

三次元地形を考慮した火砕流及び煙型雪崩のモデル化と数値シミュレータの開発

水工学研究室 大澤 範一
指導教官 福嶋 祐介

1. はじめに

火砕流及び煙型雪崩は、何らかの原因によって巻き上げられた粒子が重力のために斜面方向に流下する現象であり、その流動特性が互いに類似している。これらの流動は傾斜面上のサーマルに酷似している。福嶋ら（1986,1992）はこの点に着目し、サーマル理論を発展させた煙型雪崩のシミュレーション手法を提案している。本研究ではこの福嶋らの手法を応用することで、火砕流及び煙型雪崩の速度や濃度の他に、三次元地形を入力データとすることでその流下経路や横方向の広がりも視野に入れた新たなシミュレーション手法を検討する。

2. 数値解析手法

本研究で流動モデルとして用いる福嶋らの煙型雪崩の理論とサーマル理論は概略において同じであるが大きく異なる点がある。サーマルの理論では浮力源が一定に保たれると仮定するのに対して、福嶋らの理論では、浮力源すなわち粒子の総量が増減する点である。煙型雪崩においては、粒子の巻き上げを考慮しないと、流下方向に対して爆発的に成長する雪崩の流動を表現することができないし、斜面への沈降を考慮しないと、雪崩が緩勾配斜面に到達したときに静止に至る様を説明することができないためである。

現象の横方向の広がりに対する解析には福嶋・早川・備前（1993）の三次元傾斜サーマルの流動理論で提案されたサーマルの最大広がり幅に関する式を基礎方程式の一つとして用いた。

また、入力する三次元地形データには、国土数値情報標準2次メッシュのデータを用いた。

3. 解析結果と考察

煙型雪崩の解析結果を以下に示す。対象とするのは2000年に日本最大の煙型雪崩が発生した岐阜県左俣谷周辺の地形とする。初期条件は初期高さを $H_0 = 10\text{m}$ 、初期最大広がり幅を $B_{\text{max}0} = 20\text{m}$ 、初期速度を $U_{\text{abs}0} = 0\text{m/s}$ 、初期濃度を $C_0 = 1.0\%$ 、雪粒子の直径は $D_s = 0.15\text{mm}$ とした。

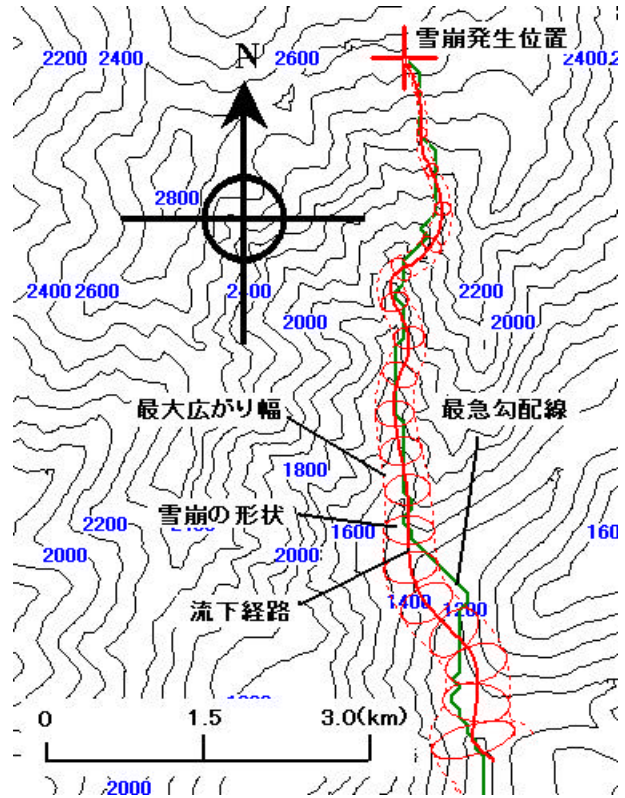


図 - 1 雪崩の流下経路

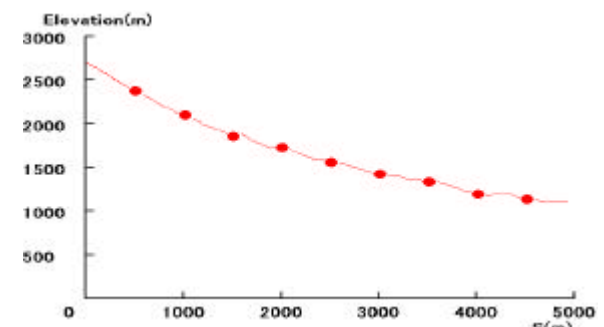


図 - 2 雪崩中心部の標高値の水平距離変化

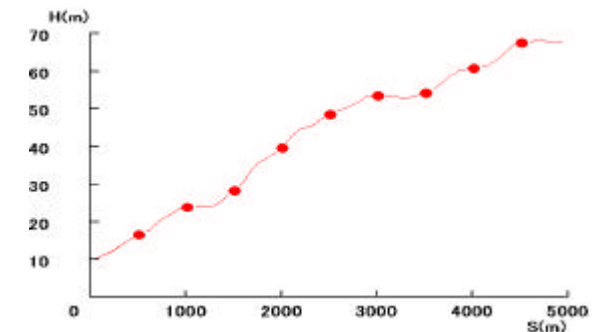


図 - 3 雪崩の高さの水平距離変化

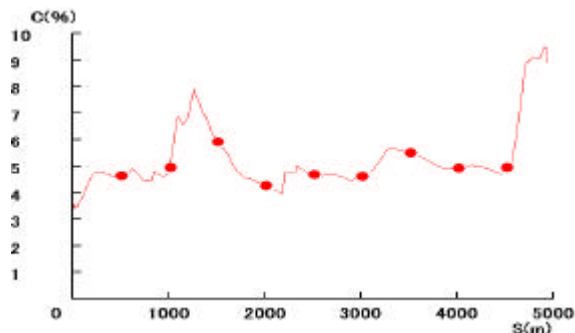


図 - 4 雪崩内の雪粒子濃度の水平距離変化

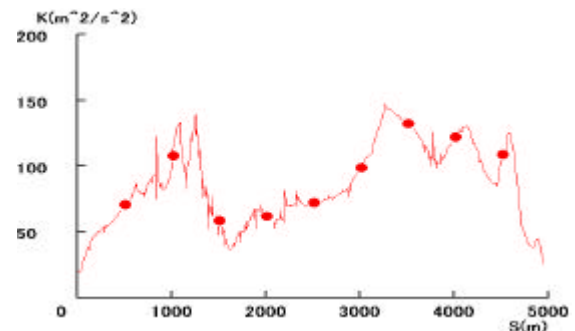


図 - 5 乱れエネルギーの水平距離変化

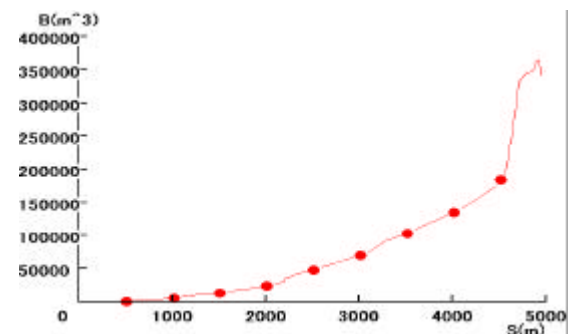


図 - 6 雪粒子の総量の水平距離変化

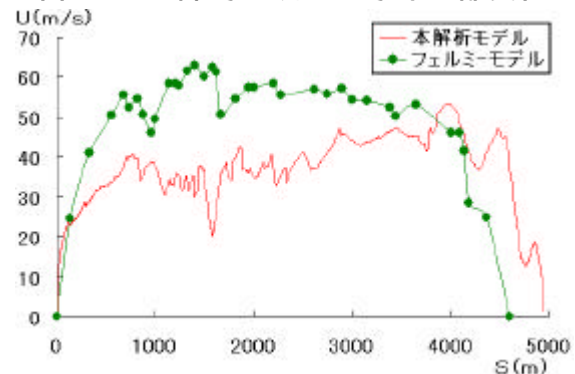


図 - 7 雪崩の速度の水平距離変化

図 - 1 より、雪崩は最急勾配線に沿うように流下する傾向が強いことがわかる。最急勾配線が方向を変える地点では、雪崩はその慣性により最急勾配線とは多少異なった進路をとるものの、その後再び合流し流下している。雪崩は実際の現象と同じように流下距離約 5000m 付近で静止に至っている。このように雪崩が静止に至ったのは雪崩が緩勾配斜面に流

入したことや、その形状が大きくなったために、地面や空気との界面が増加し、そこに発生する摩擦が強くなったこと、雪粒子が沈降したことなどを原因として考えることが出来る。

図 - 7 には本シミュレーションモデルとフェルミ - モデルによって得られた流下速度の解析結果を比較した。雪崩が発生直後に急激に加速する点や、停止に至るプロセスにおいて類似している。発生初期の段階で両者の値にはやや開きがあるが、これは本シミュレーションモデルが流下経路を未知数としているのに対して、フェルミ - モデルでは流下経路が入力データとして与えられることが影響している。

4 . 火砕流への適用

火砕流では温度が激しく変化する。そのため空気や火砕物粒子の密度が温度の低下に応じて変化していく。また温度の変化によって空気の粘性係数が変化するため、粒子の沈降速度も変化する。したがって火砕流の解析モデルでは温度を未知数とする。この点を考慮し、雪崩の解析と同様にすれば煙型雪崩と同じように火砕流の解析を行なうことが出来る。

5 . 結論

火砕流及び煙型雪崩に対する数値シミュレータを開発した。福嶋らの既存のシミュレーションモデルでは現象の横方向の広がりが一様であると仮定されており、解析は単位幅あたりを対象として行なわれる。これに対して本シミュレーションモデルでは、現象の横方向の広がりを未知数とするため、形状の変遷を把握するのが容易であり、解析は全領域を対象とし行なう。これにより、地面や空気との界面の面積や現象が影響を受ける斜面特性の導出をより現実的に解析することが可能となった。このため本研究で開発したシミュレーションモデルでは、福嶋らの既存のシミュレーションモデルにくらべ、現象の各係数の挙動や停止に至るプロセスをよりの確に評価することが出来ると思われる。

参考文献

- 福嶋祐介,早川典生 1992: 三次元地形を考慮した粉雪雪崩の数値解析,雪氷 54-1.
- 福嶋祐介, 鍵山恒臣 1992: 火砕流の流体力学的モデルによる解析, 火山 37-4
- 福嶋祐介, 早川典生, 備前亨 1993: 三次元傾斜サーマルの流動特性: 土木学会論文集 No.473/ -24
- 日本雪氷学会, 2001: 3.27 左保谷雪崩災害調査報告書 (概要版)