

新潟大学災害・復興科学研究所
共同研究報告書

表題 全層雪崩の発生に至る斜面積雪と灌木の力学状態の解明に関する研究

研究代表者氏名 勝島 隆史¹⁾
研究分担者氏名 松元 高峰²⁾ 河島 克久²⁾ 宮下 彩奈¹⁾ 竹内 由香里¹⁾
勝山 祐太¹⁾ 小田 憲一³⁾

1) 森林総合研究所 2) 新潟大学 災害・復興科学研究所 3) 日本大学理工学部

研究要旨

本州の豪雪地の中山間地にある全層雪崩の発生区の多くでは匍匐した樹形の灌木が生育しているが、灌木が斜面積雪の動態に与える力学影響を定量的に示すことが難しく、灌木の存在が全層雪崩の発生予測を困難なものにしている。本共同研究では、斜面積雪の動態と樹木の倒伏を同時計測し、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を導出することで、斜面積雪の力学状態を定量的に示す手法を開発することを目的として研究を実施した。研究の結果、今回新たに開発したひずみゲージを用いた手法により、全層雪崩の発生に至るまでの灌木の倒伏状態と、斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を測定することに成功し、灌木の抵抗力の減少に伴って、グライド速度が増加する振る舞いが確認された。これらのことから、全層雪崩の発生に至るまでの斜面積雪の力学状態を理解し、全層雪崩の発生予測を行うために、今回開発した手法は有効であることが示唆された。

A. 研究目的

新潟県をはじめとする本州の豪雪地の中山間地にある全層雪崩の発生区の多くでは、匍匐した樹形の灌木が生育している。このような灌木は、多量の降雪により積雪内部に埋没し、その後、倒伏する。灌木は、全層雪崩の発生に至る斜面積雪の移動（グライド）に対して抵抗となり、抵抗力の大きさは倒伏状態によって変化することが知られている。しかし、灌木が斜面積雪の移動に与える力学影響を定量的に示すことが難しく、灌木の存在が全層雪崩の発生予測を困難なものにしている。

これまで申請者らは、斜面積雪の動態と灌木の倒伏過程を解明する研究を新潟大学災害・復興科学研究所の共同研究として実施した。この共同研究の遂行により、灌木の倒伏の進行に伴って全層雪崩の発生に至る斜面積雪のグライド速度が増加し、灌木が地表面まで完全に倒伏した以降にはグライド速度が急激に増加し、雪崩の発生に至ることが明らかになった(松元ら, 2018)。また、樹

幹に設置したひずみゲージを用いた計測により、初冬の降雪により生じた冠雪によって灌木が急激に倒伏し、灌木全体が積雪内部に埋没した後は雪圧の作用によって徐々に倒伏が大きくなり、個体によっては弾性変形の範囲を上回る大きなひずみが樹幹に発生することが明らかになった(宮下ら, 2018; Miyashita et al., 2018)。これらの研究成果から、全層雪崩の発生予測の高精度化を図るには、斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を定量的に示すことが重要であり、ひずみゲージを用いることで雪崩発生に至るまでの抵抗力を連続的に計測することができると着想した。

そこで本共同研究では、斜面積雪の動態と樹木の倒伏を同時計測し、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を導出することで、斜面積雪の力学状態を定量的に示す手法を開発することを目的として研究を実施した。

B. 研究方法

本研究では、既に新潟大学が全層雪崩の発生メ

カニズム解明のための観測を実施している新潟県魚沼市大白川の全層雪崩の斜面を対象区として、斜面積雪の動態と灌木の倒伏の計測を実施した。

斜面積雪の動態の計測では、雪崩発生区に設置した3台のグライドメータにより斜面積雪の累積移動量の時間変化を測定し、グライド速度を求めた。灌木の倒伏の計測では、グライドメータを設置した同一の雪崩発生区に成育する灌木の樹幹の上面にひずみゲージを設置し、幹に生じる曲げひずみ量を測定した。ひずみゲージは4本の灌木を対象として、幹の地際を起点として、その軸上の手の届く約4 mの範囲内に、幹の上面に5点、合計20点設置した。また、これと同一の灌木に小型の加速度センサーを設置し、測定した加速度から樹幹の傾斜速度や傾斜量を求めることで、斜面積雪内部に埋没した灌木の姿勢の変化を詳細に求めた。更に、冠雪や雪圧により樹幹に生じる曲げ応力の中立軸に相当する位置の周辺にひずみゲージを設置して、測定したひずみ量から樹幹の軸力を検出することで、斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を導出する試みを、今回新たに実施した。

C. 研究結果

図1に、測定対象とした1本の灌木の軸方向5点の曲げひずみ量の測定結果を示す。図1より、最も根元に近い位置に設置したNo.1のひずみゲージでは、5点のうち最も大きな曲げひずみ量が測定されており、12月末の時点で期間最大値が測定された。この時点で、斜面積雪による雪圧の作用により、樹幹が概ね地表近くまで倒伏したものと推測される。その後、曲げひずみ量は減少したが、2/5に増加に転じた後、2/12に再度減少した。また、これ以外の測定した5点において、いずれも積雪開始直後に曲げひずみ量が急激に増加し、その後、増減を繰り返していた。

図2に、図1に示した灌木における樹幹の軸力および、グライド量の測定結果を示す。樹幹の軸力は、曲げひずみ量と同様に12月末に期間最大値が測定され、その後減少した。また、グライド量の測定結果より、2/9にグライドが開始し、グライド速度が増加した。その後、2/15にグライド速度が急激に加速し、その日のうちに全層雪崩の

発生に至った。測定された樹幹の軸力は、これらのグライド量の振る舞いが大きく変化するタイミングにおいて、その都度、減少する振る舞いが測定された。

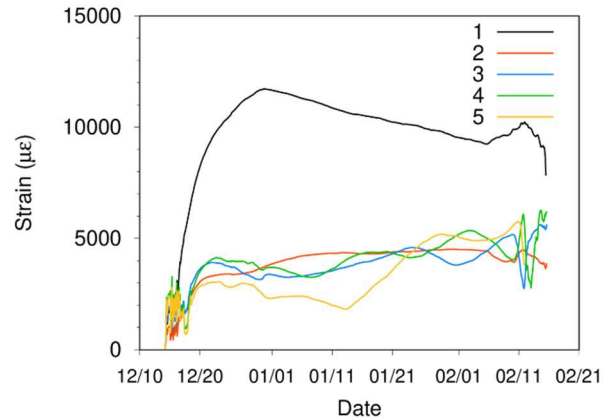


図1 樹幹の曲げひずみ量の測定結果
番号は、若い順に根元からの測定箇所を示す

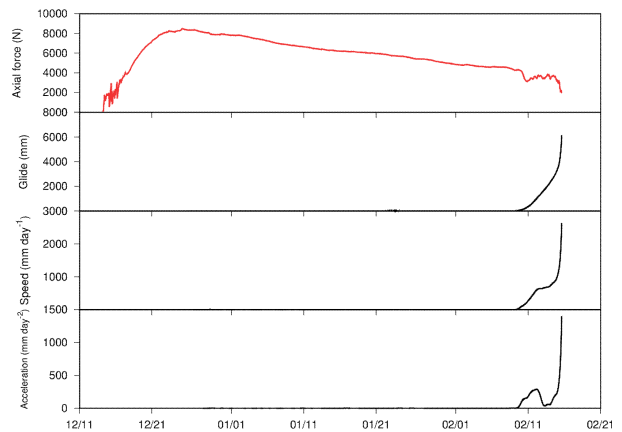


図2 樹幹の軸力と、グライド量、速度、加速度の測定結果

D. 考察

ひずみゲージを用いた樹幹の曲げひずみ量と軸力の測定結果から、積雪初期においては樹幹の倒伏量の増加とともに樹幹の軸力が増加することが分かった。これは、この時期の度重なる大雪による樹幹への積雪の積雪重量の増加と樹幹の倒伏によって、斜面下方向への力である樹幹の軸力が増加したものと考えられる。一方で、その後においても積雪重量は増加し続けていたが、これとは関係なく樹幹の軸力は減少した。斜面積雪の移動における力学的なつり合いを考え、樹幹の軸力が斜面積雪と灌木との摩擦抵抗力によって生じるものとする、積雪重量の増加は軸力の増加

を引き起こす。そのため、今回測定された軸力の減少は、積雪重量の変化とは関係がなく、斜面積雪と灌木との接触面の摩擦係数の減少によって引き起こされたものと考えられる。どのような物理過程によって摩擦係数が減少したかを、今回のデータからは示すことはできないが、斜面積雪の変質や含水率の変化、灌木を介した地熱による融雪などの効果によるものと推測される。また、樹幹の軸力とグライド量の測定結果から、2/9以降のグライド速度が急増するタイミングにおいて、その都度樹幹の軸力が減少する振る舞いが測定された。この期間の積雪重量の減少が起きていないか、あるいは無視できるほど小さい場合には、同様に斜面積雪と灌木との摩擦抵抗力によるものと考えられる。

一方で、今回得られた結果は、一本の灌木の樹幹の軸力の測定結果であり、斜面全体の灌木の抵抗力を把握するには不十分であることから、全層雪崩の発生メカニズムの全容解明には、複数本の測定結果を基にした詳細な解析が必要であると考えられる。

E. 結論

本共同研究では、全層雪崩の発生に至るまでの斜面積雪の動態と樹木の倒伏を同時計測し、時々刻々と変化する斜面積雪の移動に対する灌木の抵抗力を導出することで、斜面積雪の力学状態を定量的に示す手法を開発することを目的として研究を実施した。その結果、ひずみゲージを用いた樹幹の曲げひずみ量と軸力の測定結果から、積雪初期においては樹幹の倒伏量の増加とともに樹幹の軸力が増加することが分かった。また、樹幹の軸力とグライド量の測定結果から、グライド速度が急増するタイミングにおいて、その都度樹幹の軸力が減少する振る舞いが測定された。これらのことから、今回新たに試行したひずみゲージによる樹幹の軸力の測定手法は、全層雪崩の発生に至るまでの斜面積雪の力学状態を理解し、全層雪崩の発生予測を行うために、有効な手段であることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし