

III-A 229

富士山における初冬型スラッシュなだれ

東海大学 海洋学部 正 福江正治 山下皓一
東海大学大学院 学 山元敬豊
(株)建設基礎調査設計事務所 安間 荘

1. まえがき 富士山のスラッシュなだれには、初冬型と春型があるが、発生機構はほぼ同じである。いずれも、気温の上昇に伴って凍結斜面表層が融解し、降雨が直接の引き金となる。したがって、春には必ず気温が上昇しはじめるので、スラッシュなだれの発生頻度は高い¹⁾。一方、初冬に気温が急激に上昇することがあり、そのとき大雨が降るとスラッシュなだれが発生することがある。最近の例では、1991年11月28日および1992年12月8日に初冬型のスラッシュなだれが発生した²⁾。このとき、富士山頂では気温が0℃、スラッシュなだれの発生域では4～5℃にまで上昇した。

本報告では1992年のスラッシュなだれを例に、その発生要因で最も重要な斜面凍結・融解について数値計算から予測が可能かどうか検討した。

2. スラッシュなだれの発生 スラッシュなだれの発生メカニズムは、図-1のように示される。厳冬期には、地盤表層が凍結しており斜面は安定している。また、斜面は火山礫で覆われており、その透水性は極めて高い。したがって、夏期には凍結層が存在しないので、降雨は地下に浸透し、斜面は比較的安定している。

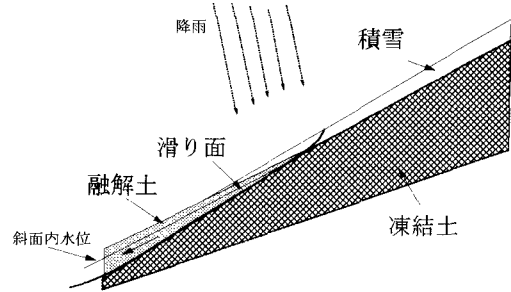


図-1 スラッシュなだれの発生機構

初冬に気温が上昇すると、すでに凍結している斜面表面が融解する。このとき降雨は融解層下に存在している凍結斜面上を流れ、透水力が作用するので斜面は不安定となる。積雪と土砂が混合して流れると、スラッシュなだれと呼ばれる。このように、斜面の凍結・融解層の存在は、富士山のスラッシュなだれの発生機構に極めて重要な要素である。

スラッシュなだれを予測するためには、地盤の凍結・融解層の深さを推定する必要がある。本研究では、地盤の熱伝導問題として、差分解を使用し初冬型なだれの場合の地盤の凍結・融解予測を検討する。

3. 地温の計算 地温の計算には次のような熱伝導方程式の差分解（Explicit型）を用いて計算した。

$$T_n^{p+1} = T_n^p + \frac{a \Delta t}{(\Delta x)^2} (T_{n-1}^p - 2T_n^p + T_{n+1}^p) \quad (1)$$

ここに、 T は温度、 a は凍結・融解層または積雪の温度拡散率、 t は時間、 x は地盤深さである。

なお、計算に当たっては次のことを考えた。

①初期条件 まず、近似的な初期条件を求めるため、気温の年変化を正弦波で近似し、それより与えられる解析的な地温分布を初期条件として、実際に計算する時期直前の地温分布を計算する。その地温分布を初期条件とした。

②境界条件 1時間ごとの気温データをもとに、30分ごとの気温データを予想し、これを地盤（または積雪）表面の境界条件、また年平均気温を深さ4.65mにおける地温とする境界条件を用いた。

③積雪深 積雪深はわかっていないので想定したが、経験的におかしくない値を用いた。また、比較のために、積雪のない場合についても計算した。

④地盤の熱的定数 凍結土、融解土、積雪の3種類についての値を表-1のように設定し、計算にはそれ

ぞれの温度拡散率（温度伝導率）を使用した。なお、融解土の熱伝導率は現地地温の深さ分布をはかり、それより求めた。また凍結土については融解土の熱伝導率から推定した⁴⁾。積雪については新雪とし、密度 0.12 g/cm^3 として、文献3)から温度拡散率を求めた。

表-1 解析に用いた熱的定数

単位	熱伝導率 cal/cm·day·°C	比熱 cal/g·°C	密度 g/cm ³
融解土 (T ≥ 0 °C)	214.4	0.3	1.646
凍結土 (T < -1 °C)	174.6	0.2	2.021
積雪	21.6	0.25	0.12

⑤相変換問題 相変換については、0°C付近で起こるので、計算過程で地温がある範囲になったときに、見かけの熱容量を用い⁴⁾潜熱の影響を与えるように設定した。また、積雪の融解過程は、計算値が0~0.2°Cの範囲のとき、積雪の温度を0°Cにした。これは、雪が解けている間は積雪内の温度が0°Cに保たれることによる。

4. 解析結果 図-2, 3 に富士山西側斜面・御中道（標高約2300m）における解析結果を示す。図-2の積雪深については、データが無く想定せざるを得なかった。図-3(a)に示すように、積雪のある場合とない場合では、かなり結果が異なる。また、深さxのきざみがやや大きかったにもかかわらず、得られた結果は積雪のある場合においては、実測値とよく一致している。図-3(b)は計算した温度分布から凍結・融解層の厚さを求めたものである。スラッシュなだれが発生した12月8日8時~10時頃に融解深さは約9cmであり、このときの降雨強度は約36mm/hであった。

5. 結論 斜面の凍結・融解はスラッシュなだれの発生のための必要条件であり、発生予測をするためには斜面の凍結・融解が重要となる。本研究では、相変換を含む熱伝導問題について、

①地盤内の熱的性質, ②気温, ③積雪

深のそれぞれのデータを用いて予測した結果、過去のスラッシュなだれに対して比較的良い結果を得ることができた。今後は融雪量と積雪深などの時間変化を考慮した解析が必要と思われる。

参考文献

- 1) 福江ほか：富士山のスラッシュなだれ，第50回年次学術講演会講演概要集，土木学会，Ⅲ，1994
- 2) Anma, S. et al : Slush avalanche and debris flows on Mt. Fuji in early winter, Proc. XX IUFRO World Congress, pp.183-188, 1995
- 3) Mellor, M. : Properties of Snow, Cold Regions Science and Engineering, Ed.F.J. Sanger, CRREL, Hanover, 1964
- 4) 木下誠一編著：凍土の物理学，森北出版，1982

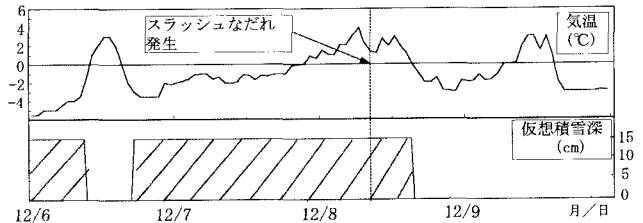


図-2 御中道における気温と仮想積雪深の関係

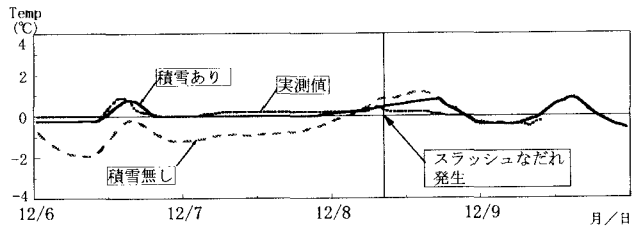


図-3 (a) 御中道における実測、および推定地温

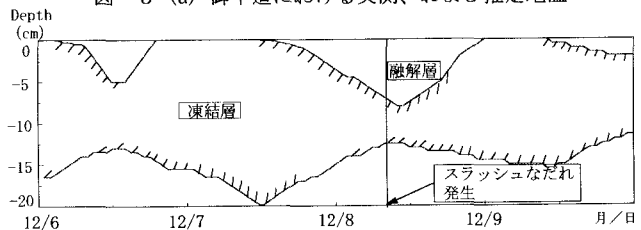


図-3 (b) 御中道における凍結層厚の時間変化