

GIS を用いた降雨リアルタイムハザードマップにおける単位斜面(Slope Unit)の活用事例

九州大学大学院 学生会員 ○平岡大輝 正会員 陳 光斉 正会員 笠間清伸

1. はじめに

地球温暖化に起因した集中豪雨が増加し、それに伴う斜面崩壊の被害拡大が大きな社会問題になっている。著者の研究グループでは、地理情報システム(GIS)を用いて、広域的斜面崩壊危険度評価手法を構築し、豪雨時の斜面崩壊危険箇所や対策必要箇所の特定を行ってきた。本文では、豪雨時の斜面危険度評価において、ポリゴンとして従来用いていたメッシュ型から、より実地形に近い単位斜面型を採用した。そして、1999年6月豪雨を対象として、福岡県北九州市において降雨リアルタイムハザードマップを作成し、その評価を行った結果を示す。

2. 内容

2.1 単位斜面(Slope Unit)の検討

過去に周ら¹⁾が提案した手法に基づき、単位斜面を抽出した。単位斜面の分割数は、谷線とみなす最小の累積流量値を変動させることで変わる。今回は、門司区の急傾斜地崩壊危険箇所を適切に含むような値として、谷線とみなす最小の累積流量を 10000m² と設定し、単位斜面を作成した(図-1)。また、各単位斜面の平均勾配は、10° 未満のDEMを除去して算出することで、勾配の小さな単位斜面下部(溪流部)が除去でき、平均勾配の精度が向上した。

2.2 リアルタイム斜面崩壊危険度予測手法

本研究では、Montrasio ら²⁾の研究を参考にして、斜面災害発生のもっとも重要な素因および誘因だけを考慮した図-2 のようなモデルを用いた。降雨時の無限長斜面を考慮し、安全率算定式に見かけの粘着力 c_ψ を考慮した式(1)、(2)に示す Montrasio ら²⁾の式を用いた。

$$F_s = \frac{N' \cdot \tan \phi' + (c' + c_\psi) \cdot \Delta s}{W' \cdot \sin \theta + j} \quad (1) \quad c_\psi = A \cdot S_{r0} \cdot (1 - S_{r0})^\lambda \cdot (1 - m)^\alpha \quad (2)$$

ここで、 N' : 有効垂直力、 W' : 土の有効重量、 T : 土のせん断抵抗力、 j : 透水力、 c' : 土の有効粘着力、 ϕ' : 内部摩擦角、 θ : 勾配、 H : 表層厚、 Δs : 一要素の長さ、 m : 浸水割合、 S_{r0} : 初期飽和度、 A : 土の種類に依存するパラメータ、 λ および α : パラメータである。

広域での評価のため、斜面崩壊危険度指標には地盤定数のばらつきを考慮した崩壊確率を用いた。崩壊確率は、斜面強度に関する c' 、 ϕ' 、ならびに斜面の形状を表す θ を確率変数とする 5000 回のモンテカルロシミュレーションを行うことで算出した。

また、図-3 のようなタンクモデルを導入することで、各ポリゴンの浸水割合 m を 1 時間ごとに算出し、ハザードマップを 1 時間ごとに更新した。浸水割合 m は式(3)~式(5)から求めた。

$$m = \frac{S}{S_{max}} \quad (3)$$

$$S = S_{t-\Delta t} + (R - E_a - d)\Delta t \quad (4) \quad d = k_d S \quad (5)$$

ここで、 S : ポリゴンの貯留高、 S_{max} : ポリゴンの飽和貯留高、 k_d : 流出係数($k_d=0.01$)、 Δt : 入力雨量の時間間隔で、1 時間とした。

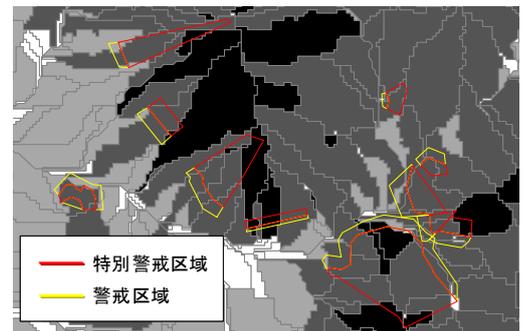


図-1 単位斜面の分割数の決定

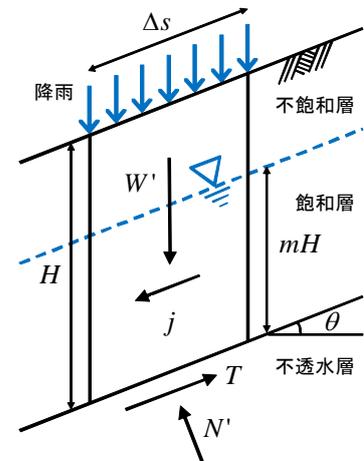


図-2 斜面の一要素に働く力のモデル²⁾

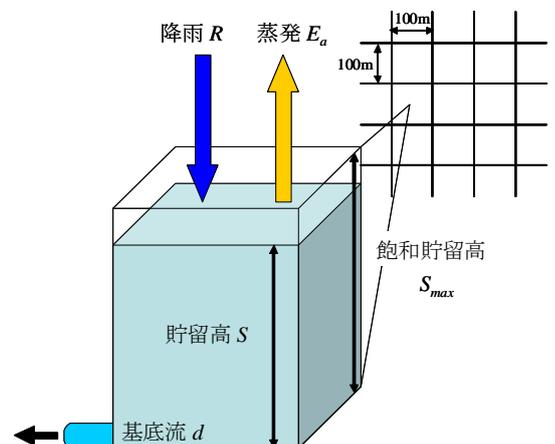


図-3 各ポリゴンにおける水の出入り

2.3 入力物性値

表層地質は、国土交通省土地水資源局国土調査課が作成した50万分の1土地分類基本調査の表層地質図からデータを抽出し、各々の地盤物性データには、九州電力提供の三軸圧縮試験による土質試験データを用いた。表層厚は、昭和47年から平成11年の間に日本全国で発生した降雨による表層崩壊データ³⁾から、発生場所の勾配と表層厚の関係性を求め、得られた関係式を用いて、ポリゴンごとに勾配から表層厚を算出した。降雨データは、1時間毎に更新される5.0km四方のレーダ・アメダス解析雨量を用いた。今回は簡単のため、北九州市の7つの行政区について、各区の中で一箇所、解析雨量を決め、その雨量がそれぞれの区全域で均等に降ると仮定した。

2.4 リアルタイムハザードマップの作成と評価

本節では、1999年6月29日に九州北部で発生した集中豪雨を対象に、100mメッシュおよび単位斜面のリアルタイムハザードマップを作成し、両者を比較評価した。図-4に北九州市各区の時間雨量の推移を、図-5に29日11時のハザードマップのある区域を示す。マップより、単位斜面の方が、全体的に崩壊確率が高くなることわかる。このことは、単位斜面の利用により実地形に沿ったポリゴンを抽出したことで、実斜面の微地形の勾配をうまく抽出できないメッシュの問題点を解消したことを示す。

図-6に全21箇所の崩壊箇所のうち6箇所について、時間の経過に伴う崩壊確率の推移を示す。各地点での最大値に関わらず、 $P \geq 0.01$ で13件の崩壊が、そのうち9件は $0.01 \leq P < 0.02$ で崩壊が発生していた。このことから、 $P \geq 0.01$ のポリゴンにおいては、警戒・避難指示等が必要と考えられる。しかし一方で、 $P < 0.01$ でも8件の崩壊(うち4件は平野部にある小山で生じた小規模崩壊)が起こっており、危険域を設定する崩壊確率を決定するために更なる検証を重ねることが今後の課題となる。今回はハザードマップを4つの分類で表示した。 $P \geq 0.01$ は危険区域として朱色と赤色で、 $0.005 \leq P < 0.01$ は警戒区域として黄緑色で示した。図-5のハザードマップはこの分類に基づいて表示しており、メッシュで抽出できていない危険・警戒区域が、単位斜面を用いることで抽出できていることがわかる。

3. 結論

①GISを用いて、簡易力学安定性モデル、ならびにタンクモデル等を考慮したリアルタイムハザードマップを作成した。②単位斜面を用いることで、実斜面の微地形の勾配をうまく抽出できないメッシュの問題点を解消した。③ $P \geq 0.01$ となるポリゴンは崩壊の危険性が高い箇所として判定される。 $P < 0.01$ については、今後更なる検証を重ねる必要がある。

<参考文献>

- 1) 周国云, 江崎哲郎, 謝謨文, 三谷浩泰: GISとモンテカルロ法を用いた新しい三次元空間斜面安定評価方法の提案, 土と基礎, Vol.50, No.5, pp.23~25, 2002.
- 2) L. Montrasio and R. Valentino: A model for triggering mechanisms of shallow landslides, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol.8, pp.1149-1159, 2008.
- 3) 小山内信智, 富田陽子, 秋山一弥, 松下智祥: がけ崩れ災害の実態, 国土技術政策総合研究所資料, 第530号, pp.72, 2009.

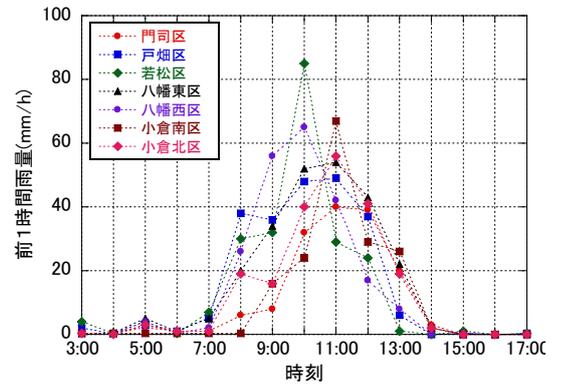


図-4 29日の前1時間雨量の推移

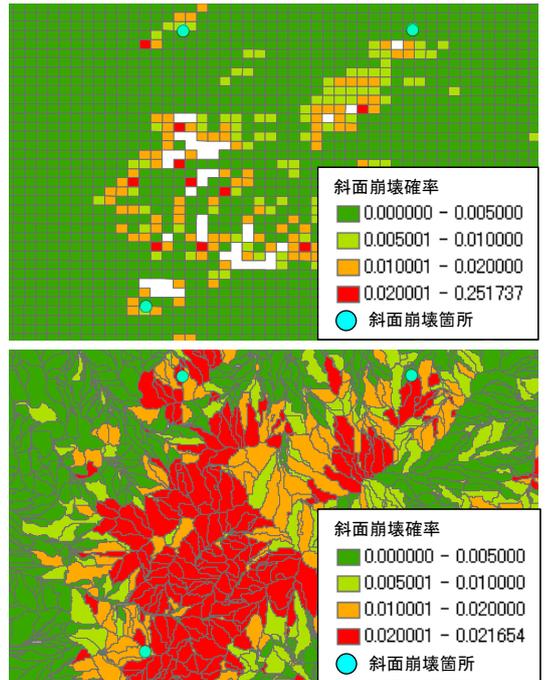


図-5 29日10時のリアルタイムハザードマップ (上: 100mメッシュ, 下: 単位斜面)

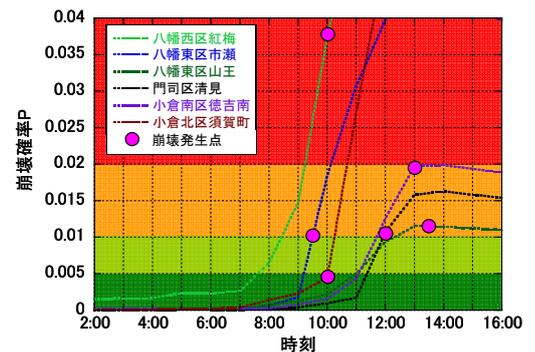


図-6 崩壊箇所の崩壊確率の推移