

2. 木村型貯溜関数のタンクモデル変換

タンクモデルでは(1)式の水収支式のように ST_1, I を与えて $\bar{Q}$ を求めるのに対し 木村貯溜関数法の水収支式では 一般に

$Sk_1 - Q_1 \Delta t / 2 + I \Delta t = Sk_2 + Q_2 \Delta t / 2$ と差分化して Sk_1, I を与えて Q_2 を求めている, そこでタンクの貯溜関数を ST とし 木村の夫れを $Sk = KQ^P$ とするとき $ST = Sk + Q \Delta t / 2$ ----- (8)

の関係をもたせて (8) を (1) の水収支式に使うと (9) 式になり これで (1) の ST が Sk に, $\bar{Q}$ が Q_2 に夫々書き換えられる

$$Sk_1 + I \Delta t - Q_2 \Delta t = Sk_2 \quad \text{----- (9)}$$

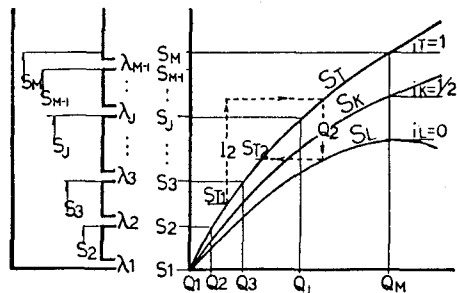


fig 木村貯溜関数 とタンク貯溜関数

更に Sk の適用限界は図式計算で用いる いわゆる下方補助線

$SL = Sk - Q \Delta t / 2$ が水平になる点の流出量 Q_M で与えられるが この Q_M で $(dST/dQ)_{Q=Q_M} = I \Delta t$ となり S の非負限界とも一致する。タンクモデルでは S の非負条件により Q_M に対応する S_M 以上には孔を設けないから $ST \geq S_M$ のときの流出は Hauff の流出となり 計算の不安定は 自動的に回避される、なんとすれば

$ST \geq S_M$ のとき $Q_t = ST \sum \lambda_i - \sum \lambda_i S_i$ において $\sum \lambda_i = I / \Delta t$ だから

$ST = Q \Delta t + \sum \lambda_i S_i / \sum \lambda_i = Q \Delta t + \bar{S}$ ここで $\bar{S}$: 全孔の平均高さ 一定であり 線形流出となるからである

次に適用例として木村の総合貯溜

関数を $\Delta S = 20 \text{ mm}$ 一定に刻んでタンク

定数に変換すると Tab.-0 となり

これを使って文献-1 で FLD-022

と名づけられた 江部乙川 丸加地

点 (11.45 km^2) '75.8.22 の降雨記

録を流出させると fig-0 となった。

図は Sk 関数の結果を (○) 印で、タンク

のそれを破線でプロットしてあり

両者はよく一致している。(図の

縦 1 目盛りは流出量 Q ; 1 mm/hr ; 雨量

r ; 10 mm/hr , 横 1 目盛り Δt ; 1 hr

である。) ただし Sk 関数のパラメ

タには K, P の他に遅滞時間 TL , 流入

係数 Fk などがあるからこれら

を夫々線形のタンクで置き換えて

上述のタンクと直列に配置すること

を試みたが $TL \geq 3 \text{ hr}$ では変換精

度が低下してしまう難点があった

Tab.-0							
$k=40.3, P=.5, Fk=1.0$							
j	1	2	3	4	5	6	7
S_j	0.00	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00	120.00
λ_j	.0122	.0237	.0229	.0221	.0214	.0207	.0200
							mm
							/hr

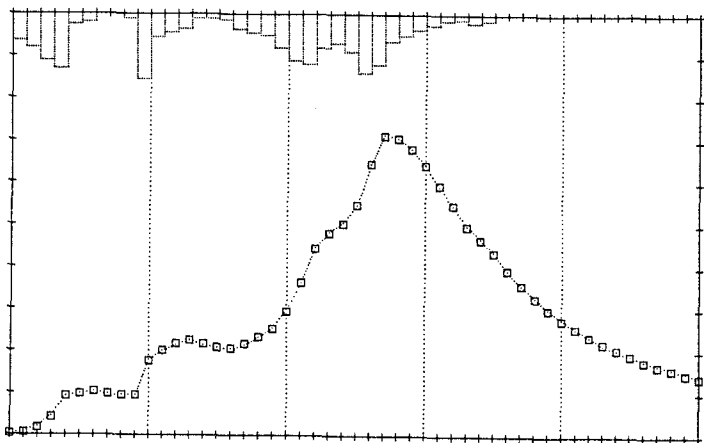


fig-0

Conv. Test (Kimura → Tank)

3. 一階微分式型貯溜関数のタンクモデル変換

最近 星モデルに典型されるように等価粗度法と等価一階微分式型貯溜関数のパラメタを 流域特性, 降雨特性によって推定する所謂 "総合化されたパラメタ推定式" が提案され既に実用されている (文献-1), そこでこれをタンクモデルに変換すれば 木村貯溜関数の遅滞時間 TL 値が大きいときに変換精度が低下するという難点が緩和されるものと思われる。

次図のように 木村貯溜関数を変換したタンクモデルを二段直列に配置して水収支式をかくと (11) 式になる

$$\left. \begin{aligned} dS_1/dt &= K_1(dq^{P_1}/dt) = I - q \\ dS_2/dt &= K_2(dQ^{P_2}/dt) = q - Q \end{aligned} \right\} \text{-----(11)}$$

一方 一階微分型貯溜関数及び水収支式は (12)式である

$$S = A_1(dq^{P_1}/dt) + A_2Q^{P_2}; \quad dS/dt = I - Q \text{-----(12)}$$

ここで中間的なパラメタとして q を導入して(13)式の条件をつけると(12)は(14)式のように二元連立式にかけらる。

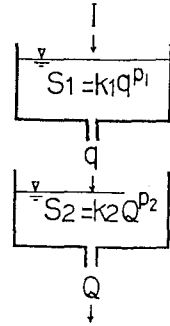
$$A_1 = K_1K_2; \quad A_2 = K_1 + K_2; \quad S = S_1 + S_2; \quad S_1 = K_1q^{P_1}; \quad S_2 = K_2Q^{P_2} \text{-----(13)}$$

$$\left. \begin{aligned} dS_1/dt &= K_1(dq^{P_1}/dt) = I - q + F(q, Q) \\ dS_2/dt &= K_2(dQ^{P_2}/dt) = q - Q - F(q, Q) \end{aligned} \right\} \text{-----(14)}$$

ここに $F(q, Q) = q - Q - (P_2/P_1)Q^{P_2-P_1}(q^{P_1}-Q^{P_1})$

(14)式は (11)式に $F(q, Q)$ の項が挿入されていて右図の様な単純な直列回路ではなく更にフィードバック回路が必要であることを示している、一方この $F(q, Q)$ 項は一般的に K_1, K_2 の値には無関係であり $P_1=P_2=1$ 即ち線形流出のとき、及び $A_1=0$ 即ち単項の貯溜関数(例えば木村貯溜関数 Sk)のときなどは 0である。

また(12)式～(14)式は $P_1=1$ のときを Prasad型、 $P_1=P_2=1$ のときを 線型、 $A_1=0$ のときを 木村型として包括している。そこで次に(11)式と(14)式の K, P 値を等しくして $F(q, Q)$ 項の流出値に及ぼす影響程度を調べる



4. 星モデルにおける $F(q, Q)$ 値の影響程度

文献-1には星モデル構築の経緯と その検証に用いた北海道内 37小流域 99洪水資料、流出計算手法などが公開されている。これによると その総合化されたパラメタ推定式は (15)式である

$$A_2 = 4.57 \text{Area}^{0.24}; \quad A_1 = 0.252 A_2^2 \bar{F}^{-0.265}; \quad P_2 = 0.6; \quad P_1 = 0.465 \text{-----(15)}$$

ここに $\bar{F}$: 平均有効雨量強度(mm/hr) ; Area; 流域面積(Km²) などである。

fig-1はfig-0と同じ資料 FLD-022 について $\bar{F}=10\text{mm/hr}$ として(12)式と(14)式とを計算したものである。ここで(o)印は(12)式による Q 値を同文献の“線形化による近似解法”によってもとめたもの、(x)印は(14)式の Q 値、(+)印は $F(q, Q)$ 値を2.5mm/hrの点線を基準にしてプロットしたものなどである。(14)式の計算は繰返し法によって 即ち最初 $F(q, Q)$ の値を 0としておいて q, Q 値を求めそれを使って $F(q, Q)$ 値を決めてこれらを第一回目の $q, Q, F(q, Q)$ 値とする。以下単純に前回の $F(q, Q)$ 値を用いて繰返しし、これらの値が小数点以下3桁で収束するまで繰返しした。(縦軸1目盛り2mm/hr)

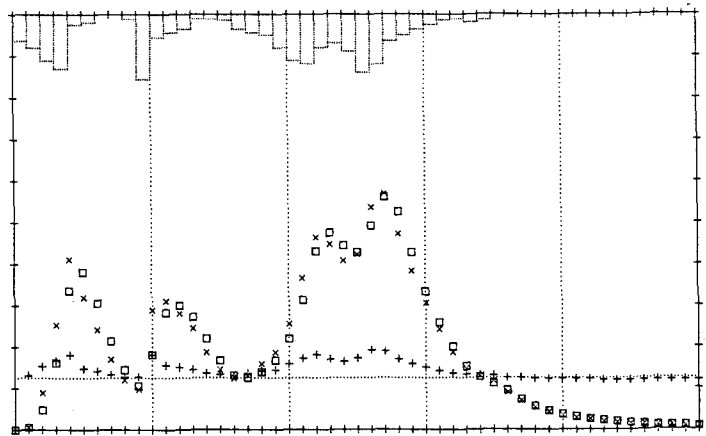
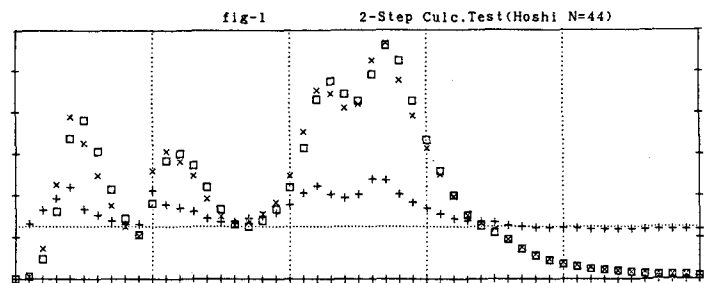


fig-2はfig-1に至る繰返し過程第一回目のものであってこの q, Q は $F(q, Q)=0$ として求めたから結果として(11)式の値となっている。



文献-2で星氏はPrasad型について高棹氏らの研究成果を表面流にManning式を採用整理して(16)式を挙げている $A_2=2.82*fc*Area^{0.24}$; $A_1=0.152*A_2^2*\bar{r}^{-0.8}$; $P_2=0.6$; $P_1=1$ -----(16)

ここで $fc=1.62$, $\bar{r}=10mm/hr$ として星モデル同様の計算を試みると $F(q,Q)$ 値は負になるがこの Q 値に及ぼす影響は fig-1,2同様に小さくて実用的には(11)式を(14)式の近似式として扱えると思われる。

5.適用例

Tab.-1は星モデルを $\Delta S=5mm$ に刻んでタンク定数に変換したものであり、fig-5はそれによって上と同じ降雨資料について流出率 $f=0.67$ $\bar{r}=10mm/hr$ で計算したもので(---)印でプロットした、(○)印は"線形化による近似解法"、(+)印は観測値などである。(縦軸1目盛り1mm/hr)

C まとめ

- (1)単項の任意貯溜関数 $Q=F(S)$ は $\lambda=(\Delta^2F/\Delta S^2)\Delta S$ でタンク定数に変換できる
- (2)木村貯溜関数 Sk は $S=Sk+Q\Delta t/2$ で Q の時間階差のズレもなくなる
- (3)非線形一階微分式型 貯溜関数は(13)式で作られる2段直列の Sk タンクモデルに近似変換できる。

D あとがき

以上の考察は貯溜関数を機械的にタンク変換する点では一応の成果といえるが降雨の初期損失変動過程を自動的に表すには至っていない、Tab.-3,fig-7のAlgorithmでも $f=.67$ を用いている、更に非定常時に総合化パラメタから大きく偏寄するとき $F(q,Q)$ の Q 値に及ぼす影響程度の検討も今後に残している

E 謝辞

文献-1,2 については星氏のご指導を受けたことを記して謝辞とする。

- 文献-1 実用的な洪水流出計算法 昭和62年3月 北海道開発局 土木試験所 河川研究室
- 2 貯溜関数法の落とし穴 1986年 12月 土木試験所月報 NO.403 河川研究室

Tab.-1

	j	1	2	3	4	5	6	7	
Upper	Sj	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	mm
Tank	λ j	.1073	.1082	.0690	.0524	.0756	.0228	.0363	/hr
Low	Sj	0.00	2.50						mm
Tank	λ j	.6202	.0000						/hr

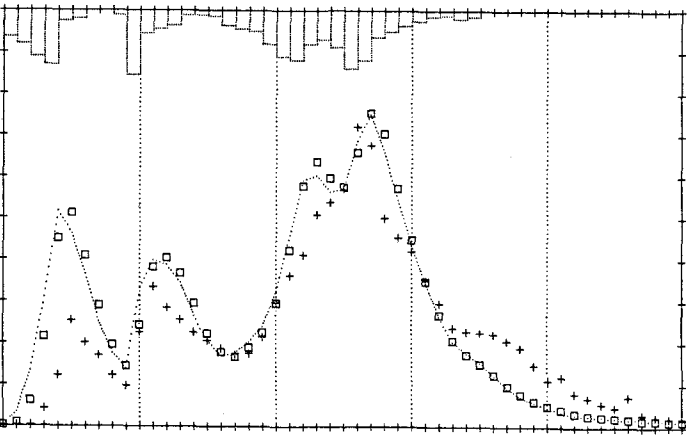


fig-5 Conv.Test(Hoshi->Tank)

Tab.-3

	j	1	2	3	4	5	6	7	
Upper	Sj	0.00	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	
Tank	λ j	.0817	.0864	.0585	.0469	.0397	.0348	.0277	
Low	Sj	0.00	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50	15.00	
Tank	λ j	.0236	.0543	.0564	.0544	.0522	.0497	.0437	

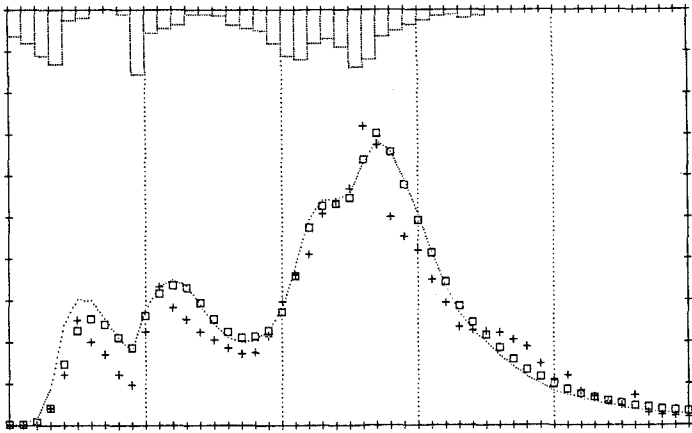


fig-7 Conv.Test(Amended Hoshi->Tank)