

斜面崩壊危険箇所評価モデル解に対する精度評価の限界と一対策

東京理科大学理工学部 正会員 小島 尚人
ア ジ ア 航 測 (株) 正会員 水口 雅弘
(元：東京理科大学理工学部 地球環境工学研究室)
東京理科大学理工学研究科 学生員 福留 朋之
東京理科大学理工学研究科 学生員 三好 崇之

1. はじめに

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、筆者らは、各種地理情報や衛星リモートセンシングデータ、いわゆる国土空間情報を活用した斜面崩壊危険箇所評価モデル（以下、SSEモデル：Slope Stability Evaluation model）を構築し、その有効性を示してきた。SSEモデルでは、「崩壊の危険性の有無」を表現した「2群に判別」した結果や危険度を確率事象として「ランク分け」した評価図を出力できる¹⁾。これらの判別結果によって、崩壊地と未崩壊地の土地の性状分析支援に寄与することが示されている。

モデルの判別性能を評価する際には、判別基準である教師データに対する正答率（的中率）によって評価している。しかし、的中率は、あくまでもモデルそのものの判別精度の評価指標であり、領域全体にわたる評価精度へ適用する上で限界がある。この問題に対して、筆者らは、評価図の曖昧性を評価できる新たな定量評価指標として、「取得情報量」を提案し、その有効性を示した²⁾。しかし、この研究では、2群判別結果に対する評価指標として取得情報量の適用性の検討が第1の目的となったことから、「ランク分け評価結果」に対する評価指標としての検討は今後の課題として残された。

そこで、本研究ではさらにステップを進め、代表的な斜面崩壊危険箇所評価モデルから得られる「ランク分け評価結果」に対して取得情報量を計算するとともに、モデルの精度評価（選択・棄却）指標としての有用性を示す。

2. 斜面崩壊危険箇所評価図と信頼性評価の問題

本研究で対象とする斜面崩壊危険箇所評価図は、教師データを基準としたミニマックス2群判別を通して、4つの判別情報が色分けして表現されている点に特徴がある。この4つの判別結果を確率事象として表現すると表-1のような単純な分割表に整理できる。

ここで注意すべき点は、評価図上で「崩壊危険性・有」と判定されている画素の解釈の問題である。一般には教師データに対する正答率（的中率）によって、評価対象領域に対する判定結果の信頼性を間接的に評価する。的中率はモデルの判別性能そのものを評価する上では十分であるが、評価対象領域は実際には崩壊が発生しておらず、

表-1 現況崩壊事象と評価図の事象の関係

		斜面崩壊事象(現状): T	
		崩壊: T_d	未崩壊: T_s
評価図判別事象 E	崩壊: E_d	$P(T_d E_d)$	$P(T_s E_d)$
	未崩壊: E_s	$P(T_d E_s)$	$P(T_s E_s)$

$P(T_d|E_d)$: 「崩壊危険性・有」と判定された領域の崩壊発生確率
 $P(T_s|E_d)$: 「崩壊危険性・有」と判定された領域の崩壊未発生確率
 $P(T_d|E_s)$: 「崩壊危険性・無」と判定された領域の崩壊発生確率
 $P(T_s|E_s)$: 「崩壊危険性・無」と判定された領域の崩壊未発生確率

別の見方をすればモデル解は過大判別したと解釈することもできる。つまり、モデルによって「崩壊危険性・有」と判定された領域における崩壊未発生確率 $P(T_s|E_d)$ を評価図の解釈に加味していないことになる。同様に、モデル解が「崩壊危険性・無」であるにも関わらず、実際には崩壊した領域の確率 $P(T_d|E_s)$ についても評価図の解釈には取り込んでいない。

以上のことから、判別モデルそのものの性能を評価する的中率のみでは、領域全体にわたる判別結果の定量評価指標として限界があると言える。

3. 条件付きエントロピーと取得情報量

(1) 取得情報量（事前情報付き、事前情報無し）

崩壊に関する事前情報が「有る場合」と「無い場合」のそれぞれについて「事前情報付き取得情報量 (QA_p : Quantity of Acquired information with prior-information)」と「事前情報無し取得情報量 (QA_{np} : Quantity of Acquired information with no prior-information)」を定義し、斜面崩壊危険箇所評価に条件付きエントロピーの概念を導入して定式化した。これら2つの取得情報量を次式に示す。

$$QA_p = \left(1 - \frac{H(T|E)}{H(T)}\right) \times 100 \quad [\%] \quad (1)$$

$$QA_{np} = (1 - H(T|E)) \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

なお、取得情報量（事前情報付き、事前情報無し）の定式化については、参考文献²⁾を参照されたい。

(2) 正規化取得情報量

崩壊に関する事前情報が「有る場合」と「無い場合」の両者を考慮した取得情報量を新たに提案する。そこで、本研究では、事前情報付き取得情報量と事前情報無し取得情報量の両方を用いて正規化取得情報量 (NQA : Normalized

キーワード：斜面崩壊危険箇所評価、条件付きエントロピー、取得情報量、曖昧性評価

〒278-8510 千葉県野田市山崎2641 東京理科大学理工学部土木工学科

Tel: 04-7124-1501

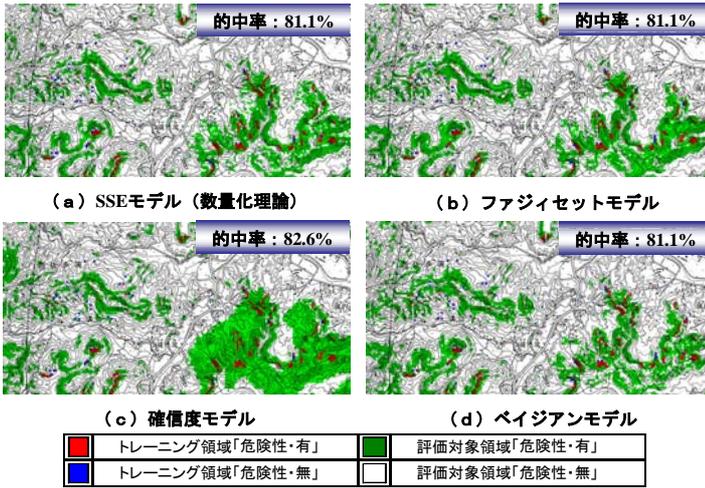


図-1 斜面崩壊危険箇所評価図 (ミニマックス2群判別結果)

Quantity of Acquired information) を定義・定式化した。

$$NQA = \frac{QA_p}{QA_{np}} \times 100 \quad [\%] \quad (3)$$

この正規化取得情報量は、事前情報無し取得情報量に対する事前情報付き取得情報量の割合である。

4. 斜面崩壊危険箇所評価図と正規化取得情報量の比較

(1) モデル解の比較・分析

これまでの研究では、斜面崩壊危険箇所評価図 (図-1) に対する評価指標として、的中率に対する取得情報量の優位性が確認できた。さらに、ミニマックス2群判別事象と取得情報量の関係について考察する必要がある。

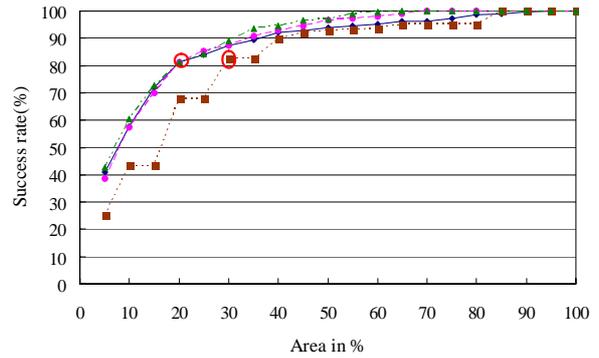
この検討として、これまでモデル解の比較・分析に用いられてきた「的中率曲線」と評価値上位画素数の割合毎に対応する評価結果の「正規化取得情報量 (NQA)」を計算する。的中率曲線の計算結果を図-2 (a) に、ケース毎の正規化取得情報量の計算結果を図-2 (b) に示す。これより、以下の2点が読みとれる。

- ① 的中率曲線や正規化取得情報量の曲線を見ると、どちらの曲線も、確信度モデルが他のモデルに比べて全体的に低い値を示している。これより、確信度モデルの評価図上の情報は、積極的に活用できるものではないといった解釈ができる (図-2 (b))。
- ② 正規化取得情報量の曲線を見ると、他のモデルに比べて、ベイジアンモデルが全体的に高い値を示し、ベイジアンモデルの利用が推奨できることが判る。的中率曲線 (図-2 (a)) だけでは、このようなモデル別の評価図の違いを評価できない。

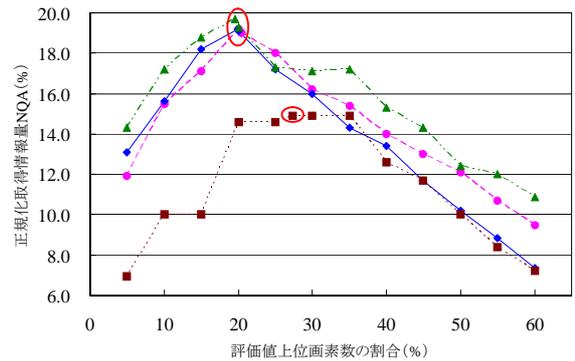
以上の結果から、取得情報量によってモデル解の棄却・選択が可能になると言える。

(2) ミニマックス2群判別事象と取得情報量の関係

図-3の○印の箇所は、正規化取得情報量の最大値を示しており、ミニマックス2群判別点と対応している。これは、ランク分け表示の評価図の中で、取得情報量が最大となる評価図がミニマックス2群判別による評価図 (図-1) 図に対して、ミニマックス2群判別結果の評価図を利



(a) 的中率曲線



(b) ランク分け評価結果に対する正規化取得情報量

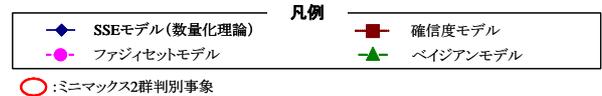


図-2 的中率曲線と正規化取得情報量

用することの妥当性を裏付ける結果と言える。

5. まとめ

本研究の内容は以下の2点にまとめられる。

- ① 的中率曲線と取得情報量の関係について分析した結果、ミニマックス2群判別結果は「取得情報量最大化」に対応することが判った。これより、取得情報量が「的中率曲線」による評価の限界を補う「曖昧性評価指標」の一つとして寄与できることが裏付けられた。
- ② 正規化取得情報量が、評価図を解釈する上での中率曲線による評価の限界を補い、モデル解の「棄却・選択指標」として役立つことを示した。

今後の課題として、斜面の崩壊形態分析問題へと展開することを考えている。

参考文献: 1) Chung, C.F. and Fabbri, A.G : Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.65, No.12, pp.1389-1399, 1999.12.

2) 大林成行、小島尚人: 条件付きエントロピーを導入した斜面崩壊危険箇所評価図の解釈について、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集、CSセッション、pp.218-219、2001年10月。