山地小流域における出水特性の研究（Ⅷ）

—— "水みちモデル" における Kinematic shock について ——

九州大学演習林　小　川　　滋

1. まえがき

前報[1]においては，"水みちモデル" の適用結果について考察したが，本報では，その計算課程において生じる問題について報告する。なお"水みちモデル"について，考え方の若干の修正[2]がおこなわれたが計算法について本質的な変化はない。

2. 基礎式

"水みちモデル" は，Kinematic wave 法による出水表示形と同形であるので，基礎式は，矩形化されたモデル流域においてそれぞれ次のように与えられる。（前報[1]参照）

斜面について

$A=\alpha h^{m+2}$（流水断面形の式）——(1)

$V=\beta h^{n} \sin\theta$（流速の式）——(2)

$A=KQ^{P}$（運動の式）——(3)

$\partial A/\partial t+\partial Q/\partial x=r_e . U_e$（連続の式）——(4)

ここで，A；有効流水断面積，h；有効水深，Q；斜面流量，r_e；有効降雨 U_e；単位斜面幅，$K=\alpha(1/\alpha \beta \sin\theta)^{p}$，$p=(m+2)/(m+n+2)$ で，$\sin\theta$；斜面勾配，α，β，m，n は定数，t；時間，x；距離である。

河道について

$Ac=Kc\,Qc^{pc}$（運動の式）——(5)

$\partial Ac/\partial t+\partial Qc/\partial Xc=Q/U_e$（連続の式）—(6)

サフィックス c は河道における流れを示し，Kc，Pc は河道における特性定数で，普通は表面流であるので，マンニング則をもちいて，定数を決定する。

さて，基礎式は基本的に斜面河道とも同じ形であるので，ここでは斜面の計算についてのべる。また，河道の流れは，斜面の流れに比しその重要性も少ないので，とくに計算する必要もないくらいである。[2]斜面については，(3)，(4)式で数値計算は可能であるが，"水みちモデル" では，断面形，抵抗係数などが有効水深の関数としてあらわされるため，有効水深 h に変換した形で計算した方が便利である。(1)，(2)，(3)式より(4)式は，

$(m+2)\alpha h^{m+1}\partial h/\partial t+\alpha\beta \sin\theta(m+n+2)\,h^{m+n+1}\,\partial h/\partial x=r_e\cdot U_e$ ——(7)

となり前報[1]で示したように $t_1 \sim t_2$ を微少区間 Δt として，

$ht_2=\left[re_1 U_e\cdot\Delta t/\alpha+ht_1\right]^{\frac{1}{m+2}}$ より ——(8)

$Qt_2=\alpha\beta\ \sin\theta\ ht_2^{m+n+2}$ ——(9)

$Qt_2-Qt_1=re\cdot U_e\cdot\Delta x$ より

$\Delta x=(Qt_2-Qt_1)/re\cdot U_e$ ——(10)

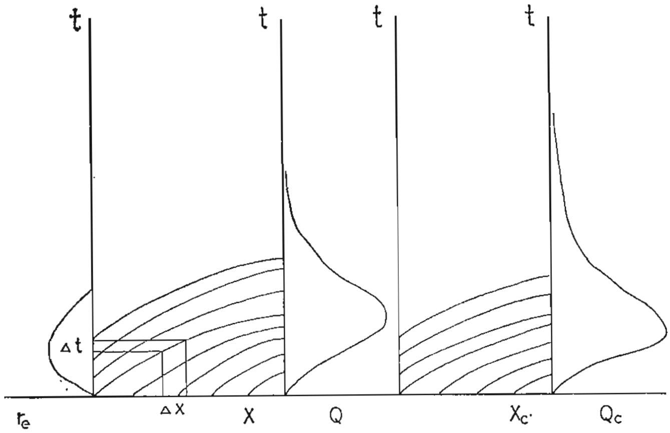
したがって，斜面について，(8)，(9)，(10)式をくりかえしてもちいることによって，図—1に示すように流量その他必要な水理量を求めていくことができる。

3. kinematic shock wave

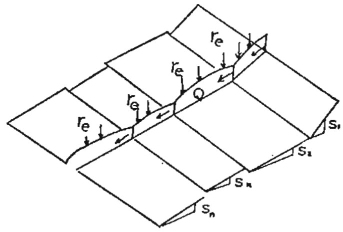
kinematic wave とは，連続の式のみから出てくる波動のことをいうが，図—2に示すような斜面において斜面勾配が変化すると運動の式の係数が変化するため図—3のように，時間的に前に出発した特性曲線に，後から出発した特性曲線が追いつくことがあり，この衝突によって解に不連続を生じる。この不連続のところを *kinematic shoch*[3] と呼ぶ。この *shock* によってセキ止め的な効果があるものと思われるが，不定流の運動の式を等流として近似しているために生じる不連続点かも知れない。

"水みちモデル" において実測斜面で計算をおこなった特性曲線の結果は図—4のようであるが，かなり複雑な様相を呈している。普通は，図—3のように，*Shock-path* 曲線を作成して計算をおこなう方法がとられているが，図—4のように2点以上で交差する場合はこの方式はかなり繁雑となると考えられる。結果をみてもわかるように計算誤差的な程度であるため最終的に時間関係が逆転しないかぎり無視してもさしつかえないようである。しかし，物理的にはかなり興味のある問題である。

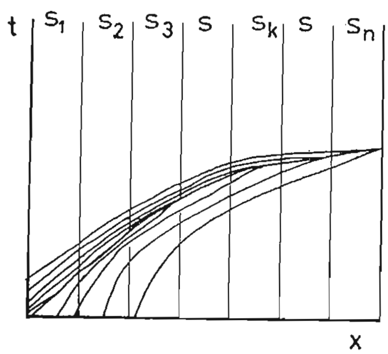
前述したように，*kinematic shock* については，まだ不明な点が多いので，物理的，実験的に研究する必要があると思われる。



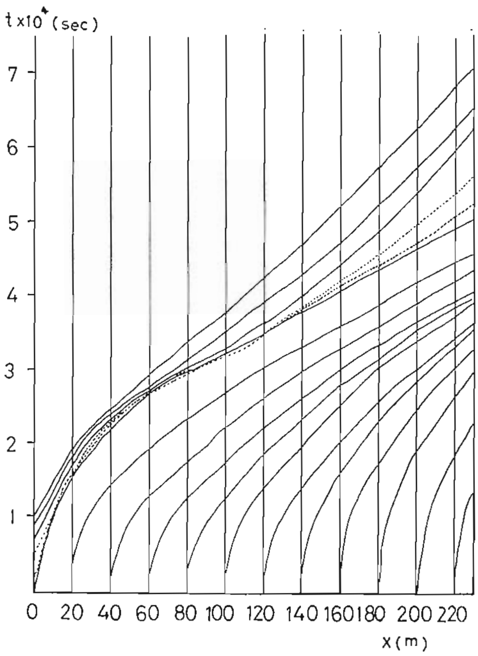
図—1　特性曲線法による流出解析



図—2　斜面における shock wave の発生の模式図



図—3　特性曲線の交点の軌跡で定義される shock—path



図—4　〝水みちモデル〟の計算における特性曲線（実測斜面）

参　考　文　献

(1) 小川　滋：山地小流域の出水特性に関する研究（Ⅶ），日林講，1975

(2) K. SUE, M. HIRANO. and S. OGAWA; A study of Runoff on Mountainsides, IAHS sympo, 1975.

(3) D. F. KIBLER and D. A. WOOLHISER; Mathematical Properties of the Kinematic Cascade, Jour. of Hydro. 15, 1972