

京都大学工学部 正員 高埴琢馬 京都大学工学部 正員 立川康人
 京都大学大学院 学生員 ○ 福満匡高 京都大学防災研究所 正員 椎葉充晴

1. **本研究の目的** 流域は、様々な形状をもつ斜面群とそれらをつなぐ河道網から構成される。個々の斜面からの流出は、その斜面形状や土壌の状態に応じて、様々な流出形態を取るが、流域面積を大きくしていくと、そこには様々な形状、あるいは土壌状態をもつ斜面が多数含まれてくるため、河道網構造、及び降雨状況が同じであれば、ある大きさ以上の流域では同じような流出形態を示すようになることが予想される。

このような流域のサイズは一体どれくらいであろうか。このサイズは、流域斜面形状の特性を統計的に扱っても良いサイズを示している。したがって、この大きさが分かれば、その大きさ以上の流域面積をもつ流域では、斜面特性を統計的に扱うことによって物理的根拠をもった集中型流出モデルを構成することができるであろう。

そこで本研究では、これまでに高埴らが開発してきた分布型流出シミュレーションモデル¹⁾²⁾³⁾を用いて前述したような流域サイズが存在するのか、そして有るとすればどれ程の大きさであるのかを数値シミュレーションによって検証する。

2. **数値シミュレーションの手順** 以下の手順で流域斜面特性を統計的に扱い得るスケールを抽出するための数値シミュレーションを実行する。

1. 東京大学愛知演習林白坂試験地を対象とし、河道網構造は変化させず、互いに斜面の配置のみが異なる20の仮想的な流域を作り出す。具体的には、一様乱数を20回発生させて図1に示すように斜面の配置の異なる流域を作成する。この場合、斜面の配置は変えるが、個々の斜面の形状は元のままとする。
2. 作成した全ての流域を対象とし、白坂試験地における実測降雨データ及び高埴らによる分布型流出モデルを用いて全斜面流出、全河道流出を計算する。この際、全ての河道リンクからの流

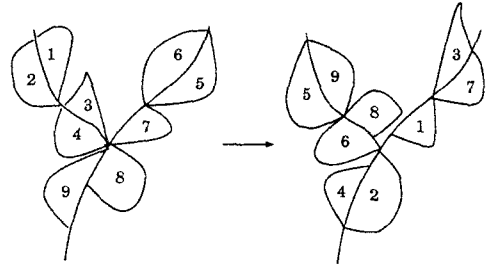


図1 斜面の位置の変換例

出計算結果を保存しておく。このとき、流出量は流出高に変換しておく。

3. 斜面をランダムに配置した後の流出高と元々の斜面配置による流出高との違いを得るため、各河道リンク毎に元々の流出高と斜面をランダムに配置した後の流出高との平均2乗誤差を求める。
4. 平均2乗誤差と流域面積との関係を図に示す。

なお、ここでは流域地形の効果を検証するため、全てのシミュレーションにおいて、同一の降雨データを使用し、斜面特性（透水係数、A層厚、Manningの粗度係数）は流域全体を通して一定であるとした。

3. **流出計算結果** 図2(a)(b)(c)は、順に上流、中流、下流のある地点での流出計算結果を示したものであり、20種類の異なる流域における各シミュレーションの結果から得られた20個の流出高ハイドログラフを重ねて描いたものである。図2から、上流では、ハイドログラフ毎の違いが顕著であるが、下流では、ほとんど違いは生じていないことがわかる。

4. **斜面特性を統計的に扱い得るスケールの抽出** 図3は、白坂試験地における元来の斜面配置での流域場モデルを用いた際の流出高の計算結果と、斜面のランダムな配置によって得られた流域場モデルを用いた際の流出高の計算結果との平均2乗誤差を各河道リンクについて求め、流域面積に対応してプロットしたものである。

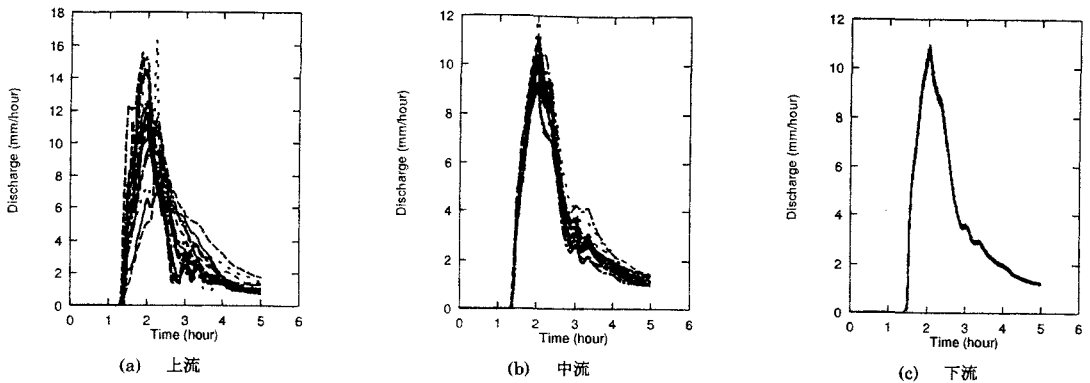


図2 上流、中流、下流における流出高ハイドログラフ

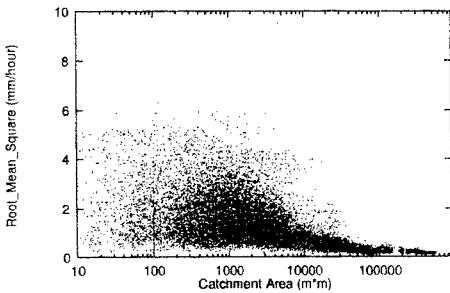


図3 流域面積と平均2乗誤差の関係

以下この図の特徴を列挙する。

1. 流域面積が小さな範囲（約1000m²以下）では、平均2乗誤差にほぼ一定の上限値が見られる。
2. 流域面積が中間の値を示す範囲（約1000m²～約10000m²）において極めて大きな平均2乗誤差の値が現れている。
3. 約100000m²（＝約0.1km²）の流域面積以上では、平均2乗誤差の値はほぼ0となる。

これらの結果に関して以下のように考察することができる。

1. について、流域面積が小さいと、短い時間内に流出が定常状態に達しやすくなり、斜面形状の及ぼす影響をあまり受けなくなる。この原因により、平均2乗誤差にある上限が存在するものと考えられる。
2. について、中間的な流域面積をもつ地点では、小さな流域面積をもつ流域とは逆に、定常状態に達するにはある程度の時間が必要であり、そこに流域内の様々な斜面要素からの地形効果が表れてくるため、平均2乗誤差の値の範囲が大きくなると説明で

きる。

3. について、白坂試験地は約0.88km²の流域であるから、約0.1km²という流域面積を示す河道地点では第3章で述べた斜面のランダムな配置によって、元来の流域とは異なる斜面が含まれている。にも拘らず、このような結果になったことは、流域面積が約0.1km²という値を境に、それ以上の流域面積をもつ流域では、個々の斜面形状の流出形態に及ぼす影響があらわとはならないということである。すなわち、約0.1km²という流域面積をもつ流域内には十分様々な形状をもつ斜面が含まれ、このサイズ以上では、斜面形状特性の統計的な扱いが可能であることを示している。

5. **まとめ** 今回の数値シミュレーションにより、流域斜面形状の特性は0.1km²程度以上の流域で統計的に扱えることを示した。今後、透水係数などの土壌パラメータや降水を空間的に分布させた場合に、このような流域サイズがどうなるか検討する必要がある。

参考文献

- 1) 高埴琢馬・椎葉充晴・立川康人・大江郁夫：TIN-DEMデータ形式を用いた流域場情報システムの開発，水工学論文集，第36巻，pp. 677-684，1992。
- 2) 高埴琢馬・椎葉充晴・立川康人：分布型流出モデルのための流域地形の数値モデルに関する研究，京都大学防災研究所年報，第34号B-2，pp. 163-175，1991。
- 3) 高埴琢馬・椎葉充晴・立川康人：流域微地形に対応した準3次元流出モデル，京都大学防災研究所年報，第31号B-2，pp. 341-355，1988。