

京都大学情報学研究科 学生会員 ○玉置 哲也
 京都大学防災研究所 正会員 多々納 裕一

1. はじめに

日本列島は環太平洋造山帯の上に位置しており，世界でも指折りの火山大国である．日本は地球の表面積の 0.07% にすぎないが 108 もの活火山があり，世界の活火山の約 13% が集中する．過去を振り返れば，例えば，平安時代初期に発生した富士山の噴火（貞観大噴火）では，北麓にあった広大な湖を埋没させ西湖と精進湖を形成させた．また同山において 1707 年に発生した宝永大噴火では 100km 離れた江戸においても数 cm 程度の降灰が観測された¹⁾．桜島においても有史以来少なくとも 3 度の噴火（文明大噴火・安永大噴火・大正大噴火）を起こしており，大正大噴火によって桜島と大隅半島が陸続きとなった．

幸いなことに近年はこのような大噴火は発生していないが，2011 年の霧島新燃岳における噴火では交通機関の乱れや農作物の生育不良等といった火山被害が観測されている．また，大きな被害はなかったが 2013 年には桜島でも 5000m 級の噴火が観測されており，将来予測される大噴火に向けた対策を考えておく必要がある．

本研究では，火山噴火に伴う降灰によって与える影響のうち，交通ネットワークが被るであろう影響について着目する．現代社会において交通ネットワークは重要インフラの一つであり，大規模な途絶が生じた場合の社会的影響は甚大である．こうした被害を軽減するには，被害を最小限に抑えること及び早急な復旧が不可欠であるが，そのためには十分な対策を検討しておくことが重要である．大規模な噴火が発生した場合の交通ネットワークの被害を事前に予測しておくことは，被害軽減施策を実施するための経済被害評価に欠かせないものである．

2. 機能的フラジリティ曲線を用いた初期交通量の低下率の推計

フラジリティ曲線は地震が橋梁や建物などに及ぼす被害予測手法として開発されていった．日本においても過去の災害事例をもとに推計を行う手法が用いられており，最近では構造物以外にも用いられ，また，この概念を企業の操業水準という「機能」に対して応用した「機能的フラジリティ曲線」も開発されている²⁾．本研究では，この機能的フラジリティ曲線を火山災害による交通容量を推計するものへと拡張する．ここではデータとして，2011 年の霧島新燃岳における降灰状況と，そのときの道路の途絶状況をを用いることで交通容量に対する機能的フラジリティ曲線の推計を行う．方法として，まず，1. 降灰が観測されたエリアを 250m メッシュに分割し，2. それぞれのメッシュ毎に降灰量，主要道路の有無とその道路の途絶状況を与えた．3. 以上より得られた道路のあるメッシュの途絶状況を用いて機能的フラジリティ曲線の推計を行った．

ここで，降灰量が z のときの確率を，

$$P(z) = \int_0^z f(x) dx$$

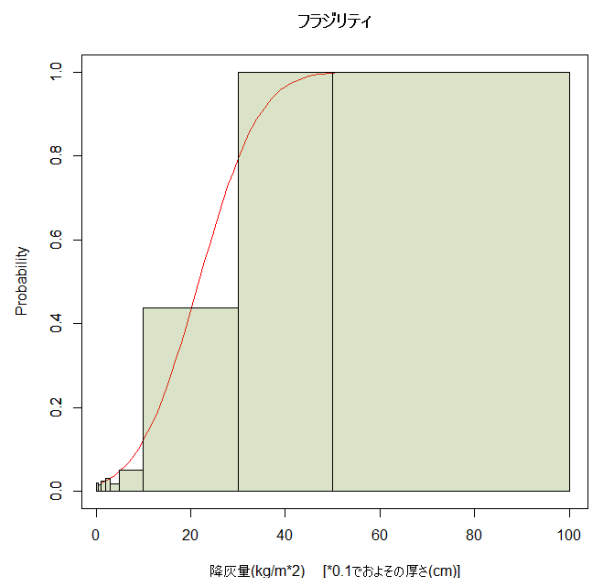


図1 降灰による道路の初期停止確率

で表す。このとき、耐力の確率分布を正規分布と仮定すると、

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

と書くことができる。これより、サンプル数を N として最尤推定を行う。

$$L(\mu, \sigma) = \prod_i^N P(z_i)^{\delta_i} [1 - P(z_i)]^{1-\delta_i} \quad \delta_i = \begin{cases} 1 & \text{被害が発生した場合} \\ 0 & \text{被害が発生しなかった場合} \end{cases}$$

尤度 $L(\mu, \sigma)$ を最大化する (μ, σ) を決定し、 fragility 曲線を決定する (図 1)。

3. 道路ネットワークの復旧過程

2. において推計された道路の初期被害をもとに道路ネットワークの復旧について議論を行う。降灰が観測された後の除去方法として代表的なものがロードスweeperである。熊谷ら³⁾は富士山噴火が発生した場合の降灰除去にかかる時間をロードスweeperの性能と保有台数から試算している。本研究ではこの試算方法をもとに完全に除灰が可能となる時間を求めるとともに、交通容量の回復効率が最適となるような順序で除灰を行った場合のネットワークの復旧過程を分析する。

ここでは目的関数を

$$\sum_i^N (T_i \times OD_i \times r_i)$$

として目的関数を最小とする道路の清掃順を決定する。

ここで N は道路総数 (高速道路を除く)、 T_i は清掃開始から道路 i を清掃するまでの経過時間、 OD_i は道路 i の交通容量、 r_i は道路 i の降灰による交通容量の低下率である。この結果を図 2 に示す。

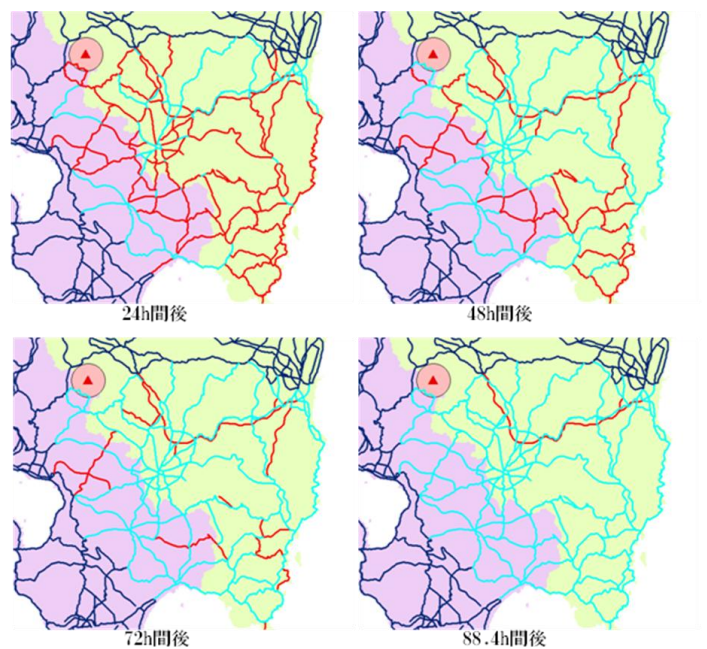


図 2 道路の復旧過程

4. おわりに

本研究ではまず、2011 年霧島新燃岳における噴火データをもとに、道路の交通容量に関する機能的 fragility 曲線を作成した。この推計結果より、降灰が 1cm 程度になると機能停止になる道路の可能性が高くなり、4cm を越せばほぼ機能停止と言ってもよい。1980 年のセントヘレンズ山の噴火では、7.5cm 積もった高速道路が 5 日間完全停止している等の報告がなされており、いくつかの事例と比べてもそれほどおかしい結果ではない。また、最適な道路の清掃順を示すことで降灰時にどのような復旧過程になるかを分析したが、これにより最適な復旧順を取ることによって、噴火後の物資の供給を含めた物流への影響や避難経路の問題に適用することが可能となる。

参考文献

- 1) 宮地直道, 小山真人: 富士火山 1707 年噴火 (宝永噴火) についての最近の研究成果, 富士火山, 2007, 339-348.
- 2) 中野 一慶, 梶谷 義雄, 多々納 裕一: 地震災害による産業部門の操業水準の低下を対象とした機能的 fragility 曲線の推計, 土木計画学研究・論文集, Vol. 69 No. 1, 2013
- 3) 熊谷良雄: 大都市での降灰被害とリスクマネジメント, 火山工学シンポジウム, 2007. 2. 3