

Decision-tree model を用いた斜面崩壊の発生と地形・地質との関係の解析

—台湾：Shihmen Reservoir watershed と日本：赤石山脈を対象として—

齋藤 仁*, Chang Kang-Tsung, 小口 高

Relationship among shallow landslide, geomorphology, and geology using a decision-tree model in the Shihmen Reservoir watershed, Taiwan, and in the Akaishi Mountains, Japan Hitoshi Saito*, Kang-Tsung Chang, and Takashi Oguchi

Abstract: This study analyzes landslide susceptibility in the Shihmen Reservoir watershed, Taiwan, using a statistical decision-tree model, and compares the result with the model for the Akaishi Mountains, Japan. For the landslide susceptibility modeling in the Shihmen Reservoir watershed, topographic characteristics (elevation, slope angle, profile curvature, plan curvature, and estimated dissection and undissection heights which were calculated from Digital Elevation Models), and geology data were used as explanatory variables. The objective variable was the distribution of shallow landslides interpreted and mapped from aerial photographs. The overall correctness of the obtained decision-tree model by a 10-fold cross-validation is 78.3%, which is comparable to values reported in previous studies. The tree-structure indicates that shallow landslides tended to occur in specific locations where mean slope angle exceeds 34 degrees, especially in the Baichi sub-watershed. This result agrees well with that for the Akaishi Mountains, indicating that hillslopes steeper than ca. 30 - 34 degrees are unstable and easily eroded by shallow landslides in tectonically active mountainous regions with heavy storms such as Taiwan and Japan.

Keywords: 斜面崩壊 (landslide), decision-tree model, Baichi watershed, 赤石山脈 (Akaishi Mountains), 斜面傾斜角 (slope angle)

1. はじめに

斜面崩壊は土砂災害として社会に大きな損害を与えることがある。また、斜面崩壊は山地における地形形成過程の一つである。このため、斜面崩壊の

発生と地形・地質との関係を解析し、斜面崩壊の起こりやすさを評価する研究が多く行われてきた (Keefer and Larsen, 2007)。この種の研究で広域を対象とする場合には、GISやリモートセンシングの利用が有効である (Guzzetti *et al.*, 1999)。しかし広域から得られるデータは多量であり、そのようなデータから斜面崩壊が発生しやすい地形場や地質を客観的に解析することが課題であった。

齋藤 仁 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

東京大学 空間情報科学研究センター

日本学術振興会特別研究員 (PD)

E-mail: saito@csis.u-tokyo.ac.jp

そこでSaito *et al.* (2009) は、データマイニングの一つである decision-tree modelを用いて、斜面崩壊の起こりやすさを評価する手法を提案した。データマイニングは、大規模なデータの中から有用な知見を客観的に発見する手法であり、中でもdecision-tree model (Witten and Frank, 2005) は、解析過程がtree構造として明示される特徴を持つ。つまり、斜面崩壊の起こりやすさの評価にdecision-tree modelを用いると、広域の大規模なデータを客観的に解析でき、さらにはtree構造から斜面崩壊の発生に関する重要な変数を定量的に理解できる (Saito *et al.*, 2009)。しかし、Saito *et al.* (2009) は赤石山脈のみを対象としており、より多くの場所でdecision-tree model の検証と比較を行う必要がある。

そこで本研究では、降雨に起因した斜面崩壊が多数発生する台湾を対象に、decision-tree modelを用いて斜面崩壊の発生と地形・地質との関係を解析し、斜面崩壊発生地の推定を行った。また、得られたtree構造を、赤石山脈での結果 (Saito *et al.*, 2009) と比較・検討した。

2. 対象地域と解析手法

対象地域は、台湾北部の Shihmen Reservoir watershed上流に位置するBaichi watershed (120 km², 図-1) と赤石山脈の南部 (Saito *et al.*, 2009) である。これらの地域は高起伏な地形からなり、毎年降雨に起因する斜面崩壊が数多く発生している (Chang *et al.*, 2008; Saito *et al.*, 2009)。赤石山脈については Saito *et al.* (2009) の解析結果を用いた。Baichi watershedについては、Saito *et al.* (2009) の手法に基づき新たに解析を行った。用いたデータは1992年の空中写真判読より得た斜面崩壊の分布 (図-1)、数値標高モデル (DEM, 40m メッシュ)、およびデジタル地質図 (Chang *et al.*, 2008; Chiang and Chang, 2011) である。

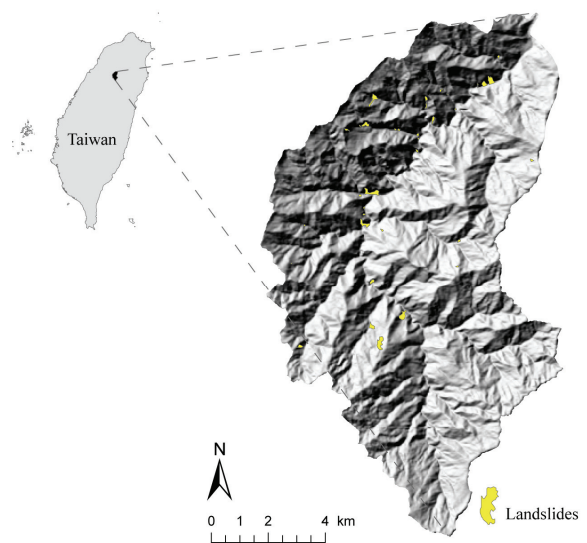


図-1 Baichi watershed の位置、地形および 1992 年の斜面崩壊地の分布

まず、DEMを用いて対象地域を138個の小流域に分割した (図-2)。小流域の面積は0.32~1.28 km² である。また、小流域ごとに斜面崩壊データ、地形データ (標高, 傾斜角, profile curvature, plan curvature, 侵食高, 未侵食高), および地質データを統計解析した。詳細を以下に示す。

- 斜面崩壊が発生した33小流域と、発生していない105小流域を判定した (図-2)。
- 標高の標準偏差, 歪度, 尖度, 比高 (最高標高と最低標高の差) を計算した。
- 傾斜角を, あるメッシュの周囲8方向の標高値から求め, 小流域ごとに平均, 標準偏差, 歪度, 尖度, 最頻値を計算した。
- 斜面の垂直断面と水平断面の曲率を表す地形量である profile curvature と plan curvature (Burrough and McDonnell, 1998) を, 傾斜と同様に周囲8方向の標高値から求めた。また, それぞれについて, 凸型斜面率, 直線斜面率, 凹型斜面率を小流域ごとに算出した。

- 接峰面高度と現地標高の差, および接谷面高度と現地標高との差と定義される侵食高と未侵食高 (Saito *et al.*, 2009) を求め, それぞれの平均, 標準偏差, 歪度, 尖度を小流域ごとに計算した.
- 地質については, 面積割合が一番高い地質 (最頻値) を, その小流域の地質とした.

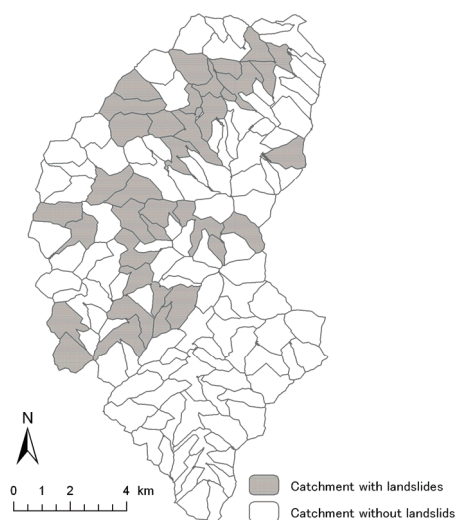


図-2 解析対象の 138 小流域 (灰色: 斜面崩壊が発生した 33 小流域, 白: 発生していない 105 小流域)

次に, 斜面崩壊が発生した小流域か否か (図-2) を目的変数とし, decision-tree model を用いて斜面崩壊が起こりやすい流域を推定した. Decision-tree model構築の際には, データマイニングツールである WEKA (Ver. 3.4, J48アルゴリズム) を用いた.

最適モデルの選択には, 10-fold cross-validationによる正解率 (overall correctness) を用いた. 10-fold cross-validationは, まずデータを大きさのほぼ等しい10個の集合に分割する. そして1個の集合を除いた9個の集合でモデルを構築し, その後, 除外した1個の集合でそのモデルの評価を行う. これを10回繰り返し, どの集合も1回は評価のデータになるようにして, tree構造を構築するものである.

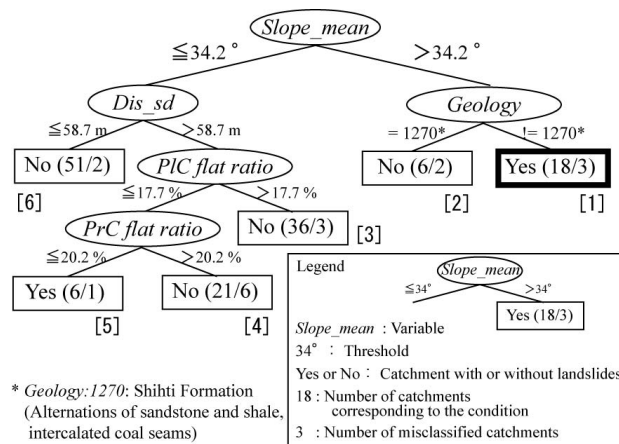


図-3 斜面崩壊が発生しやすい小流域を推定するための decision-tree model (Baichi watershed)

3. Baichi watershed における結果

斜面崩壊が発生する小流域を推定する decision-tree modelを 図-3に示す. このモデルの正解率は 78.3%であり, 既存研究 (例えば, Saito *et al.*, 2009) と比較しても遜色ない結果である.

tree構造 (図-3) は, 5個の説明変数と6個の末端部から構成されている. それらのうち, 2個の末端部 (図-3, [1], [5]) で斜面崩壊が発生する小流域が推定されている. 具体的には, 傾斜角の平均が約34°より大きく, 地質が1270 (Shihti Formation) ではない小流域である (図-3, [1]). また数は少ないものの, 傾斜角の平均が約34°以下の場合には, 侵食高の標準偏差が大きく, かつplan curvature とprofile curvature とともに直線斜面が少ない小流域で斜面崩壊が発生することが示されている (図-3, [5]). また, これらの説明変数は, より上位に位置するものほど重要である.

4. Baichi watershed と赤石山脈との比較

赤石山脈を対象とした Saito *et al.* (2009) によると, 傾斜角の平均が約29°以上で, 傾斜角の最頻値

が33°以上、かつ四万十帯北帯の小流域で斜面崩壊が発生しやすく、特に前二者が重要である。Baichi watershed (図-3)においても、傾斜角の平均が約34°以上という条件が斜面崩壊の発生に最も重要である。つまり、両地域において、とくに斜面の傾斜角が約30°～34°以上となる場所で斜面崩壊が発生しやすいと言える。

これまでに、日本や台湾の山地では、斜面崩壊の発生により斜面の傾斜角が35°付近の値を取りやすいことが報告されている(Katsube and Oguchi, 1999; Oguchi *et al.*, 2011)。また日本や台湾のような、隆起量が大きく、台風や前線による降水量が多い山地の斜面は、その多くが斜面崩壊によって形成されていると指摘されている(Hovius *et al.*, 2000)。本研究の結果は、これらの先行研究と調和的である。

5. まとめ

本研究では、赤石山脈と Baichi watershed を対象に、decision-tree model を用いて斜面崩壊の発生と地形・地質との関係を解析し、斜面崩壊発生地の推定を行った。また、それぞれの地域で得られた tree 構造を比較・検討した。その結果、どちらの地域も、とくに斜面の傾斜角が約 30°～34°以上となる場所で斜面崩壊が発生しやすいことが示された。この結果は先行研究とも調和的であり、湿潤変動帯の山地では、傾斜が約 30°～34°を超えた斜面は不安定になり、斜面崩壊が発生しやすいことが確認された。

今後は tree 構造の説明変数を詳細に解釈するとともに、Baichi watershed 周辺の複数の流域を新たな対象とし、広域での decision-tree model の構築と、その比較・検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金特別研究員奨励費 (No. 23・148) により実施した。

引用文献

- Burrough, P.A., McDonnell, R.A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.
- Chang, K.T., Chiang, S.H., Lei, F., 2008. Analysing the relationship between typhoon-triggered landslides and critical rainfall conditions. *Earth Surface Processes and Landforms* **33**, 1261-1271.
- Chiang, S.H., Chang, K.T., 2011. The potential impact of climate change on typhoon-triggered landslides in Taiwan, 2010-2099. *Geomorphology* (in press).
- Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., 1999. Landslide hazard evaluation: A review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* **31**, 181-216.
- Hovius, N., Stark, C.P., Hao-Tsu, C., Jiun-Chuan, L., 2000. Supply and removal of sediment in a landslide-dominated mountain belt: Central Range, Taiwan. *The Journal of Geology* **108**, 73-89.
- Katsube, K., Oguchi, T., 1999. Altitudinal changes in slope angle and profile curvature in the Japan Alps: A hypothesis regarding a characteristic slope angle. *Geographical Review of Japan* **72B**, 63-72.
- Keefer, D., Larsen, M., 2007. Assessing landslide hazards. *Science* **316**, 1136-1138.
- Oguchi, T., Lin, Z., Katsube, K., Chen Y.G., 2011. A characteristic slope angle of V-shaped valleys in humid steep mountains with frequent slope failure. *Geomorphometry 2011*, 93-96.
- Saito, H., Nakayama, D., Matsuyama, H., 2009. Comparison of landslide susceptibility based on a decision-tree model and actual landslide occurrence: The Akaishi Mountains, Japan. *Geomorphology* **109**, 108-121.
- Witten, I.H., Frank, E., 2005. *Data Mining - Practical Machine Learning Tools and Techniques, Second Edition*. Amsterdam: Elsevier.