

国立防災科学技術センター 矢崎 忍・森脇 寛

1. まえがき

昭和59年9月14日午前8時48分、M6.8の地震が御岳山の南麓で発生した。この地震(昭和59年長野県西部地震)により、御岳山南東斜面の八合目付近で大規模な山くずれ(推定崩壊土砂量3,600万 m^3)が発生し、巨大な岩屑流となって伝上川-濁川-王滝川を流下した(図1)。岩屑流の流下した範囲は全長で約12kmにも及び、流下途中の濁川や王滝川などで15人の行方不明者を出している。本稿ではこの岩屑流の運動について簡単なモデルをもとに検討した。

2. 今回の岩屑流の運動に関する資料

この岩屑流の運動に関連した資料は極めて少ないが、目撃者の証言からある程度推定できる。建設業T氏は柳ヶ瀬地区餓鬼ヶ喉トンネル出口から上流100m地点(図1のB)で同日午前8時55分に岩屑流を目撃している。時刻は当時聞いていたNHKニュースから割り出されている。一方、崩壊源に近い御岳山7合目付近にある社務所の神主K氏が地震発生とほぼ同時に崩壊源の方向から巨大な岩石の転動・落下音を聞いている。ただし、当時は視界が悪く、崩壊源は見えなかったという。この2つの証言から岩屑流は約10.5kmの区間を約8分間で流下したことになり、その間の平均速度は80km/h(秒速22m/sec)と推定される。

3. 計算に用いた運動方程式と抵抗モデル

上述のような高速の岩屑流の流下機構については現在粉体流説や土石流説など種々考えられているが、ここではその一近似として、岩屑流をひとつの土塊、すなわち質点と見なして2次元の運動方程式をたて速度分布の計算を試みた。

a. 運動方程式

図2に示すように岩屑流の流下経路の縦断形状を $z = f(x)$ とする。 x は水平距離、 z は高さである。

エネルギー保存則より次式が成立する。

$$\frac{d}{dt}(U + T) + RV = 0 \quad (1)$$

ただし、 T, U はそれぞれ運動、位置エネルギー、 R は抵抗、 V は速度である。質量 m 、重力加速度 g 、

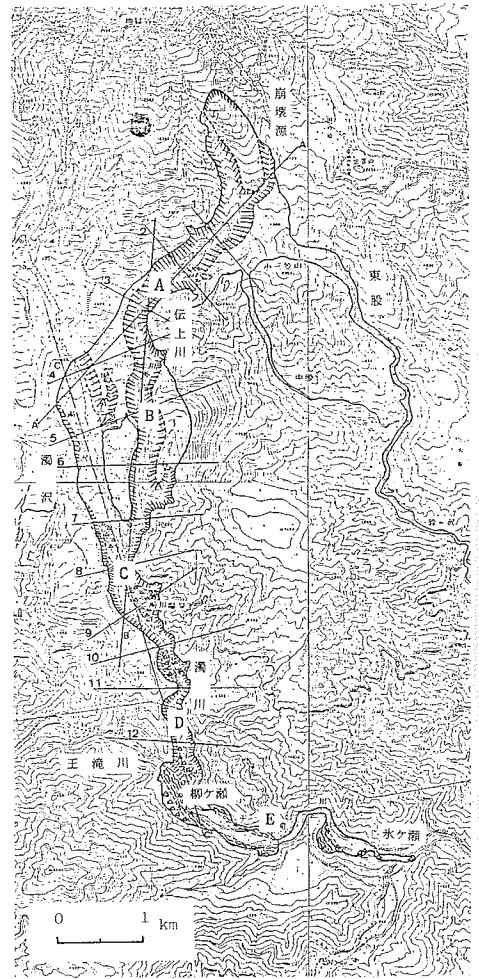


図1 岩屑流の流下状況

水平方向の速度成分 u の記号を用いると, T, U, V は

$$T = \frac{1}{2} mV^2 = \frac{1}{2} mu^2(1+f'(x)^2) \quad (2)$$

$$U = mgZ = mgf(x) \quad (3)$$

$$V = u\sqrt{1+f'(x)^2} \quad (4)$$

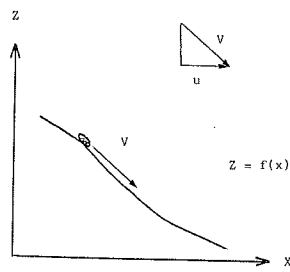


図 2 運動モデル

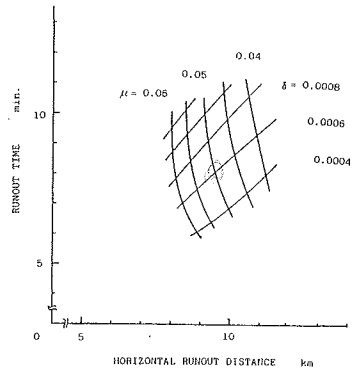


図 3・a μ, δ と到達距離・時間の関係

$$R = \mu N + \delta mV^2$$

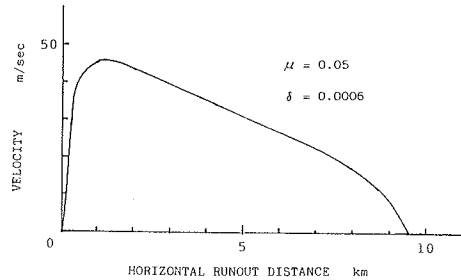


図 3・b 速度分布 (二係数抵抗モデル)

で表わされる。上式から,

$$m\dot{u}(1+f'^2) + mu^2f'f'' + mgf' + R\sqrt{1+f'^2} = 0 \quad (5)$$

また, 運動方程式の x 成分のみを考えると

$$m\dot{u} = \frac{-f'N - R}{\sqrt{1+f'^2}} \quad (6) \quad \therefore N = \frac{m(g+u^2f'')}{\sqrt{1+f'^2}} \quad (7)$$

が得られる。ただし, N は垂直抗力である。

(b). 抵抗モデル

物体に作用する抵抗として次の 2 モデルを考えた。

(i) 二係数抵抗モデル (いずれも定数)

$$R = \mu N + \delta mV^2 \quad (8)$$

(ii) 抵抗が距離とともに減少するモデル

$$R = \mu N, \quad \mu = \mu_0 e^{-\lambda x} \quad (9)$$

なお, 計算に用いた斜面形状は次式で近似した。

$$f(x) = 62.6 \exp(-x/400) + 1254.3 \exp(-1/6000) + 733.1 \quad (10)$$

4. 計算結果の検討

上記 2 モデルについて初期条件 $x(0)=0, u(0)=0$ のもとに計算し, 目撃者の証言 (到達時間, 距離) と一致する解を求めた。(図 3 a, b, 図 4)。抵抗モデルの違いにより最大速度値に差が認められるものの, 両者とも流下開始後比較的初期の段階 (< 2 km) で最大速度に達し, その後は徐々に減少する。また, 5 km より下流では両者はほぼ同じような速度分布を示している。

本計算では岩屑流の流下経路の蛇行による影響を無視して行ったが, 実際には屈曲部が数多く見られ, 運動がかなり規制されることが考えられる。従って, 三次元的な取扱いによる検討が次の課題である。

参考文献: 1) 才 32 回火山噴火予知連資料-地質調査所より。2) 植原茂次ほか (1985): 昭和 59 年 (1984 年) 長野県西部地震災害調査報告。国立防災科学技術センター主要災害調査報告才 25 号。

$$R = \mu N, \quad \mu = \mu_0 e^{-\lambda x}$$

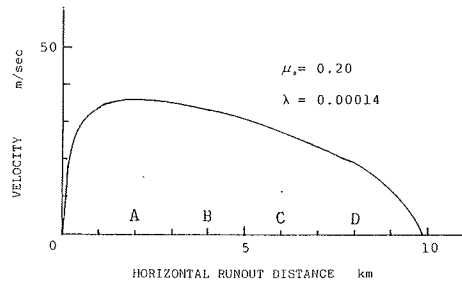


図 4 速度分布 (抵抗が距離とともに減少する場合)
 图中 英記号は図 1 における地点を示す