

大規模点群に基づく樹木のパラメータ自動抽出

電気通信大学 ○齋藤 和人, 増田 宏, 平岡 裕一郎, 松下 通也, 高橋 誠

Automated Extraction of Tree Parameters from Large-Scale Point-Clouds

The University of Electro-Communications: Kazuto SAITO, Hiroshi MASUDA

Forestry and Forest Products Research Institute: Yuichiro HIRAOKA, Michinari MATSUSHITA, Makoto TAKAHASHI

Faithful shape models of trees are useful for simulation and surveys of forest resources. Especially, the chronological shape acquisition of trees is very important for biological analysis. However, it has been a difficult problem to analyze a large number of trees in forests in a reasonable time. In our previous research, we discuss methods for automatically reconstructing a huge number of trunk shapes from large-scale point-clouds. In this paper, we calculate several parameters of tree shapes and evaluate their accuracy. In addition, we discuss a general format of tree shapes, which are represented based on generalized cylinders.

Key words: Point-Cloud, Point Processing, Terrestrial Laser Scanner, Tree Modeling, Forest Reconstruction, Forest Management

1. 序論

森林に存在する樹木の育成状況を詳細に把握するためには、樹木に関する多くのバイオマスパラメータを調査する必要がある。これらバイオマスパラメータは樹木の持つ遺伝子の解析に応用することが可能なため、樹木の形状パラメータ調査に注目が集まっている[1]。

樹木のもつ遺伝子と実際の発現形質の関係を特定するためには、膨大な数のサンプルを用意して形状の計測を行い、遺伝子との対応関係を解析する必要がある。樹木は各個体が大きいために計測コストが高く、膨大な数の個体に対して直接パラメータを計測することは時間的にもコスト的にも現実的ではない。そこで、近年普及が進んできたレーザスキャナによる3次元計測によって、樹木のもつバイオマスパラメータを高速かつ自動的に算出する手法が提案されている。

本研究ではすでに、地上型レーザスキャナによって得られた複数の大規模点群から、切断形状を利用して高速かつ精密に樹木の幹モデルを自動で算出する手法を示した[2][3][4]。前報では胸高直径と樹高についての検証を行った一方で、再構成した幹モデルを用いたパラメータ計測の検証が十分とは言えなかった。また、幹モデルは自身の軸と断面形状によって定義される一般化円筒形式で得られたが、一般化円筒による具体的なモデルが定義されていなかった。実際に樹木のもつパラメータを用いて解析を行うにあたっては、樹木の一般化円筒モデルを詳細に記述する形式を用いてモデルを出力し、モデルデータの共有や蓄積を効率的に行うことが必要と考えられる。

そこで本稿では、前回検証しなかった胸高直径以外の高さにおける幹モデルの精度検証と、幹曲がりと根曲がりに関するパラメータの算出法の考察とその結果について示す。また、大規模点群データの解析から得られた樹木の幹モデルを記述するための、専用のフォーマットについての考察を行う。

2. 幹モデルを用いたパラメータ計測

幹は樹木の木材としての体積の大半を占めるため、林業においては非常に重要な部分である。そのため精密な計測を求められるパラメータも多い。単純な体積だけでなく、求めている形の形状を切り出せるかどうかを判断するパラメータも重要である。その中でも樹木の通直性を表す幹曲がりと根曲がりのパラメータは、材木の価値を判断する上で重要であるため、本稿ではこれらについて有効な分類が可能かどうかを検証する。

2.1. 根曲がりの分類

図1(a)に示すように、斜めに生えたのちに直立するような幹の形状がみられることがある。その際、直立するまでの高さである湾曲部高は個体ごとに異なり、これを用いて根曲がりの度合いを分類する。今回はこの湾曲部高が120cmより大きい場合(1):、120~60cmの場合(2):、60cm以下の場合(3):、採材に支障なし(4):、通直(5)として分類を行った。ここでは根元から順に幹の軸ベクトル

をたどり、鉛直なベクトルとなす角度が10度を最初に下回った位置を湾曲部高として算出した。

2.2. 幹曲がりの分類

幹曲がりとは図1(b)に示されるように幹部分の湾曲具合を示すパラメータであり、ここでは樹木の輪郭が持つ矢高 d を用いて分類する。1m高における半径を r としたとき、 $d \geq 2r$ の場合(1): $2r > d > r$ の場合(2): $d \leq r$ の場合(3): 採材に支障なし(4): 通直(5)として分類を行った。ここではまず1m高と5m高における軸上の点より線分を与え、最もこの線分から距離が離れた軸上の点を通る位置において矢高 D を算出した。

2.3. 評価実験

地上型レーザスキャナ HDS7000 を用いてスギ林で計測された点群データ(5計測, 6億点)について幹形状のモデル化を行い、輪尺を用いて地上高さ1mから4mまで1mきざみに実測した円周値

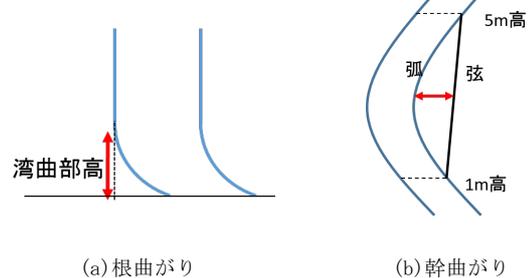


図1 幹の通直性に関する指標

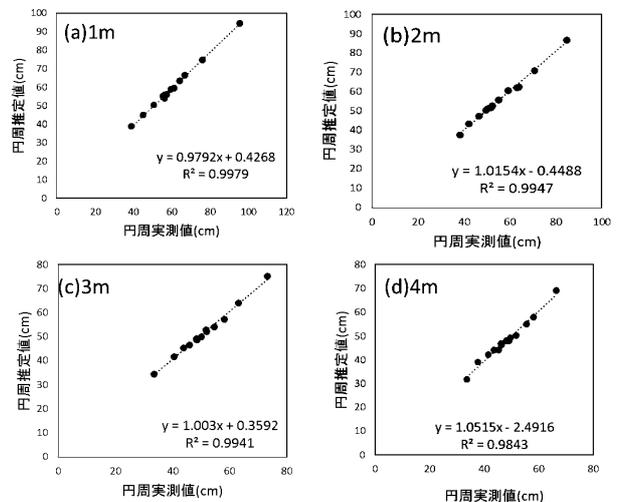


図2 円周長さの推定と評価

との比較を行った。今回は幹のモデル化の際、最小二乗法を用い

た楕円フィッティングによって断面をあてはめ、楕円周の長さは短径と長径の平均値を半径とした真円の円周として近似的に算出した。この時の結果をそれぞれ図2に示す。いずれの高さにおいても、実測値と推定値の回帰直線における決定係数(R^2)を算出すると、十分に実用的な推測値が得られていることが確認できる。

次に通直性の推定を行った。図3には湾曲部高さを算出した例、図4には矢高を算出した例を示す。それぞれ根曲がりとは2、幹曲がりは1という評価が得られた。

3. STMフォーマットによる幹情報の保存

樹木の幹構造を記録するために、一般化円筒形式で幹のモデル情報を保持するデータフォーマットについての考察を行う。ここではそのフォーマットをSTMフォーマットと呼称する。

3.1. 一般化円筒形式の幹モデル

一般化円筒とは、ある軸 $C(t)$ と、軸に沿って配置された断面形状 $R(t, \theta)$ によって定義される一般化された円筒である。樹木のモデル化には単純な円筒が用いられることが多いが、地上型レーザスキャナによって得られる高密度の形状情報を可能な限り保存したまま扱うには、一般化円筒による柔軟な表現が有効であると考えられる。STMフォーマットでは、ある点列を通る軸と、点列上の各点を通る断面の形状により一般化円筒を表現する。

3.2. 断面の表現

本研究の手法では、等間隔の水平面で切断を行った際の断面形状を円弧で近似し、連続した円弧の中心を辿る直線を軸とした一般化円筒表現としていた。STMフォーマットではより一般的な断面の形状を保持するために、図2に示すような4種類の断面表現を用途に応じて切り替えることを考える。いずれの断面も、軸が通過する中心の座標に加え、断面の法線ベクトルと、断面における2次元形状のうちいずれかを保持する。

図2(a)は最も簡素な、直径 D の円によって定義される断面形状である。一方で、樹木の断面はたいていの場合、円よりは楕円形状によってよく近似される。そのため図2(b)のような長径と短径、そして長径方向のベクトルによって定義される楕円も断面として有効である。断面形状をさらに詳細に保存したい場合は、図2(c)と(d)に示されるような、扇形や点列による表現が有効である。(c)の扇形は、中心座標周りに順に並んだ点列によって表現される。これにより、円や楕円では表現できなかった複雑な凹凸が表現可能になる。また、さらに複雑な断面を定義したい場合には、(d)の点列表現を用いるようにする。

3.3. 分岐構造の表現

多くの樹木は幹の分岐を含み、その途中や末端ではさらに枝へと分岐することになる。そのため樹木の形状を正確にモデル化する上では、分岐の表現は不可欠である。今回のような一般化円筒表現では、同一の断面における中心座標は図2に示す定義によってただ一つ与えられるため、一つの断面に二つ以上の幹の断面は含まれない。

そのためSTMフォーマットでは図5に示すように、分岐した幹を別個の一般化円筒に分割し、各幹をノードとしてツリー構造を構築することで、分岐を含む幹モデルを構成する。ここでは各ノードが自身の親ノードを保存し、親のないノードを根として扱う。

以上のように、一般化円筒の軸、断面形状、分岐を表現することで、一般的な幹モデルの再現が可能な記述が得られる。

4. まとめ

本稿では点群データから再構成した幹モデルを用いて、高さごとの円周、根曲がり、幹曲がりについて評価を行い、円周についてはよい推定結果を得られることを示した。

また、幹の形状モデルを適切にデータベース化するために必要なファイルフォーマットの構造について考察を行った。

今後は、今回得られた樹木の通直性の評価が妥当であるかどうかを詳細に検討するとともに、葉や枝を含めた樹木のパラメータ

抽出についても評価を行う予定である。



図3 湾曲部高さを算出例



図4 矢高Dの算出例

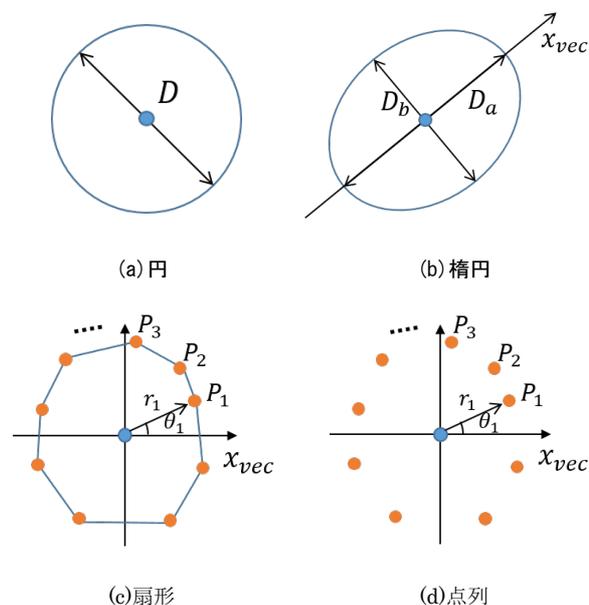


図4 断面形状の種類

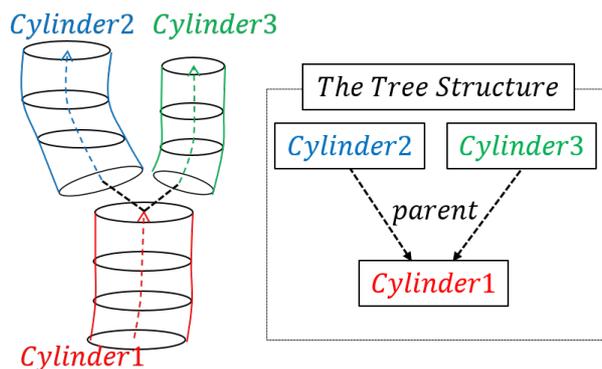


図5 分岐構造の表現

参考文献

[1] 平岡裕一郎, 高橋 誠, 渡辺敦史: 材木育種における地上LiDAR計測の応用—スギ精鋭樹F₁家系における樹幹形質の評価—, 日林誌(2015)97:29-295
 [2] 齋藤 和人, 丹羽 健, 増田 宏: 三次元計測点群に基づく樹木の形状再構成, 精密工学会秋季講演会 2015
 [3] 齋藤 和人, 丹羽 健, 増田 宏: 三次元計測点群に基づく樹木の形状再構成 第2報, 精密工学会春季講演会 2016
 [4] 齋藤 和人, 増田 宏: 三次元計測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