

地上型レーザスキャナによる森林バイオマス推定

日本大学工学部情報工学科 ○溝口 知広, 小林 義和, 白井 健二
要旨

本研究では, 森林による二酸化炭素吸収量評価のため, 地上型レーザスキャナによる森林計測データからバイオマスを高精度に推定可能な手法の開発を目的とする. 本報では, 点群密度分布を利用して計測データを樹木毎に分類するセグメンテーション手法, 及びバイオマス推定に必要な各樹木の樹高と胸高直径の自動推定手法を提案し, その有効性を検証する.

1 緒 論

森林による二酸化炭素吸収量評価のため, 森林バイオマスを高精度に推定可能な技術が強く要求されている[1]. このバイオマス推定は航空写真や衛星データを用いて行われているが, 広範囲を評価できるというメリットがあるものの, 精度の点では問題がある. そのためこの広範囲推定結果の裏付けや補正の目的のため, 地上にて人手により樹木毎の高精度なバイオマス推定も行っているが, これには多大な時間と労力を要している. この問題解決のため近年では, 地上型レーザスキャナにより取得した森林の計測点群データよりバイオマスを推定する研究が行われているが, 自動化率や推定精度には課題が多い[2].

本研究では, 地上型レーザスキャナにより取得した森林の計測点群データより, 森林バイオマスを自動推定可能な手法の開発を目的とする. そのためまず, 点群中の樹木をそれぞれ認識するため, 点群密度分布を利用したセグメンテーション手法を提案する. さらに得られた各樹木のデータより, バイオマス推定に必要な樹高と胸高直径を自動推定可能な手法を提案する. 実計測データに対する実験より, その有効性を検証する.

図1に本研究でテストサイトとした苫小牧市にあるアカエゾマツ林を, 図2にはその計測点群データを示す. こちらの点群データは, 一般的な地上バイオマス推定領域である20m×20mの範囲を対象とし, 範囲内外の合計5か所から計測を行い, マーカーを利用して1つに統合したものである. 合計点数は約6,000万である.

2 点群密度分布を利用したセグメンテーション

計測データ中の点密度は樹木が存在する箇所ではその周辺と比べると高くなる. 本手法ではこの性質を利用し, 計測点群データを樹木毎にセグメンテーションする.

(2-1)密度分布画像の作成: 計測データ中の各点 p_i を, 図3(左)のように z 方向に平行な平面上に投影する. 次にこの平面をグリッド分割した画像 $I(u,v)$ を用意し, 投影点 p_i の x,y 成分より対応するピクセル座標 (u_i, v_i) を見つけ, 各ピクセル内の点数を数える. ピクセルサイズは $0.1\text{m} \times 0.1\text{m}$ に設定した. これにより図3(中)に示すような密度分布画像を作成する.
(2-2)スムージングと局所最大ピクセルの抽出: 次に, 得られた画像 $I(u,v)$ に対してラプラシアンスムージングを複数回適用する. 本手法では10回適用した. さらに, 図3(中)に示すように, スムージング後の点数が局所最大となるピクセルを抽出し, それぞれに固有のラベルを持たせておく.
(2-3)セグメンテーション: 最後に各 p_i から全局所最大ピク



図1 テストサイトのアカエゾマツ林

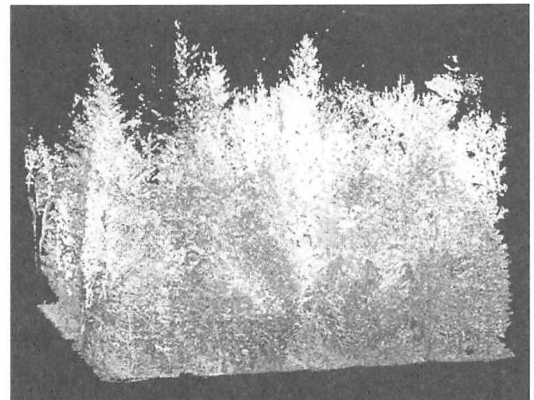


図2 地上型レーザスキャナによる計測点群データ

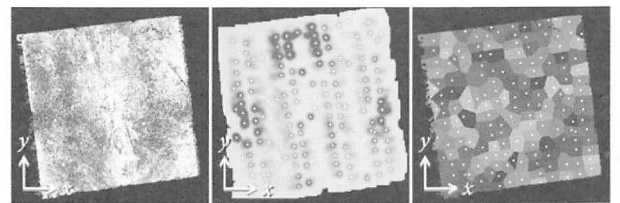


図3 セグメンテーション: (左)平面投影した点群データ, (中)密度分布画像と局所最大ピクセル(白色), (右)セグメンテーション結果.

セルのうちで最も距離が近いピクセルを探索し, そのピクセルの持つラベルを p_i にも割り当てることで, 図3(右)と図4に示すようにセグメンテーションを行う.

3 樹高と胸高直径の自動推定

本手法では, セグメンテーションより得られた樹木毎の点群データを入力とし, 樹高及び胸高直径を自動推定する.

(3-1)樹高の推定: データ中の各点の z 成分の最小値と最大

値を探索し、その差分を樹高として推定する。

(3-2)胸高直径の推定：胸高直径とは一般に地上から1.3mの高さの幹の直径のことを言う。これを点群データ中から算出するため、まず1.3mを基準に、 z 成分が $\pm \Delta h$ の範囲内にある部分点群を抽出する。本研究では $\Delta h=0.3m$ に設定した。次にこの部分点群を x - y 平面に投影する。図6(左上)に示すように、幹に相当する部分点群が円弧を形成していることがわかる。次にこの枝部分をも含んだ投影点群から、RANSAC法を用いて幹部分のみを抽出する。ここではランダムに3点を選択し、3点から円弧を決定し、この円弧から一定距離 r 内にある点数を数える。この処理を十分な回数繰り返し、距離 r 内の点数が最も多かった円弧と、この円弧から r 内にある部分点群を抽出する。本実験では $r=10mm$ に設定した。最後に得られた部分点群に円柱を最小二乗法で当てはめ、その直径を胸高直径として算出する。

4 実験結果

図4にセグメンテーション結果の例を示す。図2の計測データを目視で確認したところ、合計136本の樹木があった。一方で図4に示す結果では、合計160個のセグメントが抽出された。そのうち111個では、図5(a)に示すように1本ずつ樹木の幹部分が含まれており、セグメンテーションに成功した。残りの49個では、図5(b,c)のように1つのセグメントに2本、または3本の樹木が含まれていたり、逆に図5(d,e)のように幹部分が含まれず枝や葉の部分のみしか抽出できていない場合もあった。

図6に、胸高直径推定結果の一例を示す。左上図には投影点群上で抽出した円弧上の点群を赤色で、左下図にはこれを3次元点群上で表示した結果を、右図には抽出点群に対して当てはめた円柱モデルを示す。図4の結果のうち、幹が1つずつ含まれていた111個のデータに対しては、ほとんどの場合に正しく当てはめが行えることを確認している。当てはめ精度検証のため、本大学キャンパス内の10本の樹木を対象に、樹木の計測データに当てはめた円柱の直径と、手作業で測定した胸高直径とを比較した。その結果、計測データの位置合わせが高精度に行われている場合には1cm程度の誤差で当てはめが行えることが確認できた。逆に位置合わせ精度が低い場合には、最大で5cm程度の誤差が確認された。

樹高の推定に関しては詳細な検証は行っていないが、計測地点から見て奥にある樹木では、手前の樹木に遮られ、樹冠部最高点が計測できておらず、樹高の推定が正確に行えない場合もあった。これについては今後、他の装置によるデータ取得の検討も必要であると考えている。

5 結論と今後の課題

本報では、地上型レーザスキャナを用いた森林バイオマス推定を目的とし、計測データのセグメンテーション手法及び樹高と胸高直径の自動推定手法を提案し、その有効性を検証した。今後は得られた樹高と胸高直径からバイオマスを算出し、衛星データからの推定結果と比較検証を行う予定である。さらにインタラクティブなセグメンテーション手法、及び樹幹全体のモデリング手法の開発に取り組む。

謝辞

この研究は、平成22年度、23年度日本大学学術研究助成金(総合研究)、科学研究費補助金(23710180)の支援のもとで行われました。レーザ計測にあたっては、リーグルジャパンの松田様、佐々木様にご協力を頂きました。

参考文献

- [1] 富士ら、「高解像度デジタル航空写真とLiDARデータによるDTMを組み合わせたカラマツ林の現況推定」、日本森林学会誌, 90(5), pp.297-305, 2008.
- [2] X. Liang *et al.*, "Automatic Stem Mapping Using Single-Scan Terrestrial Laser Scanning," IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 50(2), pp.661-670, 2012.

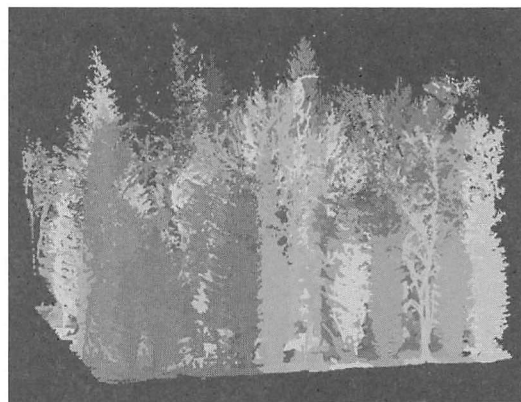


図4 セグメンテーション結果

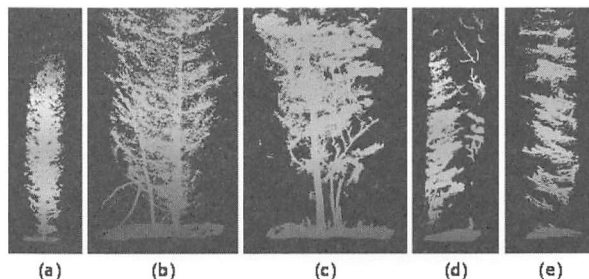


図5 セグメンテーションの成功例と失敗例

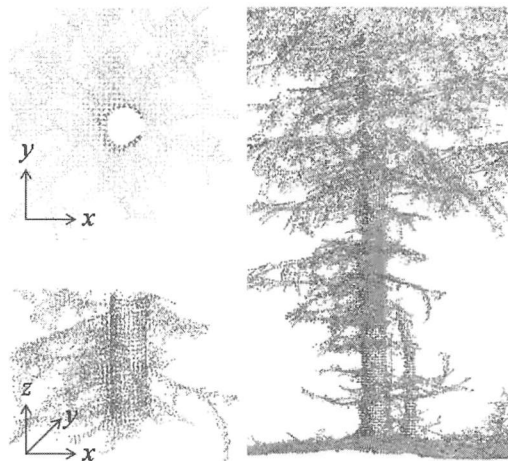


図6 胸高直径の推定：(左上)2次元投影点群と認識した円弧上の点(赤色), (左下)3次元点群と認識した円筒面上の点, (右)当てはめた円柱(青色)