

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○音地拓
西日本高速道路株式会社	正会員	櫻谷慶治
大阪大学大学院工学研究科	正会員	小濱健吾
大阪大学大学院工学研究科	正会員	貝戸清之

1. はじめに

高速道路において、降雨時の通行規制は斜面災害から利用者への被害を未然に防ぐために実施され、現行の通行規制の評価基準には、連続雨量と時間雨量が採用されている。しかしながら、近年、局所的かつ短時間での豪雨が増加しており、高速道路において通行規制実施前に斜面災害が発生する事例や通行規制実施後に斜面災害が発生しない事例が報告されている。これらの事例の発生数は、通行規制基準値により変動し、管理者は両者を考慮した上で通行規制基準値を設定する必要がある。しかしながら、現行の規制基準値設定手法では、2つの事例がリスクとして定量的に評価されていない。さらに、規制基準値の設定過程には、管理者の経験や主観に依存している部分が存在するため、現行の設定手法には改善の余地があると考えられる。

本研究では、斜面災害の発生確率（以下、斜面災害発生モデル）と斜面災害を誘発させる降雨の発生確率（以下、降雨量分布）を表現し、斜面災害の発生を定量的に評価する。

2. 現象のモデル化とモデルの推定

(1) 斜面災害発生モデル

斜面災害発生の有無は、2値変数で表されることから、2項ロジットモデル¹⁾²⁾を援用し、斜面災害発生モデルを定式化する。本研究では、斜面災害の発生に寄与する要因として降雨イベントごとに定義される最大時間雨量と最大連続雨量に着目し、斜面災害発生モデルの説明変数として採用する。その際、双方の雨量指標の間には相関関係があるため（図-1参照）、モデルに交互作用項を導入する。斜面災害発生モデルにおける未知パラメータは、最尤推定法により推定し、推定に用いるデータは高速道路上の1kmメッシュごとに記録されている2006年から2014年までの解析雨量とそ

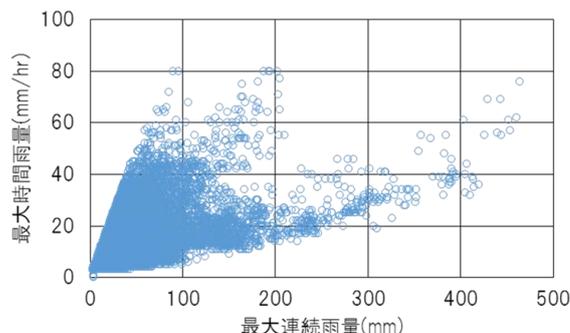


図-1 雨量指標の相関関係

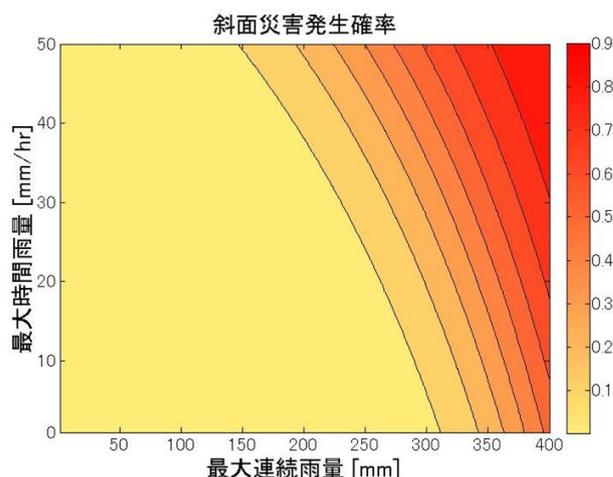


図-2 斜面災害発生モデル

の間の災害履歴とした。これにより、図-2に示すように任意の最大時間雨量と最大連続雨量での斜面災害発生確率を求めることが可能となる。

(2) 降雨量分布

斜面災害発生モデルの説明変数として採用した最大時間雨量と最大連続雨量をもたらす降雨の同時発生確率を降雨量分布として表現する。その際、双方の雨量指標のとり得る分布形状として、ガンマ分布、一般化極値分布、対数正規分布を候補にあげ、最尤推定法により推定し、AICにより最適確率分布を選定する。ま

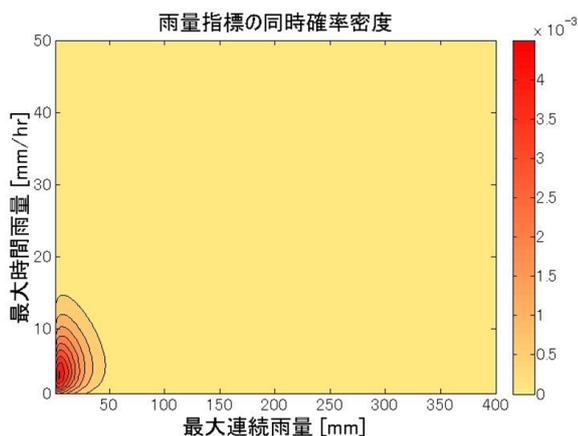


図-3 雨量指標の同時確率密度

た、推定に用いるデータは斜面災害発生モデルと同様、2006年から2014年に記録された解析雨量とした。さらに、推定された双方の雨量指標の確率分布を用いて、コンピュータにより、雨量指標の同時確率分布を表現する。その際、1パラメータ・アルキメディアン・コピュラ（ガンベル・コピュラ、クレイトン・コピュラ、フランクコピュラ）をとりあげ、AICにより最適コピュラを選定する。図-3に推定された降雨量分布の同時確率密度を示す。

3. 災害リスクの定式化

推定された斜面災害発生確率と降雨量分布の同時確率密度関数を用いることによりリスクを定義することが可能となる。まず、安全面のリスクを通行規制実施前に斜面災害が発生する確率で定義する。すなわち、斜面災害発生モデルにおける災害発生確率と降雨量分布との積（図-4参照）における任意の通行規制基準値での非超過部分の面積として定式化することが可能となる。一方で、サービス面のリスクを通行規制実施後に斜面災害が発生しない確率で定義する。すなわち、斜面災害発生モデルにおける災害が発生しない確率と降雨量分布との積における任意の通行規制基準値での超過部分の面積として定式化することが可能となる。これらの2つのリスクは規制基準値を大きく設定すると安全面のリスクは増加するのに対し、サービス面のリスクは低減される。一方で、規制基準値を小さく設定すると安全面のリスクは低減されるのに対し、サービス面のリスクは増加する。このように両リスクの間にはトレードオフの関係が存在し、同時に低減させることは不可能である。そこで、両リスクを可能な限り低減させる降雨量

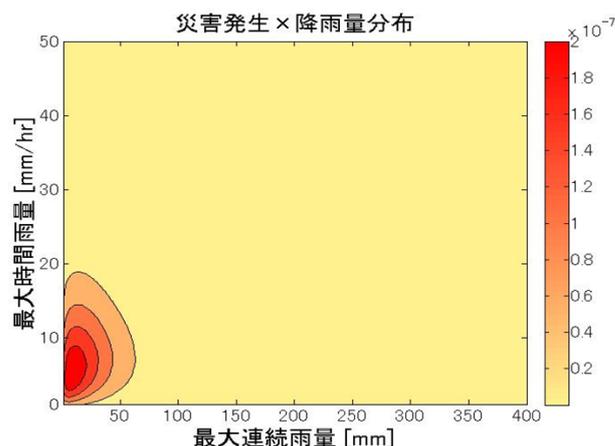


図-4 災害発生と雨量指標の条件付き確率密度

を最適通行規制基準値として設定する場合、安全面のリスクに、サービス面のリスクとの相対的な重要度を表すパラメータを掛け合わせた後、両リスクの和を算出することにより、規制基準値を任意に変動させた場合の両リスクの和の最小値を算出することが可能となり、両リスクの重要性を考慮した最適通行規制基準値が一意に決定される。

4. おわりに

本研究で示した方法論により、高速道路管理者は両リスクの係数と制約条件を設定することにより最適通行規制基準値を一意に決定することが可能となる。また、この方法論では、最新の斜面災害情報や気象特性の変化を逐次考慮し、最適通行規制基準値に反映することが可能である。

一方で、今後の課題としては、第1に、本研究では、斜面災害発生モデルで考慮した説明変数は最大時間雨量および最大連続雨量（誘因情報）に留まったため、地盤特性（素因情報）を考慮することによるモデルの精度の向上、第2に、連続雨量の定義を変更することによる最適通行規制基準値の変動についての分析、をあげることができる。

【参考文献】

- 1) 山田敦浩, 竹本大昭, 小林央宜, 倉本和正, 荒川雅生, 中山弘隆, 古川浩平: 豪雨時の道路事前通行規制基準雨量の設定に関する研究, 砂防学会誌, Vol.57, No.6, pp.28-39, 2005.
- 2) 川越清樹, 風間聡, 沢本正樹: 数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築, 自然災害科学, Vol.27, No.1, pp.69-83, 2008.