

# 1792年眉山崩壊時の土塊の運動に関する研究

鳥取大学工学部 道上 正規  
鳥取大学地域共同研究センター助教授 宮本 邦明  
梶谷エンジニア ○植村 慎  
(財)砂防・地すべり技術センター 瀬尾 克美  
(財)砂防・地すべり技術センター 高濱淳一郎  
建設省九州地方建設局 北栄 雅人

**1.はじめに** 火山活動や地震などに伴い大規模な土砂移動（土塊の滑動）が生じることがあり、広範囲にわたり大きな災害をもたらすことがある。このような土砂移動現象を予測・評価するためには、数値シミュレーションによる方法が有効である。本研究では、具体的な災害例として、1792年（寛政4年）に長崎県島原半島で発生した眉山崩壊をとりあげ、それに関する1次元数値解析を行った。

**2.数値解析の概要** 1次元数値解析の基礎式は次のようである。<sup>1)</sup>

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (1) \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \beta \frac{\partial u_m M}{\partial x} = -gD \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_0}{\rho_m} \quad (2)$$

ここで、 $D$ は流動深、 $M=u_m D$ はフラックス、 $\beta$ は運動量補正係数、 $\tau_0$ は底面せん断力、 $H=D+z$ であり $z$ は河床高である。 $\rho_m$ は崩土のみかけの質量密度で土塊が含水している場合、 $\rho_m = C\sigma + (1-C)\rho$ で与えられる。ここで、 $\sigma$ は粒子の質量密度、 $\rho$ は泥水の質量密度である。

**3.実験結果および考察** 眉山崩壊土塊についての1次元数値解析は、図-1の破線で示す断面について行った。図-2は、その断面における現地形と推定される崩壊前の地形を示したものである。計算条件は、メッシュ間隔 $\Delta x=50m$ 、時間間隔 $\Delta t=0.05$ 秒として、パラメータとして、見かけの内部摩擦角 $\phi$ 、粒子濃度 $C$ 、泥水の密度 $\rho$ 、粒子の粒径 $d$ を変化させて計算を行った。

### (1)土塊先端部の海域突入時の運動特性に関して

図-3は、見かけの内部摩擦角を $\tan \phi=0.75$ 一定として、泥水の質量密度 $\rho$ 、粒子濃度 $C$ を変化させて、土塊が海域部に突入する直前の流速を粒径別に示したものである。これを見ても、粒径を一定とすると、泥水の質量密度 $\rho$ が大きくなるほど、そして粒子濃度 $C$ が小さくなるほど速度は速くなっている。また、粒径の変化に対しては、粒径が大きくなるほど速度は遅くなる。

図-4は、見かけの内部摩擦角を $\tan \phi=0.75$ 一定として、泥水の質量密度 $\rho$ 、粒子濃度 $C$ を変化させて、土塊が海域部に突入する際の流動深を粒径別に示したものである。図-5をみると、どの粒径においても泥水の質量密度 $\rho$ や粒子濃度 $C$ の変化による流動深の差は、それほどみられない。つまり、流動深は、泥水の質量密度 $\rho$ や粒子濃度 $C$ の変化には、それほど影響を受けず、粒径に大きく依存し、粒径が大きくなるにつれて流動深も大きくなる。

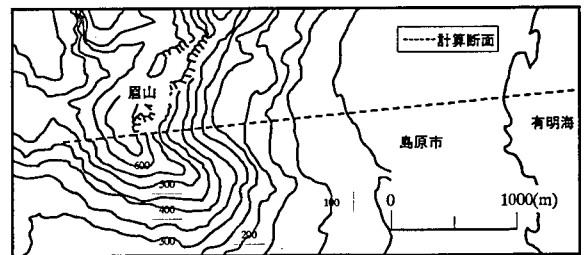


図-1 計算断面

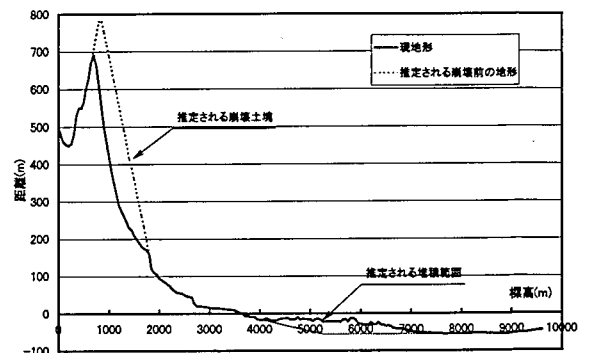


図-2 眉山断面における現在と過去の地形

## (2) 土塊到達距離に関して

ここでは、土塊の先端部到達距離 $L$ （以後、到達距離とする）について検討をおこなう。図-2をみると、崩壊土塊は、海域部の4000mから7500m付近の約3500mにわたって堆積し、土塊先端部は、海岸線から約4000m離れたところであることが分かる。また、土塊の海域における平均堆積厚は、約20mと推定される。

図-5は、見かけの内部摩擦角を $\tan \phi = 0.75$ 一定として、泥水の質量密度 $\rho$ 、粒子濃度 $C$ を変化させ、粒径別に到達距離をみたものである。まず、粒径を一定とし、到達距離を調べると、泥水の質量密度 $\rho$ が大きくなるほど到達距離は伸びる。また、粒子濃度 $C$ が小さくなるほど、到達距離は伸びる。つまり、混合流体中の濃度が低く、泥水の密度が大きければ、到達距離が伸びることを示している。

つぎに、粒径を変化させて到達距離に関するほかのパラメータの影響をみる。到達距離は、粒径が小さいほど伸び、粒径が大きくなると到達距離は短くなる。また、先ほど粒径で区分した群についてみると、粒径が小さいときは、 $\rho$ や $C$ による変化が大きく、反対に粒径が大きいときは、 $\rho$ や $C$ による変化が小さくなる。つまり、到達距離は、粒径が小さいときには、泥水の質量密度 $\rho$ 、粒子濃度 $C$ の変化に依存する部分の大きい、粒径が大きくなると、泥水の質量密度 $\rho$ 、粒子濃度 $C$ の変化に対する依存度は小さくなる。

最後に、現地地形から推定される土塊先端部の到達距離と比較をおこなう。最初に述べたように、現地地形において土塊は、海岸線から約4000m沖合まで到達したと推定される。図-5から先端到達距離が4000mあたりを示している結果を抽出すると、 $\rho = 1.5$ 、 $C = 0.5$ 、 $d = 0.2$ の計算結果や、 $\rho = 1.68$ 、 $C = 0.5$ 、 $d = 0.5$ の計算結果、 $\rho = 1.68$ 、 $C = 0.4$ 、 $d = 1.0$ の計算結果が近い値を示した。図-6に、現在の海域部地形とよく似た計算結果を示す。図-6の

土塊の先端到達距離は、現地地形に比べやや短いものの海域部での平均堆積厚は21mであり、ほぼ一致した。

**4. まとめ** 本研究では、見かけの内部摩擦角 $\phi$ 、粒子濃度 $C$ 、泥水の密度 $\rho$ 、粒子の粒径 $d$ をパラメータとして眉山崩壊土塊の1次元数値解析を行い、それらのパラメータがどのような影響を及ぼすかを検討した。今後は、崩壊土砂の流動堆積モデルを2次元化し、土砂の流入過程・範囲を明らかにする予定である。

## 参考文献

- 道上ら：クーロン摩擦力が卓越する領域における乾燥粒子流の数値シミュレーション、平成9年度砂防学会研究発表論文集, pp. 184-185.

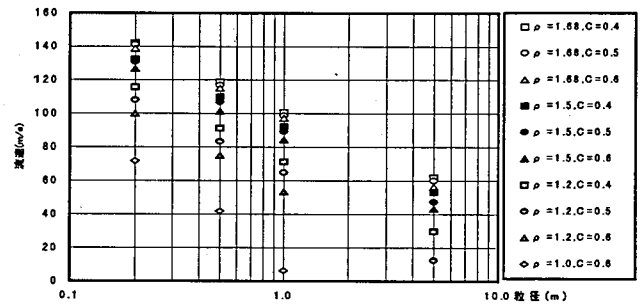


図-3 粒径別の流速分布

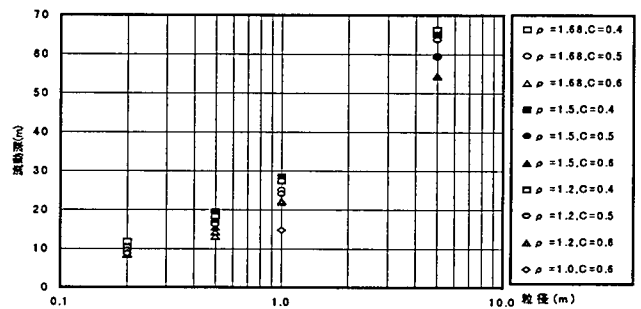


図-4 粒径別の流動深分布

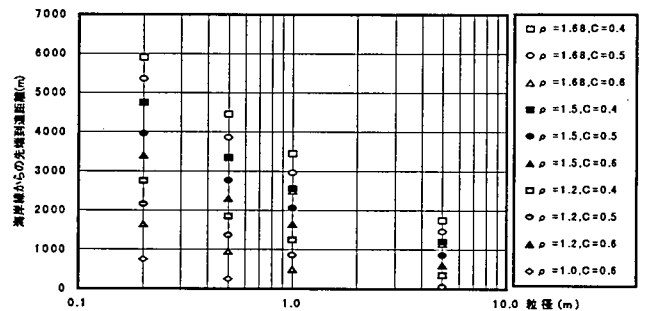


図-5 粒径別の先端到達距離分布

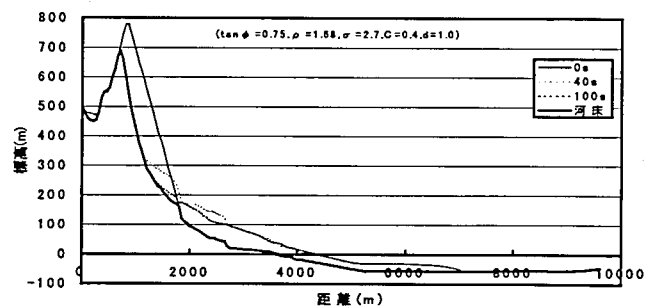


図-6 崩壊土塊の時間的变化