

樹木形状の定量化と斜面地形－岩国市の丘陵地の例

黒木 貴一¹⁾・太田 岳洋²⁾・宮本 新平³⁾・山本 道輔⁴⁾

¹⁾関西大学文学部, ²⁾ 山口大学理学部, ³⁾中電技術コンサルタント, ⁴⁾株式会社オーエスエー

1. まえがき

航空機等からのレーザー計測で得られた点群データは、主にグランドデータにより地形を捉え、自然災害に関わる分野に活用されてきた^{1),2),3)}。点群密度の増加に伴い樹木形状も判読できるようになり、サーフィスデータからグランドデータ間の点群データは森林研究で注目され、樹木の位置・形状把握や地形と樹木との関係を明らかにする取り組みも進んだ^{4),5),6),7)}。一方地形は、特に斜面で谷底に近い遷急線、後氷期開析前線の認識^{8),9)}に始まり、その発達に関わる斜面崩壊、土層蓄積、水文特性が議論されてきた^{10),11),12),13)}。その流れの中、点群データの密度は充実したものの、崩壊に至る斜面地形の発達に関して、土層移動に関連付ける樹木形状の把握手法を検討する段階にある^{14),15)}。

そこで本研究では、樹齢別に樹木形状(傾動量と傾動方向)の点群データを用いる定量化方法を工夫し、斜面の土層移動の量や方向と斜面地形との関連を明らかにした。

2. 研究方法

2.1 研究対象地域

図 1 は、山口県東部の研究対象地域(365m×250m)を示す。そこは花崗岩による丘陵地で、主にアカマツ群落、スギ・サワラ・ヒノキ植林が分布するが、平成 30 年 7 月豪雨時に斜面崩壊が多数生じた。そこでレーザーデータ(Phoenix 社 ultra, 点群密度(1200/m²))を得た。また壮齢林(1979-1983 年に植栽)及び幼齢林(2008-2022 年に植栽)が見られる西北西傾斜を持つ計測範囲(75m×50m)を設定し、樹木形状と地形との関係を議論した。なお地形は陰影図と等高線から 11 区分(基本地形の頂稜、上部谷壁、下部谷壁、低地、崩壊地形の旧崩壊地、旧崩落堆、崖錐、崩壊地、崩落堆、その他の河道、道路)し、DEM(1m と 2m)から傾斜量と傾斜方位を求めた¹⁴⁾。

2.2 地形と樹木の分析

樹木に対し 1~2m 間隔の点群分布の変化で樹幹や樹冠を追跡し、その傾動量と傾動方向を求めた(図 2)。壮齢木は 2~6m と 8~12m の点群中心(樹木中心)を結ぶ線に対し水平線 a と 6m の垂線 b、幼齢木は 5~6m 点群を囲むポリゴンの重心(樹木中心)と樹木頂点を結ぶ線に対し水平線 a と 0.1mDSM と 0.1mDEM による標高差 b、より傾動量 θ と傾動方向 ϕ を求めた。その結果を分布図化し、地形に対する樹木形状を分散図の相関で考え、土層移動と地形発達を論じた。

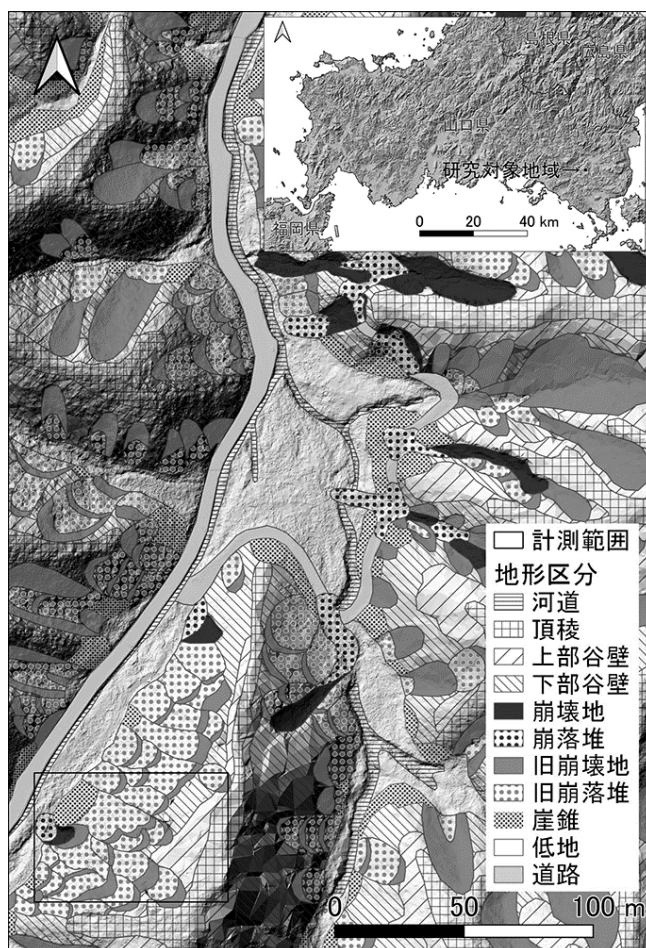


図 1 研究対象地域と地形区分

3. 樹木形状の分布特徴

図3は樹木形状について丸印の大きさと(1)傾動量を、矢印の向きで(2)傾動方向を示し、壮齢木と幼齢木を区別する記号で樹木中心を示した。ここでは幼齢木が頂稜、上部谷壁、下部谷壁に多く、壮齢木は旧崩壊地、旧崩落堆、崖錐に多く分布する。壮齢木の傾動量は0.1度～18.9度で平均3.8度、幼齢木は0～2.9度

で平均1.0度なので、壮齢木の値は大変大きい。傾動方向は、壮齢木は35.9度から351.8度、幼齢木は2.2度から358.8度にあるため後者のばらつきが若干大きい。これは全体傾斜に相反する傾動方向を持つ樹木の存在をも示す。壮齢木の傾動量は、旧崩壊地及びその付近で値が大きく、旧崩落堆と崖錐では大小が混在する。

(1)と(2)を重ねて見ると、旧崩落堆に直線的な、崖錐に発散的な、崩壊地に近い旧崩落堆に収束的な矢印の配列となる樹木群が認められる。これら樹木の傾動は、地形別に直線的な、発散的な、収束的な土層の系統的な動きを示すと考えられる。なお、幼齢木の樹木形状にも、壮齢木ほど鮮明ではないが、量と方向共に似た傾向が見られる。

このように樹木形状の特徴は、壮齢木の方が傾動量は大きく、また傾動方向はそろうため傾向を読み取りやすい。また壮齢木も幼齢木も地形別に、傾動量は大きさに、傾動方向はばらつきに特徴がある。傾動量と傾動方向を合わせ見ると、系統的(直線的、発散的、収束的)な樹木配列が

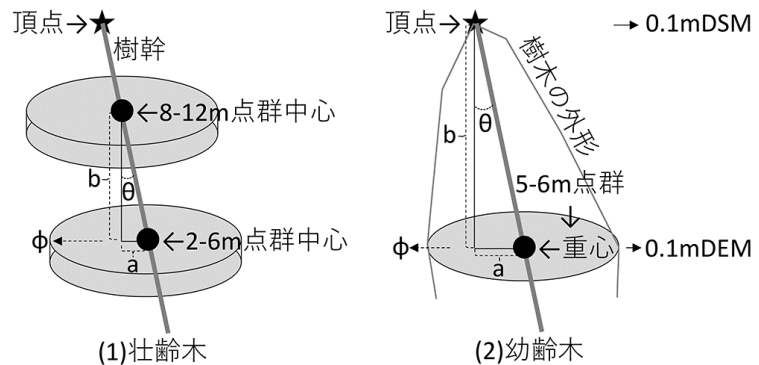
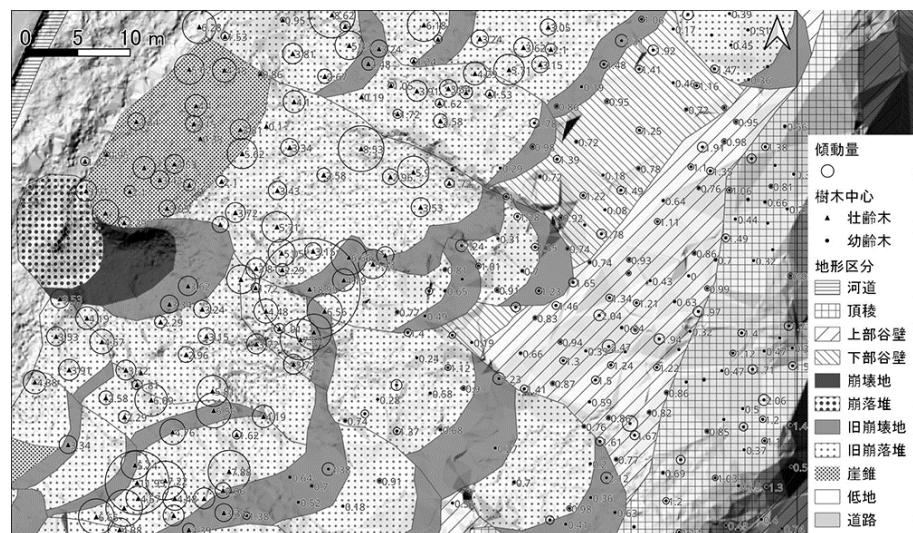
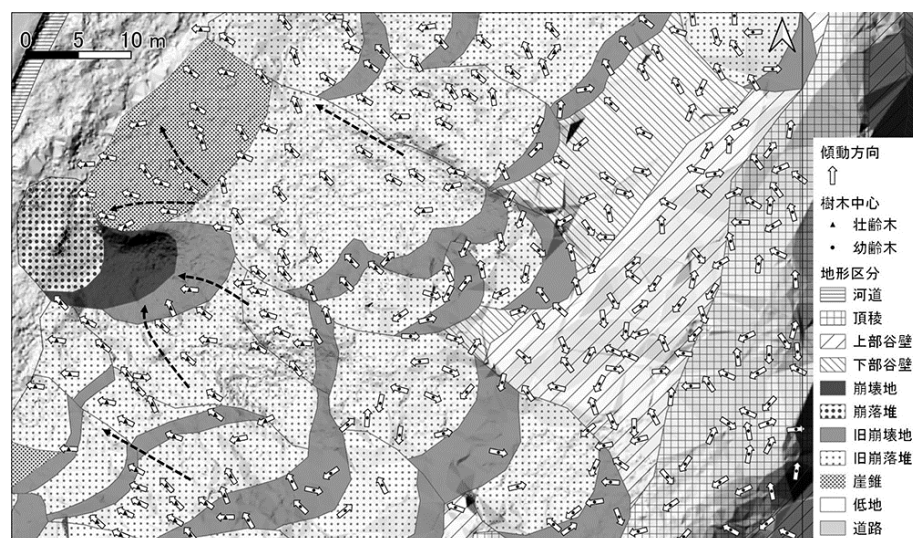


図2 点群を利用した樹木形状の求め方



(1) 傾動量



(2) 傾動方向

図3 計測範囲の樹木形状

読み取れるため、樹木形状から特に壮齢林では土層動態と関連付けて地形発達を議論しやすい。

4. 地形による樹木形状への影響

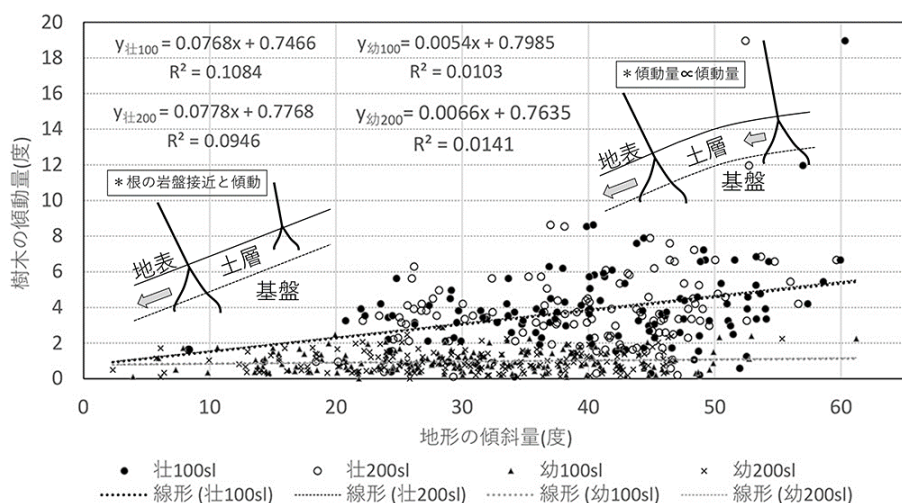
図4(1)は地形の傾斜量に対する樹木の傾動量を分散図で示す。壮齢林も幼齢林も弱い正の相関が認められる。壮齢林は幼齢林に比べ傾きが約10倍大きく、傾斜量により傾動は影響をより受けやすい。これは根が土層上位に止まる幼齢木より、土層下位で岩盤に近づく壮齢木の方が、土層の動きに対し根を支点とし傾動しやすいことを示している。なお、DEMサイズの1mと2mは両者の相関にあまり影響しない。このように樹木の傾動量は、傾斜量の増加とともに増し、その程度は壮齢林で大きい。これは、樹木の成長で根が岩盤に近づき、土層の動きに根元が抗しやすくなることを示す。

図4(2)は地形の傾斜

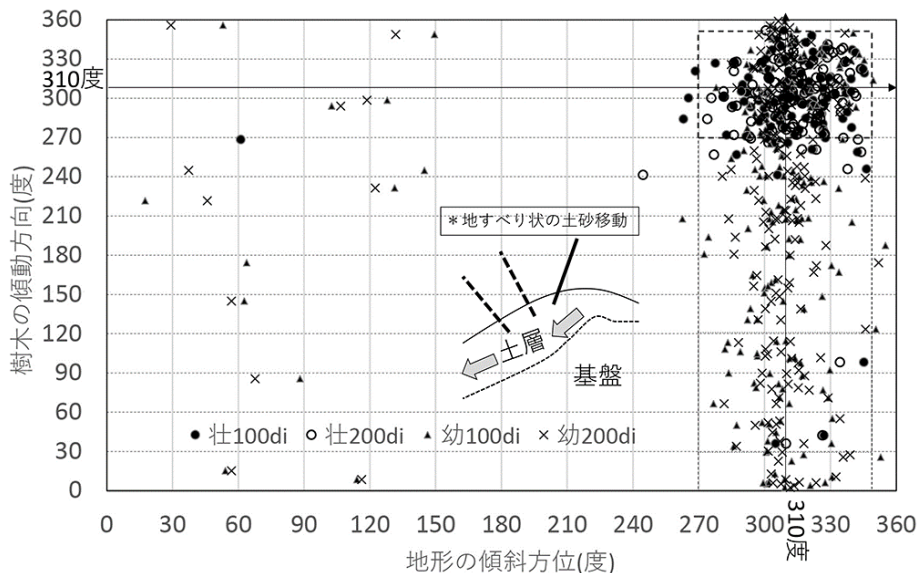
方位に対する樹木の傾動方向を分散図で示す。樹木は傾斜方位310度を中心とする270度から350度の斜面に集中する。研究対象地域の丘陵及び谷の長軸方向は、南南西-北北東にあり、計測範囲の一般斜面は西北西を向く。そこで見られる節理の法線は、約310度と130度付近に集中し¹⁶⁾、一般的な斜面方位とその方向性は一致するため、地形発達はロックコントロールを強く受けている。一方、樹木の大半は、谷側を向く傾動方向270度から350度に集まるが、それ以外の値も多い。その値の集中度は、壮齢林は高く、幼齢林は低くばらつく。これは樹木の成長に伴い、土層の動きに傾動方向も順応しやすくなることを示す。また両者とも特に幼齢林では、傾斜方向30度から120度付近に値の弱い集中があり、それらは一般斜面とは逆に山側を向く方向になる。これは土層移動に、不連続的な強さや方向を持つ地すべり状の土砂移動があることを示している。

5. まとめ

山口県岩国市の丘陵地を対象に、点群データで定量化した樹木形状と地形との関連を検討し以下



(1) 地形の傾斜量と樹木の傾動量



(2) 地形の傾斜方位と樹木の傾動方向

図4 地形量と樹木形状との関係

のことが明らかとなった。

- 1) 壮齢木では樹幹，幼齢木では枝葉の広がりを示す点群を捉えることで，樹木の傾動量と傾動方向を定量的に求められる。
- 2) 樹木形状は地形別の特徴がある。また傾動方向で見る系統的な樹木配列から，直線的な，発散的な，収束的な，地すべり的な土層の動きが推定される。
- 3) 壮齢林は幼齢林に比べ，地形の傾斜量と樹木の傾動量の正相関の傾きが大きく，傾動方向のばらつきが小さい。これは樹木の成長により根系が岩盤に近づき根元が動きにくくなり，土層の動きに傾動が順応しやすくなることを示す。
- 4) 樹木形状は土層の動きに，土層の動きは一般傾斜に，一般傾斜は基盤構造に関連深いため，樹木形状は花崗岩の基盤構造の影響を受けている。

謝辞

本研究は日本国土開発未来研究財団の支援による「定量化地生態学的手法による斜面災害危険度評価手法の開発(代表：太田岳洋)」の一環で実施した。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 八木浩司・檜垣大助・吉松弘行・相楽渉・高木洋一・内山庄一郎(2003)：空中レーザー高精度地形図の地すべり，微地形判読への応用。地すべり，Vol.39, No.4, pp.421-427.
- 2) 岩橋純子・神谷泉・山岸宏光(2009)：LiDAR DEM を用いた表層崩壊のアセスメントに適する勾配と凹凸度の計算範囲の推定。地形，Vol.30, No.1, pp.15-27.
- 3) 菊地輝行・秦野輝儀・千田良道・西山哲(2018)：三次元点群データを用いた急斜面の維持管理における変動解析。日本地すべり学会誌，Vol.55, No.2, pp.65-71.
- 4) Yupan Zhang, Yiliu Tan, Yuichi Onda, Asahi Hashimoto, Takashi Gomi, Chenwei Chiu and Shodai Inokoshi(2023): A tree detection method based on trunk point cloud section in dense plantation forest using drone LiDAR data. Forest Ecosystems, No.10, pp.1-9.
- 5) 平田泰雅(2005a)：航空機レーザースキャナーデータを用いたヒノキ人工林における樹高と地形との関係。日林誌，Vol.87, No.6, pp.497-503.
- 6) 平田泰雅(2005b)：航空機レーザースキャナーを用いたスギ人工林計測におけるレーザー光の林冠透過率と地上照射密度の影響。森林計画誌，Vol.39, No.2, pp.81-95.
- 7) 青柳一翼・矢嶋準・森岡千恵・瀬口栄作・中嶋聡・中尾浩康・加藤薫，杉山智治(2023)：野洲川松林における3次元点群計測を活用したマツ類個体の形状寸法計測。日本緑化工学会誌，Vol.49, No.1, pp.145-148.
- 8) 羽田野誠一(1986)：山地の地形分類の考え方と可能性。東北地理，Vol.38, No.1, pp.87-89.
- 9) 吉永秀一郎(1990)：十勝平野東部の段丘を開析する小流域の最終表記以降の斜面発達。地理学評論，Vol.63, No.9, pp.559-576.
- 10) Dalrymple, J. B., Blong, R. J. and Conacher, A. J. (1968): A hypothetical nine unit landsurface model, Zeitschr. Geomorph., Vol.12, pp.60-76.
- 11) 田村俊和(1974)：谷頭部の微地形構成。東北地理，Vol.26, No.4, pp.189-199.
- 12) 恩田裕一(1989)：土層の水貯留機能の水文特性および崩壊発生に及ぼす影響。地形，Vol.10, No.1, pp.13-26.
- 13) 田村俊和(1996)：微地形分類と地形発達－谷頭部斜面を中心に－，水文地形学－山地の水循環と地形変化の相互作用－，恩田裕一ほか編。古今書院，pp.177-189.
- 14) 黒木貴一・太田岳洋・山本道輔(2024)：斜面の微地形と樹木の変形－平成30年豪雨による斜面崩壊地の例。第12回土砂災害に関するシンポジウム論文集，173-178.
- 15) 黒木貴一・太田岳洋・山本道輔(2024)：樹木形状と微地形の発達－岩国市西部の丘陵地の事例。日本地形学連合2024年秋季大会，日本地形学連合発表要旨集，Vol.5, No.1, p8.
- 16) 宮本新平・太田岳洋・辻智大・竹田拓己・黒木貴一・森川寛之(2024)：山口県岩国市における斜面崩壊と土壌の形成に関する検討。日本応用地質学会令和6年度研究発表会講演論文集，pp.275-276.