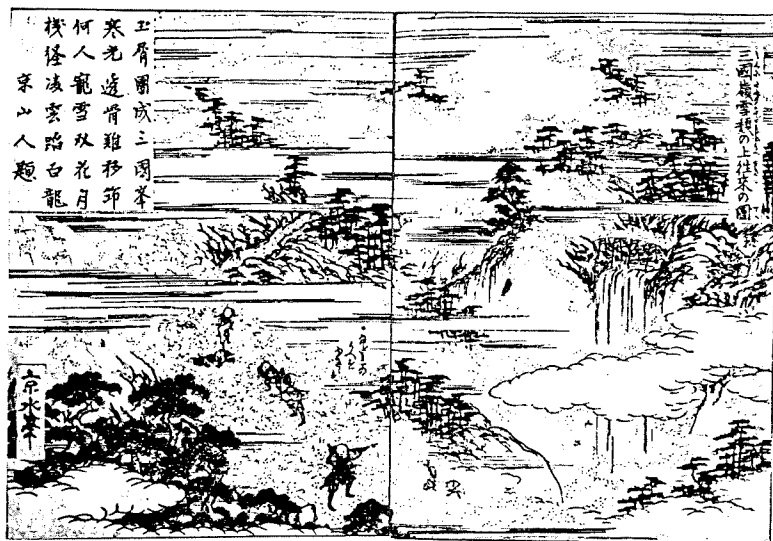


雪崩分科会レター

No. 8 (1991年1月)

日本雪氷学会雪崩分科会



三國嶺雪類の上往來の図（「北越雪譜」より）

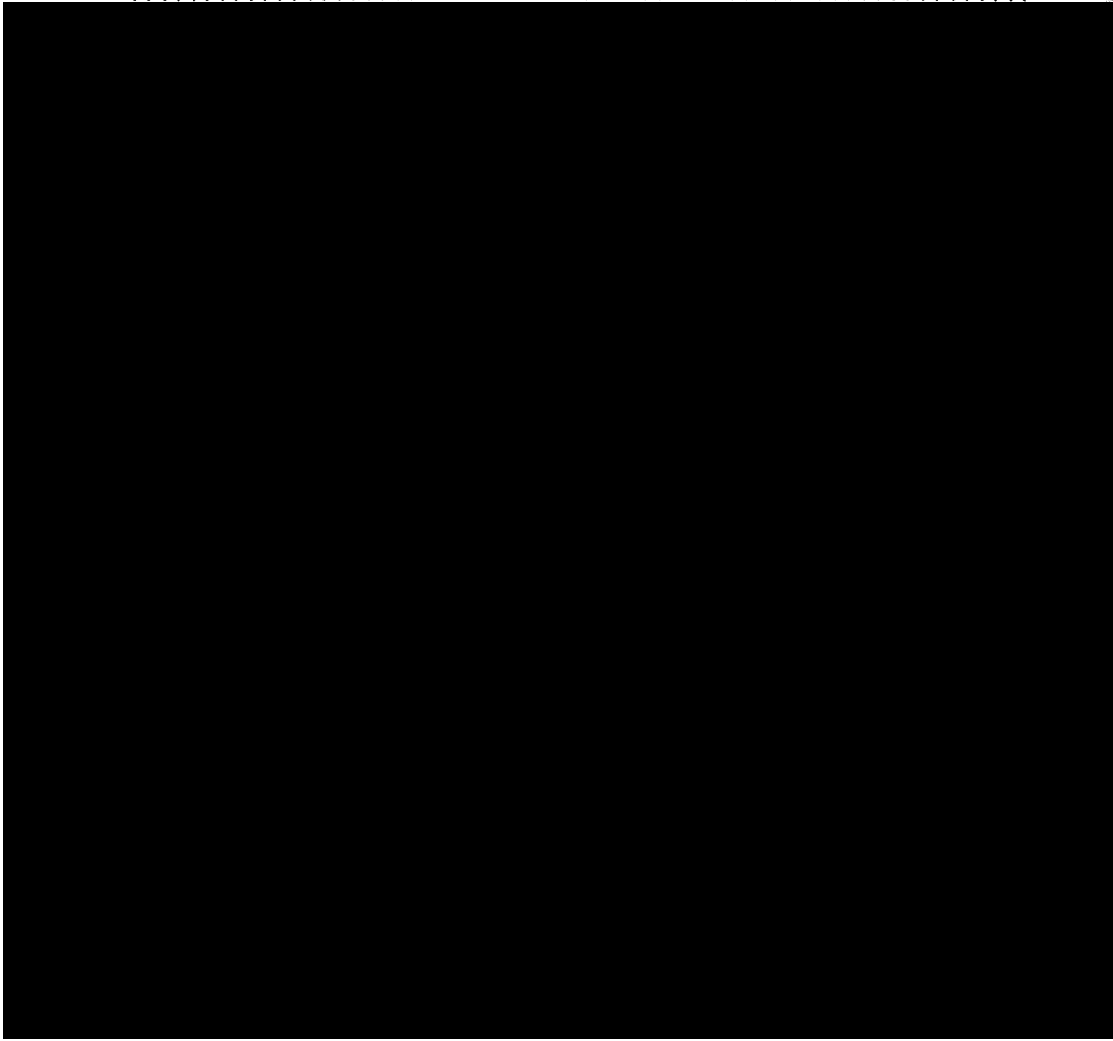
富山大学理学部

川田邦夫気付

も く じ

* 1990年度雪崩分科会活動	-----	P	1
* 日本雪氷学会雪崩分科会平成元年度会計決算報告	-----	P	2
* 雪崩ダイナミックスの現状と問題点	----- 成田英器	P	3
* リグフォーンプロジェクトの概要	----- 西村浩一・前野紀一	P	7
* 斜面上の重力流の性質	----- 木村竜治	P	8
* 雪崩を探る	----- 中川昌美	P	9
* 第1回雪崩セミナー報告	----- 福沢卓也	P	12
* 第2回雪崩対策の基礎技術研修会のご案内	----- 新田隆三	P	13

☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆☆



☆1990年度雪崩分科会活動

P 1 (1) 総会

P 2 1990年(平成2年)10月16日(火)18時30分~20時30分、1990年度日本雪氷
P 3 学会全国大会が開催された新潟県十日町市のクロス10において、雪崩分科会
P 7 の総会が開かれ、これについて講演会も行われた。出席者は42名であった。
P 8 総会での主な内容は次のようである。

- P 9
- ・10月現在の分科会会員数は、個人が94名、団体が15団体となっている。
 - ・ニュースレターは No. 6とNo. 7が発行された。
 - ・雪崩対策の基礎技術研修会が1990年4月18、19、20日の3日間、新潟県湯沢で開催され、好評であったことが新田会長から報告された。講師陣のボランティアによる剰余金の一部が雪崩分科会会計に入った。
 - ・阿部会計幹事より会計報告がなされ、町田監査より適正であるとの報告。
 - ・前回のNLでお知らせした研究企画の募集に対して、北大低温研の前野紀一氏を代表者とする「雪崩ダイナミクスWG」が提案され、承認された。文章で提出された時点で会合費等5万円以内が出される。

P 12 1991年度事業計画

P 13 分科会例会1回。ニュースレター8、9号の発行。第2回雪崩対策の基礎技術研修会の開催。幹事会2回。

<分科会幹事の改選>

会長：新田隆三。 監査：成田英器。 庶務：川田邦夫。 会計：阿部 修。
事業企画：町田 誠、寺田秀樹。 編集：和泉 薫、西村浩一。

(2) 講演会(話題提供)「ノルウェー・リグフォーンプロジェクト」

- ・雪崩ダイナミックスの現状と問題点 成田英器(北大低温研)
- ・リグフォーン・プロジェクトの発足の経緯 前野紀一(北大低温研)
- ・リグフォーン・プロジェクトの概要 西村浩一(北大低温研)
- ・斜面上の重力流の性質 木村竜治(東大海洋研)
- ・雪崩を探る 中川昌美(東北大工学部)

※ 話題提供者の方々から要旨の原稿をいただいたので掲載致します。

日本雪氷学会雪崩分科会
 平成2年10月12日現在)
 * 収入の部 *

項目	金額 (円)
前年度繰越金	73,048
年会費納入	15,000
雪崩研利	200,000
預金修会収益金	173
合計	288,221

* 支出の部 *

項目	金額 (円)
分科会レタ - No. 6 発送	6,014
分科会レタ - No. 7 発送	12,600
総会案内発送	6,572
コピー代	10,000
封筒代	2,500
宛切手代	1,106
宛宛替	11,830
幹振現	3,520
金替	93,000
口書	420
留郵	924
送料 (5月26日)	
送料	
合計	148,486

収入 = 288,221円
 - 支出 = -148,486円

差引残高 = 139,735円
 (次年度繰越金)

会 計 幹 事 阿 部 修
 防 災 科 学 技 術 研 究 所 新 庄 雪 氷 防 災 研 究 支 所

雪崩ダイナミックスの現状と問題点

—雪崩分科会例会話題の概要として—

北海道大学低温科学研究所

成田 英器

雪崩が人間の社会活動に多くの災害をもたらしていることはすでに知られた事実である。特に、最高速度100 m/sec前後で、数100 kN/m²という大きな衝撃力をともなう煙型雪崩による被害は予想もつかない程である。この被害の記録として、古くは1918年新潟県三俣村の雪崩(高橋 1950)をはじめとして黒部峡谷における(ホウ)と呼ばれる雪崩(清水 1979),そして最近では新潟県能生町柵口での雪崩(小林 1986)は集落や家屋、そして鉄橋等の大型構造物などを壊滅させた。このような雪崩の防護施設などの設計、あるいは危険区域の設定に対して雪崩の速度、及びそれにともなう到達距離や衝撃力などを雪崩の運動の性質から予測することは現在の重要な課題の一つであることは言うまでもない。また、この類の雪崩は土石流、海底乱泥流などの物理的性質と基本的に類似することが多く、様々な混相流のダイナミックスと比較研究してゆく上でも興味ある問題である。

走行中の煙型雪崩の形態は図-1に示したように考えられている。底部には高密度の、そしてその上には低密度の流動化した雪が存在し、先端では積もっている雪の排雪、圧縮、取り込みが起こっている。内部の雪は雪塊と雪粒子と空気が混じったものである。その構造状態、密度、さらにその分布、雪の取り込みの仕組み、運動に關与する抵抗が雪崩の流動特性を特徴づけている。

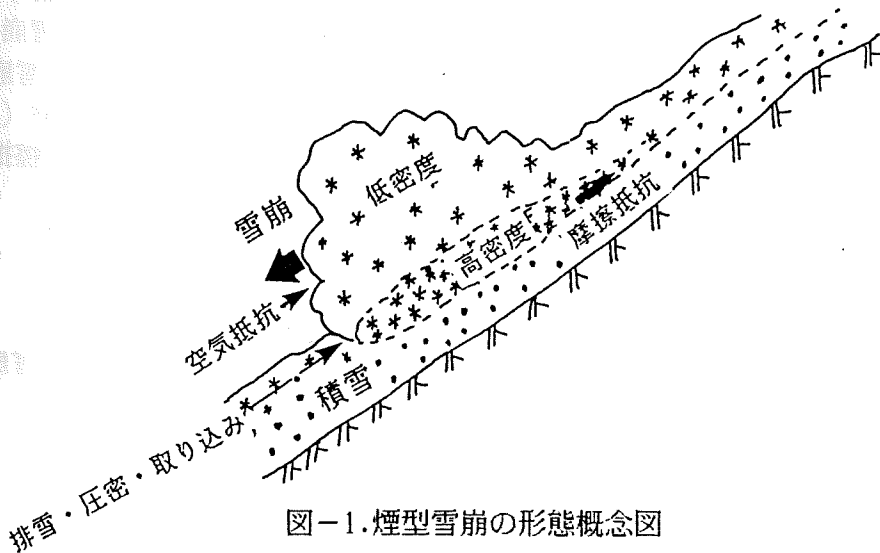


図-1.煙型雪崩の形態概念図

先に述べたように、雪崩の速度、到達距離、衝撃力などを推算する課題のために数多くのダイナミックスモデルが提出されてきた。雪崩のこのモデルとしてはじめに出されたのが雪崩を流体として取り扱ったVoellmy(1955)のモデルであろう。彼は雪崩の最高速度として

$$V_{\max} = \{ \xi h (1 - \rho_a / \rho) (\sin \theta - \mu \cos \theta) \}^{1/2}$$

なる式で表した。ここで、 ξ は流動係数、 h は雪崩の厚さ、 ρ_a と ρ はそれぞれ空気と雪崩の密度、 θ は斜面角度、 μ は雪崩底面における動摩擦係数である。 ξ は斜面の粗度などに対応して400-600 m/sec²と考えられたが、その後の実際の雪崩観測から一般に400-1800 m/sec²の範囲に広く分布している。この式の取り扱いにおいては、 $\rho_a \ll \rho$ とし、雪崩内部の密度分布を一様と考えた式が実用的に使用されている。つまり、流体としての運動特性が ξ の値にすべて含まれた形となっている。

一方、剛体とした例に Mellor(1978), Perla et al.(1980), 前野(1984), 西村・前野(1989)等のモデルがある。例えば、Perla et al.が提出した最高速度の式は

$$V_{\max} = \{ M/D \cdot g (\sin \theta - \mu \cos \theta) \}^{1/2}$$

である。ここで、 M は雪崩の質量、 g は重力加速度、 D は $(\mu M/r + dM/dr + k)$ で、 r は雪崩斜面の曲率半径、 s は斜面上での雪崩の中心位置、 k は常数、そして M/D の物理的な意味は質量と抵抗の比である。この値の範囲は $10^2 - 10^4$ と広く分布する。Voellmyの式とPerlaの式にはそれぞれ ξ と M/D なるパラメーター、そして摩擦係数 μ なる未知数をもっており、これらを推測しなければならない課題をもっている。さらに、前野(1984), 西村・前野(1989)は雪崩の底面摩擦、下層部の粘性抵抗や雪の排雪・圧縮による抵抗を考慮に入れるとともに雪崩走行中の雪の取り込みに速度依存性をもたせたモデルを組み立てた。つまり、雪崩の運動に対する抵抗として Salm(1985)が提出した抵抗力 $R = \mu N + BV + CV^2$ (N :雪崩の荷重、 V :速度、 B, C :定数)を改良し、第一項の雪崩底面と雪面間の摩擦抵抗係数(クーロン摩擦)を

$$\mu = \mu_\infty + (\mu_0 - \mu_\infty) \exp(-V/V_\mu)$$

(μ_0, μ_∞ :速度0及び ∞ のときの摩擦係数、 V_μ :常数)、第二項の雪崩内部のせん断粘性抵抗に関する常数 B を

$$B = S\eta/\lambda$$

(S :雪崩の底面積、 η :粘性係数、 λ :せん断層の厚さ)、そして、第三項の乱流抵抗の C を

$$C = S_1 C_D \rho_a + S_2 \rho_0 \{ 1 + \rho_0 / (\rho_1 - \rho_0) \}$$

(S_1 : 雪崩前面の断面積, S_2 : 雪崩前面で積雪層が占める断面積, C_D : 抵抗係数, ρ_a : 空気の密度, ρ_0, ρ_1 : 雪崩通過前と後の密度)とした。同時に、雪崩走行中の雪の取り込みによる雪崩の質量変化率 k に速度依存性を考慮し、

$$k = dm/dr = 1/V \cdot dm/dt = \alpha \cdot (1 - \exp(-V/V_m)) \rho D W$$

(α : 高速度時の取り込み率, ρ : 積雪の密度, D と W : 雪崩に取り込まれる積雪の厚さと幅, V_m : 常数)というようにそれぞれに具体性をもたせた。

また, Norem, et al. (1987, 1989)は雪崩の中の雪が粒状で、粘塑性的振舞いを考慮したモデルを提出し、さらに、福嶋(1986)はこの類の雪崩の流動特性を流体力学的に空気と雪粒子の質量保存、雪崩の運動量保存、及び乱れのエネルギー収支式からモデルを発展させている。

このように、煙型雪崩の流動特性を記述する試みは Voellmy(1955)以来さまざまなモデルとして提出されてきた。同時に、自然雪崩や人工雪崩の観測データを用いてそれらの検証も行われてきた。各モデルは結果として観測事実とほぼ一致するようになってきて、かなりの成果をあげているものの、数多くの仮定が含まれている。最初に上げた課題、つまり雪崩の速度、到達範囲、そして衝撃力等を的確に予測するためには、モデルの仮定が本当に妥当であるかを検討する必要がある。それらの仮定は雪崩の密度、その分布、内部構造(雪崩各部の雪粒子と雪塊の混合状態、内部速度など)、さまざまな抵抗係数、雪の取り込みの仕組み等に関連するものである。内部速度についてはドップラレーダーによる直接測定(Salm and Gubler, 1985)や距離の離れた二つのロードセルによる衝撃力の連続記録から測定された例(西村 他, 1987)が、密度と内部構造については衝撃力波形とそれから解析された速度から平均的密度が $50 - 300 \text{ kg/m}^3$,そして波形解析から直径が $20 - 50 \text{ cm}$ の雪塊、その密な集団、流動状態の細かな雪粒子群で内部が構成されているという間接的測定結果(西村 他, 1987, Kawada, 1988)がある。このように実際の雪崩について直接的観測情報があればよいのではあるが、まだ観測例が極く僅かであることとその他のほとんどの項目が観測されていないというのが現状であろう。これらの観測は非常に難しい。一方、雪崩の模型実験によって内部構造などいくつかの概念的知見も得られている。これらの研究として、Hofhinger and Tochon-Danguy(1977)による塩水を使った実験・解析、そして実際に雪粒子をシュートに流してその流動特性を観測した Nishimura and Maeno(1989)の実験等がある。当然のことながら、これらは雪崩現象の中のいくつかを推測する重要な手がかりを得てはいるが自然の雪崩現象の再現ではない。この類の実験研究は重要であるが、上記の事柄を解明してゆくためには、自然雪崩や人工雪崩を直接観測・測定して実際のデータを得ることであり、同時にモデルの仮定を明かにしてゆくことであろう。1988年黒部峡谷志合谷で人工雪崩を起こし、これらに関する総合的な観測が実行されたが、十分な情報を得るまでには至らなかった。1991年の冬からノルウェーとの共同研究で雪崩の流動機構を解明するためのリグフォ-

ンプロジェクト(詳細は本レターの報告書:前野,西村)が開始され,その成果が期待されている。

尚,煙型雪崩のダイナミクスについて述べてきたが,この他,雪崩風の興味ある問題も残されている。また,工学的な問題や煙型雪崩以外の問題にもここでは触れなかった。

—文献—

福嶋祐介(1986):粉雪雪崩の流動機構の解析。雪氷,48,4,189-225.

Hopfinger, E.J. and Tochon-Danguy, J.-C. (1977): A model study of powder-snow avalanches. *J. of Glaciology*, 19, 81, 343-356.

Kawada, K. (1988): Studies on the dynamic characteristics of large-scale avalanche observed at Kurobe Canyon, Japan. *Contributions to Mountain Sciences*, No.1, 31pp.

小林俊一(1986):新潟県能生町柵口地区を襲った表層雪崩。雪氷,48,2,87-91.

前野紀一(1984):雪氷混相流。混相流の流動のダイナミクスと応用技術,日本学術会議水力学水理学研究連絡委員会混相流小委員会篇, 356-49.

西村浩一,前野紀一,川田邦夫:雪崩衝撃力の周波数解析による大規模雪崩の内部構造。低温科学,物理篇,46,91-98.

西村浩一,前野紀一(1989):雪崩の運動の数値シミュレーション。黒部ホウ雪崩(*Contributions to Mountain Sciences*, No.2), 56-60.

Nishimura, K. and Maeno, N. (1989): Contribution of viscous forces to avalanche dynamics. *Ann. of Glaciology*, 13, 202-206.

Norem, H., Irgens, F. and Schieldrop, B. (1987): A continuum model for calculating snow avalanche velocities. *IAHS, Pub.162*, 363-378.

Norem, H., Irgens, F. and Schieldrop, B. (1989): Simulation of snow-avalanche flow in run-out zones. *Ann. of Glaciology*, 13, 218-225.

Perla, R., Cheng, T.T. and McClung, D.M. (1980): A two parameter model of snow-avalanche motion, *J. of Glaciology*, 26, 94, 197-207.

Salm, B. (1966): Contribution to avalanche dynamics. *IASH-AIHS Pub.69*, 199-214.

清水 弘(1979):なだれ。気象研究ノート,日本気象学会篇, 136, 63-123.

高橋 喜平(1950):越後三俣村の大雪崩。山と溪谷, 130, 97-101.

Voellmy, A. (1955): *Über die Zerstörungskraft von Lawinen*. Schweiz. Bauztg., 73, 159-165, 212-217, 246-249, 280-285.

リグフオーンプロジェクトの概要

西村浩一・前野紀一（北大低温研）

1986年に13人の犠牲者を出した新潟県榑口の雪崩を契機として、表層雪崩の研究の重要性が防災の面からも大きく叫ばれてきたが、その物理的なメカニズムに関しては、依然として未知の点が多い。同様の認識は、単に国内にとどまらず、1989年9月にノルウェーのロムで開催された雪崩の国際会議の席上でも、多くの研究者により確認された。こうした状況の中、1990年度より2年度にわたってノルウェーの地球工学研究所（NGI）との共同研究（文部省国際学術研究）が実施される運びとなった。本研究の中心は、オスロの北西約300kmにあるリグフオーンの地で実施する大規模な「人工雪崩実験」である。雪崩は海拔1530mの地点から浅い直線上の谷に沿って、標高差910mを50m/s以上の速度で一気に流れ下る。この雪崩の走路上に、あらかじめ多数の観測機器を設置し、これから得られるデータを解析することで表層雪崩の動態と内部構造をあきらかにしようというものである。NGIは当地での人工雪崩実験を1981年からおこなっているが、彼らがすでに設置した機器および本プロジェクトで新たに設置予定の機器による観測項目の一覧を下に示す。この人工雪崩実験により得られる雪崩の内部構造の情報や、各種の室内実験の成果をもとに、質点、連続体、粒状体などを仮定した雪崩運動モデルに改良を加え、個々の特徴を包括できる普遍的なモデルを構築することも本研究の大きな目的である。このプロジェクトには、北大、東北大、東大、新潟大、富山大などの大学関係者ばかりでなく、建設省土木研究所、科学技術庁防災科学技術研究所などの機関からも多数の研究者が参加しており、その成果は雪崩ダイナミックスの飛躍的進展のみならず、雪崩危険地域の推定やその対策などの工学的側面にも大きく貢献すると考えられる。

測定項目	測定機器と設置場所
画像	ビデオカメラ 走路の正面・右側面・左側面 カメラ（走路の右側面）
音声	ガンマイク（走路の右側面）
雪崩風	超音波風向風速計（走路の正面）
衝撃圧 と 内部速度	コンクリート製マウンド（高さ4.5m に設置された3個のロードセル （1991年度にはもう一組設置予定）

内部密度	検討中
気圧変動	気圧計（高感度・高応答周波数） ダムの後面に設置
気象	光ファイバー式積雪深計 （気温、風向、風速、気圧の測定機 器は既設）
デブリ	デブリの質量、形状、構造
その他	雪崩走路の積雪構造の変化 など

斜面上の重力流の性質

東大海洋研究所 木村竜治

重力流とは、重い流体をそれより密度の小さい流体層の底面に沿って導入したときに示す流れの形である。レイノルズ数が十分大きければ、全体が乱流になる。軽い流体の中に貫入している重い流体の断面は、蛇の様な形をしている。蛇の頭に当たる場所はヘッドと呼ばれ、先端部が上昇流、その上に逆流がある。ヘッドの後の胴体に当たる場所の流体層の厚さはヘッドに近づく程薄くなる。自分自身が作る（水平の）圧力勾配によってヘッドに向かう流れができているためである。

さて、煙型雪崩の力学的な性質は、どの程度斜面上の重力流の性質と似ているのであろうか。それを考えるために、次のような思考実験をして見る。地面に接した 1 m^3 の立方体の中に沢山の雪片を一様に分布させ、その後の挙動を見る。真空であれば、雪片は垂直に落下するだけであろう。空気中ではやや異なる挙動を示す。 1 m^3 の立方体の中の空気は、雪片が落下するとき、雪片の間をすり抜けて外に出なければならぬのだが、雪片の落下に伴う抵抗によって上の方に逃げにくいために、水平方向に広がろうとする。その流れに乗って雪片が動かされるから、雪片も水平方向に動くことになる。雪片が十分はやく空気の運動に追随すれば、雪を含んだ空気が一体となって動くために、空気は雪片の群の外に出ることができない。このような場合には、雪を含んだ空気は、あたかも、密度の大きな空気のように振舞うことが予想される（固-気混相流）。このときの密度差は、単位体積の空気塊に含まれる雪片の重さということになる。

斜面上の重力流の実験はいろいろ行なわれているが、真水の中に塩水を導入することが多い。この場合の重力流は雪崩とやや異なる所がある。それは、（塩水の密度が真水の密度に近いので）重力流のもつ慣性質量が外側（真水）の慣性質量とほとんど同じであるのに対して、雪崩の慣性質量は外側（純粋な空気）よりはるかに大きいということである（空気の密度が 10^{-3} g/cm^3 であるのに対して、煙型雪崩の密度は 10^{-2} g/cm^3 程度と見積られている）。極端に言えば、仮に真空中に雪崩が起こったとしても、その性質は空気中の雪崩の性質と似ているということである。

塩水を用いた斜面上の重力流がどれだけ実際の雪崩に似ているか興味のあるところである。鉛直方向に積分した運動量の時間変化率が、1) 空気中に浮かぶ雪に対する重力の斜面に沿った方向の成分、2) 雪崩の中の斜面に沿った方向の圧力勾配、3) 底面摩擦、によって支配されている点は共通しているから、少なくとも、定性的な性質は似ていると思ってよいであろう。とすれば、次のことが予想される。

- 1) 雪崩の先端部の落下する速度は斜面の傾斜の大きさによらない。
- 2) 連続的な雪崩は等速度で進む。孤立した雪崩は、進むにつれて減速する。
- 3) 斜面が急になるほど、ヘッドと胴体が混然一体になる。

雪崩を探る

東北大学 工学部 土木工学科 中川昌美

1. はじめに

雪崩を、特に乾雪表層雪崩を乾いた剛体粒子の粒子流と見る場合、その流動機構の解析の一手法として、粒状体モデルによる数値シミュレーションが挙げられる。ここでの解析は次のような乾雪表層雪崩の流動状態に関する仮定が成立するものとして行なわれた。まず、乾雪表層雪崩は図1に示すように異なった流動機構を持った3層からなるものとする。底面近傍には粒子が非常に活発に運動している薄い層があり、その上部には、下部ほど活発ではないが、流動化した層があり、この層が乾雪表層雪崩の核をなすものと考えられる。さらに、下部2層を包み込むような煙の流動層がある。乾雪表層雪崩は通常大規模な煙層を伴って発生するため、詳細な内部構造については推測の域をでないが、ここでは、大規模な乾雪表層雪崩ほど傾斜の緩やかな斜面上においても高速を維持し、長い距離を滑走できるという現象の説明を試みるために、最下層での応力状態のシミュレーション結果を考察する。

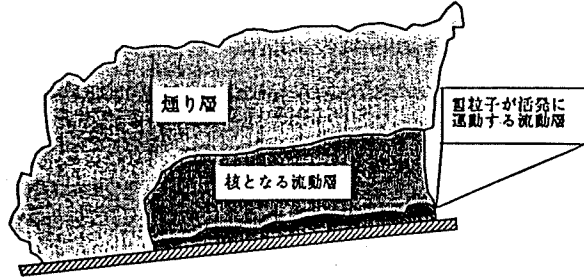


図1 乾雪表層雪崩のモデル

2. シミュレーションについて

図2は、最下層部の流れを底面とその上層部に挟まれて単純せん断を受ける粒状体の流れとしてモデル化した時の基本セルの模式図である。基本セルの上下の壁は相対速度 U で動き、流動方向の側壁には周期境界を設けてある。一方の周期境界から抜け出した粒子は同じ速度及び相対的な位置関係で他方の境界から入ってくるものとし、基本セル内には常に同じ数の粒子が存在するものとする。本解析では、粒径の異なった大小それぞれ20個ずつの計40個の粒子を用いた。Solid Volume Fraction 0.58 に対して粒径比 $1 \cdot 0.7$ さらに、Solid Volume Fraction 0.43 に対して、粒径比 $1 \cdot 0.7 \cdot 0.53$ について単純せん断流のシミュレーション解析を行なった。尚、本解析に用いられた反発係数及び摩擦係数は、それぞれ0.8及び0.5であった。

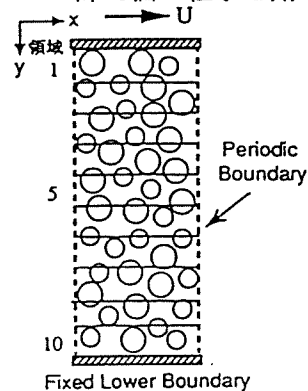


図2 基本セル

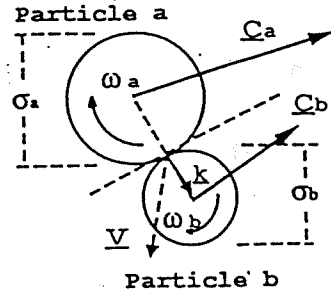
3. 衝突のメカニズムについて

粒子は円盤形状で、粗な表面を持つ非弾性体であるとする。図3にあるように、衝突直前の接触点における粒子aのbに対する相対速度ベクトルを V 、

同様に衝突直後の相対速度ベクトルを \underline{V}' とし、衝突時に粒子 a と b の中心を結んでできる単位ベクトルを \underline{k} とする。衝突前後の接触点における相対速度の法線方向及び接線方向の成分の変化は 反発係数 e と あらし係数 β をもって式(1)及び(2)のように関係付けられる。

$$k_\alpha v'_\alpha = -e(k_\alpha v_\alpha) \dots (1) \quad \epsilon_{\alpha\beta} k_\alpha v'_\beta = -\beta(k_\alpha v_\beta) \dots (2)$$

ここで、 $e_{\alpha\beta}$ はエディントンのイプシロン e_{ik} を 2次元化したものであり、 $e_{11}=e_{22}=0$ 及び $e_{12}=-e_{21}=1$ である。式(2)中の β を Coulomb の摩擦法則によって摩擦係数 μ と関係付けることにより、衝突後の粒子 a 及び b の速度及び角速度は式(3)から(6)の様に表現される。尚、上記の関係式の導き方と β の解釈についての詳細は文献 1 に記してある。



$$v'_\alpha = g_\alpha + \frac{\sigma_a}{2} \epsilon_{\alpha\eta} k_\eta (\omega'_a + \omega'_b)$$

$$g_\phi = c_{a\phi} - c_{b\phi}$$

m: Mass
I: Moment of Inertia

図 3 二体衝突

$$c'_{a\alpha} = c_{a\alpha} - \frac{\bar{K}}{m_a} v_\alpha - \frac{\tilde{K}}{m_a} (k_\eta v_\eta) k_\alpha \dots (3)$$

$$c'_{b\alpha} = c_{b\alpha} + \frac{\bar{K}}{m_b} v_\alpha + \frac{\tilde{K}}{m_b} (k_\eta v_\eta) k_\alpha \dots (4)$$

$$\omega'_a = \omega_a - \frac{\sigma_a \bar{K}}{2I_a} \epsilon_{\phi\xi} k_\phi v_\xi \dots (5)$$

$$\omega'_b = \omega_b - \frac{\sigma_b \bar{K}}{2I_b} \epsilon_{\phi\xi} k_\phi v_\xi \dots (6)$$

ここで、 $\bar{K} \equiv \frac{1+\beta}{\bar{m} + \tilde{K}}$, $\tilde{K} \equiv \frac{1+e}{\bar{m}} - \bar{K}$, $\bar{m} = \frac{m_a + m_b}{m_a m_b}$ 、及び $\tilde{K} \equiv \frac{1}{4} \left(\frac{\sigma_a^2}{I_a} + \frac{\sigma_b^2}{I_b} \right)$

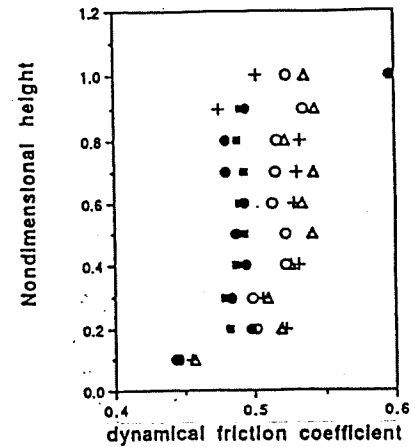
である。

4. 応力分布について

このように、ある衝突のモデルに基づいて衝突前後の粒子の速度がもとまると、定常状態における諸物理量は長時間平均あるいはアンサンブル平均により得られる。本解析では、図 2 に示したように、基本セルを流動方向に垂直に 10 等分し、(これを矩形小領域と呼ぶことにする)、その各々の矩形小領域における時間平均をもって、流れの深さ方向に関する求める物理量の分布とする。

粒状体モデルによる粒子流の応力は、粒子が持つ運動量の輸送に伴う Streaming Stress と、衝突時に撃力を介して輸送される運動量の輸送に伴う Collisional Stress からなる。ここでは示さないが、粒径比によらず Solid Volume Fraction が大きくなると、Collisional Stress の影響が大きくなることが確認されている。(参考文献 2)

1.で本解析の仮定として述べたように、大規模な乾雪表層雪崩ほど傾斜の緩やかな斜面上において長い距離滑走するという現象は、Dynamic Friction Coefficient、 τ_{xy}/τ_{yy} の減少として理解できる。即ち、Solid Volume Fraction のより大きく密な状態をより大きな雪崩であるとし、Solid Volume Fraction の増加に伴い Dynamic Friction Coefficient の減少が見られれば上記の現象の一つの解釈とはなる。図4に、Dynamic Friction Coefficient の深さ方向分布を様々なSolid Volume Fractionと粒径比について求めた。これによると、粒径比にはよらず、Dynamic Friction Coefficient は Solid Volume Fraction が大きくなるに従い減少する傾向にあることがわかった。これを、底面近傍の層の上により大きな質量があるほど、即ち、雪崩が大規模になればなるほど、せん断に対する抵抗が小さくなるという解釈と置き換えてもそれほど不自然はないように思われる。



- △ $r/R=0.7, s/v=0.43$
- + $r/R=0.53, s/v=0.43$
- $r/R=1, s/v=0.43$
- $r/R=0.7, s/v=0.58$
- $r/R=1, s/v=0.58$

図4 Dynamic Friction Coefficient 分布

5. 結論

乾雪表層雪崩の底面近傍には薄い流動層があるという仮定のもとに、その層の流動状態が固定斜面とその層のすぐ上部の層の相対運動により形成されて単純せん断状態にあるとし、Dynamic Friction Coefficient の深さ方向の分布を考察した。重力の影響を無視した単純なモデルによるシミュレーション解析ではあるが（あるいは、重力の影響を考慮しなくともと解釈したい）、流動する粒子が衝突する際、撃力を介して輸送される運動量の輸送に伴う Collisional Stress に支配される応力状態において、高密度な流れほど Dynamic Friction Coefficient が減少する傾向にあることがわかった。

様々な大規模崩壊現象において、Dynamic Friction Coefficient が減少することが報告されており、それについて流れに取り込まれた空気もしくは水蒸気による流動化、空気の緩衝材的役割り、岩石や雪の融解などの説が提案されているが、水や空気のないほかの惑星においても同様な現象が観測されたことから、多くの説は肯定的な支持を得ていない。従って、ここでの解析を通じて、そのメカニズムを研究することは非常に興味深いことであると思われる。

参考文献

1. 異粒径粒子集合体の Couette Flow のシミュレーション・1990・構造工学における数値解析シンポジウム論文集・第14巻・(161-166)
2. 異粒径粒子流のシミュレーション：応力分布・1991・第40回応用力学連合講演会予稿集・(163-164)

第1回雪崩セミナー報告

北海道大学低温科学研究所 福沢卓也

1990年1月にニセコで起こった雪崩は、少年を含む2名の命を奪った。登山者の雪崩遭難は後を断たないばかりか、近年は、このように一般スキーヤーが新雪を求めて立入禁止斜面に入り込み雪崩を誘発する、といったケースが増えている。

この雪崩セミナーは、研究者や現場の人々、スキーヤー、登山者といった枠を取り払い雪崩に関わり合いのある人が気軽に集まり勉強できる、そんな会があったら、という発想から生まれたセミナーである。

その第一回目は、下記のように索道協会およびニセコのスキー場関係者の方々にお集まりいただき実り多いものとなった。なかでもジスキンの発表には、質問や意見が相次ぎ、プログラムの変更を強いられたほどである。予定していたプログラムは下のおりであったが、天野氏の発表は見送っていただいた。議論が白熱したことは喜ばしいことであるが、発表が一つ減ってしまったのはたいへん残念であった。

今後も、研究と現場、或いは研究と活動との接点という立場で、このセミナーを継続して行こうと考えている。尚、報告書に関するお問い合わせは、北大低温研、福沢まで。

記

第1回

開催日時、場所 1990年8月1日 10:30-16:00、北海道大学低温科学研究所
出席者(所属) 三谷幸夫(北海道索道協会)
阿部善之(ニセコヒラフスキー場)
黒田勝明、篠田司郎(以上、ニセコ東山スキー場)
高橋正志(ニセコアルペンリフト)
斎藤隆夫(ニセコアンヌプリ国際スキー場)
前野紀一、成田英器、西村浩一、山田知充、秋田谷英次、
成瀬廉二、チャーリー・ジスキ、亀田貴雄、尾関俊浩、
天野隆明、小泉謙、福沢卓也(以上、低温科学研究所)

プログラム

雪のはなし・雪崩のはなし	秋田谷英次
1990年1月ニセコスキー場の雪崩	秋田谷英次
北海道における山岳雪崩の現状	成瀬 廉二
アメリカにおけるスキー場の雪崩制御	チャーリー・ジスキ
スキー場の雪崩	天野 隆明
雪崩ビデオの紹介	福沢 卓也

☆ 第2回雪崩対策の基礎技術研修会 のご案内

* 開催月日 *

平成3年 4月16日(火) ~ 4月18日(木) 3日間

* 開催場所 *

湯沢東映ホテル(新潟県南魚沼郡湯沢町) + 周辺山地

交通・集落・建設・労働・スキー場・登山など、雪崩対策の諸問題に適切な回答を
迫られているコンサルタント、企業、自治体、官庁の担当者の皆様方の熱いご要望に
応えて、半世紀の伝統と技術蓄積とを誇る日本雪氷学会が、雪崩分科会で活躍中の現
場に強いベテラン講師をそろえ、雪崩対策に関するプロフェッショナルの見方と基礎
技術とを密着指導いたします。

雪崩情報の渦中で仕事を展開し続けてきた講師の先生方と各分野からの研修生との
情報人間同士のドッキングも、この機会にぜひお世話させて下さい。

さあ、あなたも日進月歩の雪崩対策技術について勉強し直し、多岐に渡る情報パイ
プと修了証とを手にししてみませんか。

講 師 (敬称・専門など)

- | | |
|-------|--|
| 阿部 勉 | 関越ロードメンテナンス(株)専務取締役
元建設省北陸地建建設専門官 道路・スキー場雪崩対策 |
| 和泉 薫 | 新潟大学助教授 理学博士 雪氷学 |
| 遠藤八十一 | 農林水産省森林総合研究所十日町試験地主任 理学博士 雪氷学 |
| 大関義男 | 農林水産省森林総合研究所十日町試験地・主任研究官
積雪観測・雪崩調査 |
| 寺田秀樹 | 建設省土木研究所砂防部・主任研究員 雪崩対策 |
| 新田隆三 | 農林水産省森林総合研究所防災科長 農学博士
日本雪氷学会理事・雪崩分科会会長 |
| 町田 誠 | 町田建設(株)社長 防雪計画・防雪工事 |
| 渡辺成雄 | 元農林水産省林業試験場主任研究官 積雪観測・雪崩調査 |

研修会プログラム

4 火	15:00	集合・受付け (湯沢東映ホテル)
	16:00 ~17:00	開校式
	17:10 ~18:10	VTR: 柵口雪崩災害・人工雪崩など
	18:30 ~	<夕食・自由交流>
4 水	9:00 ~10:30	降積雪、雪崩の基礎知識 遠藤 八十一
	10:40 ~12:00	積雪観測法 和泉 薫、大関 義男 <昼食>
	13:00 ~14:30	雪崩対策のための山の見方 町田 誠
	14:40 ~15:40	スキー場の雪崩対策とその実際 阿部 勉
	15:50 ~17:00	行政による雪崩対策 寺田 秀樹
	18:00 ~	<懇親会>
4 木	8:00 ~ 9:00	雪崩対策: 世界の動向 新田 隆三
	9:05 ~15:00	周辺山地で現地研修 積雪断面観測法 和泉 薫、大関 義男、渡辺 成雄
		雪崩対策工現地検討 阿部 勉、町田 誠
	15:30 ~16:15	閉校式 (湯沢東映ホテル) 修了証授与 日本雪水学会会長 東 晃

湯沢東映ホテル: 〒949-61 新潟県南魚沼郡湯沢町 TEL. 0257 84 2150 上越新幹線越後湯沢駅西口より徒歩10分 民営資料館右入る

参加申し込み要領

- 受講料 1名につき 60,000円
(全員宿泊。2泊6食、懇親会、バス、テキスト代含む)
- テキスト 当日配布
- 申し込み締切日 2月15日必着 (定員50名)