

地すべり危険箇所推定のための素誘因影響比較分析支援策

東京理科大学 大学院土木工学専攻 学生員 ○関根 洋佑
東京理科大学 理工学部土木工学科 フェロー会員 小島 尚人

1. はじめに

各種地理情報(表層地質、土壌、傾斜区分、斜面方位、水系等)と衛星リモートセンシングデータを素因(説明変量)とし、既崩壊領域を目的変量(教師データ)とした多変量解析手法を中核とする「斜面崩壊危険箇所評価モデル」の構築に関わる研究は、国内外ともに数多い。筆者らも、これまでの研究を通して、誘因を潜在変量(未観測変量)として取り扱い、共分散構造分析法をベースとしたパス図(図-1)を考え、誘因影響図(逆推定)と素因影響図を作成するモデルを構築した。さらに、素因影響と誘因影響の差分絶対値を画像化した差画像、いわゆる「素誘因影響図A」を提示し、素誘因影響の分析支援に寄与することを示した¹⁾。しかし、素因影響値と誘因影響値がともに高い、あるいはともに低い値の画素の差分絶対値が同じ場合には、いずれも素誘因影響図上で同じ評価ランクとして表示され、素誘因影響の非類似性を比較・分析する上で情報量が不足することが問題となる。斜面崩壊危険評価図の比較において、この点について言及した研究報告は、筆者らの知る限り見当たらない。

そこで、本研究では、この点を補うべく、素因影響値と誘因影響値を「四分位群」に分け、素因影響値と誘因影響値を比較する上での全ての組合せ事象を網羅して分析できる「素誘因影響図B」を提示するとともに、この素誘因影響図Bを用い、素因影響に対する誘因影響(対素因・誘因影響)について「安全側・危険側」評価が展開できることを示す。

2. 対象領域とデータセットの準備

(1) 対象領域

新潟中越地震によって、広域にわたって斜面崩壊と地すべりの被害を受けた旧山古志村(評価対象領域:東西 3.0km×南北 3.0km)とした。この地域は第三紀から第四紀の堆積岩が分布し、わが国有数の地すべり、斜面崩壊地帯である。

(2) 素因データ(説明変量)の準備

素因データとして、土地分類基本調査の成果図面をもとに「地形分類、土壌、表層地質」を数値化し、数値地形モデル(DTM: Digital Terrain Model)から「標高区分、傾斜区分、起伏量、斜面方位、谷密度」の計 8 種類を用意した。さらに、IKONOS データから植生指標(NDVI)を作成し、計 9 種類の素因を用意した。本研究では、多重線形共線性を排除するために、素因間の相関係数が 0.7 以上でかつ偏相関係数が低い素因を使用しないこととした。検討の結果、「起伏量と傾斜区分」と「表層地質と土壌」の間に相関が認められ、それぞれの組の内、偏相関係数の低い「傾斜区分」と「土壌」を説明変量から除外した。

(3) 教師データの設定

本研究では、現地調査報告書(土木学会、国土地理院等)に基づいて²⁾、既崩壊の「地すべり領域」を教師データとして設

定した。なお、本研究では、「差分値」と「四分位」に基づく「素誘因影響図」の比較・検討を第 1 の目的とすることから、「深層崩壊、表層崩壊」を教師データとする検討ケースについては今後の課題とするが、崩壊形態別・素誘因影響分析として興味深い研究課題になると考えている。

3. モデル構築

(1) パス図の構成

本研究では、モデルの中核として、共分散構造分析法を用いている。パス図を図-1 に示す¹⁾。素因と誘因の両者が目的変量(地すべり発生領域:教師データ)を説明付けるパス図となっている。図中の誘因影響値(逆推定)と素因影響値を推定し、画像化する(後述)。

(2) 教師データに対する的中率

教師データに対する的中率を計算した結果を図-2 に示す。素因影響図、誘因影響図のいずれも評価値上位 30%の画素に教師画素が 80%以上含まれている。教師データに対する的中率は高く、モデルとしての信頼性は保証できると言える。

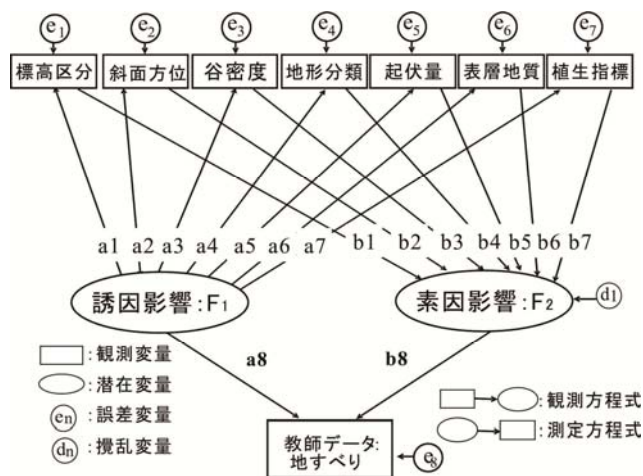
(3) 適合度検定

観測される分散共分散行列とモデルから再現される分散共分散行列ができる限り一致するようにパラメータを推定する。モデルの適合度検定として、GFI、AGFI、RMSEA を計算した結果、それぞれ 0.997、0.998、0.014 となり、提案パス図は採択可と判断できる。

4. 素誘因影響の比較分析支援策

(1) 差分値に基づく素誘因影響図Aの適用上の問題

図-1 に示した F1 と F2 を画素単位で計算し、誘因影響図と素因影響図を作成する。図-3(a)と図-3(b)が誘因影響図と素因影響図に対応する¹⁾。赤色系の画素は、それぞれ誘因影響、素因影響が大きい箇所となる。誘因影響図と素因影響値の差分絶対値に基づいて差画像を作成した結果が図-3(c)である。これが既往の研究で提示した素誘因影響図Aに相当する¹⁾。



注) 素因: 9種類から7種類を選定した結果(多重線形共線性の排除)

図-1 素誘因影響図作成を目的としたパス図¹⁾

キーワード: 地すべり危険箇所推定、素誘因影響分析、新潟県中越地震、共分散構造分析、地理情報、リモートセンシング

〒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

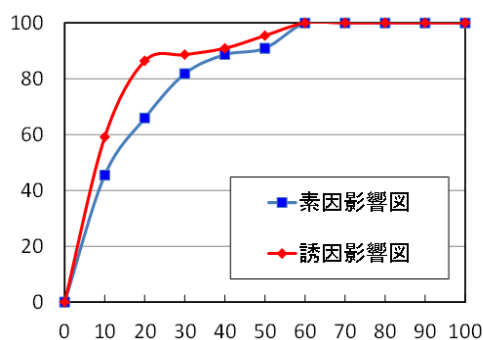


図-2 教師データに対する的中率

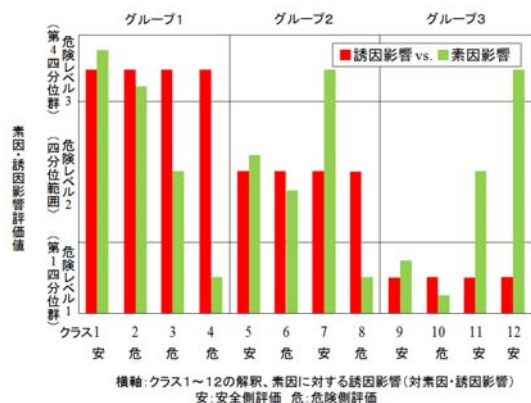


図-4 素因影響値と誘因影響値の違いの組合せ事象と安全側・危険側評価 (対素因・誘因影響)

赤色系が「素因影響>誘因影響」、緑色系が「誘因影響>素因影響」となり、一見して素誘因影響の大小を判読できるといった利点があるが、前述したとおり差分値絶対値では、非類似性分析上の情報が欠落することになる。

(2) 四分位に基づく素誘因影響図Bの作成と解釈

a) 対素因・誘因影響の定義と解釈

この対策として、素因影響値と誘因影響値を「四分位群」に分けて、素因影響値と誘因影響値を比較する上での全ての組合せ事象をまとめたものが図-4である。この棒グラフにおいて、赤色と緑色が誘因影響と素因影響値に対応する。それぞれの影響値を四分位点で区切り、第1四分位群(推定値下位25%)に該当する領域を「危険レベル1(危険度:弱)」、四分位範囲(推定値上位25%~75%)に該当する領域を「危険レベル2(危険度:中)」、第4四分位群(推定値上位75%)に該当する領域を「危険レベル3(危険度:強)」に対応付けできる。

図-4の横軸のケース1は、「誘因影響<素因影響」となる組み合わせ事象であることから、素因に対する誘因影響(対素因・誘因影響)は、「安全側評価」として解釈できる。図-4の横軸には略称として「安」と標記した。一方、ケース2は「誘因影響>素因影響」となる組み合わせ事象であることから、素因に対する誘因影響(対素因・誘因影響)は、「危険側評価」として解釈できる。図-4の横軸には略称として「危」と標記した。このようにケース1~12に対応する画素について、対素因・誘因影響としての「危険側、安全側」評価が展開できることになる。

b) 素誘因影響図Bの有用性

ケース1~2に対応する画素を全て色分けして出力したものが「素誘因影響図B」となる。その結果が図-3(d)である。安全側評価と危険側評価は図-4の横軸と対応する。素誘因影響図A上で赤色

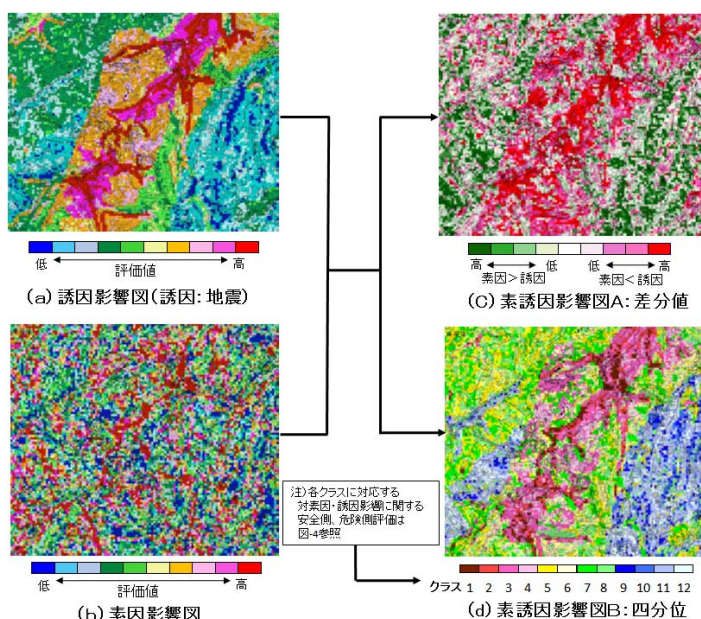


図-3 差分値と四分位に基づく素誘因影響図の比較

系の「誘因>素因」の領域(画像内中央部)は、素誘因影響図B上では、ケース1、2、3、7、8が分布している。第3四分位群と四分位範囲にある組み合わせ事象の情報が顕在化できていることが判る。差分絶対値に基づく素誘因影響図Bでは、これらの情報が同じクラスに区分されてしまっている。このことが四分位に基づく素誘因影響図Aの有用性でもある。

(3) 素誘因影響図A、Bの併用

以上の検討のもとに、素誘因影響図Aと素誘因影響図Bを併用すれば、差分値に基づいて誘因と素因影響値の大小関係が把握でき、さらに、素因に対する誘因影響(対素因・誘因影響)について「安全側・危険側評価」を実施できることとなる。地すべり危険箇所を広域推定支援情報として有用と言える。空間情報を利用して作成される各種主題図間の非類似性分析においても留意すべき点として指摘できる。

5. まとめ

本研究の内容は、以下の3項目にまとめられる。

- 地すべり危険箇所評価における素因影響と誘因影響の比較・分析支援を目的とした従来までの差分絶対値に基づく差画像、いわゆる「素誘因影響図A」の適用上の問題(比較・分析上の情報量不足)を指摘した。
- この対策として、素因影響値と誘因影響値を「四分位群」に分けた上で、素因影響値と誘因影響値を比較する上での全ての組合せ事象を網羅して分析できる「素誘因影響図B」を提示した。この素誘因影響図Bを用いれば、素因影響に対する誘因影響(対素因・誘因影響)について「安全側・危険側」評価が展開できることを示した。
- さらに、差分値と四分位に基づく素誘因影響図を併用すれば、差分値評価とともに、対素因・誘因影響に関する安全側・危険側評価が実施できることを示した。

今後の課題として、「深層崩壊、表層崩壊」を教師データとした場合の同様の比較・分析を予定している。

参考文献 1) 関根洋佑、小島尚人:地すべり危険箇所広域推定支援を目的とした素誘因影響図の提案、土木学会第71回年次学術講演会講演概要集、第III部門、pp.765~766、2016年9月。
2) 国土地理院:新潟県中越地震災害状況図、2004年。