

航空レーザ計測データによる河道内樹木群の密度の推定

土木研究所流域生態チーム

手塚透吾, 溝口裕太, 崎谷和貴

国土交通省中国地方整備局河川部

斉藤展弘

1. 序論

気候変動に伴う水災害の増加が懸念される昨今, 流下能力を左右する河道内植生の管理や, それを支えるモニタリングの重要性が高まっている. 近年, 林業分野では, 航空レーザ計測 (Airborne Laser Scanning ; 以下, ALS) データと局所最大値フィルタリング (Local Maximum Filtering ; 以下, LMF) によって, 樹木 1 本ごとの状態把握に基づく, 森林資源管理の効率化が進んでいる¹⁾. また, 河川分野では, 定期縦横断測量として ALS が実施されているため, 林業分野の技術を導入することで, 河道内の植生モニタリングの効率化が期待できる.

本報では, 樹頂点の抽出手法である LMF について, 河道内での適用例^{2,3)}が増えている竹林を対象に, 入力データの作成, 樹頂点の抽出原理, 抽出精度の検証を含む, 同手法の一連の流れを紹介する. また, LMF では, パラメータである探索範囲 (Window Size ; 以下, WS) が樹頂点の抽出精度を左右するため²⁾, 適切に WS を設定することが重要となる. そこで, 設定する WS によって樹頂点の抽出精度がどのように応答するのか, WS の制約要因である入力データの空間解像度の違いによる影響を含め, 理解を深める.

2. 材料と方法

2.1 現地調査

江の川水系江の川 (43kp) においてモウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) が優占する竹林に 2 箇所の方形区 (10m×10m) を設置し, 立竹位置の調査 (2021 年 12 月 21~22 日) を実施した^{2,3)}. 林冠を構成するタケのうち, 方形区に干渉するタケの立竹位置と樹冠形状, 稈本数を記録し, LMF で抽出される樹頂点の検証データとした. さらに, 記録した稈本数を樹冠の総面積で除し, 100m²あたりの稈密度 (以下, 実測稈密度) として算出した.

2.2 LMF の入力データの作成

LMF の入力データは, 数値表層モデル (DSM) とし, 本報では 2021 年 11 月 18 日に取得した ALS データを用いて作成した³⁾. なお, ALS データの陸部における点密

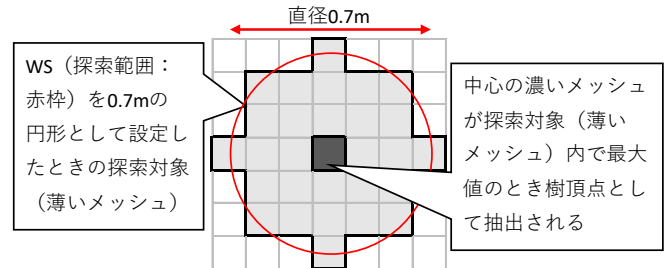


図-1 LMF の概略図 (入力データが 0.1m/pixel の例) (参考文献²⁾より引用)

度の平均は 26.5 点/m²であった. また, 0.1 および 0.5m/pixel の 2 つの空間解像度 (以下, DSM-01, DSM-05) を持つ DSM を入力データとすることで, 樹頂点の抽出精度に与える空間解像度の違いを比較した.

2.3 樹頂点の抽出

樹頂点の抽出手法である LMF は, 入力データの DSM に対して, 極大値を抽出する探索範囲 (WS) を設定し, その円形 WS の中心に最大値を持つ pixel を探索するものである^{2,3)} (図-1). 本報では, 樹頂点の抽出精度を左右する WS を定数として扱い, 0.3~2.0m (0.1m 間隔) の範囲から抽出精度が高まる最適な WS を検討した.

2.4 樹頂点の抽出精度

樹頂点の抽出精度は, 既往研究^{2,3)}に基づき, 再現率 (r) と適合率 (p) の調和平均である F 値から評価した (式 1~3). なお, 抽出 (True Positive : TP) は, 樹冠 1 つに LMF による樹頂点が正しく 1 つ抽出されたタケ, 未抽出 (False Negative : FN) は, 樹冠 1 つに樹頂点が 1 つも抽出されなかったタケである. また, 樹冠 1 つに複数の樹頂点が抽出された場合は, 最も高い樹頂点を抽出 (TP) とし, その他の樹頂点は誤抽出 (False Positive : FP) とした. すべての WS について F 値を求め, その値が最大のものを最適な WS とした.

$$r = TP / (TP + FN) \quad (1)$$

$$p = TP / (TP + FP) \quad (2)$$

$$F = (2 \times r \times p) / (r + p) \quad (3)$$

2.5 稈密度の推定

稈密度は樹頂点の総数 (TP+FP) を樹冠の総面積で除

すことで 100m²あたりの稈本数（以下、推定稈密度）として推定した。また、推定稈密度を実測稈密度で除すことで、稈密度比を算出した。

3. 結果と考察

3.1 樹頂点の抽出

樹頂点の抽出精度である最大の F 値は、**図-2** のように DSM-01 と DSM-05 でともに 0.63 となり、空間解像度に依存しない結果であった。また、 F 値が最大となる WS は、DSM-01 で 1.4m、DSM-05 で 1.0~1.4m となり、DSM-05 は最適な WS に幅を持つことがわかる。さらに、DSM-05 の F 値は、WS が 0.9~1.0m、1.4~1.5m、1.9~2.0m の間で離散的に変化した。これは、LMF による樹頂点抽出の原理から明らかなように、pixel サイズよりも大きな WS を設定しなければ、抽出結果に有意な違いが生じないことを意味する。具体には、円形 WS を用いた場合、空間解像度が 0.5m の DSM-05 では、WS を 1.0m、1.5m のように 0.5m ごとに変化させなくてはならない。

3.2 稈密度の推定

現地調査における実測稈密度は 56.8 本/100m² となった。最適な WS において、LMF による推定稈密度は DSM-01 で 52.8 本/100m²、DSM-05 で 70.8 本/100m²、稈密度比は、DSM-01 で 0.93、DSM-05 で 1.25 (**図-3**) となった。このように、DSM の空間解像度が高いために、細やかに WS を設定できる DSM-01 の方が推定稈密度は実測値に近く、推定精度は高いことがわかる。なお、最適な WS における両 DSM の F 値は 0.63 と同値であったが、稈密度の推定精度は、DSM-01 で -7%、DSM-05 で +25%と差があった。**図-3** のように、稈密度の推定精度は r と p が釣り合う WS で高まるため、このときの未抽出 (FN) と誤抽出 (FP) は、式 1 と 2 から明らかなように釣り合うことになる。そのため、 FN と FP の差が小さい DSM-01 の方が稈密度の推定精度は高まった。なお、両 DSM の F 値が同値であったのは、DSM-05 の抽出 (TP) が大きかったことに起因する。また、稈密度の推定精度が最大になる WS は、DSM-01 で 1.3m、DSM-05 で 1.0~1.4m となり (**図-3**)、最適な WS と同程度であった。

4. 結論

河道内の竹林を対象に、空間解像度が異なる 2 つの DSM を作成し、LMF を実行することで樹頂点の抽出を試みた。その結果、立竹位置の推定精度である F 値は、DSM-01 と DSM-05 とともに最大で 0.63、そのときの最適

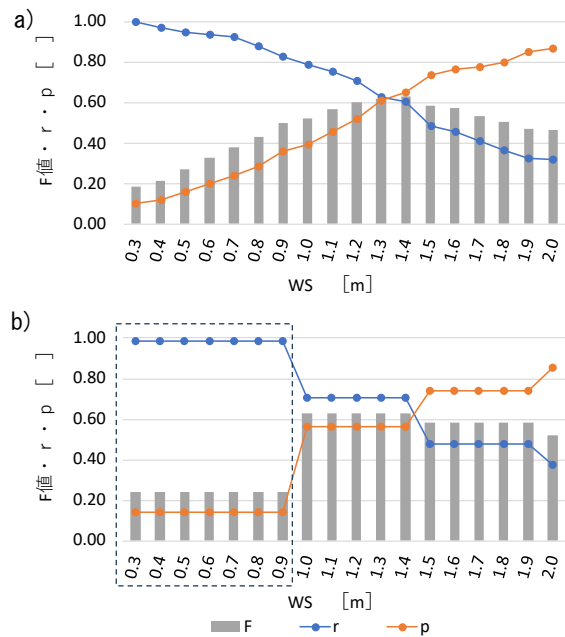


図-2 a) DSM-01 および b) DSM-05 における F 値、 r 、 p (a) は、参考文献²⁾の図を編集し作成、b) の破線枠部分は参考値)

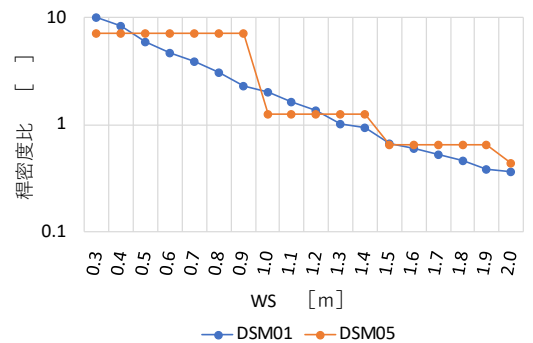


図-3 DSM-01 および DSM-05 における稈密度比

な WS は、それぞれ、1.4m と 1.0~1.4m であった。

稈密度は、最大の F 値となる最適な WS において、-7~25%ほどの推定精度であった。とりわけ、DSM の空間解像度が高いために、細やかに WS を設定できる DSM-01 の方が稈密度の推定精度は高まった。

謝辞

本研究の一部は、河川基金助成事業 (2023-5211-011) により実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 林：日本リモートセンシング学会誌, 40, pp.2-12, 2020.
- 2) 手塚ほか：土木学会論文集 B1(水工学), 78, pp.I_853-I_858, 2022.
- 3) 溝口ほか：河川技術論文集, 29, pp.49-54, 2023.