

II-36 リンク〜マグニチュード理論を用いた貯留関数法のパラメータ推定法

水資源開発公団 正員 竜澤宏昌

北海道大学 正員 藤田睦博

北海道開発局 正員 橋本謙秀

1. はじめに

流域は、斜面と河道の2要素から構成されている。斜面は、降雨量を流量に変換する場であり、河道は斜面からの流出量を合成、運搬する場である。本研究は、河道における集水過程をリンク〜マグニチュード方式による河道網理論を用いて解析し、さらに、実用的観点から貯留関数に含まれるパラメータを河道網の特性量から理論的に推定した。また、河道における洪水波の伝ばん速度についても実流域の実測データをもとに考察、検討した。

2. 基礎理論

リンク〜マグニチュード方式による河道網理論では、水源を有する河道を外部リンク、合流点間を結ぶ河道を内部リンクと区別し、流域内に含まれる外部リンクの数をマグニチュードと呼んでいる。マグニチュードがNの流域には内部リンクが(N-1)個、外部リンクがN個あり、合計(2N-1)個の河道が存在している。マグニチュードNの流域において、各リンクに付随する小流域を単位流域と考え、単位流域からの流出量 $q_u(t)$ ($m^3/s/km^2$)が河道を一定の伝ばん速度V(m/s)で流下すると仮定すると流域末端における流出量の期待値 $Q(t)$ (m^3/s)は、次のようになる。

$$Q(t) = A \sum_{J=1}^N q_u(t - \frac{(J-1)L}{V}) C(N, J) \quad (1)$$

$A = A_t / (2N-1)$ A_t : 全流域面積

L : 平均リンク長

ここに、 $C(N, J)$ はマグニチュードNの流域において河道末端よりJ個リンクを遡った位置にある単位流域数の期待値であり一般式は、次の通りである。

$$C(N, J) = \frac{2^{J-1} J (N-2)! (2N-J-1)!}{(2N-3)! (N-J)!} \quad (2)$$

図-1は、 $C(N, J)$ の計算結果を示している。また、図-2は式(1)を模式的に説明したものである。

一方、マグニチュードNの実河道網に関して河道末端の流出量 $Q'(t)$ (m^3/s)として次式を得る。

$$Q'(t) = \sum_{i=1}^{2N-1} A_i q_u(t - L_i/V) \quad (3)$$

A_i : i番目の単位流域の面積

L_i : i番目の単位流域から河道末端まで至る距離

ここで実用的観点から式(1)を用いて貯留関数推法のパラメータを決定し、これから得られる $Q(t)$ と式(3)の $Q'(t)$ の比較、検討を行う。

貯留関数法は周知のように遅滞時間 t_L 、貯留係数K、貯留指数Pの3個のパラメータを持っている。式(1)を用いて得られた貯留関数法のパラメータ値を次式に示す。

$$\begin{aligned} t_L &= 0.139 L_m / V & t_L &= 0.092 A_t 0.6 / V \\ K &= 0.159 L_m / V & K &= 0.105 A_t 0.6 / V \end{aligned} \quad (4)$$

$$p = 1.0 \quad A_t (km^2), V (m/s), L_m (km), t_L (hr)$$

ここに、 L_m はそれぞれの単位流域から河道末端までに到る平均距離で、式(5)により与えられる。

$$L_m = L \sum_{J=1}^N (J-1) C(N, J) \quad (5)$$

式(5)では、Hackの式を用いてパラメータ値を集水面積で表示した場合(右側の式)も示している。

洪水の伝ばん速度を一定として解析を行ったが、実際の河川においては図-3に示すように流量の増大に伴い、流速は徐々に大きくなる傾向がある。³⁾ 図-3に示す実測の最大流量と平均流速との関係式として次式を得る。

$$U = 0.62 Q p^{0.126} \quad (6)$$

式(6)を式(1)、(3)に適用し、伝ばん速度を流量に応じて変化させ、伝ばん速度一定の場合との比較を行った。図-4に示す3種類の単位流域からの流出量 $q_u(t)$ を用いて計算した。図-4、図-5は、 $Q(t)$ について、

図-6、図-7は $Q'(t)$ について計算した結果である。(解析対象河川: 雨龍川 $A_t = 1714.6 (km^2)$ 、 $N = 233$)

一定伝ばん速度としては、式(6)で定義される最大流速のおよそ8割〜9割の値を用いると妥当な結果が得られることを確かめた。

3. まとめ

河道網理論に基づいて貯留関数法を用い、パラメータを決定した。これらは、流域のマグニチュードと集水面積が与えられると一義的に求めることができる。図-4と図-6に示されるように妥当な結果が得られた。また、伝ばん速度に関して、最大流速の8～9割の値を採用すると良いことがわかった。

参考文献

- 1) 館谷 清、藤田 睦博：河道網特性と貯留関数法に関する研究、水文・水資源学会誌、Vol.2, No2, 1989
- 2) 藤田 睦博、早川 博、竜澤 宏昌：河道網特性を考慮した貯留関数法に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集、第46号、1990
- 3) 高山茂美：河川地形、共立出版、1974

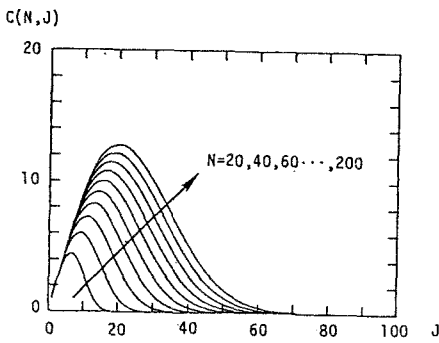


図-1 $C(N, J)$ の計算結果

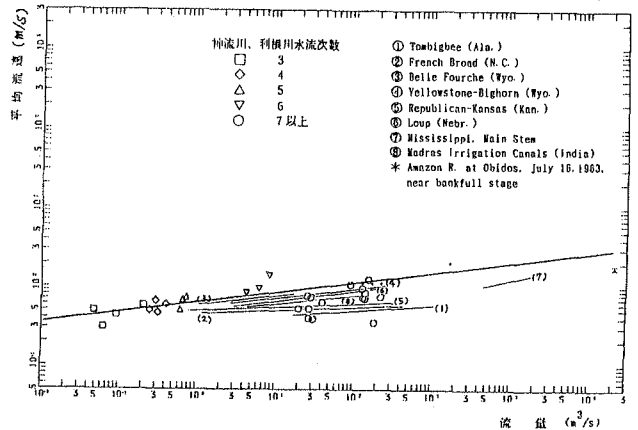


図-3 流量と平均流速の関係

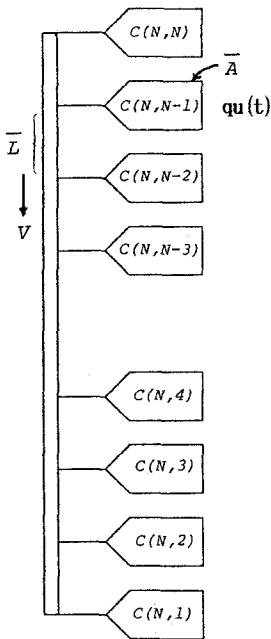


図-2 式(1)の模式図

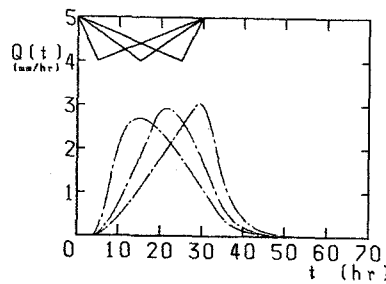


図-4 $Q(t)$ の計算結果 (V: Const.)

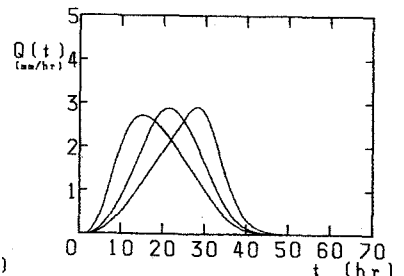


図-5 $Q(t)$ の計算結果 (V: 変動)

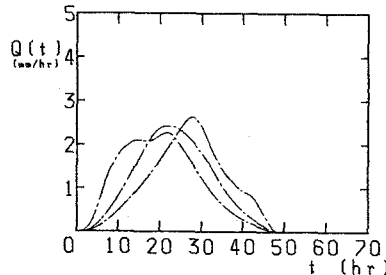


図-6 $Q'(t)$ の計算結果 (V: Const.)

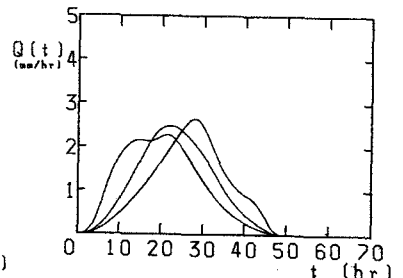


図-7 $Q'(t)$ の計算結果 (V: 変動)