

航空レーザ計測データによる河道内に繁茂する竹林の水理パラメータの推定

土木研究所流域生態チーム

溝口裕太, 手塚透吾, 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

近年、林業分野では、樹木1本ごとの位置や樹高を推定する樹頂点位置の抽出手法が針葉樹人工林の資源管理に導入されるなど、航空レーザ計測 (Airborne Laser Scanning; 以下, ALS) に関する技術の実装が進んでいる。また、河川分野では、ALSによる定期縦横断測量が実施され、精緻な地形取得が容易になった。しかしながら、流水抵抗となる樹木群の把握など植生管理への活用については研究開発の途上であり、林業分野の樹頂点抽出手法の援用による精緻な植生情報の効率的な取得に対する期待は大きい。

そこで、本報では、河川にみられる樹木群のうち高密度に繁茂するタケ類 (水理学的な挙動を考慮し、本報では樹木として扱う。) を対象に、樹頂点抽出手法の一つ、局所最大値フィルタリング (Local Maximum Filtering; 以下, LMF) を ALS データに適用することで、植生に関する水理パラメータである透過係数を求め、その推定精度について考察を深める。

2. 材料と方法

2.1 現地調査

江の川水系江の川 (43kp) の竹林に設定した2箇所の方形区 (10m×10m) を調査地とし、立竹位置の調査 (2021年12月21~22日) と、伐採後の稈長の計測 (2022年2月15日~22日) を実施した¹⁾²⁾。調査地は、モウソウチク (*Phyllostachys pubescens*) が優占し、積極的な管理がされずに稈密度が高まった竹林であった。ここでは、調査地内に根本のあるすべてのタケにナンバリングを施した上で、林冠を構成するタケとそれ以外 (林冠下のタケ) において立竹位置と胸高直径を記録し、検証データとした。

2.2 樹頂点抽出

LMFによるタケ1本ごとの稈長と竹林の稈密度の推定を試みた。LMFの入力情報である数値表層モデル (DSM) には、2021年11月18日に取得したALSデータから生成した空間解像度0.1m/pixelのラスタデータを用いた²⁾。LMFの原理は既往研究¹⁾に譲るが、同手法では、DSMの極大値を抽出する探索範囲 (Window Size ;

以下, WS) を指定しなければならない。本報では、モウソウチク林での稈密度の推定精度が最大となった1.3mのWSを設定した²⁾。なお、稈長はLMFにより抽出された樹頂点の位置でのDSMと数値標高モデル (DEM) の差、稈密度は樹頂点の総数を調査地の面積で除すことで100m²あたりの稈本数として推定した。

2.3 水理パラメータ推定

水理パラメータである透過係数 $K^3)$ は、式(1)のようにタケ1本ごとの稈長 h_t と胸高直径 d 、竹林の稈本数 N と面積 A から求まる。本報では、現地調査で記録した実測値から求めたものを透過係数の実測値、樹頂点抽出 (2.2) の結果から求めたものを推定値とした。なお、透過係数の推定値の計算には、式(2)のアロメトリー式⁴⁾にLMFによる推定稈長を代入して求めた胸高直径を用いた。

$$K = 1/\sqrt{a_w C_D / (2g)} \quad (1)$$

$$d = 1/(1/(3.068h_t) + 1/29.311) \quad (2)$$

ここに、 a_w : 単位体積の流体塊あたりのタケの投影面積 (Na/Ah_t)、 C_D : 抗力係数 (=1.0)、 a : タケ1本あたりの総投影面積 ($h_t d$) である。

また、LMFのWSとして1.2, 1.4m (最適WS±0.1m) を用いた場合に、透過係数がどのように応答するかを明確にするとともに、抗力係数として1.1, 1.2を用いた場合の透過係数の応答と比較した。

3. 結果と考察

3.1 稈密度

調査地における林冠を構成するタケの実測稈密度は、表-1のように57.5本/100m²、推定稈密度は58.0本/100m²であり、高い推定精度となった²⁾。なお、林冠下のタケを含む竹林全体の実測稈密度は73.0本/100m²であり、推定稈密度は15本/100m²ほど小さい。透過係数のように、林冠下を含む竹林全体の稈密度の推定が目的の場合には、LMFによる樹頂点抽出では、実測値よりも小さく推定されることに留意しなければならない。

3.2 透過係数

透過係数の実測値は、表-1のように林冠を構成するタケのみでは16.3m/s、林冠下を含む竹林全体では14.8m/sとなった。利根川、渡良瀬川などの水理計算で

表-1 調査地におけるタケの生育状況と水理パラメータの実測値および推定値（稈長、胸高直径、稈密度は既報²⁾から引用）

	実測（現地調査）			推定（LMF） ^e
		林冠	林冠下	
稈長 ^a [m]	15.6 ± 2.4	16.3 ± 1.9	13.2 ± 2.8	18.0 ± 1.2
胸高直径 ^a [cm]	12.3 ± 1.9	12.8 ± 1.5	10.5 ± 1.9	15.6 ± 3.1
稈密度 [本/100m ²]	73.0	57.5	15.5	58.0
a _w ^b , χ ^c [m ⁻¹]	0.090	0.074	—	0.090
K ^d [m/s]	14.8	16.3	—	14.7

a 平均 ± 標準偏差
 b 単位体積の流体塊あたりの植生の投影面積
 c 植生の密度パラメータ
 d 透過係数
 e 林冠を構成するタケを推定の対象とする

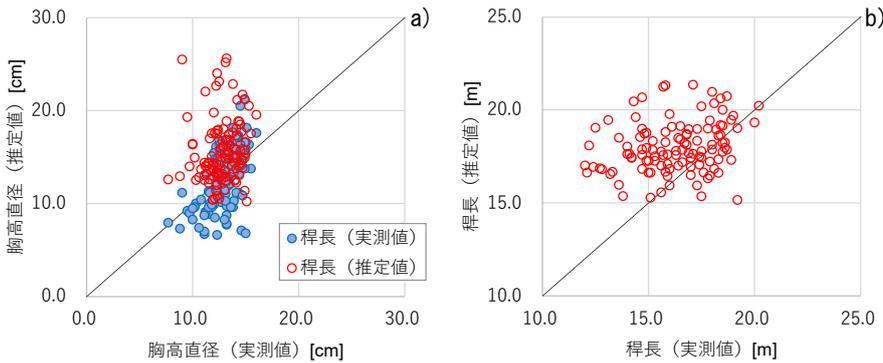


図-1 タケの a) 胸高直径と b) 稈長の実測値および推定値

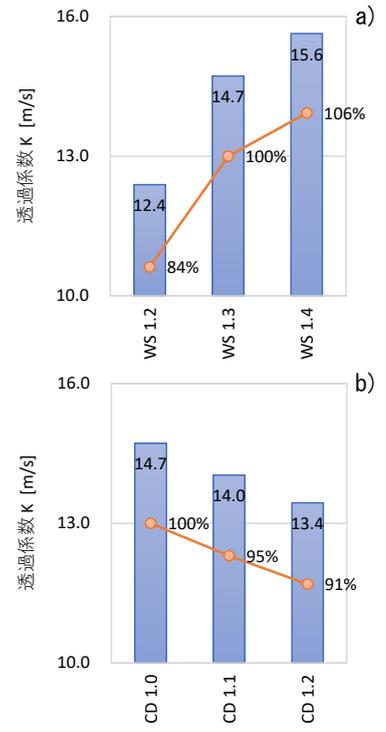


図-2 透過係数の推定における a) Window Size (WS) と b) 抗力係数 C₀ の影響

設定された透過係数は 10~70m/s ほどであり³⁾、本報の結果は、透過係数としては小さい値である。他方、透過係数の推定値は 14.7m/s であり、林冠を構成するタケのみが対象であるにも関わらず、竹林全体の実測値と同程度になった。これは、稈長を大きく推定したことに起因している。表-1 と図-1 のように、稈長の推定値の平均は、実測値に比べて 1.7m ほど大きい。その結果、タケの投影面積は大きく、透過係数は小さく推定された。LMF の適用例が多い針葉樹では、樹高は大きく推定されるのが一般的であり、このような推定結果の違いが生じる理由については、さらなる検討が不可欠である。

3.3 Window Size と抗力係数

最適 WS -0.1m および +0.1m のとき、図-2a) のように透過係数はそれぞれ 12.4, 15.6m/s となり、LMF による推定ではそれぞれ 22 本増の 80 本/100m²、7 本減の 51 本/100m² の稈密度であった。また、抗力係数には 1.0 あるいは 1.2 をよく用いるが、図-2b) のように透過係数はそれぞれ 14.7, 13.4m/s となり、この差を稈密度にすると 12 本/100m² に相当する。透過係数の推定における WS と抗力係数の影響の大きさを単純に比較することは難しいが、最適な WS との 0.1m の違いが透過係数を最大 16% ほど低下させることから、WS の重要度が相対的に高いと考えられる。ただし、抗力係数の違いは、最大 2

割ほどの稈密度の増減に相当する可能性があることに留意する必要がある。

4. 結論

樹頂点抽出の結果から求めた透過係数の推定値は 14.7m/s となり、林冠下のタケを含まないにも関わらず竹林全体の実測値と同程度になった。これは、推定稈長が実測値よりも大きいため、稈長から計算される胸高直径、投影面積が大きく推定され、その結果、透過係数が小さく推定されたことに起因する。

WS と抗力係数の比較から、透過係数の推定における WS の影響の大きさが示唆された。ただし、WS や抗力係数の設定によって生じる透過係数の違いが、水理計算に与える影響を含めて判断することが必要であり、今後の課題である。

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) 手塚ほか: 土木学会論文集 B1(水工学), 78, pp.I_853-I_858, 2022.
- 2) 溝口ほか: 河川技術論文集, 29, pp.49-54, 2023.
- 3) 中井ほか: 河川技術論文集, 16, pp.431-436, 2010.
- 4) Inoue, A. et al.: Journal of Forest Research, 18, pp.323-334, 2013.