

地すべりハザードマップ作成範囲の大きさが 地すべり危険度に及ぼす影響

— 国道 9 号出雲市多伎町地すべり地域の例 —

EFFECT OF ANALYTICAL RANGE SIZE ON LANDSLIDE HAZARD:

A CASE OF LANDSLIDE IN TAKI AREA, IZUMO, JAPAN

河野 勝宣^{1,2}

Masanori KOHNO

¹鳥取大学学術研究院工学系部門 (〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 番地)

E-mail: kohnom@tottori-u.ac.jp

²鳥取大学工学部附属地域安全工学センター (〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 番地)

Key Words: landslide hazard map, analytical range size, AHP method, GIS

1. はじめに

日本列島はプレート収束境界に位置しており、地形・地質・気象条件を反映して、地震・火山、台風・豪雨に関連する土砂災害が非常に多く発生し、世界有数の土砂災害列島として知られる。土砂災害危険箇所は全国で約 530,000 箇所¹⁾、土砂災害警戒区域は約 350,000 箇所 (うち土砂災害特別警戒区域は約 200,000 箇所)¹⁾と非常に多く、また、防災科学技術研究所刊行の地すべり地形分布図データベース²⁾によれば、地すべり地形も約 370,000 箇所を確認されている。そのため、地すべりの危険予測や対策は極めて重要性が高いが、全ての地すべり危険箇所に防止対策を立てることは財政的に困難である。したがって、地すべりハザードマッピングを行い、地すべり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。地すべりが古期地すべり地で発生することが多いことを考えれば、地すべり地形分布図データベース²⁾は非常に有効な基礎的資料であることは間違いない。これまで、地すべり地形分布図データベース²⁾を用いて地すべり地形と地質・地形との関連性を検討した研究例が多く存在する。藤原ら³⁾は、日本列島に

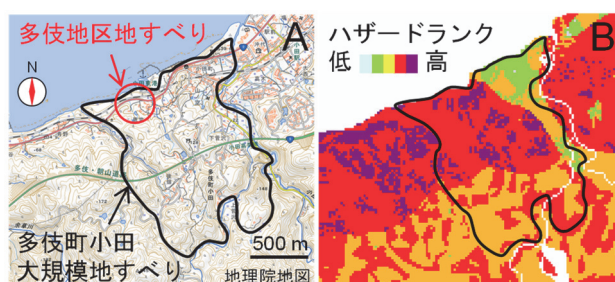


図-1 令和 3 年 8 月に出雲市多伎町の国道 9 号沿いで発生した多伎地区地すべり (A) と地すべりハザードマップ⁶⁾ (B) との対比

おける地すべり地形分布図を用いて、地すべり地形分布を規定する地質区分や地形的特徴を、新井場ら⁴⁾は日本の地すべり指定地調査報告に基づいて、地すべり地形分布と地質的特徴との関係を詳細に明らかにしている。著者もこれまで、地すべり地形分布図²⁾を用いて、複数の地域を例に地すべりハザードマッピング^{5),6),7)}を試みてきた。このうち、AHP (Analytic Hierarchy Process) 法および GIS を用いて中国地方全域を対象に作成した地すべりハザードマップ⁶⁾と出雲市多伎町の国道 9 号沿いで最近発生した地すべり地 (以下、「多伎地区地すべり」と記述する: 図-1) とを照らし合わせたところ、多伎地区

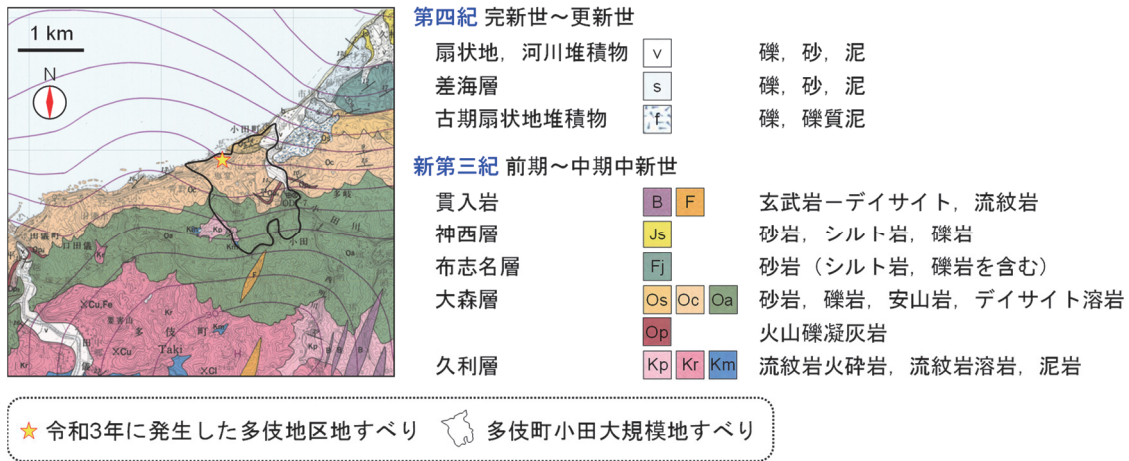


図-2 多岐町地すべり地域の地質図，鹿野ら¹⁰⁾を一部修正・加筆)

地すべりはハザードランクが高い領域で発生していたことが確認された。したがって、河野ら⁹⁾の提案する手法は、不安定斜面の抽出に期待でき、今後、優先順位を考えた効率的な対策の一助になることが確認できたことから一定の評価を得たものと考えられる。このように広域の地すべりハザードマップからある特定の地域の地すべり危険度評価をすることは一つの理想の形であると考えられる。一方で、ハザードマップの作成範囲は、組み込むデータ量の多寡によるコンピュータの計算負荷や時間、データ取得によるコスト等の観点からも、作成範囲をできるだけ絞って対象地域の地すべりハザードマップを作成できる方が良いと考えられる。しかし、地すべりハザードマッピングをするにあたり、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさが地すべり危険度に及ぼす影響について検討した例はほとんどない。

本研究では、河野ら⁹⁾の提案した AHP 法および GIS を用いた地すべりハザードマッピングを中国地方～多岐町地すべり地域に適用し、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさが多岐町地すべり地域の地すべり危険度に及ぼす影響について検討した。以下、本研究では、多岐地区地すべりを含む図-2 に示す範囲を「多岐町地すべり地域」と記述する。

2. 多岐地区地すべりの概要と地質環境

本研究の対象地域である多岐町地すべり地域における多岐地区地すべりの概要を国道 9 号出雲市多岐地区地すべり対策検討委員会資料⁸⁾および国土交通省中国地方整備局松江国道事務所報告⁹⁾に基づいて、地質環境を 5 万分の 1 地質図幅「石見大田及び大浦」¹⁰⁾と著者が実施した地質調査に基づいて、それぞれ簡潔に記述する。

(1) 地すべりの概要

多岐地区地すべりは^{8),9)} (図-1)、令和 3 年 8 月 18 日に出雲市多岐町の一般国道 9 号線沿いの斜面で発生した。地すべりの規模は、幅約 100～130 m、高さ約 30 m である。本地すべりは、本地域に分布する泥質岩を含む礫岩砂岩互層の流れ盤の素因と大雨による誘因により斜面が不安定化し、発生したと推測されている。地すべり発生後の災害対応については、資料⁸⁾・報告⁹⁾を参照されたい。

(2) 地質環境

多岐町地すべり地域周辺の地質は三瓶山地域から連なる後期白亜紀～古第三紀火成岩類をとりまいて新第三系が分布し、日本海に沿って第四系が分布する¹⁰⁾。また、三瓶火山に由来する火砕流堆積物が三瓶山北側の大田市多根から市街を経て波根に至る地域と神戸川支流の流域に分布するのが特徴である¹⁰⁾。多岐町地すべり地域の地質 (図-2) は、第四紀完新世～更新世の扇状地、河川堆積物、差海層および古期扇状地堆積物と、新第三紀前期～中期中新世の貫入岩、神西層、布志名層、大森層および久利層からなる。本地域中央部には大規模な地すべり地形²⁾ (以下、「多岐町小田大規模地すべり」と記述する。) が確認されており、多岐地区地すべりはこの大規模地すべり地形の末端部で発生したことになる。

3. 研究方法

(1) 地すべりハザードマッピング手法⁶⁾の概要

AHP 法とは、Saaty¹¹⁾によって開発された意思決定法の一つであり、評価項目の重要度ウェイトを一对比較に基づいて決定する解析方法である。本手法は対象地域における地すべり地形分布図²⁾を基に、

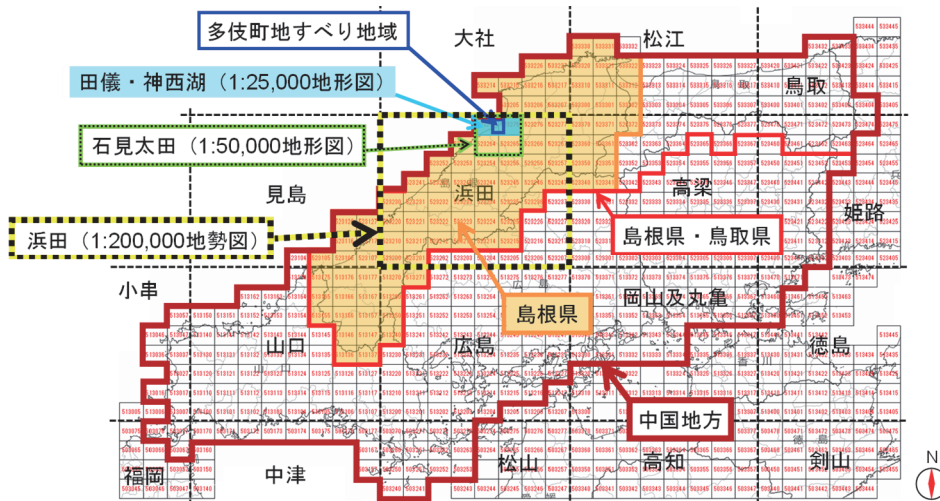


図-3 地すべりハザードマッピングの解析範囲（国土地理院¹²⁾に加筆）

地すべり地形と評価項目・要素との関係性を調査する。本手法ではデータ（DEM データ¹²⁾、地質¹³⁾、植生¹⁴⁾）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」、「斜面型¹⁵⁾」、「集水度」、「地質」および「植生」の 6 つに設定している。斜面傾斜角および斜面型は GIS のサーフェス解析により取得し、集水度は GIS に TauDEM ツール¹⁶⁾を組み込むことで取得した。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し、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している。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する。評価項目ごとに該当する地すべり危険度得点をラスタデータ（セルサイズ 20m）に適用し、GIS を用いて重ね合わせ（合計）することにより、地すべりハザードマッピングを行う。本手法の詳細は河野ら⁶⁾を参照されたい。

(2) 解析範囲

本研究における地すべりハザードマッピングの作成範囲（解析範囲）は大きい順に、「中国地方」、「島根県・鳥取県」、「島根県」、「浜田」、「石見大田」、「田儀・神西湖」および「多伎町地すべり地域」の 7 つに設定した（図-3）。今後の利便性も考慮して、多伎町地すべり地域を除いて、DEM データ¹²⁾の区画に合わせて範囲を設定した。

4. 地すべりハザードマッピング

各解析範囲に対して実施した地すべりハザードマッピングの結果を図-4 および図-5 に示す。図-5A, B は、多伎町地すべり地域のハザードマップ（図-4）における地域全域と多伎町小田大規模地すべりのハザードランクの占有率をそれぞれ表している。ここでは、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさの違いにより、多伎町地すべり地域の地すべりハザードランクに違いが見られるのか否か調べる。なお、中国地方における地すべりハザードマップは河野ら⁶⁾の結果を利用する。

図-4 より、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさが異なると、多伎町地すべり地域のハザードランクの分布領域が異なることがわかった。また、いずれのケースもハザードランク III 以上の領域が地域の大半を占めていることがわかる（図-4, 5）。各解析範囲における多伎町地すべり地域のハザードランク占有率（図-5A）より、解析範囲が島根県・鳥取県および島根県のケースを除くと、ハザードランク IV が最も多く分布することがわかる。この特徴は、浜田のケースを除いて、多伎町小田大規模地すべりにおいても同様の傾向である（図-5B）。解析範囲が中国地方、島根県・鳥取県、島根県および浜田のケースでは、地域北部の沿岸部に分布する新第三紀前期～中期中新世の大森層礫岩砂岩互層（図-2 : Oc）（流れ盤）分布域の地すべりハザードランクが相対的に高く、地すべり危険度が高いことがわかる。特に、これらの解析ケースでは、Oc 層とその南部に分布する新第三紀前期～中期中新世の大森層安山岩～デイサイト層（図-2 : Oa）とで、ハザードランクがほぼ明瞭に区分され、地質境界に規制

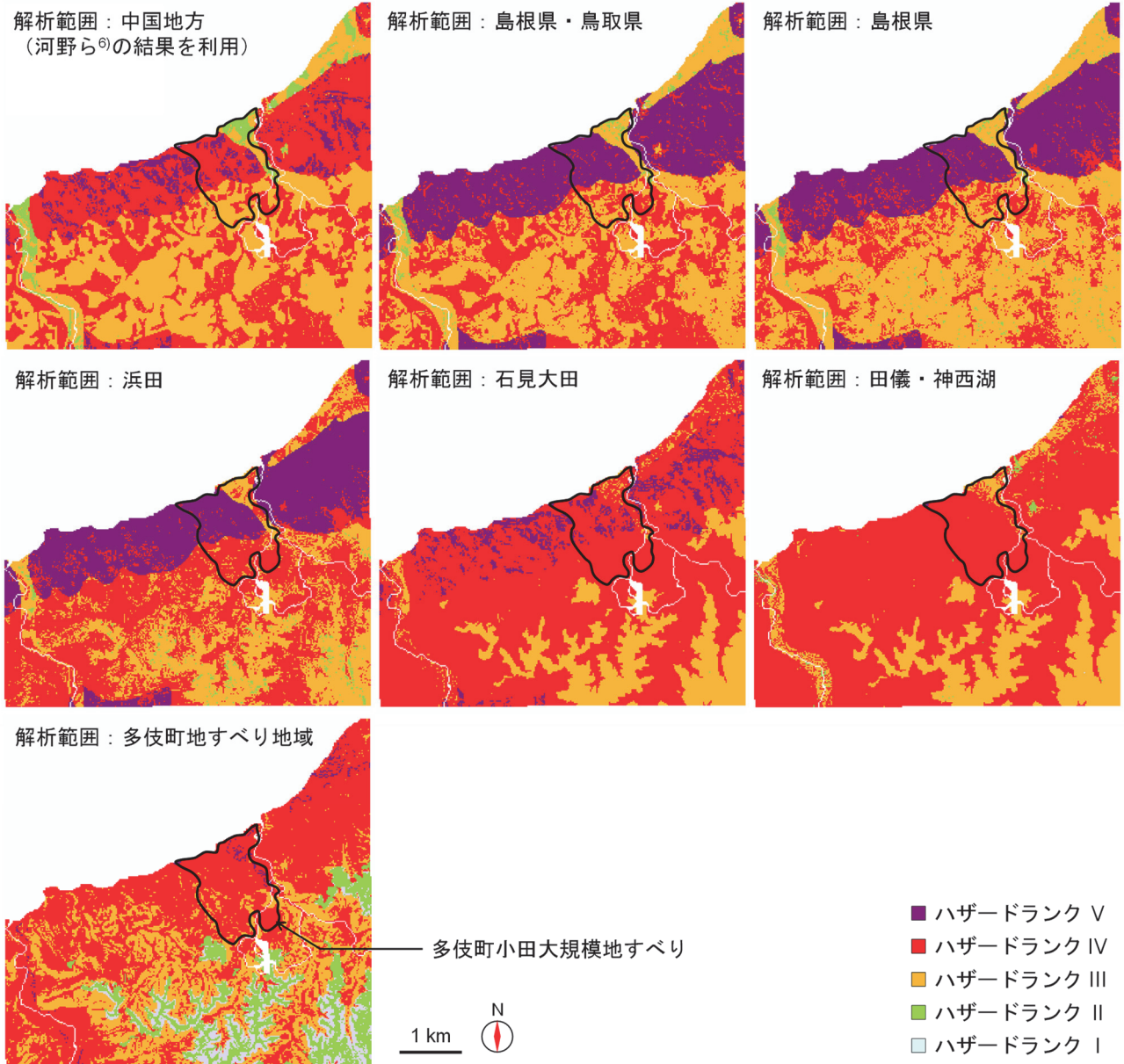


図-4 多伎町地すべり地域の地すべりハザードマップ

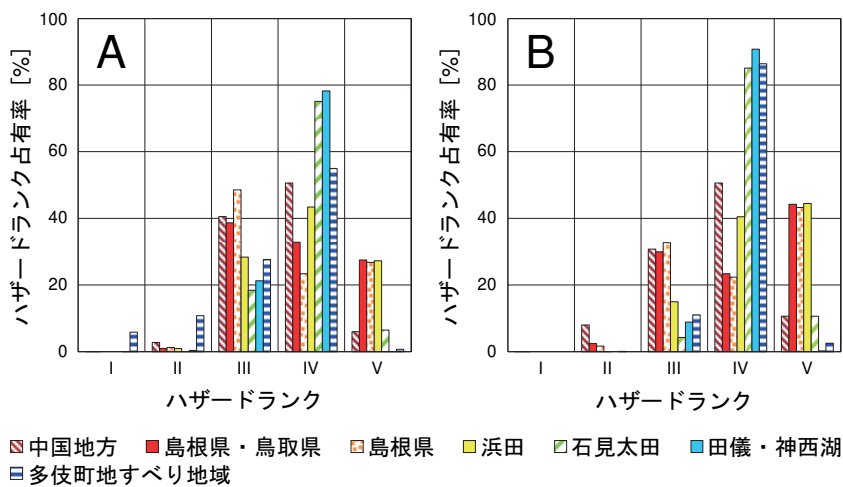


図-5 多伎町地すべり地域 (A) および多伎町小田大規模地すべり (B) におけるハザードランク占有率

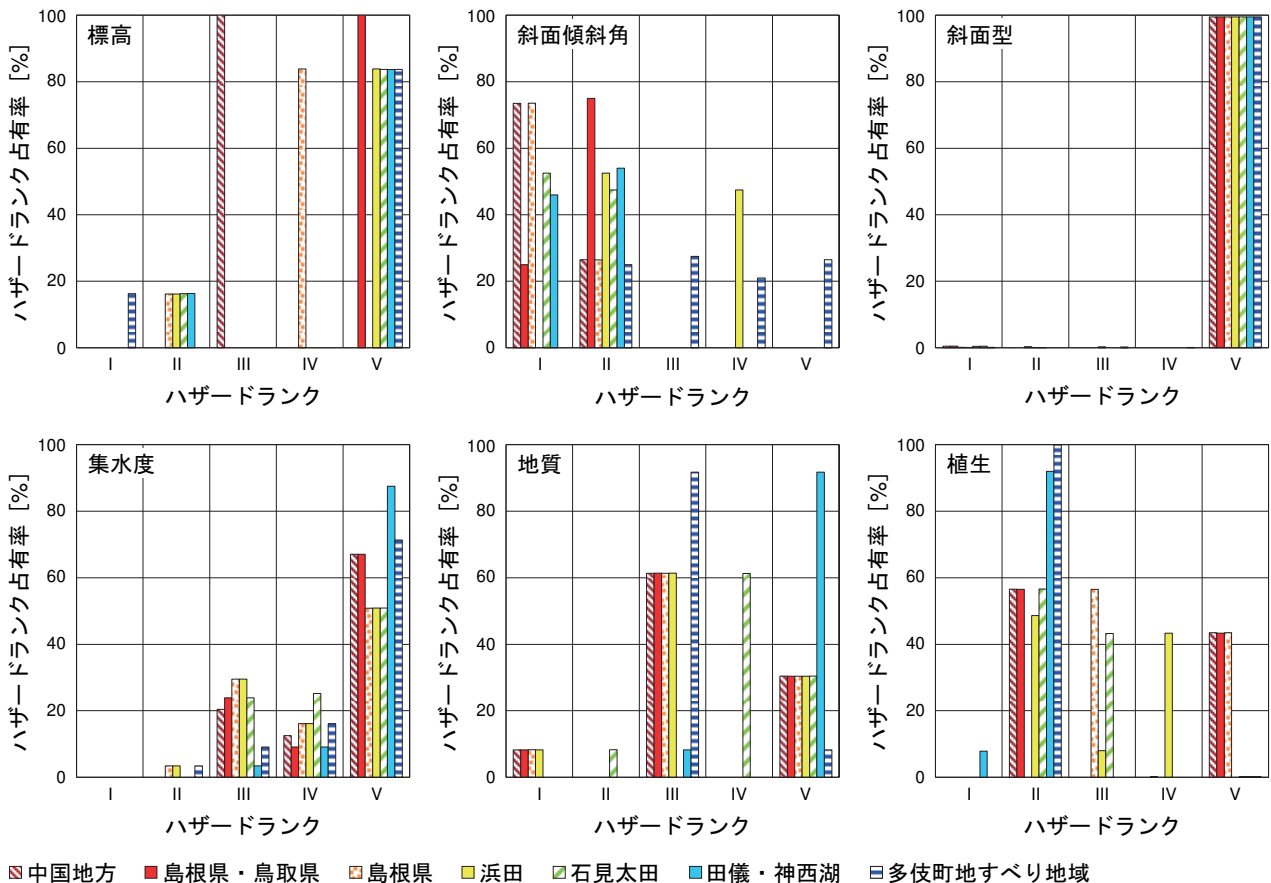


図-6 評価項目を一つのものに設定した場合の多伎町地すべり地域におけるハザードランク占有率

されているように見える。対照的に、解析範囲が石見大田、田儀・神西湖および多伎町地すべり地域のケースでは上記のような特徴は見られない。また、解析範囲が多伎町地すべり地域のケースでは、地域南東部の尾根部に相対的に地すべり危険度が低いハザードランク I および II が分布する。

多伎地区地すべりに注目すると、解析範囲が田儀・神西湖および多伎町地すべり地域を除くと、すべてのケースで、ハザードランク V の領域である共通点が見られた。本研究で取り扱う対象地域は 1 つであるので、安易に記述すべきではないかもしれないが、これは、解析範囲の大きさを変更して本手法を複数試行することで、いずれの解析範囲においてもハザードランクが高い領域を抽出できる可能性があることを示唆するものである。したがって、本手法が不安定斜面の抽出に有効な方法の一つになり得ると考えられる。

ここで、地すべりハザードマップ作成の際に設定した 6 つの評価項目うち、どの要因が多伎町地すべり地域の地すべりハザードランクに影響を与えているのかを調査した。その方法は、各評価項目一つのみを用いて同様の手法で地すべりハザードマッピン

グを行った。これにより得られた多伎町地すべり地域のハザードランクの占有率を評価項目ごとに図-6 に示す。「斜面傾斜角」のみを評価項目とした場合、解析範囲が多伎町地すべり地域のケースを除くとハザードランク I と II の領域でハザードランク占有率が大きい傾向が見られることが共通している。「斜面型」または「集水度」のみを評価項目とした場合、すべての解析範囲のケースにおいて、前者はハザードランク V の領域が大半を占め、後者はハザードランクが大きくなるにつれてその占有率が大きくなる傾向が共通している。つまり、地すべりハザードマッピングにおいて、斜面型および集水度は解析範囲の大きさにほぼ依存されず、同じようなハザードマップが得られることがわかる。「地質」のみを評価項目とした場合、解析範囲が中国地方、島根県・鳥取県、島根県および浜田のケースでは、ハザードランクとその占有率の関係に共通点が見られるが、その他の地域では見られない。「標高」および「植生」のみを評価項目とした場合、解析範囲の大きさの違いによるハザードランクとその占有率との関係に明確な傾向は見られない。以上のことから、地形に関する 3 つの評価項目（斜面傾斜角、斜面型、集

水度)のみを用いる場合には、解析範囲の大きさが違って、同様な地すべりハザードマップが得られるものと考えられる。一方で、標高、地質および植生を用いる場合は、解析範囲の設定によっては、得られる地すべりハザードマップに大きな違いが見られることに注意する必要がある。特に、地質や植生については、地域性に強く依存する傾向があるので、これらの評価項目を用いて地すべりハザードマッピングを実施する際には、それらの分布特性に十分注意して、目的に応じて解析範囲を適切に設定していく必要があると考えられる。

5. 研究のまとめと今後の課題

本研究では、多岐町地すべり地域を例に、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさが地すべり危険度に及ぼす影響について検討した。その結果、地すべりハザードマップの作成範囲の大きさが異なると、多岐町地すべり地域のハザードランクの分布領域やその占有率が異なることがわかった。特に、地形に関する3つの評価項目(斜面傾斜角、斜面型、集水度)を用いる場合には、大きな影響はないが、標高、地質および植生を用いる場合は、解析範囲の設定によっては、得られる地すべりハザードマップに大きな違いが見られることに注意する必要があると結論付けた。一方で、解析範囲の大きさを変更して本手法を複数試行することで、いずれの解析範囲においても共通するハザードランクが高い領域を抽出できる可能性を見出せた。今後、多岐地区地すべりに隣接する地域における詳細な地質・地形調査や、微動探査等を用いた地盤構造調査に加え、他の地域における同様の検討を実施し、高精度な不安定斜面の抽出手法の開発を目指す予定である。

謝辞: 多岐町小田大規模地すべりの地質調査には鳥取大学工学部水工学研究室の和田孝志助教と海岸工学研究室の梶川勇樹准教授にご同行いただき、様々な示唆を得た。記して、厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 全国治水砂防協会: 砂防便覧(平成26年版), 全国治水砂防協会, pp.1-708, 2015.
- 2) 防災科学技術研究所: 地すべり地形分布図デジタルアーカイブ: 地すべり地形GISデータ, 2014.
- 3) 藤原 治, 柳田 誠, 清水長正, 三箇智二, 佐々木俊法: 日本列島における地すべり地形の分布・特徴,

日本地すべり学会誌, Vol.41, No.4, pp.335-344, 2004.

- 4) 新井場公德, 野崎 保, 鄭 炳表, 福本安正: 日本の地すべり指定地分布と地質的特徴について—全国各地すべり指定地調査結果報告—, 日本地すべり学会誌, Vol.44, No.5, pp.318-323, 2008.
- 5) 河野勝宣, 前田寛之: 熱水変質岩の点荷強さを考慮したAHP法に基づくランドスライドハザードマッピングの試み—北海道黄壁沢—シケレベンベツ川地すべり地域の例—, 日本地すべり学会誌, Vol.50, No.3, pp.121-129, 2013.
- 6) 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.
- 7) Kohno, M. and Ono, Y.: Evaluation of earthquake-induced slope failure distribution using the AHP method and GIS, *International Journal of GEOMATE*, Vol.20, No.79, pp.74-81, 2021.
- 8) 国土交通省中国地方整備局松江国道事務所, 西日本旅客鉄道株式会社米子支社: 「国道9号出雲市多岐地区地すべり対策検討委員会」の開催結果に基づいた今後の見通しについて, https://www.cgr.mlit.go.jp/matsukoku/information/pressrelease/2021/5_1038.pdf, 2021.
- 9) 新谷浩矢, 近藤弘嗣, 横山悠実子: 一般国道9号(出雲市多岐町)における地すべりの災害対応について, 第74回(令和4年度)土木学会中国支部研究発表会概要集, pp.34-37, 2022.
- 10) 鹿野和彦, 松浦浩久, 沢田順弘, 竹内圭史: 5万分の1地質図福「石見大田及び大浦」, 地質調査所, 1998.
- 11) Saaty, T. L.: *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill Int. Book Co., New York, 1980.
- 12) 国土地理院: 基盤地図情報数値標高モデル(10mメッシュ: DEM10B).
- 13) 産業技術総合研究所地質調査総合センター: 20万分の1日本シームレス地質図(基本版, データ更新日: 2015年5月29日).
- 14) 環境省自然環境局生物多様性センター: 5万分の1現存植生図(昭和54年~平成10年)GISデータ.
- 15) 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.
- 16) Tarboton, D.: *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models*, <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/>.

(2022.5.30 受付)