

積雪モデルを用いた湿雪雪崩の発生に関する評価手法について

池田慎二・○松下拓樹(土木研)・勝島隆史(森林総研)・秋山一弥(筑波大)・石田孝司(土木研)

1. 目的

湿雪雪崩は、融雪水や降雨などの水の存在により積雪強度が低下することと、降水による積雪への上載荷重の増加により斜面積雪が不安定となり発生する。ただし、積雪内部の水の浸透は、積雪層構造や雪質、密度等の影響を受けて平地と斜面では異なる(松下ら, 2013)。そのため、しまり雪からざらめ雪への変化などの過程も平地と斜面で異なることがこれまでの観測により明らかになった(池田, 2013)。このような複雑な過程を経て発生する湿雪雪崩に対して、筆者らは斜面での水の浸透や積雪構造の特性を考慮した積雪モデル(池田, 2014)を用いて湿雪雪崩の発生に関する評価手法を検討している。ここでは、この手法について一冬期通して試行した結果を報告する。

2. 積雪モデルを用いた湿雪雪崩の発生に関する評価手法の概要

筆者らの積雪モデルは、積雪内の水の浸透における水みちの影響を考慮した Katsushima *et al.* (2009)を基本とし、透水係数等の最新の知見を反映するとともに、斜面積雪に応用するために帯水層の含水率の閾値や水みちへの流出量の設定値を、十日町における3冬期の観測データと比較して検討を行い、融雪時の斜面における積雪構造の再現性を向上させたものである(池田ら, 2014)。この積雪モデルによる積雪密度と含水率の計算値から積雪各層の積雪安定度を計算した。ここで、従来の積雪層底面のせん断方向の強度と応力の比で表される安定度は、降雪の度に小さくなって継続することがあり、実際には安定化した積雪でも安定度が小さくなる場合があった。そこで、筆者らはスラブ(雪崩層)の強度を考慮した安定度、つまりスラブの底面のせん断強度に加えて、斜面上部の引張強度、斜面下部の圧縮強度、側面のせん断強度の合計値とスラブの質量による応力の比を湿雪雪崩の発生に関する評価に用いることとした(池田ら, 2011; 2012)。

3. 試行に用いた雪崩発生記録と気象データ

湿雪雪崩発生の評価手法の試行は、土木研究所で実施した新潟県糸魚川市能生地区柵口の観測データ(2002年12月～2003年3月)を用いて行った。カメラと地震計により雪崩の発生を記録し、雪崩種類の判断は記録映像と気象データから推定して、一日毎に雪崩発生数を集計した。また、気温、積雪深、日射等の観測値を積雪モデルの入力データとした。

4. 試行結果

上述の積雪モデルを用いることにより、しまり雪からざらめ雪への層構造の変化(図1a)、含水率と滞水する可能性のある層(図1b)が再現され、積雪層内に安定度が低く積雪の破壊が起こる可能性のある箇所と時期(図1c)が推定された。図1dに、積雪各層の安定度の最小値と湿雪雪崩の発生件数の時系列を比較した。安定度が低くなるときに、湿雪雪崩の発生件数が多くなることから、ここで示した積雪モデルを用いた斜面積雪の安定度により、湿雪雪崩発生に関する評価が可能と考えられる。ただし、融雪期後半で湿雪全層雪崩の発生件数が多くなる時期では安定度が高く推定された(図省略)。融雪期後半の湿雪全層雪崩に対する発生評価、特に積雪底面の破壊やすべりなどの影響等を考慮することが今後の課題である。

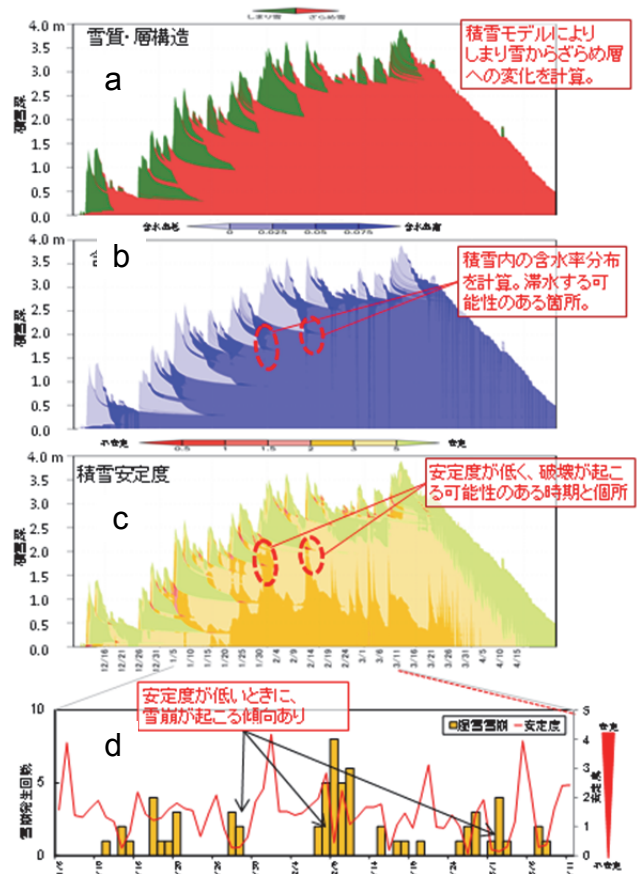


図1 積雪モデルによる(a)雪質・積雪層構造、(b)含水率、(c)積雪安定度の計算結果、(d)安定度の最小値と雪崩発生数(2002～2003年冬期、柵口)。