

統合型土砂生産予測モデルの構築の試み

国土技術政策総合研究所 小山内信智、野呂智之、○内田太郎
 日本工営株式会社 小野寺 勝、高橋 秀

1 はじめに

地球規模の気象観測、数値モデルの高度化等により、降雨予測の精度向上が図られてきている。今後、高時空間分解能の降雨予測情報を土砂災害に対する防災計画、土砂管理計画に有効に活用するためには、土砂生産予測モデルの時空間分解能も向上させる必要がある。一方、これまで表層崩壊発生箇所、時刻など土砂生産に関する予測手法として提案された多くは、過去の災害実績に基づく経験的な手法であった。過去の災害実績に基づく経験的な手法は、植生、地質、地形など場の条件及び先行降雨量、降雨波形など誘因となる条件が多様な土砂災害に適用するには限界がある。

そこで、土砂生産予測モデルの分野においても、1980年代以降、土砂移動現象をコントロールする各素過程のモデル(表面流、鉛直浸透、飽和側方流などの雨水-流出過程に関するモデル及び雨滴侵食、斜面安定計算などの土砂生産-移動現象に関するモデル)を結合したいわゆる物理モデルの構築・提案がされてきた(小杉, 2004)。さらに、雨水-流出過程、土砂生産-移動現象に関する数多くの実験、観測が行われ、各素過程に関する様々なモデルの改良・提案もされてきている。しかしながら、これら土砂生産予測モデルが土砂災害に対する防災計画、土砂管理計画立案に十分に活用されているとは言い難いのが現状である。そこで、本研究では土砂生産予測モデルが実務上利用可能となるよう物理モデルの現状を分析し、課題を克服できる物理モデルの構築を目指している。

2 物理モデルの現状と課題

土砂生産予測には、数多くの素過程モデルを組み合わせる必要があるため、モデルの構築に多大な労力を要し、モデル全体を詳細に把握することが困難である。その上、各素過程に対して数多くのモデルが提案されており、目的、対象スケール、事象にあった最適なモデルを抽出するのが難しい。近年、KINEROS (<http://www.tucson.ars.ag.gov/kineros/>)などの表面侵食予測モデルや CHASM (<http://www.chasm.info/>)などの表層崩壊予測モデルといった素過程モデルを組み合わせた「パッケージ化されたモデル」が公開されつつある。しかし、

- ① 1つのモデルで多岐にわたる現象、土地被覆状態、土地利用形態への適用可能なモデル
- ② 現象、目的、予測降雨の時空間分解能ごとの最適な素過程モデル及びその組合せを選択できるシステム

は構築されていないのが現状である。

そこで、本研究では、統一の規格・コンピュータ言語を用い、従来提案されている土砂移動現象をコントロールする各素過程の数値計算手法のプログラミングを行い、

- (1) 1つの素過程を対象とした複数の素過程モデルから自由にモデルの選択可能なシステム
- (2) 自由に素過程モデルを組み合わせることができるシステム
- (3) 新たに提案されたモデルを随時追加できるシステム

の開発を目的とした。

3 統合型土砂生産予測モデル

図1には、本モデルの構造を示した。本モデルは、①メッシュ作成モデル、②雨水-流出モデル、③表面侵食モデル、④表層崩壊-崩土流下モデルの4モデルかなり、②~④のモデルは2-4のサブルーチンからなる。さらに、各サブルーチンは複数のモデルから、選択可能なようにする。これまで、プログラミングしたモデルは表1にまとめた。

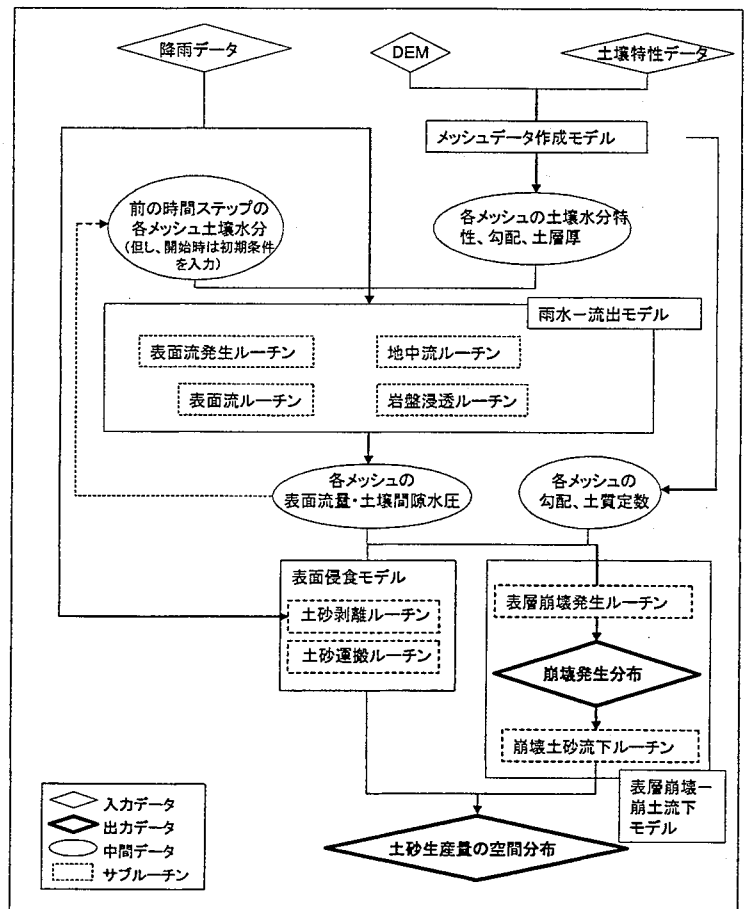


図1 統合型土砂生産予測モデルの概要

表1 これまでにプログラミングした計算手法

モデル	サブルーチン	計算手法
メッシュ作成モデル		正方形メッシュ作成
雨水-流出モデル	表面流発生ルーチン	Smith-Parlangeの式 (Smith and Parlange, 1978)
	表面流ルーチン	2次元浅水流モデル 2次元キネマチックウエーブモデル
	地中流ルーチン	1次元Richards式+飽和側方流 小杉ら(2002)式+飽和側方流 拡散方程式 (Iverson, 2000) 定常流モデル (Montgomery and Dietrich, 1994)
表面侵食モデル	岩盤浸透ルーチン	一定量浸透 (平松ら, 1990)
	土砂剥離ルーチン	欧らの粘性土の侵食速度式 KINEROS中の侵食速度式 (Smith et al. 1995)
表層崩壊-崩土流モデル	土砂運搬ルーチン	水山式
	斜面崩壊発生ルーチン	無限長斜面の安定解析
	崩壊土砂流下ルーチン	未プログラミング

4 計算例

ここでは、滋賀県田上山地不動寺試験斜面(0.1ha: 図2)に適用した事例を紹介する。本試験地はこれまで各種水文観測、土層構造の調査、表層土厚調査、土壌の水理特性の調査が行われてきた(西口ら、2005 など)。そこで、地形、土層厚分布、土壌の飽和透水係数、水分特性曲線は実測値、土壌の粘着力、内部摩擦角に関しては既存の花崗岩山地の値を用いて、総降雨量 60mm、最大 10 分間降雨強度 9.3mm の降雨時(平成 14 年 7 月 9 日~10 日)における斜面の安全率分布の計算を実施した。計算には表1に示した 4 つの地中流のモデルを用いた(図2)。なお、Uchidaら(2003)は、同斜面では、土層内から岩盤中への地下水流が存在することを示しているが、降雨時の流出現象に及ぼす影響は比較的小さいため、ここでは岩盤浸透ルーチンにおける岩盤への浸透量の 0 とした。また、ここで検討した降雨では表面流の発生は見られなかった。

図3に示すように、いずれのモデルにおいても今回計算に用いた降雨は比較的小さく、安全率はいずれのケースに関しても 2.0 以上であった。また、拡散方程式に基づくモデルを除く 3 モデルはモデルの違いによる計算結果の差は比較的小さい。また、拡散方程式に基づくモデルは降雨強度に敏感に反応するモデル (Iverson, 2000) であるため、ここで示したような比較的降雨強度が小さいここで示した降雨では、安全率が他のモデルと大きく異なると考えられる。

5. まとめと今後の予定

以上のように、本モデルを用いることによって、計算手法の違いが土砂生産予測に及ぼす影響を検証していくことが可能となると考えられる。今後、実測の水文観測結果、災害事例と計算結果の比較を通して、計算手法が土砂生産予測精度に及ぼす影響を明らかにする。同時に現時点の土砂生産予測に関する物理モデルの課題が抽出できると考えられる。その上で、目的、対象とする期間、地域ごとに最適なモデルの組合せを明らかにする。

さらに、各種計算手法のプログラミングを継続すると同時に、ユーザーインターフェースの充実をはかり、一般的に利用可能な形にし、最終的には、モデルを公開することを予定している。

さらに、各種計算手法のプログラミングを継続すると同時に、ユーザーインターフェースの充実をはかり、一般的に利用可能な形にし、最終的には、モデルを公開することを予定している。

参考文献 小杉賢一郎(2004) 砂防学会誌 57(3)、71-79 / Smith, RE. and J-Y. Parlange (1978) Water Resources Research, 14(3):533-538 / 平松晋也ら(1990) 新砂防, 43(1)、5-15 / 小杉賢一郎ら(2002) 砂防学会誌 55(3)、21-32 / Iverson, RM. (2000) Water Resources Research 36、1897-1910 / Montgomery DR. and Dietrich WE. (1994) Water Resources Research 30、1153-1171 / Smith, RE. et al. (1995) J. Soil Water Conservation, 50(5):517-520 / 西口幸希ほか(2005) 砂防学会誌 57(5)、71-79 / Uchida, T. (2003) Water Resources Research 39(1)

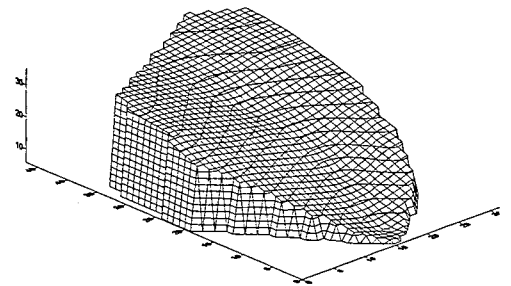


図2 計算対象斜面

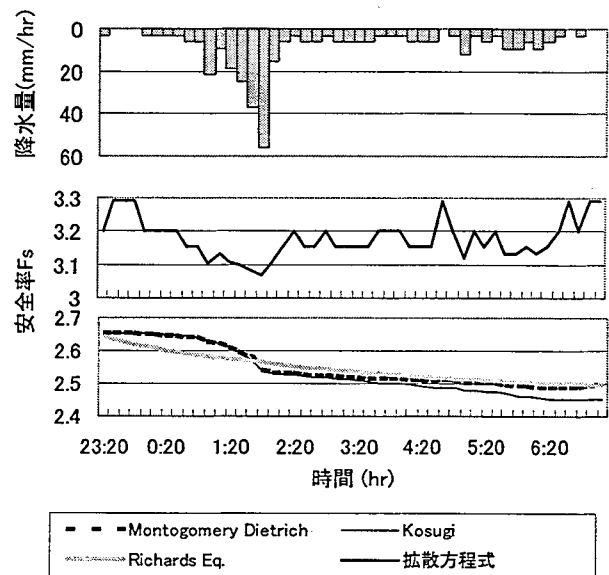


図3 各種地中流モデルを用いた安全率の計算結果