

東京理科大学理工学部 正会員 大林成行、小島尚人、亀井慎一郎
カナダ地質調査所・空間情報分析研究室 Chang-Jo. F. Chung

1. はじめに

斜面崩壊の「発生時期・位置・規模」を事前に予測しようとする技術は古くから研究され、その成果の活用が幅広く求められている。これら3つの予測要件のうち、筆者らは斜面崩壊が発生する「位置」と「規模」を事前に把握することを目的に、各種地理情報と衛星マルチスペクトルデータを融合利用できる斜面安定性評価モデル(SSE model: Slope Stability Evaluation model using satellite data and geographical information)を開発し、数々の適用事例を通して広域にわたる崩壊危険箇所の事前評価に有効であることを示してきた。SSEモデルは、崩壊発生箇所を判別の基準(以下、トレーニングデータと呼ぶ)として、数量化Ⅱ類およびミニマックス2群判別手法を介して斜面の安定性評価を行う多変量解析モデルである。これに対して、最近、確率理論をベースとして、空間情報を統合分析しようとする種々の斜面安定性評価モデルが考案され、評価結果の信頼性について検討が進められている。しかし、斜面安定性評価モデルから得られる斜面安定性評価図の精度比較の問題や、実際に崩壊防止計画等にこれら評価図を活用しようとする場合、どの斜面安定性評価モデルを信頼してよいのかといった根本的な問題については十分な議論がなされていない。

そこで、本研究では、代表的な斜面安定性評価モデルから得られる評価結果を比較するとともに、モデルを活用する上での戦略を提案する。比較対象の斜面安定性評価モデルとして、我が国において実用性が高いモデルとして評価されている①SSEモデル(数量化Ⅱ類)、諸外国において適用実績のある②ベジアンモデル、③ファジィセットモデル、④確信度モデル¹⁾といった4つの手法を取り上げた。

2. 研究の流れ

(1) 対象領域と素因データの準備

a) 対象領域: 対象領域は、鹿児島県吉田町に位置する佐多浦地区である(東西約3.6km×南北約1.8km)。この地区では、自然シラスの侵食谷と侵食崖が広く分布し、1993年8月の集中豪雨によって広域にわたって数多くの崩壊が発生している。

b) 素因データの準備: 地理情報として「表層、現存植生、土壌、地形、標高、傾斜、起伏量、斜面方位、谷密度」といった9種類を用意した。これらの9素因は土地分類基本調査図面、現存植生図、DTMから数値化している。さらに、SPOT・HRVデータ(1993年3月4日)から作成された土地被覆分類図

と植生指標も素因の一つに加えた。

(2) 斜面安定性評価図の作成: 4種類の斜面安定性評価モデルを用いて、それぞれ斜面安定性評価図を作成する。判別精度の評価には、トレーニングデータに対する「的中率」を用いる。さらに、数量化Ⅱ類および確率モデルに基づく分析を通して、アイテム・カテゴリ分析を行うとともに、斜面安定性評価図上にどのような違いが現れるのかについて検討を進める。

(3) 斜面安定性評価図の一对比較: 4種類の斜面安定性評価モデルから作成されたそれぞれの斜面安定性評価図の違いを抽出した「差画像」を作成する。全ての一对比較の組み合わせ事象を考えると6種類(=6C₂)の差画像が作成される。この差画像の違いを定量的に評価する「一致率」を用いて、最大一致率を示す2つの斜面安定性評価モデルを選定する。

(4) 選定された差画像の解釈: 差画像上には、評価モデルの解が一致した箇所とそうでない箇所が表示される。この差画像上の情報を利用して、「安全側・危険側」の評価が展開できることを示す。選定された差画像が「潜在危険斜面」を見出し、斜面崩壊防止計画等への支援手段として有用となることを示す。

3. 斜面安定性評価図の活用方法

(1) 斜面安定性評価図の一对比較: 4種類の斜面安定性評価モデル別に作成される斜面安定性評価図の違いを定量的に評価する指標として、次式の一致率を定義する。

$$\text{一致率} = \frac{Q(A \cap B)}{R(A \cup B)} (\%) \quad (1)$$

ここに、

$Q(A \cap B)$: 評価モデルAと評価モデルBともに崩壊危険性・有と判定された画素数(積集合)

$R(A \cup B)$: 評価モデルAと評価モデルBそれぞれにおいて崩壊危険性・有と判定された画素数(和集合)

4種類の斜面安定性評価図をそれぞれ一对比較し、全ての組合せ事象について一致率を計算した結果を図-1に示す。ファジィセットモデルとSSEモデルを用いた斜面安定性評価図の一致率が最も高い78%を示し、両評価図の類似性が認められる。

(2) 斜面安定性評価モデルの選定: 前述までの分析を通して、4つの種類の異なる斜面安定性評価モデル別に作成される斜面安定性評価図の違いを明らかにすることができた。しかし、斜面安定性評価を実施する利用者側の立場に立つと、いったいどの評価モデルを採用したらよいのかといった問題が派生する。この問題に対して、本研究では、以下に示す2つの制約条件を設定した上で、危険箇所評価に有効

キーワード: 斜面崩壊、確率モデル、衛星データ、地理情報
〒278-8510 千葉県野田市山崎2641
Tel:0471-24-1501, e-mail:kojima@ir.noda.sut.ac.jp

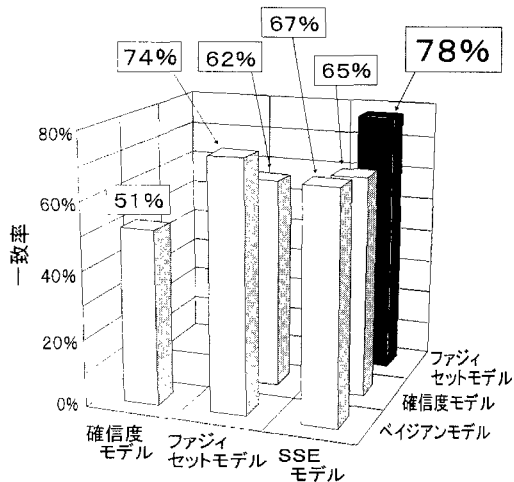


図-1 一致率の比較

と判断できる斜面安定性評価モデルを絞り込むこととする。

条件1：的中率が高いこと（判別精度の高さ）

条件2：一致率が高いこと（解の類似性）

条件1は、トレーニングデータに対する同定精度、いわゆる「斜面安定性評価モデルそのものの判別精度」が高いことを意味する。ベイジアンモデル、確信度モデル、ファジィセットモデル、SSEモデルの的中率は、それぞれ80.8%、78.9%、80.0%および81.1%であった。この結果と、確信度モデルを用いた場合の斜面安定性評価図が他のモデルに比べて局所的に解の違いが大きく現れることを考慮すると、確信度モデル以外は、いずれの斜面安定性評価モデルも採用候補になると判断できる。

条件2は、トレーニングデータが同一であれば、いかなるモデルを使用しても、理想的には評価結果は同一になることが「必要条件」であるといった考えに基づく。一致率が高い組合せは、図-1からファジィセットモデルとSSEモデルであることが判る。

以上の分析結果から、条件1と条件2を同時に満たすものとして、ファジィセットモデルとSSEモデルが条件に合致する斜面安定性評価モデルと言える。

(3)差画像の作成と解釈：上記の検討で選定されたファジィセットモデルとSSEモデルの斜面安定性評価図の違いを抽出する場合、表-1のような8種類の組合せ事象となる。

例えば、表中のケース5は、いずれの斜面安定性評価モデルにおいても崩壊危険性・有と判定された画素である。トレーニングデータの土地の性状と類似する箇所であり、崩壊の危険性が最も高い箇所として評価できる。斜面安定性評価モデルの解が一致することから、評価者にとっては「安全側の評価領域」として解釈される。また、ケース6は、ファジィセットモデルを使用した場合のみ崩壊危険性・有と判定された画素である。しかし、SSEモデルでは、崩壊危

表-1 差画像の標準解釈

	画素の組合せ (崩壊危険性の有無)		差画像の一般解釈	ケース名	差画像 上での 色づけ
	評価モデルA	評価モデルB			
トレーニングデータ	有	有	崩壊「再発生」の可能性の高い領域。 解が同じであることから、評価者にとって「安全側評価領域」。	ケース1	赤
		無	評価モデルAにおいて崩壊危険性・有と判定された領域。 解が異なることから、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース2	薄青
	無	有	評価モデルBにおいて崩壊危険性・有と判定された領域。 解が異なることから、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース3	茶
		無	崩壊「再発生」の可能性の低い領域。 崩壊「再発生」の可能性の高い領域。 解が同じであることから、評価者にとって「安全側評価領域」。	ケース4	青
評価対象データ	有	有	崩壊「再発生」の可能性の高い領域。 解が同じであることから、評価者にとって「安全側評価領域」。	ケース5	緑
		無	評価モデルAにおいて崩壊危険性・有と判定された領域。 解が異なることから、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース6	黄
	無	有	評価モデルBにおいて崩壊危険性・有と判定された領域。 解が異なることから、評価者にとって「危険側評価領域」。	ケース7	ピンク
		無	崩壊の危険性のない領域。	ケース8	白

注) 本研究では、評価モデルA：ファジィセットモデル、評価モデルB：SSEモデルとして上記解釈表の内容が適用される。

険性・無として判定される画素であることから、評価者にとっては「危険側の評価領域」となる。

以上のように、本研究で提案した差画像を活用して「崩壊危険側・安全側評価」といった2つの視点から多角的に評価を展開できる点が本研究の特色である。

4. まとめ

本研究の内容は、以下の3点にまとめられる。

①複数の斜面安定性評価モデルの評価結果を比較した上で、種類の異なる斜面安定性評価モデルの活用戦略を提示することの必要性を指摘した。

②複数の斜面安定性評価モデルから得られる斜面安定性評価図の対比較・分析を通して、ファジィセットモデルとSSEモデルの2つの斜面安定性評価モデルが有効と判断された。

③さらに、これら2種類の斜面安定性評価モデルから得られる斜面安定性評価図の違いを抽出した差画像を最終成果図として提示し、「崩壊危険側・安全側」といった2つの視点から評価が展開できることを示した。

筆者らは、本研究で取り上げた4種類の斜面安定性評価モデル以外にも確立理論に基づく種々の斜面安定性評価モデルの構築に関する研究を並行して進めている。今後、新たに構築されるこれらの斜面安定性評価モデルに対しても、本研究で提案した分析アルゴリズムを適用することを考えている。

参考文献 1) Zezere, L., Ferreira, A.B. and Reis, E.: Modeling landslide hazard north of lisbon, portugal, using favourability functions, proceedings of the International Association for Mathematical Geology (IAMG), No.4, pp.254, 1998.10.