

統計的手法による横浜市の崖崩壊の要因分析

—行政の防災対策業務支援のための既存情報の活用—

STATISTICAL RESEARCHES OF THE FACTORS AFFECTING SLOPE FAILURE
IN YOKOHAMA—Utilization of existing document in order to support disaster prevention management
in administration—

川崎 昭如*, 吉田 聡**, 佐土原 聡***

Akiyuki KAWASAKI, Satoshi YOSHIDA and Satoru SADOHARA

Many slope failures happen in whole country and its measures are required. Recently soft-measures are expected since hard-measures such as constructing soil fall protections are difficult in execution because of bad economy and environmental consideration. In this paper, the utilization of existing documents is examined in order to support disaster prevention management in administration. As a result, factors affecting slope failures in Yokohama are derived and represented in numbers by statistically analyzing "Investigation report for steep slope" using theory of quantification. This is an example for the utilization and digitizing existing documents in administration toward a realization of e-government.

Keywords : Existing document, Factor of slope failure, Theory of quantification, Yokohama

既存資料、崖崩壊要因、数量化理論、横浜市

1. はじめに

我が国では土砂災害が多発しているが、その中でも崖崩壊の発生件数は最も多い。特に神奈川県は1991～2000年に発生した土砂災害332件のうち328件が崖崩壊であり¹⁾その比率は圧倒的に高く、対策の確立が急務とされている。同時に、近年の財政上の理由や環境面への配慮により、保全施設の整備などハード面での対策が進みにくい現状では、市民の生命・財産を守るためにソフト面での対策の推進が求められる。それらの状況より横浜市では「がけ危険度評価委員会」^{注1)}を設置し、「既存の崖情報」と「過去の崩壊履歴」の分析を行い、行政や市民が活用しやすい崖崩壊評価手法を検討した²⁾。本研究はそこでの取り組み成果を発展させ、行政の実務担当者の防災業務を実践的に支援することを目的とした「既存の崖情報」の有効活用に関する検討を行った。その結果、横浜市が所有する「既存の崖情報」として現地調査に基づいた「崖実態調査表」^{注2)}を統計的に解析することで、崖のもつ様々な特性の崩壊への影響度を量的に表し、横浜市における崖崩壊の要因を明らかにした。現在e-Japan戦略において提唱されている「電子政府の実現」³⁾により行政(国・地方公共団体)内部の電子化が進められている中で、本研

究は行政の所有する既存データのデジタル化とその活用のあり方の一例を示すものである。

2. 本研究の位置づけ

崖崩壊に関する危険度評価と要因分析は、従来からの地盤工学分野の成果である斜面安定解析モデルを取り入れた解析的手法と、過去の崩壊事例に基づく経験的手法に大別できる⁵⁾。前者の一例として、周ら⁶⁾によるGISとモンテカルロ手法をもとにした三次元空間斜面安定解析による危険斜面の抽出がある。これらの解析的手法は対象斜面における崩壊危険度を精度よく評価することが可能だが、地域・斜面により適用できるモデルが異なるため、対象となる全斜面に対して行政が詳細な地形・地盤データの整備及びモデルの検討を行うことは、費用面などの問題から現実的ではない。経験的手法に関しては、国土数値情報や数値標高モデル、衛星データなど近年のITの発展により利用可能になったデジタルデータとGISを駆使したものが多く見られる^{5) 7) 8)}。これらの手法は、過去に崩壊が発生した箇所と同様の属性をもつ箇所をデジタルデータから抽出しメッシュ単位で危険区域として予測するものである。そのため、広域に

* 横浜国立大学大学院工学研究科 大学院生・工修

** 横浜国立大学大学院環境情報研究院 講師・工博

*** 横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Yokohama National Univ., M. Eng.

Lecturer, Graduate School of Environment & Information Sciences, Yokohama National Univ., Dr. Eng.

Prof., Graduate School of Environment & Information Sciences, Yokohama National Univ., Dr. Eng.

対して簡便に危険度を評価するには有効であるが、個々の斜面に対する評価ではないため、行政の実務担当者が日頃の防災業務において実践的に活用するには適していない。一方、沖村ら⁹⁾は自らの現地調査のデータから統計的解析を行うことで、昭和42年の豪雨災害による兵庫県六甲山系での崩壊要因とその影響の大きさを明らかにした。山ひだを一つの単位とした解析結果の各斜面に対する崩壊・非崩壊の判別精度はよく、要因が崩壊に及ぼす影響も量的に表されている。これにより現地調査で収集されたデータからの分析結果は高い信頼性を得ることができ、個々の崖への危険度評価、崩壊要因の分析において利用価値が高いといえる。

平成13年の土砂災害防止対策基本指針(土砂災害防止法)に基づき、都道府県は崖崩れなどの危険性がある土地の基礎調査を行い、地形・地質・植生などの状況を記録・収集して関係市町村及び国へ報告することが求められている¹⁰⁾。現地調査より得られるこれらのデータは行政により収集・蓄積されるだけでなく、更に予測・評価のために利活用を図ることで、その利用価値は高くなると考えられる。また、行政による現地調査の活用の利点として、量の多さが挙げられる。行政は管轄区域内の全ての崩壊事例を一律に調査・記録することが求められ、例えば横浜市が作成した「崖実態調査表」は3,400件にも及ぶ。それに対して、研究を目的とした現地調査は対象地域が絞られるため、質的には優れたデータが得られるとしても量的には行政の調査に及ばない。沖村ら⁹⁾が得たデータ数は5箇所の調査区域の78件であった。それは研究者自らが現地調査を行ったことにより高い判別予測精度を得ているが、行政の複数の調査員による現地調査においては記述精度の差異などの問題が存在すると考えられ、その活用に関しては注意を要するであろう。

本研究ではこれらの行政の現地調査によるデータは、複数の調査員の記入による個人差が生じることを前提としても、その量と現地調査という点で利用価値は高いと考える。そこで、数量化理論Ⅱ類による多変量解析を行うことで、これらの行政による「既存の崖情報」が崩壊の予測・要因分析に活用できないかという検討を行った。

3. 対象地域の概要と解析用のデータ

3-1. 横浜市の概要

横浜市の地形は大都市には珍しい丘陵型都市で、丘陵末端部はすべて崖状を呈している¹¹⁾。国勢調査で人口集中地区(DID)調査が始まった1960年当時の市街地は主に沿岸部と戸塚駅などを中心とした内陸の一部のみであったが、それ以降の高度経済成長期における急速な都市化に伴い急傾斜地上にも多くの住宅地が形成された¹²⁾。横浜市において、一度に100箇所以上の崖崩れを引き起こした災害はこれまで5回記録されている(平成15年2月末現在)。それらは、昭和33年9月台風22号(1,029箇所)、昭和36年6月集中豪雨(443箇所)、昭和41年6月台風4号(850箇所)、昭和45年7月集中豪雨(290箇所)、昭和57年9月台風18号(306箇所)¹³⁾である。

行政の急傾斜に関する対策として、1962年の「宅造成規制法(宅造法)」や1969年の「急傾斜地の崩壊による災害防止に関する法律(急傾斜地法)」の施行によりそれ以後はある一定の成果を上げることができたため、新興住宅街の多い内陸部では比較的急傾斜地上の住宅は少ないが、法律施行以前より住宅地化がされてきた沿岸部においては住宅地の付近に数多く崖が存在している¹⁴⁾。

行政による指定区域として、高さ3m以上・勾配30°以上・保全

対象人家1戸以上の条件を満たす約3,400の斜面があり、それぞれに対し横浜市建築局の現地調査に基づく「崖実態調査表」が作成されているが、この中で特に危険度が高いものは「市がけ崩れ警戒区域」として平成12年3月現在408箇所が指定されている。また、神奈川県は「急傾斜地崩壊危険区域」として平成8年調査結果で780箇所を指定しており、これは市の指定区域と一部重複する。

横浜市内の崖崩壊に関する地質構造パターンとその崩壊特性として、「がけ危険度評価委員会」による分類を図1・表1に示す。

3-2. 解析用データの内容と記入形式上の課題

本研究では3,400件の「崖実態調査表」のうち、市内で崖崩壊が多い南区や沿岸部を中心として横浜市から提供を受けた約550件の自然崖データの中で、書式が統一され、かつ過去の崩壊の有・無が明確に判別できた311件を解析用データとして選定した。そして、崖崩壊予測では地質・岩種ごとにデータを取り扱うことが有効であるという土質工学分野の知見に基づき¹⁵⁾¹⁶⁾、横浜市「がけ危険度評価委員会」による地質構造パターン別に筆者らが「崖実態調査表」を分類した上で、統計的解析を行った。

ここで解析を行うための「崖実態調査表」の課題として、年代の違いによる“3種類の書式の存在”と“自由記入形式による崩壊経歴の記載”が挙げられる。そもそもこれらのデータは統計的解析を行うために作成されたものではないが、今後この様なデータを生かした解析を行うためには、書式や記入形式を明確なものにしなければならない。特に崩壊経歴に関するデータは重要であり崩壊の有・無だけでなく、解析を行う上で重要であるその他の関連項目(発生日時、誘因)も必須項目として選択形式にするなどの配慮が必要で

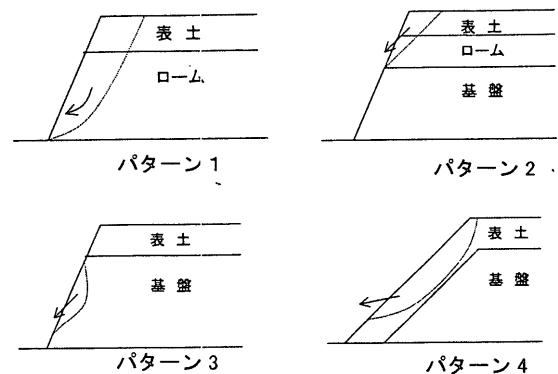


図1 横浜市内の地質構造パターン
(「横浜市がけ危険度評価報告書²⁾」より引用)

表1 地質構造パターン別の崩壊特性
(「横浜市がけ危険度評価報告書²⁾」より引用)

パターン1: 軟らかな土で形成されており、斜面全体が崩れる。 Slump型(円弧すべり)
パターン2: 硬い基盤の上部に軟らかな土があり、上部だけが崩れる。 Slide型(表層すべり)
パターン3: 全体的に硬い基盤で形成されており、亀裂や風化により表面が落下する。Fall型(風化し落下)
パターン4: 全体的に硬い基盤の表面を表土が覆っており、表土がずり落ちる。Slide型(表層すべり)

ある。なお、誘因とは崩壊を引き起こす外力として、降雨や地震動、風圧、降雪などが考えられ、これらのデータにより誘因別の詳細な危険度評価を行うことが可能となる。また本研究では過去の崩壊の有・無により判別を行ったので、崩壊の規模(土砂流出量・距離など)は考慮されていないが、十分な内容の崩壊経歴のデータがあればこれらの分析も可能であると考えられる。

4. 数量化理論Ⅱ類による「崖実態調査表」の分析

4-1. 崩壊要因の選定

自然斜面の崩壊に影響を及ぼす要因は、通常素因と誘因に分けて考えられる。地質・地形など崖を形成するあらゆる要因が素因として考えられるが、本研究では「既存の崖資料」の有効活用を目的としているので、崖実態調査表の記載項目のうち、「斜面の異常変状」「斜面上の有害行為」等の明確な判断基準がなく、主観の入る余地のある項目を除いた10項目を選んで素因とした(表2)。この10項目の中で、傾斜高、傾斜勾配、表土厚の3項目に対してはその数値を記入、他の7項目に対しては選択形式になっている。従って、これらの記入においては記入事項が明確に求められているので、調査員の主観による個人差が入る余地は小さいと考えられる。

本研究で扱った誘因は、長期間における崖崩壊に影響を与えたさまざまな原因(但し、地震は除く)である。具体的には、「崖実態調査表」に崩壊記録が記載されている昭和30年から昭和63年までの台風や降雨、風化などの崩壊に関する多様な要因による、崖の壊れやすさとその要因分析を行ったということである。これにより、特定の災害に限定せず、どのような性質を持つ崖が壊れやすいかを評価することが可能になり、行政の防災対策業務において利用価値があると考えられる。

「崖実態調査表」における誘因の記載は以下の通りである。崩壊発生年月が特定できたのは42件であり、その年代は昭和30年代・40年代が各10件、50年代が16件、60年代が6件であった。具体的な誘因に関しては64件の特定ができ、その内訳は降雨23件、台風17件、自然剥落的な表層崩壊22件、凍土による表層崩壊2件であり、地震による崩壊発生記載は見られなかった。これより、本研究における誘因の種類と履歴は偏りが少ないといえるが、空間分布的な偏りに関しては詳細なデータに基づく分析が必要である。すなわち、地域による降水分布の偏りなどを考慮に入れるなど、誘因に関する詳細な検討は重要な課題であるが、崩壊時刻・降水量などのデータ精度が高くない現段階では難しい。今後は、本研究における素因の要因分析と、詳細データにもとづく誘因との関係性の分析結果を照らし合わせ、更なる解析が必要である。

土砂災害防止法では、都道府県による過去の土砂災害時の降水量などの発生状況の調査や、土砂災害特別警戒区域における土砂災害の発生原因である自然現象や衝撃に関する事項の調査・公表が求められている¹⁰⁾。今後収集・蓄積されるこれらのデータを用いた解析を行うことで誘因と崩壊の関係を明らかにできるので、本研究の様なデータ活用のあり方を示すことは、これらのデータの重要性を認識する上で役立つと考えられる。

4-2. 解析に用いる崩壊要因

表2の崩壊要因の中には、量的な表現が困難な属性がいくつか含まれている。このような要因を含む多変量解析には数量化理論¹¹⁾

表2 解析のための崩壊要因とその記入形式

項目	記入形式
斜面高	数値 (単位: m)
斜面勾配	数値 (単位: °)
表土厚	数値 (単位: cm または m)
湧水	あり、なし
ゆるみ・転石	あり、なし
植生状況	樹木、草地、田畑、裸地
地表水(上)	非常に集まりやすい、集まりやすい、集まりにくい
地表水(面)	非常に集まりやすい、集まりやすい、集まりにくい
がけ上排水	なし、不完全、おおむね良
オーバーハング	あり、なし

が用いられる。その中でⅡ類のモデルは、質的な外的基準(目的変数)に影響を及ぼす質的な説明アイテム(説明変数)を、重み係数(カテゴリー数)として量的に明らかにするものである。また、個体(サンプル)のもつ重み係数の和(サンプルスコア)から外的基準の分類を判別し、その判別結果の正解率(判別的中率)が分析の精度を表す一つの目安として使われる。本研究では外的基準を「崖実態調査表」の崩壊経歴における崩壊の有・無にした。説明アイテムは崖崩壊に関する要因として、表2の10項目とした。

ここで数量化理論Ⅱ類による分析を行う上で、要因数と水準(カテゴリー)数の問題がある。松岡ら⁹⁾は、国土数値情報から簡便に地震時の斜面崩壊予測を行うことを目的としたため、要因として考えられていた9つの説明アイテムのうち、最終的に最大地動速度・傾斜度・地形分類・堆積物の4要因21水準を用いた。沖村ら⁹⁾は要因数・水準数は多いほど解析結果を評価するには便利であると考え、9要因25水準での解析を行った。

本研究では「崖実態調査表」の項目がどの程度崩壊に影響があるかを分析するのが目的であるので、表2の10要因を「がけ危険度評価委員会」における「がけ崩れ発生危険度判定基準」²⁾及び「崖実態調査表」の分類基準に従ってカテゴリー分類・数量化を行った。しかし、サンプル数の分布に偏りがあったため、カテゴリーの修正等を行い、地質構造パターン別に最大10要因24水準での解析を行った。しかし、パターン3のサンプル数は46であり、この要因・水準数での解析には不十分な数なので、パターン3の解析は行わなかった。また、サンプルに1項目でも記載漏れがあると解析を行えないので、それらの「崖実態調査表」は除外した。その上で、パターン別に各要因・水準数に対応するサンプルの分布数を考慮した調整を行い、最終的にパターン1、2及び4に属する211サンプルに対して解析を行った。

予備的解析として、外的基準と相関の高い説明アイテムを選択するため、独立性の検定を行った。これは数量化理論Ⅱ類のような外的基準・説明アイテムともにカテゴリーデータの場合に、相関により変数選択を行うときに使われる。これは実測度数と期待度数から求められるカイ2乗値と有意差判定確率p値により、相関があるかないかの二者択一の判断を行う方法である¹⁸⁾。この結果、各パターンにおいて「有意水準5%で相関なし」の判定が出た要因がそれぞれ存在したが、本研究は「崖実態調査表」の記載の項目において、行政が崖災害対策を立てる上で何に重点をおくべきかを考えるため、どの項目が崩壊にどの程度寄与しているのかを調べるのを目的としているので、要因の削除は行わなかった。

4-3. 解析結果

(1) 地質構造パターン1

地質構造パターン1では10項目24水準での解析を行い、その結果各要因・水準と対応する重み係数を表3のパターン1に示す。ここで各要因の重み係数は正值側に大きいほど崖崩壊の発生に寄与することを表す。レンジ(範囲)は、各要因の外的基準に対する影響力を表し、レンジの大きい要因ほど崩壊に寄与するといえる。解析結果より地質構造パターン1の崩壊への影響の大きい上位5つの要因は順に、湧水、ゆるみ・転石、斜面高、表土厚、植生状況になることが明らかになった。図2はパターン3を除く全パターンでの各要因のレンジの大きさを比較したものである。この図より湧水、ゆるみ・転石は全てにおいて共通に見られる崩壊への影響の強い要因であるが、パターン1に特有な要因としては斜面高とオーバーハングが挙げられる。

斜面高はパターン1において比較的強い影響をもつ要因で、斜面高が低いほど崩壊に寄与しているという結果になった。そして、オーバーハングの低い寄与率から、全体が軟らかなローム層で形成されているパターン1では、斜面から張り出したオーバーハングが壊れるというよりも、降雨時などに周辺からの水が集積しやすい低い斜面ほど飽和水量に達し壊れやすくなる傾向があると考えられる。

また、この結果から得られた重み係数の和によるサンプルスコアの計算結果を、外的基準である崩壊の有・無ごとに集計した頻度分布を図3に示す。これより累積相対度数のグラフを作成し、累積グラフの交わる点において判別的中点を求めたところ、崩壊の有・無を区別する判別の中点は-0.06であり、その判別の中率は85.1%と比較的高い精度が得られた。これは横浜市のパターン1の崖において、10要因を用いたサンプルスコアが-0.06を超えるものに対し85.1%の確率で崩壊の有・無を判別することを意味する。

(2) 地質構造パターン2

地質構造パターン2では10項目22水準での解析を行い、各要因・

水準と対応する重み係数を表3のパターン2に示す。ここでのレンジより崩壊に影響を与える要因の上位5つは、植生状況、ゆるみ・転石、湧水、オーバーハング、表土厚の順であった。他の2つのパターンに比べて、パターン2では植生状況とオーバーハングの高い寄与率が特徴的である。また、全パターンで寄与率の低い地表水(上)、地表水(面)、がけ上排水は、パターン2では地表水(面)に比べて地表水(上)、がけ上排水が高い寄与率を示すなど、斜面上部に関係する要因が比較的高い寄与率となっている。これは、硬い基盤の上に軟らかな土(ロームと表土)があり、上部だけが崩れ落ちるパターン2に特有の現象だと推測される。一方、斜面高と斜面勾配は他の2つのパターンに比べて低い寄与率となっている。

また、この結果から得られた重み係数の和であるサンプルスコアによる崩壊の有・無の頻度分布を図4に示す。この崩壊の有・無を区別する判別の中点は-0.01であり、その的中率は84.2%であった。

(3) 地質構造パターン4

地質構造パターン4ではオーバーハングが存在しなかったため、9項目20水準での解析を行い、その結果各要因・水準と対応する重み係数を表3のパターン4に示す。表のレンジより、崩壊に影響を与える要因の上位5つは、湧水、植生状況、ゆるみ・転石、表土厚の順であった。パターン4は硬い基盤を全体的に覆っている表土がずり落ちるタイプである。崩壊に最も影響を与える要因は湧水であるが、他の要因と比べその影響は大きい。次に影響を与えるのは傾斜勾配であった。傾斜勾配が強くなるにつれ、重み係数が大きくなり、60°を超えると特に大きくなる。固い基盤上の表土が滑り落ちるといふ崩壊はパターンを考えると、斜面勾配が重要であることが分かる。また、この結果から得られたサンプルスコアによる崩壊の有・無ごとの頻度分布を図5に示す。判別の中点は0.01であり、判別の中率は82.1%であった。

表3 解析結果

要因名 (アイテム)	水準 (カテゴリー)	パターン1 (N=74)				パターン2 (N=70)				パターン4 (N=67)			
		崖個数	重み係数 (カテゴリー数)	レンジ (範囲)	偏相関係数	崖個数	重み係数 (カテゴリー数)	レンジ (範囲)	偏相関係数	崖個数	重み係数 (カテゴリー数)	レンジ (範囲)	偏相関係数
斜面高	10m以上	24	-0.378	0.863	0.224	35	0.106	0.212	0.112	34	-0.246	0.500	0.210
	5m以上 10m未満	38	0.086			35	-0.106			33	0.254		
	5m未満	12	0.485										
斜面勾配	60°以上	23	0.272	0.491	0.125	27	0.110	0.180	0.092	10	0.405	0.981	0.226
	40°以上 60°未満	44	-0.107			43	-0.069			50	0.000		
	40°未満	7	-0.219							7	-0.576		
表土厚	50cm以上	8	0.644	0.722	0.171	21	0.486	0.695	0.332	29	0.391	0.690	0.296
	50cm未満	66	-0.078			49	-0.208			38	-0.299		
湧水	あり	4	1.296	1.370	0.255	10	1.068	1.245	0.408	18	1.112	1.520	0.545
	なし	70	-0.074			60	-0.178			49	-0.408		
ゆるみ・転石	あり	8	1.207	1.353	0.311	8	1.203	1.358	0.430	4	0.681	0.724	0.166
	なし	66	-0.146			62	-0.155			63	-0.043		
	(一部でも)裸地あり	17	-0.346			5	0.954			-	-		
植生状況	樹木	5	0.151	0.624	0.159	16	0.419	1.564	0.404	28	0.390	0.728	0.259
	草地/田畑	11	0.278			11	-0.610			10	-0.112		
	樹木+草地/田畑	41	0.050			38	-0.125			29	-0.338		
地表水(上)	築まりやすい	35	0.190	0.361	0.134	19	0.370	0.508	0.238	14	-0.333	0.421	0.166
	築まりにくい	39	-0.171			51	-0.138			53	0.088		
地表水(面)	築まりやすい	42	0.160	0.369	0.158	31	-0.093	0.166	0.085	21	0.339	0.493	0.219
	築まりにくい	32	-0.209			39	0.074			46	-0.155		
がけ上排水	なし・不完全	54	0.013	0.049	0.018	46	-0.087	0.252	0.120	55	0.018	0.100	0.038
	おおむね良好	20	-0.036			24	0.166			12	-0.082		
オーバーハング	あり	7	0.018	0.020	0.005	5	0.965	1.039	0.271	-	-	-	-
	なし	67	-0.002			65	-0.074						

(4) 要因の水準による崩壊への影響度に関する考察

表3において、横浜市の地質構造パターンごとの崖崩壊の要因が量的に表され、その特性が明らかになったが、ここでは要因内の水準による崩壊の危険性の傾向を考察する。

- a) 傾斜高：パターン1では比較的崩壊への影響が大きく、パターン4、2と順に低くなる。パターン1・4は低いほど崩壊への寄与率が高く、パターン2では高いほうに寄与率が高い。
- b) 斜面勾配：全パターンにおいて大きいほど危険となるが、パターン4において特に高い寄与率である。
- c) 表土厚：全パターンにおいて比較的高い寄与率を持っており、50cm以上の場合は危険である。
- d) 湧水、ゆるみ・転石：全パターンで共通してかなり高い寄与率を持っており、いずれかが存在すれば崩壊の危険は高くなる。
- e) 植生状況：特にパターン2での寄与率が高く、植生状況内の重み係数は（一部でも）裸地あり、樹木の順で高かった。草地又は田畑を含む他の2つの要因は負側であり、特に草地又は田畑のみの重み係数は-0.610と負側に大きい。これは強い降雨があった際に、裸地は水分含有の限界点に早く達するため崩壊に至る場合が多く、樹木は土中保留雨量を高める役割もある一方で、強風の際には斜面崩壊の一因になる²⁾ためと考えられる。それに対して、草地や田畑のみの場合は、土中保留雨量を高め、かつ強風などの影響を受けないため、崩壊の発生を抑制する働きがあると考えられる。パターン4では樹木の崩壊寄与率が高いが、草地/田畑を含むものは崩壊の発生を防ぐ傾向が見られた。ちなみに、パターン4においては、裸地は存在しなかった。
- f) 地表水(上)：パターン1および2においては、「集まりやすい」が崩壊への寄与率が高くなっているが、パターン4においては逆になっている。しかし、全パターンにおいてレンジが低く崩壊への寄与は低いと考えられる。
- g) 地表水(面)：f)と同じく全パターンにおいてレンジが小さく、崩壊への寄与率は低い。しかし、上部が崩壊するパターン2において一段と寄与率が低くなっていることから、崩壊への影響がないわけではないといえる。
- h) かけ上排水：g)と同様にパターン2においてその特徴が出る。
- i) オーバーハング：パターン2において危険が高いが、パターン1ではその影響が小さい。

5. まとめ

本研究では、横浜市の「崖実態調査表」を有効活用することで行政の崖対策を実践的に支援するため、崖の崩壊要因を明らかにすることを目的とした解析を行った。得られた結果を以下に示す。

「崖実態調査表」の記入形式に関して、1) 崩壊経歴の項目は記入項目が明確でなく主観の入る余地があったため、崩壊の有・無を判別できない記述が存在し、これにより多くのデータが解析対象外となった。2) 素因の10項目は全て数値記入・選択形式であり記入者の自由度が少なかったため、僅かな記載漏れを除いてほとんどのデータが利用可能であった。そして、「崖実態調査表」のデータから解析を行ったところ、3) 横浜市内の地質構造パターン1、2、4における崩壊要因と、要因内の水準による崩壊への影響度を量的に明らかにした。4) サンプルスコアによる崩壊の有・無の判別を行ったところその的中率は80%を越え、比較的高い確率で崖崩壊の危険を評

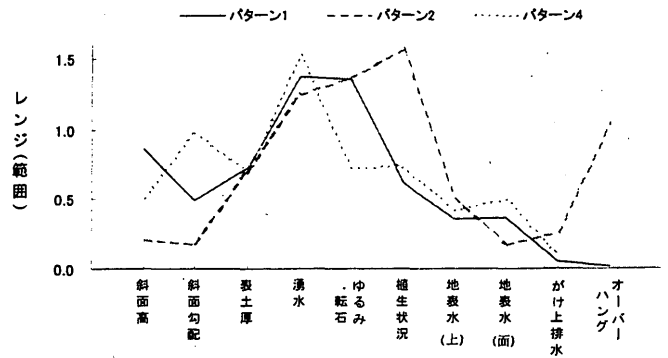


図2 各要因のレンジの大きさ (パターン別)

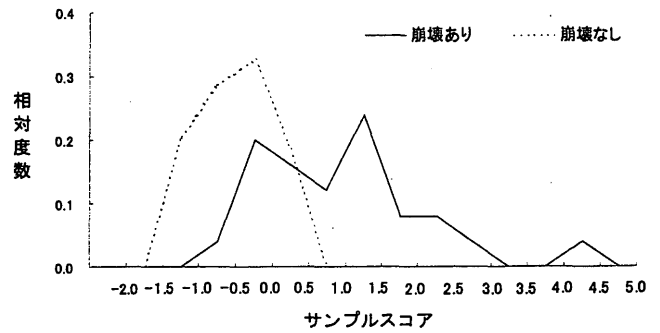


図3 判別結果の頻度分布 (パターン1)

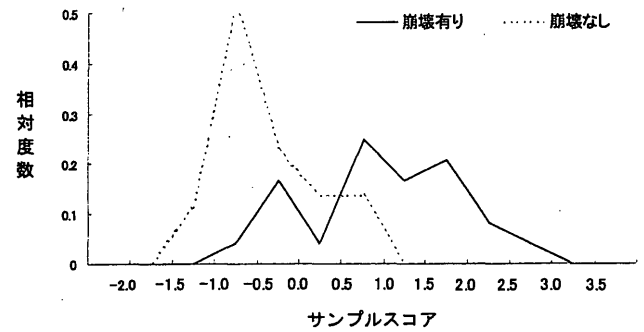


図4 判別結果の頻度分布 (パターン2)

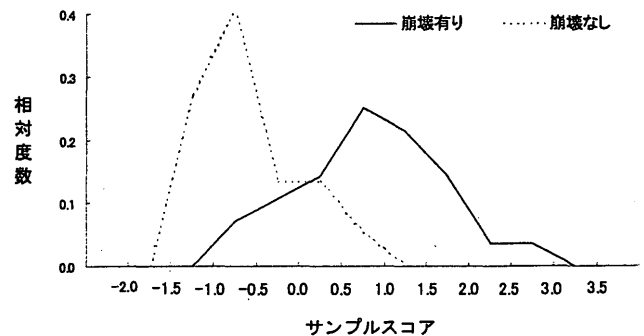


図5 判別結果の頻度分布 (パターン4)

価できた。これらの結果より記載内容が明確な「崖実態調査表」のデータから、崖の崩壊予測・崩壊要因の分析を行うことは有効であるといえる。

6. 今後の展望

崖に関する調査表の作成者は日頃から崖の業務に携わる実務担当者であるのでそのデータの精度は高い。そのため、データの利活用を念頭に作成される客観的な調査記入基準のもと、調査員が現地調査を行うことで更に質の良いデータの収集が可能になり、将来的にはより精度の高い崖の危険度評価・要因分析を行うことができるであろう。

今後の課題としては、崩壊の誘因となる降雨や地震動、風などを考慮にいれた危険度評価、崩壊予測の手法の検討が挙げられる。

謝辞

本研究は横浜市総務局危機管理対策室との共同研究であり、「がけ危険度評価委員会（委員長：東京工業大学 翠川三郎教授）」での取り組みの成果を発展させたものである。また、同委員会委員の神戸大学 沖村孝教授には貴重なご意見を頂いた。東大志氏（読売新聞社）及び木原工氏（横浜国立大学大学院）にはデータ作成・編集において多大な協力を頂いた。崖に関する資料は、横浜市総務局危機管理対策室および建築局から提供して頂いた。記して、感謝の意を表します。なお本研究の一部は、財団法人横浜学術教育振興財団平成 14 年度助成研究「横浜市における成長型崖・急傾斜崩壊危険度評価システムの開発」（総括代表者：吉田聡）によるものである。

注釈

- 注1) 1999年7月、横浜市「がけ危険度評価委員会」が発足した。この委員会は、土木工学や崖防災の専門家、横浜市の実務者及び民間研究者で構成され、会合を通じ専門的検討を重ね、2000年3月に調査成果についての最終報告を行った²⁾。
- 注2) 「崖実態調査表」；横浜市建築局が昭和58年から63年に現地調査を行い作成（平成11年・13年に追調査あり）。年代により3種類の記述形式が存在するが主に、斜面高、傾斜勾配、オーバーハング、表土の厚さ、湧水、ゆるみ・転石、植生状況、地表水（崖上・崖面）、がけ上排水、崩壊経歴、および付図として地質断面図、崖地範囲が記述されている。また、調査対象となった3400の崖の位置は、1/30,000の縮尺で「横浜市崖分布図（昭和59年3月作成）」としてまとめられている。

参考文献

- 1) 国土交通省砂防部：<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/>
- 2) 横浜市がけ危険度評価委員会：横浜市がけ危険度評価報告書、2000.3
- 3) 小野澤芳一、阿部進、翠川三郎ほか：横浜市におけるがけ崩れ危険度評価、地域安全学会梗概集 No.10、pp.49-50、2000.11
- 4) 総務省：平成13年度情報通信白書、ぎょうせい、2001.7
- 5) 松岡昌志、翠川三郎：国土数値情報を利用した地震時斜面崩壊危険度予測、日本建築学会構造系論文集、No.474、pp.59-66、1995.8
- 6) 周国云、江崎哲郎、謝諱文ほか：GISとモンテカルロ法を用いた新しい三次元空間斜面安定評価方法の提案、土と基礎、Vol.50 No.5 Ser.No.532、pp.23-25、2002.5
- 7) 水田敏彦、瀬尾和夫：数値標高モデルに基づく地震時の斜面崩壊危険度予測、地震工学研究レポート No.77、pp.28-34、東京工業大学地震工学研究グループ、2001.2
- 8) 熊谷樹一郎、大林成行、川井田実：シラス地帯における計画路線の事前評価を目的とした崩壊影響評価アルゴリズムの開発、土木学会論文集 No.623、pp.247-257、1999.6
- 9) 沖村孝、杉本博：統計的手法による自然斜面崩壊の研究、土木学会論文報告集 No.290、pp.89-97、1972.10
- 10) 国土交通省砂防部砂防計画課：土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律関係資料、財団法人砂防フロンティア整備推進機構、2002.2
- 11) 横浜市：危険エネルギー、1972.3
- 12) 鄭炳表、佐土原聡：市街地の拡大に伴う地震被災危険の経年変化に関する研究-横浜市における人口集中地区（DID）の応急・救助・避難、崖崩れを中心とした分析-、日本建築学会計画系論文集、No.550、pp.201-207、2001.12
- 13) 横浜市消防局：<http://www.city.yokohama.jp/me/ycfb/enkaku.html>
- 14) 横浜市建築局：崖崩れ警戒区域図・急傾斜地崩壊危険区域図、2000.3
- 15) 菊池英明、古川浩平、小山保朗ほか：標準化されたデータベースと降雨要因を用いた豪雨時における切土のり面のリアルタイム崩壊予測について、土木学会論文集 No.637、pp.63-77、1999.12
- 16) 西邦正、古川浩平、小川健ほか：豪雨時における切土のり面の崩壊誘因評価と崩壊・未崩壊の判別について、土木学会論文集 No.480、pp.127-136、1993.12
- 17) 林知己夫：数量化一理論と方法、朝倉書店、1993.11
- 18) 菅民郎：多変量解析の実戦、現代数学社、1999.3

(2002年11月7日原稿受理、2003年4月11日採用決定)