マスキンガム・モデルにおけるパラメーターの変動化

広島大学工学部　正員　常松　芳昭
広島大学大学院　学生員　○大和　伸明
梅藤　建治

1．まえがき

洪水追跡計算法のひとつであるマスキンガム法について，これまでに多くの研究がなされているが，パラメーターの構造については必ずしも十分解明されているとは言い難い。本文では，マスキンガム法で生じ得る初期流量の一時的低下，ならびに最適なパラメーターの決定という２つの問題点を検討することを目的として，パラメーターの値を変動させる手法を用いた洪水追跡計算法とその結果について報告するものである。

2．パラメーターの変動化

マスキンガム・モデルの洪水追跡計算式は次式で与えられる[1]。

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \tag{1}$$

ここに，

$$C_0 = -\frac{KX-0.5\Delta t}{K(1-X)+0.5\Delta t},\quad C_1 = \frac{KX+0.5\Delta t}{K(1-X)+0.5\Delta t},\quad C_2 = \frac{K(1-X)-0.5\Delta t}{K(1-X)+0.5\Delta t} \tag{2}$$

$$K = \Delta x / C_k,\qquad X = 1/2 - Q/(2bS_0C_k\Delta x) \tag{3}$$

であり，I_1，O_1は，それぞれ任意時刻における対象河道区間に対する流入流量，流出流量，I_2，O_2は，それぞれΔt時間後の諸量である。また，K，Xはマスキンガム・パラメーターであり，Δxは計算区間距離，bは水面幅，S_0は河床勾配，Qは初期定常状態の流量，C_kはキネマティック・ウェーブ波速である。

パラメーターの値によっては，(1)式より計算される初期流出流量が一時的に低下する，という不合理な結果が生ずることがある。このため相対流量を考え，(1)式を次のように書きかえる[2]。

$$\overline{O_2} = C_0\overline{I_2} + C_1\overline{I_1} + C_2\overline{O_1} \tag{4}$$

ここに，$\overline{I_1}$，$\overline{O_1}$は，それぞれ任意時刻における流入流量，流出流量の定常状態の流量との差，$\overline{I_2}$，$\overline{O_2}$は，それぞれΔt時間後の諸量である。

一般に，第１計算ステップにおいては，$\overline{I_1} = \overline{O_1} = 0$ であるから，(4)式は，$\overline{O_2} = C_0\overline{I_2}$ となる。一方，初期流量の低下が発生しないための条件は，$\overline{O_2} \geqq 0$，$\overline{I_2} > 0$ である。したがって，$C_0 \geqq 0$ でなければならないから，

$$\Delta t \geqq 2KX \tag{5}$$

の関係が得られる。

ところで，マスキンガム・モデルの適用性を向上させるための一手法として，可変パラメーター法（四点法）が提案されている[3]。これは次のような手順から成る。① I_1，I_2，O_1について，それぞれK，Xを計算する。② その３つのK，Xの平均値よりO_2の値を仮計算する。③ そのO_2に対するK，Xを計算する。④ ①と③で求めた４つのK，Xの平均値$\overline{K}$，$\overline{X}$を用いて追跡計算を行なう。　しかし，この手法には，初期流出流量の一時的な低下の問題点が考慮されていない。そこで，本文では可変パラメーター法に，(5)式の条件を導入した新しい手法（以後，「可変Δt法」と呼ぶ）を提示するとともに，これを用いて洪水追跡計算を試た。その具体的な手順は図－１に示すとおりである。

3．洪水追跡計算例と考察

計算に用いた洪水波とモデル水路の諸元は表－１に示すとおりである。モデル水路における洪水波を特性曲線法を用いて追跡し，得られた結果を比較の基準とする。図－２は，$S_0 = 1/10000$，$\Delta x = 32\,\mathrm{km}$ の場合に

得られた追跡結果を示したものである。これより，可変Δt法は初期流出流量の一時的な低下を生じないこと，また，洪水波の立ち上がり点の時刻が与えられること，さらにピーク付近では，可変パラメーター法よりも波形の適合性が良いことがわかる。この場合の可変Δt法による計算過程におけるK，X，およびΔtの変動状況を示せば図－3のようである。これより，流量が増大するにつれてΔtは小さくなり，したがって可変Δt法には，洪水追跡において最も重要なピーク付近の流量の時間的変化の情報が，詳しく得られる利点のあることがわかる。また，可変Δt法による他の洪水追跡計算結果からも同じようなことがいえ，さらに，河床勾配が大きく，計算区間距離が短いほど適合性の高い結果が得られた。しかし，可変Δt法は，計算時間間隔が一定でないために，特定の時刻における流量が，直接的に得られない等の不利がある。

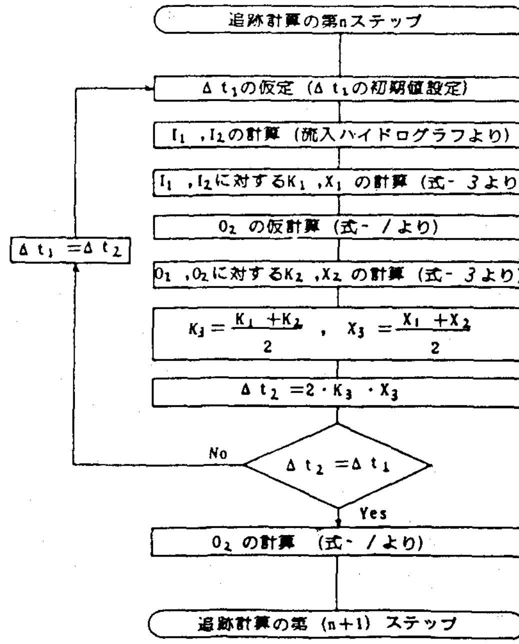
4．あとがき

以上，可変Δt法を提示したが，今後は，従来慣用されているマスキンガム・モデルの様々な手法との比較，検討を行ない，この手法の特質を明らかにしたい。

1) 常松・大和：マスキンガム式のパラメーターについて．第36回 土木学会中四支部講演概要集．1984

2) Cheng-Nan Chang, Singer Da Motta, E. and Koussis, A.D.: On the mathematics of storage routing. J. Hydrol., 61: 357-370. 1983

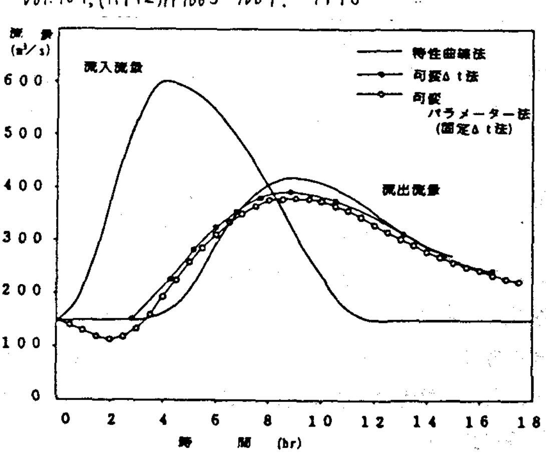
3) Ponce, V.M. and Yevjevich, V: Muskingum-Cunge Method with Variable Parameters. J. Hydrol. ASCE vol.104, (HY12) pp1663-1667. 1978



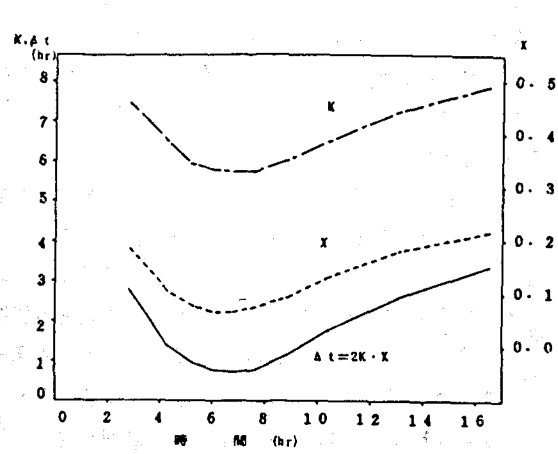
図－1　可変Δt法のフローチャート

表－1　洪水波とモデル水路の諸元

ピーク流量到達時間Tp		4 時間
継続時間 Tf		12 時間
ピーク流入流量		600 m^3/s
初期流入流量		150 m^3/s
基本波形	増水期	$Q=150-\frac{2\times 450}{Tp^3}\cdot(T-3/2Tp)\cdot T^2$
	減水期	$Q=150+\frac{450}{(Tf-Tp)^4}\cdot(T+Tp)^2\cdot(T-Tf)^2$
水路条件		長方形断面一様水路 水面幅 100 m 粗度係数 0.03



図－2　流量ハイドログラフ



図－3　K,X,Δtの変動