

1 はじめに

山地において崩壊の危険性がある場所を把握することは、国土の約7割を占める森林を保全するという観点から極めて重要である。本研究では物理則モデルによる三次元飽和-不飽和浸透流解析と無限長斜面による安定計算を組み合わせた危険地判定手法の開発に取り組んでおり、その結果について報告する。

2 解析方法

三次元物理則モデルを用いた危険地判定手法の流れを図1に示す。GISを利用したデータ収集・結果表示部と、地下水位決定に用いる飽和-不飽和浸透流解析及び無限長斜面による斜面安定計算を行う数値計算プログラム部に分かれており、各々の機能を相互に連携させたものである。

無限長斜面の斜面安定計算には以下の式を用いる。

$$SF = \frac{c_s + c_r + A \cos^2 \beta \tan \phi}{B \sin \beta \cos \beta}$$

$$A = q_0 + (\gamma_{sat} - \gamma_w)(h - z) + \gamma(H - h)$$

$$B = q_0 + \gamma_{sat}(h - z) + \gamma(H - h)$$

飽和-不飽和浸透流解析には以下の式を用いる。

$$C \frac{\partial \psi}{\partial t} + S_s \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ k_x r(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ k_y r(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial y} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ k_z r(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial z} \right\} + q$$

ここで、SF：安全率、 c_s ：土の粘着力、 c_r ：根系による粘着力、 ϕ ：土の内部摩擦角、 γ_{sat} ：土の湿潤単位体積重量、 γ_w ：水の単位体積重量、 γ ：土の単位体積重量、H：基岩面からの表土層厚、h：基岩面からの浸透水位、z：基岩面からすべり面までの高さ、 β ：基岩勾配、 q_0 ：植生による上載荷重、 $C(\theta)$ ：比水分容量、 θ ：飽和度、 S_s ：比貯留係数、 ψ ：圧力ポテンシャル、 k_x, k_y, k_z ：x、y、z方向の飽和透水係数、 $r(\theta)$ ：飽和度 θ の時の相対透水係数比、 q ：系外からの水の出入り項である。

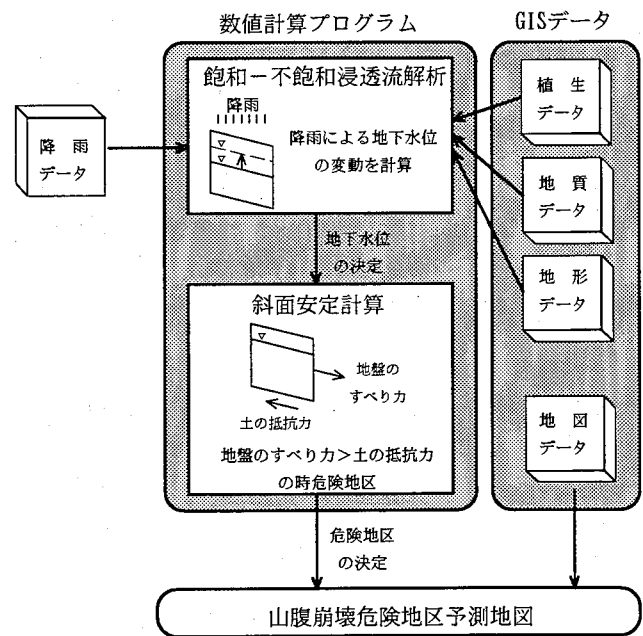


図1 危険地判定手法の流れ

3 調査地区及び調査内容

調査地は静岡県大井川水系の榛原川流域である。この地区において詳細なDEMを取得するため、レーザープロファイラを用いて調査を行った。作成したDEMより斜面安定計算に必要な斜面傾斜角および横断角度を求めた。土層深は対象流域にて簡易貫入試験をおこなった結果得られた以下の式を用いて推定した。

$$\text{平均土層厚さ(cm)} = -8.30 \times \text{平均傾斜度} - 1.29 \times \text{横断角度} + 681$$

土壌層の厚さ(cm)=0.9581×exp(-0.0036×表層土厚さ)

計算プログラム中で設定した雨量は図2に示す1979年10月18～19日に静岡県本川根(現川根本町)のアメダスにて観測された36時間の降雨分布である。また土質パラメータは榛原川流域から取得したサンプルより求めた値を用いた。

4 解析結果及び考察

解析は榛原川流域を50mメッシュで区切り全域を対象として行った。図3に三次元物理則モデルより得られた降雨経過時間と危険地区数との関係を示した解析結果を示す。降雨量の変化にしたがって危険地区数が増減していることがわかる。

三次元物理則モデルの精度を検証するため、実際の崩壊地と解析結果との比較を行った。実際の崩壊地の一部分でも解析による危険地が入っていれば一致したと見なすとすると、全崩壊地88ヶ所中40ヶ所が一致し、的中率は45.5%となった。

実際の崩壊地と解析によって危険地と判定された場所が一致しない原因としては、レーザープロファイラを使用して作成したDEMが崩壊後のデータであるため崩壊前の地形を対象とした解析でないこと、解析に使用した土質パラメータ、土層深がうまく適合していないことが考えられる。また、降雨も全域において同一の降雨パターンとしているが、局所的に集中豪雨が発生していた可能性がある。これらの結果をふまえ、的中率の向上を図るために再度解析に使用するデータの検討及びモデルの改良に取り組む必要があると考えられる。

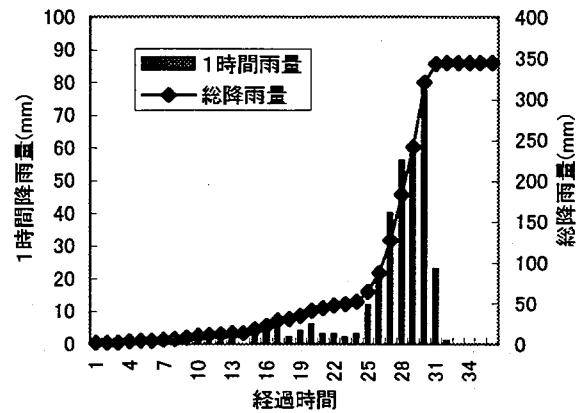


図2 降雨量分布

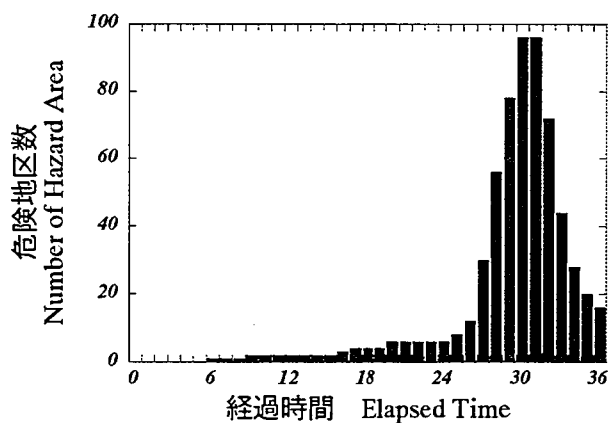


図3 時間ごとの危険地区数

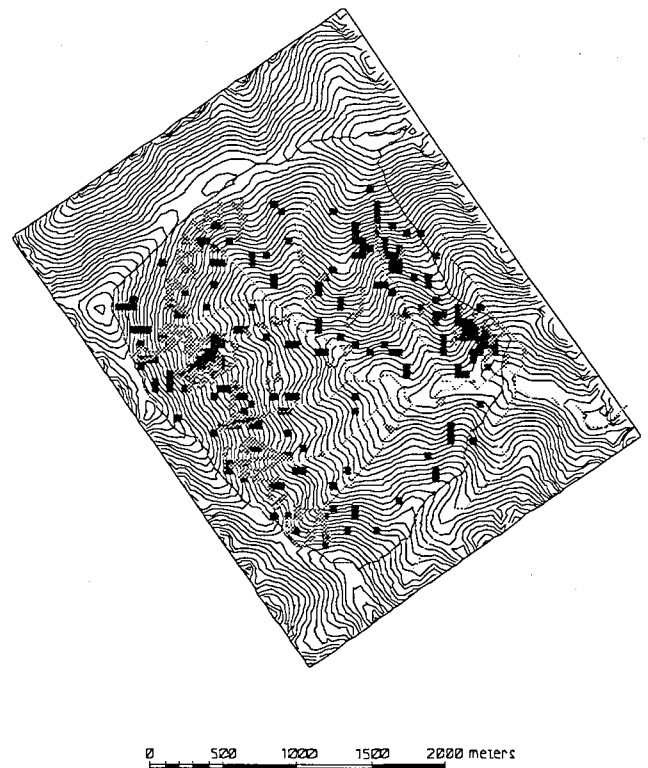


図4 実際の崩壊地と解析結果の比較

参考文献

阿部和時、黒川潮、渡辺悦夫、久保田誉、趙炳薫(2004):高標高山地斜面の表層土厚さの分布に関する研究(II)、日本林学会関東支部大会発表論文集、55、p.267-270