

雪崩に対する森林の減勢効果

— 妙高・幕ノ沢を対象とした運動モデルによる実験 —

竹内由香里（森林総研十日町試験地）・西村浩一（名古屋大学）・Abani Patra（University at Buffalo）

はじめに 妙高山域の幕ノ沢で2008年2月17日に発生した大規模な乾雪表層雪崩により、多数の樹木が倒壊した。スギ人工林を対象に倒壊状況を調査した結果、雪崩によるスギの折損は、林縁付近で最も甚大で、林内に入るにつれて軽微となり、雪崩の痕跡は林縁から130 mほどの林内で途絶えたことがわかった。この調査結果に基づき、スギの幹が折れる曲げ応力から逆算して、雪崩は $26\sim 31\text{ ms}^{-1}$ 以上の速度でスギ林に流入し、林内を進みながら減速して、林縁から約130 mの地点で速度が 0 ms^{-1} になったと推定された (Takeuchi et al., 2011)¹⁾。本研究では、雪崩が林内で減速、停止したことに対するスギ林の効果を調べるために、幕ノ沢を対象とした運動モデルを用いて雪崩の流下を再現し、底面摩擦角を変えてスギ林の有無による雪崩の速度や到達距離の比較を行なった。

方法 計算には、運動モデルTITAN2D (Pitman et al., 2003)²⁾を用いた。TITAN2Dは、土石流や火砕流を想定した乾燥粒状体の運動を実際の地形 (GIS) 上でシミュレーションする目的で開発されたモデルで、空気抵抗の無視できるスケールで、非圧縮性、非付着性を仮定している。雪崩の厚さ h と流れ方向の速度 v (厚さ方向の平均値) を変数とし、雪崩本体の広がりや速度分布の変化を計算する。基礎方程式は質量保存と運動量保存式で与えられる。このモデルで2008年の大規模雪崩の流下を再現し、到達距離が調査結果に近くなるように底面摩擦角の最適値を林外、林内各々について試行錯誤で求めた。スギ林が無い場合を想定して、林内の底面摩擦角を林外と同値にして実験した場合の雪崩の速度変化や到達距離を調べた。

結果と考察 運動モデルの内部摩擦角を 20° 、底面摩擦角 μ を $12\sim 20^\circ$ と変えて計算した結果、 $\mu = 13\sim 14^\circ$ のときに幕ノ沢源頭部の発生区からスタートした雪崩の到達点、実際の最長到達点に最も近くなることがわかった。また、堆積区において雪崩が流入したスギ林の上端 (林縁) の位置から、上述の調査や推定の結果に基づいて 30 ms^{-1} の初速度で雪崩をスタートさせる数値実験を行なった結果、雪崩の到達点は $\mu = 25^\circ$ のときに林縁から約130 mとなり、調査結果をよく再現できた (図1)。すなわち、本研究で対象とする2008年の幕ノ沢雪崩の底面摩擦角は $13\sim 14^\circ$ 、雪崩が流入したスギ林の抵抗は底面摩擦角 25° に相当すると考えた。運動モデルによりスギ林上端部から初速度 30 ms^{-1} で流下させた雪崩の流下距離と速度の計算結果を図1に示した。 $\mu = 25^\circ$ のときに、調査結果や幹が折れる曲げ応力から推定した到達距離をよく再現できた。もしスギ林が無かったとしたら、雪崩は底面摩擦角 $13\sim 14^\circ$ のままで流下すると考えられるので、図のように到達距離はスギ林上端から310~350 mとなり、スギ林内を流下した実際の到達点より、200 mも遠くまで達した可能性を示している。 $\mu = 13\sim 14^\circ$ と 25° で計算した場合の速度や到達距離の違いが、雪崩に対するスギ林の減勢効果を表わしていると考えられる。

1) Takeuchi et al., 2011, Annals of Glaciology, 52(58), 119-128.

2) Pitman et al., 2003, Physics of Fluids, 15, 3638-3646.

図1 スギ林上端の位置からスタートさせた雪崩の流下距離と速度の変化。初速度 (林に流入した速度) を 30 ms^{-1} として計算。 μ は底面摩擦角。破線は幹の曲げ応力から推定した速度変化。

