講演要旨

数値情報化による地すべり地形分布図の多面的利用

井口 隆*

Various utilization of the Landslide Map by digitization Systems

Takashi Inokuchi*

*防災科学技術研究所 総合防災研究部門 Disaster Prevention Research Group, National Research
Institute for Earth Science and Disaster Prevention
Tennodai 3-1, Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan. E-mail: inokuchi@bosai.go.jp

キーワード：地すべり地形分布図, コンピュータマッピング, 地理情報システム, 三次元化

Key words: Landslide distribution maps, Computer Mapping, GIS, 3D analysis

1. はじめに

防災科学技術研究所では1982年より、地すべり研究の一環として空中写真判読によって作成した地すべり地形分布図の刊行を進めてきた。平成13年5月現在、5万分の1地形図を単位とする249面分を刊行している。この図面は単に地すべり研究だけでなく、斜面災害防災の基礎的資料として多方面で活用されている。

紙地図で刊行されてきた地すべり地形分布図を計算機に取り込んで扱うことが出来れば多角的な利用が可能となると考え、システム開発を進めてきた。その結果地すべり地形情報を様々な形で出力でき、WEB上での公開など多面的な利用が可能となった。ここではこれまでに作成したシステムの概要と各種出力図を紹介し、今後の展望についても述べてみたい。

2. 地すべり地形と地すべり地形分布図

地すべりは起伏を持つ斜面を低平化しようとする侵食過程のひとつであり、基本的に重力の作用によって生じる現象である。地すべり変動によって斜面を構成していた物質は変形・移動し、その際には地表面に変動地形が形成され

る。地すべり変動によって形成された地形を総称して「地すべり地形」と呼んでいるが、地すべり地形の存在によって過去に生じた斜面変動の規模や運動様式などについて解明することができる(大八木・清水, 1981)。

地すべり地形分布図はこういった過去の地すべり変動によって形成された地すべり地形を空中写真の実体視判読によって抽出し、地形図上に表した図面である(第1図)。防災科学技術研究所で作成している地すべり地形分布図は斜面変動の初期段階である岩盤クリープないし初期的変形を起こしている斜面変形も判読図示しており、そういった意味からは斜面変動図と呼ぶことができる(清水, 1983)。

3. 地すべり地形分布図の情報を数値化する目的・意義

地すべり地形情報を数値情報化する目的としては、1) 地すべり地形情報を電算機上で処理・解析等ができるようにする(人間の得意な分野と計算機の得意な分野の分業)、2) 地すべり地形分布図の利用分野の拡大を図る、3) 地すべり地形分布図のより多様な利用法・表現法の開発を行なう、4) 地すべりハザードマップ作成の前段階としてデータベース化が不可欠である、5) 地すべり地形情報の随時更新を可能とし、情報管理が一元化できる、などをあげることができる。

地すべり地形の判読に関しては計算機の能力はまだまだ人間の域には達しておらず、経験のある判読者に頼らざるを得ない。しかし一旦判読によって得られた地すべり地形のデータを様々な処理・加工をしたり、表示検索などを行なおうとしたりする場合に計算機を用いたコンピュータマッピングやGISなどのソフトを用いて計算機で処理した方がはるかに効率的で正確である。

地すべり地形情報のデータベース化を推進する今日的な背景には、1) 地理情報・空間情報科学の進展、2) 計算機・ネットワークの発達、3) 情報公開への社会的要請の高まり、4) 各種国土情報の数値化の進展、5) 地すべり地形分布図発行範囲の拡大などが挙げられる。

地すべり地形や地形・地質など空間情報に関する情報は従来紙の上だけで手間と時間をかけて処理されていたが、

第1図 防災科研発行の地すべり地形分布図

異なる情報の重ね合わせや図面の拡大縮小接合など様々な処理が電算機を用いてできるようになり、対応する数値化データも整備されつつある。地すべり防災に関してはそれ以外にも様々の情報を利用して行なう必要があることから、将来をふまえて地すべり地形の数値化・データベース化によって様々な可能性が探る意味でも大きな意義を持つ。

4. 地すべり地形編集解析システムの開発

4.1 編集解析システムの概要

地すべり地形分布図上に図示された地すべり地形情報をもれなく数値化し、地すべり地形をコンピュータ画面上で編集できる編集解析システムを開発した。地すべり地形分布図上の図面情報をそのままコンピュータで処理することを目指したので、二次元図形としてデータ処理を扱うシステムとなっている(井口他,1998, 井口他, 1999)。

システム全般： 本システムにおいては、数値化された大量の地すべり地形データと背景となる地形図等の大容量データを同時に扱う必要があることから、システム開発の構想を立てた10年前の時点ではワークステーションが最適であると判断し、UNIXをOSとするWS上において、C言語によりプログラミングを行なうこととした。また、表示・編集・解析が誰でも簡単に行なえるよう、対話型のシステムとした。

4.2 編集・解析システムの機能

編集解析システムは、表示機能・編集機能・印刷機能・解析機能を有している。

表示機能： 画面表示に関してはシステム上で同時に南北3面×東西3面の計9面分を一度に読み込んで表示可能である。これにより中心の1面に隣接するすべての図面が接合された状態で編集が可能である。地すべり地形の表示画面においては、背景図として地形図・陰影図など任意のラスター画像を選択して表示することができる(第2図)。また、指定地など他のベクトルデータを同時に表示することもできる。地すべり地形を表す凡例はできる限り印刷図面の凡例の形状に近づけるよう努力した。画面操作に関するコマンドには、拡大・縮小、再表示、スクロール機能、属性表示などの基本的な操作ができる。また凡例ごとに表示・非表示の選択や表示色の変更と保存なども可能である。

編集機能： 画面上で地すべり地形図の加筆・修正など編集作業は対話形式で行なうことができる。機能としては隣接処理、移動体と滑落崖を結合させるグループ化機能、地すべり地形の削除・移動、補間点編集、ポリゴン化・非ポリゴン化、アーク追加、ポイント追加など、編集に関するほ

とんどの操作が可能である。作成された地すべり地形の情報は独自のフォーマット(DLS形式)で保存される。

印刷機能： システムに読み込まれた任意の範囲やファイル単位での印刷が可能である。印刷出力には背景図を含めて出力でき、大型図面にも対応している。

解析機能： 地すべり地形に対する解析機能は現時点では、画面上での距離測定、面積測定、指定範囲内における地すべり面積率(移動体が占める面積)の計測、一定範囲の移動体面積を有する地すべり地形の抽出機能等が可能である。

開発を進めてきたシステムはUNIXのワークステーション上で稼働するシステムであるが、今後はこのシステムの機能のうち表示機能などをWindows上で稼働するように移植することを計画している。これは当面Viewerとしての機能に重点をおき、表示と簡単な解析の出来るシステムの開発を進める計画である。

5. 二次元地すべり地形情報のインターネット公開

5.1 WEB公開システム開発の経緯

地すべり地形分布図に図示された情報をインターネット上において発信することができれば、いつでもどこからでも地すべり地形の分布状況を確認することができ、研究者だけでなく自治体や住民にとってきわめて有益で、そのニーズも高いと思われる。

そこで開発を進めていた編集解析システムがほぼ概成したのを受け、地すべり地形分布図の数値化を一挙に進め空間情報データベースとして整備することにより、インターネット上で検索表示公開が出来るようなシステムの開発を行なうこととした。これを実現するため、科学技術振興事業団(JST)のデータベース化支援事業を受けて平成9年よりシステム開発と地すべり地形データの数値化を進め、平成12年10月より公開を開始するに至った。公開ページのurlは<http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>である。

5.2 WEB公開システムの概要

地図情報等の空間情報を公開するシステムにはWeb対応のGISソフトが不可欠であるが、システム開発の時間的制約等もあり、Arc View IMSを用いることを決めた。ハードウェアとしてはWindows NT4.0をOSとする2台のPCサーバーで構成される。1台がクライアントからの要求を処理するWebサーバー、もう1台が、地すべり地形を描いた図面の作成処理をおこなうためのMapサーバーである。

目的の地域の地すべり地形を表示させたい場合、Web上で、目的の地域の行政区域名で検索するか索引地図上から拡大・移動機能を用いて目的範囲を絞り込んでゆく。防災科

第2図 地すべり地形編集解析システムの画面表示

第3図 インターネット公開画面

学技術研究所におかれているマップサーバーは指定された地域の地すべり地形データを検索し、所要の範囲の地図画像と地すべり地形を合成する。合成された地図画像は、JPEGに変換しWebサーバーを介してユーザーの画面上に表示される。ユーザーは目的に応じて表示場所を移動させたり、拡大・縮小などを行なったりすることができる。

研究など地すべりデータを用いた解析をするために地すべり地形数値データを入手したい場合は、利用者登録をすることによって、地すべり地形データをダウンロード出来る。現在のところダウンロード可能なファイル形式には、Arc Viewで用いているShape fileおよびDXF fileの2種類を用意している。また、地すべり地形に関する会議室や掲示板を設置し、使用法などについて議論する場を設けている。

6. 三次元表示・解析システムの概要

6.1 システムの基本的考え方

地すべり変動は本来斜面で発生する三次元的現象であることから、3次元で扱い表示した方が解析の上でも、表示閲覧にとっても好都合である。三次元表示解析システムは4.で紹介した「地すべり地形編集システム」によって作成した二次元の地すべり地形データ(dlsフォーマット)と数値標高データ(DEM)を組み合わせて三次元の地すべり地形データを作成すると同時にその表示・解析を行なうシステムである。作成した三次元データは新しいフォーマット(3dlsデータ)で保存することができ、次回からはそれを直接読み込むことができる。DEMとしては国土院の50mメッシュ数値標高データとともに、10mメッシュの標高データ(北海道地図GISMAP Terrain)を用いることもできる。

この開発を進めるにあたっては二次元の表示・編集・解析システム(井口他, 1999)によって編集したDLSデータを用いることを前提に開発を進めた。そのため、二次元編集・解析システムと同様にワークステーション上で稼働するように開発を行なった。また、三次元システムにおいては地すべり地形の立体表示および三次元の地形解析機能を基本とし、地すべり地形の編集機能は持たせていない。

6.2 システムのハードウェア

本システムのハードウェアとしては二次元の編集解析システムと同様、UNIXをOSとするワークステーションを用

型プリンターを接続している。

6.3 システム開発ソフトウェア

三次元表示のための表示解析システムは二次元システムと同様、独自に開発を行なった。本システムはUNIXをOSとするSunワークステーション上にC言語を用いてプログラミングされており、SUNワークステーションのウィンドウシステムである日本語Open Window上に作動する。三次元表示のグラフィックシステムに関する部分は、三次元グラフィックライブラリであるOpenGL(Ver1.1以上)を使用している。

三次元地すべり解析システムは大きく分けて、二次元データから三次元データを作成する機能、三次元表示に関わる機能、各種解析機能、データベース作成機能、印刷機能などから構成されている。

6.4 三次元表示手法

三次元情報の表示方式としては、視差を与えた2枚の画像を実体視するといった手法は取らず、斜め上空から見下ろした画像を表示させる鳥瞰図的な手法を採用した。マウスの操作による移動・回転などで自由な方向から見る事が出来る(第4図)。

鳥瞰図による地表面の表現方法には様々な表現法があるため一通りの表示方式とはらず、レンダリング、ワイヤーメッシュ、テクスチャーの貼付けの3方式から任意に選べ、また切り替えたい時に自由に切り替えられる方式とした。

6.5 三次元データ作成機能

地すべり地形編集・解析システム(二次元)で作成した二次元の地すべり地形データ(DLSデータ)と数値標高データ(DEM)を用いて地すべり地形の三次元データを作成する機能である。作成した三次元地すべり地形データは保存することができる。次のデータの読込時からは三次元地すべり地形データを用いることができる。

6.6 三次元地形解析機能

標高値確認コマンド: 求めたい地点の標高値を求める機能。求めたい地点をマウスでクリックすることにより、標高値を得ることが出来る。

最高点・最低点表示: この機能は、与えられた範囲内における最高点および最低点の標高を求める機能である。各地すべり地形の移動体もしくは指定された範囲内における最高点・最低点、平均標高などを求めることができる。この機能においては同時に最高点と最低点を結ぶ線の傾斜を自動的に求めることができる。

傾斜角測定: 与えられた範囲内の斜面勾配を計算し、平均勾配を求める機能。

移動体体積の推定: 移動体の面積から体積を算定する。手法は奥田(1984)が示した算定式を用いて計算している。

6.7 三次元地すべり地形データベース作成機能

個々の単位地すべり地形ごとに最高点、最低点、移動体面積、平均勾配などの地形諸元等についてデータベースを作成する機能を設けた。二次元のシステム上では標高値や勾配等の高さに関連した情報を得ることができなかったが、三次元解析システムの開発によりそれが可能となったため、データベース作成機能の強化について推進した。

但し、地すべりの幅、奥行きについては地すべりの移動方向を入力する必要があるが、現在のところ手入力する以外に、別途開発する計画である。

6.8 三次元地すべり地形のインターネット公開

地すべり地形の二次元情報をインターネットに発信するシステムは現在稼働中であるが、今後は一般の人々にもより分かりやすい表現を実現するため、地すべり地形画像を三次元表示したものをインターネットによって発信出来る

第4図 インターネット公開画面

いた。現在開発を進めているのはSun Micro社製のワークステーションでOSはSolaris 2.6である。システムには大

表1 地すべり地形分布図数値情報 各システムの対比表

システム名称	ハードウェア	O S	データ	目 的
地すべり地形編集解析システム	ワークステーション	UNIX	DLS ファイル	地すべり地形情報の入力・編集 印刷出力
三次元地すべり地形表示解析システム	ワークステーション	UNIX	DLS+3DSL	三次元情報表示・解析
地すべり地形情報 Viewer	PC	Windows	DLS ファイル	二次元情報の表示 CD-ROM によるデータ配布
地すべり地形データベース	PC-サーバー	Windows NT Arc View IMS	Shape ファイル	インターネットでの地すべり地形情報の公開
Web 版三次元地すべり地形表示システム	PC-サーバー	JAVA+HTML	DLS+3DSL	インターネットでの三次元地すべり地形公開

ようシステムの開発を推進している。とりあえずのシステムは出来たが、三次元の場合情報量が二次元の場合より格段に多くなるので演算および転送等に時間を要することから、実用的なシステムとするためには今後1～2年の開発期間を要すると思われる。

7. 開発システムの概要と数値化による出力成果

これまでに開発したあるいは開発中のシステムの一覧を第1表に示した。三番目に示した Viewer は DLS データを CD-ROM など配布する際に添付するために用意している。これについては背景図をどうするかが課題である。

地すべり地形分布図を数値化することによって様々な情報と組み合わせての出力やいろいろと加工しての出力が容易に出来るようになった。今回のポスターで展示するのは10mのDEMから作成した陰影図とラスター地形図を重ね合わせた上に地すべりのベクトル情報を重ねた図面と余色立体視地形図を紹介する。

8. おわりに

入力した地すべり地形データが様々な分野で有効に利用出来るように、地すべり地形分布図空間情報システムの、総合的なシステム化を目指している。将来的には地すべりの三次元安定計算などが出来るようにしたい。また判読した地すべり地形データをシステムの画面上で直接入力し、地すべり地形分布図の印刷図の原稿図を出力可能なようにすることも構想している。

また、将来的にはここで開発したシステムを応用して斜面災害のハザードマップの作成などが求められてくるので(横田,2000)、それに対応する様な研究も推進し、その成果を取り入れられるようにしてゆく予定である。

文 献

- 井口 隆・福岡輝旗・安田真人(1998):地すべり地形分布図の編集解析システムと地すべり地形情報のデータベース化。第37回地すべり学会研究発表講演集,地すべり学会,31-34.
- 井口 隆・福岡輝旗・藤井恵一・田原大輔(1999):地すべり地形分布図編集解析システムについて。第38回地すべり学会研究発表講演集,地すべり学会,543-546.
- 井口 隆(2000):地すべりのハザードマップ(そのI)―地すべり地形分布図の現状と活用について―。応用地質学会シンポジウム講演論文集,
- 大八木規夫・清水文健(1981):地すべり地形分布図の凡例について。第20回地すべり学会研究発表論文集,地すべり学会,120-121.
- 清水文健(1983):空中写真による地すべり地形の認定と表現方法。地すべり,19巻3号,10-18.
- 横田修一郎(2000):斜面ハザードマップの構築とその社会的必要性。応用地質学会平成12年度シンポジウム予稿集,2-15.