

大規模点群を用いた樹木の形質評価

電気通信大学 ○江藤 信輔, 松本 裕稀, 緑川 佳孝, 増田 宏

1. 序論

レーザスキャナを利用した大規模点群処理は、様々な分野での作業を効率化するために、近年、非常に注目されている。本研究では、広域の森林を計測した大規模点群を用いて、樹木の遺伝子と形質との関係性を把握することを目的とする。この関係性の把握は森林研究において重要な課題であるが、大量の樹木のバイオマスパラメータが必要となる。従来は、手動による計測が一般的であったが、膨大な時間と多大なコストを要していた。また、計測者によって形質評価に差異が生じることや、高所の計測には樹木の伐採が必要となることなどから、同一の樹木での継続的な計測が難しいという問題もあった。そこで、これらの問題解決のために、地上型レーザスキャナ(TLS)で取得した3次元点群を用いて、樹木の形質パラメータを算出することを考える。

本研究では、まず、TLSによって得られた森林の点群データを用いて樹木の3Dモデルを構築する。次に、形質パラメータとして、幹の詳細形状を算出するとともに、幹に関する代表的な指標である幹曲がりと根曲がりを定量的に算出する。幹曲がりと根曲がりは林業において一般的に用いられてきたが、計測者の主観に影響されやすい大雑把な指標であった。本研究では、これらの数値に関して、従来手法による計測データと比較し、本手法の有効性を検証する。

2. 幹の中心軸と形状の算出

我々はこれまでの研究で、森林の大規模点群から幹と枝を検出する手法について提案した[1]。幹を検出する手法としては点群を等間隔な水平面で切断して切断点を取得した後、円もしくは楕円を検出し、それらの中心を結ぶ線分列を中心線としていた。しかし実際の幹形状は複雑であるため、近似円や近似楕円の中心がばらつくという問題があった。そこで、本研究では、断面の重心を結ぶ線分を中心軸とし、それに基づいて幹形状を算出する。

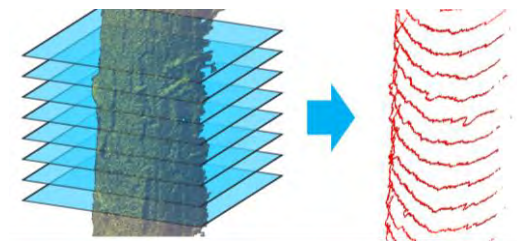
まず、樹木の点群をワイヤフレームモデルに変換し、図1(a)に示すように、水平面との交点を算出して切断点集合を得る。切断点を用いて、水平面ごとに、中心と輪郭を算出する。

中心の算出では、図1(b)のように、切断点に対してRANSAC法による円弧検出を行い、仮の中心を設定する。次に、図1(c)のように、円弧近傍点から輪郭上の点を求め、断面領域を三角形分割する。幹断面の重心 P_c は、三角形 T_i の重心 G_i と面積 S_i を用いて、下記の式で算出される。

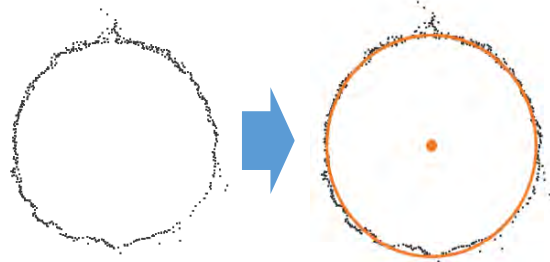
$$P_c = \frac{\sum S_i G_i}{\sum S_i} \quad (1)$$

幹の断面形状の算出においては、各断面の重心を中心とす

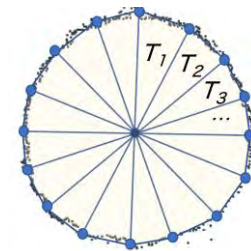
る極座標を定義し、断面点を極座標に変換する。次に、図1(d)のように、十分小さい角度ごとに領域を分割し、各領域内での中心からの距離の平均を求める。この値をその領域における半径とする。図1(d)の実線で示すように、領域ごとに算出された点を連結することで多角形を生成し、その形状を幹断面とする。



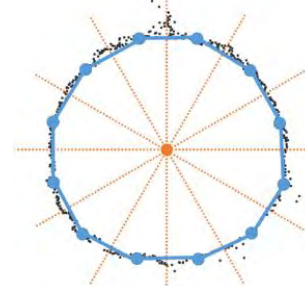
(a) 断面点の算出



(b) 内部点の算出



(c) 重心計算



(d) 極座標による輪郭の算出

図1 幹の詳細形状の算出

3. 幹曲がりと根曲がりの算出

3.1. 従来の計測方法

幹曲がりとは、幹の直径に対してどの程度幹が曲がっているかを表すパラメータである。実計測では、地面から1mの幹の表面と地面から5mの幹の表面を弦で結び、その弦から最も離れた幹の表面までの長さ(矢高)を測定し、矢高と地面から1mの幹直径との比で5段階の評価を行っている。その計測法を図2に示す。

根曲がりとは、地面からどの程度の高さまで幹が曲がっているかを表すパラメータである。実計測では、目視で幹がまっすぐになる位置を確認し、その位置の地面からの距離を用いて5段階評価を行っている。ただし、5段階の指標は必ずしも厳密に定量化されておらず、計測者の経験による要素も大きい。

3.2. 点群からのパラメータ抽出

幹曲がりは幹の表面からの距離を用いるパラメータである。そのため、図3(a)に示すように幹の中心軸の曲がり方向ベクトルを算出し、切断面ごとに曲がり方向の幹表面を算出する。算出された幹表面上の点を連結することで、図3(b)のように、曲がり方向での幹表面上の曲線を得ることができる。この曲線を用いて、図2に示した矢高を算出し、幹の直径との比を計算して、幹曲がりパラメータの抽出を行う。

一方、根曲がりの計算では、中心軸が垂直になった位置が必要であるため、幹の中心軸と垂直線との角度が閾値以下になった高さを求めることで算出する。

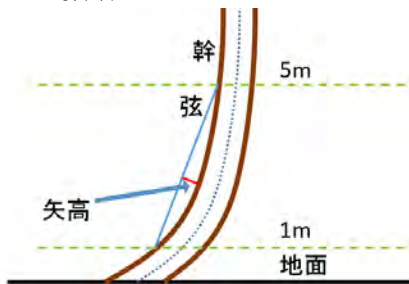
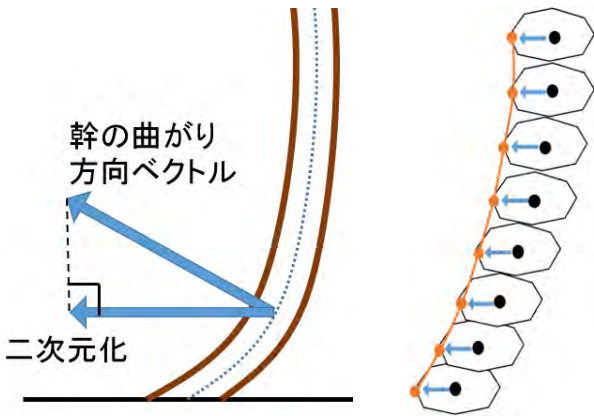


図2 幹曲がりの計測法



(a) 曲がり方向ベクトルの算出 (b) 幹表面の曲線

図3 幹の表面の導出

表1 パラメータ抽出の評価基準

	5	4	3	2	1
幹曲がり (矢高/直径)	0	~0.08	0.08~ 0.14	0.14~ 0.20	0.20~
根曲がり (cm) (地上距離)	0	0~30	30~60	60~120	120~

表2 幹曲がりパラメータの比較

樹木番号	1	2	3*	4	5	6	7*	8	9	平均誤差
点群計測	4	2	3	2	2	4	4	2	4	0.25
手計測	4	2	4	2	1	4	4	2	4	
差	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	

表3 根曲がりパラメータの比較

樹木番号	1	2	3*	4	5	6	7*	8	9	平均誤差
点群計測	4	3	2	2	4	3	2	2	4	0.78
手計測	4	3	3	2	3	4	4	2	2	
差	0	0	-1	0	1	-1	-2	0	2	

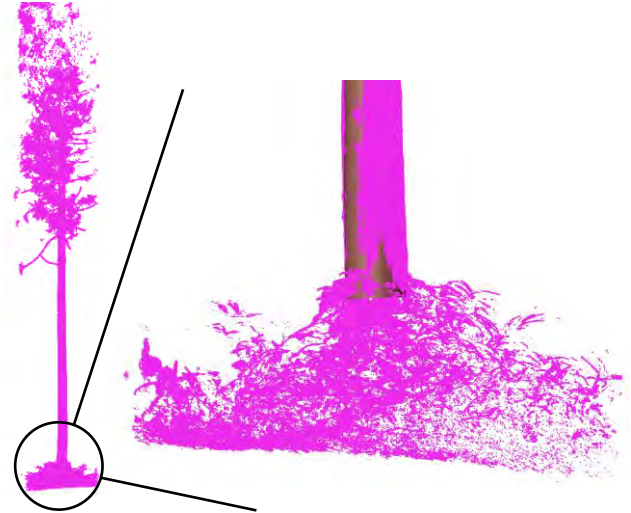


図4 樹木3の根本

3.3. 評価実験

今回の計測は、森林総合研究所の実験用森林内の9本の精英樹を用いて行った。これらの樹木に関して、熟練作業者が幹曲がりと根曲がりの5段階評価を行った。

まず、我々は、熟練作業者による5段階評価に基づいて、妥当を思われる5段階評価の定量化を行った。我々が設定した基準を表1に示す。次に、その基準にもとづいて、幹曲がりと根曲がりの5段階評価を算出した。表2、表3に熟練者の評価と点群から計算された評価との比較を示す。幹曲がりについては、5段階評価の平均誤差は0.25となり、ほぼ同等の結果が得られたと言える。一方、根曲がりの平均誤差は0.78となり比較的大きな差異がみられた。この原因として、樹木3と樹木7では、図4に示すように、幹周辺の草のため根元付近の点群が欠落したことが考えられる。一方、樹木9では、根元付近の点群が取得されており、定量的な根曲がりは小さかったため、作業者の判断に誤りがあった可能性が考えられる。

4. まとめ

本研究では、樹木の大規模点群から幹の中心軸および断面形状推定のための手法を提案した。また、その幹の情報を用いて幹曲がりと根曲がりの評価を行う手法を提案した。ただし、5段階の指標については、特定の熟練作業者の評価に基づいた基準であるため、偏りがある可能性がある。今後は、より多くの計測値を用いて、評価基準を検討する必要がある。また、根曲がりの評価精度向上について考える必要がある。

参考文献

[1] 齋藤 和人, 増田 宏: 三次元点群に基づく樹木の形状再構成 第3報, 精密工学会秋季講演会 2016