

地理情報システムを用いた降雨に伴う斜面災害リスク評価について

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 齊 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評価および合理的で経済的な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、本研究では、広域的な斜面災害リスクを評価することを目的とする。地理情報システム(GIS)を用いて、豪雨に起因した斜面崩壊の確率分析、公共土木施設を被害対象物とした被害分析を実施し、斜面災害リスクの評価手法を提案した。

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、公共土木資産の被害額を算出した後、両者を合積してリスク計算を実施し、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。

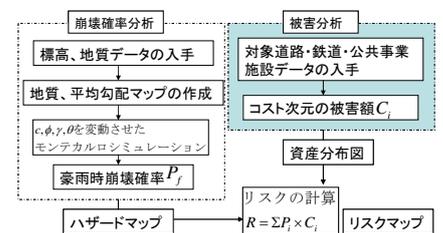


図-1 リスクアナリシスフロー

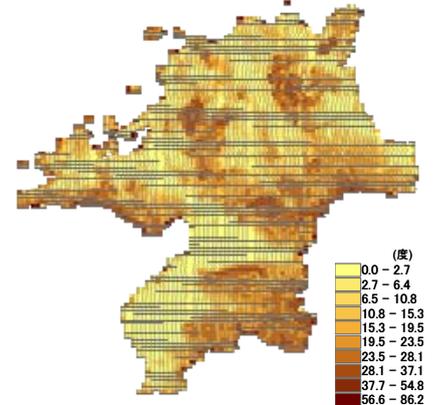


図-2 福岡県斜面勾配分布

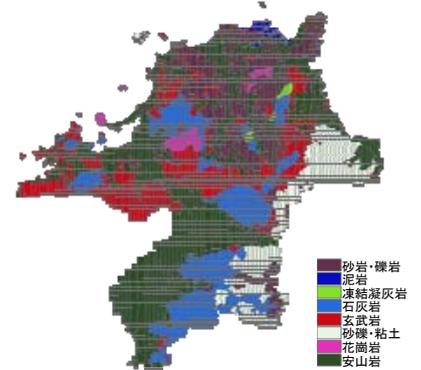


図-3 福岡県地質分布

表-1 三軸圧縮試験結果(表層地盤)

地質分類	砂岩・礫岩	泥岩	凝結凝灰岩	石灰岩
粘着力C(kN/m ²)	7.8	42.6	56.1	21
内部摩擦角φ(°)	25.8	15.9	21.7	26.2
単位体積重量γ(kN/m ³)	18.2	17.7	17.3	20.3
地質分類	玄武岩	砂礫・粘土	花崗岩	安山岩
粘着力C(kN/m ²)	11.7	13.7	7.7	13.7
内部摩擦角φ(°)	26	35.1	39.8	27.2
単位体積重量γ(kN/m ³)	19.2	20.7	20.2	19.2

2.2 崩壊確率分析方法

今回の豪雨時における斜面安定解析は、表層崩壊を仮定し、以下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。

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

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(図-2に示す)、 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。

c 、 ϕ 、 γ は、表-1に示す表層地質分類ごとに実施された室内三軸圧縮試験結果を用いた。浸水割合は、平常時を $m = 0$ 、豪雨時を $m = 1$ と仮定し計算した。メッシュ内で起こる表層崩壊現象の全てを考慮するために、式(1)の c を対数正規分布、 ϕ 、 γ 、 θ をそれぞれ正規分布で変動係数は 0.3、 H を 0.5m から 3.5m の等分布と仮定し、豪雨条件付崩壊確率 p_f を 5,000 回のモンテカルロ法により算出した。福岡県の地質マップを図-3に示す。数種類の地質を含むメッシュが存在するため、独自の GIS ツールを作成し、一つの地質が面積の 70%以上を占めるものはその地質で計算を行い、70%以上の地質が無い 2 つ以上の地質で構成されるメッシュは、それぞれの崩壊確率計算結果を面積の重み付き平均を行い、そのメッシュの崩壊確率とした。平常時 ($m = 0$)、豪雨時 ($m = 1$) のハザードマップをそれぞれ図-4、図-5 に示す。

平常時から豪雨時への崩壊確率の増加から、降雨は斜面崩壊を起こす誘因になると断定できた。得に崩壊確率の高い地区は、1. 北九州市北区の南部、2. 直方市・福智町・宗像市・糸田町の全域、3. 福岡市西区・東区志賀島の海

岸部, 4. 浮羽町・星野町・矢部村の大分県境, 5. 福岡市早良区・前原市・那珂川町の佐賀県境の5地区であると推定できた. 斜面勾配が同じ箇所でも崩壊率には差が生じているため, 崩壊の有無は地質の違いに左右される部分が大きいと考えられる.

2.3 被害分析¹⁾

被害分析は, GIS を用いて, 対象地域である福岡県全域を約 1km メッシュで分割し, メッシュごとに資産の算定を行った. 被害額は資産に比率(被害率: $K=$ 被害額/資産額)するものと仮定した. 斜面災害による被害額算定の際に考慮した公共土木資産項目と評価方法を表-2 に示した. 基本的な評価方法は, インターネットから基礎データ・マップを入手し, それぞれに評価単価を設定し, 被害率を乗じることで被害額とした. 評価単価は個別に設定し, 被害率は詳細な検討が必要であるが, 本研究では一律に 10% であると仮定した. 独自の GIS ツールを作成し, 道路・鉄道はメッシュごとの線分長に, 公益事業施設はメッシュごとの施設数に, 評価単位を乗じることで資産を評価した. 考慮した公共土木資産を全て加算して求めた資産の分布図を図-6 に示す. 図-6 の全メッシュの総和をとることで, 福岡県の公共土木資産総額は, 約 4 兆 1052 億円と推定された. 資産は平坦な都市部に集中し, 傾斜の急な山間部にはほとんど存在しない.

2.4 リスク計算—リスクマップの作成—

図-5 のハザードマップと図-6 の資産分布図の値を合積し, 被害率($K=0.1$)を乗じることで, 豪雨に起因する斜面災害による損失期待値分布図として得られたリスクマップを図-7 に示す. 全メッシュのリスクの総和をとることにより, 福岡県の斜面災害リスクは, 平常時で 20 億 2600 万円, 豪雨時で 79 億 3800 万円と推定された. 特に平常時でも豪雨時でもリスクが大きい箇所は, 1. 北九州市門司区の内陸部, 2. 福岡市東区志賀島南部の沿岸部の 2 箇所であり, リスクマップの分布傾向は, 低平地と山間部の境界部分, すなわち都市部の周辺域で突出している. このことから, 斜面災害の真の危険度と崩壊予防措置をすべき箇所を知るには, 一般に広く用いられているハザードマップではなく, リスクマップが必要であることが明らかである.

3. 結論

1. 表層地質分類に応じた豪雨に起因する斜面崩壊の確率計算を行い, ハザードマップを提示した.
2. 公共土木資産を被害対象とした被害額の算出を行い, その分布図を提示した.
3. 1と2の結果を利用することで, 被害額を算出できるリスクマップの提示方法を提案した.
4. 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.
5. 斜面災害の真の危険度を知るためには, ハザードマップに加えて, リスクマップが必要であり, リスクが大きい北九州市門司区内陸部と福岡市東区志賀島南部沿岸部での崩壊予防措置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.

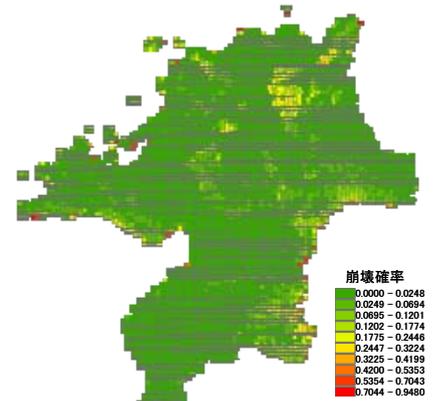


図-4 平常時ハザードマップ

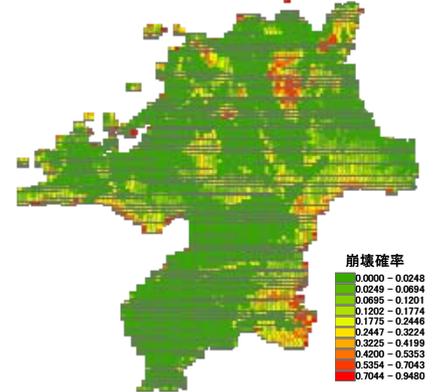


図-5 豪雨時ハザードマップ
表-2 資産項目と評価方法

資産項目	評価方法
道路施設	(道路延長) × (償旧単価) × (被害率)
鉄道施設	(鉄道延長) × (償旧単価) × (被害率)
公共事業施設	(施設数) × (床面積) × (単位面積当たりの標準単価) × (被害率)

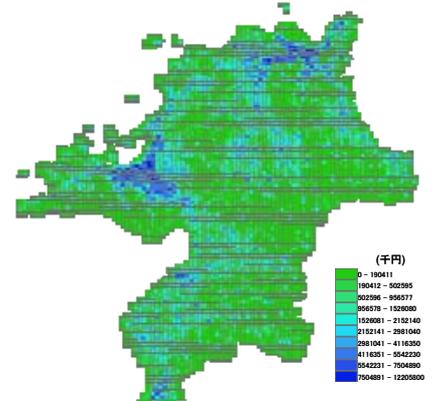


図-6 公共土木資産分布図

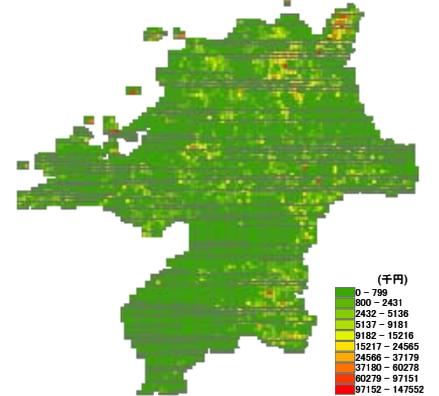


図-7 豪雨時リスクマップ