

II-48

流域微地形に対応した準三次元流出モデル

京都大学大学院 学生員 立川康人
 京都大学工学部 正 員 高棹琢馬
 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
 山一証券（株） 正 員 沢井 亮

1. はじめに 山間地小流域での出水形態を把握するためには、流域の斜面形状を流出モデルに組み込むことが重要であると考えられる。本研究は、流域微地形が出水に及ぼす影響を調べるために、次の方法により行った。①流域実地形をできるだけ忠実にモデル化するために3次スプライン補間関数を導入した準3次元的な流域モデルを構成する。②斜面勾配・斜面幅の変動、および中間流生起場であるA層を考慮したKinematic Waveモデルを提示する。③このKinematic Waveモデルを実地形に即した流域モデルに適用し流域微地形が出水形態に及ぼす影響を分析した。

2. 実地形に対応した流域モデル 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流域斜面を分割する。分割した流域斜面の模式図を図1に示す。次に、分割斜面の斜面勾配・斜面幅の変動をパターン化せず、地形図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。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。

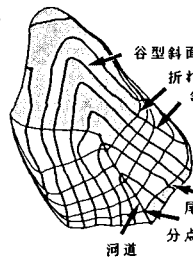


図1 分割した流域斜面の模式図

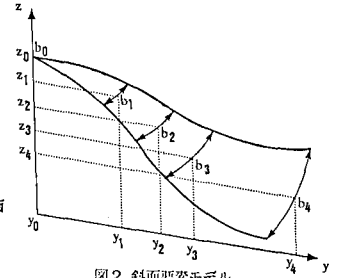


図2 斜面要素モデル

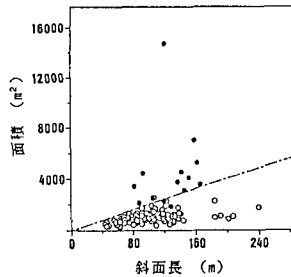


図3 分割斜面の斜面長と面積の関係

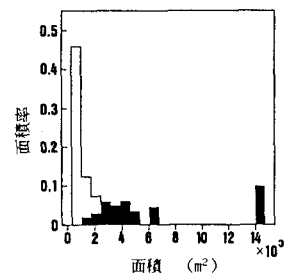


図4 分割斜面の面積率

図4は分割斜面の面積率の頻度分布図である。黒い部分は谷型斜面を表す。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動を考慮した 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計る距離であり、 $b(x)$ は距離 x での斜面幅、 $\theta(x)$ は地表面勾配である。 y は水平方向の距離、 h は水深を表す。この斜面は一樣な深さ 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、

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

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、

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

$$d < h \text{ のとき、 } q = \sqrt{\sin \theta(x)} / n \cdot (h - d)^m + k \cdot \sin \theta(x) \cdot h / \gamma$$

でモデル化¹⁾する。式中 $r(x, t)$ は位置 x 、時間 t での鉛直方向の降雨

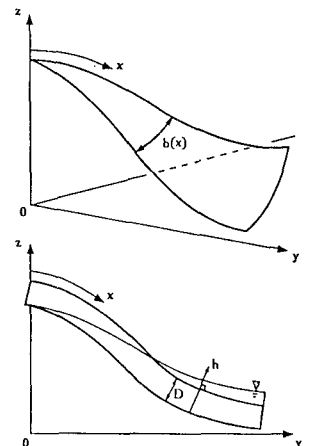


図5 流れのモデル

強度、 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。実際の計算は距離 x を水平距離 y に変換して行う。表1 計算に用いたパラメタの値

4. 適用 この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⁾によって行い、降雨強度10mm/h・継続時間10時間の矩形降雨を与えた。表1に計算に用いたパラメタの値を示す。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の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は同じ流域での谷型斜面および尾根型斜面が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わかる。(1)下に凸の斜面では斜面下部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)逆に上に凸の斜面では斜面下部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、立ち上がり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谷型斜面が大きな影響を及ぼす。

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

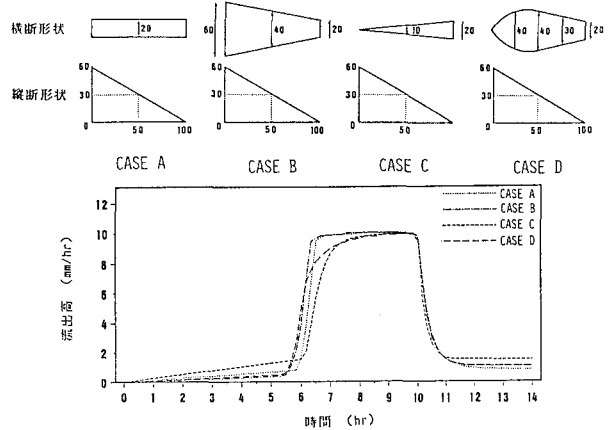


図6 斜面幅の変化が出水に及ぼす影響

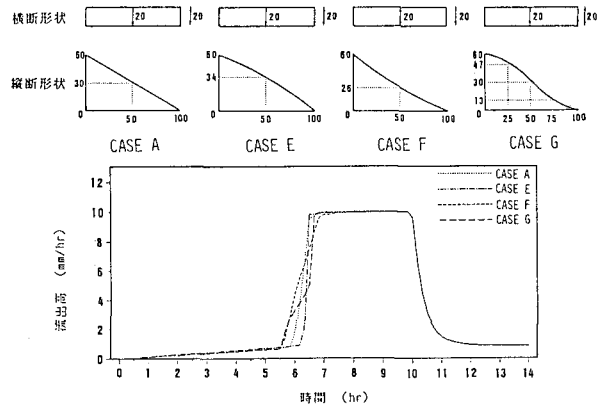


図7 斜面勾配の変化が出水に及ぼす影響

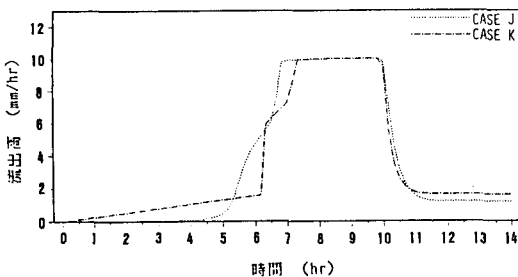


図8 荒川試験地での代表的な斜面形状が出水に及ぼす影響 (CASE J は谷型斜面からの出水、CASE K は尾根型斜面からの出水を表す)

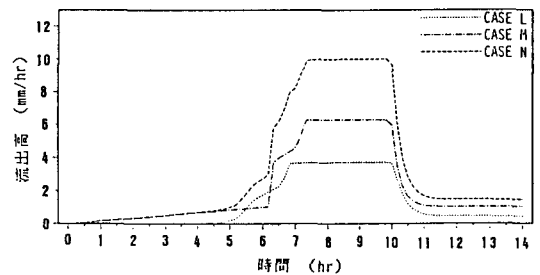


図9 谷型斜面・尾根型斜面が全出水に及ぼす影響 (CASE L は谷型斜面からの出水、CASE M は尾根型斜面からの出水、CASE N は全出水を表す)

参考文献 1)高棟・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.