

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510254

研究課題名(和文) 道路斜面に対する防災対策優先順位付けに関わる意思決定手法の提案

研究課題名(英文) Proposal of the decision making method of disaster prevention measures prioritization for the road slope

研究代表者

小田 和広(Oda, Kazuhiro)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00185597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、危険度の評価の観点から、道路斜面に対する豪雨防災対策の優先順位付けを行う意思決定手法を提案した。具体的な成果としては、統計学的手法(拡張型数量化 類)に加え、人工知能技術(自己組織化マップ、ファジー理論)によって、過去の災害事例と道路防災総点検の結果に基づき、斜面災害に対する斜面のクラスター分類を行った。の結果に基づき、斜面災害と斜面の特徴との関係づけを行った。の結果に対し、数量化 類を利用することによって斜面災害の危険度に基づく斜面の順位付けを行った。

研究成果の概要(英文)：In this study, decision-making method to perform the prioritization of the heavy rain disaster prevention measures for the road slope is suggested from the viewpoint of evaluation of the degree of risk. The clustering of the slope for the heavy rain disaster was carried out, based on the result of a disaster example and the road disaster prevention overhaul that are past by statistical method (extension type quantification II) and artificial intelligence technology (self-organizing map, fuzzy theory). Then, the characteristic of the slope was connected with a slope disaster. Finally, the order charge account of the slope based on the degree of risk of the slope disaster by using quantification II was carried out.

研究分野：地盤工学

キーワード：自己組織化マップ 豪雨災害 斜面防災 道路斜面 数量化 類 スラスト分析 地形情報 マクロ評価

### 1. 研究開始当初の背景

近年、局所的かつ突発的な集中豪雨や大型な台風が増加している。それに伴い、毎年各地で土砂災害が頻発している。地球温暖化の影響から今後も土砂災害の増加が予想される。したがって、土砂災害に対する対策が急務である。しかし、日本には斜面が無数に存在する。防災に費やすことができる時間や費用を考慮すると、全ての斜面の対策は困難である。ゆえに、まず、防災対策の第一段階として、土砂災害の危険性が高い斜面をあらかじめ抽出しておくことが重要である。ところで、土砂災害の発生要因には地形や地質等の素因と降雨や地震等の誘因がある。誘因は発生時期や発生場所、発生規模の予測が困難である。したがって、素因を基に、土砂災害の危険性の高い斜面を抽出しておくことが有効である。すなわち、豪雨時に土砂災害の危険性が高い斜面を地形や地質等の情報から抽出できる新たな机上判定手法が求められている。この机上判定手法が広く普及するには、簡易で低コスト、かつ効率的な手法が望ましい。さらに、無数の斜面が存在する日本で適用するためには、大量のデータを処理できる手法でなくてはならない。

### 2. 研究の目的

本研究では、土砂災害に対する危険斜面抽出手法を提案するために、ニューラルネットワークの一種である自己組織化マップ<sup>1)</sup>(Self-Organizing Map)(以下、SOM と呼ぶ)と統計学的手法の一種である非階層的クラスタ分析<sup>2)</sup>と数量化 類<sup>3)</sup>を組み合わせた手法(以下、提案手法と呼ぶ)を提案する。

### 3. 研究の方法

(1)自己組織化マップ：SOM<sup>1)</sup>は競合学習型ニューラルネットワークの一種であり、入力層と出力層の2層から構成される。SOMは高次元のベクトル集団を2次元マップ上に写像する。すなわち、特徴が類似しているベクトル集団はマップ上の近い位置に配置され、特徴が類似していないベクトル集団は遠い位置に配置される。これにより、定性的な判断を促し、クラスターを視覚的に捉えやすいという長所を有している。

(2)非階層的クラスタ分析：SOM以外のクラスタリング手法として統計学的手法の一種であるクラスタ分析<sup>2)</sup>が挙げられる。クラスタ分析は、階層的クラスタ分析と非階層的クラスタ分析に大別される。階層的クラスタ分析は、ベクトル集団間の距離や類似度を用いて階層的にクラスターを構成する。さらに、データの標準化の方法、データ間の距離の測定方法、クラスター間の距離の測定方法等の詳細な設定も可能である。しかし、ベクトル集団の数が膨大な場合には、計算に時間を要するという問題点を有している。それに対して、非階層的クラスタ分析

は、計算方法の詳細な設定は不可能であるが、短時間での計算が可能であるという長所を有しており、膨大なデータに対して有効である。ゆえに、土砂災害に対する机上判定手法としては非階層的クラスタ分析の方が有用であると判断し、本稿では、非階層的クラスタ分析(以下、クラスタ分析と呼ぶ)を用いる。

(3)数量化 類：数量化 類<sup>3)</sup>は、数量化理論の中で、カテゴリーデータである説明変数によってカテゴリーデータである目的変数を取り扱う手法である。本手法は主に判別分析に用いられる。すなわち、数量化 類は、1つの集団を2群に分割する際、その集団に属する各ベクトル集団が2群のうちのいずれに属するかという目的変数を推定する。数量化 類によって、カテゴリーデータである説明変数は全て数量化され、その数量化された値はカテゴリースコアと呼ばれる。あるベクトル集団に該当するカテゴリースコアの総和がそのベクトル集団のサンプルスコアとなる。このサンプルスコアの大きさをを用いて、目的変数はいずれの群に属するか推定される。

(4)提案手法：本稿では、SOMとクラスタ分析、数量化 類を組み合わせた手法を提案する。図-1は提案手法のフローを示している。まず、抽出した崩壊斜面をSOMに適用し、視覚的にクラスター数を決定する。次に、得られたクラスター数をクラスタ分析に入力し、定量的なクラスタリングを行う。そして、クラスタ分析の結果をSOMのマップ上にプロットする。ここで、このクラスター数に誤りがあれば、クラスタ分析の結果はSOMのマップと合致しない。その際は、クラスター数を変更し、再度クラスタ分析に適用する。この手順を繰り返すことで、最もSOMのマップと合致するクラスターが得られる。次に、得られた崩壊斜面のクラスターを非崩壊斜面と合わせて複数の抽出基準を作成する。そして、抽出基準毎に数量化 類を適用することで、危険斜面を抽出する。最後に、数量化 類のサンプルスコアと判別的中点を用いて、抽出された危険斜面の順位付けを行う。

### 4. 研究成果

(1)使用データ：平成8年度防災総点検が実施された道路斜面のうち、高速道路斜面128ヶ所(うち、崩壊斜面8ヶ所)とその周辺の国道の道路斜面89ヶ所(うち、崩壊斜面29ヶ所)の計217ヶ所の斜面を使用した。このデータをランダムに概ね7:3になるように分割し、152ヶ所(うち、崩壊斜面26ヶ所)を教師データ、65ヶ所(うち、崩壊斜面11ヶ所)を検証データとした。また、斜面評価指標に関しては、平成8年度防災総点検で使用された9項目(27カテゴリー)を用いている。

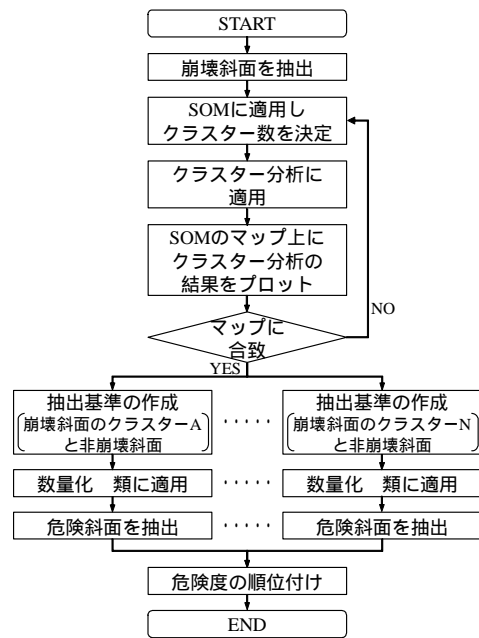


図-1 提案手法のフロー

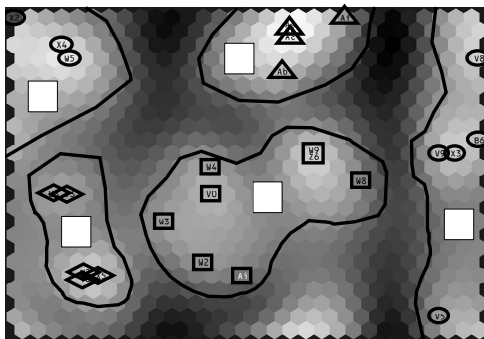


図-2 SOMとクラスタ分析を用いたクラスタリング結果

(2) クラスタ分類：SOM とクラスタ分析を併用して得られた教師データの崩壊斜面のクラスタリング結果を図-2 に示す。SOM のマップとクラスタ分析の結果は合致している。ゆえに、この4つのクラスターが最も正確なクラスターであると判断できる。各クラスターの崩壊斜面と非崩壊斜面を合わせて抽出基準を作成し、数量化 類に適用した。実際の崩壊斜面は1ヶ所の崩壊斜面を除いて、崩壊と推定されている。ゆえに、教師データにおいては、非常に高い精度で解析できているといえる。

(3) 崩壊斜面の抽出の検証：教師データの各抽出基準から得られたカテゴリースコアを検証データに適用した。表-1 は検証用データにおいて抽出された危険斜面の抽出結果を示している。検証データの崩壊斜面 11ヶ所は全て崩壊と推定されている。ここで、検証データの崩壊斜面は将来的に土砂災害が発生する斜面を仮定している。ゆえに、道路防災総点検のデータを提案手法に適用すると、

表-1 最終的な推定結果

推定群	実績群	
	崩壊	非崩壊
崩壊	11	25
非崩壊	0	29

表-2 最危険斜面の順位付け結果

危険度の順位	斜面番号	サンプルスコアと判別的中点の差	危険度の順位	斜面番号	サンプルスコアと判別の中点の差
1	U8	2.685725011	19	Bk	0.419822789
2	Bb	2.22857107	20	Ba	0.392756334
3	V7	1.944714345	21	Bd	0.368121998
4	W7	1.916949857	22	En	0.347307755
5	V6	1.789430183	23	X8	0.344493043
6	T5	1.710132382	24	Bg	0.229999734
7	U4	1.596667099	25	Aw	0.192008042
8	V1	1.583881693	26	De	0.192008042
9	U2	1.563824949	27	Ed	0.150896429
10	W1	1.384895747	28	Bo	0.127828599
11	T6	1.354795291	29	Yo	0.127619969
12	T9	1.330891824	30	Wo	0.054619811
13	C9	1.312000774	31	Am	0.028046801
14	Z4	1.277567469	32	Ar	0.024025775
15	U6	1.12060981	33	Dj	0.024025775
16	Ej	0.796771366	34	Bw	0.024025775
17	Z5	0.699534852	35	Ch	0.024025775
18	U5	0.477209415	36	Bf	0.016492569

今後土砂災害が発生する斜面を捕捉できると考えられる。

(4) 危険斜面の順位付け：教師・検証手法を用いて抽出された危険斜面の順位付け結果を表-2 に示す。表-2 の灰色の斜面は実際の崩壊斜面、その他の斜面は非崩壊斜面を示している。この結果から、実際の崩壊斜面は、比較的危険度の高い斜面が多いとわかる。したがって、道路防災総点検のデータに対して、提案手法は十分に適用可能であるといえる。

(5) 知見：道路防災総点検のデータを教師・検証手法に適用することで、検証データの崩壊斜面を精度良く抽出できた。このことから、のり面上で発生する可能性がある表層崩壊や土砂流出に対して、提案手法を用いることで、危険斜面を高精度で抽出できると考えられる。道路防災総点検の範囲を大幅に超える大規模な崩壊である深層崩壊に対しては、地理情報システムを用いて、地形情報を数値データに変換し、教師・検証手法に適用した。その結果、検証データの崩壊斜面は精度良く抽出された。したがって、深層崩壊に対しても、提案手法を用いることで、危険斜面の抽出が可能であると考えられる。

<引用文献>

- 1) 大北正昭他：自己組織化マップとそのツール，シュプリンガー・ジャパン，pp1-pp53，2008．
- 2) 菅民郎，藤越康祝：質的データの判別分析数量化 類，現代数学社，pp1-pp191，2011．
- 3) 村瀬洋一，高田洋，廣瀬毅士：SPSS による多変量解析，オーム社，pp273-pp298，2012．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件)

Shinichi Ito, Kazuhiro Oda, Keigo Koizumi and Yohei Usuki、Identification of slopes with higher risk to slope failures based on information processing techniques、International Journal of GEOMATE、査読有、Vol.8、2015、1226-1231.

伊藤真一、小田和広、小泉圭吾、鏡原聖史、鳥居宣之、朝比奈利廣、宇都忠和、三田村宗樹、大規模崩壊に対する危険斜面の抽出における植生情報の有用性の検証、地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集、査読有、2014、169-174.

S. Ito, K. Oda, K. Koizumi、Method for hazard assessment to deep-seated catastrophic landslides due to heavy rain with both artificial neural network and mathematical statistics、Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics、査読有、2014、1785-1790.

伊藤真一、小田和広、小泉圭吾、梅村恭平、大西貴之、SOM と数量化 類を併用した豪雨による深層崩壊に対する危険性の評価手法の提案、地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム論文集、査読有、2013、113-116.

〔学会発表〕(計 21 件)

小田和広、人工知能技術と統計学手法を用いた集中豪雨時の土砂災害に対する危険斜面抽出、第 50 回地盤工学研究発表会、2015/09/01-09/03、北海道科学大学(北海道・札幌市)

K. Oda、Method for hazard assessment to slope failures based on information processing technique、4th International Conference on GeoMate、2014/11/19-11/21、ブリスベン(オーストラリア)

小田和広、台風 12 号による土砂災害発生箇所と植生分布に関する研究、第 49 回地盤工学研究発表会、2014/07/15-07/17、北九州国際会議場(福岡県・北九州市)

K. Oda、A Method for Risk Assessment to Deep-Seated Catastrophic Landslides caused by Heavy Rain based on Artificial Intelligence and Mathematical Statistics、Twenty-fourth (2014) International Ocean and Polar Engineering Conference、2014/06/15-06/20、プサン(韓国)

小田和広、統計学的手法による深層崩壊に対する危険斜面の抽出とその地形的特徴、2013/09/04-09/06、日本大学生産工学部(千葉県・習志野市)

小田和広、豪雨時における斜面崩壊に対する危険性の統計学的評価に基づく順位付け方法の提案、2013/07/23-07/25、富山国際会議場(富山県・富山市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小田和広(Oda Kazuhiro)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 00185597

(2) 研究分担者

小泉圭吾(Koizumi Keigo)

大阪大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 10362667

(3) 研究協力者

伊藤真一(ITO Shin-ichi)

梅村恭平(Umemura Kyohei)

臼木陽平(Usuki Yohei)