

I-2 インターネット環境下で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システムの構築

*Development of web-based slope stability evaluation system (SSE-web)*小島尚人¹・大林成行²・市川岳弘³・向井勇喜⁴

Hirohito Kojima, Shigeyuki Obayashi, Takehiro Ichikawa and Yuki Mukai

抄録：本研究開発は、広域にわたる斜面の崩壊危険箇所評価支援を目的として、インターネット環境下で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム (SSE-Web : Web-based Slope Stability Evaluation system) を構築したものである。SSE-Web は、衛星データと各種地理情報 (素因) を説明変量とし、既崩壊地を外的基準とした多変量解析手法から構成されている。「前処理、解析、後処理、情報提供・管理」システムに区分した上で、画面遷移設計と画面内設計を進めた。前処理システムによって素因を作成した後に、解析システムを介して斜面崩壊危険箇所評価に関わる各種分析 (素因分析、判別精度評価等) を実施できる。斜面崩壊危険箇所評価図の作成と報告書類 (現地調査台帳等) の作成は後処理システムが担う。さらに、情報提供・管理システムによって、素因や斜面崩壊危険箇所評価図等、種々の情報を発信・共有管理できる統合システムを実現している。データセット構造や操作性に優れた GUI の設計等を含めて、インターネット環境で稼働する各種技術系処理・解析システムの開発にも寄与できる特色ある内容が提示されている。

Abstract: For better evaluation of hazardous area affected by the slope failures as well as landslides, the web-based Slope Stability Evaluation model (SSE-web) has been constructed. In the SSE-web, the relationship between the "past slope failures" and the "causal factors (i.e., satellite remote sensing data, geographical information)" are constructed. The SSE-web consists of the following systems; i) Pre-processing system, ii) Analysis system, iii) Post-processing system, and iv) Information providing and management system. The functions for making the causal factors belong to the pre-processing system. Through the analysis system, the factor analysis could be carried out on the slope stability evaluation. The post-processing system supports the editorial works on the slope stability evaluation maps as well as the analysis results. Furthermore, the post-processing system assumes a role to provide and manage those data sets. The system designs on the SSE-web might be a good guide for constructing the related system of spatial-data integration and analysis under the internet-environment.

キーワード：斜面崩壊危険箇所評価、ネットワーク環境、衛星リモートセンシングデータ、地理情報、数量化理論、空間情報統合分析

Keywords : slope stability evaluation, network environment, satellite remotely sensed data, geographical information, quantification method, spatial data integration and analysis,

1. はじめに

斜面崩壊の「発生時期・位置・規模」を事前に予知しようとする技術は古くから研究され¹⁾、その成果の活用が強く求められている。これら3つの予測要件のうち²⁾、筆者らは斜面崩壊の発生「位置」と「規模」を事前に把握することを目的として、地形や表層地質、土壌といった各種地理情報と衛星リモートセンシングデータ (これらを「素因」と言う) を融合利用できる斜面崩壊危険箇所評価モデル (SSE model : Slope Stability Evaluation model using satellite data and geographical information) を開発するとともに³⁾、各種評価アルゴリズムの提案^{4)、5)}、評価精度の検証等⁶⁾、⁷⁾、基礎研究の実施と並行して、実務への適用実績を数多く積み重ねている^{8)、9)}。

SSE モデルは UNIX 環境と Windows 環境下で稼働す

るが、いずれもスタンドアロンシステムとして設計・開発された。しかし、適用事例が蓄積されるとともに、入力情報や処理結果の共有・管理等への対応を含めて、インターネット環境下で SSE モデルを稼働できないかとの声を持ち上がってきた。ここ数年の目覚ましいネットワーク環境の充実とあいまって必然的に発生してきた利用者側からの要求である。

SSE モデルは、数量化理論を中核とした多変量解析手法をベースとしている。判別基準 (既崩壊地等 : これを「トレーニングデータ」と言う) の選定から素因の作成とそれらのデータセット化、斜面崩壊危険箇所評価に関わる各種分析、ファイルの共有・管理、ユーザーインターフェース (GUI : Graphical User Interface) の設計等、SSE モデルをインターネット環境下で稼働させる上で検討すべき多くの課題がある。

以上の背景のもとに、本研究開発では、広域にわた

1 : 正会員 工博 東京理科大学助教授 理工学部土木工学科

(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641, Tel : 04-7124-1501, E-mail : kojima_h@rs.noda.tus.ac.jp)

2 : 正会員 工博 (株)国土情報技術研究所 代表取締役 (〒150-0002 渋谷区渋谷 1-16-14)

3 : 正会員 日立ソフトウェアエンジニアリング(株) (元:東京理科大学・理工学部土木工学科・地球環境工学研究室)

4 : 正会員 (株)インクス (元:東京理科大学・理工学部土木工学科・地球環境工学研究室)

る斜面の崩壊危険箇所評価支援を目的として、インターネット環境で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム（SSE-Web：Web-based Slope Stability Evaluation system）の設計・開発に着手した。

なお、本研究の斜面崩壊危険箇所評価モデルは、素因を説明変量として、既崩壊発箇所と土地の性状が類似する箇所を抽出するものである。広域にわたって斜面の「崩壊発生時期」を個々に予知すること（モデル構築含）は、難題の一つとなっている。あらかじめ危険であると判明している特定の斜面を対象として、傾斜計等の計測機器を設置して、崩壊発生時期の予知を試みる研究は「点」としての崩壊予知であり、本研究の「面」としての崩壊危険箇所評価との連携問題は、今後の課題としたい。

2. 研究開発の目的

本研究開発の目的は、以下の3点である。

①インターネット環境下で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム（SSE-Web）の開発ニーズと意義を明らかにした上で、SSE-Web が具備すべき基本要件について検討する。

②「前処理、解析、後処理、情報提供・管理」システムに区分した上で、斜面崩壊危険箇所評価に関わる一連の処理の流れと情報の入出力関係について検討する。各システムで共有するデータセットの構造について検討するとともに、装備すべき要素機能について設計・開発を進める。

③これら要素機能に対応する「画面内設計（コントロールパネル設計含）」および「画面遷移設計（画面間リンク関係）」について検討した上で、SSE-Web として組み上げる。さらに、SSE-Web で扱う情報を地理領域単位でデータセット化し、情報提供・管理システムによってこれらのデータセットを継続して共有・管理できるシステムを構築する。

3. 本研究開発の経緯と特色

（1）本研究開発の経緯

斜面崩壊危険箇所評価モデルは、1990年に公表してから十数年が経過する³⁾。この間、精度論的研究と並行して^{4)~7)}、UNIX 環境¹⁰⁾とWindows 環境下¹¹⁾でSSEモデルを稼働できるようにシステム開発も進めた。これらの開発は、OS 環境の変化に呼応し、それぞれ異なる時期に独立して実施されたことから、データセットの管理構造やシステムの操作方法が異なっていた。したがって、広く普及してきたWindows 環境下で稼働するSSEモデルの利用頻度がおのずと多くなっ

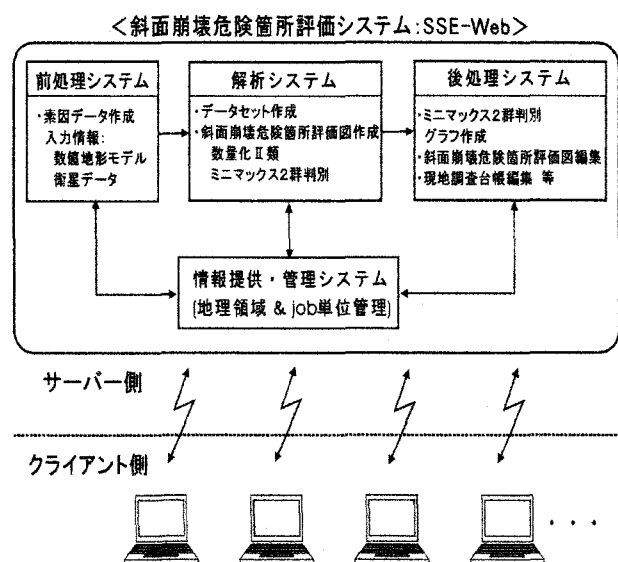


図-1 誘導連携システムとしての SSE-Web

てきたことも事実である。さらに、SSE モデルの適用実績が多くなるとともにデータセットの蓄積が進み、UNIX 環境と Windows 環境それぞれのデータセットの共有管理上の問題も派生してきている。

以上のようなシステム運用上の諸問題に因應べく、インターネット環境下で稼働する新たな斜面崩壊危険箇所評価システム構築のニーズが持ち上がってきた。

（2）本研究開発の特色

事務処理系業務（定型）と異なり、専門性の高い技術系処理・解析システムをインターネット環境下で開発・運用する場合には、検討すべき課題は多い。本研究開発においても素因の作成からこれらのデータセット化、さらには、各種分析機能等、GUI の設計開発に予期せぬ問題に直面した。開発された SSE-Web の特色は以下の3点にまとめられる。

a) 操作の統一性確保

各種空間情報の処理・解析を担うシステムを利用したことのある技術者であれば、システムのバージョンアップに伴う予期せぬ GUI 等の変更のために、慣れた操作であるにもかかわらず、マニュアルを見直さざるを得ないといったことを経験しているはずである。

また、Windows 環境下での GUI 設計論に関する研究や書籍は数多いが^{12), 13)}、専門性の高い技術系の処理解析システムにおける「画面遷移設計」と「画面内設計」に関わる議論は意外にも少ない。

そこで、SSE-Web では、図-1 に示すように「前処理、解析、後処理、情報・提供管理」といった4つのシステムに分けた上で、斜面崩壊危険箇所評価に関わる一連の処理手順に対応するように「画面遷移設計」と「画面内設計」を並行して進めた。

さらに、処理を進める上でのメニュー画面（以下、

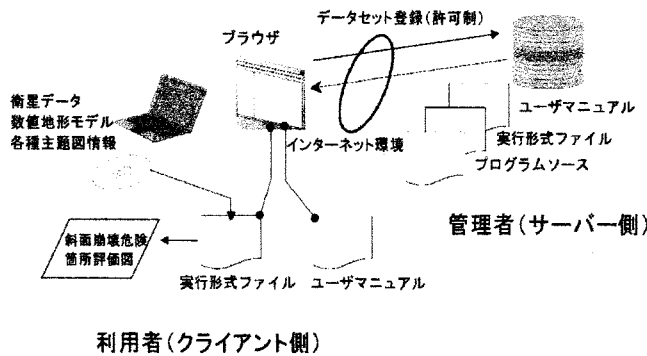


図-2 SSE-Webの運用環境

コントロールパネル)の階層化を避け、1種類のコントロールパネルを介して各処理を実行できるように配慮した。このコントロールパネル内は、①処理手法の選定、②処理パラメータの入力指定、③入力ファイルの指定、④出力ファイルの指定といった4種類のコンポーネントのみで統一し、「画面内設計」に反映されている。これにより、システム開発の効率を飛躍的に向上させただけでなく、システム導入時の操作教育はほとんど不要となり、実務での処理効率も高めている。

以上のように SSE-Web は「処理誘導とシステム連携」を要件とした「誘導連携システム」となっている。SSE-Web の特色の一つである。

b) システム運用・管理の効率化

SSE-Web の設計・開発の視点として、「定型処理」と「非定型処理」を分けている。定型処理部の操作は、ほとんど変更ないように、また、非定型処理部では、機能拡張は言うまでもなく、汎用画像処理ソフト等を適宜連携するといった柔軟な対応が必要になる。

例えば、素因を作成する処理を担う「前処理システム」は、定型処理部に相当し、前処理機能の変更と拡張はほとんど必要としない。利用者は処理機能のバージョンアップに伴うインストールや GUI 変更への対応等が不要となり、システム運用・管理上の効率化も図っている。SSE-Web 設計上の特徴であり、換言すれば、インターネット環境下で SSE-Web を開発するもう一つの意義でもある。

c) 誘導連携システムの実現

斜面崩壊危険箇所評価を実施する場合、素因や判別基準となるトレーニングデータ、斜面崩壊危険箇所評価図、統計分析結果、現地調査情報（静止画、動画、調査台帳）、報告書類等、種々の情報を扱う。SSE-Web では、これらの情報を「地理領域かつ JOB 単位」で1セットとして取り扱い、これを「データセット」と呼ぶ。本研究では、このデータセットを運用・管理できる情報提供・管理システムも構築した。継続分析を支

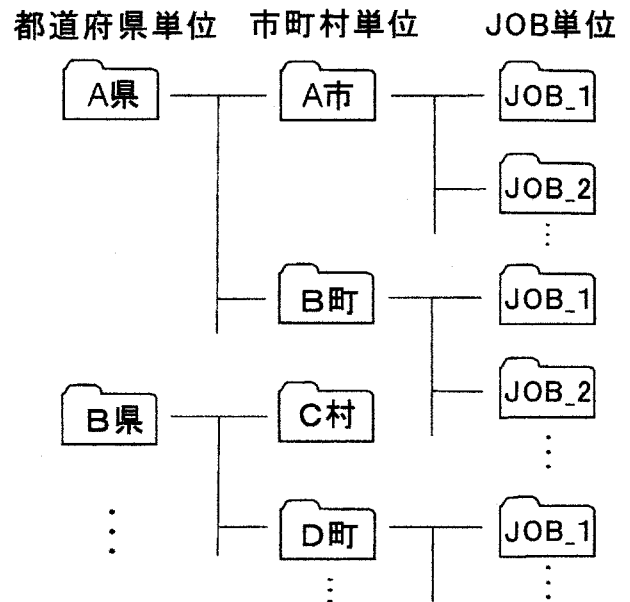


図-4 データセット管理用フォルダ構造

援できるだけでなく、情報の提供・管理に寄与できるようになっている。実務での供用を通して、斜面崩壊危険箇所評価支援はもとより、インターネット環境下で稼働する誘導連携システムとしての有用性が確認されている。

4. SSE-Web の基本設計

(1) SSE-Web 運用環境

SSE-Web は、図-1に示したとおり、インターネットに接続されたパーソナルコンピュータ上で稼働する。特別な稼働環境を整備する必要はなく、時間と場所の制約がなく常時利用できるようになっている。SSE-Web の運用環境を図-2に示す。

①システム利用者（クライアント側）

Java アプレットをクライアント側にダウンロードして (Java SDK1.4 以降)、ユーザの手元で処理・解析を実施する運用形態をとる。ユーザは処理対象データ (衛星データ、数値地形モデル (DTM: Digital Terrain Model)) を購入・保有していることが前提となる。

②システム管理者（サーバー側）

システム管理側では、ユーザマニュアル、実行形式ファイル、プログラムソースを管理するとともに、利用者との間でシステム使用契約を締結した後に、パスワードを配布、システムの運用・管理体制を敷く。さらに、利用者が許可するデータセットを受信・登録し、情報提供・管理システムで情報の発信・管理を担う。

(2) システム構成

SSE-Web は「前処理、解析、後処理、情報提供・管

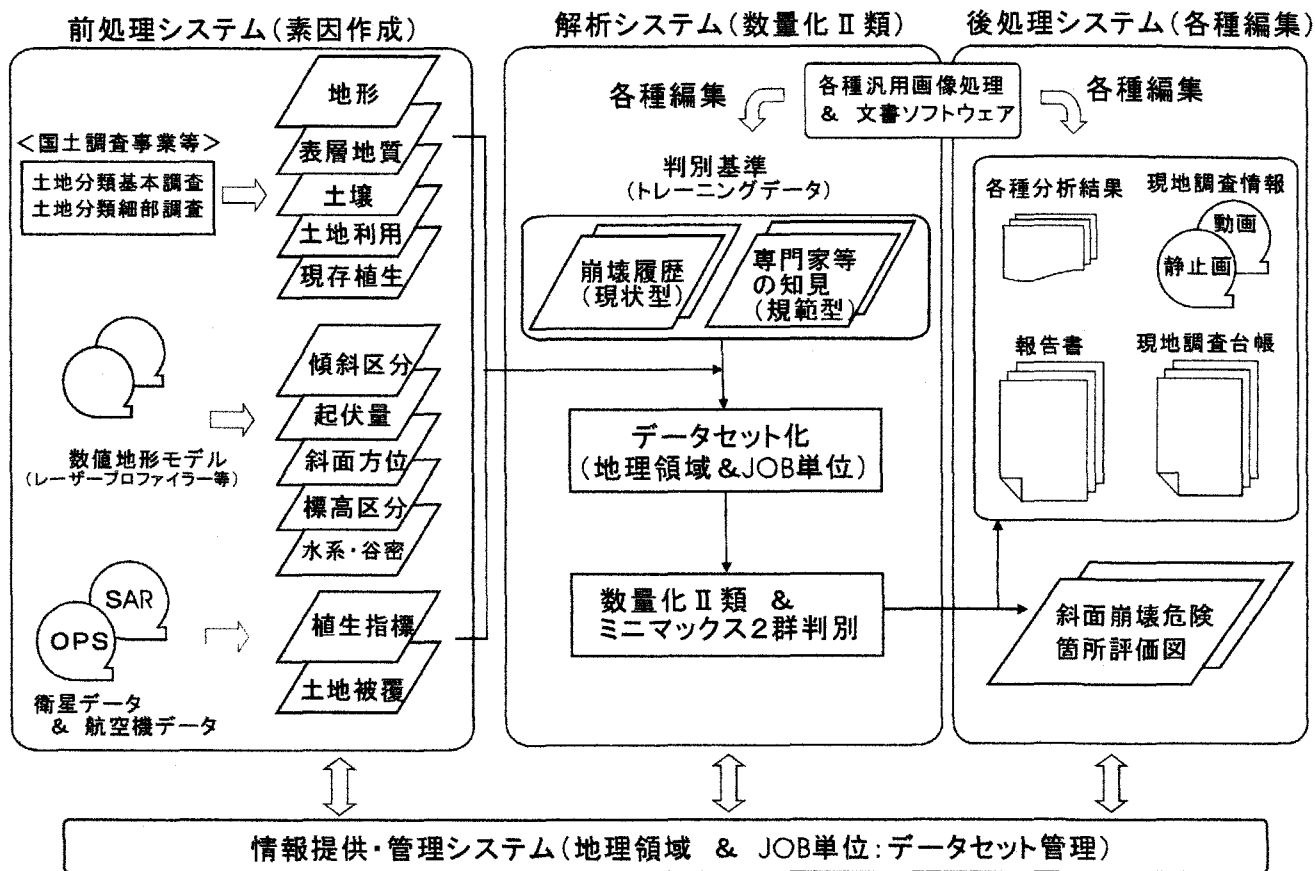


図-3 インターネット環境下で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム(SSE-Web)の全体構成

理」といった4つのシステムから成る。これらのシステムの連携関係を一見して把握できるように、処理の流れとともに図-3に整理した。前処理、解析、後処理システムから派生する情報を情報提供・管理システムにおいて共有・管理できるようになっている。

(3) データセット構造

図-4にデータセットの基本構造を示す。SSE-Webでは、素因やトレーニングデータ(判別基準)、斜面崩壊危険箇所評価図、現地調査台帳、報告書類等、中間ファイルを含めて種々の処理・解析情報がある。これらの情報はJOB単位(地理領域別処理単位)で「データセット化」し、「県単位、市町村単位」で管理される。図-4のデータセット構造は、情報提供・管理システムで共有され、データセットの効率的かつ継続的な管理・運用ができるようになっている。

(4) 処理構成区分

筆者らはUNIX環境下における衛星データの画像処理・解析を担う膨大な量のソフトウェア開発の実績をとおり、「処理構成区分」を定義した上で、ソフトウェア資源の効率的な管理・運用を実現している¹⁴⁾。

インターネット環境下で稼働するSSE-Webの機能

表-1 ソフトウェア開発時の処理構成区分

システム区分	処理内容	処理構成1	処理構成2
前処理システム	一般処理	画像データの切り出し	○
		幾何学的歪補正1 (アフィン変換係数の計算)	○
		幾何学的歪補正2 (再配列内挿)	○
	数値地形モデル	素因データのレンジ計算	○
		標高区分	○
		傾斜区分	○
		起伏量	○
		斜面方位	○
		谷密度	○
	衛星データ	植生指標	○
		トレーニングデータ作成 (土地被覆分類図用)	○
解析システム	評価図作成	土地被覆分類図作成	○
		データセット作成	○
		斜面崩壊危険箇所評価 (数量化Ⅱ類、ミニマックス2群判別)	○

群についてもこの考え方を継承し、表-1に示すように2種類の「処理構成区分」にしたがって、ソフトウェア開発とそれらのライブラリ化を進めた。この処理構成区分は、ライブラリの管理や機能拡充時の枠組として寄与する。

a) 処理構成1

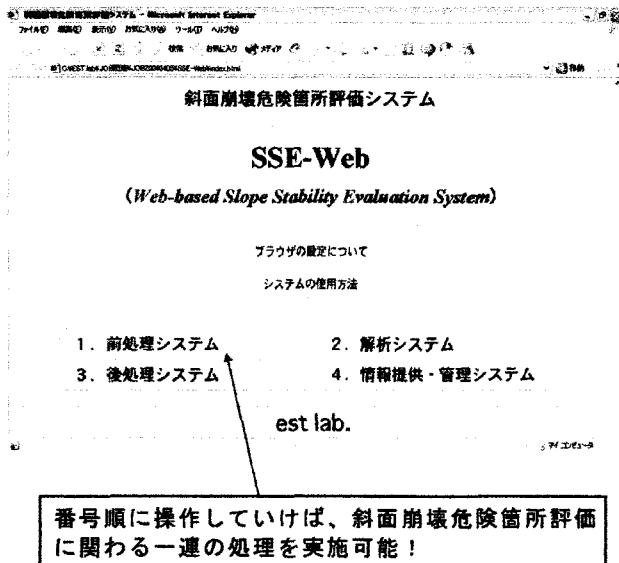


図-5 SSE-Web のメインメニュー

処理パラメータは必要とせず、入力データを指定するだけで、処理結果を出力するプログラムが「処理構成1」に属する。例えば、素因としての植生指標 (NVI: Normalized Vegetation Index) や斜面方位図等の作成が該当する。なお、SSE-Web には、種類の異なる植生指標¹⁴⁾が選択・作成できるようにもなっている。

b) 処理構成2

「処理構成1」の処理に加えて、画像処理・解析を実行する前に「コントロールファイル (実行制御ファイル)」の作成を必要とする処理プログラムが「処理構成2」に属する。例えば、教師付き最尤法を用いて衛星データから土地被覆分類図を作成する場合には、コントロールファイルとしてトレーニングデータを事前に作成することが必要となる。SSE-Web におけるコントロールファイルの記述は、あらかじめ指定された書式にしたがうのみであり、利用者は複雑な処理操作を必要としない。

5. SSE-Web の詳細設計

(1) SSE-Web のメインメニュー

システムの使用許可を得た利用者 (パスワード認証) が Web ブラウザを稼働すると、図-5 に示す SSE-Web のメインメニューが表示される。メニュー上の番号順 (前処理、解析、後処理、情報提供・管理) に操作していけば、斜面崩壊危険箇所評価に関わる一連の処理を実施できるようになっている。なお、これ以降は、画面の情報を併記するとともに、各種設計上の工夫点等について説明する。

(2) 前処理システム

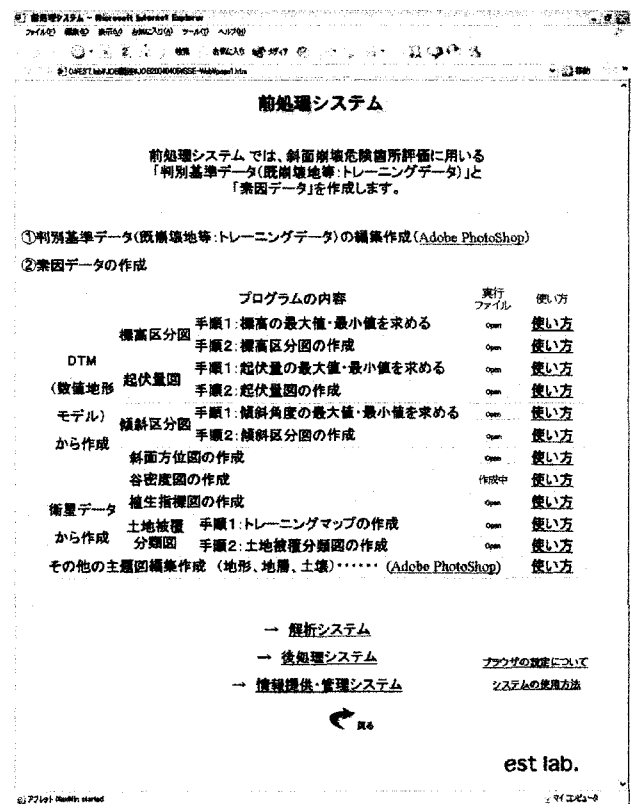


図-6 前処理システムのメニュー

前処理システムでは、斜面崩壊危険箇所評価図を作成する上で必要となる入力情報としての素因 (説明変量) とトレーニングデータ (目的変量) を作成する。図-6 に前処理システムのメニューを示す。作成対象となる素因を選定して処理を進める。

a) 素因の作成 (説明変量)

素因の種類として、①数値地形モデル (DTM: Digital Terrain Model) から作成される素因、②衛星データから作成される素因、③現地調査等に基づいて作成される素因に分けられる。

①数値地形モデルから作成される素因

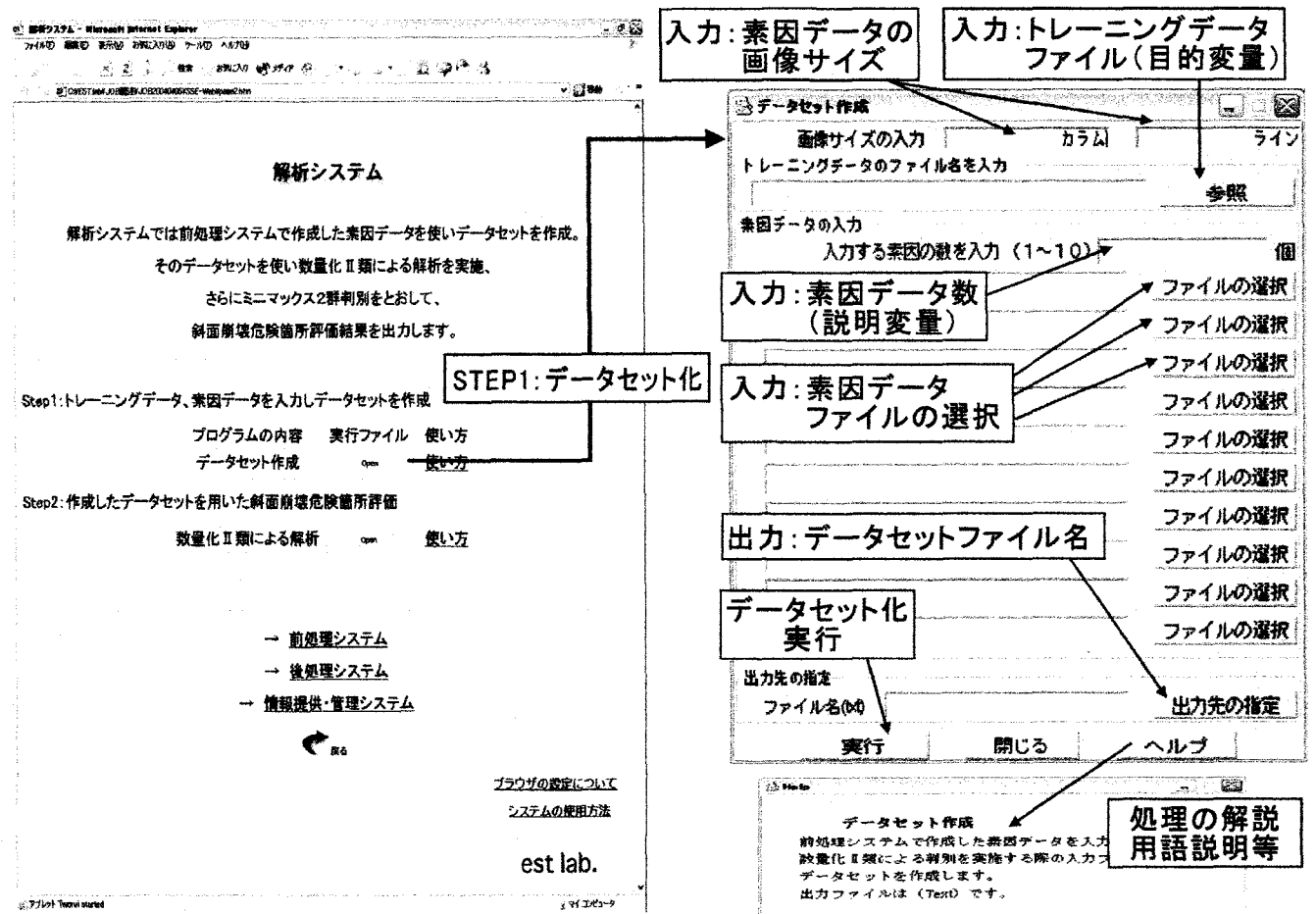
「標高区分、起伏量、傾斜区分、斜面方位、谷密度」は、数値地形モデル (DTM: Digital Terrain Model) からコンピュータ処理を通して作成する。

②衛星データから作成される素因

衛星データに対する処理をとおして作成される素因である。SSE-Web では、「植生指標、土地被覆情報」の2種類を作成できるようになっている。植生指標は前述したとおり、複数のものが選択・作成できる。

③現地調査等に基づいて作成される素因

以上の素因以外にも「地形分類、表層地質、土壤、現存植生図」といった現地調査等を通して作成される素因もある。一部数値化されて市販されているものもあるが、紙媒体である場合には、図面をデジタル化



(a) 解析システムの基本メニュー

(b) コントロールパネル設計例: データセット作成機能

図-7 解析システムの基本メニューとデータセット作成機能(解析システム:STEP1)

し、さらに編集する必要がある。この処理は図-6上で「その他の主題図編集作成(地形、表層、土壌)」を選択し、汎用画像処理ソフトへリンク連携して実施できるようにになっている。

b) トレーニングデータの作成(目的変数)

素因(説明変数)の作成と並行して、斜面崩壊危険箇所評価図を作成する際の判別基準となるトレーニングデータ(目的変数)をあらかじめ作成しておく必要がある。具体的には、図-6上で「判別基準データの編集作成」を選択し、汎用画像処理ソフトへ移動してトレーニングデータを作成編集する。判別基準(目的変数)となるトレーニングデータには、以下の2種類がある⁴⁾。

①現状型トレーニングデータ(判別基準)

崩壊地が発生した箇所を「1」とし、それ以外のデータを「0」として画像化した判別基準データを言う。既崩壊地の土地の性状と類似する箇所を探索する評価に利用されるトレーニングデータである。

②規範型トレーニングデータ(判別基準)

未崩壊地であっても崩壊の危険性があるとあらかじめ推定される箇所を「1」とし、それ以外を「0」として画像化した判別基準データを言う。現状型トレーニングデータに付加して、斜面崩壊危険箇所評価図の違いを分析する場合(感度分析)に利用されるトレーニングデータである。

以上の前処理システムによって各素因の作成が完了した後にメインメニューに戻り、「解析システム」へ処理を移行する。

(3) 解析システム

解析システムのメニューを図-7(a)に示す。上部から順に処理の流れに対応しており、以下の2種類の処理を担う。

①データセットの作成(STEP1)

②斜面崩壊危険箇所評価図の作成(STEP2)

a) データセットの作成(STEP1)

この処理は、前処理システムで作成した「素因とトレーニングデータ」をデータセット化するとともに、数量化Ⅱ類に基づく分析に利用できるデータ配列にな

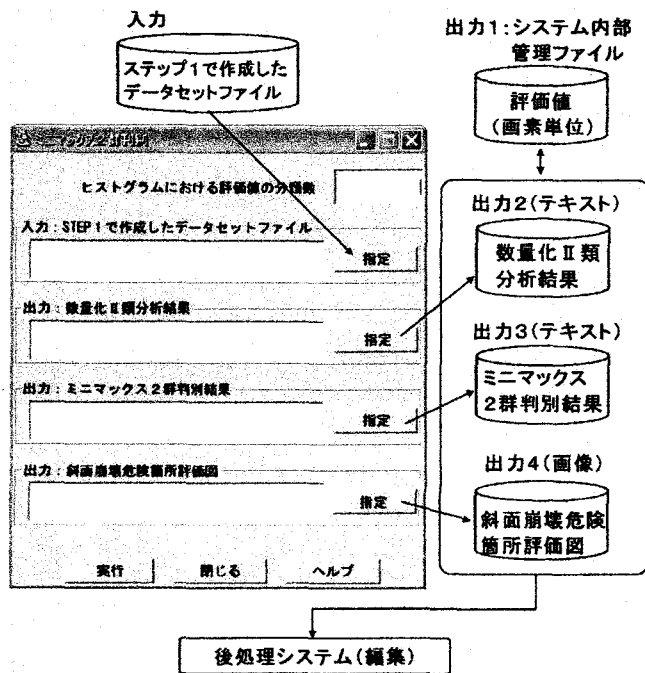


図-8 斜面崩壊危険箇所評価図作成機能のコントロールパネルとデータ入出力関係

るようにフォーマット変換する。

図-7 (a) のメニュー上で「データセット作成」に対応する「Open」ボタンを選択すると、図-7 (b) に示すコントロールパネル（データセット作成用）が表示される。このコントロールパネルは、4つのコンポーネントのみで構成されている。

- ①パラメータ入力
- ②入力ファイルの選択
- ③出力ファイル名の指定
- ④実行

SSE-Web では、この4つの指定操作のみで処理を実行でき、操作上の簡易性と統一性を確保している。さらに、コントロールパネルの階層化を避け、1つのコントロールパネルを介して、1つの処理を実行・完結できるようになっている。

入力情報の指定後、図-7 (b) の「実行」ボタンを選択すると、指定した出力ファイル名でデータセット化された処理結果が出力される。

b) 斜面崩壊危険箇所評価図の作成 (STEP2)

この処理では、ステップ1で作成したデータセットファイルを入力として斜面崩壊危険箇所評価を実施する。図-7 (a) のメニュー上で「斜面崩壊危険箇所評価図」に対応する「Open」ボタンを選択すると図-8に示すコントロールパネルが表示される。

データセットファイル名と出力ファイル名を選択指定した後に「実行」ボタンを選択するだけで、以下の3種類のファイルが出力される。

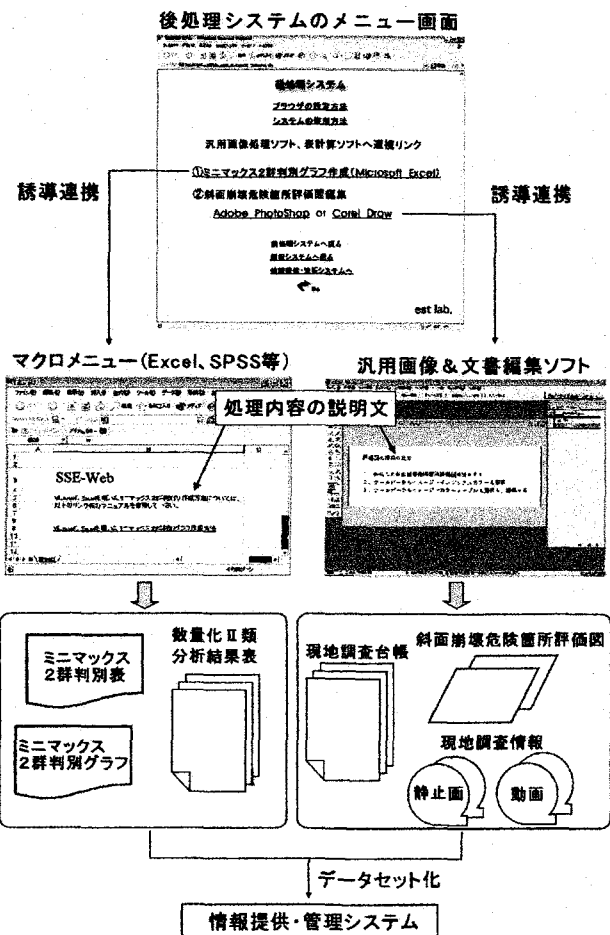


図-9 後処理システムのメニューと処理概要
(各種汎用画像処理システムへの誘導連携)

- ①数量化Ⅱ類分析結果
- ②ミニマックス2群判別結果
- ③斜面崩壊危険箇所評価図

これらのファイルは、次項で述べる後処理システムで加工・編集されて報告書等に添付される。斜面崩壊危険箇所評価図データセットがあらかじめ作成されていれば、ステップ2から分析を開始し、試行検討を容易に実施できる。

なお、図-8にはシステム内部の管理ファイルを示してある。これは、数量化Ⅱ類に基づく分析が実行された後に画素毎に付与される評価値の計算結果であり、ミニマックス2群判別処理の入力データとなる。

(4) 後処理システム

後処理システムは、処理・解析結果を報告書へ貼付する上での編集を担う。メインメニュー (図-5) 上で「3. 後処理システム」を選択すると、図-9に示す「後処理メニュー」が表示される。以下の3種類の処理を担う。

- ①斜面崩壊危険箇所評価図の編集
- ②ミニマックス2群判別グラフの作成
- ③数量化Ⅱ類の分析結果表の作成

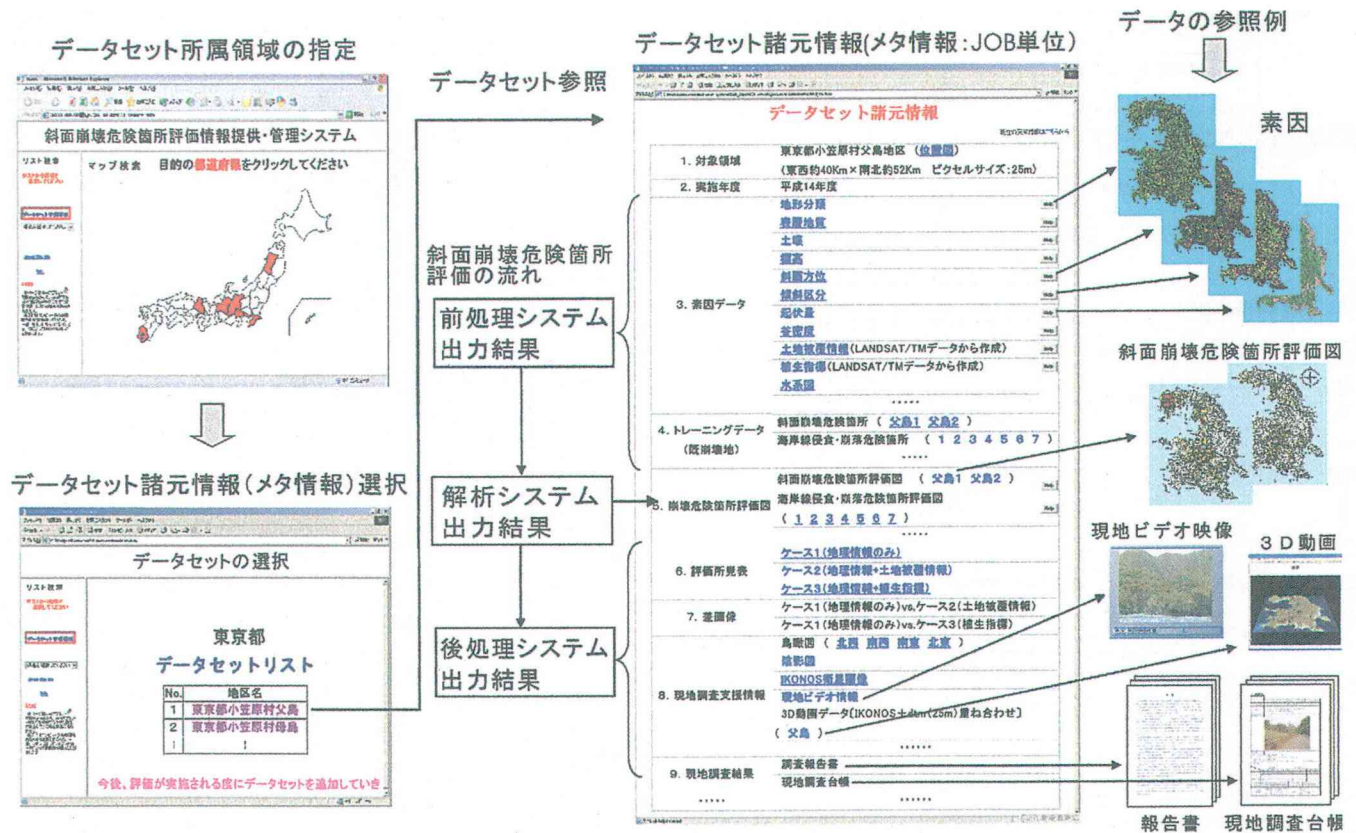


図-10 情報・提供システム：前処理、解析、後処理システムから得られる各種情報の一元管理
ー データセット諸元情報（メタ情報）と情報参照例 ー

斜面崩壊危険箇所評価図の編集は、一般に普及している汎用画像処理解析ソフト(Photoshop、Coreldraw等)が担う。ミニマックス2群判別グラフと数量化Ⅱ類の処理結果は、表計算ソフト(EXCEL、SPSS等)で処理できる。これらのソフトは、後処理システムのメニュー画面から誘導リンクでき、稼働時には解説文が表示される。操作上の特別な学習も必要なく、実務において多種多様な業務に携わっている技術者にとっては朗報になる。

(5) 情報提供・管理システム

a) 情報提供・管理システムの運用

以上までの処理をとおして、素因や斜面崩壊危険箇所評価図等、種々の情報が作成される。これらはデータセットとして地理領域・JOB単位で一元管理される。

利用者側(クライアント側)は、情報の参照機能のみ利用でき、システム管理側(サーバー側)がデータセットの管理を担う。利用者側で作成されるデータセットを管理者に送信して登録できるようになっている。この時、データセットの登録の可否は、利用者が判断する。前処理、解析、後処理システムと同様に、アクセス許可のあるユーザのみが情報提供・管理システムを利用できる。

b) 情報提供・管理システムの全体構成

SSE-Webの情報・提供システムでは、前処理システムと解析システムから出力される全ての情報をデータセット諸元情報(メタ情報)からリンク参照できるようになっている。「情報提供・管理システム」と「前処理、解析、後処理システム」との対応関係を含めて、図-10にデータセット諸元情報(メタ情報)の例を示す。検索の流れは以下のステップから成る。

- ①検索領域の選定
- ②データセット諸元情報(メタ情報)の指定
- ③各種情報の参照

JOB単位で発生する情報を一元管理・共有するだけでなく、さらなる業務への展開にも活用できる点は、インターネット環境下で稼働する誘導連携システムとしてのSSE-Webの特色でもある。

(6) 操作マニュアル

SSE-Webは、処理の流れと画面遷移が対応していることから、利用者は操作マニュアルを細部に渡って参照しなくとも容易に処理を進めることができる。しかし、素因の意味や斜面崩壊危険箇所評価モデルの内容(数量化理論やミニマックス2群判別手法)等、基礎的な技術情報も処理の流れとともに同時参照できるこ

表-2 プログラム実行時間の比較

(単位:秒)					
システム区分	処 理 内 容		SSE-Web (Java言語)	SSE-UNIX (C言語)	
前処理システム	画像補正	画像データの切り出し	6	4	
		幾何学的歪補正1 (アフィン変換係数の計算)	5	3	
		幾何学的歪補正2 (再配列内挿)	10	7	
	素 因 作 成	数値地形 モデル	標高区分	4	2
			傾斜区分	4	3
			起伏量	4	2
			斜面方位	8	3
			谷密度	5	3
		衛星データ	植生指標	5	2
	土地被覆分類図 (教師付き最尤法)		8	5	
解析システム	評価図作成	斜面崩壊危険箇所評価 (数値化Ⅱ類、ミニマックス2群判別)	4	3	

注1)処理対象画像:600×300画素

2)画像切出:1000×1000画素から600×300画素に切り出した場合

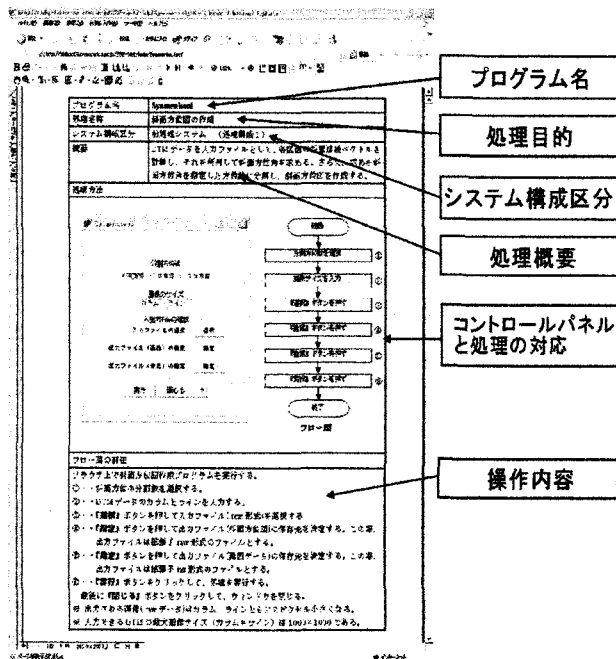


図-11 操作マニュアルの一例

とが望まれる。

そこで、SSE-Web の操作マニュアルには、図-11 に示すようにコントロールパネルと処理の流れを対応させて解説文を記載した。

6. 処理効率

インターネット環境下で稼働する技術系の処理・解析システムを運用する際には、システムの処理効率を明示しておくことが必要要件となる。本研究では、UNIX環境下 (IBM_RS/6000) で稼働している従来モデル (以下、SSE-UNIX) に基づく「プログラム実行時間」を計測し、SSE-Web のそれと比較することとした。なお、SSE-UNIX が備えている画像処理・解析プログラムは、全て C 言語でコーディングされている。表-2 にプログラム実行時間の比較結果を示す。なお、対象画像のサイズは 600×300 画素である。

「プログラム実行時間」とは、Java アプレットをダウンロードし、各種パラメータの入力、入出力ファイルの選択を完了した後に「実行」ボタンを選択してから、すべての処理が完了するまでの時間である。一般的に言う「CPU TIME」であり、モジュール単位の処理性能を評価するための指標として用いられる。

表-2 から判るとおり、SSE-UNIX と比べて SSE-Web の処理時間は秒単位の差であり、実務で利用する上で問題はないと言える。

7. まとめ

(1) 研究開発の成果

本研究・開発は、斜面の広域崩壊危険箇所評価支援を目的として、インターネット環境で処理機能が分担稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム、いわゆる SSE-Web を構築したものである。研究開発の内容は、以下の3項目にまとめられる。

a) システム開発の要件定義

インターネット環境下で稼働する斜面崩壊危険箇所評価システム (SSE-Web) の開発ニーズと意義を明らかにした上で (第2章)、SSE-Web が具備すべき基本要件について検討し、システム設計に反映させた。

b) システム構成の検討

システム構成区分 (図-1: 前処理、解析、後処理、情報提供・管理) を設定した上で、SSE-Web の全体設計と詳細設計を進めた。インターネット環境において必要となる要素機能の分担を含めて、システム構築上の設計指針を整理した。

c) 誘導連携システムの構築

「前処理システム、解析システム、後処理システム」を通して、斜面崩壊危険箇所評価を実施するとともに、システムで扱う全ての情報を地理領域単位でデータセット化して一元管理できる誘導連携システムを実現した。インターネット環境で稼働する斜面崩壊危険箇所

評価システムとして、既往の研究には見られない開発事例に位置付けられる。

(2) 今後の展望

今後の展望として、以下の2点があげられる。

a) 解析機能の拡充

SSE-Web の解析システムには、数量化理論を中核とした評価モデルを搭載したが、これ以外にも確率モデルに基づく評価モデル（例えばベイジアンモデル、ファジーセットモデル、確信度モデル等）を提案し、精度論的研究も実施されている⁶⁾。さらに、筆者らは、誘因を広域に逆推定するモデルも提案し、その有用性を示している^{15), 16)}。これらのモデルを SSE-Web に追加し、選択利用できるようにすることは、各種評価モデルの解の活用や評価精度の向上等、今後の研究の進展に寄与するものと期待できる。

b) データセットの継続蓄積と提供管理

SSE-Web では、処理・解析情報を地理領域単位で逐次データセットとして蓄積・提供・管理でき、成長性のあるシステムとなっている。インターネット環境下で稼働する利点を活かし、筆者らが実施した各種事業のデータセットの蓄積を継続して進めている。

8. おわりに

ここ数年の間に、システム開発に関わる研究の内容は、ネットワーク環境下での稼働を前提とした開発へと大きくシフトしている。建設分野においても ASP (Application Service Provider) の運用に多くの人達が注目を寄せているが、技術系の処理・解析システムのネットワーク環境下における運用効果には疑問があることも事実である。

常に専門分野の技術内容に立脚した適用業務分析を実施するとともに、インターネット環境下でのシステム稼働の効用と限界を把握した上で、システムの開発と運用を進めることが肝要となる。

本研究開発の内容は、空間情報の統合利用・分析を目的としたシステム開発に関わる研究分野に位置付けられるが¹⁴⁾、建設分野における専門性の高い各種技術系の処理解析システムをインターネット環境下で開発・稼働させることを目的とした今後の各種研究開発にも何らかの形で寄与できれば幸いである。

謝辞：SSE-Web の情報提供・管理システムで現在管理されているデータセットの一部は、数十年にわたる数多くの共同研究、国土調査事業（鹿児島大学、東京都、日本道路公団等）を通して作成されたものも含まれている。ここに、関係各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) (社)土木学会岩盤力学委員会：岩盤斜面の安定解析と計測、丸善(株)、1998 年。
- 2) 山田剛二、渡 正亮、小橋澄治：地すべり・斜面崩壊の実態と対策、山海堂、1972 年。
- 3) 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、No.415/VI-12、pp.71-80、1990 年 3 月。
- 4) 大林成行、小島尚人、村上達也：侵食崩壊を伴う急傾斜地を対象とした場合の危険箇所評価方法の一提案、土木学会論文集、No.567/VI-35、pp.225-236、1997 年 6 月。
- 5) Chung, C.F., Kojima, H. and Fabbri, A.G.: Applied Geomorphology, Theory and Practice, Stability analysis of prediction models applied to landslide hazard mapping, John Wiley & Sons Publication, pp.3-19, 2002.4.
- 6) 大林成行、小島尚人、Chung, C.F.: 斜面安定性評価モデルの精度比較とその実用化への提案、土木学会論文集、No.630/VI-44、pp.77-89、1999 年 9 月。
- 7) 小島尚人、北村良介、大林成行：衛星リモートセンシングデータを導入したシラス自然斜面の崩壊危険箇所評価精度の向上、土木学会論文集、No.707/VI-55、pp.165-176、2002 年 6 月。
- 8) 中村勝二：神津島の土地分類調査事業と調査成果の活用事例、平成 11 年度全国土地分類現地検討会資料、土地分類技術資料、No.10、pp.25-36、1999 年 11 月。
- 9) 大林成行、小島尚人、松山裕幸、竹本将：リモートセンシングによる斜面の崩壊性要因の抽出に関する基礎的検討、東京理科大学リモートセンシング研究所、日本道路公団試験研究所、A4 判、全 180 頁、2001 年 3 月。
- 10) 大林成行、藤田圭一、小島尚人、藤井松幸：斜面安定性評価支援システムの構築と運用、東京理科大学リモートセンシング研究所報告、No.14、全 187 頁、1993 年 4 月。
- 11) 小島尚人、大林成行、東俊孝、油谷寛：斜面安定性評価支援システムにおける GUI の構築と操作性の向上、土木情報システム論文集、Vol.8、pp.119-126、1999 年 10 月。
- 12) Susan Fowler 著、黒須正明監修：Windows ユーザーインターフェイス事典、翔泳社、1998 年 8 月。
- 13) 伊藤潤：ユーザインターフェース設計における操作フロー図作成支援ツール、ヒューマンインターフェースシンポジウム論文集、Vol.12、pp.515-518、1996 年。
- 14) 大林成行、小島尚人：最新・実務者のためのリモートセンシング、全 967 頁、(株)フジ・テクノシステム、2002 年 7 月。
- 15) 小島尚人、大林成行、青木太：共分散構造分析法を導入した斜面崩壊危険箇所評価アルゴリズムの構築、土木学会論文集、No.714/VI-56、pp.79-93、2002 年 9 月。
- 16) 小島尚人、北村良介、大林成行：シラス自然斜面の崩壊誘因推定支援を目的とした衛星熱赤外域情報の活用方法の提案、土木学会論文集、No.749/VI-61、pp.99-110、2003 年 12 月。

(2004.5.13受付)