

III-400 雪崩の運動走路と広がり幅について

佐藤工業 正員 ○矢田 敬
佐藤工業 正員 深見 弘
明星大学 正員 竹内 則雄

1. はじめに

雪崩は積雪荷重による斜面方向の駆動力と山腹の地面、樹木などによる摩擦力や支持力とのバランスが崩れ、雪が崩落する自然現象である。雪崩の運動を運動力学的にみると、一個の剛体的な積雪層として運動を開始した後、雪塊や雪粒から成る流体的な雪氷混相流となり、最後に再び剛体的な堆積物に変わると考えられる。本論文では、Perlaらのモデルを基盤にした前野・西村¹⁾と納口²⁾の方法を用い、雪崩の質点中心の運動を扱うことにより3次元地形における雪崩の運動を解析し、雪崩の広がり幅の算定方法について提案する。

2. 雪崩の運動方程式

2. 1 運動方程式^{1) 2)}

一定領域の積雪が、斜面において滑落して雪崩となるとき斜面地形の方程式を、x y 面が水平面でz軸が鉛直上向きの座標系において $z=f(x, y)$ とする。雪崩の重心の運動方程式は、次式で表される。

$$m \frac{du}{dt} = F_x - R_x - u \frac{dm}{dt} \quad (1)$$

$$m \frac{dv}{dt} = F_y - R_y - v \frac{dm}{dt}$$

ここで、 m ：雪崩の重心の質量、 t ：時間、 u, v ：速度、

F ：雪崩の駆動力、 R ：抵抗力

雪崩の運動における抵抗力 R を次のように仮定する。

$$R = \mu N + BV + CV^2 \quad (2)$$

ここで、 μ ：動摩擦係数、 N ：滑り面に垂直な荷重成分

B と C ：定数、 V ：雪崩の速度

第1項はクーロン摩擦抵抗、第2項は雪崩の下層部における速度勾配の大きいShear Layerにおける粘性抵抗、第3項は①空気による抵抗②雪崩内部の乱流抵抗③雪の排除や圧密による抵抗等を表している。

2. 2 雪崩の広がり

式(1)で示したモデルでは雪崩の運動を質点系の運動として取り扱っているために図1に示すような雪崩の広がりを求めることはできない。ここで、図2に示すように雪崩の広がりを1方向について考える。(i)は雪崩の走路を求める際の時間ステップであり、(j)は雪崩の広がりを求める際の時間ステップである。(j)ステップから(j+1)ステップの計算をする際には、式(1)が成り立つとする。ただし、質量の時間的な変化は考慮しない。(j)ステップでの初期条件を、

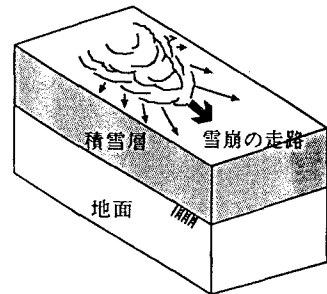


図1 雪崩の広がり概念

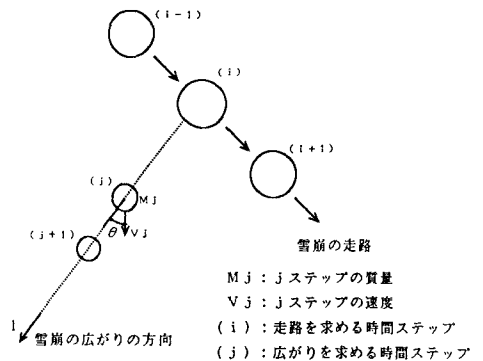


図2 雪崩の広がり計算

初期速度; $V_1 \cos \theta$, 質量; $M_1 \cos \theta$ として(j+1)ステップの解を求める。また、式(2)の抵抗力のうち、定数B、Cは雪崩の走路を求めるものとは別に B_1 、 C_1 を設定して計算を行う。雪崩の広がり幅の計算フローを図3に示す。

4. 計算例

モデル地形の等高線図を図4、計算で仮定したパラメータの値を表1、計算結果を図5に示す。この図から B_1 、 C_1 を設定することにより雪崩の広がり幅を求めることができることが分かる。

5. まとめ

ここでは、雪崩の運動走路と広がり幅に関して、簡単な谷型の地形での結果を示した。今後、実際の地形データでシミュレーションを行う予定である。

参考文献

- (1)前野, 西村: 三次元地形における雪崩運動の数値計算, 低温科学 物理篇, NO. 46, 昭和62
- (2)納口: モデル地形における雪崩の運動走路, 国立防災科学技術センター報告第31号, 昭和58年11月

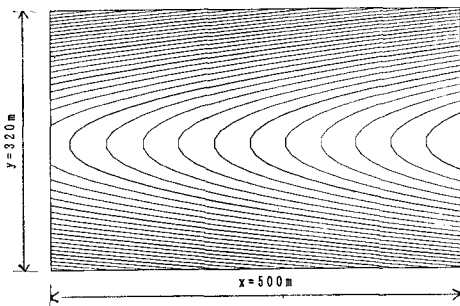


図4 モデル地形の等高線図

表1 パラメータ

初速 (u, v)	(0m/s, 0m/s)
時間刻み Δt	0.1sec
雪の密度 ρ	100kg/m ³
雪崩の深さ D	1.0m
雪崩の幅 W	1.0m
静止摩擦係数 μ_0	$\tan 30^\circ$
発生位置 (x, y)	(55, 55)
動摩擦係数 μ	0.3
抵抗の係数 B	0.0
抵抗の係数 C	0.0

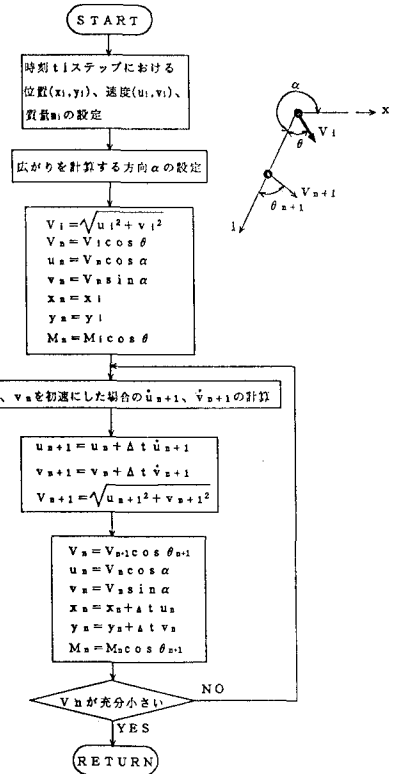
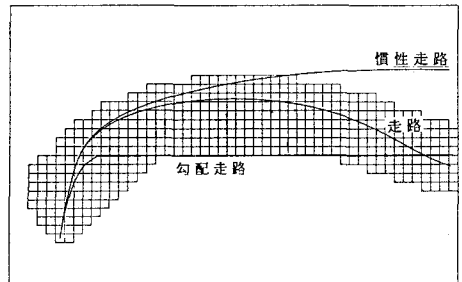
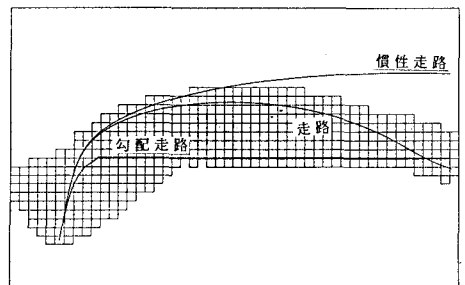


図3 雪崩の広がり幅の計算フロー



$B1=50, C1=0$



$B1=0, C1=5$

図5 雪崩の運動走路と広がり