

(株)建設技術研究所 正員
 京都大学工学研究科 正員
 京都大学防災研究所 正員

○佐藤康弘 京都大学防災研究所 正員 市川 温
 椎葉充晴 京都大学防災研究所 正員 宝 馨
 立川康人

1 はじめに 近年、山地から河口までの水と土砂の動きの連続性と一体性を維持した、水系一貫した土砂管理の必要性が高まっている。水系一貫した土砂動態把握に向けて、個々の場での問題の境界条件となる山地での生産土砂量と、流送力となる洪水流出量の両方を把握する必要があるものと考え、本研究では山地流域における水・土砂動態のモデル化に向けて基礎的研究を行なった。

2 水・土砂動態モデルの枠組 山地流域での水・土砂動態の発生場や発生規模を決める要因となっている地形を表す数値地形モデルとして椎葉ら[1]の流域地形場モデルを採用する。また、最終目標として流域全体の土砂動態をモデル化していくことを考えて、それに適した構造的モデル化システム[2]仕様のモデル化を行なう。これらを枠組として山地での水・土砂動態をモデル化する。

2.1 流域地形場表現モデル 椎葉らの流域場表現方法では、標高データから得られる標高値の示された各格子点において、流れの方向を周りの中で最急勾配で下る方向にある点へ雨水流下方向をとり、その点同士を結んだ線を流水線とする、という処理だけではなく、最急勾配で上がる方向にある点とも結び、流水線とするという処理を加えている。それにより、各格子からの雨水流下方向を複数の方向に許すことになり収束地形や発散地形における雨水の流れを自然な形で表現できるので、地形の集水効果により起こる表層崩壊の予測に用いる。

また、このようにして得られた流水線を線としてではなく面として扱い、面積をもった斜面素片とする。こうすることで流域は斜面素片の集合体として表され、山腹斜面でなく、谷や土石流の起こりやすい溪床までもが斜面素片として扱われるため流れのモデルを扱う上できわめて都合が良くなる。

2.2 構造的モデル化システム 構造的モデル化システムは、流域規模での水文モデルの構築を支援す

るシステムである。パラメタ値の設定、状態量の初期化、計算時間の更新など、どのモデルでも必要な基本機能を標準化し、そのモデルの機能は対象とする現象に応じて、ユーザーが個々の要素モデルで独自に定義することができ、各要素モデルを流域内部の水文過程の構造に従って構成して全体系モデルを作成すれば流域全体のモデルができあがる。

このシステムに土砂流出過程を取り込めば、山地から河口まで一貫して水と土砂の動きを追跡できるので、山地での水・土砂動態モデルを構造的モデル化システムで実現する。またその結果、斜面流出系・土砂流出系の最終状態をファイルに書き出し、後で、計算を再開することができるので、山地流域での不安定土砂の空間分布状況が把握でき、かつ、降雨イベントの繰り返しにより、土砂が生産場から河道まで移動していく過程が把握できる。

3 個々の現象のモデル化 本研究では、降雨斜面流出形態として表面流・中間流を、土砂生産形態として表層崩壊を、そして、土砂移動形態として土石流を対象とする。

降雨斜面流出には、中間流・表面流統合型 kinematic wave モデルを適用し、この結果得られた中間流水深をもとに、無限長斜面安定解析による、表層崩壊予測をする。そして、崩壊後の降雨や斜面流による土砂の移動には、高橋[3]の石礫型土石流モデルを適用する。これらのモデルを各斜面素片に適用し、図1のような手順で流下方向への1次元解析を行なう。

4 各モデルの機能検証 各モデルの機能検証を降雨流出から土砂生産までと、土石流による土砂流出の2つに分けた。

50m メッシュの国土数値情報を標高データとして、流域場地形表現モデルで馬門川流域(14.2km²)を図2のように斜面素片の集合体として表現した。各斜面素片上で表層崩壊予測を行なうと図3のように全流域エッジの1.3%にあたる合計68エッジで崩壊が起

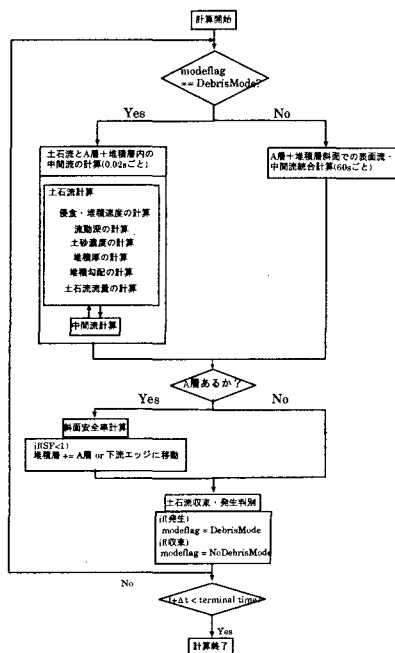


図1: 斜面素片での計算の流れ

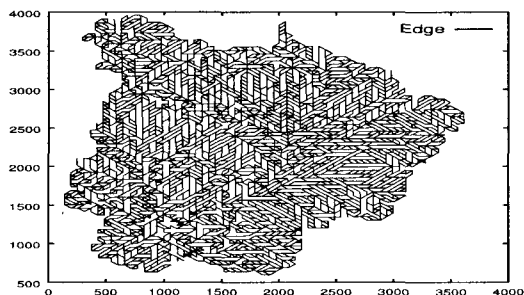


図2: 抽出された馬門川流域

この結果となり、従来の二次元的浸透流解析による表層崩壊予測とはほぼ同じ崩壊率を示した。流域場地形モデルと一次元流出解析の組合せは、流域の地形効果を反映しており従来の2次元浸透流解析による表層崩壊予測と同程度の妥当性を持っているようである。

また、土石流モデルの機能確認は、単一斜面素片にのみ適用して行なった。たとえば、図4は、斜面長52.8m、斜面幅10m、傾斜角 18.8° 、初期堆積厚0.5mの斜面素片に図4で示される洪水流量を流入させた場合の斜面素片最下端での流量・粗粒子の容積濃度・堆積厚の時系列データである。上流端からの流入洪水流量は最初はわずかで、徐々に増加するため、480sまでは斜面素片はNoDebrisModeにあり中間流・表面流統

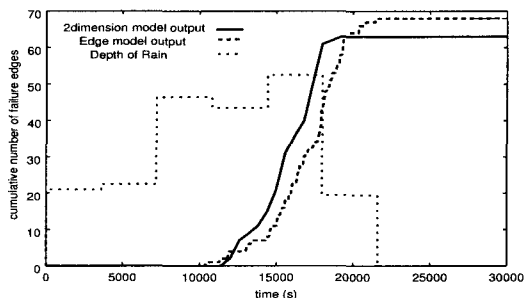


図3: 表層崩壊発生エッジの累加数の時間的推移

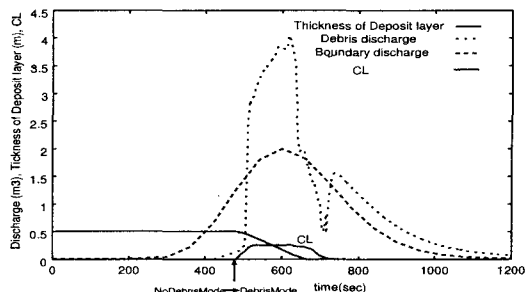


図4: 斜面素片最下端での土石流・粗粒子容積濃度・堆積厚の時系列データ

合型 kinematic wave モデルで計算し、480s以降は表面流水深が土石流発生条件を満たしたのでDebrisModeとなり、石礫型土石流モデルで計算している。堆積層が侵食されるのに伴い、粗粒子濃度は増加し土石流が発達する。650s以降は斜面素片の全堆積層は0mとなり、土砂供給源がなくなったため粗粒子濃度が減って流量も不安定な挙動を示し、斜面素片の集合体である流域に適用するには課題を残す結果となった。

5 おわりに 本研究では山地流域での水・土砂動態モデルの枠組を示し、それぞれの現象に適したモデルを斜面素片に適用し、その機能を確認した。今後は、このモデルを仮想流域や実流域に適用することが課題となる。

参考文献

- [1] 椎葉 充晴・立川 康人・市川 温・榊原 哲由: 河川流域地形の新しい数値表現形式, 京都大学防災研究所年報 (40), B-2, 1995.
- [2] 高橋 琢馬・椎葉 充晴ら: 流出系の構造的モデル化システムについて, 京都大学防災年報 (38), 1995.
- [3] 高橋 保・中川 一: 豪雨時に発生する石礫型土石流の予測, 新砂防, Vol.44, No.3(176)