マレー半島における斜面災害履歴図を利用した広域ハザードマップの作成

茨城大学　学生会員　○西ヶ谷　友美
茨城大学　正会員　村上　哲
早稲田大学　正会員　小峯　秀雄

1. 研究目的　近年，マレーシアの都市部や幹線道路沿いの地域において斜面災害が発生しており，安定的な経済成長を阻害する大きな要因と見なされている [1]．災害の低減には，斜面崩壊危険箇所の把握が必要である．したがって，崩壊の危険がある斜面を示したハザードマップが有用であるが，広大な国土から斜面崩壊に関する情報を統一的に取得した上で危険性が高い斜面を抽出することは困難である．よって，斜面崩壊の危険度の高い地域を予めゾーニングした上で，該当地域をより詳細な検討結果を経て，ハザードマップを作成することが有効であると考える．そこで，ハザードマップ作成の第一段階として，相対的な斜面崩壊危険地域を抽出するためのゾーニングを示した広域ハザードマップを作成する．斜面崩壊の要因としては，地質条件，地形条件，降雨条件および植生条件などがある [2]．著者らは地質および岩の風化，降雨に着目し，斜面災害発生地点における各要因の地域性を分析し，斜面崩壊発生箇所の特徴を把握した [3]．本研究では，採点方式を用いて地質，岩の風化度，降雨を複合的に考慮したマレー半島における斜面災害ハザードマップを作成し，その妥当性を検証することを目的とする．

2. 斜面災害履歴図の作成　著者らは，マレー半島における斜面災害発生地域の斜面崩壊に関する要因の地域性を分析するとりかかりとして，斜面災害データベースおよびデータベース中の位置情報を地図化した斜面災害履歴図を作成した [3]．**図 1** に斜面災害履歴図を示す．次章では，斜面災害履歴図および斜面崩壊地域における地質，岩の風化度，降雨に関する分析結果を用いて斜面崩壊危険度の点数化を行った．

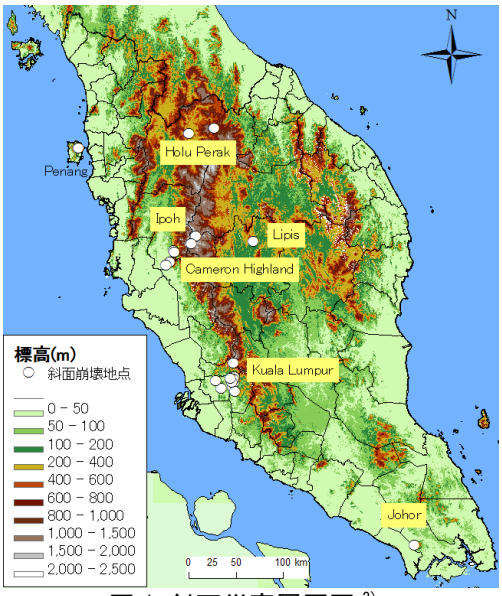

図 1 斜面災害履歴図 [3]

3. 要因毎の斜面崩壊危険度の点数化

3.1 地質　**図 2** に，著者らが作成したマレー半島の地質図を示すとともに，地質に関する分析結果を参考に与えた斜面崩壊危険度点数を示す．マレー半島には花崗岩と変成岩が広域に分布しており，これらの岩種の地域で斜面崩壊が生じている．花崗岩は，風化花崗岩に変化しやすく，風化花崗岩は，風化作用を受ける前よりもせん断強さが小さくなり，斜面の滑動に対する抵抗力は低下する [4]．また，変成岩には片理構造をもつものがある．変成岩では風化作用を受けても残存した片理構造が由来となって岩石内で風化の進行度が異なることによる局所的な強度の違いが発現し，崩壊の原因となることがある．以上の分析結果をふまえ，地質に関する斜面崩壊危険度点数は，変成岩および花崗岩の地域に 3 点，その他の地域に 1 点を与えた．

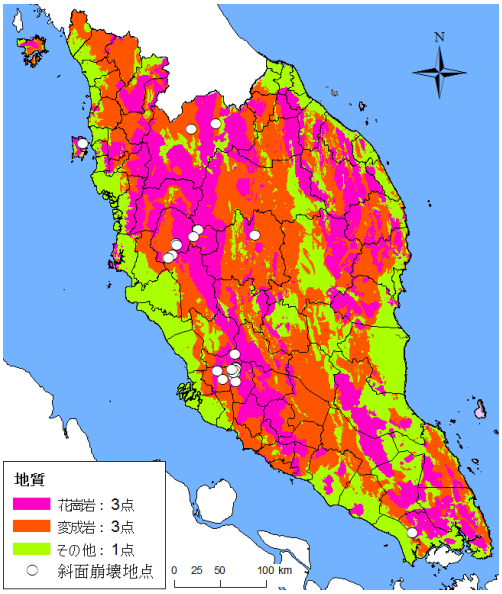

図 2 地質に関する斜面崩壊危険度点数（データは文献 3 より引用）

3.2 岩の風化　マレー半島を形成する花崗岩および変成岩は，当国の高温で湿潤な熱帯雨林気候に起因する強い風化作用を受けている [6]．両岩石は風化作用を受け続けると，変質と破砕が進行して造岩鉱物の結合力が弱まり，源岩と比較して強度が大きく低下する [4]．岩石内外への水の出入りが風化の進行を早めるが，現地においては降雨と日照が起因して地盤中で湿潤と乾燥が繰り返されることで造岩鉱物の変質と細粒化が進行し，徐々に斜面を構成する岩および岩屑の強度が低下すると考えられる．そこで，著者らは乾燥と湿潤の繰返しを示す指標として相対湿度の年較差を用いた [3]．**図 3** にマレー半島における相対湿度の年較差と斜面災害履歴図を示すとともに分析結果を参考に与えた岩の風化に関する斜面崩壊危険度点数を示す．**図 3** から，相対湿度の年較差が 9 %以上と比較的大きい地域に 37 点中 36 点の斜面崩壊地点が分布していることが分かった．したがって，相対湿度の年較差の大小は地質の風化の進行を判断する指標になり得ると考えた．以上の分析結果より，湿度の年較差が大きい地域ほど高い得点になるように，1~3 点を与えた．

キーワード　斜面災害，ハザードマップ，　GIS，風化
連絡先　〒316-0004　茨城県日立市中成沢町 4-12-1　TEL 0294-38-5177

3.3 降雨　降雨時の斜面では，浸透流のために地下水位が上昇し，間隙水圧が増加するとともに有効応力が減少するため，斜面のせん断抵抗力は減少する．加えて，地盤に貯留した雨水によって斜面を構成する土塊の質量が増加するために滑動力は増加する．したがって，降雨は斜面崩壊発生の引金となる要因である．著者らは，斜面崩壊地域の降雨特性を分析するために年降水量の記録を使用した[3]．**図 4** にマレー半島における年降水量と斜面災害履歴図を示すとともに分析結果を参考に与えた年降水量に関する斜面崩壊危険度点数を示す．年降水量がマレーシアの年平均降水量平年値である 2672 mm を超過する，比較的降水量が多い地域で斜面災害が多く生じている傾向が見られた．したがって，年降水量が多い地域ほど，斜面災害が生じる危険性が高くなると考えた．以上の分析結果より，年降水量が多い地域ほど高い得点になるように，4~10 点を与えた．

4. 斜面災害広域ハザードマップの作成と今後の展望

図 5 に地質，岩の風化度，降雨に関する斜面崩壊危険度点数の合計を表した斜面崩壊ハザードマップを示す．合計点数の最低点は 3 点，最高点は 14 点であり，点数が大きい順に，11~14 点を危険度高，8~10 点を危険度中，3~7 点を危険度低と表した．危険度を 3 段階で表したのは，本研究では斜面崩壊危険箇所の分布傾向を把握することを目的としたからである．ここで，作成した斜面災害ハザードマップの妥当性を検証するために，斜面災害履歴の位置情報を利用した．斜面災害履歴の位置情報には，分析に使用した 37 地点に，新たに 16 地点を追加した計 53 地点を用いた．その結果，53 点中 53 点が危険度中および高の地域に該当しており，本研究の分析結果を用いて採点法式で作成したハザードマップは，斜面崩壊危険地域を概ね示していると考える．以上のことから，斜面崩壊ハザードマップを作成するための第一段階として，斜面崩壊危険地域を把握するために使用できる広域ハザードマップが作成できたと判断する．今後は，過去の災害履歴を追加するとともに，各種情報の高精度化を図ることによって，より信頼度の高い広域ハザードマップへと展開していきたい．

5. 結論

本研究ではマレー半島の斜面災害発生地域における地質，岩の風化状況，降雨特性に関する分析結果から採点法を用いて各要因を複合的に考慮した広域的なハザードマップを作成し，その妥当性を検証した．その結果，本研究では，斜面崩壊危険地域を把握するために使用できる広域ハザードマップが作成できた．今後は，過去の災害履歴を追加するとともに，各種情報の高精度化を図ることによって，より信頼度の高い広域ハザードマップへと展開していきたい．

謝辞　本研究の一部は地球規模課題対応国際科学技術協力事業「マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災減低減に関する研究」（研究代表者：登坂博之教授）の助成を受けて得られた成果の一部をまとめたものです．また， Science University of Malaysia の Tay Lea Toen 様，Nazirah Azizat 様ならびに University Tenaga Nasional の Rohayu Omar 様の御協力を得ました．付記して謝意を示します．

参考引用文献　1) Country Report: Asian Disaster Reduction Center: http://www.adrc.asia/countryreport/MYS/2008/malaysia2008.pdf#search='malaysia+countory+report+2008'(2013/10/29 参照) 2) 地盤工学会：豪雨時における斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測，丸善株式会社，pp.63-71, 2006. 3) 西ヶ谷友美，村上哲，小峯秀雄：マレー半島における斜面災害履歴図の作成と斜面災害発生箇所の地域性分析，第 49 回地盤工学研究発表会(投稿中) 4)土壌物理研究会：土の物理学，森北出版株式会社，pp12-15, 1985. 5)山本哲朗，鈴木素之：三郡変成岩風化土の工学的性質とその諸問題，土と基礎 Vol.53(6), pp.19-21, 2005. 6) Bujang B. K. Huat: Tropical Residual Soils Engineering, A.A. Balkema Publishers, a member of Taylor & Francis Group plc, p.15, 2004.

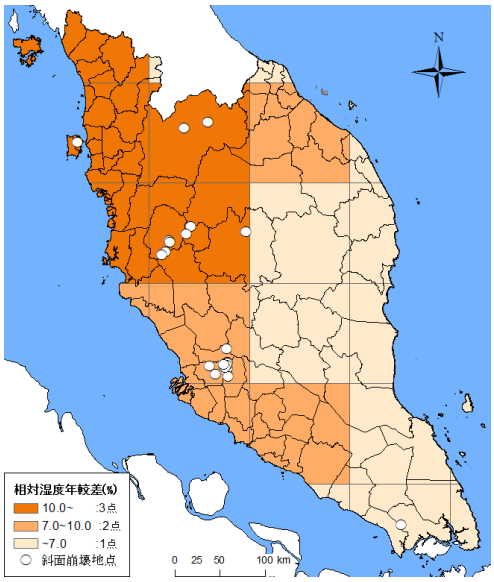

図 3 岩の風化に関する斜面崩壊危険度点数（データは文献 3 より引用）

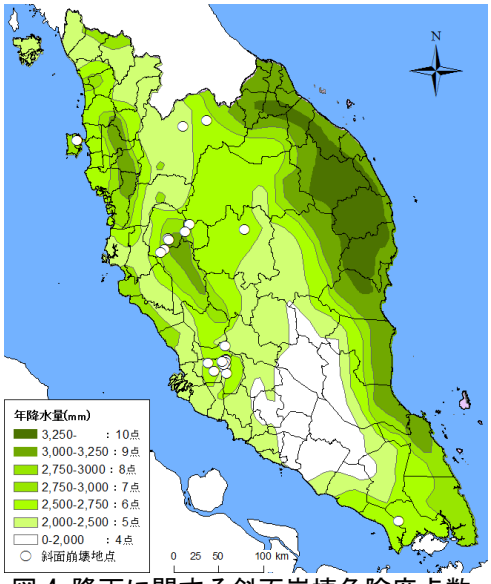

図 4 降雨に関する斜面崩壊危険度点数（データは文献 3 より引用）

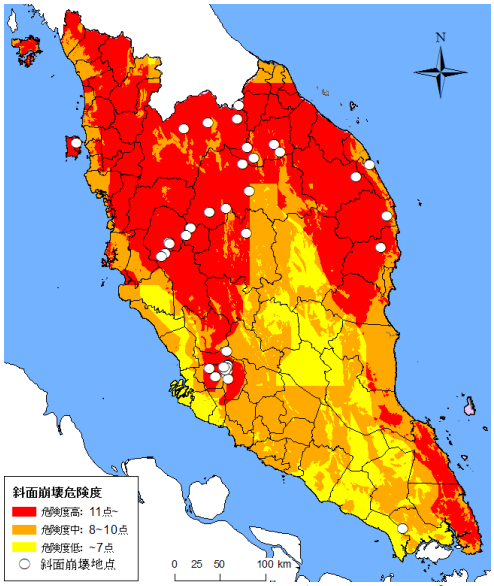

図 5 斜面災害広域ハザードマップ