

流域微地形に対応した準三次元流出モデル

京都大学工学部 正 員 高樟琢馬 京都大学工学部 正 員 椎葉充晴
 京都大学工学部 正 員 堀 智晴 京都大学大学院 学生員〇立川康人
 山一証券(株) 正 員 沢井 亮

1. はじめに 山間地小流域における雨水の流動現象の把握にあたっては、特に山腹斜面系での斜面形状が多種多様であるため、モデル化には注意を要する。斜面地形形状のモデル化に関しては、斜面の平面形状つまり斜面幅の変化とともに縦断形状つまり斜面勾配の変化を非線形的に取り扱うことがより現実的な雨水流動の把握に望まれる。本研究では、斜面幅と斜面勾配の変化を考慮した Kinematic Wave モデルを構成し、さらにこれを3次スプライン補間関数を導入した準3次元的な近似斜面モデルに適用することにより、流域微地形が出水形態に及ぼす影響について分析する。

2. 実地形に対応した流域モデル 流域斜面を分割し、分割した斜面を3次スプライン関数で補間する任意形状の斜面要素モデルで近似する。斜面の分割は、河道に一定の距離 b ごとに分点を設け、これらの分点から河道の両側の斜面を最急勾配方向に遡る折れ線により行う。図1に分割した流域斜面の模式図を示す。分割斜面から得られるデータ(斜面幅・標高・等高線間の平均距離)を用いて3次スプライン補間関数を構成し、分割斜面を近似する。図2は近似した斜面要素モデルである。結局、流域斜面は横断形状、縦断形状ともに3次スプライン関数で補間する斜面要素モデルの集合(並列)でモデル化する。 b を 20m としこの分割方法を荒川試験地梅ヶ谷流域に適用した図3は分割した斜面の斜面長と面積の関係を表したものである。図中の黒丸は谷型斜面、白丸は尾根型斜面を表し、一点鎖線は分割斜面が長方形である場合の斜面長と面積の関係を表す。図4は分割斜面の面積の頻度分布図である。黒く塗りつぶした部分は谷型斜面であり、谷型斜面は個数は少ないものの全流域面積のうち約 37% を占める。

3. 斜面幅と斜面勾配の変化を考慮した Kinematic Wave モデル 流れのモデルを図5に示す。図中 x は斜面上端から落水線に沿って図る距離であり、 $b(x)$ は距離 x の位置での斜面幅である。 y は水平方向の距離を表わす。この斜面は一様な深さ D のA層に被覆されているとし、中間流・地表面流を考える。連続式は

$$ah / a t + (1/b(x)) a / a x \{q \cdot b(x)\} = r(x, t) \cos \theta(x)$$

で表わされる。 q は単位幅当りの地表面に沿う流量であって、

$$0 < h < d \text{ のとき、 } q = k \cdot \sin \theta(x) \cdot h / \tau$$

$$d \leq h \text{ のとき、 } q = \sqrt{\sin \theta(x)} / n \cdot (h - d)^{3/2} + k \cdot \sin \theta(x) \cdot h / \tau$$

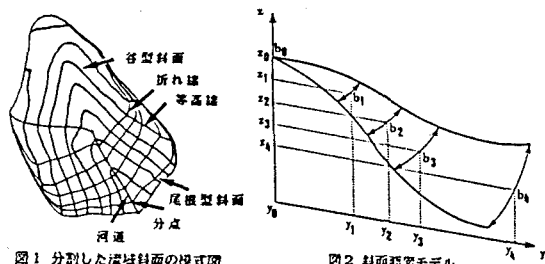


図1 分割した流域斜面の模式図

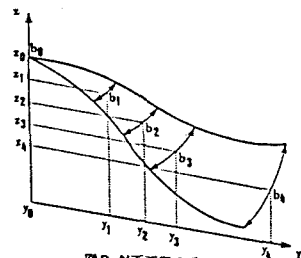


図2 斜面要素モデル

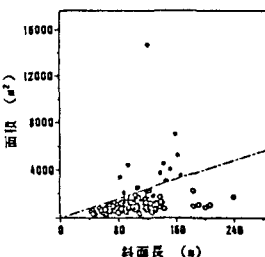


図3 分割斜面の斜面長と面積の関係

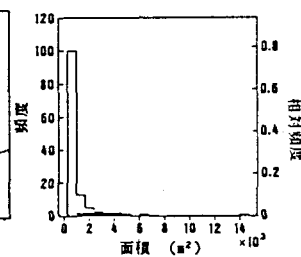


図4 分割斜面の面積の頻度分布図

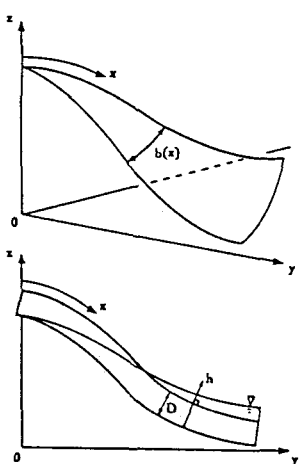


図5 流れのモデル

Takuma TAKASAO, Michiharu SHIIBA, Tomoharu HORI, Yasuto TACHIKAWA and Ryo SAWAI

でモデル化¹⁾する。式中の $r(x, t)$ は位置 x 、時間 t での鉛直方向の降雨強度、 $\theta(x)$ は位置 x での地表面勾配、 γ は A 層の有効空隙率、 k は A 層の透水係数、 d は見かけの A 層厚 $\gamma \cdot D$ 、 n は Manning の粗度係数、 $m = 5/3$ である。実際の計算は斜面に沿って図る距離 x を水平距離 y に変換して行なう。

4. 適用 上記の kinematic wave モデルを用いて斜面形状が出水形態に及ぼす影響を調べた。計算は Lax-Wendroff スキーム¹⁾によっておこない、与えた降雨は降雨強度 10mm/h・継続時間 10 時間の矩形降雨とした。表 1 に計算に用いたパラメータの値を示す。図 6 は斜面幅の変化が出水に及ぼす影響を調べたものであり、図 7 は斜面勾配の変化が出水に及ぼす影響を調べたものである。図 8 は荒川試験地梅ヶ谷流域における代表的な谷型斜面と尾根型斜面でのハイドログラフである。図 9 は、荒川試験地梅ヶ谷流域において谷型斜面および尾根型斜面が各々全流域面積に占める割合 0.37、0.63 を図 8 の谷型斜面および尾根型斜面のハイドログラフにかけたものである。これらのハイドログラフから次のことが解る。(1) 下に凸な斜面では斜面下側で中間流の流速が小さくなるために表面流が発生しやすく、早い時刻にハイドログラフが立ち上がる。(2) 逆に上に凸な斜面では斜面下側で中間流の流速が大きくなるために表面流が発生しにくくハイドログラフが立ち上がる時刻は遅いが、立ち上がってから最大流量生起時刻までの時間は短い。(3) 収束型の斜面は集水効果により表面流が発生しやすく早い時刻にハイドログラフが立ち上がる。(4) ハイドログラフの立ち上がりには谷型斜面が大きな影響を及ぼす。

表 1 計算に用いたパラメータの値

パラメータ	値
n ($m^{-1/3}s$)	0.5
k (mm/hr)	300.0
γ (-)	0.1
D (mm)	500.0
m (-)	1.667

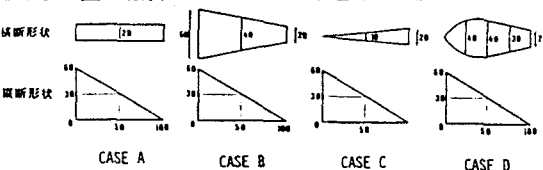


図 6 斜面幅の変化が出水に及ぼす影響

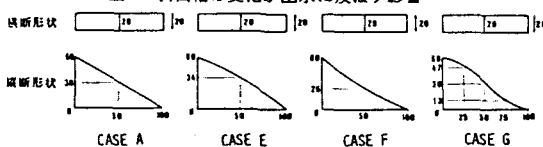


図 7 斜面勾配の変化が出水に及ぼす影響

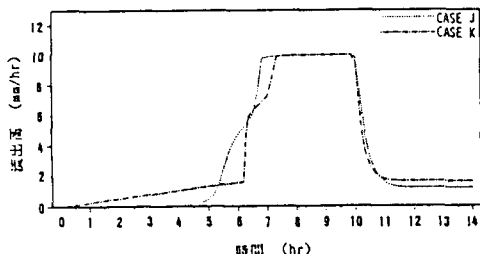


図 8 荒川試験地での代表的な斜面形状が出水に及ぼす影響 (CASE J は谷型斜面からの出水、CASE K は尾根型斜面からの出水を表す)

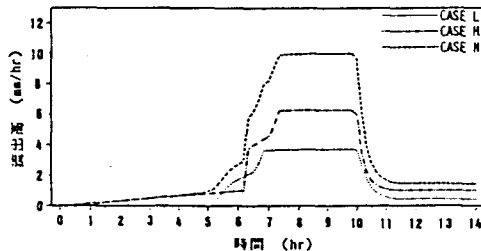


図 9 谷型斜面・尾根型斜面が全出水に及ぼす影響 (CASE L は谷型斜面からの出水、CASE M は尾根型斜面からの出水、CASE N は全出水を表す)

参考文献 1) 高樺・椎葉: Kinematic Wave法への集水効果の導入, 京大防災年報第24号B-2, 1981.