

土壌水分特性の空間分布を考慮した表層崩壊予測モデルの検討

京都大学大学院農学研究科

○小杉賢一郎

京都大学大学院農学研究科

水山 高久

京都大学農学部

福山 剛史

1. はじめに

山地流域における豪雨に伴う表層崩壊を予測するためには、流域内の水分移動現象をモデル化し土壌含水率や地下水位の変化を推定する必要がある。流域全体を対象として飽和・不飽和浸透理論に基づいた精密な土壌水分移動の計算を行うことは、計算量の多さや場の不均質性を考慮するに、今だ現実的な解析手法とはなっていないと考えられる。本研究では、既存の分布型流出モデルを改良し、流出解析と表層崩壊発生予測を行った。

2. 手法

本研究で用いた分布型流出モデルは窪田ら(1988)が提案したモデルに基づいており、一定の大きさのメッシュで区切られた斜面要素間の水移動計算と各要素の水収支計算を組み合わせることによって、流域内の水移動現象を表現している。要素への水の出入りは、降水量 R 、蒸発散量 E 、隣接する要素からの総流入量 q_{in} 、隣接する要素への総流出量 q_{out} であり、この水収支によってブロック内の有効飽和度 S_e が変化する。

$$\frac{dS_e}{dt}(\theta_s - \theta_r)D = R - E + q_{in} - q_{out} \quad [1]$$

ただし、 θ_s : 飽和体積含水率、 θ_r : 残留体積含水率、 D : 土層深、 t : 時間である。要素間の流量 q は S_e と地下水位 H を用いて次式で計算される。

$$q = \frac{D}{L} \sin w \left[K_s \frac{H}{D} + K_s S_e^\beta \left(1 - \frac{H}{D} \right) \right] \quad [2]$$

ただし、 L : メッシュのサイズ、 w : 斜面勾配、 K_s : 要素全体の飽和透水係数、 β : 有効飽和度の減少による不飽和透水係数 K の減少度を表す無次元パラメータである。また地下水位 H は、閾値 S_{ec} 以上の有効飽和度に対して次式で計算される。

$$H = D(S_e - S_{ec}) / (1 - S_{ec}) \quad [3]$$

図-1 に示した六甲山系西おたふく山の小流域(流域面積 1.87ha)を解析の対象とした。水文データとして、流域流量、図-1 中の G1、G2 地点の地下水位が観測されている。土壌水分特性については、図-1 中の T1~T6 地点で採取したサンプルを用いて測定を行った。図-2 には測定された K - S_e 関係と直線回帰によりパラメータ β の値を求めた結果を示した。流域内の地形情報に基づいて、T1~T6 地点で測定された水分特性を各要素に割り当てることにより、土壌水分特性の空間分布をモデル計算に組み込んだ。

3. 結果と考察

計算は1997年3月13日~9月30日について行った。図-3は、G2地点での地下水位の発生とそのシミュレーション結果を示したものである。算定地下水位が実測値に比べて早く立ち上がる傾向が見られるものの、ピークの値や逓減過程が良好に再現されている。観測降雨条件下では、全ての要素において斜面の安全率 F_s が1を上回っていた。図-4は観測値の2倍の降雨条件下で算定された7月28日15時の F_s の分布を示したものである。表層崩壊発生が予測された地点は、2つのゼロ次谷が合流する谷筋や土層が厚く傾斜が大きい斜面の中下部に存在していた。

引用文献

窪田順平・福嶋義宏・鈴木雅一、山腹斜面における土壌水分変動の観測とモデル化(II)水収支および地下水発生域の検討。日林誌。70, 381-389, 1988.

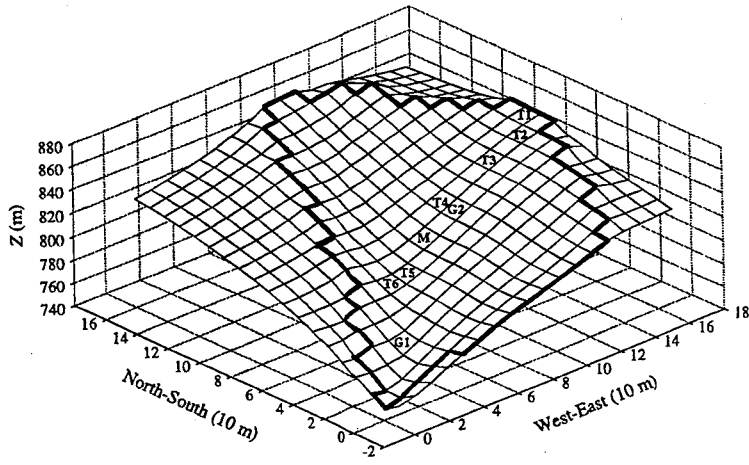


図-1 六甲山系西おたふく山小流域の地形

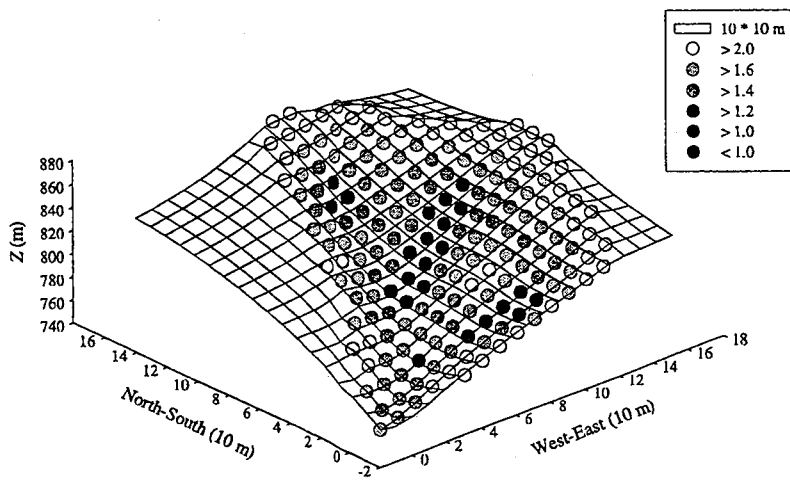


図-4 2倍の降雨条件下で算定された1997年7月28日15時の斜面安全率 F_s の分布

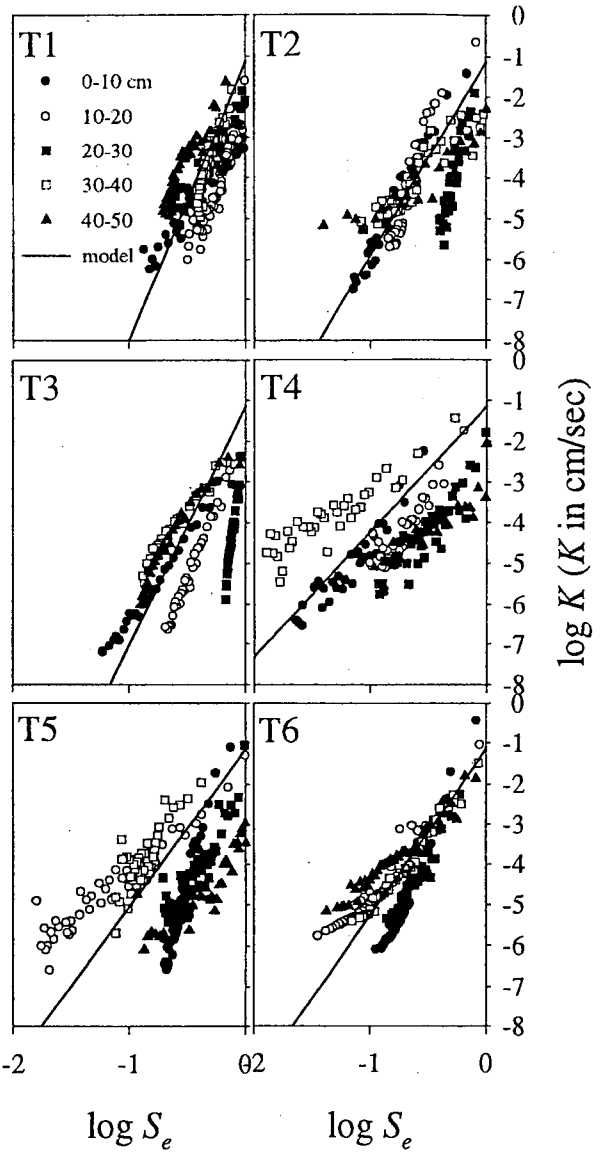


図-2 不飽和透水係数 K -有効飽和度 S_e 関係

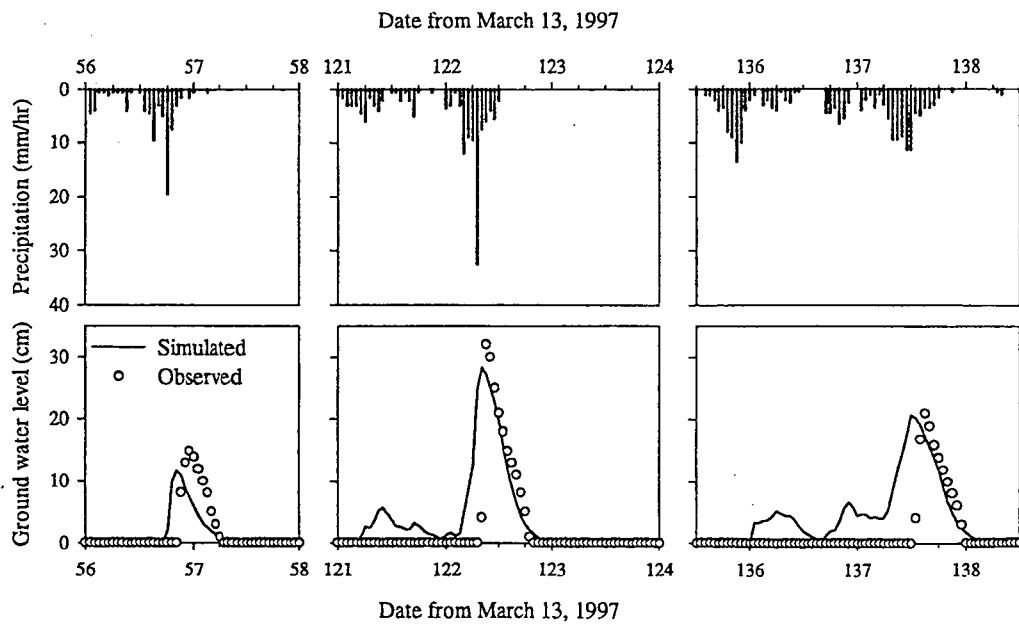


図-3 G2地点における地下水位の観測値と計算値