

桜島における土石流の規模の予測

九州大学 工学部	正員	○ 平野宗夫
鹿児島工業高等専門学校	正員	正田 誠
九州大学 工学部	正員	森山聡之
鹿児島工業高等専門学校	学生員	平山光二

1. まえがき

桜島においては、最近の南岳の火山活動の激化にともない大量の降下火山灰を主要因として土石流が多発し、我国では最も比流量の大きく、その溪流からの土砂災害は毎年のように発生しその対策に悩まされている。さて、桜島の南側水系は建設省大隅工事事務所によって、北側水系は鹿児島県砂防課および鹿児島営林署によって土石流観測が実施継続されている。その研究成果は、田原1)、山崎・椿・平野ら2)、正田ら3)、春山ら4)によって報告されている。しかし、桜島南岳の火山活動による火山灰砂の供給量は大きく、その堆積量にも左右されており、これらを考慮した降雨量と土石流の応答関係は、まだ十分に明らかにされていない。従って、本研究は、桜島南側水系を代表とし南岳火口を一部源流とする野尻川流域と桜島北側水系を代表とし北岳を源流とする長谷川流域について、パラメトリックモデルによる土石流の流出解析を実施し、土石流の流出規模の予知手法について検討を加えたものである。

2. 土石流の流出解析

山腹で発生した土石流は河道に流入し、集まって大きな流出量になると考える。まず、河道における連続の式(1)を特性曲線法により解くと式(2)が得られる。

$$\frac{\partial A_0}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_s \quad \text{----- (1)}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dQ}{dA} \quad \text{上で} \quad Q(t) = \int_0^L q_s(t - \tau_\ell) dt \quad \text{----- (2)}$$

ここに、 A_0 は流積、 Q は流量、 q_s は斜面からの流入量と河床・側岸の侵食量、 L は河道長、 τ_ℓ は河道における遅れ時間である。河道における侵食量を無視し、更に、実験結果より

$$q_s = \alpha r \ell \cos \theta \quad \text{----- (3)}$$

とおき、 τ_ℓ を一定とすると

$$Q(t + \tau_\ell) \doteq \int_0^L \alpha r \ell \cos \theta dx = A \alpha r(t) \int_0^L \frac{\ell \cos \theta dx}{A} \quad \text{----- (4)}$$

ここに、 $\alpha = \text{const.}$ 、 A は流域面積である。上式において、 $\int_0^L \ell \cos \theta dx / A$ は土石流の発生している場の割合を表わしており、以下のように求められる。

降雨開始時間を $t=0$ とし、時刻 t において土石流が発生するのは、①. $\ell \geq k t \sin \theta$ でかつ $\lambda D = \int_0^t r \cos \theta dt$ ($\equiv \eta_0$) の斜面、及び、②. $k t \sin \theta > \ell \geq k(t - t_0) \sin \theta$ でかつ $\lambda D = \int_{t_0}^t r \cos \theta dt$ ($\equiv \eta$) の斜面である。 λD と ℓ の確率密度関数を $f(\lambda D)$ 、 $g(\ell)$ とおくと、①、②の場合の発生の割合 F_1 、 F_2 はそれぞれ

$$F_1(t) = f(\eta_0) \cdot \Delta \eta_0 \int_{k t \sin \theta}^{\infty} g(\ell) d\ell \quad \text{----- (5)}$$

$$F_2(t) = \sum_{t_0} f(\eta) \Delta \eta \cdot g(\ell) \Delta \ell \quad \text{----- (6)}$$

となる。また、斜面における土石流の継続時間を Δt とし、その間に全堆積土砂が流出するとすると

$$\int_t^{t+\Delta t} q_s dt = \alpha \int_t^{t+\Delta t} r \ell \cos \theta dt = D \ell$$

$$\therefore \Delta t \equiv D / \alpha r \cos \theta \quad \text{----- (7)}$$

ここで、 $0 \leq t_0 \leq t$ 、 $\Delta \eta_0 = \Delta \eta = r \cos \theta \Delta t$ 、 $\Delta \ell = -k \Delta t_0 \sin \theta$ であることを考慮すると、式(4) ~ (7)より

$$Q(t+\tau_{\theta}) = A \cdot r(t) \left\{ f(\eta_0) \frac{\eta_0}{\lambda} \int_{k \sin \theta}^{\infty} g(\varphi) d\varphi + \frac{k \sin \theta}{\lambda} \int_0^t \eta f(\eta) g(\varphi) d\eta \right\} \quad (8)$$

である。

3. 流出規模に関する検討

式(8)において、河道長分布 $g(\varphi)$ は、流域の地形図から求めることが出来、土石流発生場においては、ほぼ対数正規に従う。堆積厚の分布 $f(\eta)$ についても同様の対数分布とみなすと、式(8)は η 、 σ_{η} 、 $k \sin \theta$ 、 λ および τ_{θ} の5個をパラメータとし、降雨データを入力することにより、土石流の流出流量の予測を行なうことが出来る。各パラメータの決定及び流出計算に際しては、最小自乗基準をもつ目的関数が最小となるような最適パラメータをシンプレックス法を用いて行った。

図-1, 2は、長谷川(1.48km²)及び野尻川(2.99km²)の流出特性を比較検討してみたもので、1979年6月18日における土石流で、新北岳雨量を使用している。同雨量計の設置位置は長谷川流域の中流の分水嶺にあるが、野尻川よりやや遠い位置にある。長谷川では非線形要素が弱く、野尻川では流出の集中化が起り、鋭い大きなピーク流量を持つ。堆積厚 η は桜島南岳の火口に近い野尻川のほうが大きく、標準偏差も小さくなっている。更に、斜面の透水係数に比例する $k \sin \theta$ の値もより小さくなり、火山灰で被覆されることにより浸透能が低下する傾向を示している。なお、パラメータの値もほぼ妥当な範囲にある。

更に、図-3は、1980年6月2日の典型的な野尻川の土石流のハイドログラフの例であり、長谷川と野尻川の分水嶺に位置する春田山雨量を用いた計算値は実測値とよく一致し、本モデルの妥当性が確認されている。

〔謝辞〕：本研究をすすめるに際しては、鹿児島県砂防課より長谷川土石流観測のご援助を頂き、建設省大隅工事事務所より野尻川土石流の流出解析資料を、鹿児島営林署より春田山雨量観測資料の提供を頂いた。ここに、関係各位に厚く謝意を表する次第である。

参考文献：

- 1). 田原(1979)：桜島の土砂流出の特性，第23回水理講演会論文集，pp.69～74.
- 2). 山崎・椿・平野・橋本・歳田・山内・正田(1980)：桜島の土石流，桜島地域学術調査協議会調査研究報告，pp.187～201.
- 3). 正田・平野・椿・里島(1984)：長谷川における土石流の観測と流出特性，桜島地域学術調査協議会調査研究報告第2集，p.177～184.
- 4). 春山・地頭園・城本(1984)：桜島における土石流の観測記録，新砂防133，pp.22～27.

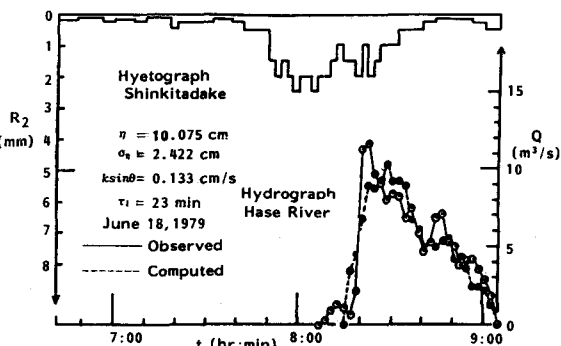


図-1 長谷川における土石流の流出解析

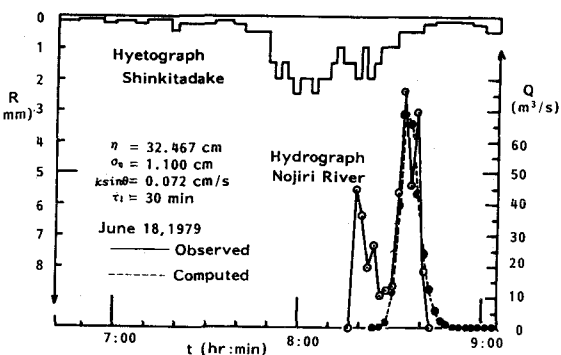


図-2 野尻川における土石流の流出解析(1)

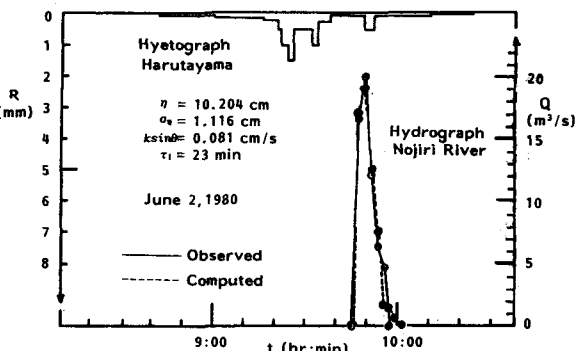


図-3 野尻川における土石流の流出解析(2)