

地理情報システムを用いた降雨に伴う広域的な斜面災害リスク評価

九州大学大学院 学生会員○入門 大介 フェロー会員 善 功 企
 正会員 陳 光 斉 正会員 笠間 清伸

1. 目的

近年、地盤工学分野においても、降雨を誘因とした斜面災害の潜在的危険性の定量的評価や対策投資を行うための指標として、リスク指標の導入に関する研究が盛んに行われている。個別斜面のリスクを照査する研究は、複数の研究グループで成果を挙げつつあるが、今後はこの手法を拡張し、災害リスクを広域的に把握する手法を展開する必要がある。そこで、本文では、広域的に斜面災害リスクを評価し、崩壊危険箇所および崩壊対策必要箇所を特定することを目的とする。地理情報システム(GIS)を用いて、降雨に起因した斜面崩壊の確率分析、全資産項目を対象とした資産分析を実施することで、広域的な斜面災害リスクの評価を行った。

2. 内容

2.1 基本となるリスク評価モデル¹⁾

本研究では、リスク(経済損失期待値)を豪雨に起因する被害形態*i*の発生確率 P_i 、*i*に伴う経済損失の大きさ C_i とし $R = \sum P_i \times C_i$ と定義し、**図-1**のフローに沿ってリスク評価を行った。GISを用いて、対象地域を約1kmでメッシュ化し、メッシュごとに斜面崩壊確率、資産の被害額を算出した後、両者を合積して、リスクマップを作成した。以下に、モデル地域として福岡県全域を対象に、解析を行った結果について述べる。

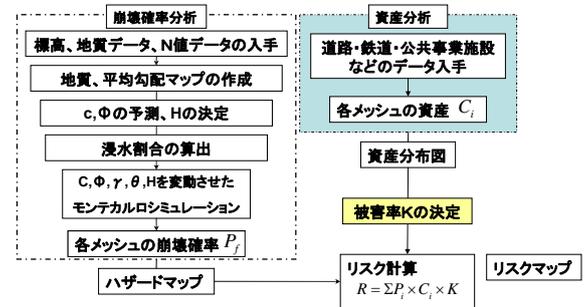


図-1 リスク評価モデル

2.2 降雨を誘因とした斜面崩壊に関する確率分析

本研究における斜面安定解析は、表層崩壊を仮定し、**式(1)**に示す部分浸水の無限斜面の安全率を用い、斜面安定解析を実施した。

$$F_s = \frac{c + \{(1-m)\gamma + m\gamma'\}H \cos \theta \tan \phi}{\{(1-m)\gamma + m\gamma_{sat}\}H \sin \theta} \quad (1)$$

ここで、 c ：粘着力、 ϕ ：内部摩擦角、 θ ：メッシュの斜面平均勾配、 γ ：単位体積重量、 γ' ：水中単位体積重量、 γ_{sat} ：飽和単位体積重量、 H ：崩壊深(= $H' \cos \theta$)、 H_w ：地下水位深さ、 m ：浸水割合(= H_w/H)である。式(1)において、**表-1**に示す分布形状と変動係数を与える50000回のモンテカルロシミュレーションを行うことで、崩壊確率を算出した。 H の統計データ²⁾を**表-2**に示す。各地質のN値統計データ(**表-3**)を**式(2)**と**式(3)**の予測式に代入することによって、 $c \cdot \phi$ の平均・標準偏差を求めた。

$$c = 6N \quad (2)$$

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 \quad (3)$$

その結果を**表-4**に示す。浸水割合 m は、AMeDAS観測所での過去20年間の日降水量データと**式(4)~(9)**に示すリチャーズの式による浸透方程式を用いて、各メッシュで浸透解析³⁾を行った。また、独自のGISツールを作成し、メッシュ面積の70%

表-1 モンテカルロシミュレーション条件

ばらつきを与える係数	分布形状	変動係数
c	対数正規分布	N値統計データから換算
ϕ	対数正規分布	
γ	正規分布	
θ	各メッシュにおいて、実際値に近い分布形状と変動係数を与える	
H	正規分布	既往のH統計データから算出

表-2 H統計データ

H(cm)	$\theta < 40^\circ$		$\theta > 40^\circ$	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
	191	62.66	115	75.36

表-3 N値統計データ

N値	砂質土	礫質土	シルト	粘土
データ数	1200	2190	1929	355
平均	5.14	8.66	7.45	7.4
標準偏差	10.19	12.88	12.61	10.71

表-4 c, ϕ 予測値

c (kPa)	砂質土				礫質土				シルト				粘土			
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差		
	66.89	75.51	82.84	83.4	94.98	85.9	27.6	29.51	31.02	27.95	8.02	8.1	7.73	7.22		

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \left[\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_z}{\partial z} \right] - T \quad (4)$$

$$V_x = -K_x \frac{\partial \psi}{\partial x}, V_z = -K_z \frac{\partial \psi}{\partial z} \quad (5)$$

$$\phi = \psi - x \sin \alpha - z \cos \alpha \quad (6)$$

$$C \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K_x \frac{\partial \psi}{\partial x} - K_x \sin \alpha \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K_z \frac{\partial \psi}{\partial z} - K_z \cos \alpha \right] - T \quad (7)$$

$$\theta = (\theta_r - \theta_s) \left[\frac{\psi'}{\psi_0} + 1 \right] \exp \left(- \frac{\psi'}{\psi_0} \right) + \theta_r \quad (8)$$

$$K_x = K_{s1} \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^\beta, K_z = K_{s2} \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^\beta \quad (9)$$

以上を占める地質が無いメッシュは、各地質の崩壊確率を面積の重み付き平均とすることで、そのメッシュの崩壊確率とした。作成した再現期間 10 年のハザードマップを図-2 に示す。特に、崩壊確率が高い地区は、1.直方市 2.糟屋郡 3.添田町の 3 地区であることが分かった。

2.3 資産分析¹⁾

分析の対象とした資産項目と評価方法を表-5 に示す。評価単価は、治水経済調査マニュアル(案)(建設省(当時)河川局, 2000)を参考に個別に設定した。作成した資産マップを図-3 に示す。人口が集中する福岡市, 北九州市での資産が大きい分布となった。また、図-3 の合計をとることで福岡県の資産総額は約 775 兆円だと推定された。

2.4 リスク計算—リスクマップの作成—

図-2 のハザードマップと図-3 の資産分布図の値を合積し、被害率 K を乗じることで、斜面災害による損失期待値分布図として、リスクマップが得られる。被害額は資産に比率(被害率: $K = \text{被害額} / \text{資産額}$)するものと仮定し、詳細な検討が必要であるが、本研究では一律に 0.1 とした。図-4 に、再現期間 10 年のリスクマップを示す。都市部の周辺域での、低平地と山間部の境界部分で突出している分布傾向となった。全メッシュのリスク総和をとることにより、福岡県の斜面災害リスクは、5 兆 9100 億円と推定された。特にリスクが大きい箇所は、1.北九州市門司区・八幡西区, 2.福岡市城南区の 2 箇所であり、対策が必要であると推定された。

3. 結論

1. 表層地質分類に応じた降雨に起因する斜面崩壊の確率計算と全資産項目を被害対象とした資産額の算出を行うことで、リスクマップを作成した。
2. 本研究で提示したリスクマップは、降雨による斜面災害リスクをある仮定のもとに、約 1km メッシュで定量的に評価することができる。
3. リスクが大きい北九州市門司区・八幡西区と福岡市城南区での斜面崩壊対策を行う必要があると推定された。

参考文献:

- 1) 森山 崇: 地理情報システムを用いた広域的な斜面災害リスク評価に関する研究,九州大学修士論文,2006.
- 2) 内田太郎・盛伸行・田村圭司・瀧口茂隆・酒井直樹: 土層厚分布を考慮した表層崩壊発生予測手法の検討,斜面災害における予知と対策技術,pp185-190,2007.
- 3) 川越清樹・風間聡: 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築,自然災害科学 J.JSNDS20-4,pp1-12,2006.

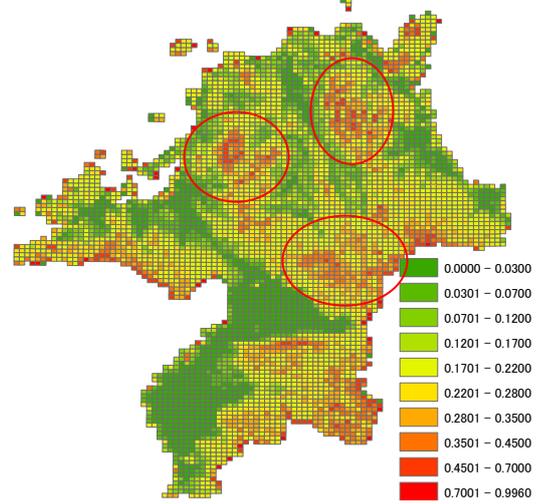


図-2 再現期間 10 年のハザードマップ

表-5 対象資産項目

資産項目	評価方法
公共土木資産	
1.道路施設	(道路延長)×(1m当たりの標準単価)
2.鉄道施設	(鉄道延長)×(1m当たりの標準単価)
3.公共事業施設	(施設数)×(床面積)×(単位面積当たりの標準単価)
一般資産	
1.家屋	(家屋の延べ面積)×(評価単価)
2.家庭用品	(世帯数)×(家庭用品評価単価)
3.農漁家償却資産	(農漁家世帯数)×(償却評価単価)
4.農漁家在庫資産	(農漁家世帯数)×(在庫評価単価)
5.事業所償却資産	(労働者)×(産業分類別償却資産評価額)
6.事業所在資産	(労働者)×(産業分類別償却資産評価額)
7.農作物	(耕作面積)×(年平均収量)×(農作物価格)

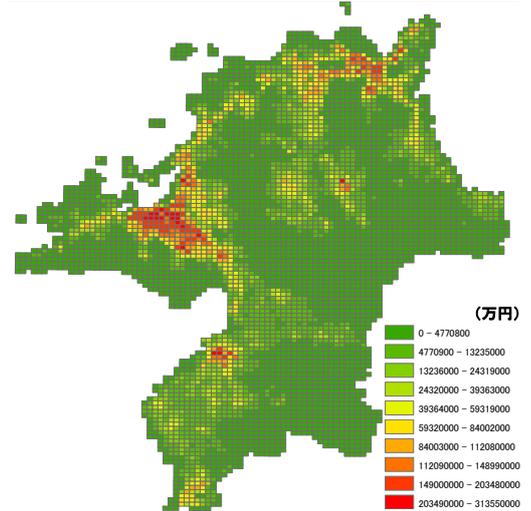


図-3 資産分布図

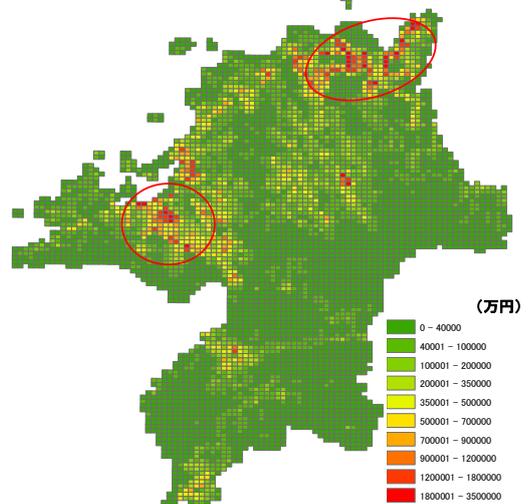


図-4 再現期間 10 年のリスクマップ