

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4817363号
(P4817363)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月9日(2011.9.9)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 6 Q 5 0 / 0 0 (2006.01) G 0 6 F 1 7 / 6 0 1 5 0

請求項の数 1 (全 40 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2006-38693 (P2006-38693) (22) 出願日 平成18年2月15日 (2006.2.15) (65) 公開番号 特開2007-219769 (P2007-219769A) (43) 公開日 平成19年8月30日 (2007.8.30) 審査請求日 平成21年1月15日 (2009.1.15)</p> <p>特許権者において、実施許諾の用意がある。</p>	<p>(73) 特許権者 304020177 国立大学法人山口大学 山口県山口市吉田1677-1 (73) 特許権者 304028346 国立大学法人 香川大学 香川県高松市幸町1番1号 (73) 特許権者 594162308 西日本技術開発株式会社 福岡県福岡市中央区渡辺通一丁目1番1号 (73) 特許権者 598154947 株式会社 エイト日本技術開発 岡山県岡山市北区津島京町3丁目1-21 (73) 特許権者 591260672 中電技術コンサルタント株式会社 広島県広島市南区出汐2丁目3番30号 最終頁に続く</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(54) 【発明の名称】 危険度評価システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力部と、演算部と、格納部と、出力部を有し、災害危険箇所や土木構造物等（以下、これらを総称して対象物という。）における健全性劣化の要因データのうち前記対象物が潜在的に備える素因に係る要因データと前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを用いて、ある対象物の災害発生の危険度や補修工事の必要度を算出する危険度評価システムであって、

前記入力部は、前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データと前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを前記格納部に入力可能な手段であって、

前記演算部は、前記格納部から読み出した前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データ又は前記入力部から入力された前記ある対象物における素因に係る要因データを用いて、前記ある対象物における災害の発生と非発生あるいは補修の施工と非施工を分離する分離超平面を構築するために教師値を不要とする SVMを用いて解析を行う分離超平面解析部と、

前記分離超平面の境界データが構成される2次元以上の空間（以下、多次元空間という。）上に前記格納部から前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを読み出して、この災害履歴データあるいは補修実績データをキーとして前記対象物における健全性劣化の素因に係る要因データを選択し、この選択された素因に係る要因データを座標として入力し、前記分離超平面からの距離を演算して前記分離超平面の精度を解析する

分離超平面評価部と、

前記分離超平面解析部で解析された分離超平面の境界データが構成される多次元空間上に、前記格納部から読み出したある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データ又は前記入力部から入力されたある対象物における素因に係る要因データを座標として入力する解析条件設定部と、

前記分離超平面から前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データの座標までの距離を災害危険度あるいは補修必要度として演算する危険度演算部とを備え、

前記出力部は、前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データと前記境界データと前記精度と前記災害危険度あるいは補修必要度のうち少なくとも1の情報を出力可能な手段であることを特徴とする危険度評価システム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば土木構造物や災害危険箇所等の対象物における健全性劣化に関するデータのうち、前記対象物が潜在的に備える素因に係る要因データのみを用いて得られる災害の発生と非発生あるいは補修の施工と非施工を分離する分離超平面を基準として、ある対象物の災害発生の危険度や補修工事の必要度を算出する危険度評価システムに関する。

【背景技術】

【0002】

橋梁、トンネル、鉄塔等の土木構造物や災害危険箇所は、維持管理のために日常的に点検が行われ、損傷や災害発生の危険性が認められた場合にはその程度を判断し、必要な補修対策がとられるのが常である。しかし、損傷程度や災害発生の危険度の判定は点検技術者の経験に基づいた主観による部分が多くを占めており、補修対策の方針を決定する基準が曖昧であったことは否めない。

20

このため、評価結果と実際の損傷状況に食い違いが生じることも多く、また評価者が変われば評価そのものが全く変わってしまう等、精度上の問題、客観性の課題が残されていた。

土木構造物については、維持管理による有効利用が求められる昨今にあって、既存の社会資本の保守事業遂行は急務であるが、これをより効率的に実施するためには一層高精度且つ客観性を有した損傷状況の評価手法の確立が不可欠であると考えられる。

30

また、このような評価手法は、土木構造物の他に、例えば土砂災害などの自然災害においても未然防止の観点から急峻な斜面に対して補強工事や排水溝などの対策工を施すなどする際に、その危険度を評価するために必要であり、本願発明者らは既に自然災害の未然防止の観点から様々な検討を実施している。

【0003】

例えば、防災事業計画の立案支援などのために実際の災害発生あるいは非発生に関するデータをコンピュータ処理することで精度の高い情報を得る研究に関しては、本発明者らが既に、がけ崩れの発生予測に用いられる発生降雨、非発生降雨の判別境界線であるがけ崩れの発生限界線や、避難基準線、警戒基準線を設定する方法について非特許文献1に示されるように発表している。

40

【0004】

非特許文献1では、複雑な自然現象を直線近似せず、高精度の発生限界線等を設定することを目的として、非線形判別に優れた放射状基底関数ネットワーク(RBFN)を用い、地域毎の非線形がけ崩れ発生限界雨量線を設定する方法を提案している。本非特許文献1に開示される技術では、RBFNを用いて、その学習機能を利用して最適な中間層と出力層の重みを決定することによって非線形がけ崩れ発生限界雨量線を設定している。

その結果、例えば非特許文献1では、横軸に実効雨量、縦軸に時間雨量をとった判別境界面が曲線の集合として描かれる。

この曲線は、いわば等高線を示したもので、これが非線形のがけ崩れ発生限界線を示している。判別境界面は、災害の発生、非発生の実効雨量と時間雨量をプロットしながら、

50

その高さ方向として災害の発生の場合には教師値を - 1 とし、非発生の場合には教師値を + 1 とした放射状基底関数を考え、その重ね合わせによって演算されたものである。従って、これらの等高線は、原点に近い方が高いもので、原点の存在する左下の角から対角方向に向かってなだらかに低いものとなっている。

このような災害の発生限界線や避難基準線、警戒基準線（以下、これらを総称してCLという。）を定量的、客観的に描くことによって精度の高い防災事業の立案の判断が可能であり、また、コンピュータ処理によって膨大なデータを短時間に処理できることから、CLの陳腐化を防止して精度の高い情報を提供できるのである。

【0005】

また、特許文献1においては、「災害対策支援システム」として、災害発生時に実行すべき災害対策を自動的に選択して表示し、その進捗状況を併せて示す手段を備えたシステムが開示されている。

10

本特許文献1に開示される災害対策支援システムは、基本的にはif - then形式で、予め発生する事象とそれに対応する対策を関連付けて格納された対策リストを読みだして、対応するものである。災害時に精神的、時間的、人的に余裕のない状況で、的確な判断を可能とすべくなされたものである。また、標準的な作業時間と実働時に要した作業時間及び対策可能な残り時間を表示することで、対策進捗状況をリアルタイムに把握することが可能であると同時に、重要度の高い対策と低い対策を取捨選択するためにも用いることができる。

【0006】

20

さらに、特許文献2においては、非特許文献1に開示される技術を警戒避難システムに応用した発明が開示されている。本特許文献2に開示された発明では、災害に影響を及ぼす地形要因、地質・土質要因、環境要因及び地震要因を踏まえた上で、短期降雨指標として、例えば発生時刻から3時間以内の最大時間雨量（以下、一定時間内の代表的な雨量を「時間雨量」と略すことがある。）を、また、長期降雨指標として、例えばその時刻における半減期を72時間とした実効雨量を用いて、CLを演算するものである。

このようにして得られたCLを用いることで、信頼性の高い警戒避難支援システムを提供することが可能である。

【0007】

一方、構造物の維持管理に関する費用やその劣化の程度を評価するシステムについては例えば特許文献3, 4に開示されるような発明がある。

30

特許文献3では「コンクリート構造物の維持管理装置」としてコンクリート構造物の劣化現象が影響を受ける自然環境やコンクリート材料、施工方法などの要因を考慮しながら施設等の維持管理に関する費用を正確に算定することが可能な発明が開示されている。本発明においては、将来の劣化状態を予測する第1の劣化状態予測手段と、補修後の劣化状態を予測する第2の劣化状態予測手段と施設等における潜在的な被害の大きさをリスクとして定量的に算出する潜在リスク演算手段を備えている。これらの構成要素によって、それぞれ劣化状態や潜在的なリスクを演算することが可能である。

また特許文献4では、「構造物の維持経営システム、維持経営方法、およびそのコンテンツファイル記憶装置」として、中小規模分散型の構造物について、安全性を確保しつつ民間資金の導入を可能として、税金ないし補助金のみによる構造物の管理システムに関する発明が開示されている。

40

本構造物の維持経営システムにおいては、構造物の余寿命および耐力などの特性を定量的に把握してそのデータが格納される構造物データファイルを備えて橋梁その他の構造物の状態を、たとえば余寿命および耐力あるいは疲労損傷の程度などおよびこれらに対する劣化・損傷予測として定量的に診断すること、それに対処する対策工法や経費を的確に選定できるシステムを構築することにより維持管理ないし維持経営のための費用を的確に査定することを可能とするものである。

【非特許文献1】倉本和正 他5名：RBFネットワークを用いた非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定に関する研究、土木学会論文集のNo. 672 / VI - 50, pp. 117

50

- 1 3 2 , 2 0 0 1 . 3

【特許文献1】特開2002-230235号公報

【特許文献2】特開2003-184098号公報

【特許文献3】特開2001-200645号公報

【特許文献4】特開2001-306670号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、非特許文献1及び特許文献2に開示された発明では、災害の発生限界線や、避難基準線、警戒基準線を設定することに主眼を置いており、ある特定の地域あるいは一定の条件毎にまとめられた地域グループにおいて、短期降雨指標や長期降雨指標がどの程度に達すれば災害の発生の危険性があるのかを客観的に評価することに留まっていた。極端に言えば、同一地点において、蓄積された短期及び長期の降雨指標のデータを入力して、その地点で蓄積された降雨データに基づいて、どの程度の降雨で災害が生じることになるかという判断を行っていたのである。

10

一般的に、災害発生の危険度や構造物の補修工事の必要度に関しては、これらに関する健全性劣化の要因データによって解析されるが、この要因データはその対象物が備える潜在的な要因である素因と偶然に生じて災害発生の危険度や補修工事に必要度を増大させる誘因に分類することができる。

このような状況下で、先の非特許文献1及び特許文献2に開示された発明を考えると、客観的、定量的な評価であっても、災害発生の要因データのうち、誘因に係る要因データの影響が大きく、その誘因が生じない場合にはそのような災害が発生するかどうかという点で精度が高い解析とはならない可能性があるという課題があった。

20

【0009】

また、特許文献1に開示された発明では、基本的に複雑ではあるけれども予め定められたあるいは既知の条件とその対策をリスト状のデータ構造を備えたものを用いて、対策の具体的な実施手順を示すものである。確に対策リストは補正、更新が可能であるものの基本的には入力されたデータを基に判断がなされ、コンピュータは、事象と対策を結合させるという処理を行うに過ぎないものであるという課題があった。

【0010】

30

さらに、非特許文献1及び特許文献1, 2に開示される発明は、自然災害の防止に関するものであるが、やはり誘因を含めて解析していることから、誘因が生じない場合の災害発生の危険度や補修工事に必要度に対する精度は低下し、また、実際に危険度が少ないとされている地域や補修工事の必要度が少ないとされている構造物においても、誘因に係る要因データが偶然に小さい状態にあり、この誘因データが多少変動した場合に、危険度や必要度が急激に変化する場合など解析結果の精度が必ずしも高いとは言えないという課題があった。

【0011】

また、特許文献3に開示される発明においては、確かに構造物の劣化状態に関する予測を行うという思想は開示されている。しかしながら、その劣化状態の予測は、予め存在している一般的な予測式に、その構造物が存在する地域の気象条件などの自然環境や構造物のコンクリート材料、施工方法を入力するものであり、評価対象となる構造物を点検した結果得られる生のデータを用いるものではなく、あくまで一般式に基づく定性的な予測の域を出ていないものである。すなわち、個別の構造物毎の評価が困難で、当該構造物に独自の事情を加味するような定量的評価を行うことが非常に困難であるという課題があった。

40

また、特許文献4に開示される発明においても構造物データベースを備えることで構造物の余寿命、耐力、疲労損傷の程度などを劣化・損傷予測として定量的に診断することが可能とされているが、その構造物データベースに入力されるべき評価の内容は専門家支援によるものであり、段落0022によれば構造物の状態を、目視検査などの定性的判断に

50

加えて、客観的に診断もしくは性能評価することにより該構造物の余寿命および耐力などの特性を定量的に把握してこの構造物データファイルにデータベース化するとあるが、この定量的な把握の方法の具体的な内容は不明であり、結局従来の評価方法によるものという課題は残されたままである。すなわち、本発明は、これまで実施されてきた内容のことをコンピュータとそれに接続されるデータベースを用いて実施するものであり、その演算内容やデータコンテンツなどは旧来のものと考えられる。

【0012】

すなわち、これまでの災害発生危険度や構造物の補修工事の必要度に関する評価手法は、過去の危険状況の発生履歴を元にして設定される場合が多く、これらの手法では過去に危険状況に陥った履歴のあるものは危険、履歴の無いものは安全とする前提がある。これに対し、自然災害の発生にせよ構造物の破損にせよ、危険な状況が発生するための引き金となる誘因の作用が不可欠となるが、すべての対象において必要十分な誘因の履歴があるとは限らない。つまり、素因的には非常に危険な状況にありながら、これまでたまたま誘因による作用がなかった箇所においては、その危険度が低く評価されてしまう恐れがある。また、危険状況発生の履歴データについて、精度の良いものを収集することが困難な場合も多い。

また、橋梁、トンネル、鉄塔等の土木構造物は、維持管理のために日常的に点検が行われ、損傷が認められた場合にはその程度を判断し、必要な補修対策がとられるのが常である。この点検業務には現地で簡便に利用することができるチェックシート(点検データシート)が利用されている場合が多い。これらのシートでは対象物の損傷状況に応じて評点をつけることにより現況の安全性が評価できるように工夫されている。ただし、シートの評点決定に関して明瞭な決定根拠が示されているものはほとんどなく、最終的な判断は高度な技術者の判定に委ねられることも少なくない。

これについて、既往の点検データと補修実施の実績データから、サポートベクターマシン(以後、SVMと略す場合がある。)等の数学的なパターン分類手法を用いることにより補修の要否を設定することも考えられるが、本発明では、学習において判別のための教師値を必要としないサポートベクターマシン(以下、SVMと表記)を利用して危険度を評価する手法を考案した。この方法を使用することにより、上記のような誘因の大小に関わらず潜在的危険度を有する地点を正しく評価することが可能になり、より高精度な危険度の設定ができる。また、危険度はSVMにより分離超平面と各データの距離 $f(x)$ として算出されるため、連続的な値で危険度の指標を得ることが可能となり、危険度に応じた対策事業の優先順の検討等において大きな効果が期待できる。

【0013】

本発明は、かかる従来事情に対処してなされたものであり、災害危険箇所や土木構造物等の対象物における災害発生危険度や補修工事必要度の評価を行なう際に、健全性劣化の要因データのうち前記対象物が潜在的に備える素因に係る要因データのみに基づく災害の発生と非発生あるいは補修の施工と非施工を分離する分離超平面を基準として、客観的で精度の高い定量的評価を可能とすることができる危険度評価システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明は、入力部と、演算部と、格納部と、出力部を有し、災害危険箇所や土木構造物等(以下、これらを総称して対象物という。)における健全性劣化の要因データのうち前記対象物が潜在的に備える素因に係る要因データと前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを用いて、ある対象物の災害発生の危険度や補修工事の必要度を算出する危険度評価システムであって、前記入力部は、前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データと前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを前記格納部に入力可能な手段であって、前記演算部は、前記格納部から読み出した前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データ又は前記入力部から入力された前記ある対象物における素因に係る要因データを用

いて、前記ある対象物における災害の発生と非発生あるいは補修の施工と非施工を分離する分離超平面を構築するために教師値を不要とする SVMを用いて解析を行う分離超平面解析部と、前記分離超平面の境界データが構成される2次元以上の空間(以下、多次元空間という。)上に前記格納部から前記対象物に対する災害履歴データあるいは補修実績データを読み出して、この災害履歴データあるいは補修実績データをキーとして前記対象物における健全性劣化の素因に係る要因データを選択し、この選択された素因に係る要因データを座標として入力し、前記分離超平面からの距離を演算して前記分離超平面の精度を解析する分離超平面評価部と、前記分離超平面解析部で解析された分離超平面の境界データが構成される多次元空間上に、前記格納部から読み出したある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データ又は前記入力部から入力されたある対象物における素因に係る要因データを座標として入力する解析条件設定部と、前記分離超平面から前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データの座標までの距離を災害危険度あるいは補修必要度として演算する危険度演算部とを備え、前記出力部は、前記ある対象物における健全性劣化の素因に係る要因データと前記境界データと前記精度と前記災害危険度あるいは補修必要度のうち少なくとも1の情報を出力可能な手段であることを特徴とする危険度評価システムである。

10

【発明の効果】

【0018】

本発明は、危険災害箇所や土木構造物の健全性劣化に関する要因データのうち、素因に係る要因データのみを用いた分離超平面を基準として、対象物における災害発生の危険度や構造物の補修工事の必要度を評価することで、対象物の補修実績データや災害履歴データにおける偶発的な誘因に係る危険度や必要度への影響を排除して、潜在的危険度を有する地点や構造物を正しく評価することが可能になり、客観的かつ定量的に、より高精度な災害危険度あるいは補修必要度の評価を行うことが可能である。

20

【0020】

さらに、分離超平面解析部で得られた分離超平面の適否を評価する分離超平面評価部を備えることで、より適切で補修実績や災害履歴に即した分離超平面を得ることができ、その結果、災害危険度あるいは補修必要度をより高精度に評価することが可能である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態に係る危険度評価システムについて図1乃至図18を参照しながら説明する。

30

まず、SVMは、現在知られている手法の中でも最もパターン認識性能の優秀な学習モデルの一つであり、あるパターン分類問題が線形分離不可能な場合、ある非線形写像により、線形分離可能な高次元空間にマッピングを行い、線形分離可能な状態とすることで、最適な分離超平面を求めることができる。

本発明でも、危険度評価手法としてSVMを用いる。特に、本発明では、図1に示されるように、危険状況発生の履歴データに頼ることなく、素因のみで危険性の高い危険箇所とそうでない箇所とを客観的に分離可能な SVMを採用した。

SVMの γ とは、全データのうち異常値データとして分離超平面の外側に配されるデータ数の上限値を設定するものである。例えば、 $\gamma = 0.8$ であれば、全体データの8割がサポートベクタの上限値になるように設定するものである。また、分離超平面構築の際に必要なデータをサポートベクタという。つまり、 γ の値は、大きくなるとより少ないデータによって分離超平面を構築し、逆に γ が小さくなると少ないデータで分離超平面を構築する傾向にある。

40

【0022】

図2は、本実施の形態に係る危険度評価システムの構成図である。また、図3は本危険度評価システムを用いた演算処理方法を示すフローチャートである。

図2において、危険度評価システムは入力部1と演算部2と出力部6と複数のデータベース8、11、13、17、20から構成されている。

50

入力部 1 は、これらのデータベースに格納されるデータ 7 a や解析条件 7 b を予め入力したり、或いは演算部 2 の作動時に直接データ 7 a や解析条件 7 b を入力するために使用されるものである。具体的に、例えば、キーボード、マウス、ペン、タブレット、或いは、コンピュータ等の解析装置や計測機器から通信回線を介してデータを受信する受信装置など複数種類の装置からなり目的に応じた使い分け可能な装置が考えられる。

【 0 0 2 3 】

演算部 2 は、解析条件設定部 3、分離超平面解析部 4、分離超平面評価部 1 9、危険度演算部 5 から構成されるものである。

演算部 2 はデータベースから読み出したり、入力部 1 から入力される分離超平面データベース 1 1 や災害危険箇所データに関するデータ 9、及び構造物の点検データ 1 0 を用いて、解析条件設定 3、分離超平面解析 4、分離超平面評価部 1 9、危険度の算出及び危険度順位設定 5 の解析を行うセクションにより構成されている。演算部 2 として、具体的にワークステーションやパーソナルコンピュータ等のコンピュータが考えられる。

また、データベースとしては、災害危険箇所データ 9 及び構造物に対する過去の点検データ 1 0 が格納される災害危険箇所データベース・点検データベース 8、危険度を算出するために必要な分離超平面データ 1 2 を格納するための分離超平面データベース 1 1、種々の解析のための解析条件データ 1 4、パラメータデータ 1 5、危険度関数データ 1 6 を格納するための解析データベース 1 3、更には演算部 2 を用いて解析された結果得られた危険度データ 1 8 を格納する評価情報データベース 1 7 がある。このうち、上記の災害危険箇所データ 9 及び構造物に対する点検データ 1 0 は構造物の損傷に関する要因値や地形要因のみで構成されており、SVM以外の手法において必須であった教師値データ、例えば、構造物の補修工事実績データや災害実績データ等を含まないデータセットの形態をとるものである。災害危険箇所データ 9 及び構造物に対する点検データ 1 0 に含まれない災害履歴データ 2 1 や補修実績データ 2 2 は、別途災害履歴データベース及び補修実績データベース 2 0 に格納されており、分離超平面評価部 1 9 において分離超平面解析部 4 によって構築された分離超平面の評価を行う際のみ使用される。

ハードウェアとしてのデータベースは具体的には、磁気ディスクや光ディスク等のコンピュータ用の記憶装置にデータを格納したものが考えられ、出力部 6 としては、CRT、液晶、プラズマ或いは有機ELなどによるディスプレイ装置、或いはプリンタ装置などの表示装置、更には外部装置への伝送を行うためなどのトランスミッタなどの発送装置などが考

【 0 0 2 4 】

主として以上のような構成要素を備える本実施の形態に係る危険度評価システムは、概ね以下のような処理手順によってその処理を行うことができる。

図 3 のステップ S 1 にも示されるとおり、入力部 1 によるデータ入力処理では、先ず、データを入力する処理を行うが、その入力データとしては、例えば、災害危険箇所データベース・点検データベース 8 に格納される地形・地質・環境に関する要因、或いは構造物の劣化の要因に係る定量的なデータ(以下、要因データ)として、過去の調査によって得られた災害危険箇所データ 9 や過去の点検データ 1 0 がある。なお、要因データの定量的とは、例えば要因として漏水を考えた場合に、その単位時間の漏水量を立法メートル毎時などとして測定した場合のその数値を意味したり、或いは例えばボルトの緩みを判断する場合に 3 段階のレベルで表現した場合には、そのレベル 1、2、3 など定量的とするものである。すなわち、物理量として数値で表現できるもののほか、非物理量であったり、定性的にしか表現でないような場合に、その状態を何らかのレベルで表現するような場合もそのレベルの数値をもって定量的とするものである。また、分離超平面データベース 1 1 に格納される分離超平面データ 1 2 がある。

これらの入力データ他、解析データベースに格納される解析条件データ 1 4 やパラメータデータ 1 5 などもある。なお、本実施の形態に係る危険度評価システムは、災害危険箇所データ・点検データベース 8 に格納されている災害危険箇所データ 9 ・点検データ 1 0 にある要因データのみを解析に利用し、教師値データは使用しない。

本実施の形態においては、ステップS1として最初にデータ入力処理を実施するようにしているが、解析の工程に合わせて適宜データを入力するようにしてもよい。

【0025】

本発明の演算可能なデータ例として表1、表2、表3、表4を挙げる。表1は土石流危険渓流データベースで、渓流長から常時湧水までの8個の地形要因で構成されている。

表2は急傾斜地崩壊危険箇所データベースで、急傾斜地崩壊危険箇所の延長から湧水までの26個の地形地質・環境要因で構成されている。

表3は鋼橋点検データベースで、ボルトの緩みや異常音など9個の損傷に関する要因で構成されている。

表4は、発電所維持管理用斜面カルテで地形・土質・地質・構造・表面の形状などに関する14個の地形要因から構成されている。

10

【0026】

【表1】

渓流番号	市町村	地形・地質要因							
		渓流長	流域面積	発生流域面積	川幅	平均渓床勾配	代表的な地質条件	比較的規模の大きい崩壊履歴	常時湧水
208-I-001	岩国市	1.47	1.25	0.04	8.0	6	1	2	2
208-I-002	岩国市	0.90	0.24	0.18	3.5	10	1	2	2
208-I-003	岩国市	1.29	0.56	0.44	4.5	6	1	2	2
208-I-004	岩国市	0.07	0.04	0.04	8.0	16	1	2	2
208-I-005	岩国市	0.15	0.06	0.06	4.5	14	1	2	2
208-I-006	岩国市	0.35	0.08	0.08	4.5	23	1	2	2
208-I-007	岩国市	0.17	0.09	0.09	5.0	24	1	2	2
208-I-008	岩国市	0.10	0.03	0.03	2.0	18	1	2	2
208-I-009	岩国市	0.14	0.03	0.03	3.5	23	1	2	2
208-I-010	岩国市	0.10	0.03	0.03	6.0	22	1	2	2
208-I-011	岩国市	0.75	0.49	0.04	6.0	6	1	2	2
208-I-012	岩国市	0.26	0.08	0.03	7.0	9	1	2	2
208-I-013	岩国市	0.19	0.03	0.03	4.0	15	1	2	2
208-I-014	岩国市	0.16	0.05	0.05	7.0	19	1	2	2

20

【0027】

【表2】

危険箇所番号	市町村	急傾斜地崩壊箇所の延長	地形要因							地質・土質要因						環境要因											
			傾斜度	斜面高さ	斜面方位	斜面形状	上位地形の方向	横断形状	遷急線	遷急線の位置	地表の状況	表土の厚さ	地盤の状況	岩盤斜面の亀裂	亀裂間隔	開口急斜の規模	斜面と不連続面の傾斜関係	断層・破砕帯の有無	斜面の風化状況	植生の種類	樹木の樹齡	伐採根の状況	調査斜面	崩壊履歴	隣接斜面	湧水	有無
208 I 0001	岩国市	85	65	26	8	5	9	3	3	4	3	30	4	3	2	7	2	3	6	5	2	3	5	3	5	2	4
208 I 0002	岩国市	110	45	34	8	8	9	5	3	4	4	50	4	4	3	7	2	3	6	6	2	3	5	3	5	2	4
208 I 0004	岩国市	110	35	40	1	5	9	3	2	3	3	20	4	2	2	3	2	3	6	6	2	3	5	3	5	2	4
208 I 0006	岩国市	145	40	56	1	2	9	3	3	4	4	20	4	2	2	3	2	3	6	6	2	3	5	3	5	2	4
208 I 0010	岩国市	85	40	10	4	2	2	3	2	2	3	70	4	4	3	7	2	3	6	5	1	3	5	3	5	2	4
208 I 0012	岩国市	215	45	20	3	2	2	3	2	3	3	50	4	4	3	7	2	3	6	6	1	1	1	3	5	2	4
208 I 0013	岩国市	140	50	22	3	5	2	3	2	3	3	50	5	2	2	7	2	3	6	6	1	3	5	3	5	2	4
208 I 0014	岩国市	80	60	20	3	5	2	3	2	3	3	50	5	4	1	5	2	3	6	5	2	3	5	3	5	2	4
208 I 0015	岩国市	155	40	44	2	2	2	3	2	2	3	50	4	4	3	7	2	3	6	5	1	3	5	3	5	2	4
208 I 0016	岩国市	105	40	20	4	5	2	3	3	4	3	60	5	4	3	3	2	3	6	6	1	3	5	3	5	2	4
208 I 0017	岩国市	210	40	130	2	5	2	3	3	4	4	20	5	3	2	3	2	3	6	6	2	3	5	3	5	1	1
208 I 0018	岩国市	290	45	20	3	2	3	3	2	2	3	40	4	2	2	7	2	3	6	5	2	1	2	3	5	2	4
208 I 0020	岩国市	230	45	20	1	8	8	3	2	1	3	60	4	4	3	7	2	3	6	3	1	2	4	3	5	2	4

30

40

【0028】

【表 3】

管理番号	点検年	ボルトのゆるみ	ボルトの欠損	異常音	排水樋(管)のつまり	排水樋(管)の損傷	漏水	止水工	伸縮本体の損傷	その他(さび・腐食)
P- 1	1999	0	0	2	0	0	2	0	0	2
P- 2	1999	0	0	2	0	0	2	0	0	2
P- 3	1999	0	0	0	0	0	2	0	0	2
P- 4	1999	0	0	2	0	0	2	0	0	2
P- 5	1999	0	0	2	0	0	0	0	0	1
P- 6	1999	0	0	0	0	0	0	0	0	1
P- 7	1999	0	0	2	0	0	3	3	0	0
P- 9	1999	0	0	0	0	0	2	0	0	1
P- 10	1999	2	0	0	0	0	2	0	0	0
P- 11	1999	2	0	0	0	0	2	0	0	0
P- 12	1999	0	0	0	0	0	2	0	0	1
P- 13	1999	0	0	0	0	0	2	0	0	1
P- 14	1999	0	2	0	0	0	0	0	0	1
P- 15	1999	0	0	0	0	0	2	0	0	2
P- 16	1999	0	0	2	0	0	2	0	0	2
P- 17	1999	0	0	2	0	0	2	2	0	2
P- 18	1999	0	2	2	0	0	3	2	0	3
P- 19	1999	0	2	2	0	0	2	0	0	2
P- 20	1999	0	2	2	0	0	2	0	0	2

10

【 0 0 2 9】

【表 4】

ID	要因														対策工
	地形		土質・地質・構造			表層の状況		形状		変状			既設対策工の効果の程度		
	崩壊性要因を持つ地形	崩壊性の土質	崩壊性の岩質	崩壊性の構造	表土および浮石・転石の状況	湧水状況	表面の被覆状況	高さ	勾配 (°)	当該のり面・斜面の変状(崩落・小落下・小浸食・ハイディング・穴・陥没・はらみ出し・倒木・亀裂・開口・亀裂・その他(変状))	隣接するのり面・斜面の変状(落石・崩壊・はらみ出し・その他の変状)				
	G 1 : 崖地・台地の裾部、脚部、急傾斜地、急斜面、土石流跡地など	G 2 : 崩壊跡地、連発跡地	1)浸食に弱い土質 2)水を含むと強度低下しやすい土質 3)その他	1)割れ目や節理の密度が高い 2)浸食に弱い軟岩が連なり、その他	1)不透水性基底上の土砂 2)上部が硬質/脚部が脆弱な土砂 3)その他	表土および浮石・転石の状況	湧水状況	表面の被覆状況	高さ	勾配 (°)	当該のり面・斜面の変状(崩落・小落下・小浸食・ハイディング・穴・陥没・はらみ出し・倒木・亀裂・開口・亀裂・その他(変状))	隣接するのり面・斜面の変状(落石・崩壊・はらみ出し・その他の変状)	既設対策工の効果の程度		
	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし	安定 やや不安定 不安定	なし しみ出し程度 湧水あり	複合(裸地・草木・木本) 裸地・植生(草木)	H < 1.5 m 1.5 ≤ H < 3.0 m 3.0 ≤ H < 5.0 m H ≥ 5.0 m	i < 4.5° 4.5 ≤ i < 7.0° i ≥ 7.0°	あり・不明瞭なもの なし	複数該当・明瞭なもの あり・不明瞭なもの なし	十分の予防 かなり予防 一部予防 なし		
	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3 4	
N1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
N11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

20

30

【 0 0 3 0】

次いで解析条件設定部 3 において、災害危険箇所や構造物の危険性を評価する基準となる分離超平面を構築するために、解析を行う対象やパラメータ等を設定する。具体的には、災害危険箇所データ 9 や構造物の点検データ 10 を用いて、それに対応する分離超平面データ 12 を抽出するかを設定するものである。

40

ここで解析条件設定部 3 は、入力部 1 を介して、どのような条件で解析を行うかについての入力を促し、入力された条件をキーとして、災害危険箇所データベース・点検データベース 8 と分離超平面データベース 11 にアクセスして該当する災害危険箇所データ 9、点検データ 10 と分離超平面データ 12 を読み出す。入力を促すために表示される災害危険箇所データベース・点検データベース 8 と分離超平面データベース 11 に格納されているデータ内容或いはデータ構造を示すパラメータデータ 15 は、解析データベース 13 に格納されているため、解析条件設定部 3 はまず、この解析データベース 13 にアクセスして、パラメータデータ 15 を読み出して、そのパラメータデータ 15 を出力部 6 を利用して表示などさせるとよい。

この表示を受けて本危険度評価システムのユーザーは、災害危険箇所データ 9 や点検デ

50

ータ10を入力した後に分離超平面データ12の解析ができる。また、分離超平面データベース11に格納されている分離超平面データ12を読み出す場合には、後で、災害危険箇所データ9や点検データ10の入力を行うことが可能である。

【0031】

それらの選択を受けて、解析条件設定部3は災害危険箇所データ9や点検データ10に含まれる要因データの組み合わせに対応して形成される分離超平面データ12が構成される多次元空間上に災害危険箇所データ9や点検データ10に含まれる評価対象となる要因データを入力する。

本危険度評価システムにおいて、解析条件設定部3の説明では、分離超平面データベース11に格納されている分離超平面データ12を読み出されるように説明したが、前述の通り、災害危険箇所データ9や点検データ10から解析して求める場合は、ステップS2において解析条件を設定した後に、分離超平面解析部4において、分離超平面データ12の解析を行うものとする。また、解析データベース13に格納されているパラメータデータ15を用いる場合には、ステップS2において、要因データの入力を行う。なお、解析によって得られた分離超平面データ12は分離超平面データベース11に格納され、次回

10

の解析に用いることも可能である。
さらに、分離超平面評価部19は、分離超平面解析部4において解析された分離超平面データ12を分離超平面データベース11から読み出して、さらに災害履歴データベース・補修実績データベース20に格納されている災害履歴データ21あるいは補修実績データ22を読み出す。そして、この読み出された災害履歴データ21あるいは補修実績データ22をキーとして、災害危険箇所や構造物における災害危険箇所データ9や点検データ10の中から、対象となる素因となる要因データを選択して読み出して、この素因に係る要因データを座標として解析された分離超平面データ12から構成される分離超平面に入力し、この場合に分離超平面からこの座標までの距離を演算して分離超平面の精度を解析するものである。

20

この精度の良否は、表5に示されるパラメータ設定条件を基に、式1で表現される発生的中率によって判断される。すなわち、素因に係る要因データを用いて解析された分離超平面に対して、災害履歴データ21あるいは補修実績データ22を入力して得られる危険度あるいは補修工事の必要度が、その履歴や実績とどの程度乖離しているかを式1の発生的中率によって判断し、予め、そのクリティカルな発生的中率を解析データベース13の解析条件データ14として格納しておいて、このクリティカルな発生的中率と比較しながら、履歴や実績に合致するほど精度の高いすなわち適切な分離超平面データ12を確定することができる。

30

【0032】

ここで図4を参照しながら、具体的に分離超平面データ12に基づく分離超平面、さらに災害危険箇所データ9や点検データ10を具体的に説明する。

図4はSVMを用いて解析した分離超平面を2次元イメージにした概念図である。図4は横軸に土石流危険渓流の地形要因の1つである流域面積をとり、縦軸には同じく土石流危険渓流の地形要因の1つである渓流長をとるものである。本図は概念図であるため、詳細に軸目盛を付していないが原点から遠ざかる程、要因値が大きくなるものである。図中の太い破線で示されているものが分離超平面を表している。

40

この分離超平面を構築するのが、分離超平面データベース11に格納されている分離超平面データ12である。

また、白丸は災害危険箇所データ9に属する地形要因を2次元平面上にプロットしたものである。図中では分離超平面から危険側へ離れるほど災害発生の危険性を有している。

【0033】

危険度演算部5では、図3にステップS4として示されるとおり、分離超平面解析部4によって設定された分離超平面データ12と、あるいはさらに分離超平面評価部19によって精度が高められた分離超平面データ12と、評価対象となる災害危険箇所や構造物における要因データをベースに、分離超平面データが表す分離超平面から評価対象になる地

50

域の要因データの座標までの距離 $f(x)$ を演算する。

【0034】

図3においてはステップS3として表現される分離超平面上のデータとある地域におけるデータ点との距離 $f(x)$ を求めて危険度を演算する。ここでは、距離 $f(x)$ の算出概念について図4を参照しながら簡単に説明する。

図4は、白丸は災害危険箇所データ9に属する地形要因を2次元平面上にプロットしたものである。図中の太い破線で示したものが分離超平面であり $f(x) = 0$ である。本発明では、この分離超平面を基準とし、図中にプロットされているデータとの間の距離を $f(x)$ とする。また距離 $f(x)$ は、分離超平面と要因データとの最短距離であり、本発明ではそれを危険度として扱う。

10

危険度演算部5において演算された距離は、演算された距離は危険度データとして評価情報データベース17に格納される他にも、出力部6を介して直接出力される場合もある。また、出力部6には、ある地域の災害危険箇所データ9、或いは点検データ10に含まれる要因データや、解析に使用された分離超平面に関する分離超平面データ12を表示あるいは信号送信等で出力する。

【0035】

危険度演算部5では、図4に示されている分離超平面から、評価の対象となる危険箇所や構造物のデータ点までの距離を演算して、その距離を危険度とするものである。したがって、図4に示すとおり分離超平面から原点よりのデータ点では、その危険度は正となり安全であり、原点から遠ざかる側のデータ点では逆に危険度は負となり危険となることが分かる。

20

また、距離で表現されているので、評価対象の危険箇所や構造物における危険性が定量的に表現され、他の危険箇所や点検箇所との比較においても客観的に判断が可能である。

図4に示される各データは、災害毎に地形要因データが異なり、また構造物ではその種別毎に損傷要因データが異なるために2次元平面で様々な位置にプロットされるが、それらのデータ収集を重ねることによって注目すべき地形要因、或いは補修対象となる箇所の評価の精度が向上し、より普遍的、一般的な評価を行うことができる。

【0036】

SVMによる分離超平面の構築を行うためには、異常値の上限を決めるパラメータを設定する必要がある。また、ガウス関数の半径Rについても設定する必要がある。本実施例では、対象としている175箇所の土石流危険渓流データについて、表5に示す条件を基準として、パラメータ検討を行った。

30

【0037】

【表5】

パラメータ設定条件	
①	発生的中率80%以上
②	①を満たしている最小限の ν

40

【0038】

表5中、白丸数字1の発生的中率について、図5と図6に沿って発生的中率を説明する。図5、図6ともに横軸に土石流危険渓流の地形要因の1つである流域面積をとり、縦軸には同じく土石流危険渓流の地形要因の1つである渓流長をとるものである。本図は概念図であるため、詳細に軸目盛を付していないが原点から遠ざかる程、要因値が大きくなるものである。なお、図中の太い破線で示されているものが分離超平面を表わしている。

図5のように、SVMでは教師値データに頼ることなく、地形要因の要因値を用いて形成された分離超平面を基準に、潜在的に危険である箇所と安全である箇所に分けることが

50

できる。図5で示した各データに関して、たまたま災害履歴データがあった場合、災害履歴データ21からそれを読み出して過去の災害履歴によって色分けして表現すると図6のようになるものとする。教師値を用いずに分析されるSVMにおいては外側に分布するデータに過去の災害履歴を持つものと持たないものが混在する可能性が高い。しかしながら、過去の災害履歴の有無については、これまでの誘因の作用状況に作用される場合が大きく、分離超平面の外側にある非発生データについて一概に誤判別と考えることは適切でないものと考えられる。

そこで、本実施例では発生履歴を持つデータの分布のみに注目し、以下の式1により発生的中率を求めることとした。

【0039】

【数1】

$$\text{発生的中率} = \frac{\text{危険側にある発生データ数}}{\text{総発生データ数}} \times 100 \quad (\text{式1})$$

【0040】

この発生的中率に基づき、表5の条件を満たす α とRを求めた。発生的中率とパラメータの関係について、検討結果を表6に示す。表5の白丸数字1の発生的中率80%以上を満たす α とRの組み合わせは表6中に太字で示した部分となった。なお、表6において、パラメータスタディ範囲は、 $\alpha = 0.05 \sim 0.95$ 、 $R = 0.1 \sim 1.5$ 、 $2.0 \sim 5.0$ 、 10 、 100 とした。

【0041】

パラメータ α は分析対象データのうち異常データと設定するデータの割合を示したものである。式1で定義した発生的中率は α の値を大きくとれば、単純に向上させることができる。しかしながら、いたずらに大きな α を設定することは、潜在的な危険度をそれ程有していないデータまでも危険側データに判別してしまう可能性があり、好ましくない。過去に災害履歴を持たないデータの中から、災害履歴を持つデータと同程度の危険度を有するものを選び出して、異常値に設定することが最も適切であると考えられることから、発生的中率の基準を満たす最小限の α をパラメータとして採用することとした。表6の結果のうち、的中率80%以上の条件を満たす最小の α は0.75であった。これより、本実施例においては $R = 0.4$ 、 $\alpha = 0.75$ を分離超平面構築のためのパラメータに採用した。

【0042】

10

20

30

【表 6】

		ν																		
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
0.1	発生数/総発生数	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19
	発生的中率	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
0.2	発生数/総発生数	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19
	発生的中率	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	94.7	100.0	84.2	89.5
0.3	発生数/総発生数	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	13/19	8/19	15/19	16/19	13/19	14/19	17/19	18/19	18/19
	発生的中率	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	68.4	42.1	78.9	84.2	68.4	73.7	89.5	94.7	94.7
0.4	発生数/総発生数	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	15/19	7/19	14/19	9/19	9/19	11/19	11/19	13/19	15/19	15/19	16/19	19/19	19/19
	発生的中率	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	78.9	36.8	73.7	47.4	47.4	57.9	57.9	68.4	78.9	78.9	84.2	100.0	100.0	100.0
0.5	発生数/総発生数	10/19	10/19	10/19	10/19	10/19	2/19	6/19	13/19	9/19	10/19	13/19	13/19	11/19	13/19	13/19	15/19	15/19	17/19	19/19
	発生的中率	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	10.5	31.6	68.4	47.4	52.6	68.4	68.4	57.9	68.4	68.4	78.9	78.9	89.5	100.0
0.6	発生数/総発生数	8/19	8/19	8/19	8/19	6/19	11/19	7/19	10/19	9/19	9/19	11/19	11/19	11/19	11/19	13/19	14/19	14/19	17/19	19/19
	発生的中率	42.1	42.1	42.1	42.1	31.6	57.9	36.8	52.6	47.4	47.4	57.9	57.9	57.9	57.9	68.4	73.7	73.7	89.5	100.0
0.7	発生数/総発生数	3/19	3/19	3/19	5/19	8/19	6/19	8/19	10/19	10/19	10/19	10/19	11/19	11/19	11/19	14/19	13/19	17/19	18/19	19/19
	発生的中率	15.8	15.8	15.8	26.3	42.1	31.6	42.1	52.6	52.6	52.6	57.9	57.9	57.9	73.7	68.4	89.5	94.7	100.0	100.0
0.8	発生数/総発生数	2/19	2/19	2/19	4/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	9/19	11/19	11/19	12/19	14/19	16/19	19/19	19/19	19/19
	発生的中率	10.5	10.5	10.5	21.1	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	57.9	57.9	63.2	73.7	84.2	100.0	100.0
0.9	発生数/総発生数	3/19	3/19	6/19	6/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	9/19	10/19	13/19	14/19	16/19	18/19	19/19
	発生的中率	15.8	15.8	31.6	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	52.6	68.4	73.7	84.2	94.7	100.0
1.0	発生数/総発生数	6/19	6/19	5/19	6/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	9/19	10/19	11/19	15/19	16/19	17/19	19/19
	発生的中率	31.6	31.6	26.3	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	52.6	57.9	78.9	84.2	89.5	100.0
1.1	発生数/総発生数	3/19	3/19	5/19	4/19	6/19	6/19	8/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	11/19	11/19	14/19	17/19	17/19	19/19
	発生的中率	15.8	15.8	26.3	21.1	31.6	31.6	42.1	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	57.9	57.9	73.7	89.5	89.5	100.0
1.2	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	5/19	5/19	5/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	8/19	10/19	10/19	11/19	16/19	18/19	19/19
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	26.3	26.3	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	42.1	52.6	52.6	57.9	68.4	84.2	94.7
1.3	発生数/総発生数	2/19	2/19	5/19	5/19	5/19	6/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	12/19	12/19	16/19	18/19	19/19
	発生的中率	10.5	10.5	26.3	26.3	26.3	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	63.2	63.2	84.2	94.7	100.0
1.4	発生数/総発生数	2/19	2/19	5/19	5/19	5/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	9/19	10/19	12/19	12/19	15/19	17/19	19/19
	発生的中率	10.5	10.5	26.3	26.3	26.3	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	47.4	47.4	52.6	63.2	63.2	78.9	89.5	100.0
1.5	発生数/総発生数	3/19	3/19	5/19	5/19	5/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	12/19	14/19	15/19	18/19	19/19
	発生的中率	15.8	15.8	26.3	26.3	26.3	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	63.2	73.7	78.9	94.7	100.0
2.0	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	5/19	5/19	7/19	7/19	7/19	7/19	9/19	9/19	9/19	9/19	10/19	11/19	13/19	15/19	16/19	18/19
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	26.3	26.3	36.8	36.8	36.8	36.8	47.4	47.4	47.4	47.4	52.6	57.9	68.4	78.9	84.2	94.7
2.5	発生数/総発生数	1/19	3/19	4/19	5/19	5/19	6/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	9/19	10/19	10/19	10/19	13/19	15/19	16/19	17/19
	発生的中率	5.3	15.8	21.1	26.3	26.3	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	47.4	47.4	52.6	52.6	52.6	68.4	78.9	84.2	89.5
3.0	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	5/19	5/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	10/19	12/19	15/19	16/19	17/19	17/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	26.3	26.3	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	52.6	63.2	78.9	84.2	89.5	89.5
3.5	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	5/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	10/19	0/19	15/19	15/19	17/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	26.3	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	52.6	0.0	78.9	78.9	89.5
4.0	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	5/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	10/19	0/19	15/19	15/19	17/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	26.3	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	52.6	0.0	78.9	78.9	89.5
4.5	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	5/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	10/19	12/19	15/19	15/19	17/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	26.3	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	52.6	63.2	78.9	78.9	89.5
5.0	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	5/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	10/19	10/19	12/19	15/19	15/19	17/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	26.3	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	52.6	52.6	63.2	78.9	78.9	89.5
10	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	6/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	11/19	0/19	15/19	16/19	16/19	16/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	31.6	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	52.6	57.9	0.0	78.9	84.2	84.2	84.2
100	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	4/19	6/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	9/19	10/19	12/19	12/19	14/19	16/19	16/19
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	21.1	31.6	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	63.2	63.2	73.7	84.2	84.2	84.2

※太字は発生的中率80%以上

【0043】

本発明の実施例として、ある地域に存在する土石流危険渓流を対象に、表 1 に示したような過去の災害危険箇所データ 10 を用いて、ある地域の調査によって得られたデータ(データ数:175個)と、段落 0036 ~ 段落 0042 で説明したパラメータ設定方法を基に、SVM を用いて種々の地形要因から分離超平面を構築し、分離超平面からの距離 $f(x)$ を利用して危険度評価を行ったものを示す。なお、本実施例においては、危険性が高い箇所を的確にとらえるために統計手法のひとつであるウィルコクソン順位和検定により災害発生に関わりが深いと考えられる要因の抽出を行った。ウィルコクソン順位和検定は、非発生箇所の要因値よりも発生箇所の要因値が大きくなる傾向を持つ要因が特定できる。ここでは表 7 に示す検定結果から、地形要因は溪流長、流域面積、発生流域面積の 3 要因が抽出された。本実施例ではこの 3 要因を用いて分析を行ったが、表 1 に示した 8 要因全てを使用して解析を進めることももちろん可能である。また、上記要因抽出に使用する手法は本手法以外にもラフ集合を用いたり、各種の回帰分析をはじめとした数学的手法を用いてもよく、また要因数についても制限があるものではない。なお、表 7 において、有意水準は 5% (> 1.96) であり、有意差が認められなかったものは判定括弧書きとなっている。

【0044】

10

20

30

40

【表 7】

地形要因	検定統計量	判定
溪流長	2.305	発生
流域面積	2.672	発生
発生流域面積	2.291	発生
川幅	-1.644	(発生)
平均溪床勾配	-0.060	(非発生)

10

【 0 0 4 5 】

土石流危険溪流データについて、SVMによって構築された分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を図 7 (a)、(b) に示す。図 7 (b) は図 7 (a) で得た結果をカテゴリ毎に災害履歴データ 21 から読み出した災害の発生・非発生履歴でデータを分離して表示したものである。これは、段落 0038 ~ 段落 0042 で記述した発生的中率をもって本実施例の妥当性を証明するためである。また、図 7 (a)、(b) の中央にある太い破線が分離超平面を示しており $f(x) = 0$ である。それを基準として、左側が危険領域 $f(x) < 0$ 、右側が安全領域 $f(x) > 0$ となる。図 7 (b) より危険領域側に発生箇所の分布が多くなっており、 $f(x)$ 値が小さくなるほど発生的中率が上昇する関係が認められることから、正しく危険度を評価できている。危険領域側に多くの非発生箇所のデータも含まれる結果となっているが、これらについては災害発生の危険性を十分有していながら過去に十分な誘因が作用しなかったために被災を免れたものと考えられる。

20

【 0 0 4 6 】

ついで、土石流危険溪流の実施例により構築した分離超平面の汎用性について検証を行った。テストデータには分離超平面を構築したデータを取得した地域と同じ地質が分布する他地域のデータ(データ数:173個)を採用することとした。結果を図 8 (a)、(b) に示す。ここでも、危険領域側ほど発生的中率が上昇するような判定が出来ていることから、先に構築した分離超平面には汎用性があるものと認められた。このように、本発明においては予め構築された分離超平面を利用することで、他の地域の危険度評価を行うことも可能である。

30

【 0 0 4 7 】

段落 0042 ~ 段落 0046 までウィルコクソン順位和検定で抽出した3要因を用いて分析を進めてきたが、同じデータを対象として、要因抽出を行わない分析を実施した結果を示す。なお、本実施例の対象地域では、地形要因8要因のうち3要因は同一の要因値で構成されていたため、分析対象からはずすこととし、溪流長・流域面積・発生流域面積・川幅・平均溪床勾配の5要因を用いた。5要因でのパラメータ検討の結果を表 8 に示す。表 8 の結果のうち、表 5 の条件にあうパラメータは $R=0.3$ 、 $\alpha=0.75$ であった。5要因を用いた分析ではこのパラメータを用いて分離超平面構築を行うこととした。表 8 において、パラメータスタディ範囲は、 $\alpha=0.05 \sim 0.95$ 、 $R=0.1 \sim 1.5$ 、 $2.0 \sim 5.0$ 、 10 、 100 とした。

40

【 0 0 4 8 】

【表8】

		ν																			
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	
R	0.1	発生数/総発生数	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	1/19	2/19	14/19	14/19	11/19	12/19	15/19	15/19	16/19	18/19	19/19
		発生的中率	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	10.5	73.7	73.7	57.9	63.2	78.9	78.9	84.2	94.7	100.0
	0.2	発生数/総発生数	10/19	10/19	10/19	10/19	10/19	10/19	7/19	7/19	9/19	8/19	10/19	12/19	11/19	12/19	14/19	16/19	18/19	18/19	19/19
		発生的中率	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	52.6	36.8	36.8	47.4	42.1	52.6	63.2	57.9	63.2	73.7	84.2	94.7	94.7	100.0
	0.3	発生数/総発生数	7/19	7/19	7/19	7/19	5/19	5/19	7/19	8/19	7/19	9/19	9/19	10/19	11/19	12/19	15/19	16/19	18/19	18/19	19/19
		発生的中率	36.8	36.8	36.8	36.8	26.3	26.3	36.8	42.1	36.8	47.4	47.4	52.6	57.9	63.2	78.9	84.2	94.7	94.7	100.0
	0.4	発生数/総発生数	3/19	1/19	2/19	6/19	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19	9/19	9/19	10/19	12/19	14/19	16/19	17/19	18/19	18/19	19/19
		発生的中率	15.8	5.3	10.5	31.6	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	47.4	47.4	52.6	63.2	73.7	84.2	89.5	94.7	94.7	100.0
	0.5	発生数/総発生数	6/19	4/19	5/19	7/19	7/19	7/19	7/19	7/19	8/19	9/19	9/19	11/19	12/19	14/19	15/19	16/19	17/19	18/19	18/19
		発生的中率	31.6	21.1	26.3	36.8	36.8	36.8	36.8	36.8	42.1	47.4	47.4	57.9	63.2	73.7	78.9	84.2	89.5	94.7	94.7
	0.6	発生数/総発生数	6/19	3/19	7/19	6/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	9/19	10/19	11/19	12/19	14/19	15/19	16/19	17/19	18/19	18/19
		発生的中率	31.6	15.8	36.8	31.6	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	47.4	52.6	57.9	63.2	73.7	78.9	84.2	89.5	94.7	94.7
	0.7	発生数/総発生数	1/19	4/19	6/19	7/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	10/19	11/19	12/19	13/19	15/19	0/19	17/19	17/19	18/19
		発生的中率	5.3	21.1	31.6	36.8	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	52.6	57.9	63.2	63.2	68.4	78.9	0.0	89.5	89.5	94.7
	0.8	発生数/総発生数	4/19	5/19	6/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	12/19	13/19	15/19	16/19	17/19	17/19	18/19
		発生的中率	21.1	26.3	31.6	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	63.2	68.4	78.9	84.2	89.5	89.5	94.7
	0.9	発生数/総発生数	2/19	3/19	7/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	11/19	13/19	15/19	0/19	16/19	17/19	18/19
		発生的中率	10.5	15.8	36.8	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	57.9	68.4	78.9	0.0	89.5	89.5	94.7	94.7
	1.0	発生数/総発生数	3/19	6/19	6/19	6/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	9/19	10/19	11/19	12/19	15/19	0/19	16/19	17/19	17/19
		発生的中率	15.8	31.6	31.6	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	57.9	63.2	78.9	0.0	84.2	89.5	89.5	89.5
	1.1	発生数/総発生数	5/19	5/19	7/19	7/19	6/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	9/19	11/19	12/19	14/19	15/19	0/19	16/19	17/19	17/19
		発生的中率	21.1	26.3	26.3	36.8	31.6	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	57.9	63.2	73.7	0.0	84.2	89.5	89.5	89.5
	1.2	発生数/総発生数	2/19	4/19	4/19	5/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	8/19	8/19	8/19	11/19	12/19	14/19	0/19	16/19	17/19	17/19
		発生的中率	10.5	21.1	21.1	26.3	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	57.9	63.2	73.7	0.0	84.2	89.5	89.5	89.5
	1.3	発生数/総発生数	2/19	5/19	5/19	6/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	9/19	11/19	11/19	13/19	15/19	16/19	17/19	17/19	17/19
		発生的中率	10.5	26.3	26.3	31.6	31.6	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	57.9	68.4	78.9	84.2	89.5	89.5	89.5
	1.4	発生数/総発生数	1/19	3/19	4/19	5/19	5/19	7/19	7/19	0/19	8/19	8/19	8/19	0/19	10/19	11/19	12/19	15/19	16/19	17/19	17/19
		発生的中率	5.3	15.8	21.1	26.3	26.3	36.8	36.8	0.0	42.1	42.1	42.1	0.0	52.6	57.9	63.2	78.9	84.2	89.5	89.5
	1.5	発生数/総発生数	2/19	3/19	5/19	5/19	5/19	7/19	7/19	7/19	7/19	8/19	9/19	0/19	9/19	11/19	12/19	0/19	16/19	17/19	17/19
		発生的中率	10.5	15.8	26.3	26.3	26.3	36.8	36.8	36.8	36.8	42.1	47.4	0.0	47.4	57.9	63.2	0.0	84.2	89.5	89.5
	2.0	発生数/総発生数	3/19	4/19	5/19	5/19	5/19	6/19	6/19	7/19	7/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	11/19	0/19	14/19	16/19	18/19
	発生的中率	15.8	21.1	26.3	26.3	26.3	31.6	31.6	36.8	36.8	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	57.9	0.0	73.7	84.2	94.7	
2.5	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	5/19	5/19	6/19	6/19	6/19	8/19	8/19	8/19	9/19	9/19	9/19	9/19	11/19	13/19	16/19	18/19	
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	26.3	26.3	31.6	31.6	31.6	42.1	42.1	42.1	47.4	47.4	47.4	47.4	57.9	68.4	84.2	94.7	
3.0	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	5/19	5/19	6/19	6/19	6/19	7/19	8/19	8/19	0/19	9/19	9/19	10/19	0/19	14/19	16/19	16/19	
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	26.3	26.3	31.6	31.6	31.6	36.8	42.1	42.1	0.0	47.4	47.4	52.6	0.0	73.7	84.2	84.2	
3.5	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	5/19	5/19	6/19	6/19	6/19	7/19	8/19	8/19	0/19	9/19	9/19	10/19	0/19	13/19	16/19	17/19	
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	26.3	26.3	31.6	31.6	31.6	36.8	42.1	42.1	0.0	47.4	47.4	52.6	0.0	68.4	84.2	89.5	
4.0	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	5/19	5/19	6/19	6/19	0/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	11/19	13/19	16/19	17/19	
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	26.3	26.3	31.6	31.6	0.0	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	57.9	68.4	84.2	89.5	
4.5	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	4/19	5/19	6/19	6/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	11/19	12/19	15/19	17/19	
	発生的中率	15.8	15.8	21.1	21.1	26.3	31.6	31.6	36.8	36.8	42.1	42.1	42.1	42.1	47.4	52.6	57.9	63.2	78.9	89.5	
5.0	発生数/総発生数	3/19	3/19	4/19	4/19	5/19	6/19	6/19	0/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	9/19	10/19	10/19	12/19	15/19	17/19	
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	26.3	31.6	31.6	0.0	36.8	36.8	42.1	0.0	42.1	47.4	52.6	0.0	63.2	78.9	89.5	
10	発生数/総発生数	2/19	3/19	4/19	4/19	5/19	5/19	6/19	7/19	7/19	7/19	7/19	0/19	8/19	9/19	11/19	0/19	12/19	14/19	17/19	
	発生的中率	10.5	15.8	21.1	21.1	26.3	26.3	31.6	36.8	36.8	36.8	36.8	0.0	42.1	47.4	57.9	0.0	63.2	73.7	89.5	
100	発生数/総発生数	2/19	3/19	3/19	4/19	4/19	5/19	5/19	0/19	7/19	7/19	7/19	8/19	8/19	8/19	11/19	0/19	14/19	16/19	16/19	
	発生的中率	10.5	15.8	15.8	21.1	21.1	26.3	31.6	0.0	36.8	36.8	36.8	36.8	42.1	42.1	57.9	0.0	63.2	73.7	84.2	

10

20

30

※太字は発生的中率80%以上

【0049】

ついで、表8で設定したパラメータを用い、SVMによって分離超平面からの距離 f(x) 算出した結果を図9(a)、(b)に示す。図9(b)は図9(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離したものである。また、図9(a)、(b)の中央にある太い破線が分離超平面を示しており f(x) = 0である。それを基準として、左側を危険領域 (f(x) < 0)、右側を安全領域 (f(x) > 0)と判断する。

40

図9(b)より、危険領域側の方が発生的中率が高くなる評価ができています。

【0050】

ついで、土石流危険渓流5要因の実施例により構築した分離超平面の汎用性について検証を行った。テストデータには分離超平面を構築したデータを取得した地域と同じ地質が分布する他地域のデータ(データ数:173個)を採用することとした。結果を図10(a)、(b)に示す。ここでも、危険領域側ほど発生的中率が上昇するような判定が出来ていることから、先に構築した分離超平面には汎用性があるものと認められた。段落0046~段落0049の結果より5要因を用いた場合でもSVMの分析が可能であることが証明された。

【0051】

50

さらに、全く災害履歴のない地域の土石流危険渓流（データ数21個）に対して、段落0043で構築した分離超平面を利用した危険度評価を試みた。その結果を図11と表9に示す。図11は危険度を算出した後、災害履歴のない地域の危険箇所を危険領域（ $f(x) < 0$ ）と安全領域（ $f(x) > 0$ ）に分けたものである。本節で用いたデータには災害発生の履歴を持つものが含まれていないため、これまでのように発生的中率による検証を行うことは出来ない。しかしながら、段落0043に記したウィルコクソン順位和検定による要因抽出を行ったために、分析に用いられた各要因データは災害発生箇所において大きな値をとる傾向にあるものであることが判明している。このことを利用し、危険度設定結果の評価を行った。

表9は災害履歴の無い地域のデータについての危険度設定結果（ $f(x)$ 値）と各要因データを示したものである。ここで、危険度上位と判定されたデータは各要因が大きな値をとっていることが確認できる（表の太枠で囲んだ値は各要因値の上位5位までを示す）。このことは、先のウィルコクソン順位和検定結果と併せて、本実施例による危険度評価が妥当に行われたことを示すものと考えられる。

【0052】

【表9】

危険度 ランク	分離超平面から の距離 $f(x)$	地形要因(生値)		
		溪流長	流域面積	発生流域面積
1	-0.15516	0.95	0.37	0.32
2	-0.15037	0.44	0.79	0.07
3	-0.14992	1.24	0.32	0.14
4	-0.14664	0.91	0.31	0.28
5	-0.13979	1.11	0.21	0.15
6	-0.12725	1.64	0.16	0.05
7	-0.09947	0.64	0.08	0.05
8	-0.06004	0.61	0.16	0.06
9	-0.03342	0.33	0.05	0.01
10	-0.02912	0.41	0.06	0.03
11	-0.00868	0.36	0.05	0.04
12	-0.00864	0.46	0.12	0.05
13	-0.00771	0.37	0.06	0.04
14	-0.00429	0.4	0.19	0.07
15	-0.00345	0.37	0.06	0.05
16	-0.00184	0.18	0.02	0.01
17	0.00204	0.26	0.03	0.02
18	0.00478	0.25	0.03	0.02
19	0.01004	0.24	0.06	0.03
20	0.01096	0.25	0.06	0.04
21	0.01411	0.18	0.03	0.02

は地形要因(生値)の
要因値の上位5位

【0053】

10

20

30

40

50

次に、災害履歴が無い地域のデータがどれほど潜在的な危険度を有しているかを評価するために、各要因値を学習データと合わせて標準化してみた。その結果を表10に示す。ここでは、上位8位までのデータには学習データと比較した場合にも平均以上となるデータ（偏差値50以上のデータ）が多く含まれていることがみてとれる。逆に9位以下のデータはいずれも平均以下のデータであり、要因値の面からも危険度が低いものであることが推測できる。

【0054】

【表10】

危険度 ランク	分離超平面から の距離f(x)	地形要因(生値)			学習データと合わせて標準化		
		溪流長	流域面積	発生流域面積	溪流長 (偏差値)	流域面積 (偏差値)	発生流域面積 (偏差値)
1	-0.15516	0.95	0.37	0.32	63.77	54.71	80.46
2	-0.15037	0.44	0.79	0.07	49.32	66.31	49.06
3	-0.14992	1.24	0.32	0.14	71.99	53.33	57.86
4	-0.14664	0.91	0.31	0.28	62.64	53.05	75.44
5	-0.13979	1.11	0.21	0.15	68.30	50.29	59.11
6	-0.12725	1.64	0.16	0.05	83.33	48.90	46.55
7	-0.09947	0.64	0.08	0.05	54.98	46.69	46.55
8	-0.06004	0.61	0.16	0.06	54.13	48.90	47.81
9	-0.03342	0.33	0.05	0.01	46.20	45.87	41.53
10	-0.02912	0.41	0.06	0.03	48.47	46.14	44.04
11	-0.00868	0.36	0.05	0.04	47.05	45.87	45.30
12	-0.00864	0.46	0.12	0.05	49.88	47.80	46.55
13	-0.00771	0.37	0.06	0.04	47.33	46.14	45.30
14	-0.00429	0.4	0.19	0.07	48.18	49.73	49.06
15	-0.00345	0.37	0.06	0.05	47.33	46.14	46.55
16	-0.00184	0.18	0.02	0.01	41.95	45.04	41.53
17	0.00204	0.26	0.03	0.02	44.21	45.31	42.79
18	0.00478	0.25	0.03	0.02	43.93	45.31	42.79
19	0.01004	0.24	0.06	0.03	43.65	46.14	44.04
20	0.01096	0.25	0.06	0.04	43.93	46.14	45.30
21	0.01411	0.18	0.03	0.02	41.95	45.31	42.79

□ は地形要因(生値)の
要因値の上位5位

太字は偏差値60以上の
要因データ

【0055】

表11には学習データの危険度と無災害地域のテストデータの危険度を合わせ、危険性が高いと判断されたものから順に並べたものを示す（上位20位）。この上位20位までのデータには無災害地域のものは含まれなかった。よって、災害履歴のない地域には、極端に危険性の高い箇所は含まれていないことが証明された。

【0056】

10

20

30

【表 1 1】

ID	地域区分	災害履歴	分離超平面からの距離f(x)	地形要因(生値)			学習データとテストデータを合わせて標準化		
				溪流長	流域面積	発生流域面積	溪流長(偏差値)	流域面積(偏差値)	発生流域面積(偏差値)
150	学習	無	-0.18123	2.09	4.21	0.56	96.08	160.81	110.60
34	学習	無	-0.18123	0.51	1.61	0.16	51.30	88.97	60.37
85	学習	無	-0.18123	0.31	1.05	0.14	45.63	73.50	57.86
3	学習	有	-0.18123	1.29	0.56	0.44	73.41	59.96	95.53
1	学習	有	-0.18117	1.47	1.25	0.04	78.51	79.02	45.30
49	学習	無	-0.18105	1.78	0.69	0.06	87.29	63.55	47.81
98	学習	有	-0.18100	1.81	1.06	0.09	88.14	73.77	51.58
99	学習	有	-0.18096	1.14	0.87	0.06	69.15	68.52	47.81
141	学習	無	-0.18096	1.27	0.61	0.29	72.84	61.34	76.69
17	学習	無	-0.18095	0.82	0.4	0.37	60.09	55.54	86.74
83	学習	無	-0.17996	0.93	0.46	0.29	63.20	57.19	76.69
153	学習	無	-0.17921	1.29	0.65	0.17	73.41	62.44	61.62
66	学習	無	-0.17853	0.57	0.33	0.29	53.00	53.60	76.69
135	学習	無	-0.17790	1.2	0.22	0.05	70.86	50.56	46.55
131	学習	無	-0.17272	1.09	0.54	0.19	67.74	59.40	64.14
74	学習	無	-0.16910	1.03	0.48	0.04	66.04	57.75	45.30
20	学習	無	-0.16381	1.07	0.45	0.09	67.17	56.92	51.58
138	学習	無	-0.16377	0.94	0.47	0.17	63.49	57.47	61.62
108	学習	有	-0.16235	0.6	0.53	0.06	53.85	59.13	47.81
134	学習	無	-0.16164	1.03	0.4	0.1	66.04	55.54	52.83

 は地形要因(生値)の
 要因値の上位20位

太字は偏差値60以上の
 要因データ

10

【 0 0 5 7 】

表 1 2 は、学習データの危険度と無災害地域のテストデータの危険度を合わせ、危険性が高いと判断されたものから順に並べたものより下位20位を抽出したものである。こちらに含まれる無災害地域のデータも21個のうち3個と少なく、極端に危険度の低いデータのみが多かったわけではないことを証明している。

20

【 0 0 5 8 】

【表 1 2】

ID	地域区分	災害履歴	分離超平面からの距離f(x)	地形要因(生値)			学習データとテストデータを合わせて標準化		
				溪流長	流域面積	発生流域面積	溪流長(偏差値)	流域面積(偏差値)	発生流域面積(偏差値)
120	学習	無	0.00922	0.35	0.1	0.05	46.77	47.25	46.55
58	学習	無	0.00952	0.24	0.04	0.02	43.65	45.59	42.79
62	学習	無	0.00998	0.27	0.06	0.05	44.50	46.14	46.55
179	テスト	無	0.01004	0.24	0.06	0.03	43.65	46.14	44.04
9	学習	無	0.01037	0.14	0.03	0.03	40.81	45.31	44.04
183	テスト	無	0.01096	0.25	0.06	0.04	43.93	46.14	45.30
42	学習	無	0.01160	0.19	0.02	0.02	42.23	45.04	42.79
47	学習	無	0.01168	0.34	0.11	0.06	46.48	47.52	47.81
70	学習	有	0.01275	0.29	0.09	0.05	45.06	46.97	46.55
121	学習	無	0.01276	0.15	0.03	0.03	41.10	45.31	44.04
128	学習	無	0.01310	0.26	0.05	0.04	44.21	45.87	45.30
196	テスト	無	0.01411	0.18	0.03	0.02	41.95	45.31	42.79
89	学習	無	0.01411	0.18	0.03	0.02	41.95	45.31	42.79
30	学習	無	0.01487	0.27	0.09	0.04	44.50	46.97	45.30
12	学習	無	0.01495	0.26	0.08	0.03	44.21	46.69	44.04
40	学習	無	0.01497	0.26	0.06	0.04	44.21	46.14	45.30
143	学習	無	0.01526	0.2	0.04	0.02	42.51	45.59	42.79
172	学習	無	0.01613	0.16	0.04	0.03	41.38	45.59	44.04
13	学習	無	0.01712	0.19	0.03	0.03	42.23	45.31	44.04
68	学習	無	0.01712	0.19	0.03	0.03	42.23	45.31	44.04

30

40

【 0 0 5 9 】

無災害地域で危険度が高いと判定されたデータのグループは、28位以下になってはじめて表れてくる。表 1 3 は20~40位となったデータを示す。ここには無災害地域のデータも多くランクされている。この順位域のデータで災害の発生履歴があるものは少ないものの、総合的な危険度順位としては中位以上に位置しているため、今後の誘因の作用によっては災害発生の可能性が十分あることを考慮すべき対象と判断できる。

以上のことから、潜在的危険度を有する地点を教師値データ用いることなく評価することが可能であることが分かった。本手法を適用することで設定される危険度の値は要注意箇所を特定する有効な指標となることが考えられる。

【 0 0 6 0 】

50

【表 13】

ID	地域区分	災害履歴	分離超平面からの距離f(x)	地形要因(生値)			学習データとテストデータを合わせて標準化		
				溪流長	流域面積	発生流域面積	溪流長(偏差値)	流域面積(偏差値)	発生流域面積(偏差値)
134	学習	無	-0.16164	1.03	0.4	0.1	66.04	55.54	52.83
165	学習	有	-0.16135	0.56	0.29	0.23	52.72	52.50	69.16
45	学習	無	-0.15930	0.38	0.21	0.21	47.62	50.29	66.65
54	学習	無	-0.15823	0.67	0.23	0.23	55.83	50.84	69.16
105	学習	無	-0.15791	0.86	0.5	0.07	61.22	58.30	49.06
11	学習	無	-0.15744	0.75	0.49	0.04	58.10	58.02	45.30
142	学習	無	-0.15625	0.83	0.34	0.22	60.37	53.88	67.90
145	学習	無	-0.15571	0.97	0.35	0.18	64.34	54.15	62.88
190	テスト	無	-0.15516	0.95	0.37	0.32	63.77	54.71	80.46
102	学習	無	-0.15413	0.31	0.19	0.18	45.63	49.73	62.88
161	学習	無	-0.15167	0.91	0.26	0.07	62.64	51.67	49.06
149	学習	無	-0.15049	0.83	0.21	0.21	60.37	50.29	66.65
53	学習	無	-0.15040	0.91	0.4	0.07	62.64	55.54	49.06
176	テスト	無	-0.15037	0.44	0.79	0.07	49.32	66.31	49.06
195	テスト	無	-0.14992	1.24	0.32	0.14	71.99	53.33	57.86
146	学習	無	-0.14970	0.5	0.24	0.2	51.02	51.12	65.39
2	学習	有	-0.14950	0.9	0.24	0.18	62.35	51.12	62.88
160	学習	無	-0.14901	0.87	0.2	0.08	61.50	50.01	50.32
152	学習	無	-0.14787	0.77	0.2	0.2	58.67	50.01	65.39
189	テスト	無	-0.14664	0.91	0.31	0.28	62.64	53.05	75.44
63	学習	無	-0.14495	0.81	0.23	0.13	59.80	50.84	56.60

10

20

は地形要因(生値)の要因値の上位20位

太字は偏差値60以上の要因データ

【0061】

同様の実施例として、ある地域に存在する急傾斜地崩壊危険箇所を対象に、表2に示したような過去の災害危険箇所データ10から、ある地域の調査によって得られたデータ(データ数:297個)を基に、SVMを用いて種々の地形要因から分離超平面を構築し、分離超平面からの距離 $f(x)$ を利用して危険度評価を行う。急傾斜地崩壊危険箇所データを用い、SVMによって分離超平面からの距離 $f(x)$ 算出した結果を図12(a)、(b)に示す。図12(b)は図12(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離したものである。また、図12(a)、(b)の中央にある太い破線が分離超平面を示しており $f(x) = 0$ である。それを基準として、左側を危険領域($f(x) < 0$)、右側を安全領域($f(x) > 0$)と判断する。なお、本実施例においては、土石流危険溪流の実施例と同様に、危険性が高い箇所を的確にとらえるためにウィルコクソン順位和検定及び、カイ2乗検定による要因抽出を行った。検定の結果、入力する地形要因は、急傾斜地崩壊危険箇所の延長・斜面高さ・遷急線の位置・地盤の状況・植木の樹齢・調査斜面(位置)・隣接斜面(崩壊履歴)の7要因となった。但し、このような要因抽出は分析上必須となる操作ではなく、表2に示してある通り26要因全てを使用して解析を進めることも可能である。また、解析を行う上で、要因抽出する手法や要因数による制限があることはない。

30

図12(a)、(b)より危険側に発生箇所の分布が高くなるように危険箇所を分離できおり、急傾斜地崩壊危険箇所でも教師値データに頼ることなく危険性の高い箇所の評価ができた。

40

【0062】

同様の実施例として、ある地域に存在する鋼橋の伸縮継手点検データ(データ数:256個)を対象に、SVMを用いて表3に示すような種々の損傷要因から分離超平面を構築して危険度評価を行う。鋼橋の伸縮継手点検データの分析結果を図13(a)、(b)に示す。図13(b)は図13(a)で得た結果をカテゴリ毎に要補修・補修不要データに分離したものである。また、図13(a)、(b)の中央にある破線が分離超平面を示しており $f(x) = 0$ である。それを基準として、左側を危険領域($f(x) < 0$)、右側を安全領域($f(x) > 0$)と判断する。なお、本実施例においては、入力部で入力する劣化要因は各損傷箇所について、ボルトの緩み・異常音・漏水の有無等の損傷に関わる9要因全てを使用して解析

50

を進めた。

図13(a)、(b)より、この点検データでは要補修箇所がデータの大半を占めるために、安全側にも要補修箇所の分布が見られたが、危険側の方が要補修箇所の分布が高くなるように点検箇所を分離できている。この結果、鋼橋点検箇所でも教師値データを用いることなく危険性の高い箇所の評価ができた。また、 $f(x)$ の値は今後補修を行う順番を特定する有効な指標にもなると考えられる。

【0063】

同様の実施例として、ある地域に存在する発電所維持管理用斜面カルテ(データ数:80個)に記載してある調査斜面を対象に、SVMを用いて表4に示すような種々の斜面調査項目から分離超平面を構築して危険度評価を行った。検討に用いた要因は、表4に示す14要因より、カテゴリ値の増加に伴い災害の発生率が上昇する崩壊性要因を持つ地形(崩壊跡地)、崩壊性要因を持つ地形(崖錐地形、土石流跡地)、表土および浮石・転石の状況、当該のり面斜面の変状、隣接するのり面・斜面等の変状の5要因を用いた。分析結果を図14(a)、(b)に示す。図14(b)は図14(a)で得た結果をカテゴリ毎に発生・非発生データに分離したものである。また、図14(a)、(b)の中央にある破線が分離超平面を示しており $f(x) = 0$ である。それを基準として、左側を危険領域($f(x) < 0$)、右側を安全領域($f(x) > 0$)と判断する。

図14(b)より危険領域側に発生的中率が高くなるように評価できており、発電所調査斜面でも教師値データに頼ることなく危険性の高い箇所の評価ができた。

【0064】

同じデータを対象として、調査斜面を火成岩(データ数:52箇所)と堆積岩(データ数:28箇所)の地質毎に分類し、分析を実施した結果を図15(a)、(b)、図16(a)、(b)に示す。なお、検討には、表4に示す14要因のうちカテゴリ値の増加に伴い災害の発生率が上昇する要因を抽出して用いた。火成岩地域では、崩壊性要因を持つ地形(崩壊跡地)、崩壊性要因を持つ地形(崖錐地形、土石流跡地)、崩壊性の構造、表土および浮石・転石の状況、当該のり面斜面の変状、隣接するのり面・斜面等の変状の6要因とし、堆積岩地域では、崩壊性要因を持つ地形(崖錐地形、土石流跡地)、表土および浮石・転石の状況、当該のり面斜面の変状、隣接するのり面・斜面等の変状の4要因とした。

図15(b)、図16(b)より危険領域側に発生的中率が高くなるように評価できており、地質毎に分類した場合でも正しい危険度評価ができています。

【0065】

ついで、ある地域の道路防災総点検カルテを基に調査された斜面(データ数:604箇所)を学習データとして用い、それによって構築した分離超平面の汎用性について検証を行った。なお、検討には、カテゴリ値の増加に伴い災害の発生率が上昇する崩壊性の岩質、崩壊性の構造、崩壊性の構造、高さ、隣接するのり面・斜面等の変状、既設対策工の効果の程度の6要因を用いた。テストデータには分離超平面を構築したデータと同じ地質が分布する地域のデータ(データ数:28箇所)を採用することとした。学習データの結果を図17(a)、(b)に、テストデータによる結果を図18(a)、(b)に示す。図18(b)より、危険領域側ほど発生的中率が上昇するような判定が出来ていることから、先に構築した分離超平面には汎用性があるものと認められた。

【0066】

ついで、段落0063、段落0064の結果を実際の発電所維持管理用斜面カルテに記載してある調査項目の要因値と照らし合わせ、危険度評価を行った。表14は図15(a)、(b)の結果を基に、危険性が高いと判断された斜面から順に並べたものより上位10位を抽出したものである。表15は図16(a)、(b)の結果を基に、危険性が高いと判断された斜面から順に並べたものより上位10位を抽出したものである。

表14より、発生経験のある斜面が1位と2位であり、それに類似した危険なカテゴリを有している災害履歴のない斜面が3～10位を占めている。これは、これまで災害経験のない斜面についても、今後の誘因の作用によっては災害発生の可能性が十分あることを示唆するものといえる。表15では、発生経験のある斜面とそうでない斜面が半々でランク

10

20

30

40

50

インしている。この結果からも、これまで災害経験のない斜面が発生経験のある斜面と同等の危険性があることが分かる。

【 0 0 6 7 】

【表 1 4】

ID	災害履歴	順位	f(x)	要因1	要因2	要因5	要因7	要因12	要因13
				G 2 : 崩壊跡地、 遷急線明瞭	G 1 : 崖錐地形 G 3 : 台地の裾 部、脚部浸 食、オーバー ンク、集水 型斜面、土 石流跡地な ど	流れ盤(層 理面、弱 線)	表土および 浮石・転石 の状況	当該のり面 斜面の変状 (肌落ち・小 落石・ガリ 浸食・洗掘 ・パイピン グ孔・陥没 ・はらみ出 し・根曲り ・倒木・亀 裂・開口亀 裂・その他 対策工の変 状)	隣接するの り面・斜面 等の変状 (落石・崩 壊・亀裂・ はらみ出し ・その他の 変状)
N24	発生	1	-1.68E-01	3	3	1	3	3	3
N36	発生	2	-1.65E-01	3	2	2	3	3	3
N31	非発生	3	-1.21E-01	3	3	1	1	2	2
N22	非発生	4	-1.18E-01	1	1	1	1	1	3
N14	非発生	5	-9.69E-02	1	1	1	2	3	3
N15	非発生	5	-9.69E-02	1	1	1	2	3	3
N40	非発生	7	-9.38E-02	3	3	2	3	3	1
N26	非発生	8	-9.29E-02	2	2	1	1	2	3
N23	非発生	9	-8.25E-02	3	3	2	2	3	1
N27	非発生	10	-7.78E-02	3	2	1	1	3	1

太字は要因データの最大値

10

20

【 0 0 6 8 】

【表 1 5】

ID	災害履歴	順位	f(x)	要因2	要因7	要因12	要因13
				G 1 : 崖錐地形 G 3 : 台地の裾 部、脚部浸 食、オーバー ンク、集水 型斜面、土 石流跡地な ど	表土および 浮石・転石 の状況	当該のり面 斜面の変状 (肌落ち・小 落石・ガリ 浸食・洗掘 ・パイピン グ孔・陥没 ・はらみ出 し・根曲り ・倒木・亀 裂・開口亀 裂・その他 対策工の変 状)	隣接するの り面・斜面 等の変状 (落石・崩 壊・亀裂・ はらみ出し ・その他の 変状)
K11	発生	1	-6.80E-02	3	3	3	3
K3	非発生	2	-5.34E-02	3	3	3	1
K1	発生	3	-3.45E-02	2	3	1	1
K10	発生	4	-3.20E-02	1	1	3	3
M12	非発生	5	-1.60E-02	2	1	1	1
M15	発生	6	-1.39E-02	1	3	2	3
M14	発生	7	-9.63E-03	1	3	3	2
K2	非発生	8	-5.14E-03	1	1	1	2
K12	非発生	9	-5.55E-17	1	1	2	2
M1	非発生	9	-5.55E-17	2	2	3	1

太字は要因データの最大値

30

40

【産業上の利用可能性】

【 0 0 6 9 】

自治体をはじめとして高速道路、トンネル、ダム、高層ビル、鉄塔などを管理する管理団体、検査団体あるいは設計会社、建設会社、コンサルティング会社など建築構造物、土木構造物あるいは災害危険箇所に関係するあらゆる団体、企業において、構造物の建設から構造物や危険箇所の補修計画の立案、補修工事の施工後の管理まで幅広い用途がある。また、教育機関などにおいて構造物における事故や災害危険箇所における事故や災害の未然防止や避難訓練用の教材としても活用が見込まれる。さらに、建設・土木事業を営む企業においては、補修工事業のニーズ掘り起こしや事業提案のためのツール、あるいは公的機関との連携を図るための共有ツールとして活用が可能であり、企業の補修工事技術に

50

関する研究開発や設計事業などの用途にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0070】

【図1】本実施の形態に係る危険度評価システムに採用される SVM の概念図である。

【図2】本実施の形態に係る危険度評価システムの構成図である。

【図3】本実施の形態に係る危険度評価システムを用いた演算処理方法を示すフローチャートである。

【図4】 SVM を用いて解析した分離超平面を2次元イメージにした概念図である。

【図5】本実施の形態に係る危険度評価システムを用いて解析した場合の分離超平面形成時のデータの分布例を示す概念図である。

10

【図6】本実施の形態に係る危険度評価システムを用いて解析した場合の分離超平面と発生データの位置関係を示す概念図である。

【図7】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムを用いて土石流危険渓流データについて SVM によって構築された分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害の発生・非発生履歴でデータを分離して表示したものである。

【図8】(a)、(b)いずれも本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて、抽出要因を用いたテストデータによる SVM の結果を示すグラフである。

【図9】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて表8で設定したパラメータを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離して表示したものである。

20

【図10】(a)、(b)いずれも本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて、土石流危険渓流5要因を用いたテストデータによる SVM の結果を示すグラフである。

【図11】本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて、災害のない地域による SVM の結果を示すグラフである。

【図12】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて急傾斜地崩壊危険箇所データを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離して表示したものである。

30

【図13】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて鋼橋点検データを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に要補修・補修不要データに分離して表示したものである。

【図14】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて発電所維持管理用斜面カルテデータを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に要補修・補修不要データに分離して表示したものである。

【図15】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて発電所維持管理用斜面カルテデータのうち、火成岩地域のデータを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に要補修・補修不要データに分離して表示したものである。

40

【図16】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて発電所維持管理用斜面カルテデータのうち、堆積岩地域のデータを用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に要補修・補修不要データに分離して表示したものである。

【図17】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて道路防災総点検カルテデータを基に調査された斜面を学習データとして用いて SVM によって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離して表示したものである。

50

【図18】(a)は、本実施の形態に係る危険度評価システムにおいて道路防災総点検カルテデータに関するテストデータを用いて SVMによって分離超平面からの距離 $f(x)$ を算出した結果を示すグラフであり、(b)は(a)で得た結果をカテゴリ毎に災害発生・非発生データに分離して表示したものである。

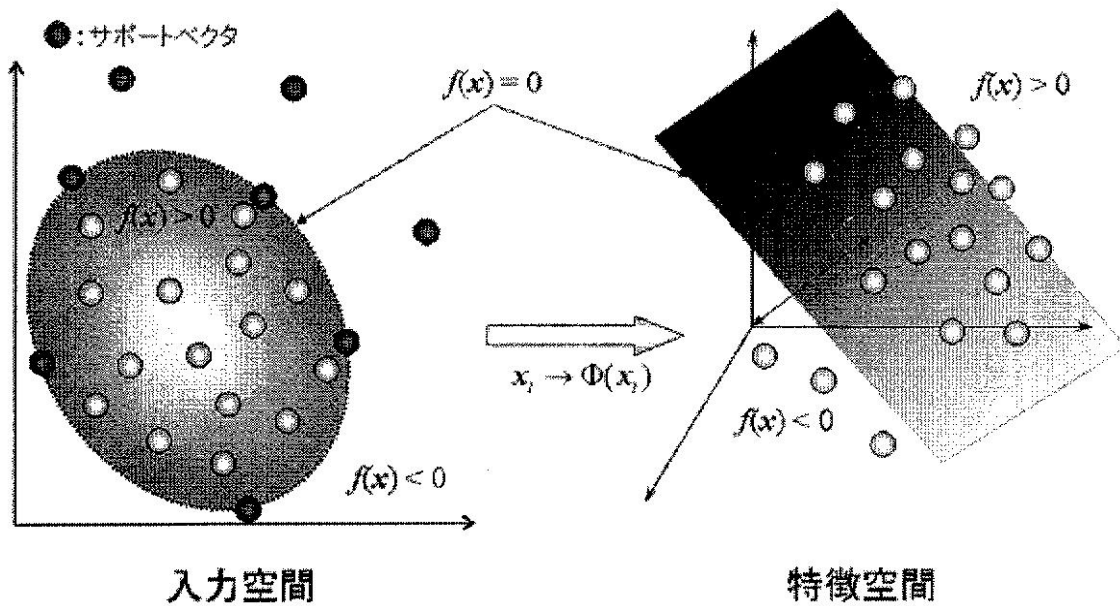
【符号の説明】

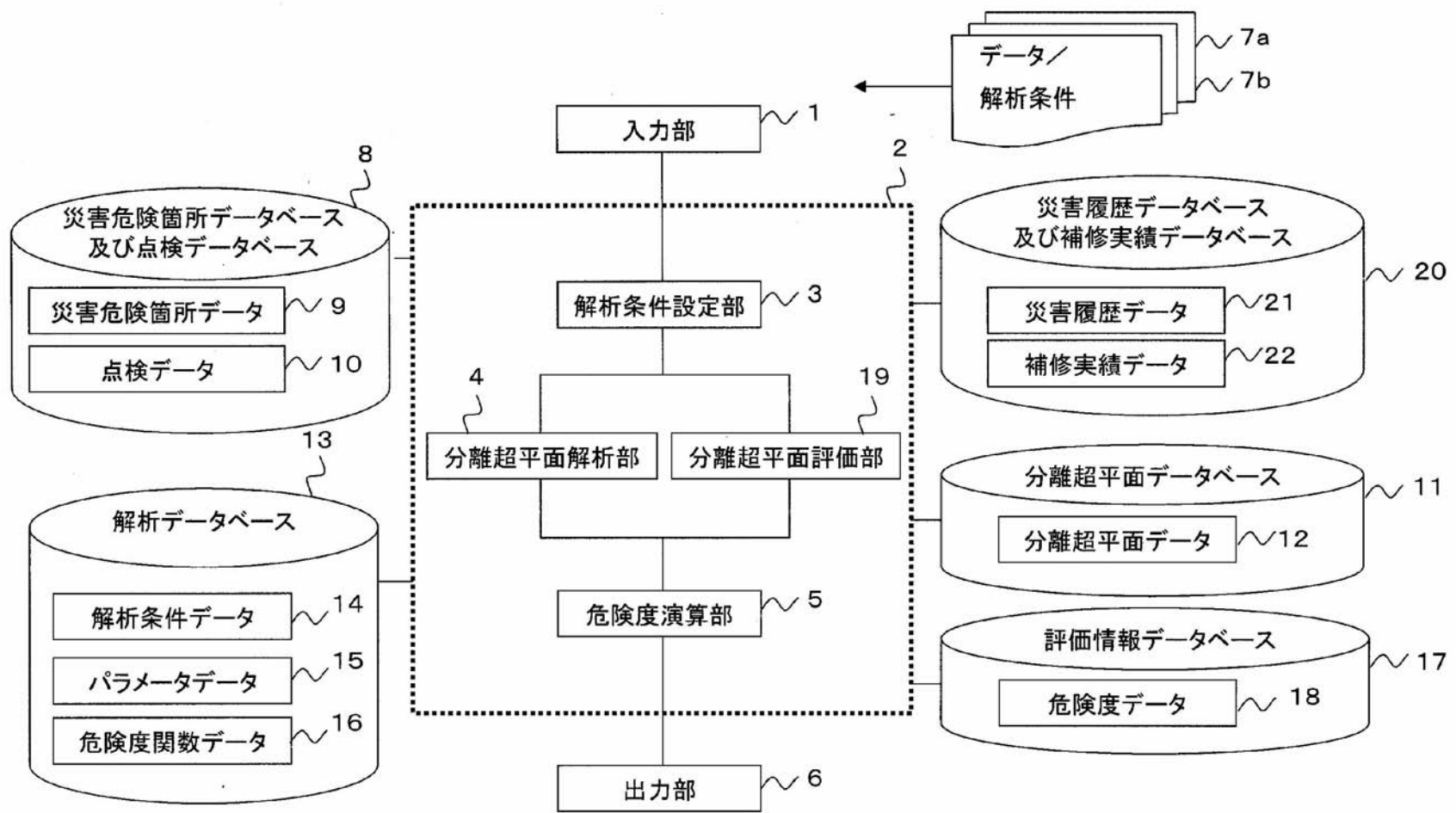
【0071】

1...入力部 2...演算部 3...解析条件設定部 4...分離超平面解析部 5...危険度演算部 6...出力部 7a...データ 7b...解析条件 8...災害危険箇所データベース・点検データベース 9...災害危険箇所データ 10...点検データ 11...分離超平面データベース 12...分離超平面データ 13...解析データベース 14...解析条件データ 15...パラメータデータ 16...危険度関数データ 17...評価情報データベース 18...危険度データ 19...分離超平面評価部 20...災害履歴データベース・補修実績データベース 21...災害履歴データ 22...補修実績データ

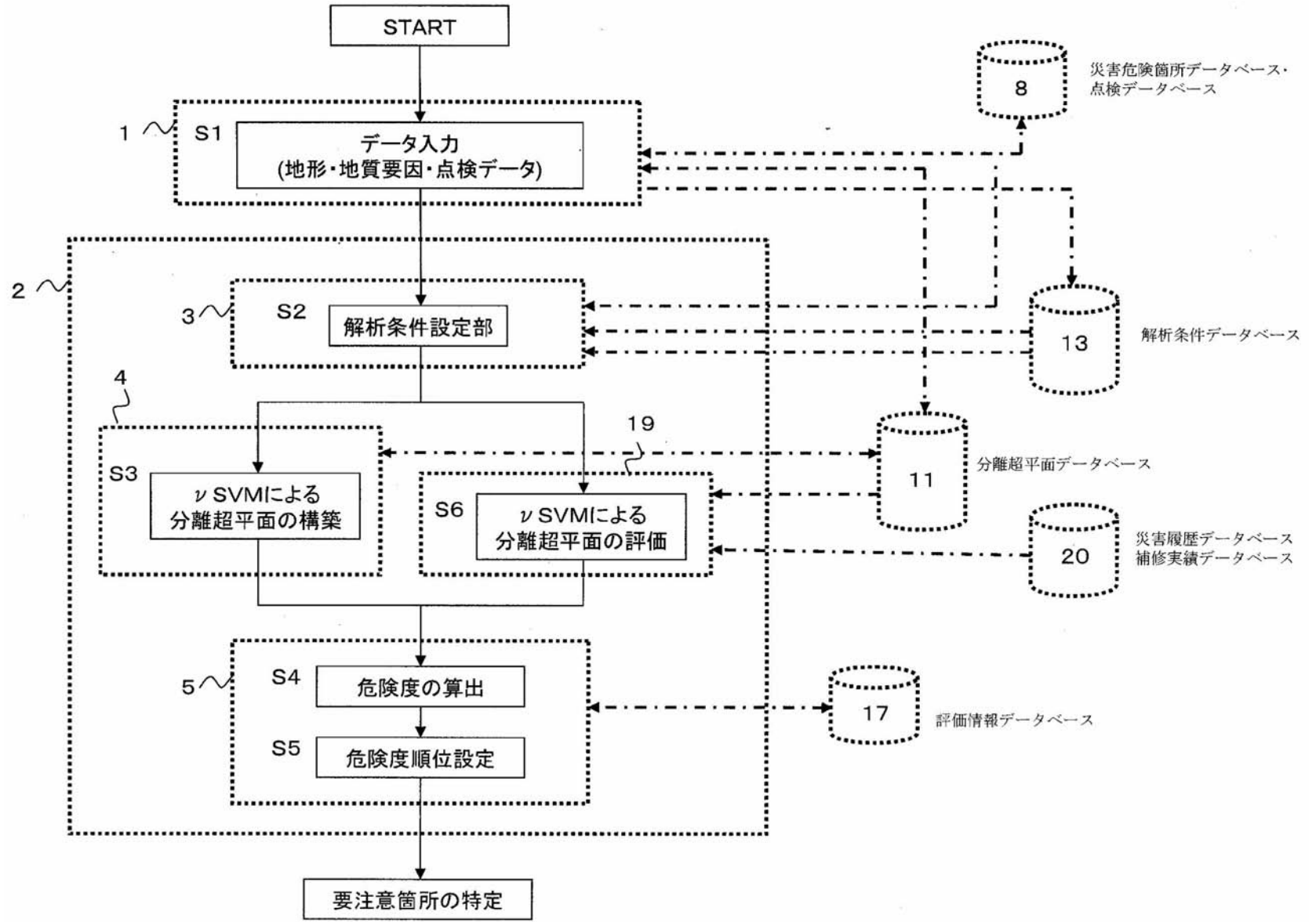
10

【図1】

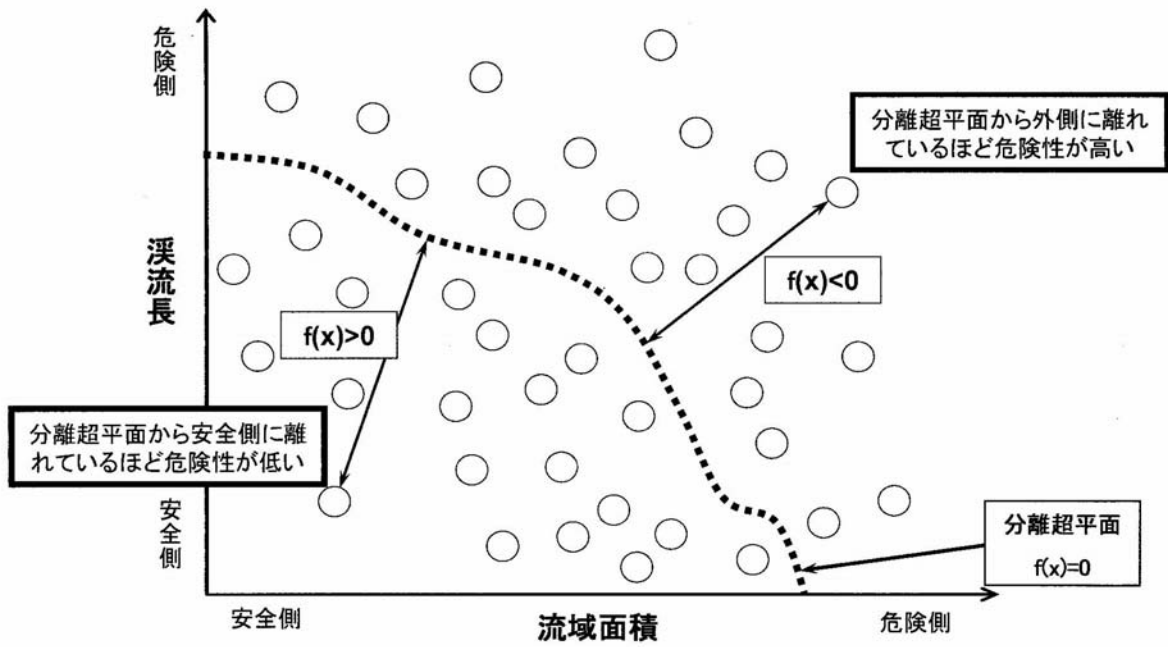




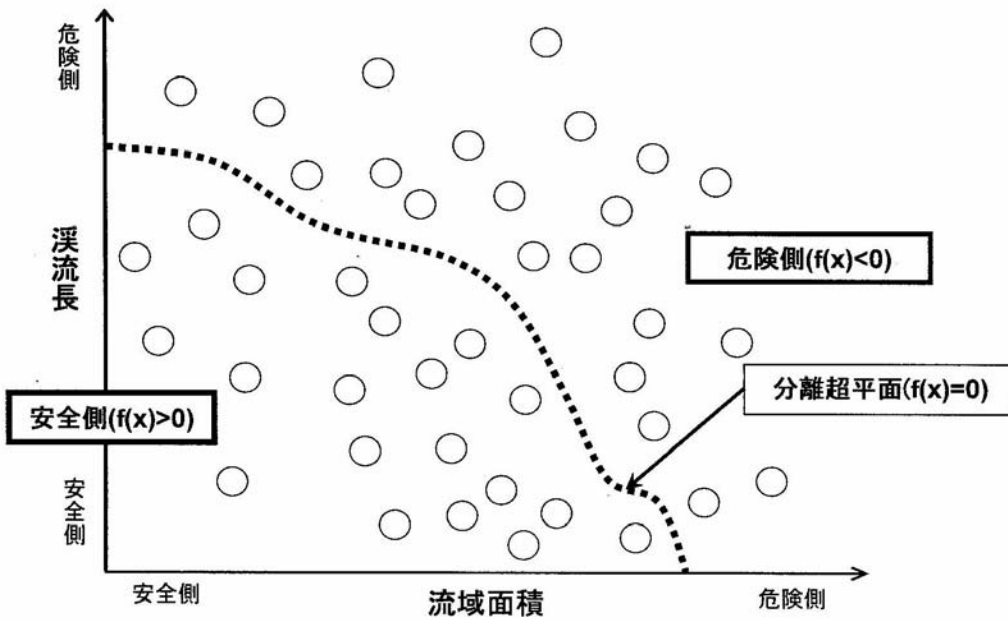
【図2】



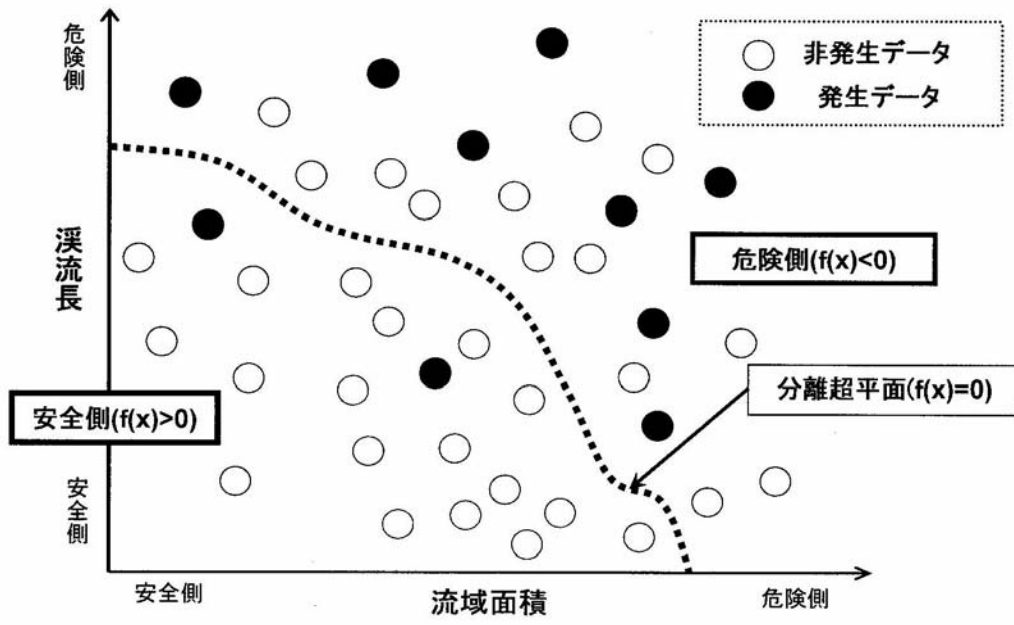
【 図 4 】



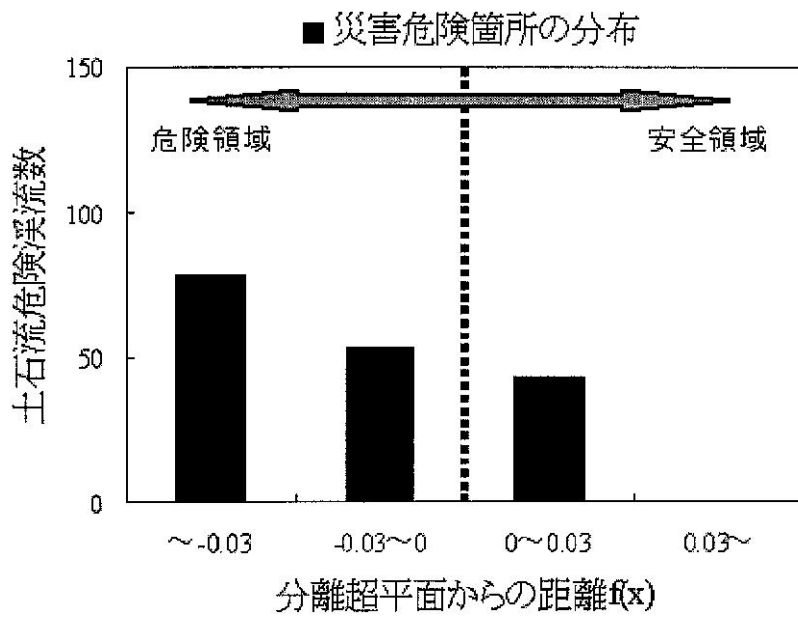
【 図 5 】



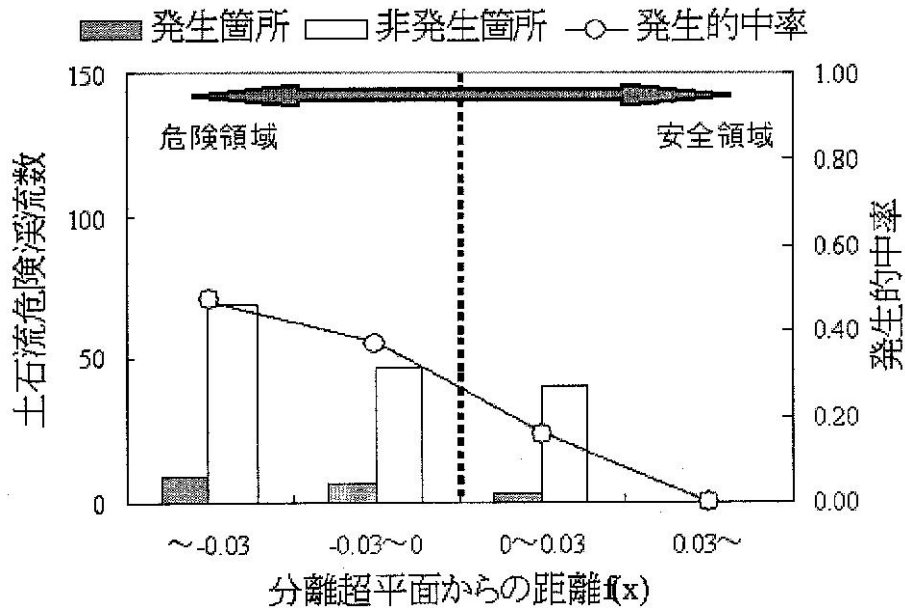
【図6】



【図7】

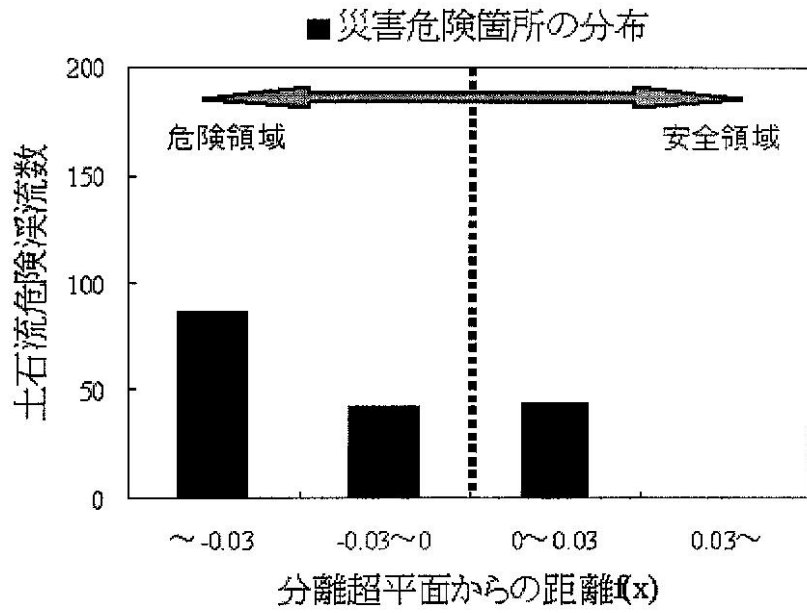


(a)

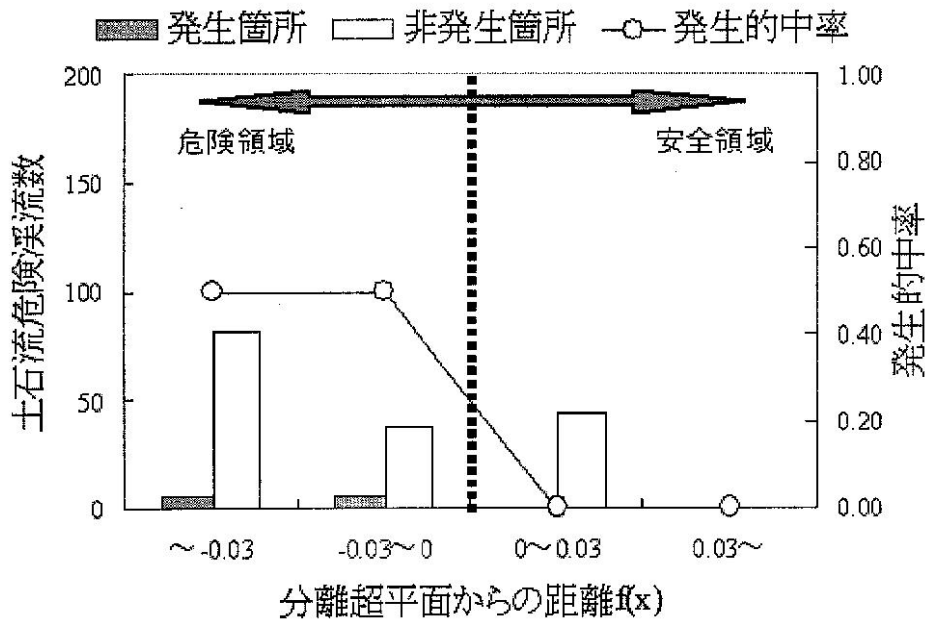


(b)

【 図 8 】

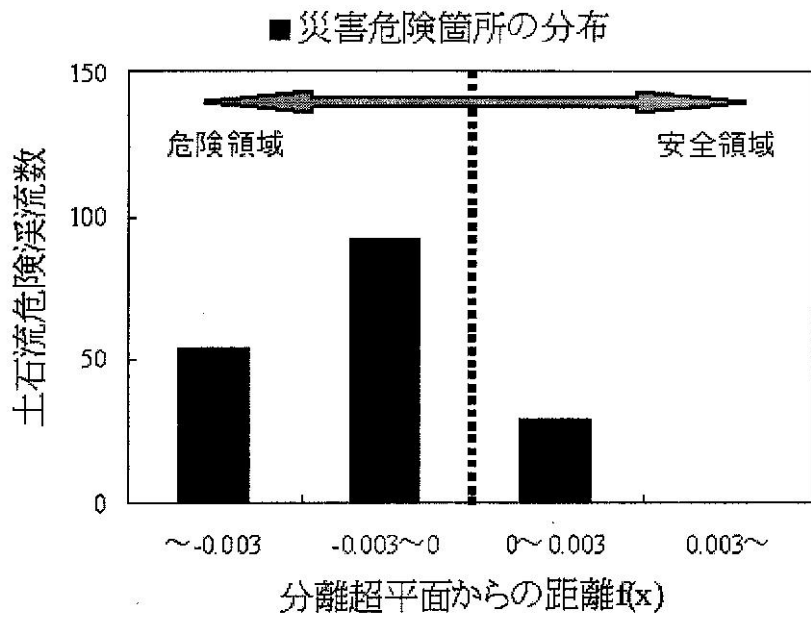


(a)

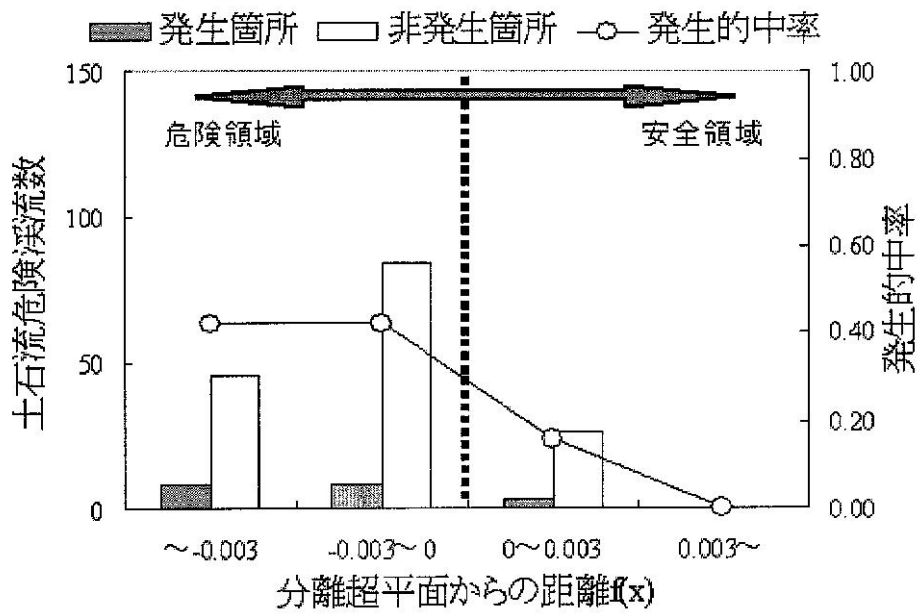


(b)

【図9】

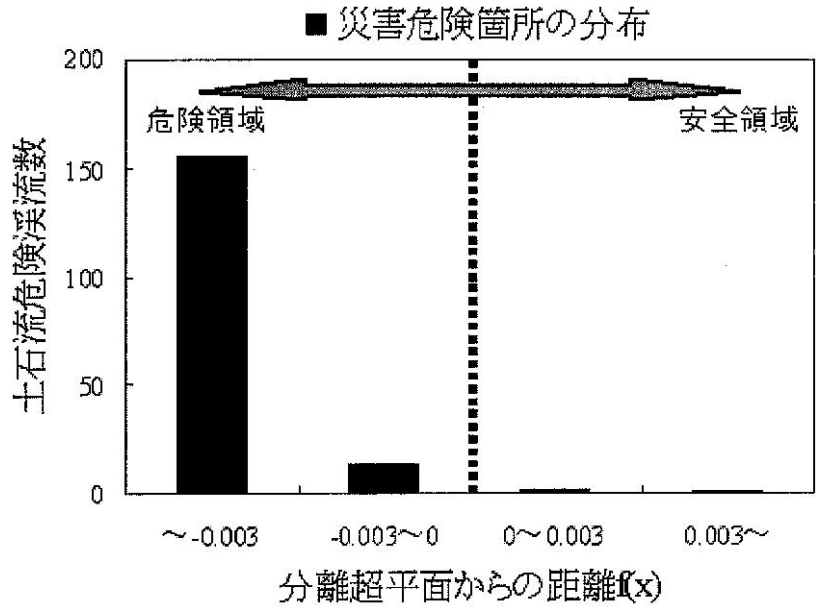


(a)

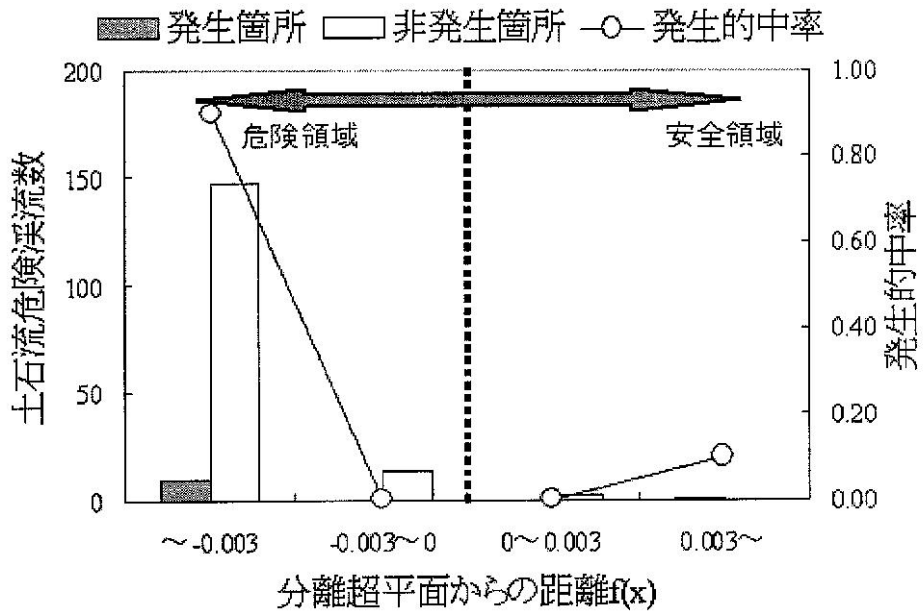


(b)

【図10】

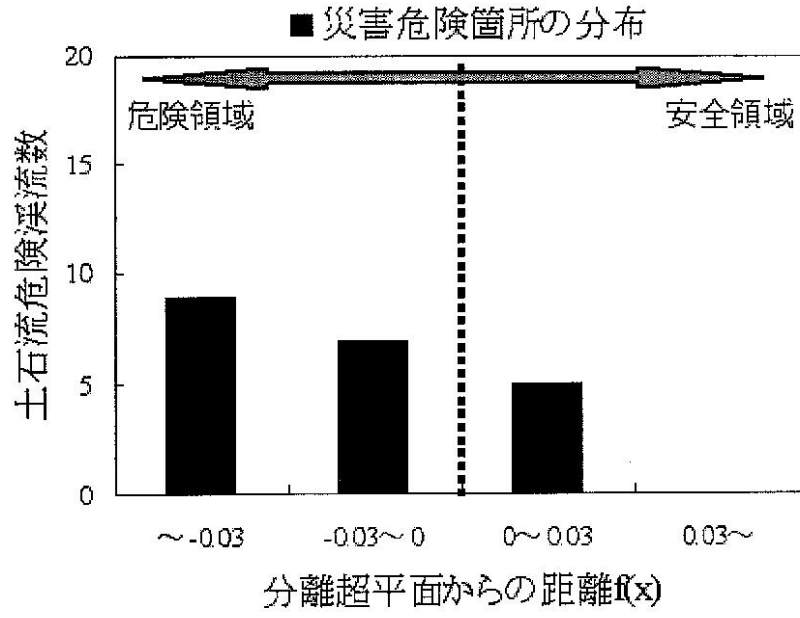


(a)

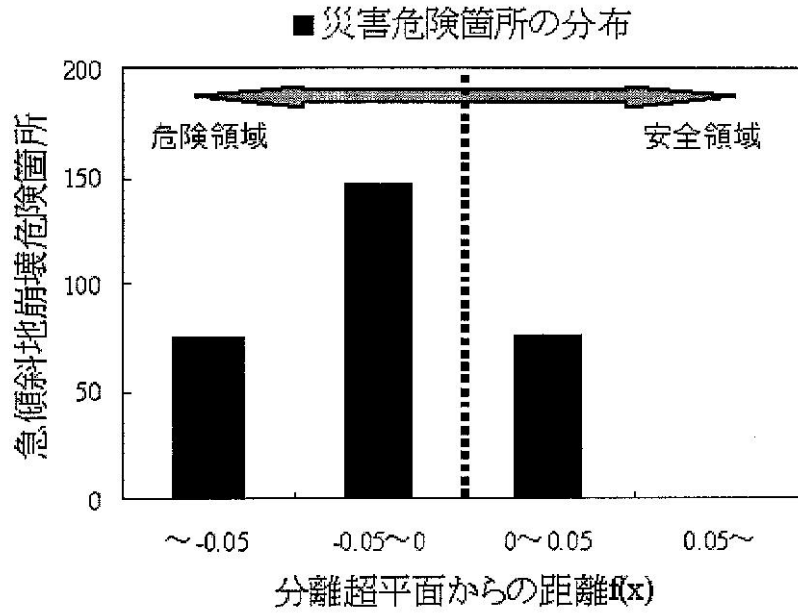


(b)

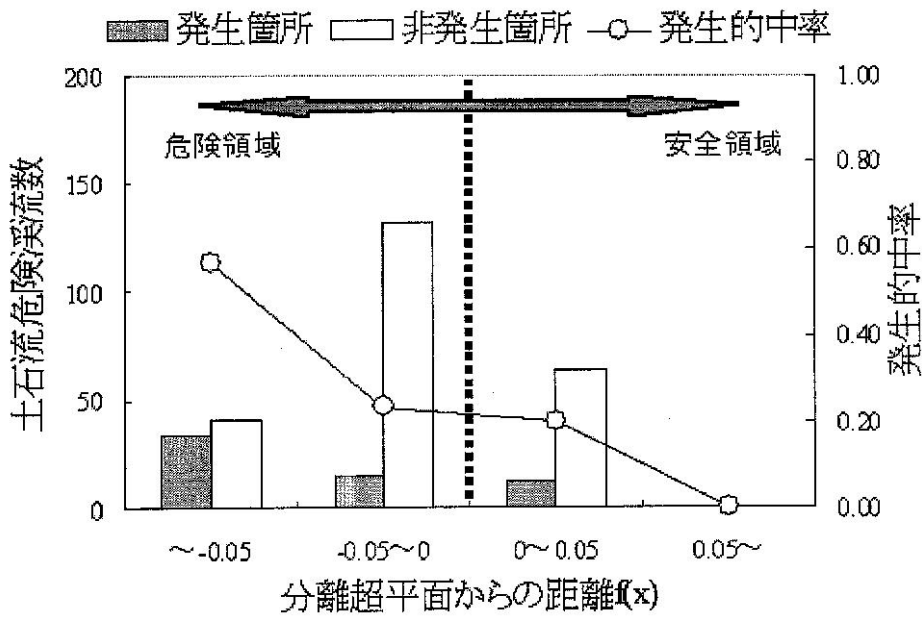
【図11】



【図12】

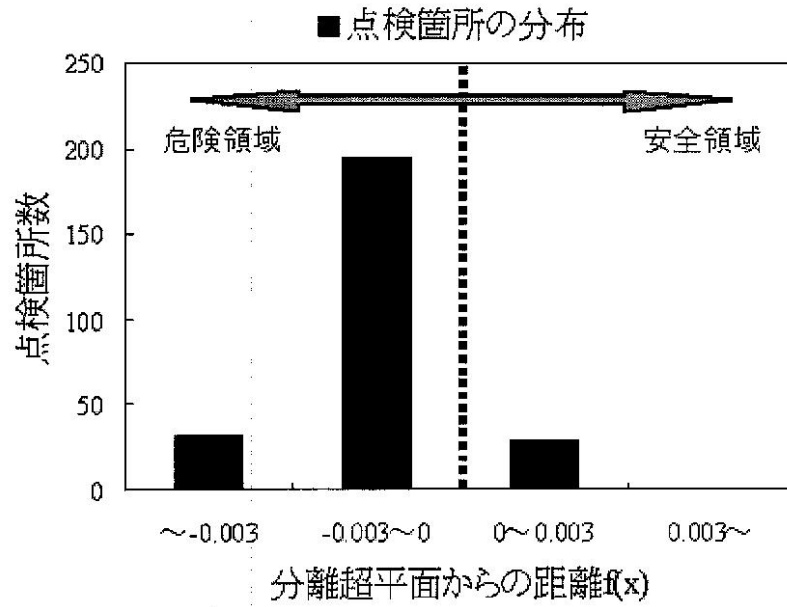


(a)

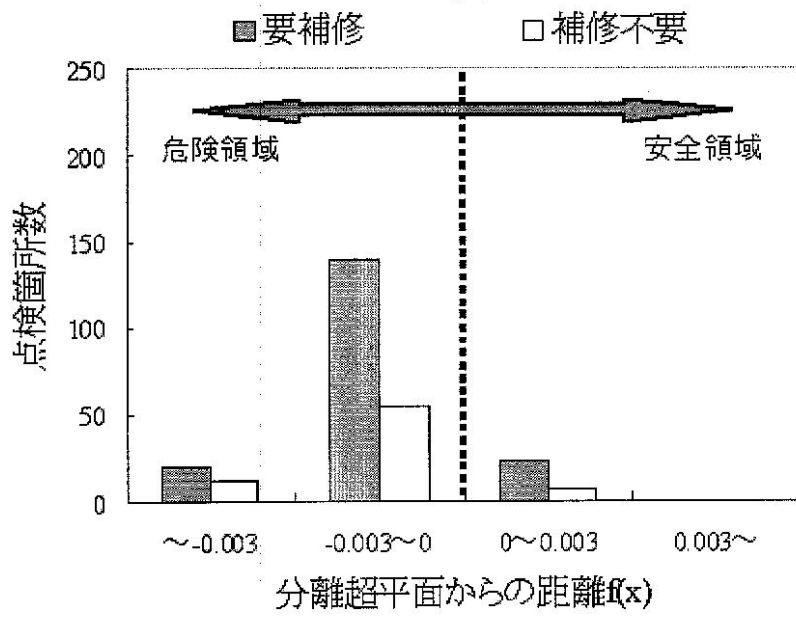


(b)

【図13】

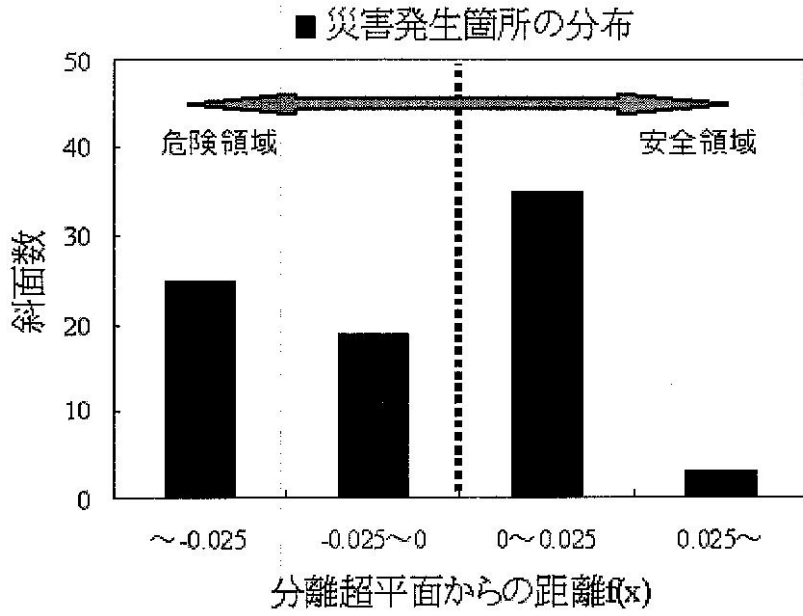


(a)

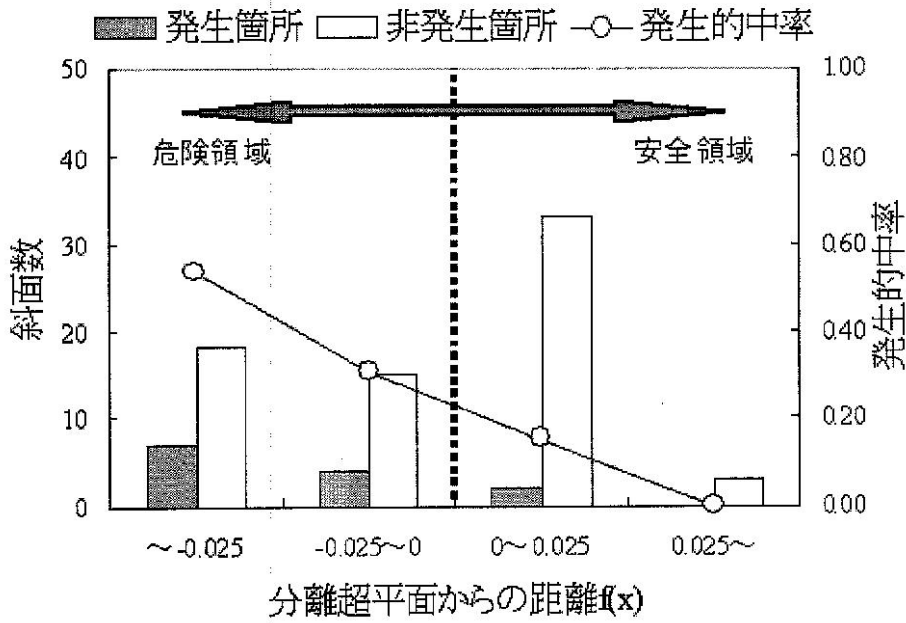


(b)

【 図 1 4 】

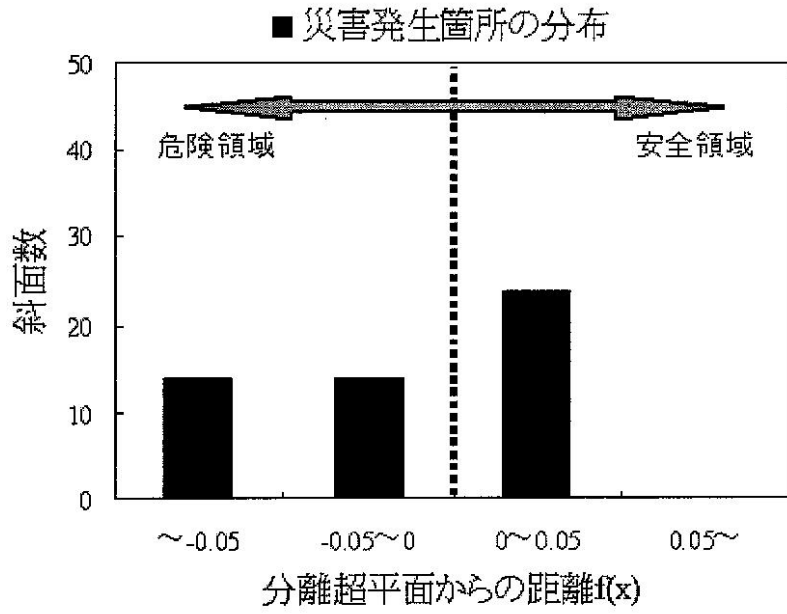


(a)

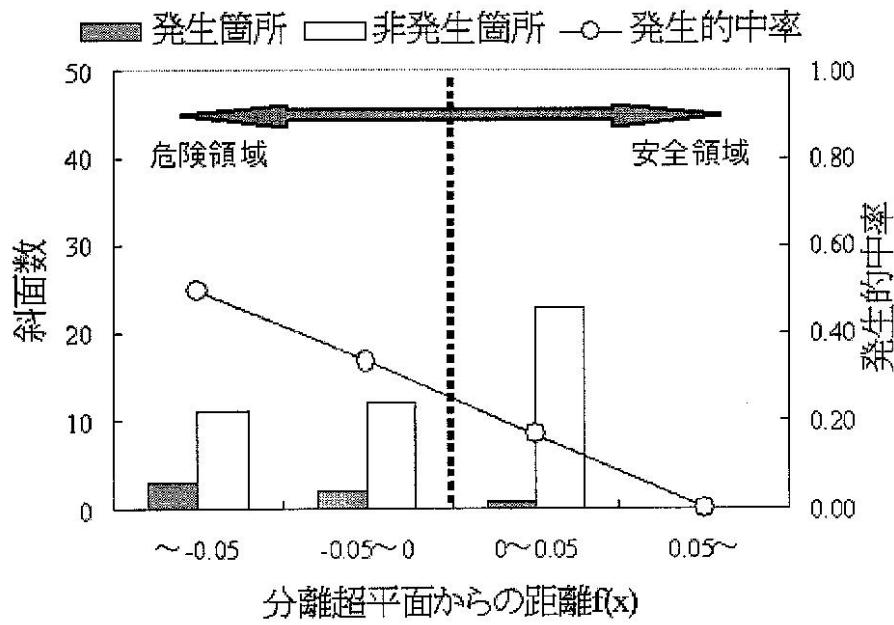


(b)

【図15】

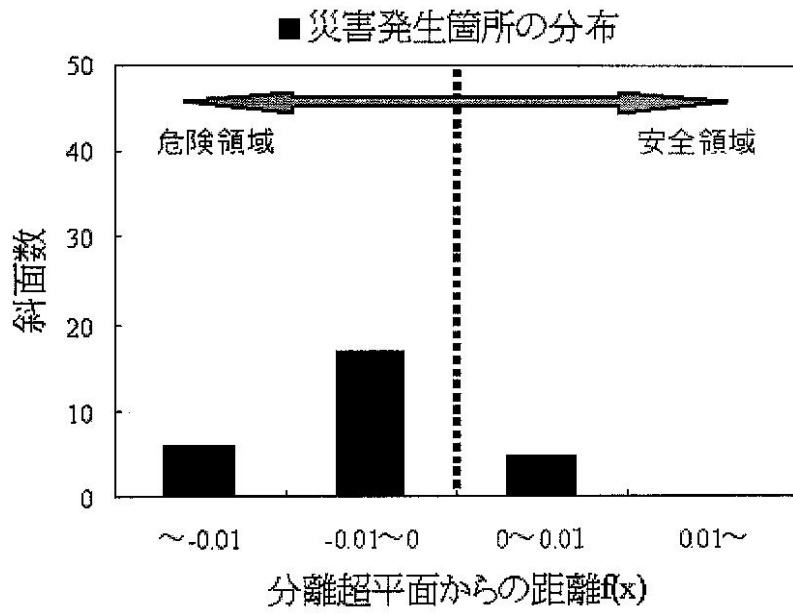


(a)

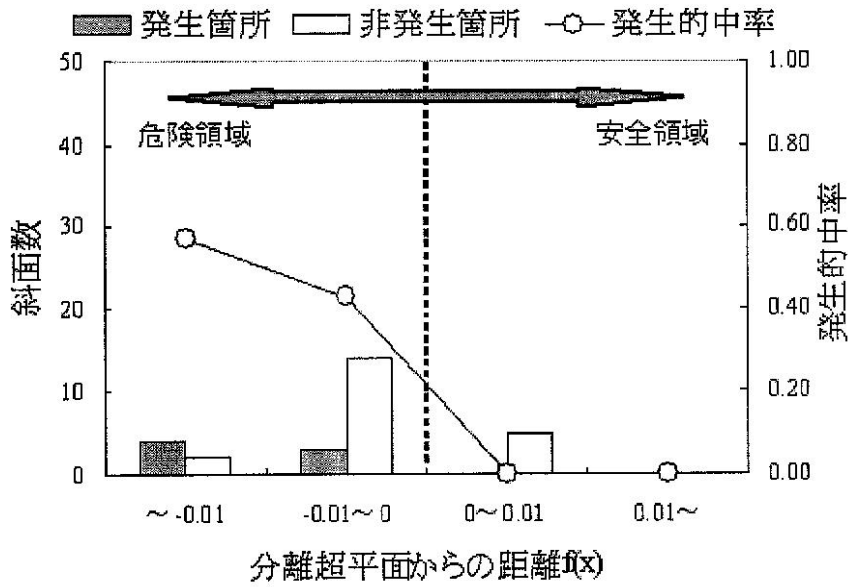


(b)

【図16】

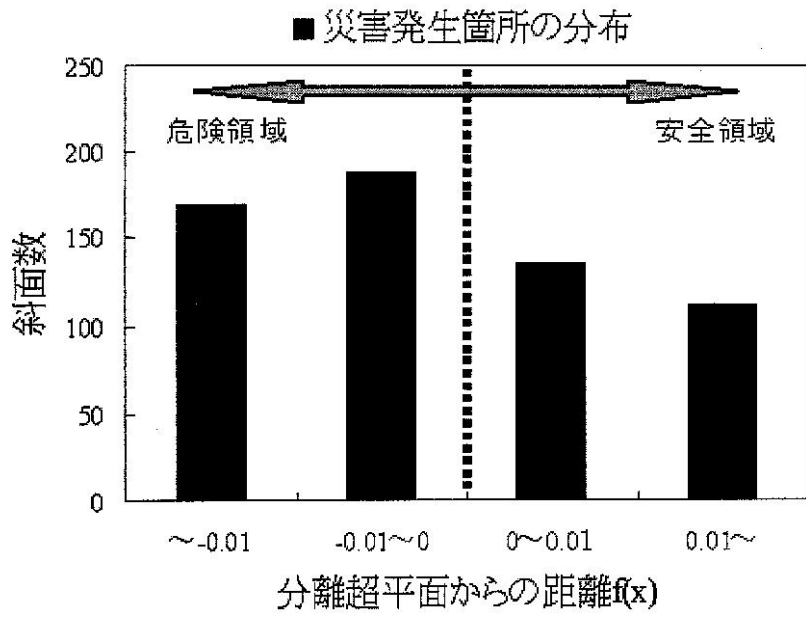


(a)

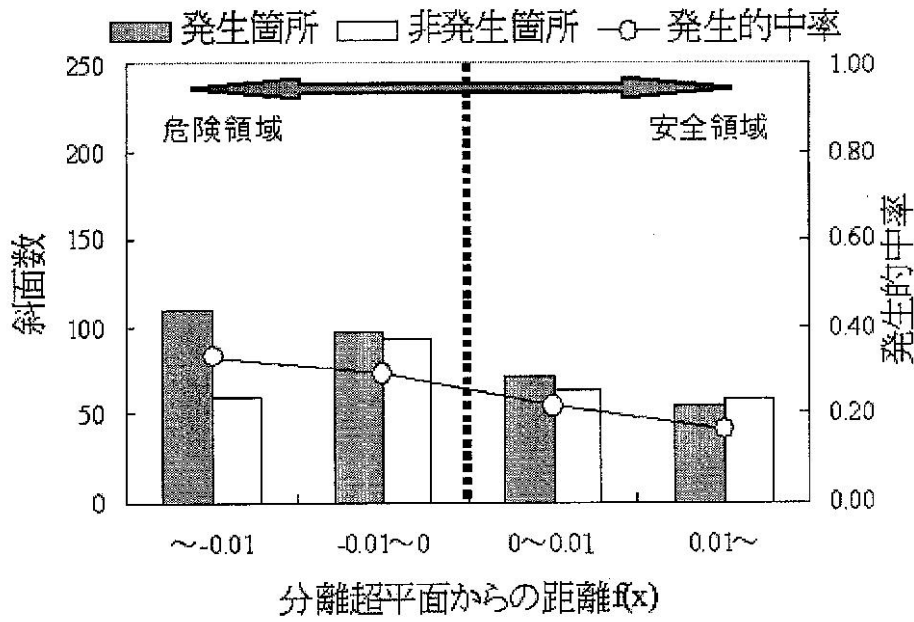


(b)

【図17】

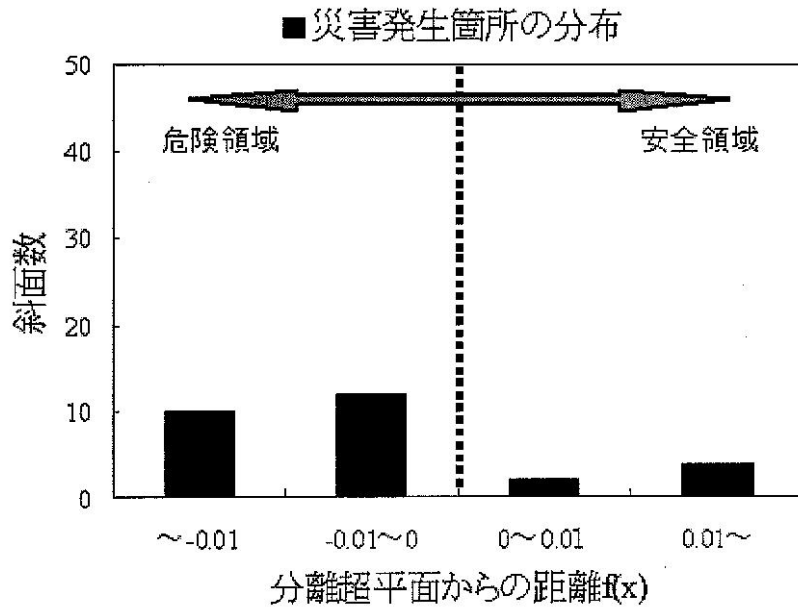


(a)

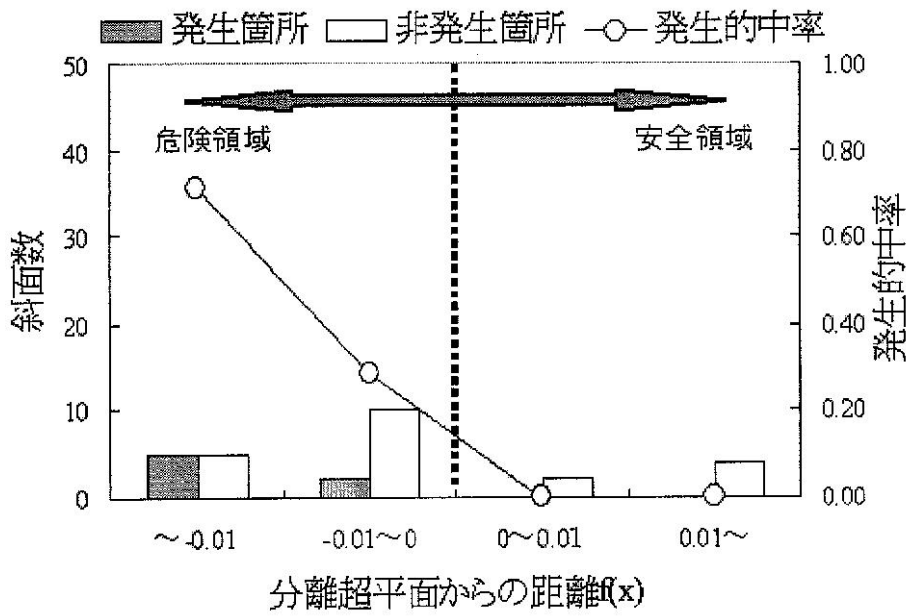


(b)

【図18】



(a)



(b)

フロントページの続き

- (74)代理人 100111132
弁理士 井上 浩
- (72)発明者 古川 浩平
山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学工学部内
- (72)発明者 大石 博之
山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学工学部内
- (72)発明者 八木 俊夫
山口県宇部市常盤台2丁目16番1号 山口大学工学部内
- (72)発明者 尹 禮分
香川県高松市林町字新町2217番20 香川大学工学部内
- (72)発明者 円田 竜太
福岡県福岡市中央区渡辺通1丁目1番1号 西日本技術開発株式会社内
- (72)発明者 清家 礼雄
岡山県岡山市津島京町3丁目1番21号 株式会社エイトコンサルタント内
- (72)発明者 杉原 成満
広島県広島市南区出汐2丁目3番30号 中電技術コンサルタント株式会社内

審査官 山本 雅士

- (56)参考文献 特開2005-350972(JP,A)
特開2004-280773(JP,A)
特開平10-142112(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06Q 10/00 - 50/00