

斜面崩壊誘因の広域逆推定における教師データの影響分析

東京理科大学工学部 正会員 大林成行、小島尚人
株式会社インテック 青木 太
東エン株式会社 宮澤啓之

1. はじめに

斜面崩壊の予知要件は、発生の「時期、箇所、規模」であり、この問題に対し古くから数多くの研究者が取り組んでいる。筆者らは、潜在危険斜面の事前把握と評価支援を目的として、各種地理情報と衛星リモートセンシングデータ（以下、衛星データ）を融合利用した斜面崩壊危険箇所評価モデルを開発し、数々の適用実績を積み重ねてきた¹⁾。最近では、降水量や震度といった画素単位での計測が困難な誘因情報を共分散構造分析法に言う「潜在変数」として取り扱い、誘因情報を加味した斜面崩壊危険箇所評価モデル（ACOSモデル：Analysis of COvariance Structure model）を構築した。ACOSモデルでは、共分散構造分析法で定義される測定方程式から崩壊に対する誘因の影響を逆推定し、「誘因影響図」を作成できる点が特色である。この「誘因影響図」を作成する上で、教師データの設定は重要な位置を占めている。崩壊危険箇所評価図を作成する際の教師データの設定方法については、従来から数多くの検討がなされていたが、誘因影響図に対してこれらの検討は不十分であり、今後の課題として残されていた。

そこで、本研究では、教師データを「既崩壊地」とする場合（現状型）と、崩壊の危険性がある未崩壊箇所とする場合（規範型）の2ケースについてそれぞれ誘因影響図を作成する。さらに、それらの誘因影響図の違いを抽出した差画像を提示し、差画像とその解釈の内容が、教師データの違いに伴う誘因影響の広域分析における支援情報として有用となることを示す。

2. 研究の流れ

図-1に本研究の流れを示す。以下、順を追って説明する。

(1) 評価対象領域の選定 (): 本研究では、千葉県富津地区（東西 3.0km × 南北 1.5km）を選定した。この地域は、1989年7月31日～8月1日にかけての集中豪雨によって、「地すべり」と多数の「斜面崩壊」が発生した。また、筆者らの手許に衛星データや詳細な現地調査記録、グランドトゥルスデータが整備されている領域である。

(2) 地理情報と衛星データの準備 (): 「表層地質、土壌、現存植生、標高区分、傾斜区分、起伏量、斜面方位、谷密度」といった8種類の地理情報を分析に使用する素因として準備した。土地に内在する潜在的な因子であり、斜面の崩壊危険箇所を評価する上で基本となるものである。また、Landsat/TM データから得られる画像特徴も素因として加えた。データの観測時期は1988年3月4日、観測エリアはPATH107-ROW34であり、データの質が良好なものを選定した。この衛星データから「土地被覆分類図」と「植生指標図」

キーワード：斜面崩壊危険箇所評価、素因、誘因逆推定、衛星データ、共分散構造分析
〒278-8510 野田市山崎 2641 東京理科大学工学部土木工学科
TEL：04-7124-1501、e-mail：kojima_h@rs.noda.sut.ac.jp

を作成し、素因データに加えた。

(3) 検討ケースの設定 (): 本研究では、教師データの設定方法として「現状型」と「規範型」を準備した²⁾。「現状型」と「規範型」の定義は、以下のとおりである。

- ・現状型：実際に地すべりが発生した場所を対象。
- ・規範型：未崩壊ではあるものの専門家によって今後地すべりの危険性があると判断された箇所を対象。

これらの教師データから、ACOSモデルを介しそれぞれ誘因影響図を作成する。なお、「現状型」「規範型」ともに、地すべり地形の箇所を教師データとして設定した。また、ここで使用する教師データは、災害発生後直ちに実施された現地調査結果をもとに設定している。

3. 誘因影響図の作成と解釈

(1) 誘因影響図の作成 (): 誘因を加味したACOSモデルでは、観測変数である素因と潜在変数である誘因の間で式(1)のような測定方程式を考える。

$$z_{ji} = a_j f_i + e_{ji} \quad \text{式(1)}$$

ここに、 z_{ji} : i 番目の画素に対応する素因 j のデータ

a_j : 素因 j に対するパス係数

f_i : i 番目の画素に対応する誘因（潜在変数）

e_{ji} : i 番目の画素の素因 j に対する誤差

なお、 a_j は観測された分散共分散行列とパスモデルから再現される分散共分散行列ができるだけ一致するようにして求められる。式(1)の線形式をもとに、誘因 \hat{f}_i を逆推定する。線形逆推定式は次式で表される。

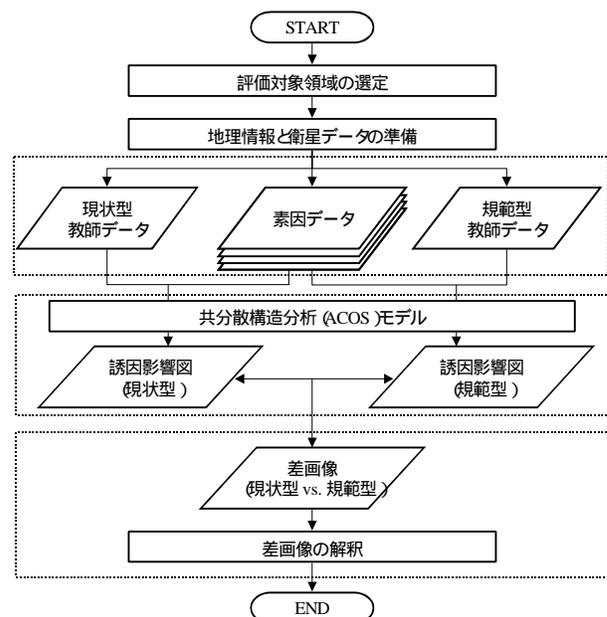


図-1 研究の流れ

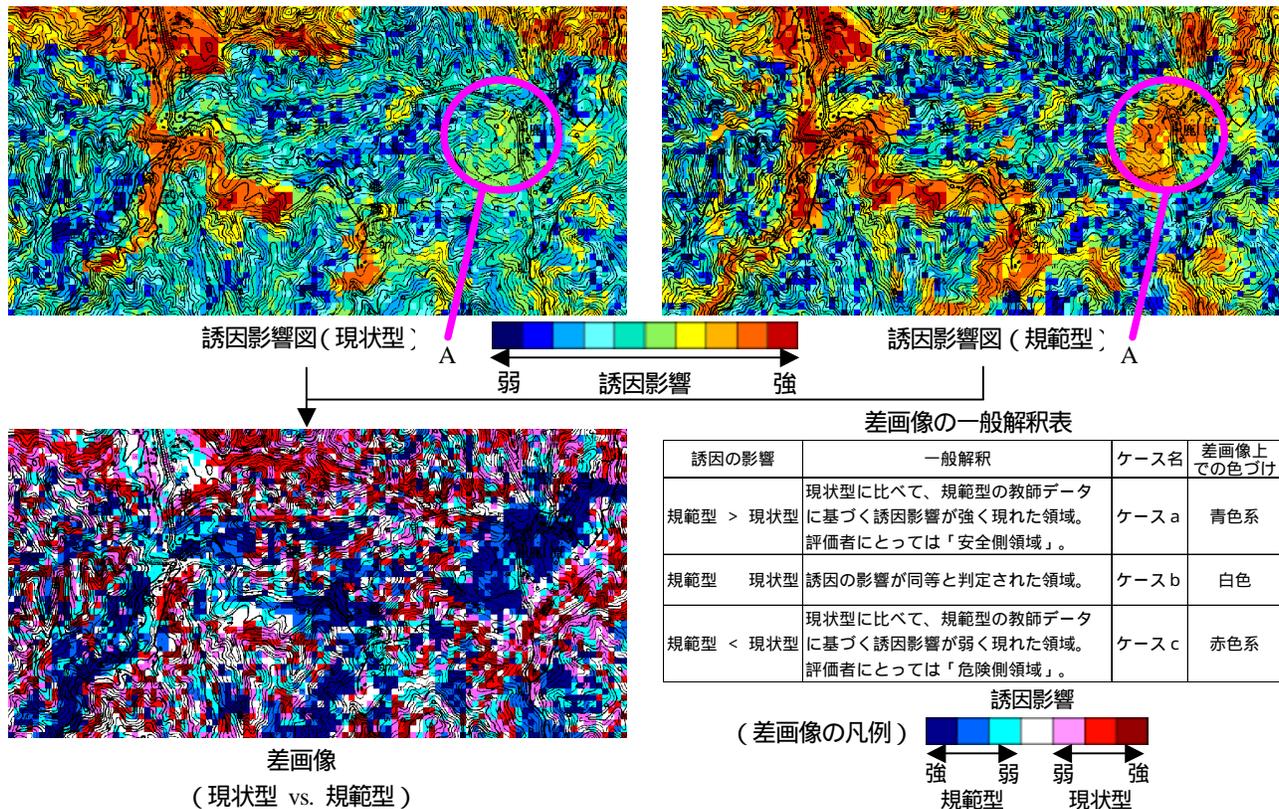


図 - 2 誘因影響図と差画像

$$\hat{f}_i = \sum_{j=1}^p b_j z_{ji} \quad \text{式(2)}$$

問題は、この推定値 \hat{f}_i が真値 f_i にできるだけ近くなるように係数 b_j を求めることに帰着される。つまり、次式を最小にする b_j を求めればよい。 Q を b_j で偏微分して 0 とおき、展開して整理していくと b_j が得られる。

$$Q = \sum_{i=1}^n (\hat{f}_i - f_i)^2 \quad b_j = \sum_{j'=1}^p a_j r^{-jj'} \quad \text{式(3)}$$

($r^{-jj'}$: 相関行列 R の逆行列 R^{-1} の (j, j') 要素)
 b_j を式(2)に代入して誘因を画素単位で計算し、画像化した「誘因影響図」を作成した。図-2に誘因影響図を示す。教師データの設定方法によって誘因影響図に違いが現れていることが判る。A 点に着目すると、誘因影響に明確な差が生じていることが確認できる。これは、専門家の知見を考慮し規範的に評価した結果、誘因影響が強いと判定された領域であり、詳細な現地調査をすべき候補地点となる。

(2) 差画像の作成と解釈 (): それぞれの誘因影響図の違いを抽出した差画像を作成した。差画像では誘因影響の強弱から 3 ケースに大別できる。各ケースについて一般解釈をまとめると以下ようになる。

ケース a : 「現状型」に比べて、「規範型」の教師データに基づく誘因影響が強く現れた領域であり、評価者にとっては「安全側評価領域」といえる。

ケース b : 「現状型」と「規範型」の教師データに基づく誘因影響が同等と判定された領域であるが、誘因影響の程度が不明なことから、再度、誘因影響図を見て誘因影響の程度を

確認する必要がある。

ケース c : 「規範型」に比べて、「現状型」の教師データに基づく誘因影響が強く現れた領域であり、評価者にとっては「危険側評価領域」といえる。

以上のように、本研究で提示した差画像と一般解釈表を併用することにより、評価者や専門家の知見を加味した規範的要因の影響分析ができる。また、これらの情報は、潜在危険斜面の特定や現地計測機器の設置箇所選定に対して有用な支援情報になると考えている。

4. まとめ

本研究の内容は以下の 2 点にまとめられる。

教師データの設定方法別に誘因影響図を作成するとともに、それらの違いを抽出した差画像とその一般解釈表を提示した。

現状型に加え専門家の知見を取り入れた規範型の誘因影響図も加味することにより、今までにない多角的な視点から斜面崩壊誘因を推定でき、これらの情報は有用な支援情報となることを示した。

今後の展開として、「降雨」や「地震」といったように崩壊発生の誘因が異なる場合の教師データを用いて、誘因影響図を作成し、分析することを考えている。

【参考文献】1) 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/ -12, pp.71 ~ 80, 1990 年 3 月.

2) 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 / -35, pp.225 ~ 236, 1997 年 6 月.