

積雪変質モデルによる雪崩発生予測



雪氷防災研究部門 主任研究員 平島 寛行

積雪変質モデルとは

雪崩の発生を予測するためには、気象条件だけでなく、現在積もっている雪の崩れやすさを知る必要があります。そのためには積雪内部の情報が必要となりますが、積雪断面観測や積雪内部にセンサーを挿入する方法では、自動で連続的にデータを得ることは困難です。

自動観測や予測が可能な気象データを入力に用いて、積雪の内部構造を計算するモデルとして、積雪変質モデルが用いられます。このモデルは雪が積もり始めてから現在までの気象データを入力して、大気と雪表面間の水や熱の交換や、積雪内部における雪の性質の変化を計算し、雪質、温度、密度、粒径、含水率等、積雪の細かい層構造の情報を出力します。それらを正確に再現することにより、雪崩発生予測を行います。

雪氷防災研究センターの露場では、1週間に1度、積雪断面観測を行い、その結果を積雪変質モデルの計算結果と比較して、モデルの精度検証を行うとともに必要な改良点等を確認しています。

雪崩発生予測への応用

雪崩は斜面上の積雪の駆動力がその支持力を上回った時に発生します。多くの表層雪崩は、特に支持力の弱い弱層が破壊されることにより発生します。弱層になりやすい雪は図1に示すようにいくつかの種類があります。これらの弱層ができる条件はそれぞれ異なりますが、それ

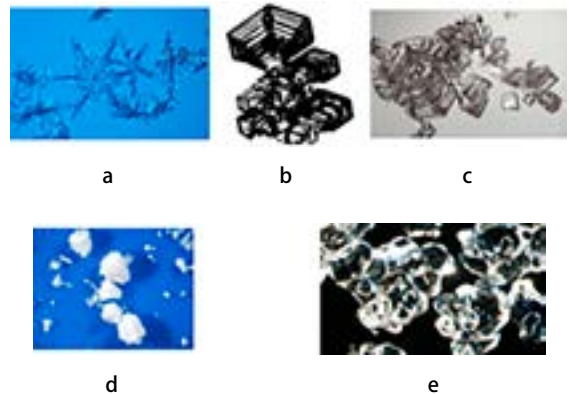


図1 弱層になりやすい雪 (a)降雪結晶、(b)表面霜、(c)しもざらめ雪、(d)あられ、(e)ぬれざらめ

らを積雪変質モデルで再現するとともに、弱層の存在によってどのくらい雪崩が起こりやすくなったかを正確に計算することで、雪崩の予測が可能になります。

雪崩の起こりやすさを数値で表す指標として、積雪安定度を用います。積雪安定度はある斜面上の雪が落ちようとするせん断応力と落ちまいとするせん断強度の比から計算します。せん断応力は弱層上の上載荷重のうち斜面に平行にかかっている力から(図2a)、せん断強度は密度との関係式から計算します。密度とせん断強度の関係は、図2bに示すようなシアフレームを使って測定した結果から定式化されますが、密度だけでなく雪結晶同士の結合度合いも影響するため、雪質によって密度とせん断強度の関係式を使い分けます。

最近では、しもざらめ雪の発達度合いを表す

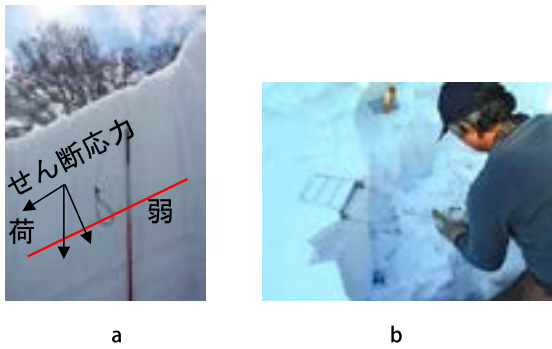


図2 弱層にかかるせん断応力 (a) とせん断強度の測定 (b) の図

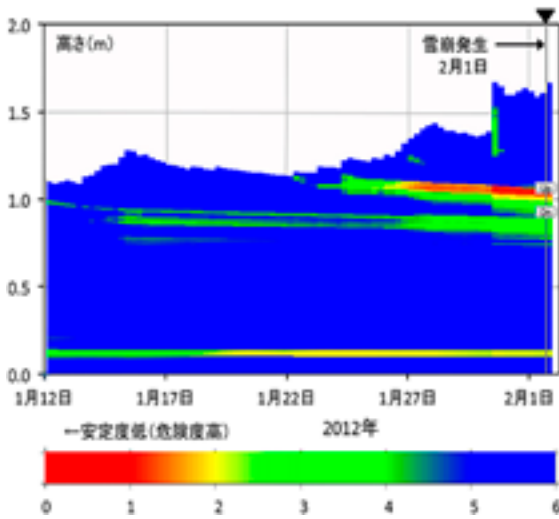


図3 秋田県玉川温泉において雪崩が発生した時の積雪安定度の変化

「しもざらめ化率」の概念を導入し、しもざらめ雪からなる弱層が破壊されることで発生する雪崩の予測精度を向上させてきました。図3は2012年に玉川温泉で発生した雪崩に対して行った積雪安定度の計算結果です。赤い部分が崩れやすい層を表しており、雪崩発生時には雪崩が起こりやすくなっていたことが計算されています。この雪崩はしもざらめ雪の発達段階である「こしもざらめ雪」が弱層となって発生したことが調査結果で確認されていますが、モデルでもこの不安定化が再現されました。

今後の改良

2017年3月27日に那須町で発生し、高校生を含む8名が犠牲となった雪崩は、降雪結晶を弱層とした表層雪崩でした。また2014年2月の関東甲信地方の大雪の際にも、サラサラした降雪結晶が崩れたことにより山梨で雪崩が多発しました。積雪変質モデルを使って降雪結晶による雪崩を予測するためには、入力データとして気象だけでなく、降っていた降雪結晶の種類の情報が必要になります。また降雪結晶の種類によって積雪の変質過程や強度の変化がどのように異なるか新たにモデル化する必要があります。

これらを可能にするためには、入力データに降っている雪結晶の種類を表す新たな情報を追加する必要があります。当センターでは降雪結晶の性質を数値で表すため、降雪密度や比表面積の測定を行い、降雪結晶の種類との関係を観測から調べています。また、その後の変質過程をモデル化するためにX線断層撮影装置を用いて積雪の微細構造の変化も調べています。これらの情報をもとに積雪変質モデルを進化させ(図4)、降雪結晶による雪崩の発生予測もより正確にできるように現在研究を進めております。

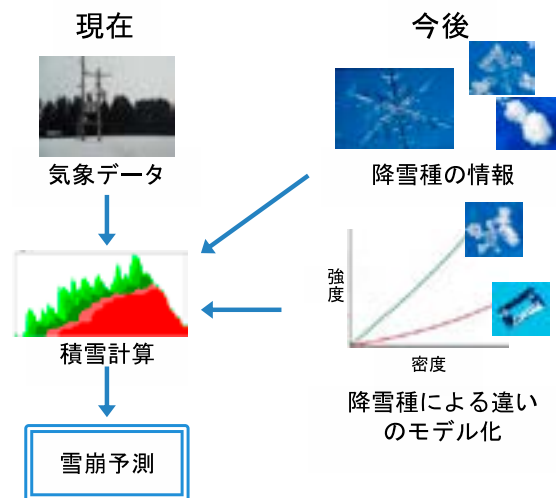


図4 降雪結晶による雪崩の発生予測に向けた取り組み