

AHP 法を用いた地震による斜面崩壊ハザード評価手法の検討

鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科	学生会員	○樋口 裕葵
鳥取大学学術研究院工学系部門	正会員	河野 勝宣
鳥取大学学術研究院工学系部門	正会員	小野 祐輔

1. 緒 言

平成 30 年北海道胆振東部地震, 平成 28 年(2016 年)熊本地震, 平成 20 年(2008 年)岩手・宮城内陸地震, 平成 16 年(2004 年)新潟県中越地震による斜面崩壊事例からもわかるように, 21 世紀に発生した地震では広範囲かつ高密度の斜面崩壊を引き起こしている(図-1). 世界有数の地震大国である日本では今後も大地震によって広範囲かつ高密度の斜面崩壊が発生する可能性は極めて高い. しかし, 全ての斜面崩壊危険箇所に防止対策を立てることは財政的に困難であり, 地震時の斜面崩壊危険度の高い斜面を抽出し, 優先順位を考えた上での調査や対策を行うことが必要となる. 斜面崩壊ハザード評価や斜面崩壊予測に関する研究はこれまでに多くなされており, 特に近年では地理情報システム GIS (Geographic Information System(s)) を活用した斜面崩壊ハザード評価が試みられている. しかし, いずれの手法も評価者らの主観的・経験的判断によるところが大きく, 熟練の技術者による高度な技術と時間を要するため, 誰でも簡単に行えるものではなく, 実用上に問題があるといえる.

本研究では河野ら¹⁾が提案した AHP (Analytic Hierarchy Process) 法および GIS を用いた地すべりハザードマッピング手法(図-2)を上記の 4 つの地震による斜面崩壊分布域に適用し, 地すべりハザードランクと斜面崩壊分布との適合性について検討した. そして, 地震による斜面崩壊分布に対する地形・地質・植生等の影響度を確認した上で, 4 つの地震による斜面崩壊分布に及ぼす評価項目の共通点を探る. 以上の結果を踏まえて, AHP 法を用いた地震による斜面崩壊ハザード評価について検討した. 次章以降, 対象とする 4 つの地震について, 年号を省略して記述する.

2. 研究方法

AHP 法とは, University of Pittsburgh の Thomas L. Saaty によって開発された意思決定法の 1 つであり, 評価項目の重要度ウェイトを一対比較に基づいて決定する解析方法である. 本研究では, 日本の地質構造区分²⁾に基づいて, 北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布域を含む神居古潭変成帯, 熊本地震による斜面崩壊分布域を含む領家帯, 岩手・宮城内陸地震による斜面崩壊分布域を含む南部北上帯地域, 新潟県中越地震による斜面崩壊分布域を含む上越帯とした(図-3 において範囲を記載). また, 4 つの地震による崩壊分布図は, 北海道胆振東部地震は国土地理院が公開している斜面崩壊・堆積分布図をダウンロードして使用し, 熊本地震は防災科学技術研究所が公開している土砂移動分布図をダウンロードして使用した. 岩手・宮城内陸地震および新潟県中越地震は国土地理院が公開している地理院地図の斜面崩壊地形をトレースし, ポリゴン化した.

まず, 防災科学技術研究所の地すべり地形分布図を基に, 地すべり地形と評価項目・要素との関係性(すなわち, 両者の面積比)を調査した. 本研究ではデータの入手が容易で汎用性が高いという利点に重きを置いて, AHP 法による地すべり危険度に関する評価項目(階層レベル 1)を標高, 斜面傾斜角, 集水度, 地質および植生の 6 つに設定している. これらの設定した評価項目に基づいて, 地すべり危険度の階層システムを構築する. この階層構造から, まず, 各要素(階層レベル 2)間の重要度ウェイトを, 次に, その上位の評価項目(階層レベル 1)間の重要度ウェイトを算出する. 本手法では地すべり地形分布と要素との関係を数値化したものを一対比較に導入することにより重要度ウェイトを算出することで, 評価者の主観的・経験的判断を排除でき

キーワード 地震による斜面崩壊, AHP 法, GIS, 地すべりハザードマッピング, 地形的素因

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 番地

T E L 0857-31-5291

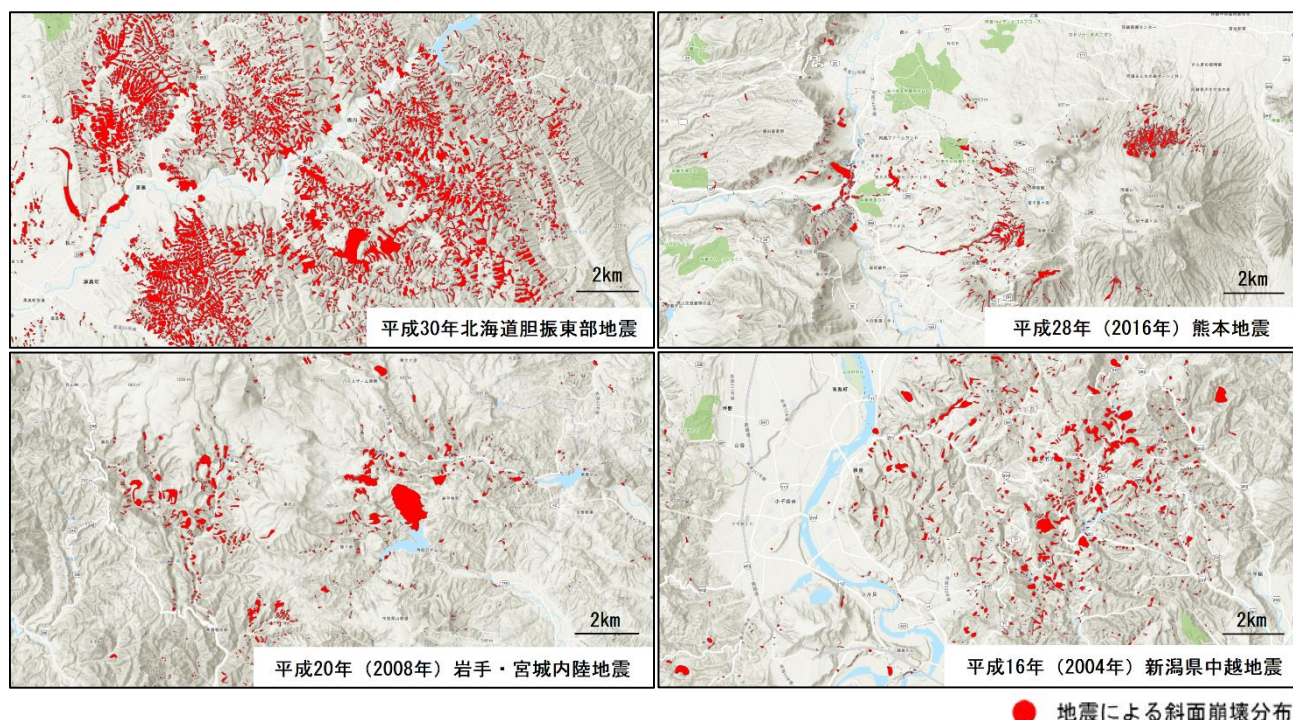


図-1 地震による斜面崩壊分布図

る利点がある。得られた各階層の重要度ウェイトから、各評価項目における地すべり危険度を得点化し、評価項目ごとに該当する地すべり危険度得点をGISを用いて合計(図-2)することにより、地すべりハザードマッピングを行う。なお、本手法の詳細については、河野ら¹⁾を参照されたい。

3. 地すべりハザードマッピング

ある斜面(20m×20mのセル)において、評価項目ごとに該当する地すべり危険度得点を合計(GISを用いて重ね合わせ)したものを地すべり危険度得点とし、Ⅰ～Ⅴに分類(100点満点を5分割)したハザードランクに基づいて、地すべりハザードマッピングを行う。合計得点が高ければ地すべり危険度は高く、小さければ低いことを意味する。4つの地域における地すべりハザードマップを図-3に示す。神居古潭変成帯はハザードランクⅢおよびⅣ分布域が地域の大部分を占めている。領家帯はハザードランクⅣおよびⅢが地域の大部分を占め、ハザードランクⅤおよびⅡが極めて狭い範囲に分布する。南部北上帯は、山間部でハザードランクⅣ分布域が多くを占め、平野部ではハザードランクⅠおよびⅡが分布する。上越帯はハザードランクⅣ分布域が地域の大部分を占め、局所的にハザードランクⅢおよびⅤが分

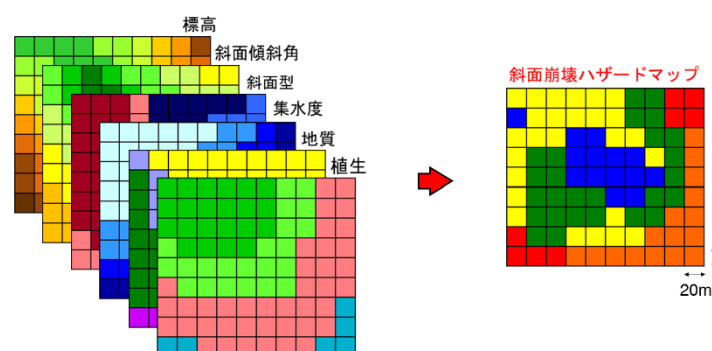


図-2 GISとラスタデータを重ね合わせ

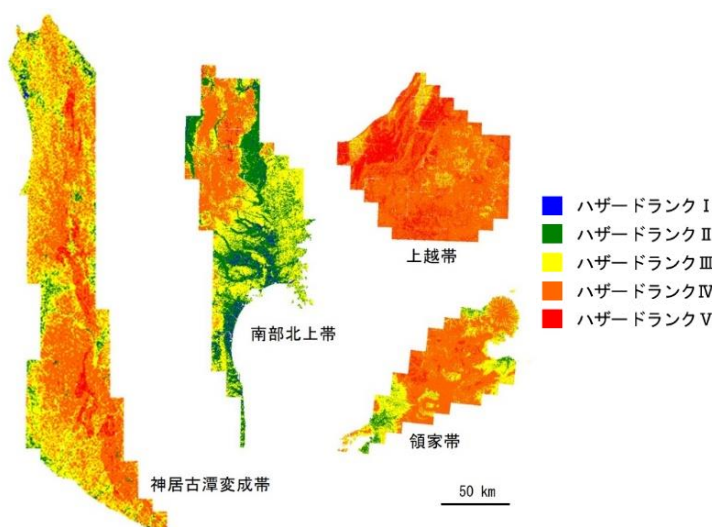


図-3 4つの地域における地すべりハザードマップの一例

布する。ハザードランクⅡは極めて狭く、ハザードランクⅠは分布しない。ここで4つの地震による斜面崩壊分布との関係を図-4に示す。神居古潭変成帯ではハザードランクⅢでピークを示し、それ以降は斜面崩壊面積占有率が減少した。領家帯および南部北上帯ではハザードランクⅣでピークを示し、ハザードランクⅤで斜面崩壊面積占有率は減少した。上越帯では地すべりハザードランクと斜面崩壊分布との間に良好な対応関係が見られた。これは、前述のように、本地域ではハザードランクⅣ分布域が地域の大部分を占めていることと、さらに、新潟県中越地震による斜面崩壊がハザードランクⅤ分布域で特に集中して発生したことが要因であると考えられる。以上のことから、必ずしも地すべり危険度が高い地域で地震による斜面崩壊が起こったわけではないことがわかる。したがって、本手法によって作成された地すべりハードマップは、地震によって発生した斜面崩壊分布を適切に表現しているとは言えない。

4. 地震による斜面崩壊ハザードマッピング

前章で作成した地すべりハザードマップにおいて設定した評価項目のうち、どの要因が斜面崩壊分布に影響を及ぼしていたのかを調査した。その方法は、階層レベル1における評価項目の重要度99.9とし、それ以外の評価項目の重要度を0.02として地すべり危険度得点を算出するものである。設定した評価項目は6つであるため、それらに対応する地すべりハザードマップも6つ作成されることになる。地すべりハザードランクと4つの地震による斜面崩壊分布との関係を確認することで、どの評価項目が斜面崩壊分布と関連性があるのかを知ることができる。

各評価項目の重要度を99.9とした場合に得られた地すべりハザードマップにおける地すべりハザードランクと地震時の斜面崩壊分布との関係を図-5に示す。いずれの地域においても、斜面型と集水度の重要度を99.9とした場合、ハザードランクがⅣ、Ⅴ分布域で大半の斜面崩壊が発生している共通点がある。一方で、神居古潭変成帯と領家帯を見てもわかるように、標高、地質および植生については、地すべりハザードランクがⅠやⅡの比較的地すべり危険度が低いと考えられる分布域で既に80%以上の斜面崩壊が発生している。そのため、これら3つの要因の斜面崩壊分布への関与は大きなものではないと考えられる。一般的に、斜面崩壊と

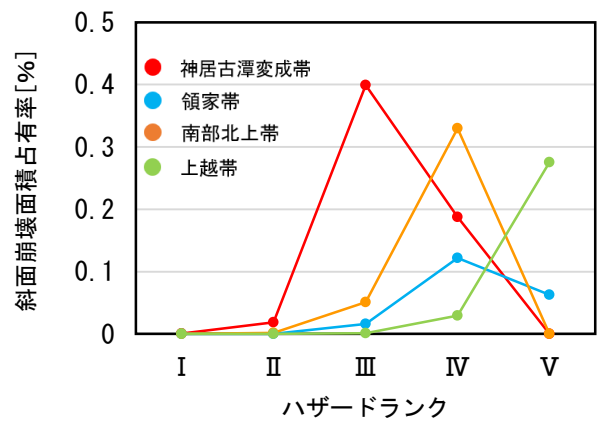


図-4 地すべりハザードランクと斜面崩壊面積との関係

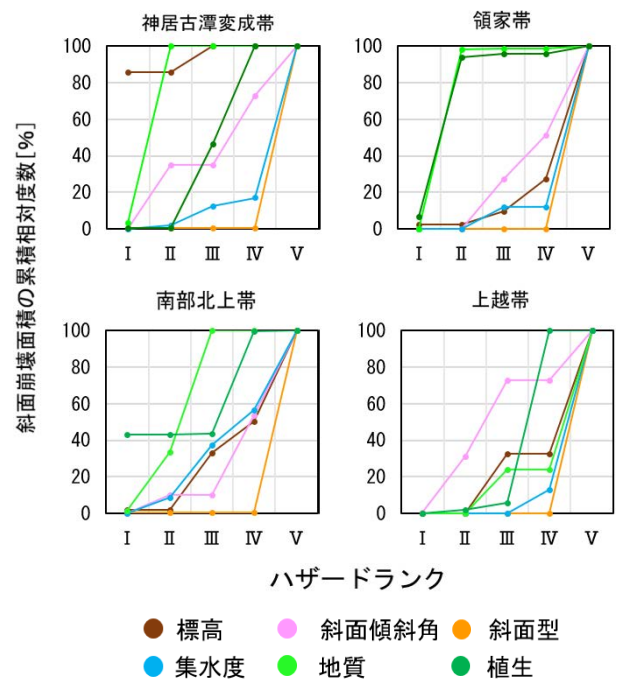


図-5 地すべりハザードランクと斜面崩壊面積の累積相対度数との関係

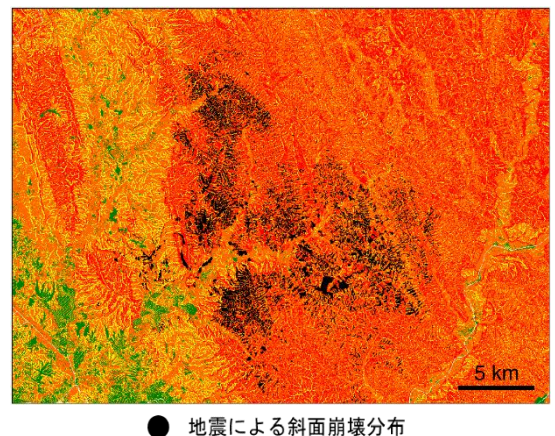


図-6 地形的素因項目に基づく神居古潭変成帯における地すべりハザードマップ（凡例は図-3と同じ）

地質および植生は密接な関係であるが、今回のような同一地質・植生環境内で発生したような斜面崩壊では、その影響度が現れなかったものだと考えられる。なお、斜面傾斜角については上越帯地域においてハザードランクⅢで既に全体の7割程度の斜面崩壊が発生しているため斜面傾斜角を評価項目に加えるのは適切ではないかもしれない。しかし、いずれの地域も特定の傾斜角(11~20°)に地すべり地形が最も多く分布していたこと、さらに、地震による斜面崩壊ハザード評価に関する多くの研究例を見ても、評価項目に斜面傾斜角をあげている例が非常に多い。したがって、斜面傾斜角を無視して地震による斜面崩壊ハザード評価を行うことは適切ではないと考え、「斜面傾斜角」も評価項目に追加することにした。

以上より、「斜面型」および「集水度」に「斜面傾斜角」を加えた3つの評価項目(階層レベル1)のみを用いて、再度、地すべりハザードマッピングを行い、得られた地すべりハザードマップ(図-6)と地震による斜面崩壊分布との関係を調査した。なお、この3つの評価項目は全て地形的素因項目で共通していることから、評価項目(階層レベル1)の重要度を全て同等とした。地すべりハザードランクと4つの地震による斜面崩壊分布との関係を図-7に示す。いずれの地域においても、地すべりハザードランクが高くなるにつれて、斜面崩壊面積占有率が大きくなる傾向がみられ、地すべりハザードマップと斜面崩壊分布との間に良好な対応が見られた。これは言うまでもなく、斜面崩壊分布と関連性が大きい要因のみを集めて設定して地すべりハザードマッピングを行ったためである。したがって、斜面傾斜角、斜面型および集水度の3つの要因を用いて斜面崩壊危険度を評価することは、地震のような突発的な現象に伴う斜面崩壊危険度の高いエリアを事前に把握するうえで、有効な方法の1つになり得ると考えられる。

5. 結 言

本研究では、約数百~数万箇所に及ぶ地すべり地形を基に、河野らりの地すべりハザードマッピング手法を行い、北海道胆振東部地震、熊本地震、岩手・宮城内陸地震および新潟県中越地震によって広範囲かつ高密度に発生した斜面崩壊分布域に適用し、得られた地すべりハザードランクと地震による斜面崩壊分布との関係を調査した。さらに、地震による斜面崩壊分布に対する地形・地質・植生等の影響度を確認したうえで、4つの地震による斜面崩壊分布に及ぼす評価項目の共通点を探り、その知見に基づいた新たな地震による斜面崩壊地すべりハザード評価手法について提案した。その結果、本手法を用いた場合には、地震時の斜面崩壊の様子を適切に表現することはできなかったが、地震時の斜面崩壊分布には地形的素因が大きく関与することが分かった。このことから、地震のような突発的な現象に伴う斜面崩壊危険度の高いエリアを事前に把握するうえで、地形的素因(斜面傾斜角、斜面型および集水度)を用いて評価することは有効な方法の1つになり得る可能性がある」と結論付けた。本手法は、現地調査を要する地震時の不安定斜面の抽出に期待でき、優先順位を考えた効率的な対策を行うことが可能となることから、斜面防災技術の発展に大きく貢献できると考える。

参考文献

- 1) 河野勝宣, 野口竜也, 西村強: AHP法およびGISを用いた中国地方における地すべりハザードマッピングの試み, 日本地すべり学会誌, Vol.57, No.1, pp.3-11, 2020.
- 2) 磯崎行雄, 丸山茂徳, 青木一勝, 中間隆晃, 宮下敦, 大藤茂: 日本列島の地帯構造区分再訪—太平洋型(都市型)造山帯構成单元および境界の分類・定義—, 地学雑誌, Vol.119, No.6, pp.999-1053, 2010.
- 3) 鈴木隆介: 建設技術者のための地形図読図入門 第1巻 読図の基礎, 古今書院, 1997.

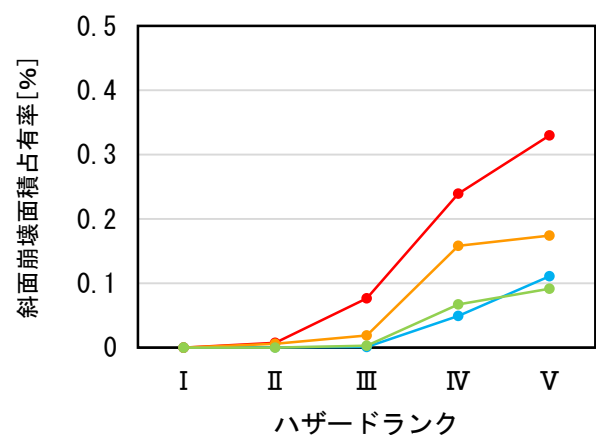


図-7 地形的素因に基づく地すべりハザードランクと斜面崩壊との関係(凡例は図-4と同じ)