

建設省北陸地建 正員 青木佑久

I. 概要

洪水時には河川管理者は、洪水警報や的確なダム放流を実行するために、基準地点における河川流出量をできるだけ速やかに、できるだけ長時間後まで予測することが必要になる。この報告では、その一方法として、洪水の貯留関数の逐次計算式を適用して、この式に基準地点における時々刻々の実測流量値を代入して、数時間後までの洪水流出量を予測する手法を提案するものである。この方法によれば、予測流量値が実測流量と差違が生じたことが分ってもフィードバックして修正する必要がなく、また卓上電子計算機程度の計算設備で一応の精度を得られるものと思われる。諸賢のご批判をお願いする次第である。

2. 洪水流出量予測の計算基本式

任意の時刻 $t+\Delta t$ の流域流出量 $Q_{t+\Delta t}$ が時刻 t の流出量 Q_t と、時刻 $t \sim t+\Delta t$ 間の流域平均有効雨量強度 $r_{t+\Delta t}$ との関数で表わされるような逐次計算式、すなわち、

$$Q_{t+\Delta t} = f(Q_t, r_{t+\Delta t}) \quad \text{----- (1)}$$

が与えられているとする。この式を洪水の流出予測に適用しようとする場合に、現時刻 t の実測流量 Q_t を逐次計算の初期値として代入して、

$$Q'_{t+\Delta t} = f(Q_t, r_{t+\Delta t}), \quad Q'_{t+2\Delta t} = f(Q'_{t+\Delta t}, r_{t+2\Delta t}), \quad Q'_{t+3\Delta t} = f(Q'_{t+2\Delta t}, r_{t+3\Delta t}), \quad \text{-----}$$

を必要な時刻まで計算して、これを予測流量列とすればよい。次の時刻 $t+\Delta t$ になれば、実測流量 $Q_{t+\Delta t}$ が得られるから、すでに予測した上式の値はすべて忘却して、新たに実測流量 $Q_{t+\Delta t}$ を初期値として、上記と同様に必要な時刻まで逐次計算すればよい。

このように、予測のたびごとに最新の実測流量を逐次計算の初期値として代入してゆく方法によれば、たとえ予測値が実測値と誤差を生じてもそのためにフィードバックして関数中の定数などを修正する必要がなくて済む。

洪水流出計算法のなかで、流域流出量を (1) 式の形 (逐次計算式) で表わしうるのは、貯留関数法がもっとも適当であると考えられる。しかも貯留関数法では好都合なことに、(1) 式中の $r_{t+\Delta t}$ は $r_{t+\Delta t-T_L}$ (時刻 $t-T_L \sim t+\Delta t-T_L$ 間の流域平均有効雨量強度) と書き改めることができるから、 T_L 時間後までの流出予測においては流域降雨量の実測値を使うことができる。T 時間 ($T > T_L$) 後までの流出予測においては $T-T_L$ 時間後までの降雨予測が必要になる。

貯留関数の逐次計算式は、衆知のように、

$$\frac{K}{\Delta t} q_{t+\Delta t}^p + \frac{1}{2} q_{t+\Delta t} = \frac{K}{\Delta t} q_t^p - \frac{1}{2} q_t + r_{t+\Delta t-T_L} \quad \text{----- (2)}$$

となる。上式は一般に代数的には解くことはできないが、Newton の近似法などにより卓上電子計算機

でも容易に解くことができる。

流域流出量の予測計算を行なう場合に、その問題点として、

- ① 流域で観測された降雨量から有効雨量を推定する方法、
- ② 貯留関数の定数 K, p を洪水期間中は一定値とするか、時間的に変動させるべきか、

などが挙げられる。①については、非常に重要な問題であるが水文学的に決定的な手法が見出だされていないので、従来の使法（たとえば f_1, R_{sa} による方法など）によるほかない。②については、数多くの事例検討の結果、もし定数を洪水期間中に、時々刻々、流域降雨量と流出量とから逆算して求める方法によらずれば、肝腎の流出量ピーク時（連続方程式において、流域降雨量と流出量とがほぼ同等になるとき）付近で定数の値が非常に不安定になりがちなので、予報時の計算作業量の軽減も加味して、定数 K, p は洪水期間中は一定値と扱うのがよいと思われる。

流域面積が大きくて、流域を2つ以上に分割する場合には、残流域の河道における洪水流の追跡が必要になる。河道における洪水流の追跡についてはすでに多くの研究が進んでいるので、ここで拙論をささむ余地はないが、ここでは河道洪水流の追跡式として、流域の流出計算と同形の「河道単位図」なるものを採用してみた。すなわち、

$$Q_0(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} Q_u(t-\tau) \cdot U(\tau) \Delta \tau \quad (3)$$

（ Q_0 : 河道下流端流量、 Q_u : 河道上流端流量）

とし、その追跡模式図は図-2のようにした。非線型現象に線型の単位図法を適用するのは必ずしも好ましくないが、手元に大型電子計算機がない場合には、迅速な不定流計算が不可能なので、できるだけ手軽に迅速に計算できる手法として教えてこれを採用してみた。

3 洪水流出予測の事例計算

以上の事例計算として、信濃川上流千曲川本川の杭瀬下流量観測所の上流域（2596 km²）を塩名田流量観測所（1151 km²）で2分割して、図-2の模式図により洪水流出予測計算を試みた例を図-3に示す。この計算では昭和34年8月の台風7号による出水を例として、14日9時および17時において、それぞれまでの両流域平均降雨量および両観測所流量はすべて既知とし、それ以後の量はすべて未知としてその予想値を代入して、それぞれ5時間後（同日14時および22時）までの流出量を予測してみたものである。

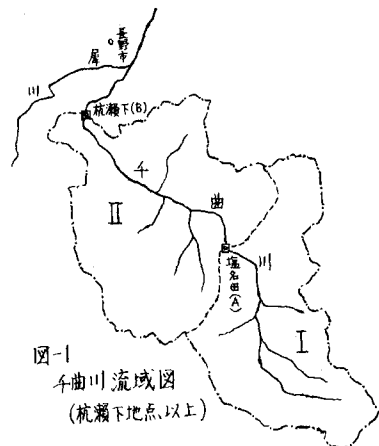


図-1
千曲川流域図
(杭瀬下地点以上)

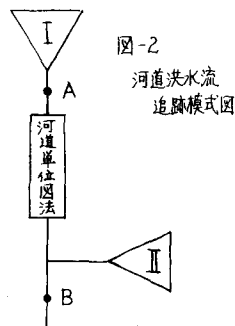


図-2
河道洪水流
追跡模式図

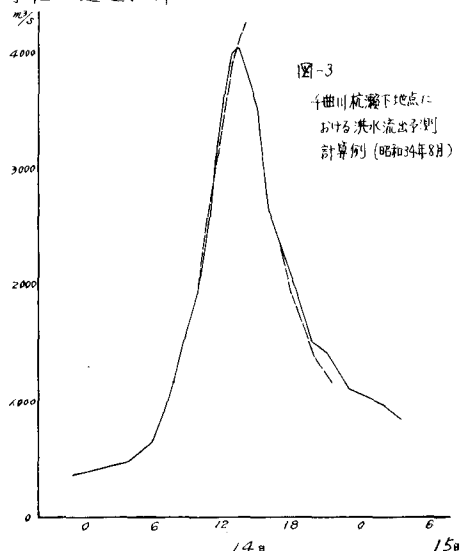


図-3
千曲川杭瀬下地点に
おける洪水流出予測
計算例 (昭和34年8月)