

地球温暖化に伴うタイ北部の土砂災害リスク評価

東北大学建築・社会環境工学科 学生会員 ○小野 桂介
東北大学大学院 正会員 川越 清樹
東北大学大学院 正会員 風間 聡

1. はじめに

気候変動の一部である水循環の活発化による降水形態の変化、特に豪雨の発生頻度の増加が指摘されている¹⁾。豪雨の発生により、土砂災害の頻発も予見され、対策整備の乏しい途上国では、人的被害の拡大が見込まれる。従来こうした災害は、地形条件の厳しい造山帯を中心に発生していたが、土砂災害履歴の少ない地域にも拡大する可能性がある。本研究の対象となるタイは、近年、土砂災害の増加が報告されている²⁾。途上国において土砂災害リスクの増大の可能性があるという状況をふまえた場合、気候変動による影響を事前に明らかにし、土砂対策計画の立案が望まれる。気候変動による適応策を考察するため、川越ら³⁾は統計理論に基づく土砂災害発生確率モデルを開発し、日本列島に対するリスク(発生確率)マップを作成した。このリスクマップは、対策の優先度、適地配分が判定でき、これから開発の進む途上国にも貢献できるものである。しかし、その適応には、日本国内と異なる問題が存在するため、新たな検討および検証が必要である。そこで、本研究では土砂災害発生確率モデルを用いてタイ全土の土砂災害リスク評価を行い、その妥当性を評価するとともに、斜面災害の危険度の明示を目的とする。研究の流れは以下の通りである。

- ・危機管理に有用な斜面災害の発生確率モデル構築
- ・タイ全土に対するグリッドセルによるリスクマップの作成

川越らの研究をふまえて、本研究では多重ロジスティック回帰分析を用いた土砂崩壊発生確率モデルを構築し、斜面の危険度を発生確率により明示した。

2. データセット

土砂災害発生確率モデルに、地質、地形、降雨情報を用いた水文データ、災害実績データを利用する。これらは解像度 5km×5km の数値地理情報である。よって、土砂災害の発生確率も解像度 5km×5km の分布で示される。5km×5km の解析であるため、個別現象でなく地域単位の評価となる。

2.1 地質・地形データ

地質データとして地質分布画像⁴⁾をデータ化したものを用いる。対象地質は、崖錐性堆積物、変成岩、堆積岩、火成岩の 4 種類に大別した。地形データとして起伏量を用いる。起伏量は、解像度 5km×5km のグリッドセル内における地形の高低差と定義され、米国地質調査所(USGS)の作成したHYDRO1kの最高標高と最低標高の差から求められた。

2.2 水文データ

水文データとして動水勾配を用いる。動水勾配は、数値地理情報から擬似二次元化した斜面を作成し、浸透解析により求めた。擬似斜面に利用するデータは表層土壌分布画像⁴⁾をデータ化したものと、HYDRO1kから求められた斜面傾斜度データ、再現期間の日降雨極値データである。日降雨極値データは、川越ら³⁾が開発した降雨極値変換式に準じてタイの年降雨量⁵⁾から日降雨極値を求める線形式を構築することで得られた。分布を図 1 に示す。また、表層土壌は砂、シルト、粘土に分類した。

2.3 災害実績データ

今回、モデル作成に利用可能なタイの詳細な災害実績データは十分に整備されていない。その代替データとして既往の土砂災害リスクマップ⁶⁾を利用した。このリスクマップは、タイ全土について、土砂崩壊の危険度がHigh, Middle, Lowの 3 種類に分類されて示されたも

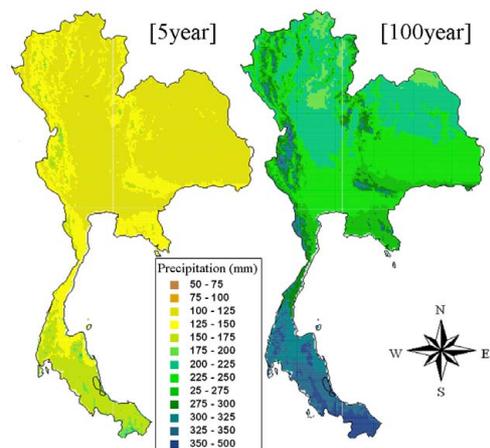


図 1 降雨極値分布

のである。このマップのHighに該当する地点を、5年確率日雨量時に土砂崩壊する地点と考えることで、災害実績データの代替データとした。5年周期で土砂災害が頻発するタイの特徴²⁾から再現期間5年を採用した。

3. 発生確率モデル

発生確率モデルに多重ロジスティック回帰分析を利用した。今回、南部および北部の土砂災害頻発地域をモデルの作成に利用した。本研究では、起伏量と動水勾配を説明変数に利用し、土砂災害実績から多重ロジスティック回帰分析を作成し、発生確率モデルを構築した。なお、土砂崩壊は地質の影響をうけるため、地質に応じてモデルを作成する。発生確率の条件として、土砂崩壊の発生要因を考慮し、地質、地形、水文条件を用いる。水文条件には動水勾配を用いるが、その際に再現期間毎の降雨極値から求めた動水勾配の値を用いる。この手法は、時空間的な斜面災害の発生確率の明示に有効である。発生確率 P は以下の式で示される。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(a + \beta_h x_{hydro} + \beta_r x_{relief})]}$$

ここで、 a : 切片, β : 係数, x : 説明変数である。土砂災害発生確率の例として、起伏量が 50(m)である地点の地質毎のロジスティック曲線を図 2 に示す。この図では崖錐性堆積物が急勾配のロジスティック曲線を示している。そのため、動水勾配の変化により、発生確率が急変する危険度の高い地質であることを示している。ロジスティック曲線の勾配に着目すると、崖錐性堆積物、堆積岩、火成岩、変成岩の順で斜面崩壊危険度が示されている。

3. 土砂災害発生確率の解析結果

土砂災害発生確率の解析結果として、図 3 に再現期間 5 年, 100 年の発生確率分布およびその差の分布を示す。タイ全土に共通して、山岳部を中心に発生確率の高い地域が分布する。また、タイ南部の半島地域では発生確率の差が 10%ほどである地域が多数認められる。この地域はタイ全土で相対的に、降雨変化に伴い土砂災害のリスクの高まる地域と解釈できる。したがって、地球温暖化により、斜面崩壊の被害拡大の見積もられる地域と評価できる。一方、タイ北部は再現期間 5 年時でも 90%以上の発生確率を示す地域であり、定常的にリスクの高い地域といえる。そのため、早急の斜面対策を講じなければならない。

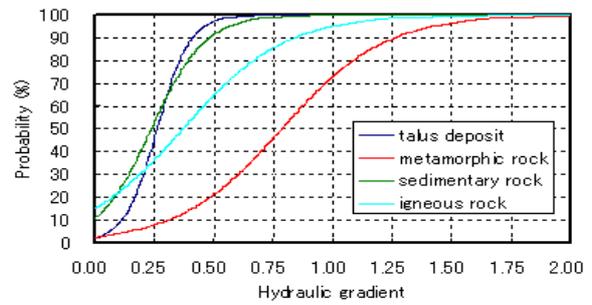


図 2 各地質のロジスティック曲線

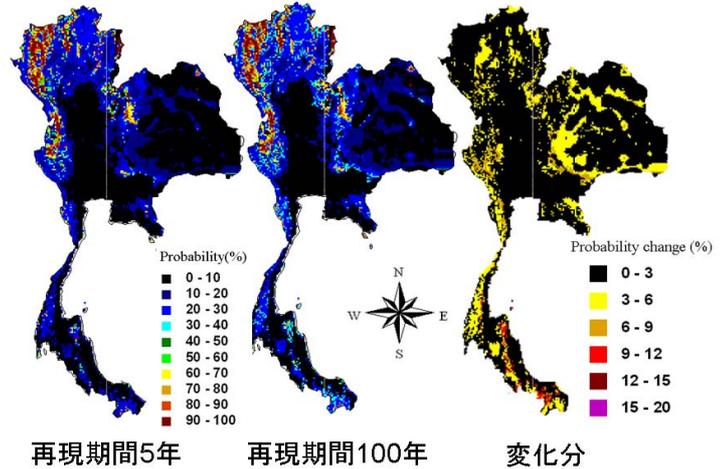


図 3 土砂災害発生確率

4. おわりに

地形、地質、日降雨極値により導かれた動水勾配を条件にタイ全域に対する土砂災害の発生確率モデルを構築した。発生確率モデルから再現期間毎の発生確率分布を作成し、土砂災害発生確率の時空間的な分布を把握した。本研究から、定量的な評価により、既往のリスクマップでリスクが示された地域以外にも潜在的な土砂災害リスクのある地域を明らかにした。今後は、より高精度のデータを用いることで、解像度 1km×1km で土砂災害リスクモデルの構築を目指す。また、世界へ適用可能なモデルの作成を目指す。

謝辞

本研究は環境省の地球環境研究総合推進費(S-4)の援助を受けた。また、King Mongkut's 大学の Chaiwat Ekkawatpanit 博士の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) IPCC AR4(Intergovernmental Panel on Climate Change 4th Assessment Report), 2007.
- 2) Charlchai Tanavud: International Conference on Management of Landslide Hazard in the Asia-Pacific Region, pp.109-123, 2008.
- 3) 川越清樹・風間聡・沢本正樹: 数値地理情報と降雨データを利用した土砂災害発生モデルの構築, 自然災害科学, Vol.14, pp.175-180, 2008.
- 4) AOGS(Asia Oceania Geosciences Society) 2007 – 4th Annual Meeting, 2007.
- 5) タイ気象庁, <http://www.tmd.go.th/en/>, 2008年11月30日.
- 6) タイ土地開発局, http://www.dmr.go.th/DMR_eng/, 2008年11月30日.