

# 論文

## 地盤情報データベースの作成と斜面崩壊予測への応用

北園 芳人\*・仲宗根典子\*\*・寺園 忠彦\*\*\*

### The Construction of the Ground Information Database and the Application to the Slope Failure Risk Prediction

Yoshito KITAZONO\*・Noriko NAKASONE\*\*  
Tadahiko TERAZONO\*\*\*

#### Abstract

Ground information databases have been of increasing interest in recent years. Due to the complexity of these databases, labor saving are of importance in their preparation. Also, due to the various applications that ground information databases can be utilized for, data must be easy to manipulate. Furthermore, analytical results must be easily discernible when they are put in diagram form for display purposes. Based on these considerations, Visual Basic is selected for developing the system in this project. The data for a ground information database which appeared to be correlated with primary causes of slope failures could be made in 50 m mesh unit. Simultaneously, slope failure histories were analyzed using Quantification Method Type II and slope failure risk evaluation points for every category were determined. Slope failure risk prediction for every mesh in the database was then evaluated using the slope failure risk evaluation point method.

キーワード：データベースシステム，地盤情報データベース，斜面崩壊，危険度予測，危険度評価点数，50 m メッシュ

Key words : database system, ground information database, slope failure, risk prediction, slope failure risk evaluation points, 50 m mesh

\* 熊本大学工学部環境システム工学科  
Department of Civil and Environmental Engineering,  
Faculty of Engineering, Kumamoto University  
\*\* 株式会社総合エンジニアリング  
Sohgoh Engineering Company Limited

\*\*\* 千代田工業株式会社  
Chiyodakougyou Company Limited

本報告に対する討論は平成 13 年 11 月末日まで受け付ける。

## 1. 緒言

斜面崩壊予測のための方法が種々提案されている。例えば、広範囲に渡って斜面の危険度を判定するもの<sup>1)</sup>と、1つの斜面について、崩壊時期まで評価しようとするもの<sup>2)</sup>等がある。本研究では、広範囲にわたって斜面の危険度を評価することを目指し、多量のデータを収集・解析できる地盤情報データベースシステムの構築を目指した。地盤情報データとして地形図(国土基本図)、土地利用図、地質図等から得られるデータを対象とした。さらに構築されたデータベースの地盤情報を利用し、メッシュ単位で広範囲に渡る地域の斜面の崩壊危険度を評価し、崩壊危険箇所の抽出を試みた。

近年、地盤情報データベースの必要性や有効性が認められ、その作成が盛んである<sup>3)</sup>。地盤情報データベースも様々な種類があり、目的や利用方法も様々である。本研究で採用した地盤情報のデータベースにおいては、汎用性は勿論であるが、データの入力作業の省力化を考慮した。これまでも地盤情報データベースを用いた斜面災害に関する研究報告がなされているが、地盤情報のデータベース化で最も重要で、煩雑な作業が標高データの読み取りと入力である。これまでの研究では、メッシュ点の標高データを目視で地形図から読み取り、データベースへ手入力されており、非常に労力が必要である。また標高の読み込みには解析図化機等もあるが、機器が高価である。そこで今回は、標高データの読み取り・入力作業を簡略化するためにデジタイザを用いることを試みた。

本研究で開発した地盤情報データベースシステムには、斜面の崩壊危険度評価機能を組込んでいる。崩壊危険度評価は、過去の豪雨災害時の斜面崩壊と非崩壊事例より多変量(数量化Ⅱ類)解析を実施し、それを基準にしてカテゴリー毎の危険度評価点数を決定する方法によった。このシステムの適用例として、熊本市西北部のメッシュ単位の斜面の崩壊危険度評価を行い、本システムの有効性を示した。

## 2. 地盤情報データベースシステム

### 2.1 基本概念

本システムは地盤情報のデータの蓄積と斜面の崩壊危険度の評価機能を持ったシステムである。データベースシステムとしてはGIS (Geographic Information System) やRDBMS (Relational Data Base Management System) 等の利用も考えられるが、できるだけコンパクトなデータベースシステムの構築を目指した。そのため、本システムは既存のGISやRDBMSにとらわれずに、最小限の機能を保持できることを優先して構築した。また、開発環境と開発言語としては、コンピュータの機種に依存しない汎用性を考慮して、Windows上で動作するVisual Basicを用いた。

### 2.2 システムの構成

地盤情報データベースシステムとしてはFig. 1に示すように、入力システム、データ処理・保存システム、斜面崩壊危険度評価システムの3つのサブシステムで構成されている。データ入力システムは地形図、土地利用図、地質図からデジタイザでデータを読み込む。データ処理・保存システムは入力されたデータをメッシュ単位のデータに変換し保存する。斜面崩壊危険度評価システムはメッシュ単位のデータから危険度を評価し出力する。

### 2.3 プログラムとデータファイル

データベースシステムの機能を統合し、一つのメニューから処理を選択するようにした(Fig. 2)。すなわち、プログラムは、メニューから作業工程の順に処理を選択することで作業が途切れることなく連続して行える構造とした。作業工程毎の各処理は、設定項目やデータをマウスで選択し、処理の過程を視覚的に示すなど、対話性を重視し操作の利便性を目指した。

必要となるファイルはTable 1に示す通りである。ファイルは必要最小限のファイルのみを生成するようにし、作業工程の初めの「新規ファイル作成」で必要なファイルが全て作成される。これにより、国土基本図(1/5,000)の一図葉(4 km × 3 km)を1ファイルとして処理できるようになった。FILENAME. HT 1 から FILENAME. HT

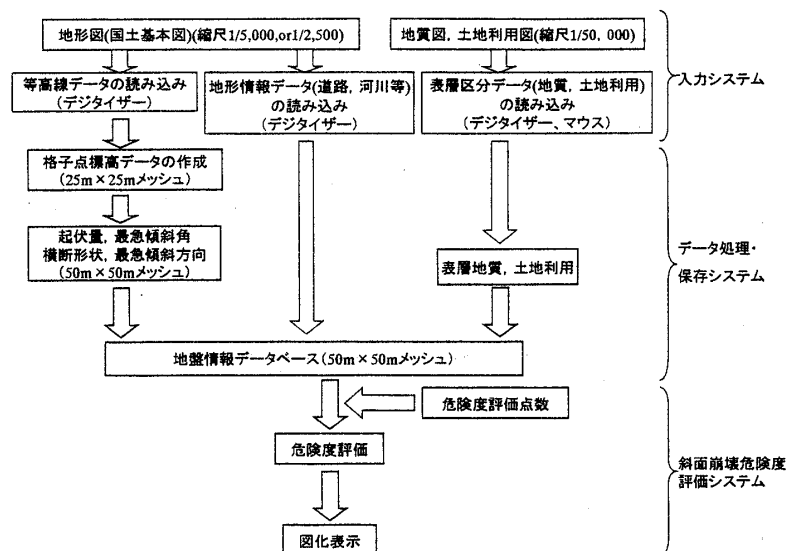


Fig. 1 Composition of system of ground information database, No. 1

4のファイルはデジタイザで読込んだ等高線データである。国土基本図が都市部では1/2,500のものもあるため、そのデータを「.HT1」から「.HT4」に分割して保存することにした。1/5,000の場合は「.HT3」にのみ保存される。FILENAME.GEOには地形情報データ, FILENAME.RDTには表層地質および土地利用のデータを含めた危険度アイテムデータが保存される。

## 2.4 システムの操作性

本システムにおいては、1図葉毎にTable 1に示したようなファイルを作成しており、通常の作業で最初に使用するFILENAMEを入力することで、全てのデータが読み込まれるので、処理を行うために作業途中でのファイルの入出力が必要でなくなり、ファイル管理の煩雑さはない。

また、操作についての簡単な説明を表示し、無効な操作に対する警告の表示などを行うことで、誤操作によるトラブルに対処している。

## 3. 地盤情報データベース

### 3.1 入力項目

データベースの作成にあたっては、目的によって形式や入力項目が異なってくる。本研究では、自然災害の中でも斜面崩壊を対象としているが、

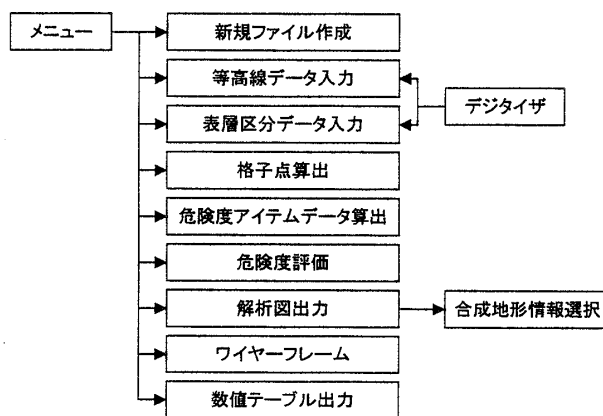


Fig. 2 Composition of system of ground information database, No. 2

Table 1 File form

ファイル名	名称
1 FILENAME.CFG	定義ファイル
2 FILENAME.HT1	標高データ1
3 FILENAME.HT2	標高データ2
4 FILENAME.HT3	標高データ3
5 FILENAME.HT4	標高データ4
6 FILENAME.GEO	地形情報データ
7 FILENAME.GRD	格子点標高データ
8 FILENAME.RDT	危険度アイテムデータ
9 FILENAME.RDS	危険度評価点数

将来、対象を地盤災害全体に拡大できるように考慮することも必要である。斜面崩壊や地すべりを対象とするにはTable 2のような危険度アイテム

Table 2 Supposed risk items for slope failure

アイテム	カテゴリー
斜面形状	
起伏量	
傾斜角	
傾斜方向	北, 東, 南, 西
形状	凸型, 平面, 凹型
地質・構造	
表層地質	堆積岩, 火山岩, 深成岩, 変成岩
地質年代	古生代, 中生代, 新生代, 第四紀, 第三紀
走向・傾斜	
地層の変化	断層, 向斜, 背斜, 貫入
土地利用・植生	田, 畑, 果樹園, 針葉樹林, 広葉樹林, 竹林, 荒地, 人工物地, 海・陸水
その他	
形成過程	自然斜面, 切土, 盛土
防護策	有り, なし
過去の崩壊・微地形の変化	有り, なし
湧水	有り, なし

が考えられる。本研究ではこれを、広範囲の斜面を対象としているので、資料の得やすい地形図（国土基本図 1/2,500, 1/5,000）、地質図（1/50,000）、土地利用図（1/50,000）から得られるデータによる。

斜面形状のアイテムの起伏量や傾斜角については、数値データとした。地質・構造のアイテムは、表層地質と地質年代とした。地質図（縮尺：1/50,000）から走向や地層傾斜を読み取る場合、後述するようにメッシュ単位を 50 m にすると縮尺 1/50,000 では 1 メッシュの大きさが 1 mm となり、読取り限界を越えて正確さに欠け、走向や地層傾斜のメッシュ単位の読取りが困難なことから、火成岩地域では走向・傾斜が得られないためである。

土地利用・植生のカテゴリーは土地利用図（縮尺：1/50,000）のように詳しく分類されたものがある。これを広域のデータベース用に再分類し、Table 2 のようにした。その他のアイテムでは、湧水は現地調査での確認が必要で、形成過程・防護策・過去の崩壊・微地形変化も大縮尺の地図、航空写真、現地調査データ等が必要となるので今回の研究では採用していない。しかし、航空写真は入手可能なので、過去の崩壊・微地形変化については、今後入力できるようにしたい。

### 3.2 データの形式

数値地形モデル DEM (Digital Elevation Model) による地形表現方法には、等間隔の高度を持つ等高線の集まりで地形を表現する方法や、ランダムに配置された点の位置座標と標高値を用いて地形を表現する方法や地形面をスプライン関数などにより表現する方法がある。本研究では、メッシュの格子点の標高を用いることにし、データの形式も標高データに合せてメッシュ単位データとした。メッシュ単位データにする利点として、幾何学的に単純でほぼ等形・等積であること、互いの位置関係が単純に定められていること、個々の斜面に分割する時間がわずかで済むなどがある。また、メッシュ単位ならば広範囲のデータベースの作成が可能で、データの追加や修正が容易であり、アイテム毎に入力しても、座標が定まっているのでデータの対応が容易である。

メッシュの単位は 50 m×50 m とした。これは建設省国土地理院の数値地図 50 m メッシュ（標高）の 1.5"×2.25"（約 50 m×50 m）) にはほぼ対応し、地質図や土地利用図の 1/50,000 からデジタイザで読み取るのに限界（1 メッシュが 1 mm となる）の大きさであると判断した。

### 3.3 危険度アイテムデータの作成

標高データについては、現在、建設省国土地理院が 1/25,000 の地形図から 50 m メッシュの数値地図を作成しており、その標高データはメッシュ中央の値が示されている。しかしながら、危険度アイテムの算出にあたっては微地形が重要となり、Fig. 3 に示すようなメッシュの中央付近に極値を持つような地形では、50 m メッシュの格子点の標高データ 4 点ではこれを評価出来ない。

したがって、本研究では Fig. 4 のように新たに 25 m 間隔の格子点標高を求めることにした。25 m 間隔の標高データがあれば 50 m メッシュ単位で考えた場合、1 メッシュに標高データが 4 個から 9 個に増加するので、より微地形に対応できる。

危険度アイテムとしては、斜面形状のメッシュ内の標高差を示す起伏量、勾配を示す傾斜角、最大勾配の向きを表す傾斜方向、斜面の凹凸の形状

を表す横断形状等がある。これらを1メッシュ9個の格子点標高データから求めることにした。

標高データは地形図から求めるので、一般的にはメッシュ格子点の標高を目読で求めることになる。しかしながら、地形図として国土基本図のように1/5,000のような縮尺のものをを用いると、1図葉の大きさは3km×4km (Fig. 5) であるから、1図葉当たりの格子点数は25m間隔で求めるとなると $121 \times 161 = 19,481$ 個となる。これらのメッシュ格子点の標高データを目読し、データベースに入力、確認する作業は大変な労力と時間が必要である。そこで、データの入力の作業をデジタイザによる読み取りにすると、大幅に省力化できるとともに、人為的な読み取り誤差や入力ミスをも最小限に押さえることができる。

以下、格子点標高データと危険度アイテムの算出方法について述べる。

#### (1) 格子点標高データ

地形図は国土基本図(縮尺:1/5,000または1/2,500)を使用し、デジタイザで等高線データを等高線間隔10mを基準として読み込んだ後、ペナルティ法を用いた最適化手法で補間する方法<sup>4)</sup>により、25m間隔の格子点標高データを作成した。等高線データはデジタイザからの座標入力を地図の縮尺で換算し、標高値と共にコンピュータ上に記憶させる。入力作業中は入力する位置を常に画面中央に、座標(x, y)、標高(z)やデータ数は右側に表示し、作業状況と次の作業箇所が一目で確認できるようにした(Fig. 6)。また、標高値の切り替えや入力データの変更などの主な作業は、マウス入力(画面右側)とデジタイザのカーソルボタン(画面上部中央)で対応させる。

Fig. 7に国土基本図(縮尺:1/1,000)から直接目読した値(基準値とする)とデジタイザ入力による計算値との残差の頻度分布を示す。比較対象地域は0.5km×0.5kmの範囲で、4地区(121ポイント×4=484ポイント)とした。比較対象地域の標高差は最大230m、最小160mで、基本図の等高線間隔は10mである。同じ計算手法を用いて50m間隔で格子点標高を計算したものと、25m間隔で格子点標高を計算して50m間隔の

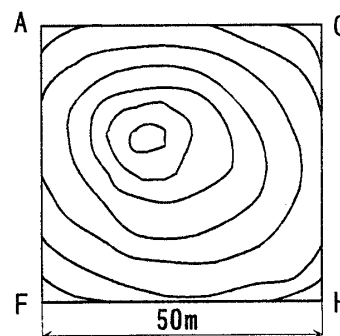


Fig. 3 Schematic map in 50 m x 50 m mesh

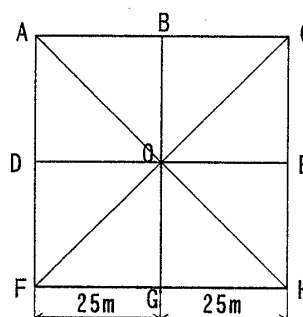


Fig. 4 Lattice point at space of 25 m in 50 m x 50 m mesh

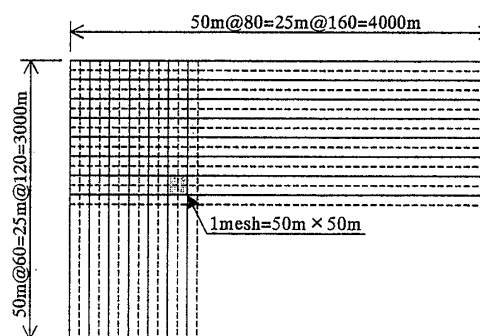


Fig. 5 Divided mesh of topological map (3km x 4km)

格子点を抽出した計算値とを比較したものである。その結果、50m間隔では残差±5m以内は約62%しかないが、25m間隔では標高データの読み取り入力でデジタイザを用いても、残差±5m以内が約94%と、基準値と非常に高い精度で求められることが判り、本手法による25m間隔の格子点標高データの精度が確認された。

#### (2) 起伏量

起伏量は、最もよく用いられる単位メッシュ内

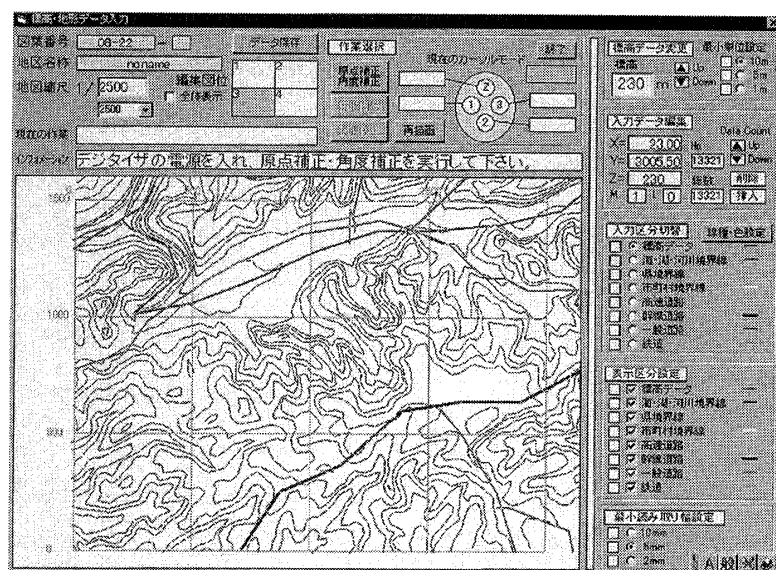


Fig. 6 Input picture of altitude and topographical information data

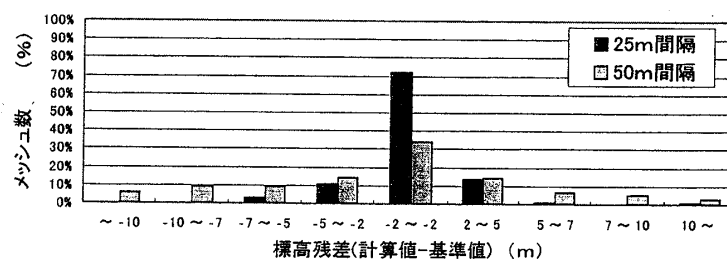


Fig. 7 Histogram of altitude residuals

の最高点と最低点の差とした。本研究の場合、1メッシュ (50 m×50 m) において、9 点の標高が求まっているので、Fig. 8 のように 9 点の標高データの最高値と最低値の標高差をそのメッシュの起伏量 ( $h_{cor}$ ) とし、次式で求められる。

$$h_{cor} = h_{max} - h_{min} \quad (1)$$

### (3) 最急傾斜角・傾斜方向

50 m メッシュの格子点標高データから傾斜角を求める中山・他<sup>5)</sup>の方法では、Fig. 4 に示す格子点 A, C, F, H の 4 点の標高データしかないのに、ACH, ACF, AFH, CFH の 4 つの三角形でつくる平面の傾斜角を比較することによって、最急傾斜角及び最急傾斜方向を算出している。この場合、Fig. 3 のようにメッシュの中央部分に凹または凸

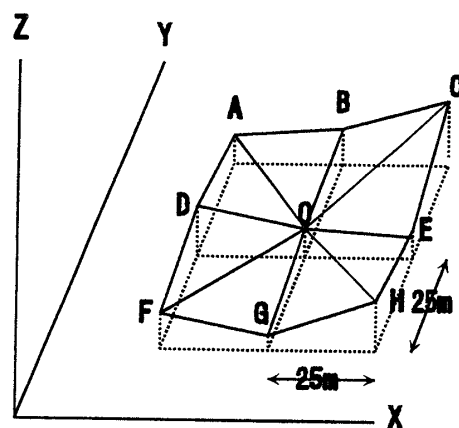


Fig. 8 Model of lattice point (50 m×50 m)

の地形が含まれていると、算出された最急傾斜角は実際よりも緩やかな傾斜になってしまう。また、沖村・市川<sup>6)</sup>は 10 m 間隔の 4 格子点を用いて一

次の回帰式による平面近似を行って最急傾斜角を算出しているが、50 m メッシュの場合、Fig. 3 のような地形も考えられるので4 格子点による平面近似は難しい。

そこで本研究では、格子点標高データのメッシュを (50 m × 50 m) から (25 m × 25 m) として、Fig. 8 のように B, D, O, E, G の点の標高も使用し、AOD, AOB, BOC, COE, DOF, FOG, GOH, EOH の 8 つの三角形でつくる平面の傾斜角を比較することにした。メッシュ内に隣り合う三頂点を結んだ 8 つの三角形を考え、求められた 8 つの三角形に対応する傾斜角  $\lambda$  のうち最大のものをメッシュの最急傾斜角とする。また最急傾斜角を持つ三角形と水平面の交線の方法の傾斜方向とする。この方法の場合、前述のような地形の状況についても、最急傾斜角・傾斜方向を中山・他<sup>5)</sup>の場合よりも的確に判断できる。

各三角形の傾斜角の算出方法は、メッシュの中央点とそのメッシュに含まれる隣り合う 2 点、例えば Fig. 8 で O, G, H で作られる三角形 (OGH) の傾きが傾斜角である。X, Y 方向への勾配 ( $f_x, f_y$ ) と、傾斜角  $\lambda$  は以下のように得られる。

$$f_x = \frac{\Delta h_x}{\Delta x} = \frac{h_O - h_G}{25}, f_y = \frac{\Delta h_y}{\Delta y} = \frac{h_H - h_G}{25}$$

$$\Delta h = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

$$\lambda = \tan^{-1}(\Delta h) \quad (2)$$

傾斜方向は、最急傾斜角を持つ三角形を含む平面と水平面との交線の方法で示される。3 点 O, G, H (Fig. 9) によって作られる平面の方程式は

$$\begin{pmatrix} D \\ 0 \\ H_h \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ D \\ H_o \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

より、

$$\begin{bmatrix} D & 0 & x \\ 0 & D & y \\ H_h & H_o & z \end{bmatrix} = 0$$

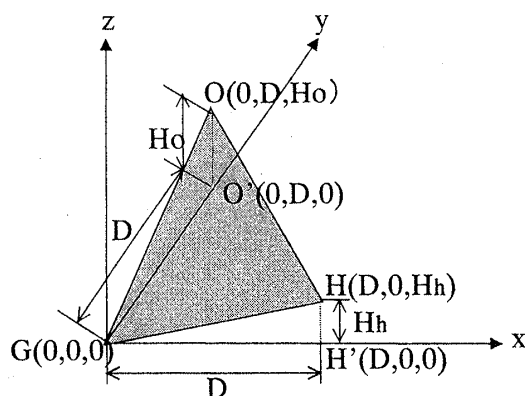


Fig. 9 Method of azimuth angle of slope

$$\text{したがって } -H_h x - H_o y + D z = 0 \quad (3)$$

3 点 O', G, H' を含む水平面の方程式は

$$\begin{pmatrix} D \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ D \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\text{より, } z = 0 \quad (4)$$

平面の方程式 (3), (4) の交線の方法余弦 ( $l, m, n$ ) を求める

$$-H_h l - H_o m + D n = 0$$

$$n = 0$$

$$l^2 + m^2 + n^2 = 0 \quad (5)$$

より、

$$l = \frac{-H_h}{\sqrt{H_h^2 + H_o^2}}, \quad m = \frac{-H_o}{\sqrt{H_h^2 + H_o^2}}, \quad n = 0$$

よって、y 軸を北として北から時計方向回りの角を斜面の傾斜方向 ( $\theta$ ) とすると

$$\cos \theta = m = \frac{-H_o}{\sqrt{H_h^2 + H_o^2}},$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{-H_o}{\sqrt{H_h^2 + H_o^2}} \right) \quad (6)$$

#### (4) 横断形状

横断形状は次式のように、Fig. 8 のメッシュ中央 (O) の標高データ ( $h_o$ ) と 50 m × 50 m メッシュの格子点 (A, C, F, H) の標高データの平均値 ( $h_{ave}$ ) との差  $S$  を求め、その大きさに凹凸の大きさを判定する。

$$h_{ave} = (h_A + h_C + h_F + h_H) / 4$$

$$S = h_O - h_{ave} \quad (7)$$

今回は  $S \geq 2\text{ m}$  を凸,  $2\text{ m} > S > -2\text{ m}$  を平面,  $-2\text{ m} \leq S$  を凹とした。

#### (5) 表層区分データ

土地利用区分データと表層地質区分データを総称して、ここでは表層区分データと呼ぶ。表層区分データの入力は、デジタイザで環境特性図（縮尺：1/50,000）<sup>7)</sup>と表層地質図（縮尺：1/50,000）から土地利用区分および表層地質区分の分布範囲を読み取って画面に表示し、マウスと併用して入力することにした。Fig.10 に表層区分データ入力画面を示す。土地利用区分と表層地質区分については、対象区域の凡例に合せるという区分方法ではなく、より汎用的な区分（主に熊本県内対象）を本研究では設定した（Table 3）。これは後述するように、斜面の崩壊危険度を評価する際、表層区分データが地域毎に名称が異なると統一した危険度評価点数を用いることができないからである。したがって、表層地質区分においても、その地域固有の地質名や岩質による分類（砂礫、凝灰岩質岩石など）を用いるのではなく、地質年代や成因（変成岩、火山岩等）を基にした分類とした。

#### (6) 地形情報

地形情報は危険度アイテムとして取り上げては

いないが、解析結果の表示や出力時にメッシュデータと重ね合わせて表示し、視認性を向上させるためにデータとして加えることにした。

地形情報（道路、河川等）は、国土基本図からデジタイザで、等高線データ入力と同じ作業の中で入力区分を切り替えることで入力できる（Fig. 6）。

### 3.4 データの保存

前節の入力データと算出された危険度アイテムデータは、ファイル名を一図葉で同一にし、拡張子でデータの種別を区分した（Table 1）。なお、定義ファイル（.CFG）は、入力データの地区名や作業の進捗状況を保存するファイルであり、危険度アイテムファイル（.RDT）とは、格子点標高データから算出される起伏量、横断形状、最急傾斜角、

Table 3 Classification of land use and subsurface geology

土地利用区分	表層地質区分
1. 田	1.堆積系第四紀
2. 畑	2.堆積系第三紀
3.果樹園	3.堆積系中世代
4.針葉樹林	4.火山岩系
5.広葉樹林	5.深成岩系
6. 竹 林	6.変成岩系
7. 荒 地	
8.人工物地	
9. 海・陸水	

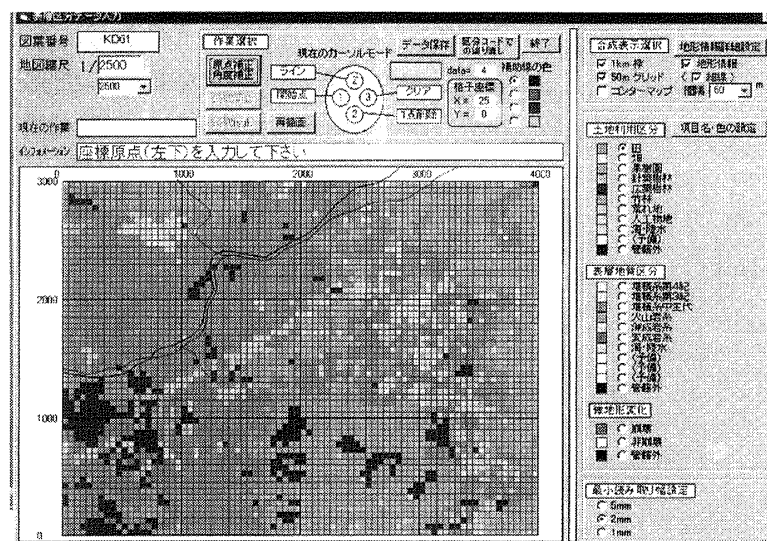


Fig. 10 Input picture of land use and subsurface geology data



最急傾斜方向と土地利用区分、表層地質区分の各データを格子数 ( $80 \times 60 = 4800$ ) に対応して格納したものである。また、危険度評価点数のファイル (.RDS) は、危険度評価の計算データをカテゴライズしたデータおよび、危険度評価点数により集計された危険度評価結果を格納する。

#### 4. 地盤情報データベース作成例

今回の地盤情報データベースの作成対象地域は熊本市北西部である。熊本市の場合、 $1/2,500$  の国土基本図が入手出来たのでそれを用いた。

Fig.11 は格子点データより計算した等高線図 (太線は幹線道路、中線は河川) である。Fig.12 はワイヤフレーム図で、高さを強調することで地形が等高線図よりも視覚的に捉えられる。このように地盤情報をデータベース化することによって、必要な情報のみを表示した主題図の作成や検索・分析、およびその空間表現 (Fig.12) が可能になる。例えば、5章で示すように斜面崩壊の危険度評価等が、条件を変えたシュミレーションでも短時間に行い、コンピュータマップ上に視覚的に表現することができる。

#### 5. データベース利用による斜面の崩壊危険度評価

前述したように地盤情報のデータベース化によって様々な利用法が考えられるが、今回はその1例として、豪雨災害などを引き起こしやすい斜面崩壊の危険度を評価することにした。

##### 5.1 斜面の危険度評価点数

斜面の危険度評価には、建設省の「急傾斜地崩

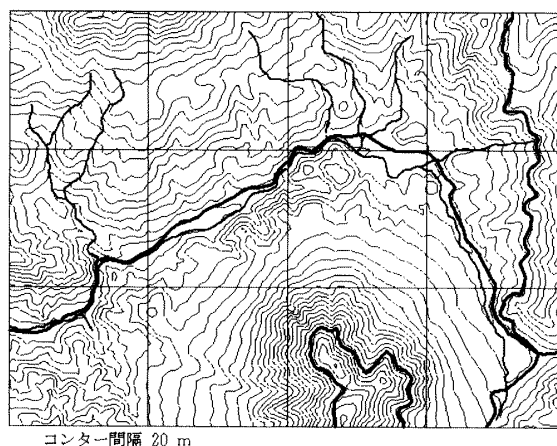


Fig. 11 Figure of contour line

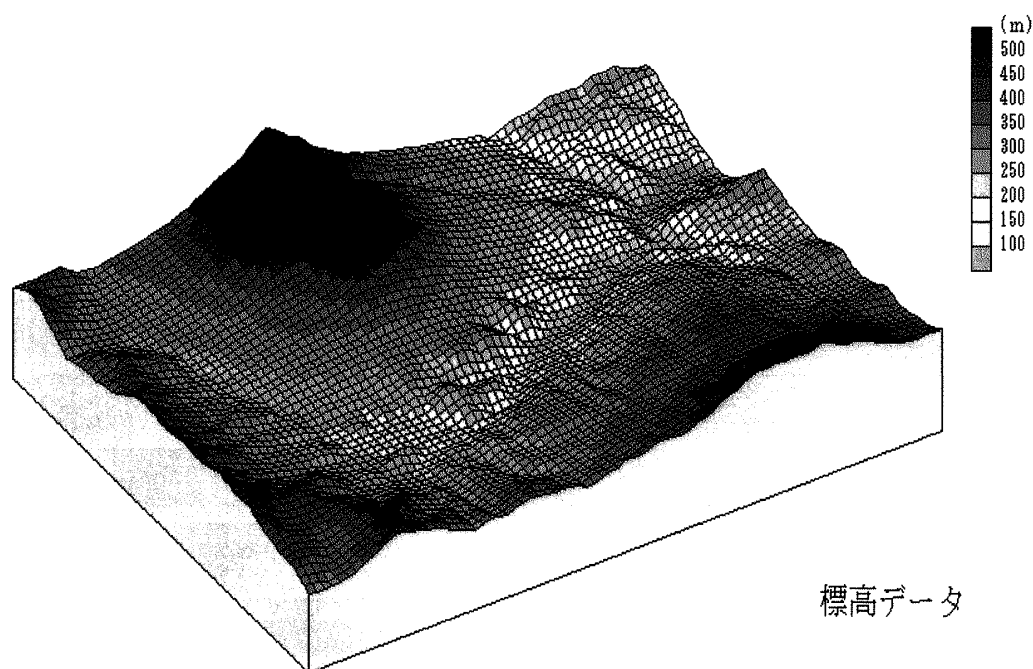


Fig. 12 Three dimensional display using the wire-frame

「壊危険箇所点検要領の危険度判定基準」<sup>8)</sup>をはじめ、いくつかの評価基準がある。これらは全国統一の基準であり、点検対象範囲が定められている。しかし、降雨量や地質特性等が地域によって異なることから、斜面崩壊には地域性も考慮したほうが良いと考えられる。このことから、今回は熊本県内を対象としたメッシュ単位の斜面の危険度評価基準の作成を試みた。

統計処理による斜面崩壊の崩壊・非崩壊的中率の検討には、数量化Ⅱ類による分析がよく行われる<sup>9)</sup>。そこで、今回の斜面の危険度評価点数も数量化Ⅱ類のカテゴリースコアを基準にすることにした。しかし、今回の対象地域には過去の崩壊・非崩壊を比較したデータが少ないので、熊本県内で過去に発生した斜面崩壊事例を基に数量化Ⅱ類で解析したカテゴリースコアを点数化した危険度評価点数を用いることにした。

著者らはこれまでもいくつかの斜面崩壊事例を基に数量化Ⅱ類で斜面の危険度評価点数を算出している<sup>10), 11)</sup>。そこでは斜面崩壊箇所を現地調査すると同時に、すぐ近くで非崩壊斜面を抽出し、崩壊斜面と非崩壊斜面のデータを用いて数量化Ⅱ類で解析を行い、危険度評価点数を求めている。しかし、この点数を広範囲の斜面に適用するには個々の斜面を特定し、さらに各斜面の各アイテムの評価を行う必要があり、非常に煩雑である。そこで、広範囲の斜面の崩壊危険度評価を行うために、地盤情報データベースを作成し、メッシュ単位のデータを用いて評価することを考えた。

本研究においては、Table 4 に示すような3タイプの危険度評価点数を用いて、斜面崩壊危険度評価のシュミレーションを行った。

Type-1 の危険度点数は、過去の大きな集中豪雨災害である以下の3つの時期の斜面崩壊事例を対象にして求めた。

- ①昭和57年7月の熊本県内各地で発生した集中豪雨による斜面災害でデータ数125（崩壊斜面69, 非崩壊斜面56）
- ②昭和60年6～7月の集中豪雨災害で崩壊データ45のみ
- ③平成2年7月の阿蘇地方の集中豪雨災害でデー

Table 4 Risk evaluation points for slopes

アイテム	カテゴリー	Type-1	Type-2	Type-3
傾斜角	45° 以上	15	0	15
	30° ～45°	8	0	8
	30° 未満	3	0	3
起伏量	50m以上	12	13	12
	40m～50m	12	14	12
	30m～40m	12	10	12
	20m～30m	12	6	12
横断形状	20m未満	5	4	5
	凸(6m以上)	9	16	9
	凸(2m～6m)	9	12	9
土地利用	平面(-2m～2m)	9	7	9
	凹(-6m～-2m)	11	5	11
	凹(-6m未満)	11	5	11
表層地質	田	6	4	6
	畑	6	4	6
	果樹園	6	4	6
	針葉樹林	7	4	7
表層地質	広葉樹林	7	9	7
	竹林	13	4	13
	荒地	11	10	11
	人工物地	6	4	6
表層地質	堆積系第四紀	0	4	4
	火山岩系	0	10	10

タ数110（崩壊斜面65, 非崩壊斜面45）。

これらのデータを基に数量化Ⅱ類を用いて解析し、カテゴリースコアから危険度評価点数を算出した<sup>11)</sup>。表層地質については、崩壊箇所と非崩壊箇所が近く、同じカテゴリーとなるので危険度アイテムとして評価できなかった。この危険度点数による元データに対する崩壊・非崩壊的中率は71.4%である。

Type-2 は平成2年7月の阿蘇地域の斜面崩壊が多発した地域（解析対象範囲3km×4km）の崩壊事例（崩壊メッシュ1145, 非崩壊メッシュ3655）を扱ったものである。メッシュ単位で各アイテムの評価を行い、数量化Ⅱ類で解析を行い、危険度評価点数を求めた。この解析では、起伏量と傾斜角の相関が非常に高かったので傾斜角は省き、表層地質をアイテムとして加えた。特定の山岳地域であったため、土地利用が限定されていたので、土地利用は除いた。この危険度点数による元データに対する崩壊・非崩壊的中率は67.7%である。

Type-3 は、Type-1 で表層地質の危険度評価

点数がないことに対応して、Type-1 の危険度評価点数に Type-2 の表層地質の危険度評価点数を加えたものである。

## 5.2 危険度の判別区分法

斜面の崩壊予測の判別区分法として、崩壊・非崩壊に区分するのであれば、ミニマックス法<sup>12)</sup>などもあるが、ここでは斜面の崩壊危険度をランク分けして評価するために、危険度をランクで表すことにした。すなわち、各アイテム毎の点数を合計した得点を等分割法によって分割することがランク分けとしては理解し易いと判断した。この方法は各アイテムの点数の最大点数の合計得点（最大得点）と最小点数の合計得点（最小得点）を求め、その最大得点と最小得点の差を等分する考え方である。5段階に分ける場合は、Table 5 のようなランクと得点になる。

## 5.3 斜面の危険度評価

今回の斜面の危険度評価の試みは、他の地域で求められた危険度評価点数（Table 4）で、斜面崩壊・非崩壊データの無い地域の危険度評価を Table 5 のランク分けで行うものである。

Table 5 Slope risk criterion

危険度	Type-1	Type-2	Type-3
大	46-51	44-50	55-61
やや大	40-45	37-43	48-54
中	35-39	31-36	41-47
やや小	29-34	24-30	34-40
小	23-28	17-23	27-33

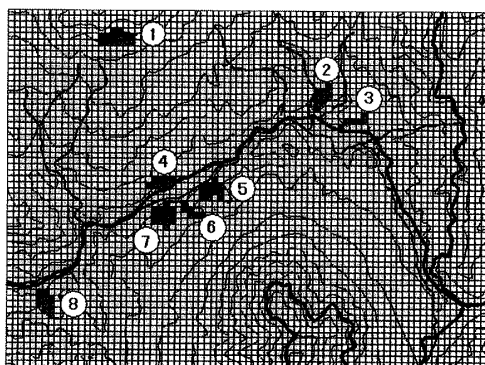


Fig. 13 Selected Dangerous places in the northwest Kumamoto City

すなわち、3タイプの危険度評価点数で、4章で作製したデータベースの熊本市北西部の山岳地域（国土基本図Ⅱ-KD 61）の各メッシュの危険度を評価し、その中で、どれが最も妥当であるかを検討する。妥当性については、熊本県<sup>8)</sup>で調査している急傾斜地崩壊危険箇所および山腹崩壊危険箇所や地すべり危険箇所（Fig.13）と比較してど

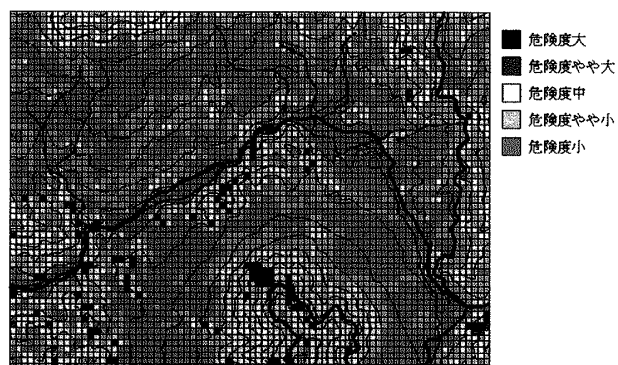


Fig. 14 The slope failure risk predicted by Type 1

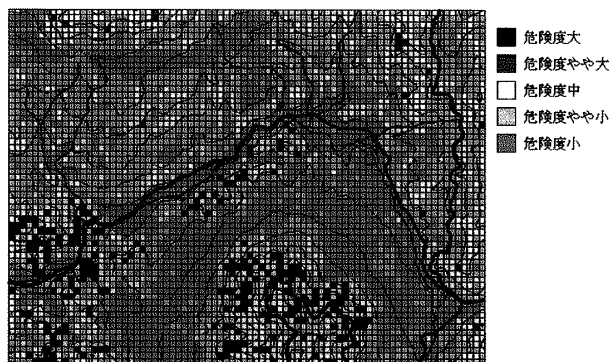


Fig. 15 The slope failure risk predicted by Type 2

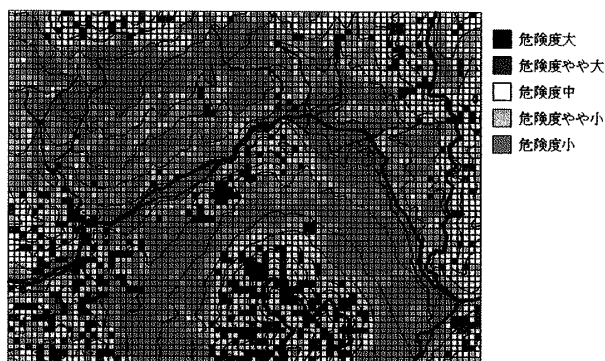


Fig. 16 The slope failure risk predicted by Type 3

の程度危険地として評価されたかで検討する。

まずタイプ毎の危険度評価結果を図化表示したものが Fig.14, Fig.15, Fig.16 である。危険箇所①～⑧で Fig.14 (Type-1) の危険度大と危険度やや大のメッシュ (1.3%) が含まれるのは⑤, ⑥, ⑦と3箇所であった。

Type-2 の点数を適用して求めたものが Fig.15 である。危険度大とやや大のメッシュは増加した (5.1%) が危険箇所と一致したのは①, ⑤, ⑥, ⑧の4箇所で、危険なメッシュが増加しても適用結果はほとんど変化していない。

Type-3 の結果が Fig.16 である。Fig.15 よりさらに危険なメッシュは増加した (7.2%) が、危険箇所との一致も増加し、②, ③を除き一致した。熊本県の急傾斜地・山腹崩壊危険箇所点検資料<sup>8)</sup>によると②は「湧水」と「過去の崩壊有り」、③は危険度点数「B」(崩壊発生率は「A」の1/3程度)ということから、②は今回の危険度評価アイテムでは湧水や過去の崩壊をアイテムとして考慮していないので抽出が困難である。③は「危険度中」と評価されており、Type-3 による評価はほぼ満足の得られる結果が得られた。

今回の斜面の危険度評価において、表層地質の評価を加える (Type-3) ことにより、Type-1 より危険箇所が良く一致するようになった。しかし、危険箇所に挙げられていない箇所で、危険度の高いメッシュがかなり多くなっているため、現地踏査等による検証が必要である。また、今回の危険度評価点数については検討の不十分なところもあるので、崩壊・非崩壊のデータを蓄積し、危険度評価点数の再検討も考慮していくべきである。

## 6. 結論

本研究による地盤情報データベースについてまとめると次のようである。

① 標高データの作成で、デジタイザで等高線データを読み取ることによって、標高データの入力作業を省力化出来た。また、入力作業はモニター上に反映され、視認できるのでミスが少なくなり、修正機能も付加されているので作業効率も高い。

② 等高線データから 25 m 間隔の格子点標高データを求めたことで、目読した標高と計算値標高の誤差が小さくなり、標高データの精度が向上した。

③ 斜面崩壊危険度アイテムである起伏量、傾斜角、傾斜方向、横断形状などを格子点標高データから計算したことと、表層地質や土地利用状況もデジタイザで入力することにより、地盤情報データベースの作成が容易になった。

④ 地盤情報データは地形情報 (道路・鉄道や河川等) と合成することが可能になったので、位置確認が非常に容易になった。

⑤ 地盤情報データは一図葉 (1/5,000 の国土基本図単位) 分を一つのファイル名で管理し、拡張子でデータの種別を区分したため、国土基本図との対応しており、データの検索・保守・管理が容易になった。

斜面の崩壊危険度評価については次のような結果が得られた。

⑥ 危険度評価点数は過去の斜面崩壊事例を参考に数量化Ⅱ類で解析したものを点数化して用い、危険度評価点数を求めた地域とは別の地域に適用し危険度評価を行った。その結果、Type-3 を用いるとほぼ妥当な結果が得られた。

⑦ 斜面崩壊に大きな影響を及ぼすと考えられている過去の崩壊の有無を急傾斜地崩壊危険区域危険度判定基準は考慮しているが、今回の危険度評価には取り入れていないので、今後地盤情報データとして取り入れ、危険度アイテムとして加えて行く必要がある。

## 謝 辞

最後に、資料を快く提供いただいた熊本県総務部消防防災課、土木部砂防課、林務水産部森林保全課、熊本市都市局計画部都市計画課の皆様やデータ入力・解析に協力してくれた熊本大学・熊本工業大学の卒業研究生に感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 沖村 孝：山腹表層崩壊発生位置の予知に関する一研究，土木学会論文報告集，331，pp. 113-120，

1983

- 2) 例えば, 西 邦正・古川浩平・小川 健・中川浩二: 降雨継続中の切土のり面における崩壊・未崩壊の時間毎の予測手法について, 土木学会論文集, No. 498/IV-24, pp. 95-104, 1994
- 3) (社) 全国地質調査業協会連合会技術委員会幹事会: 地盤情報データベースの現況, 地質と調査, '94 第2号, pp. 2-8, 1994
- 4) 塩野清治・升本眞二・弘原海清: BASIC によるコンターマップ, 応用編, 共立出版, pp. 159-162, 1988
- 5) 中山 洋・荒牧昭二郎・北園芳人・内村好美・今泉繁良: パソコンを用いた標高・地質データファイルの作成と斜面災害解析への利用, 土と基礎, 土質工学会, Vol. 34, No. 7, pp/55-60, 1986
- 6) 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, pp. 69-75, 1985
- 7) 熊本県環境公害部: 熊本県環境基本計画環境特性図・熊本・菊池地域, 図副 No. 03, 1994. 3
- 8) 熊本県防災会議: 熊本県地域防災計画(危険箇所編), 平成7年度, 熊本県, pp. 109-113, 121-130, 429-431, 1995
- 9) 例えば, 渡辺浩明・樗木 武・平田登基男: 統計的手法による崖崩れの安全度解析, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.364-365, 1983
- 10) 鈴木敦巳・北園芳人・酒井雅章: 地山斜面の崩壊危険度評価の試み, 土木学会第44回年次学術講演会概要集, III, pp. 532-533, 1989
- 11) 北園芳人・戸次憲一・鈴木敦巳: 斜面崩壊予測における航空写真データの有効性, 第27回土質工学研究発表会講演集, pp. 1933-1934, 1992
- 12) 大林成行・小島尚人・笠 博義: 斜面崩壊予測を対象とした衛星マルチスペクトルデータの実利用化について, 土木学会論文集第415号VI-12, pp. 71-80, 1990

(投稿受理: 平成12年10月12日)

訂正稿受理: 平成13年3月23日)