都における雨水流出調査報告書」, 1972-3. 建設省土木研究所:「都内谷端川・桃園川排水区水文観測資料」, 土木研究所資料, 第1026号, 1975年.

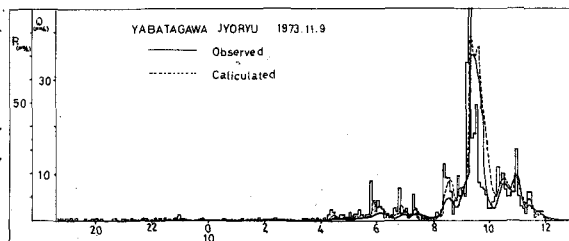


図-2

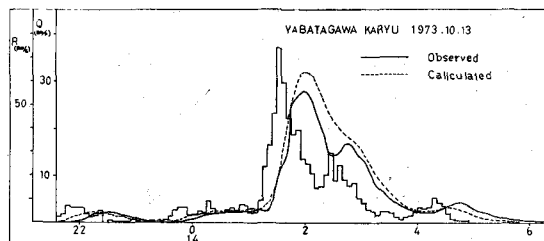


図-3

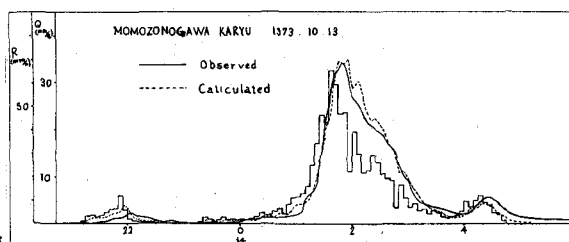


図-4

桃園川下流				
洪水NO.	K_A	K_B	S_A	S_B
7	0.60	1.85	0.0210	0.0231
9	2.40	1.70	0.0174	0.0379
11	0.60	1.15	0.0447	0.0463
12	0.40	1.65	0.0427	0.0913

表-1