

地すべり発生年代の復元に向けた樹木根系の組織変化と見出された課題

秋田県立大学木材高度加工研究所（前：岩手大学大学院連合農学研究科） ○川上 礼央奈

弘前大学 鄒 青穎, 石川 幸男, 本多 和茂

奥山ボーリング株式会社 荻田 茂, 林 一成, 栗山 大助, 伊藤 啓太

1. はじめに

地すべりの変動履歴を把握することは、活動性の把握などにおいて極めて重要である。年輪地形学は、年輪幅の変化パターンを解析することで、過去の地すべり発生年代を特定する手法である (Alestalo, 1971)。年輪地形学的手法による地すべり発生年代の推定には、樹幹の傾斜に伴うアテ材を抽出指標とした研究が主体である (Lopez Saez et al., 2012)。

地すべり運動に伴う亀裂や滑落崖の拡大は、樹木の根系に対して「露出」や「引っ張り」といった物理的ストレスを与える。亀裂形成によって、根の一部が地表に露出する引っ張りが生じると、露出した根の組織には仮道管細胞の細胞径の減少や晩材細胞の増加といった解剖学的な変化が生じる (Gärtner, 2007; Stoffel et al., 2008)。このような組織変化を新たな指標として活用できれば、亀裂形成や段差の拡大年代をより高精度に復元できる可能性がある。

本研究では、亀裂形成による根の組織変化への影響を検証することを目的として、亀裂と逆亀裂地形によって生じた根の引っ張り箇所組織変化解析を行った。また、その他の年輪解析 (幹傷の回復過程・陽樹の定着年・年輪偏心率解析) の結果と根の組織変化との整合性についても検討を行った。

2. 調査地概要

本研究は、秋田県鹿角郡小坂町に位置する上^{かみときとざわ}鍋沢地すべり地を調査地とした (図1)。本地すべり地の主滑落崖は、尾根の背後に位置し、西側に開いた馬蹄形をしている。また、本地すべり地内には、地すべり活動による亀裂・段差地形が発達している。降雨や融雪による地すべり活動が確認されており、特に2022年8月の豪雨では、地すべり地内の複数箇所地すべり活動が確認された。

3. 調査方法

本研究では、地すべり活動によって形成された亀裂および逆亀裂地形によって、根の一部が露出したスギ (*Cryptomeria japonica*)の根を対象とした (図2)。

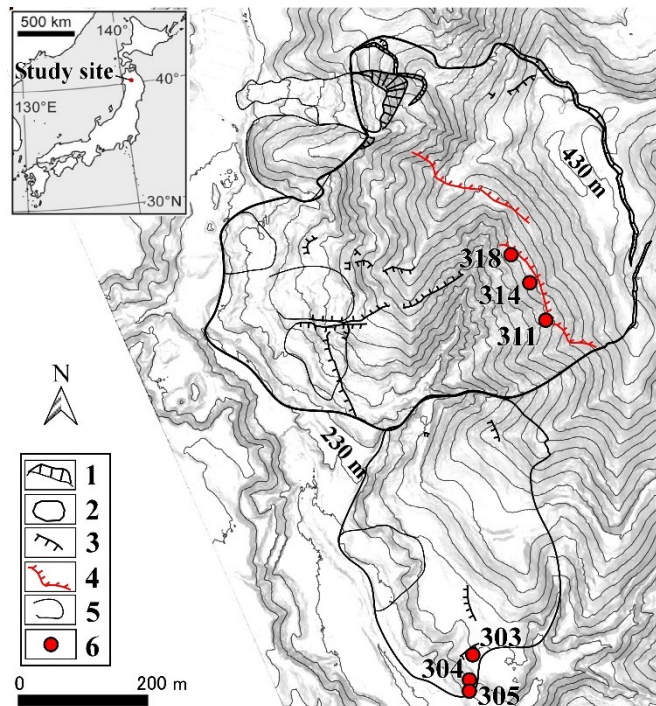


図1. 調査地と根サンプル分布: 1. 滑落崖, 2. 移動体, 3. 亀裂, 4. 逆亀裂, 5. 崩壊地, 6. 根サンプル採取地点 (数字はサンプル番号). (基図: 斜度図と等高線図は1 m メッシュ LiDAR データより作成)

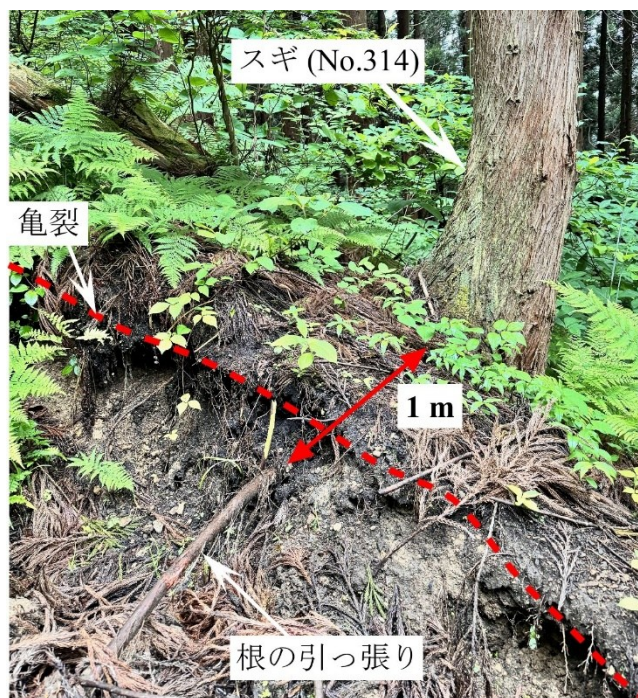


図2. No. 314 における亀裂に伴う根の引っ張り

根サンプルは、2023年11月と2024年5月に6樹木個体から採取した。この際、幹基部では幹の成長が根の年輪に影響する (Gärtner, 2007) ことを踏まえ、基部から約1 m離れた箇所まで切断して採取した (図1, 2)。

採取後は、日本木材学会 (2000) の手順に従い、地すべりによる組織変化を分析するために、煮沸またはグリセリンおよび70%エタノールによる軟化処理を行った。その後、滑走式マイクロームを用いた薄片 (厚さ約15 μm) を作製し、根サンプルのプレパラートを作製した。作製後は生物顕微鏡で拡大画像を撮影し、画像解析ソフトウェアである ImageJ Fiji (Schindelin et al., 2012) と ImageJ Fiji の機械学習プラグイン Trainable Weka Segmentation を用いて、根断面における長径と短径の2方向の仮道管細胞の組織変化 (細胞径と細胞数) を測定した。測定後は、QGIS を用いて、年代ごとの組織変化を測定した。比較として、地すべり末端の亀裂では、同一亀裂上に位置する樹木個体の幹傷の回復過程を、逆亀裂においては Kawakami et al. (2025) による年輪解析結果 (幹傷の回復過程・陽樹の定着年・年輪偏心率解析) を用いた。

4. 結果と考察

根の組織変化解析の結果、地すべり末端の亀裂では、細胞径および細胞数の時系列的な変動が認められた個体があった (No. 304・305)。例えば No. 304 では、幹傷を持つ樹木の幹傷の回復年代 (2020~2023年) の2022年に形成された根で細胞数が増加しており、2022年8月の豪雨による亀裂の拡大が根の組織変化として記録された可能性がある。

逆亀裂では、Kawakami et al. (2025) が推定した逆亀裂拡大年代と整合する時期に根の組織変化が認められた個体があった (No. 311・314)。例えば No. 314 では、推定された拡大年代である2021年に長径・短径ともに細胞径が減少しており、逆亀裂の拡大が根の組織変化に影響を与えた可能性がある (図3)。

一方、根の露出後に細胞径が減少または細胞数が増加するとした先行研究 (Gärtner, 2007) と異なる組織変化を示す個体があった (No. 303・318)。例えば No. 318 では、根の露出後も細胞数が減少していたことが確認された。また、全体的に長径・短径で組織変化のパターンが一致しない傾向がみられた。

5. まとめ

本研究は、上鴫沢地すべり地における、亀裂と逆亀裂活動によって形成された根の引っ張りの組織変化解析を行い、地すべりによる組織変化への影響について検討した。その結果、これまで十分な検討が行われていなかった根の組織変化の解剖学的な測定方法について、根系の細胞レベルの応答を定量化することができた。

今後の課題として、本研究で確認された先行研究との相違や長径・短径間の方向による不一致の要因解明が挙げられる。また、測定方法の改善と試料数の蓄積による地すべり活動履歴の解析精度向上も今後の課題である。

謝辞

秋田県鹿角地域振興局農林部森づくり推進課には、調査の実施および各種データの提供等についてご協力いただいた。本研究は、令和7年度 (公社) 砂防学会若手研究助成による助成をいただいた。記して謝意を表します。

参考文献

Alestalo (1971): *Fennia*, 105.; Lopez Saez et al. (2012): *Landslides*, 9.; Gärtner (2007): *Geomorphology*, 86.; Stoffel et al. (2008): *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8.; 日本木材学会 (2000): 文永堂出版, pp292.; Schindelin et al. (2012): *Nat Methods*, 9.; Kawakami et al. (2025): *EGU General assembly 2025*.

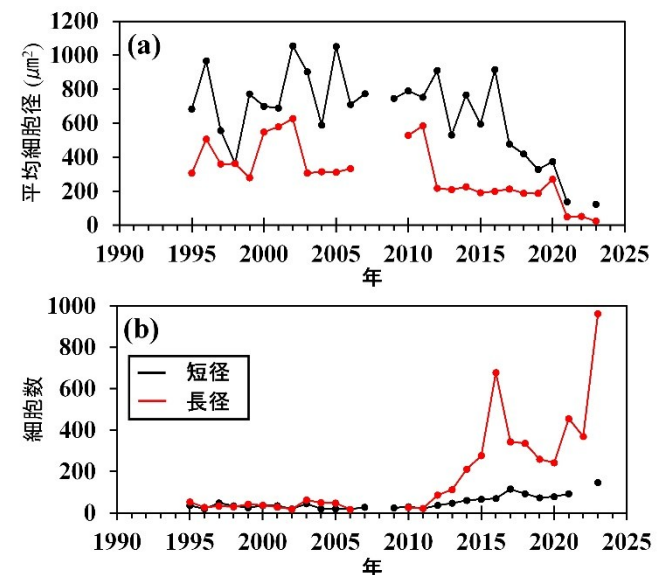


図3. 根の仮道管細胞における組織変化の経時変化の代表例 (No.314). (a) 平均細胞径. (b) 細胞数 (欠損年代は年輪不形成)