

# 森林の大規模点群データからの樹幹検出

○齋藤 和人<sup>†</sup>, 増田 宏<sup>†</sup>

<sup>†</sup>: 電気通信大学院 情報理工学研究科 h.masuda@uec.ac.jp

<キーワード> 点群処理, 森林管理, 形状再構成

## 1 概要

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。特に個々の樹木における樹高や幹の胸高直径、テーパ、幹曲がりに関するパラメータは、樹木の材木価値に関わるために重要である。しかし、森林内のすべての木に対して直接計測を行うとコストがかかる。さらに高所部分の計測にはしばしば伐採を必要とするため、成長の経過を記録することが難しくなる。そのため近年では、レーザスキャナを用いて森林内部における三次元点群データを非破壊的に収集し、三次元形状処理によって樹木のパラメータを算出する手法が注目されている[1]。

本研究の目的は、地上型レーザスキャナによって得られた森林の大規模な三次元点群データを、各樹木の骨格に沿って配置された一般化円筒を用いてモデル化し、樹木のパラメータを抽出することである。

森林内部における幹形状の算出においては、大量の樹木が密集していることによるオクルージョンの発生

が問題となる。そのため複数の計測をマージして処理する必要があるが、マージすることにより点群数が膨大となり、実用的な時間で処理することが難しい。

本報告では、一般に材木として利用される針葉樹について、大規模三次元点群に基づき、樹木の断面形状を推定することによって高速な幹形状のモデル化を行なう手法について述べる。

## 2 概要

本手法では、まず幹を構成すると考えられる点群を抽出し、それから幹のモデル化を行う。処理の流れを図1に示す。

地上型レーザスキャナによって得られた点群は、計測順に並べることで図2に示すような全周パノラマ画像に展開することができ、これを距離画像という。距離画像上では点群の隣接関係が保存されており、本研究ではこの性質を利用し高速な点群の分割・切断を行う。

## 3 幹点群の抽出

### 3.1 地面点群の除去

ここでは森林内部における点群を、幹の点群・葉の点

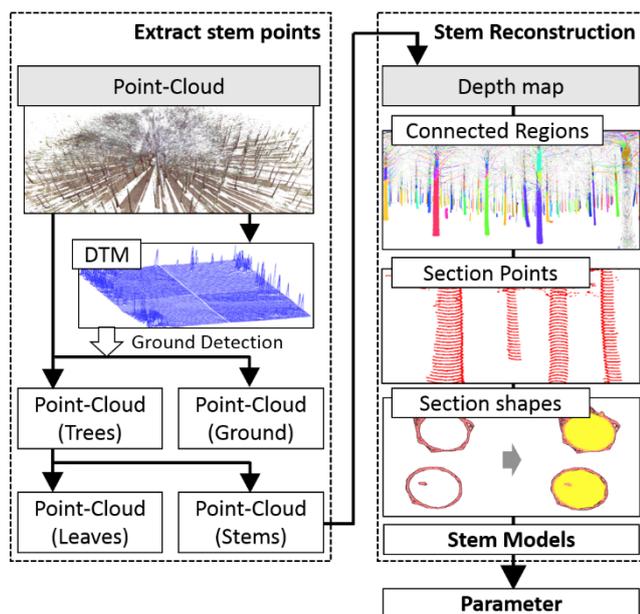


図1 処理の流れ



図2 距離画像（色は反射強度値）

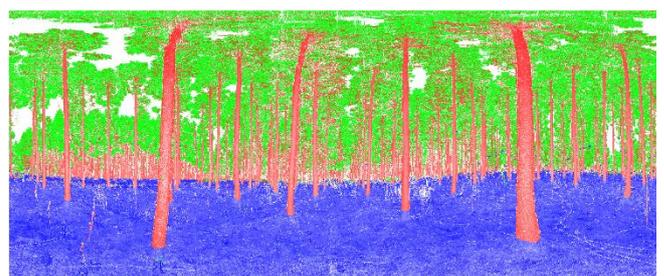


図3 点群の分類（緑:葉, 赤:幹, 青:地面）

群・地面の点群に分類する。ここから幹の点群を抽出し、幹形状のモデル化に利用する。

まず、グリッド状の Digital Terrain Model(DTM)の算出により地表をモデル化する。次に地表から 30cm 以内の点を下層植生・地面を構成する点として除去する。

### 3.2 枝点群の除去

次に、反射強度を利用して葉の点群と幹・枝の点群を分離する。点群には座標値とともに反射強度値が与えられているが、葉と幹は表面性状や色が異なるために、レーザの波長によっては区別に十分な反射強度の違いを示す。本手法では2値化のアルゴリズムを用いて閾値を算出し、閾値より反射強度が大きい点を幹・枝の点、反射強度が小さい点を葉の点として分類する。以上の処理により点群を分離した例を図3に示す。

## 4 幹のモデル化

### 4.1 切断点の生成

次に幹のモデル化手法について示す。

まず、領域成長法を用いて点群を連結領域に分割する。ここでは距離画像上で隣接する 2 点間の距離が十分に小さい場合、2 点を隣接したものとして扱う。

次に、等間隔に配置された水平面を用いて、各連結領域との交点を算出する。すべての計測データにおいて交点を算出した後、同じ高さで切断して生成された交点を同一平面上に投影し、計測データの統合を行う。

### 4.2 断面形状の推定

前項で生成した交点集合は、幹の断面形状、すなわち断面点を表していると考え、これらの点集合から幹の断面形状を推定する。本研究では針葉樹を扱うため、断面は円弧で表現できるものとする。

次に各平面についてドローネー三角形分割を適用し、各切断点を辺で接続する。次に辺の長さが閾値を上回るものを削除し、連結したグループに分割する。ここで各グループに対し、RANSAC 法による円弧の検出を行う。これをすべての切断面に対して適用し、各高さにおける幹の断面形状の集合を得る。

### 4.3 幹のモデル化

最後に、前項で得られた幹の断面形状を用いて幹モデルを再構成する。まず、切断面同士の幅が十分に小さい場合、同じ幹を構成する断面が近くに存在すると仮定する。また、断面が幹モデル上で連続している場合、半径の変化は十分に小さいと仮定する。これら二つの

仮定を利用して円弧を接続する。

まずすべての円弧について、下方向に自身の親となる円弧をただひとつ探索する。親となる円弧が見つからない場合、その円弧を幹の根とする。次に、すべての根から子方向に探索を行い、最も高い位置にある円弧と根の高さの差が閾値以上であれば、それを樹木の幹とみなし、幹のモデルとして扱う。

## 5 結果

今回検証に用いたデータは、地上型レーザスキャナ HDS7000 を用いてスギの研究林内部で計測を行ったものである。計測は 5 回行い、点群数は約 6.4 億点であった。また、点群の切断間隔は 10cm とした。

(検証 PC: Ubuntu, Intel Core i7-5960X 3.00GHz, 64GB)

幹点群の抽出には 13.4 秒、幹モデルの算出には 66.8 秒を要した。モデル化された幹の例を図4に示す。

次に精度検証として、点群の計測範囲内における 26 本の樹木について胸高直径を算出し、実測値と比較を行った。ここでの二乗平均誤差は 4.9mm となった。なお実測値の分布は  $20.8 \pm 8.9\text{cm}$  の間であった。

## 6 考察

幹モデルの抽出時間は十分に実用的な範囲であり、また生成されたモデルも、胸高直径については十分な精度が出ているといえる。一方、特に樹木の高い位置において、風によって幹が揺れることで正確なモデルが算出できない場合があった。

## 7 まとめ

大規模な三次元点群から、幹の断面形状を推定することによって幹のモデルを高速に算出し、精度のよい胸高直径パラメータを取得する手法について提案した。

今後は、断面を円弧以外でモデル化することで、より実物に近い幹のモデルを生成することを検討する。

### 参考文献

- [1] 加藤顕, et al. "レーザーリモートセンシングの森林生態学への応用." 日本森林学会誌 96.3 (2014): 168-181.

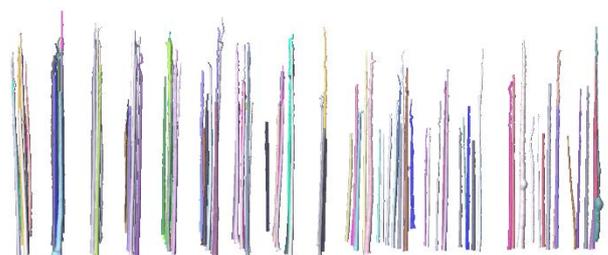


図 4 幹モデル