

GIS を用いた斜面の浸透マップの構築と利用

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫

中部大学工学部 学生会員 ○松原 祥平

中部大学応用生物学部 非会員 南 基泰 上野 薫

1. まえがき

斜面崩壊による土砂災害は土石流の発生を引き起こし、直接の人的被害、交通機関・ライフラインに損害を与える物的被害をも招く。近年、人手不足のために、森林の間伐などの手入れがされず山地はどんどん荒れていくため、緑のダムとしての機能も失われつつあり、生態系にも大きな影響を与えることとなる。山地の透水性や保水性が把握できれば、危険箇所の抽出やリアルタイム危険予測、森林の保水力の変化など、防災減災対策や環境対策を考える上で非常に有力な情報となる。そこで、本研究は、地盤情報として広域の不飽和浸透特性を間接的に推定することを目的に植生、地質、浸透特性の関係を調べ、浸透特性を表現する浸透マップの構築を目的として検討を行った。

2. GIS 上の単位斜面メッシュ

一般に斜面の安定性評価などには矩形メッシュが多く用いられているが、斜面崩壊の危険度評価を考えて斜面の尾根や谷、斜面長や傾斜角などの特性が相殺されにくいように、図1に示すような10mDEMデータを用いた単位斜面メッシュが岐阜県林政部で作成された。その単位斜面メッシュを用いて浸透マップを作成することとした。

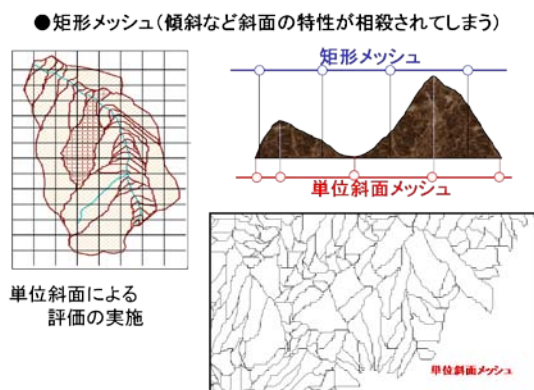


図1 矩形メッシュと単位斜面メッシュ

3. 浸透特性に関するモデルの構築

これまでに過去の崩壊事例から統計的手法により危険斜面の抽出作業の中で植生と地形・地質形状の間につよい相関があることを得てきた¹⁾。また、透水性・保水性は土の物理的性質との関連も強いことは一般的に知られている。そこで、植生情報、地質・地形情報から土の物理的性質を、土の物理的性質から透水係数、水分保持曲線を推定するモデルを構築し、ポイントワイズなデータを植生情報と地質地形情報から面的に拡張した浸透マップを構築することとした。毎年行われている森の健康診断²⁾への参加や現地調査により、植生調査、土粒子密度試験、粒度試験、液性限界塑性限界試験、透水試験、保水性試験を実施した³⁾。その結果、植生種と斜面勾配を使った土粒子密度、均等係数、50%粒径の重回帰モデル（物理特性モデル）を構築している。物理特性モデルより、水分保持曲線モデル（van Genuchtenモデル）のパラメータを推定する重回帰モデル（保水性モデル）を、飽和透水係数は、植生、表層地質、土壌、地形情報より推定する重回帰モデル（透水係数モデル）により構築、表2,3に三つの重回帰モデルの同定結果を示す。なお、今回は最小体積含水率 θ_r を0としている。

(物理特性モデル)

$$\rho_s = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

$$U_c = \beta_0 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5$$

$$D_{50} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5$$

(透水係数モデル)

$$k_s = \zeta_0 + \zeta_1 x_1 + \zeta_2 x_2 + \zeta_3 x_3 + \zeta_4 x_4 + \zeta_5 x_5 + \zeta_6 x_6$$

表1 物理特性モデル^{3),4)}

	切片 β_0	ヒノキ β_1	アカマツ β_2	リョウブ β_3	ブナ β_4	平均勾配 β_5	重相関 係数
土粒子密度 ρ_s	2.680	0.12	0.26	0.06	****	*****	0.959
均等係数 U_c	111.94	****	-19.9	64.6	18.9	-4.3	0.966
D_{50} (mm)	-1.63	-0.33	-0.33	0.43	-0.79	0.11	0.998

キーワード 不飽和浸透特性 植生 斜面安定 GIS

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町1200 中部大学工学部都市建設工学科 TEL 0568-51-1111

表 2 透水係数モデルの係数^{3),4)}

透水係数 k (cm/s)	切片 ζ_0	植生(0-1 変数)	表層地質区(0-1 変数)		土壌区分(0-1 変数)	平均勾配 (m) ζ_5	平均標高(m) ζ_6
		スギ ζ_1	流紋岩質岩石 (溶結) ζ_2	花崗岩質岩石 ζ_3	褐色森林土壌 ζ_4		
	1.30E-03	-4.48E-03	1.05E-03	1.05E-03	1.87E-04	3.25E-05	3.25E-05

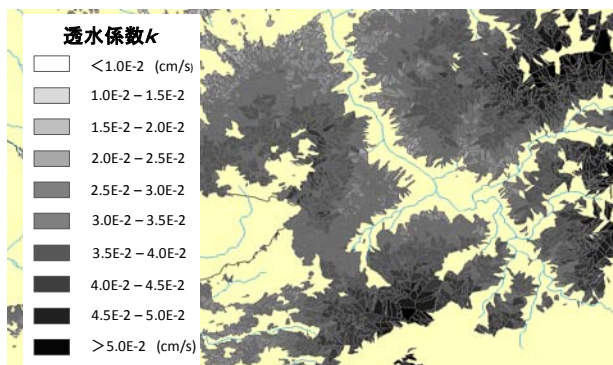


図 2 飽和透水係数 ks の分布

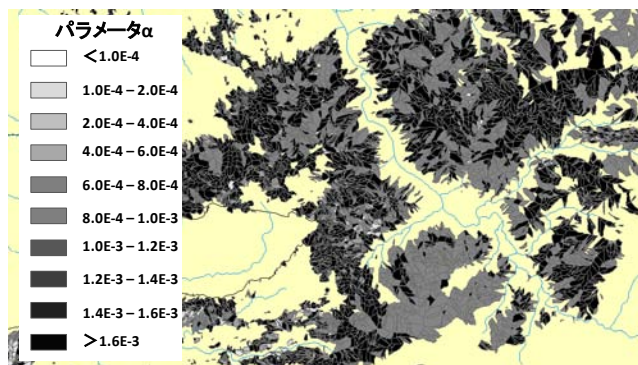


図 3 パラメータ α の分布

(保水性モデル)^{3),4)}

van Genuchten model のパラメータを推定するモデル

$$n = 7.322 \times 10^{-4} U c^2 - 0.016 U c + 2 \quad \theta_s = 0.2769 D_{50}^{-0.1827}$$

$$\alpha = 0.033 (D_{50} U c)^{-1.84}$$

※van Genuchten model $\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[1 + |\alpha h|^n \right]^{(1-1/n)}$

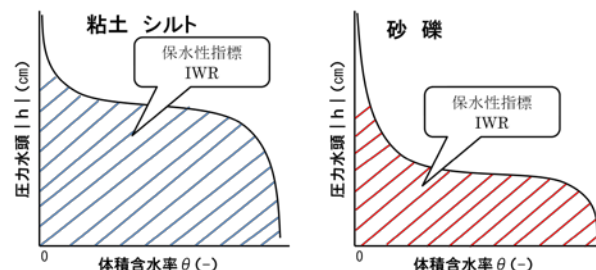


図 4 水分特性曲線と保水性指標

4. 浸透マップの情報と利用

飽和透水係数の分布を図 2、また vG-モデルのパラメータの一つで毛管上昇高と関係が強い α の分布を図 3 に示した。飽和透水係数が大きい斜面では、 α の値が大きい傾向にあり、麓部で砂分が多い傾向にあることが推察される。次に、保水性の高さ(量)を評価するために、図 4 のように水分保持曲線下の面積を土の保水指数 (WR : Water Retentivity Index) と定義し、面積の大きさで保水性の高さを算出し、その分布を図 5 示している。浸透マップで得られる情報で植生との関係を調べためにスギとヒノキ、アカマツの斜面と土の保水指数で比較したヒストグラムを図 6 に示した。スギは保水性が高く、アカマツは保水性の低いところに分布している傾向がわかる。

本研究は、平成 19-21 年度科学研究費基盤(c) (No. 19560498) 及び中部大学特別研究 A の補助を受けた。また、岐阜県林政部治山課からデータ提供を受けた。ここに、記すとともに関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 杉井：ロジックモデルによる地域特性を考慮した山地危険度評価、降雨と地震に対する斜面崩壊機構と安定性評価に関するシンポジウム発表論文集、pp.379-384, 2009.
- 2) 杉井・三尾・佐原：斜面崩壊に起因する透水性と植生の関係、土岐川・庄内川源流森の健康診断 2008, pp.17-25, 2009.
- 3) 杉井・浅野・高久：植生情報を用いた広域地盤の浸透特性の推定、土木学会中部支部研究発表会講演集、pp.229-231, 2009.
- 4) 杉井・松原・南・上野：植生及び地形・地質情報を考慮した浸透マッ

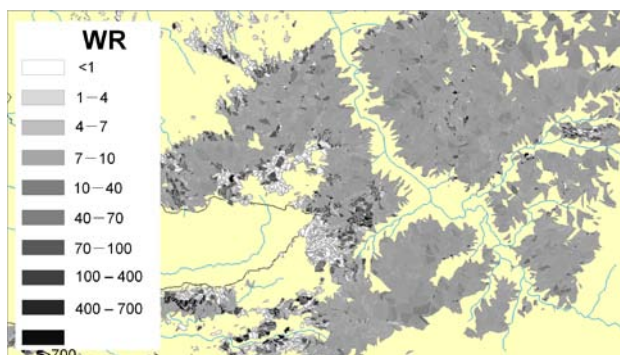


図 6 保水指数 WR の分布

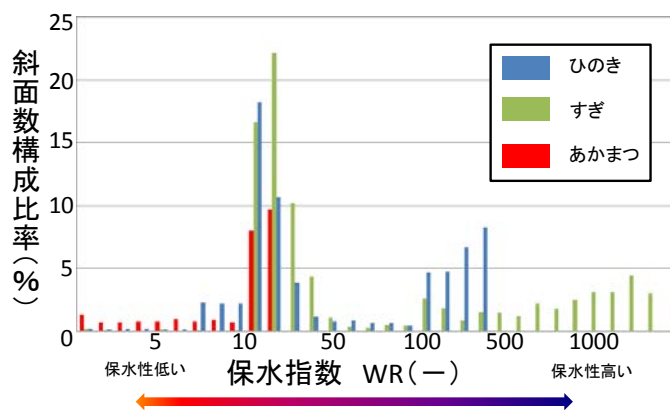


図 7 ヒノキ、スギ、アカマツの保水性指標の分布

プの構築、地盤工学研究発表会 (松山市), 2010, 印刷中