



# 岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

地上レーザスキャナを用いた葉クラスター階層構造の生態学的評価：成木樹冠スケールでの光利用戦略

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-02 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 望月, 貴治 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12099/75286">http://hdl.handle.net/20.500.12099/75286</a>

氏 名 (本 国 籍)	望月 貴治 (静岡県)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 6 9 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 3 0 年 3 月 3 1 日
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	静岡大学
学 位 論 文 題 目	地上レーザスキャナを用いた葉クラスター階層構造の 生態学的評価—成木樹冠スケールでの光利用戦略—
審 査 委 員 会	主査 静岡大学 准教授 飯尾 淳弘 副査 静岡大学 教 授 水永 博己 副査 岐阜大学 教 授 村岡 裕由

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は林冠木の葉 3 次元分布を地上レーザスキャナによって解析し、クラスター構造に注目して光利用戦略の種間変異および種内変異について生態学的考察を行ったものである。葉の三次元分布構造は群落内の微気象の制御を通じて多様な生態系機能に密接に関わっている主要な性質である。とくに葉のクラスター構造は葉量とともに群落内の光環境を決定する重要な要因であることが定性的に知られていた。しかしながら、林冠へのアプローチの難しさから、林冠木の葉の三次元分布情報は限られており、葉のクラスター構造の定量的情報は皆無であった。本研究では、葉の三次元分布測定方法を開発するとともに、クラスターの定量的解析手法を提案し、生態学的考察を行った。

地上レーザスキャンを用いた葉分布の推定には、樹冠内の遮蔽空間とスキャンの費用の高さの二つが制限要因となっていた。2 章では個葉を支える小枝の分布に注目した葉分布推定方法を開発した。ビーム径が大きいレーザ距離計と簡易回転ステージの組み合わせによる低価格のレーザスキャンシステムを用いても、開発した手法では接触ポイントコドラート法で実測した葉三次元分布と精度よく適合した。この方法は高解像度のレーザスキャンを用いた小ボクセル単位の解析においても、着葉期と落葉期のスキャンデータを組み合わせにより、測定不可能空間を補完できる可能性を指摘した。

3 章では、熱帯季節林を構成する樹木 21 種の樹冠について葉クラスターの階層構造を解析し、光利用戦略の種間の違いを明らかにした。この研究は葉群のクラスター形状を定量化した初めての研究である。葉密度の高い空間を葉密度が低い空間が取り囲む葉クラスターの階層構造の実態をとらえ、異なるクラスタースケール間での形状の違いを明らかにした。葉クラスターの形状は階層構造間で同調しており、この傾向は葉密度が低い種グループに顕著で、*Terminalia myriocarpa* と *Parashorea chinensis* では利用しやすい光の方向が異なっ

いた。一方で葉密度が高い種グループでの種間変異は不明瞭で、光利用方向のニッチ分化は葉密度が低いグループで顕著であった。葉クラスターの形状から再現した仮想樹冠を用いた感度分析においても葉密度が低い場合に受光量における葉クラスター形状の重要性が高まることを明らかにした。

4章では、ブナ成木の葉クラスター階層構造の樹冠内局所環境や個体環境に対する応答を解析した。葉クラスターの形状は樹冠内の局所的な光環境に強く依存した。扁平クラスターは暗環境ほど出現しやすく、その受光軸は局所的な空隙の方向と一致した。この一致性は明暗の方向差が著しいほど、高い葉密度ほど高まり、こうした傾向が個体全体の受光量の向上に貢献することを明らかにした。

## 審査結果の要旨

学位論文は林冠木の葉の三次元構造とくにクラスター構造に注目して光利用戦略の種間変異および種内の個体間変異を解析し、生態学的考察を行ったものである。

葉の三次元分布構造は群落内の微気象の制御を通じて多様な生態系機能に密接に関わっている主要な性質である。とくに葉のクラスター構造は葉量とともに群落内の光減衰に大きい影響を与える要因であることが知られていた。しかしながら、成木の葉分布構造を解析することは、林冠へのアプローチの難しさから、森林の葉の三次元分布情報は限られたものになっていた。学位申請者は地上レーザスキャン法を利用して、葉の三次元分布構造を解析しクラスター構造を定量化することを試みた。

地上レーザスキャンを用いた葉分布の推定には、樹冠下部でレーザ光が遮蔽され樹冠上部で十分なサンプリングプローブ長が得られないという技術的課題があった。

申請者は個葉を支える小枝の分布に注目し、落葉後のレーザスキャンから葉分布を再現する手法を開発した。ビーム径が大きいレーザ距離計と簡易回転ステージの組み合わせによる低価格のレーザスキャンシステムでも接触ポイントコードラート法で実測した葉三次元分布と約 3m<sup>3</sup> ボクセル単位の葉密度を精度よく測定できた。

この方法は高解像度のレーザスキャンを用いた小ボクセル単位の解析に応用可能であり、着葉期と落葉期のスキャンデータを組み合わせることで、サンプリングプローブ長の短さによる測定不可能空間を補完できる可能性を指摘した。

熱帯季節林を構成する樹木 21 種 62 個体の樹冠について葉クラスターの階層構造を解析し、種間の光利用戦略の違いを明らかにした。この研究は葉群のクラスター形状を明らかにした初めての研究である。申請者は樹冠内で葉密度の高い空間を葉密度が低い空間を取り囲む葉クラスターの階層構造の実態をとらえ、異なるクラスタースケール間での形状の違いを明らかにした。ある葉クラスターの形状は上位のクラスターの形状と正の相関があり、葉クラスター形状は階層構造間で同調していた。この傾向は葉密度が低いグループに顕著で、*Terminalia myriocarpa* が扁平な葉クラスターを *Parashorea chinensis* と *Dipterocarpus turbinatus* は丸い葉クラスターを持っており、利用する光の方向が異なっていた。葉密度が高いグループではこのような種間変異は不明瞭で、光利用のニッチ分化は葉密度が低いグループで顕著であった。葉クラスターの形状から再

現した仮想樹冠を用いた感度分析においても葉密度が低い場合に受光量における葉クラスター形状の重要性が高まることを明らかにした。

ブナ成木の葉クラスター階層構造の樹冠内局所環境や個体環境に対する応答を解析した。立地環境の異なる5つの林分から、それぞれ5-6個体のブナの樹冠を抽出し、それぞれの葉の3次元分布から葉クラスターの分割の程度と階層ごとのクラスター形状を評価した。葉クラスターの形状は樹冠内の局所的な光環境に強く依存した。扁平クラスターは暗環境ほど出現しやすく、その受光軸は局所的な空隙の方向と一致した。この一致性は明暗の方向さが著しいほど、扁平なクラスターほど、高い葉密度ほど高まり、こうした傾向が個体全体の受光量の向上に貢献することを明らかにした。

本学位論文の特徴は、これまで情報が不足していた林冠木の葉の三次元分布について多くの個体からの情報を得ることができた点にある。また葉のクラスター構造を階層構造ととらえて形状を定量化して、生態学的考察をしているところにオリジナリティがある。以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

基礎となる学術論文：

- 1) Evaluation of Three-dimensional leaf distribution within a closed canopy based on low-cost laser scanning data during leafless season. *Journal of forest planning* vol 21 1-11 2016, Takaharu Mochizuki and Hiromi Mizunaga
- 2) Interspecific differences in the hierarchical cluster structure of leaves within tree crowns in Indochina Tropics Takaharu Mochizuki, Dokrak Marod, Dang Think Trieu, and Hiromi Mizunaga (in press)