

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

（株）東京建設コンサルタント 技術第三部 正会員 大澤 範一
 長岡技術科学大学 環境・建設系 正会員 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、その流動特性において類似した現象である。これらの流動は傾斜面上のサーマル流動に酷似している。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理論を提案している。本研究ではこの福嶋らの理論を応用することで、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モデル化を検討する。

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その概略において同じであるが大きく異なる点がある。それは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に変化する点である。これは煙型雪崩において、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静止に至る様子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特性の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

解析結果として煙型雪崩のモデルの結果を以下に示す。対象とするのは2000年に大規模な煙型雪崩の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 $B_{\text{max}0} =$

キーワード：火砕流，煙型雪崩，サーマル理論
連絡先：〒171-0014 東京都豊島区池袋 2-43-1

（株）東京建設コンサルタント 技術第三部
 TEL 03-3982-9281 FAX 03-5396-6754

20 m ， $U_{\text{abs}0} = 0\text{ m/s}$ ， $C_0 = 1.0\%$ ，雪粒子の直径は $D_s = 0.15\text{ mm}$ とした。

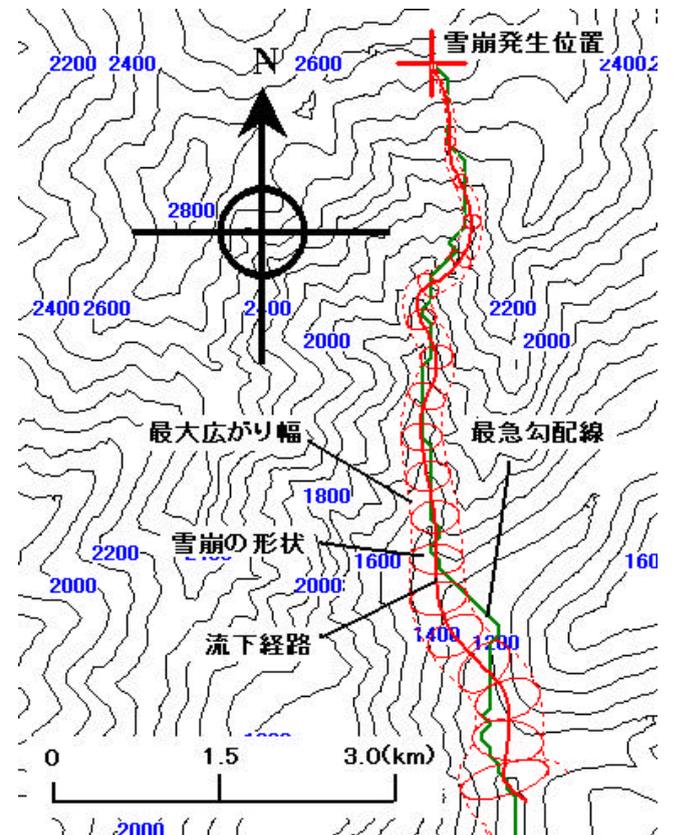


図 - 1 雪崩の流下経路

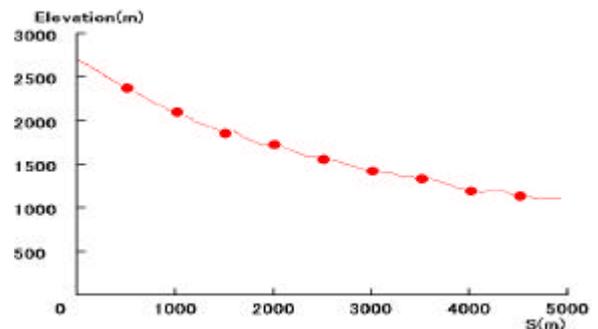


図 - 2 雪崩中心部の標高値の水平距離変化

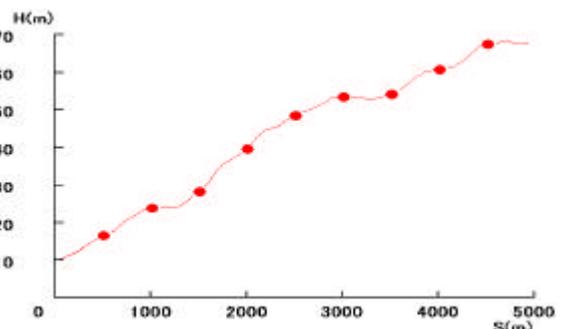


図 - 3 雪崩の高さの水平距離変化

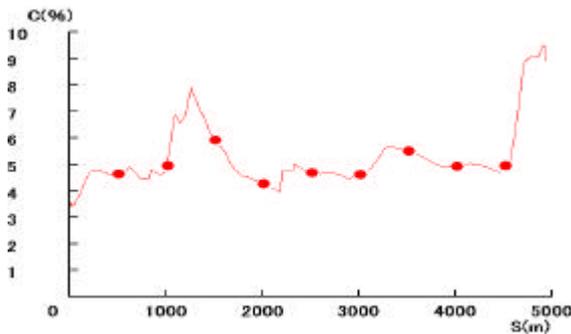


図 - 4 雪崩内の雪粒子濃度の水平距離変化

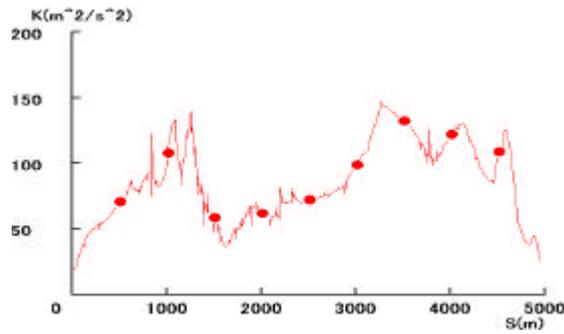


図 - 5 乱れエネルギーの水平距離変化

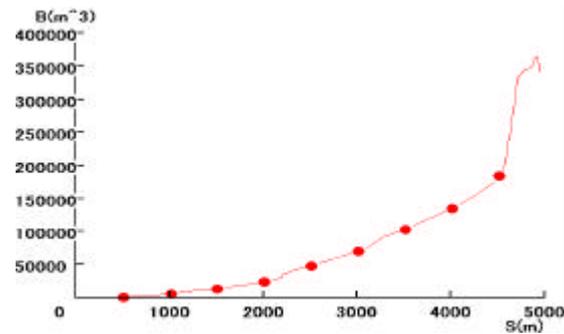


図 - 6 雪粒子の総量の水平距離変化

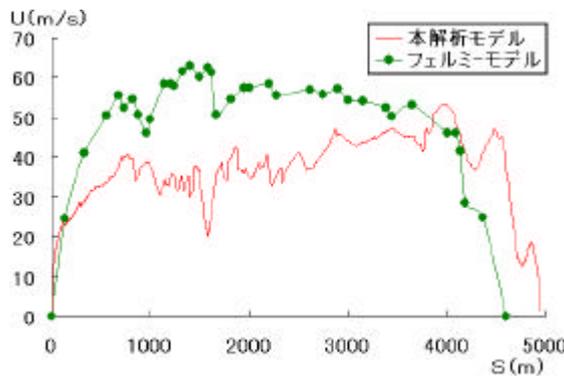


図 - 7 雪崩の速度の水平距離変化

図 - 1 より、雪崩は最急勾配線に沿うように流下していく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離れた進路をとるものの、その後再び合流し流下していることがわかる。また、実際の現象と同じように流下距離約 5 0 0 0 m 付近で雪崩は静止に至っている。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などを原因として考えることが出来る。

また図 - 7 には本シミュレーションモデルによる速度の解析結果とフェルミ - モデルによる速度の解析結果を示した。両者を比較すると、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ことがわかる。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少なからず影響していると考えられる。

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していく。したがって火砕流の解析モデルでは温度を未知数として解析を行なう必要がある。この点を考慮し、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も可能である。

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考えられる。

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