

# 平成 30 年北海道胆振東部地震による 斜面崩壊分布と地形的素因との関係

RELATIONSHIP BETWEEN EARTHQUAKE-INDUCED SLOPE FAILURES  
DISTRIBUTION AND TOPOGRAPHIC PRIMARY-CAUSE:  
A CASE STUDY OF THE 2018 HOKKAIDO EASTERN IBURI EARTHQUAKE

河野 勝宣<sup>1,2</sup>・城一 達哉<sup>3</sup>・小野 祐輔<sup>1,2</sup>・野口 竜也<sup>1,2</sup>・梶川 勇樹<sup>1,2</sup>

Masanori KOHNO, Tatsuya JOICHI, Yusuke ONO, Tatsuya NOGUCHI and Yuki KAJIKAWA

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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)

<sup>3</sup> 鳥取大学工学部社会システム土木系学科 卒業生 (〒680-8552 鳥取市湖山町南 4 丁目 101 番地)

**Key Words:** earthquake-induced slope failure, AHP method, GIS, Landslide distribution

## 1. 緒 言

2018 年 9 月 6 日 03 時 07 分 59.3 秒に北海道胆振地方中東部を震央とする「平成 30 年北海道胆振東部地震 (地震の規模: マグニチュード 6.7, 震源の深さ 37 km, 最大震度 7)」<sup>1),2)</sup>が発生した。この地震により, 広範囲かつ高密度で斜面崩壊が発生したことは記憶に新しい(図-1)。本地震発生直後から各分野の学会調査団や研究チームが現地入りし, 斜面崩壊の分布状況や被害状況調査, 現地観測等を実施してきた<sup>3),5)-8)</sup>。著者らも, 現地調査や被害地域における微動観測および地震観測を行った<sup>9),10)</sup>。また, 多くの研究者・技術者が斜面崩壊の原因究明や発生メカニズムを解明するために調査・研究<sup>11)-13)</sup>を行ってきた。このような事例から斜面崩壊の発生メカニズムを明らかにし, 斜面崩壊の危険度評価や数値解析等を用いた到達域の予測, 防災対策の優先度評価等の有効的な手法の確立に結び付けることが重要であることは言うまでもない。平成 16 年 (2004 年) 新潟県中越地震, 平成 20 年 (2008 年) 岩手・宮城内陸地震, 平成 28 年 (2016 年) 熊本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。す

べ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るが, 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。このような場合, まず着目すべき項目の一つに地形が挙げられる。広範囲に地形調査を行う場合には, 多くの時間とコストの面から近年, ドローン (UAV)<sup>14)-17)</sup>を活用した空撮動画による地形調査が注目され, その威力を発揮してきたが, 航空法や電波法, 条例など, クリアすべきハードルも高い。したがって, 別アプローチとして, 入手が容易で汎用性が高いデータを用いて, 地震時の斜面崩壊危険度エリアを客観的かつ容易に抽出できれば, 一つの基礎的 (補助的) 資料として大いに役立つと考えられる。

本研究では, まず, 河野ほか<sup>18)</sup>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を平成 30 年北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布を含む神居古潭地域 (図-1) に適用し, 地すべりハザードランクと斜面崩壊分布との整合性について検討した。そして, 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, 斜面崩壊分布と地形的素因との関係について調査した結果を報告する。

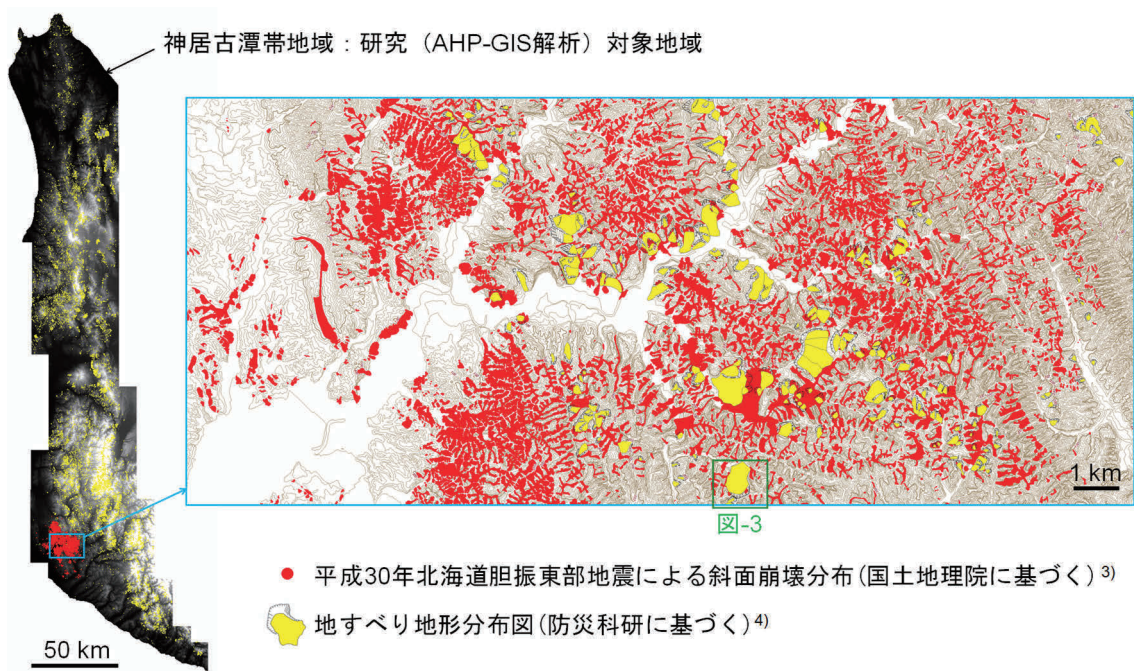


図-1 研究対象地域（神居古潭帯地域）と北海道厚真町周辺地域における斜面崩壊分布と地すべり地形分布図

## 2. 研究方法

### (1) AHP 法を用いた地すべりハザードマッピングの概要

AHP 法とは、Saaty<sup>19)</sup>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。研究対象地域の設定については、地質区分や行政区分等が考えられるが、本研究では、日本の地質構造区分<sup>20)</sup>に基づいて、平成30年北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布地域を含む神居古潭帯地域（図-1）とした。ただし、本地域は北海道中央部に分布し、蛇紋岩などの変成岩に由来する深層崩壊が多く発生する一方で、本研究で扱う平成30年北海道胆振東部地震による斜面崩壊は大半がテフラ由来の表層崩壊と考えられている。そのため、斜面崩壊のプロセスが異なる現象を同一の土俵で評価することについては議論が必要になると考えられるが、解析範囲の設定方法については今後の課題としたい。まず、神居古潭帯地域における地すべり地形分布図<sup>4)</sup>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、斜面型、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

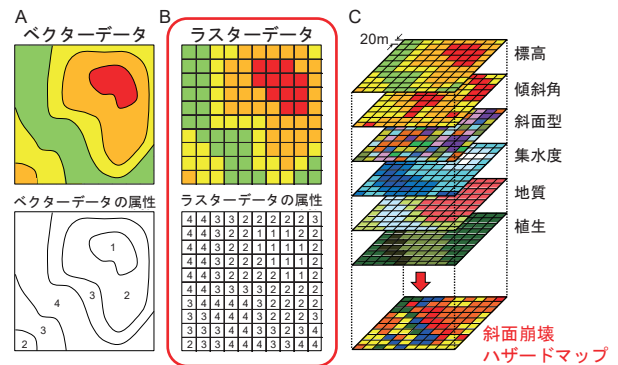


図-2 GIS データモデルとラスターデータの重ね合わせ

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。一般に、AHP 法では、評価項目（または要素）の重要度ウェイトを算出する際の一对比較の基準尺度は、「1：同じ程度」、「3：やや重要」、「5：重要」、「7：非常に重要」、「9：絶対に重要」とし（2, 4, 6, 8 を補完的に使用）、重要度が低い場合はその逆数とする。つまり、この基準尺度を用いる場合、技術者の主観的・経験的判断が必要とならざるを得ない。そこで、本手法では地すべり地形分布と要素との関係数値化したものを一对比較に導入することにより重要度ウェイトを算出した。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。

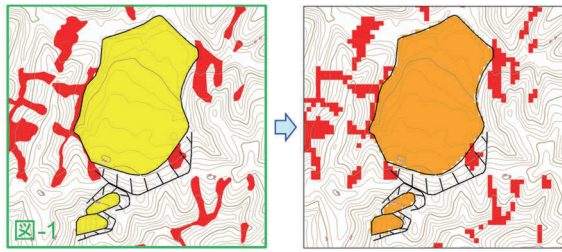


図-3 ラスターデータによる地すべり地形および斜面崩壊地形の表現 (図-1 に示す範囲の例)

(2) 本研究で用いたデータの概要

GIS ソフトは ESRI ジャパンの ArcGIS 10.2.2 を使用した。GIS のデータモデルには、ポイント(点)、ライン(線)およびポリゴン(面)の3つの要素で表現されるベクターデータ (図-2A), 行と列の格子状(グリッド状)に並ぶセル(ピクセル)で構成されるラスターデータがある (図-2B)。本手法では、AHP 法によって算出された各評価項目の地すべり危険度得点を各セルに入力し、それらを重ね合わせできるように (図-2C), ラスターデータを適用することとする。なお、本研究におけるすべてのラスターデータのセルサイズは、GIS におけるデータ統合の計算負荷時間を考慮して 20 m × 20 m に統一している。

地すべり地形分布図は、防災科学技術研究所が公開している地すべり地形 GIS データ<sup>4)</sup>を使用した。神居古潭帯地域で確認された約 25,000 箇所の地すべり地形の規模は大小様々であるため、本研究では、地すべり地形 (ベクターデータ) を単なる一つのセルとして扱うのではなく、図-3 に示すように、地すべり地形の移動体部分 (ポリゴンデータ) をラスターデータで表現し、地すべり地形とした。セルの最小単位は 20 m であるため、ラスターで表現することによる地すべり地形の輪郭部にはジャギーが現れる。なお、滑落崖 (ラインデータ) については、面積情報を有していないため、本研究では解析の対象としない。地形データは、国土地理院が公開している基盤地図情報数値標高モデル (10 m メッシュ, DEM: Digital Elevation Model)<sup>21)</sup>を使用した。この数値標高モデルを基に GIS のサーフェス解析を実行し、対象地域の標高、斜面傾斜角、斜面型および集水度マップを作成した。ここでの斜面型 (図-4) は、単位地表面 (本研究では 20 m × 20 m) の傾斜角と傾斜方向の変化状態の組合せによって、単位地表面を 3 次的に区分した場合の起伏形態<sup>22)</sup>とする。集水度は、GIS サーフェス解析と Tarboton<sup>23)</sup>によって開発された地形分析ツール TauDEM (Terrain Analysis Using DEM) とを併用することで算出した。地質データは、

意味	最大傾斜の方向 (落水線) の変化状態				
	水平断面形 (等高線の平面形) による斜面分類				
	分類	尾根型斜面 (r)	直線斜面 (s)	谷型斜面 (v)	
最大傾斜の大きさ (等高線距離) の変化状態	垂直断面形による斜面分類	凸形斜面 (X)			
		凸形尾根型斜面 (Xr)			
		凸形直線斜面 (Xs)			
	凸形谷型斜面 (Xv)				
	等斉斜面 (R)				
	等斉尾根型斜面 (Rr)				
	等斉直線斜面 (Rs)				
	等斉谷型斜面 (Rv)				
	凹形斜面 (V)				
凹形尾根型斜面 (Vr)					
凹形直線斜面 (Vs)					
凹形谷型斜面 (Vv)					

図-4 垂直断面形と水平断面形の組合せによる斜面型の基本的分類 (鈴木, 1997<sup>22)</sup>を一部改編)

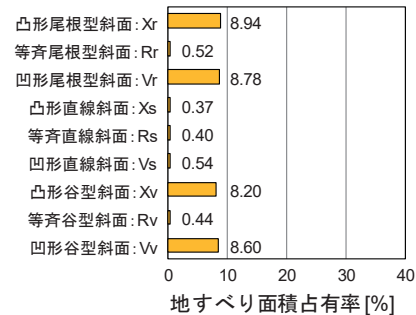


図-5 地すべり地形分布と斜面型との関係

	Xr	Rr	Vr	Xs	Rs	Vs	Xv	Rv	Vv	weight
Xr	1	17.19	1.02	24.16	22.35	16.56	1.09	20.32	1.04	24.30
Rr	0.06	1	0.06	1.41	1.30	0.96	0.06	1.18	0.06	1.41
Vr	0.98	16.88	1	23.73	21.95	16.26	1.07	19.95	1.02	23.87
Xs	0.04	0.71	0.04	1	0.93	0.69	0.05	0.84	0.04	1.01
Rs	0.04	0.77	0.05	1.08	1	0.74	0.05	0.91	0.05	1.09
Vs	0.06	1.04	0.06	1.46	1.35	1	0.07	1.23	0.06	1.47
Xv	0.92	15.77	0.93	22.16	20.50	15.19	1	18.64	0.95	22.29
Rv	0.05	0.85	0.05	1.19	1.10	0.81	0.05	1	0.05	1.20
Vv	0.96	16.54	0.98	23.24	21.50	15.93	1.05	19.55	1	23.38

図-6 階層レベル 2 における要素 (斜面型) の一対比較

地質調査総合センターが公開している 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)<sup>24)</sup>を使用した。植生データは、生物多様性センターが公開している自然環境保全基礎調査結果のうちの植生調査における 5 万分の 1 現存植生図 (昭和 54 年~平成 10 年整備) GIS データ<sup>25)</sup>を使用した。

各要素 (階層レベル 2) は、標高は 0~1800 m を 200 m 間隔の 9 区分、傾斜は 0~80°を 10°間隔の 8 区分、斜面型は図-4 の 9 区分、集水度は 20~7271.58 を等量分類して 5 区分、地質および植生はそれぞれ用いたデータの凡例に従い、14 区分および 9 区分とした。

### 3. 地すべりハザードマッピング

評価項目に関する要素間の一対比較について、ここでは、斜面型(図-5, 6)を例に説明する。前述のように、一対比較の基準尺度の数値には、図-5で得られた関係より、要素間の地すべり面積占有率の比を用いている。例えば、図-6の  $X_r$  (図-5: 8.94) と  $R_r$  (図-5: 0.52) との一対比較の値は  $8.94/0.52 = 17.19$  となり、 $R_r$  と  $X_r$  との一対比較ではその逆数 (0.06) となる。重要度ウェイトの順位(図-6)は、図-5と対応していることがわかる。また、一対比較の整合性は、整合度 (Consistency Index:  $C.I.$ ) を用いて評価され、 $C.I. = 0$  のとき、完全に整合性がある<sup>19)</sup>とされるが、本研究では、一対比較する要素間の比を用いているため、当然、 $C.I. = 0$  となる。

次に、評価項目間の一対比較を行い(図-7)、重要度ウェイトを算出する。ここでは、階層レベル1における評価項目間の一対比較の基準尺度に、階層レベル2の重要度ウェイトの変動係数に基づく場合を一例として図-7に示す。階層レベル1における基準尺度の設定の詳細については、河野ほか<sup>18)</sup>を参照されたい。各階層(評価項目および要素)の重要度ウェイトから、各評価項目に関する各要素における地すべり危険度得点を次式により算出した。

$$p_1 = \frac{W_1 W_2}{W_{2MAX}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、 $W_1$  および  $W_2$  は階層レベル1および2における各評価項目または要素の重要度ウェイト、 $W_{2MAX}$  は階層レベル2における各要素の重要度ウェイトの最高値である。

ある斜面(20 m × 20 m 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総得点とし、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。神居古潭帯地域の地すべりハザードマッピングの一例を図-8に示す。この例の場合、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ことがわかる。斜面崩壊分布域に限ってみても、ハザードランク III および IV 分布域が大部分を占めている。ここで、地すべりハザードランクと平成30年北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布との関係を図-9(赤線)に示す。斜面崩壊面積はハザードランク III でピークを示し、ハザードランク IV および V 分布域におい

階層レベル1	A	B	C	D	E	F	weight
A 標高	1	0.67	0.60	1.80	0.71	0.83	13.64
B 傾斜角	1.50	1	0.89	2.70	1.07	1.25	20.43
C 斜面型	1.68	1.12	1	3.02	1.20	1.39	22.87
D 集水度	0.55	0.37	0.33	1	0.40	0.46	7.57
E 地質	1.40	0.93	0.83	2.52	1	1.16	19.09
F 植生	1.20	0.80	0.72	2.17	0.86	1	16.40

図-7 階層レベル1における評価項目の一対比較の一例

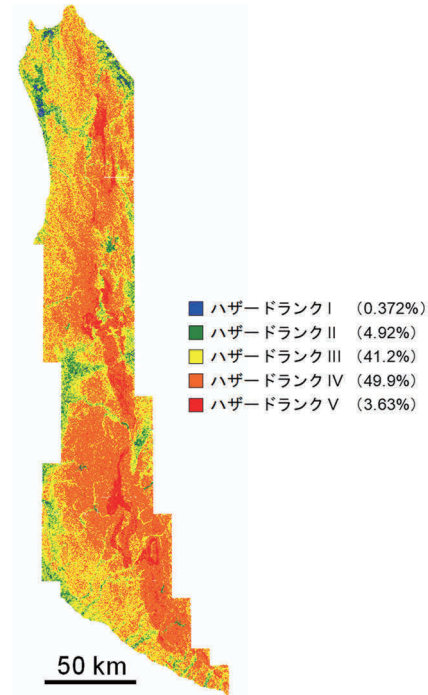


図-8 神居古潭帯地域における地すべりハザードマッピングの一例

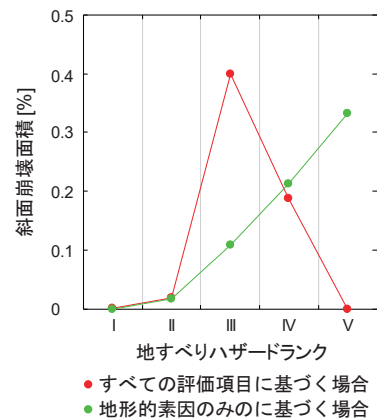


図-9 地すべりハザードランクと斜面崩壊面積との関係

て減少した。つまり、作成された地すべりハザードマッピングにおいて、必ずしも地すべり危険度が高い地域で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ザードマッピングは、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. 地形的素因に着目した地震時の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、どの要因が最も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、AHP法における階層レベル1における評価項目の重要度を99.9とし、それ以外の5つの評価項目の重要度を0.2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つであるから、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。作成された地すべりハザードマップの地すべりハザードランクと平成30年北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布との関係を確認することで、どの評価項目が地震時の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-10に示す。この図から特に、標高および地質は、地すべりハザードランクがIやIIの比較的地すべりハザード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たことになり、両者の要因の斜面崩壊分布への関与はそれほど大きなものでないと考えられる。一般的に、斜面崩壊と地質との間には密接な関係があることは周知のとおりだが、今回のような同一地質環境内で発生したような斜面崩壊分布では、その影響度が現れなかったものだと考えられる。それ以外の要因についてはハザードランクが高くなるにつれて、斜面崩壊面積の累積相対度数が大きくなる傾向が見られ、植生を除く3つの要因（傾斜角、斜面型、集水度）はいずれも地形的素因項目である。そこで、「傾斜角」、「斜面型」、「集水度」のみを評価項目に設定して、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と地震時の斜面崩壊分布との関係を調査した。

3つの評価項目（地形的素因項目）に基づく地すべりハザードランクと平成30年北海道胆振東部地震による斜面崩壊分布との関係を図-9（緑線）に示す。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、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

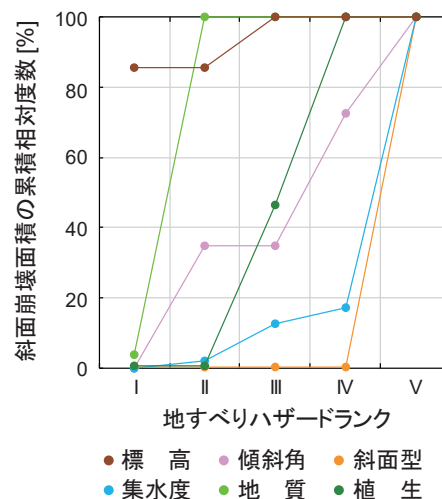


図-10 地すべりハザードランクと斜面崩壊面積の累積相対度数との関係

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、有効な方法の一つになり得ると考えられる。

#### 5. 結 言

本研究では、約25,000箇所及び古神居古潭帯地域の地すべり地形を基に、河野ほか<sup>18)</sup>の地すべりハザードマッピング手法を平成30年北海道胆振東部地震による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時の斜面崩壊分布との関係について調査した。さらに、斜面崩壊分布に対する要因の影響度を確認したうえで、斜面崩壊分布と地形的素因との関係について調査した。その結果、河野ほか<sup>18)</sup>の手法を用いた場合には、地震時の斜面崩壊分布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わかった。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（傾斜角、斜面型および集水度）を用いて評価することが有効な方法の一つになり得る可能性があるとして結論付けた。本成果は避けられない次の地震災害に向けて還元しなければならない。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。今後、現地調査も併せて地震時の斜面崩壊リスクを総合的に評価していく必要がある。本手法が効果的・効率的な地震時の斜面崩壊危険度評価の一助となることを願ってやまない。

謝辞：本研究は、公益社団法人砂防学会 2019 年度若手研究助成の一部と一般社団法人中国建設弘済会 2019 年度技術開発支援事業助成の一部を受けて実施したものである。3 名の匿名査読者の方々には数々の建設的なコメントをいただいた。記して、厚くお礼申し上げる。

#### 参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：平成 30 年北海道胆振東部地震の評価(平成 30 年 10 月 12 日公表), 2019.
- 2) 気象庁 地震火山部：「平成 30 年北海道胆振東部地震」について(第 9 報)(平成 30 年 9 月 20 日報道発表), 2019.
- 3) 国土地理院：平成 30 年(2018 年)北海道胆振東部地震に関する情報, <https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H30-hokkaidoiburi-east-earthquake-index.html>(参照日：2019 年 4 月 1 日).
- 4) 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, [http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/landslidemap/gis.html](http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html)(参照日：2019 年 4 月 1 日).
- 5) 田近 淳, 永田秀尚, 雨宮和夫：胆振東部地震現地調査速報—厚真町朝日—(日本地すべり学会北海道支部調査版), 2018.
- 6) 廣瀬 亘, 川上源太郎, 加瀬善洋, 石丸 聡, 奥水健一, 小安浩理, 高橋 良：平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う厚真町およびその周辺地域での斜面崩壊調査(速報), 北海道地質研究所報告, No.90, pp.33-44, 2018.
- 7) 地盤工学会 平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団：平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告書, 2019.
- 8) 土木学会 地震工学委員会 編：地震被害調査シリーズ No.2, No.3 2018 年北海道胆振東部地震・大阪府北部の地震被害調査報告書, 2019.
- 9) 河野勝宣：平成 30 年北海道胆振東部地震による厚真町の斜面崩壊, 関西ライフライン研究会第 121 回定例研究会「北海道胆振東部地震報告会」資料, 2019.
- 10) 野口竜也, 西村 武, 小野祐輔, 河野勝宣, 日比慧慎：平成 30 年北海道胆振東部地震の被害地域における微動観測および臨時地震観測, 第 39 回地震工学研究発表会講演論文集, A14-1414, 2019.
- 11) 村上泰啓, 水垣 滋, 西原照雅, 伊波友生, 藤浪武史：平成 30 年北海道胆振東部地震において発生した斜面崩壊の特徴, 河川技術論文集, Vol.25, 2019.
- 12) 梅田浩司, 千代谷佳織, 柴 正敏, 近藤美左紀：平成 30 年北海道胆振東部地震に伴う斜面崩壊, 応用地質, Vol.60, No.4, pp.172-179, 2019.
- 13) Kawamura, S., Kawajiri, S., Hirose, W. and Watanabe, T.: Slope failures/landslides over a wide area in the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake, Soils and Foundation, Vol.59, No.6, pp.2376-2395, 2019.
- 14) 田中龍児, 岡林 巧, 外山 泉, 山本健太郎：ドローン空撮動画利用による地形測量法の提案, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.61-66, 2016.
- 15) Niethammer, U., James, M.R., Rothmund, S., Travalletti, J., and Joswig, M.: UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results, Engineering Geology, Vol.128, No.9, pp.2-11, 2012.
- 16) 山村 充, 内山庄一郎, 熊井直也：UAV-SfM を用いた砂防えん堤の堆砂状況のモニタリングと堆砂量推計, 日本地すべり学会誌, Vol.53, No.6, pp.235-239, 2016.
- 17) 山崎新太郎：地すべり調査におけるドローン(UAV)の活用事例, 地質と調査, No.1, pp.27-31, 2017.
- 18) 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.
- 19) Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill Int. Book Co., New York, 1980.
- 20) 磯崎行雄, 丸山茂徳, 青木一勝, 中間隆晃, 宮下 敦, 大藤 茂：日本列島の地体構造区分再訪—太平洋型(都城型)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.
- 21) 国土地理院：基盤地図情報数値標高モデル(10 m メッシュ：DEM10B), <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>(参照日：2019 年 4 月 1 日).
- 22) 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.
- 23) Tarboton, D.: Terrain Analysis Using Digital Elevation Models, <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/>(参照日：2019 年 4 月 1 日).
- 24) 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), <https://gbank.gsj.jp/seamless/>(参照日：2019 年 4 月 1 日).
- 25) 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 年整備) GIS データ, <http://gis.biodic.go.jp/webgis/>(参照日：2019 年 4 月 1 日).

(2020.7.1 受付)