

## 豪雨による土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築

## Construction of real-time type hazard system to predict landslides caused by heavy rainfalls

沖村 孝<sup>\*1</sup>

Takashi OKIMURA

南部 光広<sup>\*4</sup>

Mitsuhiro NAMBU

鳥居 宣之<sup>\*2</sup>

Nobuyuki TORII

原口 勝則<sup>\*5</sup>

Katsunori HARAGUCHI

尾崎 幸忠<sup>\*3</sup>

Yukitada OSAKI

## Abstract

Recently, intensive rainfalls have been becoming heavier than past, and, therefore, landslide disasters have been often occurring in many area, and damage of various facilities and lives have been large. The slope failure disasters occurred by the heavy rainfall that typhoon 9 caused at western and northern area in Hyogo prefecture in 2009. Spatial and temporal prediction of landslides is important to diminish the damage by such landslides, and it is necessary to gather the information of dangerous situation for the evacuation of the habitants. The real-time type hazard system has been constructing at Rokko mountain area in Hyogo prefecture from 2007, and it have been operating from April 2010. In this system, the prediction method of probability of failure occurring, using digital elevation model that Okimura and Ichikawa suggest, is installed, and the data of topography, geotechnical information, rainfall are used to calculate the safety factors of each cell that change real-timely at heavy rainfall. As the predicted results have been evaluated by the actual data of landslides caused by the heavy rainfall in 1967 July, the validity of this model has been showed enough. In this paper, the function and performance of this system are showed.

**Key words** : heavy rainfalls, slope failure, real-time type hazard system, prediction information, evacuation

## 1. はじめに

近年、集中豪雨が従来にも増して激しくなってきたり、これにより各地で土砂災害が発生し、人的・物的被害が生じている。兵庫県では、平成 21 年の台風 9 号に伴う集中豪雨により、兵庫県西、北部地域で土砂災害が発生している。このような土砂災害による被害軽減のためには、2001 年の「土砂災害防止法」の施行以降、災害がどこで起こるのかという「場の予測」だけでなく、いつ起こるのかという「時の予測」も重要であり、これらを把握して危険な状態をいち早く察知し、住民を適切に避難させる仕組みが必要とされている。この仕組みの導入を目指して、兵庫県では六甲山系を対象としてリアルタイム型のハザードシステム（六甲山系土砂災害危険度予測システム）を構築するとともに、平成 22 年度より試験運用を開始している<sup>1),2)</sup>。本論文では、今回構築したシステムの内容について述べるとともに、六甲山系流域で発生した昭和 42 年災害の検証計算を行い、本システムの妥当性を評価した結果を報告する。

## 2. 対象地域およびシステムの概要

六甲山系山麓地域は、兵庫県全体の 1 割の面積に 6 割の人口が居住する人口密集地に位置し、急傾斜地崩壊危

険箇所数は、県全体の 3 割を占めている。この地域の自治体からは、人口密集地での土砂災害の警戒避難をより効果的に行うには、現在運用されている「土砂災害警戒情報」が広域となるため、よりきめ細かい地域を対象とすることとあわせて、降雨情報に対応したリアルタイム型の危険度情報が強く求められている。このような背景から、兵庫県では、「六甲山系土砂災害危険度予測システム検討会」を設立し、リアルタイム型のハザードシステムの構築を目指して検討を行ってきた。本システムでは、「土砂災害警戒情報」を補足する情報として、地形ならびに地盤物性を考慮し、気象台からの降雨観測・予報情報を活用して求められた土砂災害危険度をデジタルマップ化して情報を提供することとした。これらのシステムでは、視覚的に理解しやすくした危険度情報の発信を目指している。対象とした地域を図-1 に示す。対象地域は六甲山系中央付近より南側、東側地域としており、関係する市としては神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市の 4 市である。このシステムでは、図-2 に示すように沖村・市川<sup>3)</sup>が提案している数値地形モデル (DEM) を用いた表層崩壊危険度予測手法を用いている。この手法は数値地形モデルのセルごとに地形、地盤、降雨等のデータを入力することにより、降雨に伴って刻々と変化する斜面崩壊の危険度 (安全率) を定量的に評価するものであ

\*1 正会員 (財)建設工学研究所 Member, Construction Engineering Research Institute Foundation

\*2 正会員 神戸大学 Member, Kobe University,

\*3 正会員 兵庫県 Member, Hyogo Prefectural

\*4 正会員 応用地質(株) Member,

Oyo Corporation (nanbu-mitsuhiro@oyonet.oyo.co.jp)

\*5 正会員 国際航業(株) Member, Kokusai Kogyo Co. LTD.

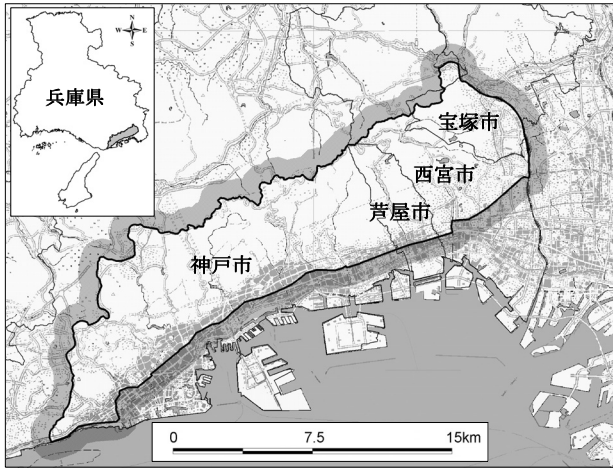
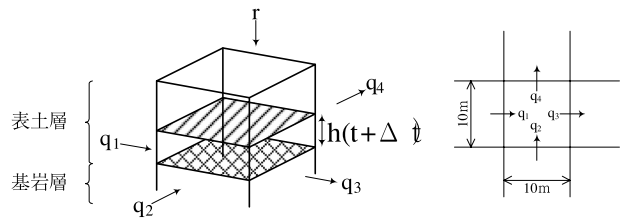


図-1 対象地域  
Fig.1 Objective area

地下水位算定モデル



斜面安定解析モデル

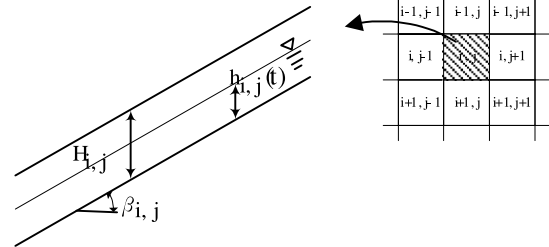


図-2 解析モデル  
Fig.2 Analysis model

る。すなわち、経時的に変化する降雨量を入力することで各セルの危険度を図-2に示す集水モデルによる浸透流解析と無限長斜面安定解析を実施することで求めるものである。ここで、地下水位算定モデルによる解析では降雨に伴う表土層内の地下水位の上昇を浸透流解析によって求めるものである。水収支の連続の条件として各セルの X 方向の水の増分、Y 方向の水の増分、さらにセル内に降ってきた雨の増分を評価する手法であり、地表から地下水面までの不飽和浸透を考えない条件でダルシー則により解析する。次に、斜面安定解析モデルでは、地下水位の上昇に伴う単位体積重量の増加、間隙水圧の上昇（有効応力の低下）を求め、セルごとの安全率の変化を算定するものである。安全率の算定は下記の式によって行っている。

$$SF(t) = \frac{c_s + \{(\gamma_{sat} - \gamma_w)h(t) + \gamma_t(H - h(t))\} \cos^2\beta \cdot \tan\phi}{\{\gamma_{sat} \cdot h_w(t) + \gamma_t(H - h_w(t))\} \sin\beta \cdot \cos\beta} \dots\dots\dots(1)$$

- SF(t)：時刻 t におけるセルの安全率
- Cs   ：土の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)
- φ     ：土の内部摩擦角 (°)
- h(t)  ：時刻 t における地下水位 (m)
- H     ：表土層深 (m)
- β     ：基岩斜面の傾斜 (°)

上記のモデルでは入力データが数多くなく、短時間で広域の安全率変化が求められるのが特徴である。図-3にシステムの構成を示す。入力データとしては降雨データ、解析条件データ、DEM、表土層深データ、地盤物性データである。植生データについては経年的に変化するものであり、この影響度を経時的に定量評価するのが難しいと考え、现阶段では考慮しないこととした。

出力データとしてはセルごとの地下水位データと安全率があり、土砂災害警戒区域の危険度判定にあたっては、

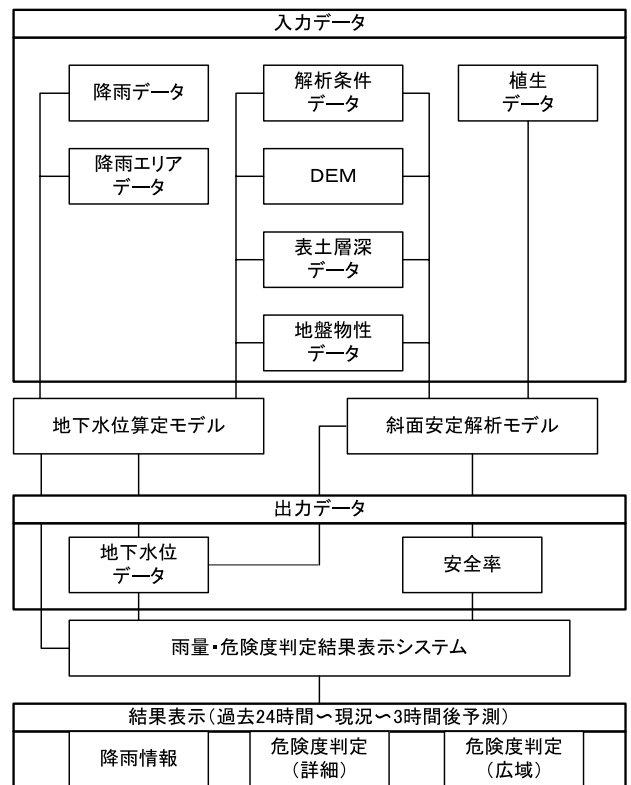


図-3 六甲山系土砂災害危険度予測システム  
Fig.3 Predictive system of dangerous degree of slope failure disasters at Rokko mountain area

急傾斜地の崩壊の場合、崩壊が予想されるセル数あるいはそれに近い状態のセル数より、次に土石流の場合は、これのデータと昭和 42 年における被災状況に基づく基準線等より判定した。これらについては後章で詳細を述べる。

### 3. 入力物性値の設定

本システムで必要となる入力データについて述べる。

#### 3.1 数値地形モデル (DEM)

DEMのセルのサイズは、対象地域における既往の崩壊地の大きさを考慮して10mと決定した。データには、国土交通省六甲砂防事務所より提供していただいた航空機レーザ測量成果を用いることとした。

#### 3.2 表土層深データ

表土層深は、地下水水位ならびに無限長斜面安定解析の算定結果を大きく左右する重要な条件である。対象地域内の表土層深分布を知るためには、簡易貫入試験などで調査する手法があるが、六甲山全域への適用を考えた場合、多大な労力と費用を要するため、この手法の採用は現実的な方法とはいえない。よって、表土層深の形成過程と関連深い地形分類ごとに、限られた現地データから表土層深分布を推定する方法を採用することとした。具体的には、既存資料や現地調査に基づき、地質、地形分類(頂部斜面, 谷壁斜面, 谷底斜面)ごとに傾斜と表土層深の関係式を作成し、この関係式を用いてセルごとの表土層深を設定した。

地形分類の手法については、将来的には兵庫県全域への適用を現実的なものとするため、図-4, 5に示すようにDEMを用いた自動処理による地形分類手法を用いた。すなわち、南北、東西方向の地形断面に対して高速フーリエ変換してスムージングした断面(図-5のスムージングした断面)地形情報を二次微分, 三次微分することにより、極大値, 極小値を求め、その値が一定のしきい値以上となるものを谷底斜面, また他のしきい値以下となるものを頂部斜面, それ以外を谷壁斜面とした。すなわち、二次微分値がゼロになる箇所かつ、三次微分値が極大値をとる箇所は谷底斜面であることがわかり、また、二次微分値がゼロかつ、三次微分値が極小値となる箇所は頂部斜面になることがわかった。これらの結果の一例を図-5に示したが、ここで横軸は距離を示し、黒色が頂部斜面, 灰色が谷底斜面, 無色が谷壁面を表している。このようにして求めた断面毎の地形区分を平面的に継いで、各セルの地形区分を行った。

#### 3.3 地盤物性データ

土の単位体積重量, せん断強度定数, 透水係数などの地盤の物性値について、対象地域内の地質区分毎に既往の研究成果や兵庫県で作成している土砂災害防止法基礎調査マニュアル等<sup>4)</sup>を参考に設定した。

#### 3.4 植生データ

植生が斜面の安定性に及ぼす影響としては、雨滴の分散, 根系の粘着力や上載荷重の増加などの要因が挙げられる。昭和42年以前の空中写真をもとに六甲山の林相を読み取り、根系の粘着力を加味して後述する再現計算を試みたが、適中率などの大幅な上昇に繋がらなかった。根系の効果は大きいと思われるが、植生は経年的に変化

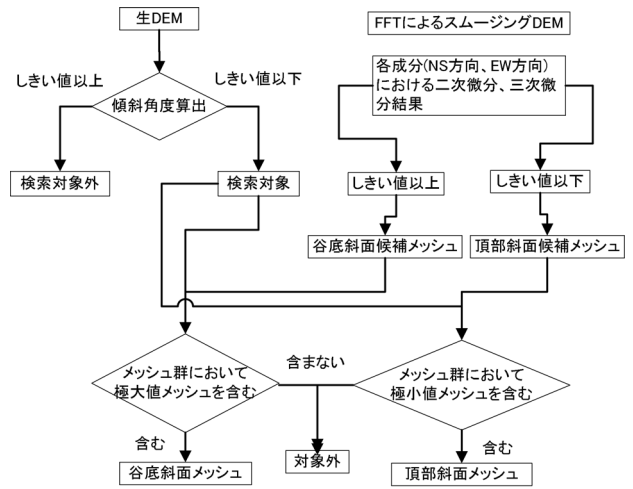


図-4 DEMを用いた自動地形分類の流れ  
Fig. 4 Flow of automatic topography classification by using digital elevation model

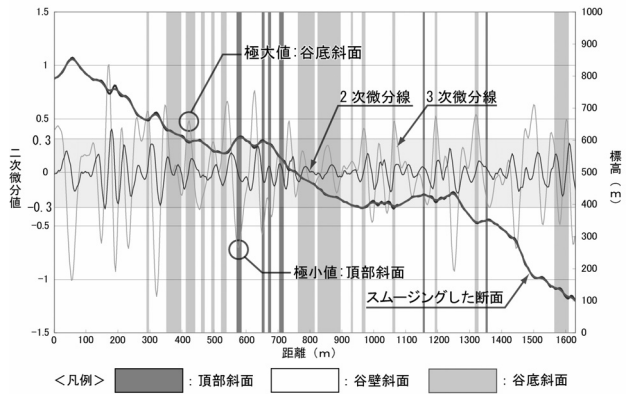


図-5 谷底斜面, 頂部斜面抽出の概念  
Fig. 5 Concept to extract bottom slope of ravine and crest slope

するものであり、本システムを運用していく上でメンテナンス等を考慮した場合、その影響を経時的に定量評価するのは難しいと考え、现阶段では植生の効果について考慮しないものとした。

#### 3.5 降雨データ

降雨データとしては、気象台より提供される国土数値情報3次格子(1kmメッシュに相当)ごとのレーダアメダス「10分間降水量解析値」と「10分間降水量予報値」を組み合わせ、用いることとした。

### 4. 崩壊予測システム構成

本システムは、兵庫県のフェニックス防災システムから分岐するWeb型システムとして構成され、気象台から配信される1kmメッシュごとのレーダアメダス解析雨量や予報雨量を用いて、リアルタイム演算処理を行うため、図-6に示す構成とした。

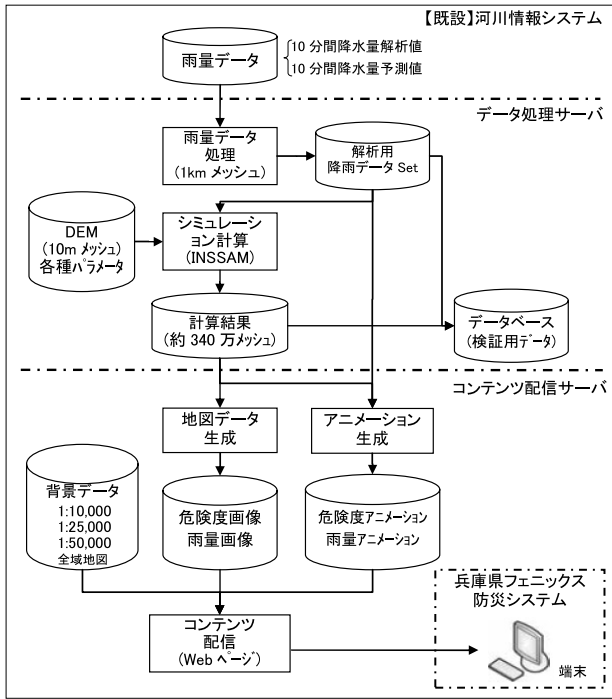


図-6 システム構成およびデータ処理フロー  
Fig. 6 System structure and flow of handing data

## 5. 危険度判定システム

### 5.1 入力データ

図-7に、地形分類ごとの表土層深と傾斜角の関係を、表-1、2に地盤物性データを示す。兵庫県内の地質毎の表土層深と傾斜角との関係については、土砂災害防止法に基づく、「兵庫県基礎調査マニュアル」<sup>4)</sup>に示されている。これらの値を参考にしながら、ここでは、昭和42年崩壊地の再現解析において、昭和42年の実データと予測値との的中率を最大とするべく、繰り返し解析を行って、最適と認められるものを求めた。なお、有効空隙率、透水係数については、他のパラメータの同定を優先して、当面、各地層とも同一の値を用いることとした。

対象地域内の谷部等の人工改変地については、谷底斜面に用いた物性を用いた。また、昭和42年の降雨データは、対象地域周辺の5ヶ所の雨量観測所の時間雨量データを国土数値情報3次格子ごとの時間雨量に補完したものをを用いた。

### 5.2 各市からの要望

本システムは、「六甲山系土砂災害危険度予測システム検討会」を通じ、各市の要望を踏まえて情報提供機能を作成した。各市の要望事項はわかりやすさや利用のしやすさの観点のものが多く、主な要望事項は次のとおりであった。

- 1) 危険度の分類数は最小限にする。
- 2) 実況、1時間後予測、2時間後予測、3時間後予測ごとに危険度判定画面を分けて作成する。

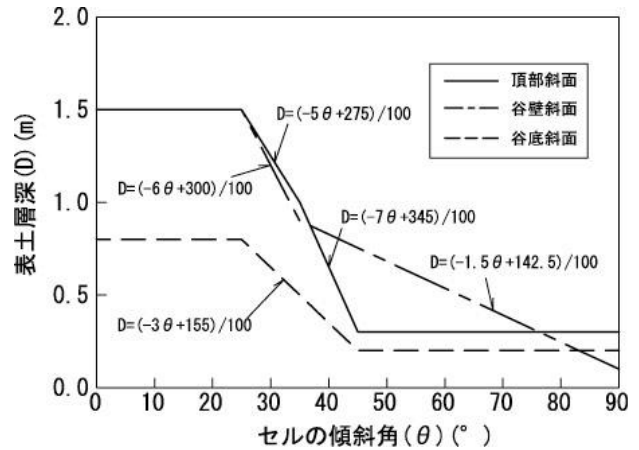


図-7 地形分類ごとの表土層深と傾斜角の関係  
Fig. 7 Relationship of surface layer and slope degree for each topography classification

表-1 地質区分と地形分類ごとの地盤物性データ  
Table 1 Geotechnical data for each geological and topography classification

地質区分	地形分類	表土層深式	物性値
六甲花崗岩	頂部斜面 谷壁斜面 谷底斜面	地形分類ごとの層深式 <sup>(注)</sup>	$C_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 31^\circ$
丹波帯			$C_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 28^\circ$
神戸層群			$C_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 31^\circ$
有馬層群			$C_s = 7.2 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 31^\circ$
布引花崗岩			$C_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 28^\circ$
大阪層群他	大阪層群他	谷壁斜面の層深式 <sup>(注)</sup>	$C_s = 5.0 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 31^\circ$
沖積層他	沖積層他		
人工改変地	人工改変地		
水面	水面	谷底斜面の層深式 <sup>(注)</sup>	

(注) 地形分類ごとの層深式は図-7に示す式である。

- 3) 10分更新の情報では防災体制を追従させることが困難なため30分更新の情報とする。

### 5.3 詳細危険度判定

10 mセルや土砂災害防止法に基づく土砂災害警戒区域(急傾斜地の崩壊および土石流)ごとに、警戒(黒色)と警戒準備(灰色)情報を1/10,000~1/50,000の地図を示した。

#### (1) 10 mセルごとの判定

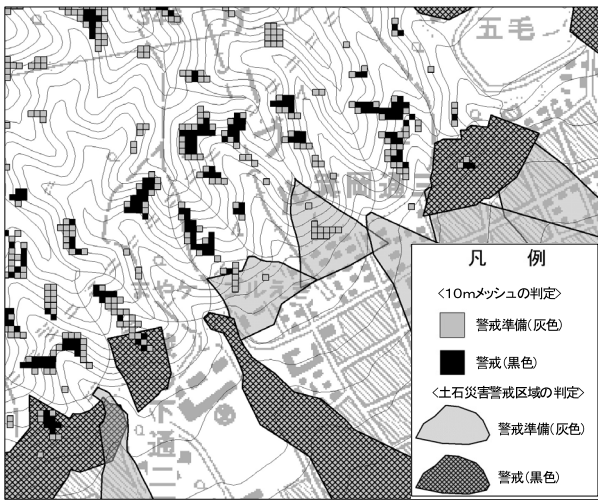
各セルの安全率が1を下回るとき警戒(黒色)判定とした。また、過去の災害やモデル降雨による検討を踏まえ、警戒(黒色)判定の概ね1時間前に警戒準備(灰色)判定を設定し、この基準は「 $1.0 \leq \text{安全率} < 1.05$ 」とした(表-3)。

表-2 土質定数一覧  
Table 2 Soil property list

項 目	地質区分		六甲花崗岩		布引花崗岩		有馬層群 (矢田川・生野・植生層 群含む)		神戸層群		丹波層群		大阪層群	
	No.	物 性 値	単 位	砂質土	砂質土～粘性土	砂質土～礫質土	砂質土～粘性土 (互層状)	粘性土～砂質土	砂質土～粘性土 (互層状)	粘性土～砂質土	砂質土～粘性土 (互層状)			
1	土の単位体積重量	[kN/m <sup>3</sup> ]	17.0	17.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
2	土の飽和単位体積重量	[kN/m <sup>3</sup> ]	19.0	19.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
3	土の有効粘着力	[kN/m <sup>2</sup> ]	5.0	5.0	7.2	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
4	土の有効内部摩擦角	[deg]	31.0	28.0	31.0	31.0	31.0	28.0	31.0	28.0	31.0	28.0	31.0	
7	有効空隙率	[ ]	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	
8	透水係数	[cm/s]	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	

注 表中の物性は「兵庫県土砂災害防止法基礎調査マニュアル」<sup>4)</sup>の値を参考にしながら、昭和42年災害の再現解析によって求めたものである。

土砂災害警戒区域(急傾斜)の判定



土砂災害警戒区域(土石流)の経時変化



注(1) 土砂災害警戒区域内に1セル以上の警戒(黒色)があった場合、土砂災害警戒区域全体を警戒(黒色)に着色する。  
 注(2) 土砂災害警戒区域内に1セル以上の警戒準備(灰色)があった場合、土砂災害警戒区域全体を警戒準備(灰色)に着色する。  
 注(3) 基準線を10mセルの警戒(黒色)の面積率が超過した場合、土砂災害警戒区域を黒色、警戒(黒色)と警戒準備(灰色)の合計面積率が超過した場合灰色に着色する。

図-8 土砂災害警戒区域の判定方法

Fig. 8 Method to judge area guarding against slope failure

(2) 土砂災害警戒区域(急傾斜地の崩壊)の判定

図-8のとおり、土砂災害警戒区域(急傾斜地の崩壊)内に10mセルの警戒(黒色)判定が1セル以上生じた場合に警戒(黒色)判定とした。同様に、警戒準備(灰色)判定が1セル以上生じた場合は、警戒準備(灰色)

とした。

(3) 土砂災害警戒区域(土石流)の判定

土石流発生判定のために、図-9に示すように昭和42年災害時における溪流のデータを整理した。同図で横軸は流域面積であり、縦断軸は再現解析で求めた、各流域における崩壊面積率を表している。図中には土石流実績溪流(著しい侵食)、土石流実績溪流(土砂氾濫)、土石流非発生溪流のデータをプロットしている。3種類のデータのうち、下流域に多量の土砂流出があったのは土石流実績溪流(著しい侵食)に相当する。このことより、土石流実績溪流(著しい侵食)と他の2データを分離する境界線として、図中に示す曲線を設定し、この線を予測にあたっての土石流発生溪流と非発生溪流の境界基準線とした。図-9のデータは対策工の効果も入れたデータであり、昭和42年と現在では対策工の寄与度も異なることより、下流域に被害を与える土石流の規模も異なるが、ここでは他に指標がないために、図-9に示す基準線を用いて溪流ごとにリアルタイムに危険度を判定することとした。具体的には、10mセルごとに崩壊危険度を判定した後に、溪流ごとに警戒(黒色)と警戒準備(灰色)の面積を集計し、警戒(黒色)の面積率が図-9の基準線を超過した場合、土砂災害警戒区域を黒色、セルの警戒(黒色)と警戒準備(灰色)の合計面積率が基準線を超過した場合、灰色に着色することとした。図-8には、経時的に変化する土砂災害警戒区域の判定結果を示す。時間の経過とともに灰色から黒色に変化していることがわかる。

5.4 広域危険度表示機能およびその他の機能

広域の危険度表示機能として、雨量データと同様の1kmメッシュごとに、10mセルの最小安全率を用いて、表-3と同様の判定・表示を行うものとした。すなわち、1kmメッシュ内に一つでも10mセルが安全率1を下回っていれば黒色、安全率1.0~1.05であれば灰色とした。

その他の機能として、1kmメッシュごとの雨量分布表示機能やアニメーション表示機能、過去データ表示機

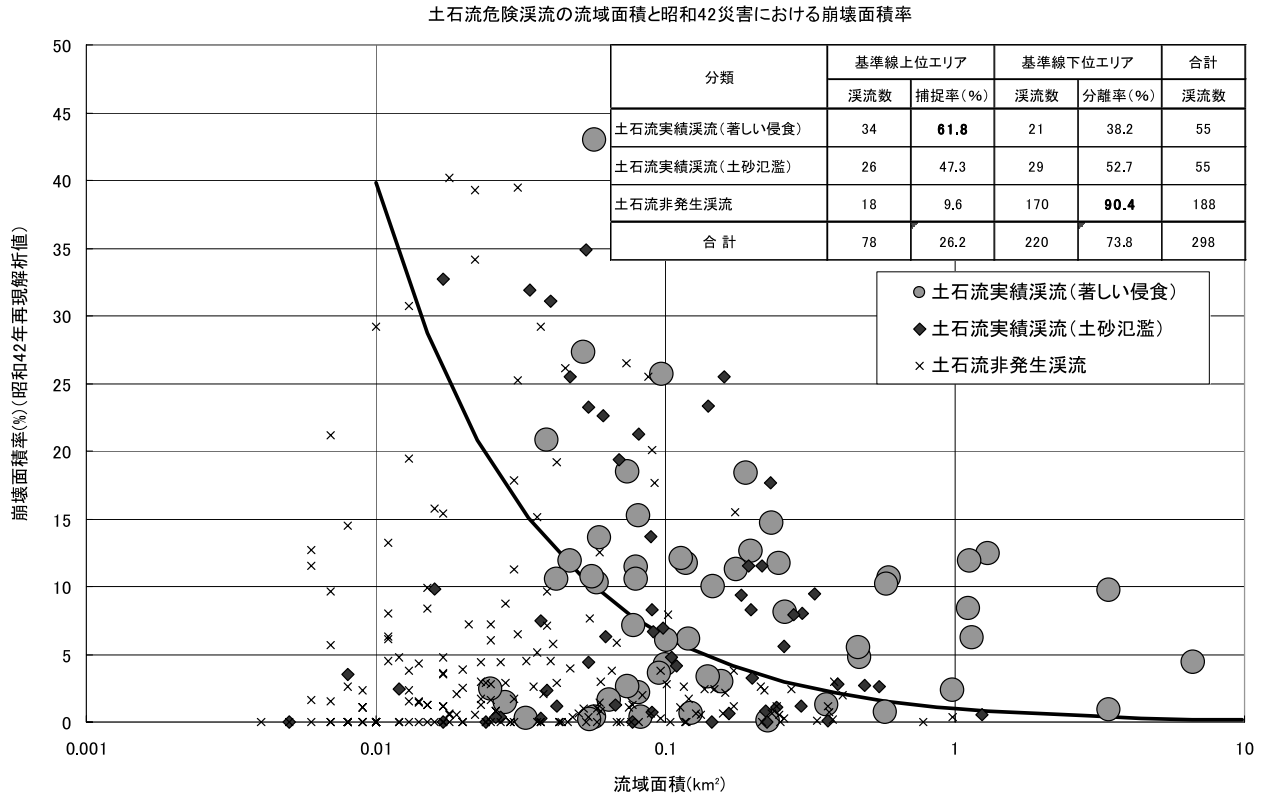


図-9 昭和42年災害における土石流発生状況と崩壊面積率、流域面積の関係  
 Fig.9 Relationship of the rate of slope failure area and drainage area

表-3 表示基準

Table 3 Criterion of expression of dangerous degree

表示区分	表示色	表示基準
警戒	黒色	安全率<1
警戒準備	灰色	1≤安全率<1.05
その他	無色	1.05≤安全率

能、画面印刷機能、表示画面の記録用としてURL表示機能などを設けた。なお、解析速度としては、下記に示す時間を要する。

- ・雨量データ処理(データ変換処理) 5秒程度
- ・地下水位・安全率計算 90~120秒程度
- ・土砂災害警戒区域ごとの判定処理 10秒程度
- ・合計 105秒~135秒程度

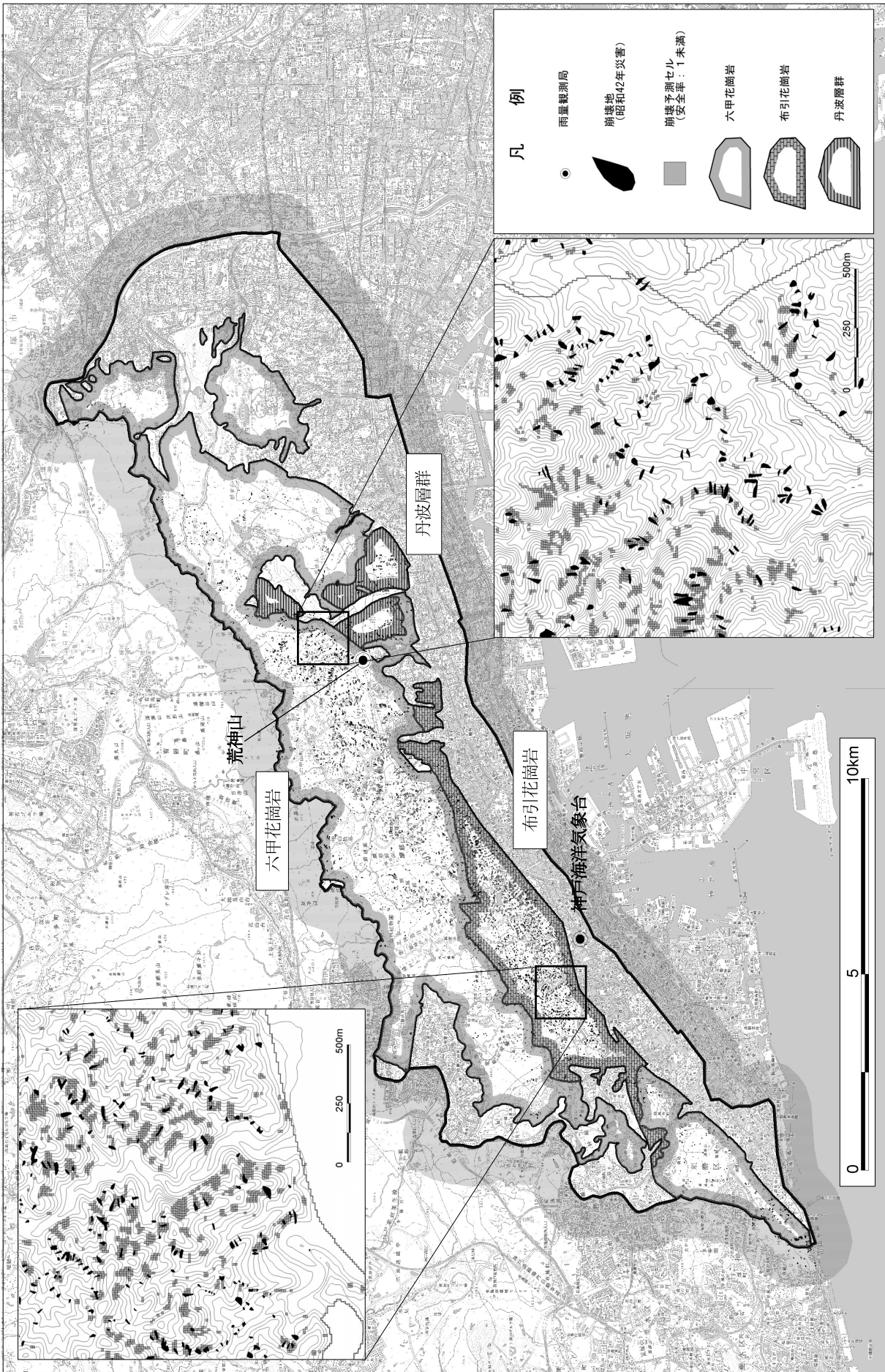
本システムは上記のように、かなり高速で処理することができる。

次に、結果を生成する画像は、全域、1/50,000, 1/25,000, 1/10,000の4種の背景地図と、実況、1時間後予測、2時間後予測、3時間後予測の判定結果や雨量分布との合成画像である。合成画像は解析計算と並行して順次作成され、解析計算終了後、1分程度で完備され、閲覧可能となる。

## 6. システムの妥当性検証

六甲山系で発生した昭和42年災害の検証計算を行うことにより本システムの妥当性を評価する。

図-10に崩壊発生予測結果と実際の崩壊地の関係を、図-11に3つの地域の崩壊予測セル数の推移を示す。なお、図中の崩壊予測セルは、解析対象時間(昭和42年7月9日4:00~7月10日5:00)中に安全率が1.0を下回ったものを崩壊予測セルとして表示している。図-10より、崩壊の発生位置で崩壊予測セルが出現している傾向が見られるが、実崩壊地よりもその数はやや多い。そこで、これらの結果を定量的に評価するため、図-12に示す方法で捕捉率などを求めた。すなわち、実崩壊地内の一つのセルの安全率が1.0を下回った場合は、崩壊地を含むすべてのセルをAとした。また、崩壊地判読の精度(地形図へ移写する精度含む)を考慮し、実崩壊地より外側に10mのバッファゾーンを設け、その部分の一つのセルが安全率1.0を下回った場合は、崩壊地を含むすべてのセルをAとした。これは、実崩壊の位置に誤差が含まれている可能性と崩壊地部分が含まれていることによっている。このように求めた結果を表-4に示す。ここで、適中率とは全セル数に対する実績と予測とが一致した割合(図-12の凡例A~Dで適中率 = (A+D)/(A+B+C+D)、捕捉率は実崩壊地を含



図一10 崩壊発生予測結果と実際の崩壊地の関係  
 Fig. 10 Relationship of the prediction and actual data of slope failures by the heavy rainfall in 1967, July

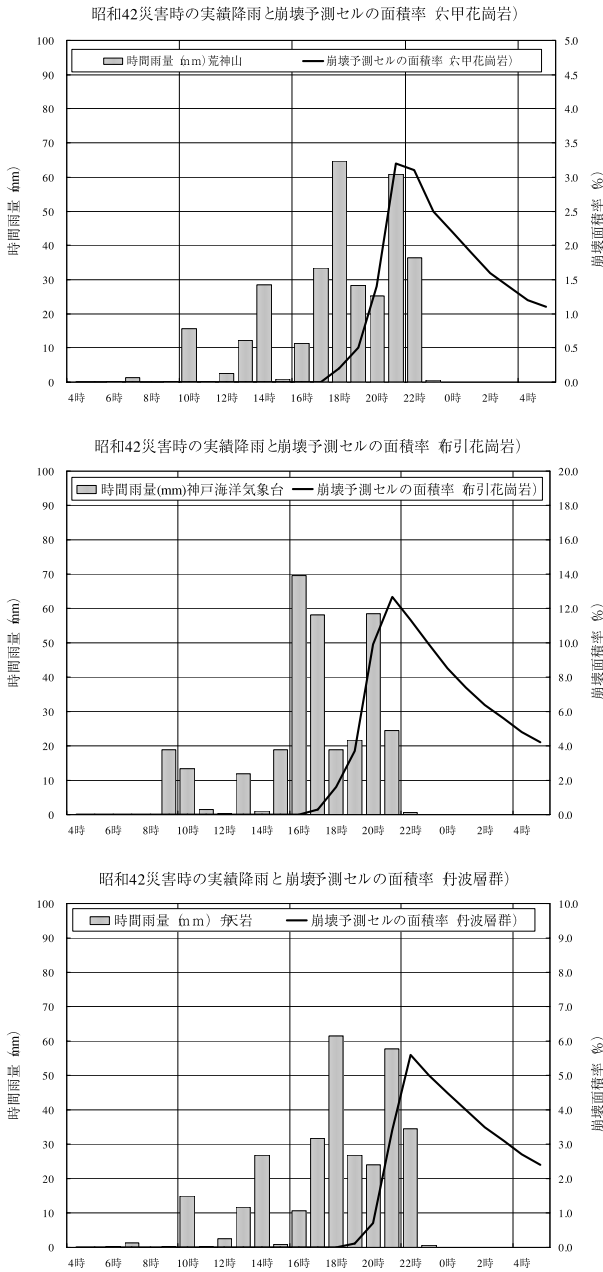


図-11 崩壊予測面積率の推移  
Fig. 11 Change of area rate of slope failures

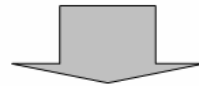
表-4 評価指標算出結果  
Table 4 Barometers to evaluate hazard system

項目	評価指標算出結果	
	(全域で集計)	(斜面部分のみで集計)
適中率	99.1% (5,090,918/5,137,952)	94.9% (787,194/829,105)
捕捉率	62.2% (12,416/19,976)	63.9% (12,190/19,080)
空振率	0.8% (39,474/5,117,976)	4.3% (35,021/810,025)
見逃率	37.8% (7,560/19,976)	36.1% (6,890/19,080)

注：( )内の値は分母が全体のセル数，分子が項目に該当するセル数を表す。

計算結果

D	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	D	D
D	C	C	D	D	D	D	D	D	C	C	D	D
D	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
D	C	D	D	A	A	D	C	D	B	B	C	D
D	D	D	B	B	A	D	D	B	B	B	D	D
D	D	B	B	B	B	D	D	B	B	B	D	D
D	B	B	B	B	D	D	D	B	B	B	D	D
D	B	B	B	D	D	C	C	B	B	D	D	D
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D



集計時の分類

D	D	D	D	D	D	C	C	C	D	D	D	D
D	C	C	D	D	D	D	D	D	C	C	D	D
D	C	D	D	D	D	D	D	D	D	D	C	D
D	C	D	D	A	A	D	C	D	A	A	C	D
D	D	D	A	A	A	D	D	A	A	A	D	D
D	D	A	A	A	A	D	D	A	A	A	D	D
D	A	A	A	A	D	D	D	A	A	A	D	D
D	A	A	A	D	D	C	C	A	A	D	D	D
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

凡例

	予測	
実績	発生予想	非発生予想
崩壊発生	A	B
崩壊非発生	C	D

図-12 評価指標設定方法

Fig. 12 Method to make barometers to evaluate hazard situation

むセル数に対する実績と予測とが一致したセル数の割合 (捕捉率 =  $A/(A+B)$ ) である。空振率は実非崩壊地を含むセル数にする実績と予測とが一致したセル数の割合 (空振率 =  $C/(C+D)$ )、見逃率は実崩壊地を含むセル数に対する実績と予測とが一致しないセル数の割合 (見逃率 =  $B/(A+B)$ ) である。すなわち、見逃率 =  $100 - \text{捕捉率}$  となる。それによると捕捉率は 63.9% と良好な結果が得られた。

また、図-11 より、崩壊予測セル数は 7 月 9 日 20:00 ~ 23:00 にかけて多発する結果となっており、昭和 42 年災害における「夕方頃～夜にかけて災害が発生した」という記録と合致するほか、降雨前半の 16:00 ~ 19:00 に崩壊が発生していないことが確認できる。



## 7. まとめ

本論文では、現在、兵庫県が構築している六甲山系土砂災害危険度予測システムの概要を述べ、昭和42年災害の検証計算を行うことで本システムの妥当性を評価した。パラメータの設定にあたっては、各種地質調査結果を入手し、それらを基に設定したが、その中で勾配と潜在崩壊土層深（表土層深）との関係については、崩壊予測値が実測値を再現できるように試行計算を行い、その中で最適なものを出した。今後、他地域での解析結果が増えることによって精度が向上し、より広範な地域に適用していける解析条件、入力条件等設定できると思われる。

本システムの特徴をまとめると以下のとおりである。

- 1) 広域を高解像で高速な解析が可能である。
- 2) 予測雨量の導入により、斜面崩壊危険度の予測がリアルタイムに可能である。
- 3) 予測結果のセルの危険度を土砂災害警戒区域の危険度に使うことにより、危険箇所の絞込みが可能となる。
- 4) 各地域の危険度が10mセルで表示され、避難路等の安全性確認が可能である。

土砂災害警戒情報との関係では、それらを補足するシステムとして位置づけ、各溪流や斜面毎に危険度を評価、

予測して、範囲を絞った状態で、警戒、避難勧告や指示が出せることを目指している。

今後の試験運用の中で検証を重ね、より実用的なシステムとなるよう改良を加えていく予定である。

## 謝辞

本システムは、国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所をはじめ関係機関の多大なご支援があって構築できたものである。ここに関係各位に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 沖村孝・鳥居宣之・尾崎幸忠・南部光広・原口勝則：土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの構築，平成22年度砂防学会研究発表会概要集，p.118-119，2010
  - 2) 沖村孝・鳥居宣之・尾崎幸忠・南部光広・原口勝則：土砂災害を対象としたリアルタイムハザードシステムの機能紹介，平成22年度砂防学会研究発表会概要集，p.502-503，2010
  - 3) 沖村孝・市川龍平：数値地形モデルを用いた表層崩壊危険度の予測法，土木学会論文集，No.358/III-3，p.69-75，1985
  - 4) 兵庫県砂防課：土砂災害防止法基礎調査マニュアル(案)(その1)，p.急傾-17-47，2005
- (Received 26 May 2010 ; Accepted 24 November 2010)