

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	伊尾木 慶子
論文題目	Development of methodology for evaluating structural properties in urban forests using airborne laser scanning through an area-based approach (航空レーザスキャナを利用したエリアベース法による都市林の林分構造評価法の開発)		
(論文内容の要旨)			
<p>都市林は都市環境保全のために森林の構造のきめ細やかな評価とそれに基づいた管理が求められることも多い。一方、近年は航空レーザスキャナ技術の発達により、高密度の離散型複数リターン点群記録方式や小フットプリントの波形記録方式によるデータが得られるようになり、これまで地上調査では多大な労力を要した林分構造に関するパラメータが容易に得られる可能性が拡大した。しかし、群落構造評価に関する応用研究については、これまで針葉樹林や海外の単純な疎林を対象としたものがほとんどであり、わが国のように密生して多様な樹種からなる広葉樹林や都市林では、樹高と樹冠形モデル以外の林分構造評価法は研究途上にある。</p> <p>そこで、本論文では重要な都市林としての機能を期待した管理が行われている大阪万国博記念公園自然文化園地区の森林と、修学院離宮背景林を対象として、レーザスキャナデータによる林分構造の評価方法の開発を試みている。</p> <p>第1章では上述のような研究の位置づけについて、これまで北欧・北米を中心とした、構造の比較的単純な針葉樹林や疎林での研究をレビューし、広葉樹林でのレーザスキャナ応用研究事例は極めて少ないこと、航空レーザスキャナデータからの林分構造の推定方法には大きく (1) 単木抽出による方法と (2) エリアベース法 (プロット等一定の面積内の統計値を用いる方法) の2つに分類し、構造の複雑な林分ではエリアベース法が有利であることを述べている。</p> <p>第2章では、京都市修学院離宮の本山及び横山において、景観形成・保全を目的とした施業計画策定のための林班再設定が企画されていたことに鑑み、景観構成単位としての林相を (1) アカマツ林、(2) 針葉樹林、(3) 除間伐済み針葉樹林、(4) 針広混交樹林、(5) 広葉樹林と定義し、計34ヶ所のプロットの評価を行っている。まず、得られた点群3次元データを地面から反射した点 (以下Pg) と植生 (以下Pv) に分類して地上高に整理し、高さの最大値、75パーセンタイル値、その変動係数の3つを、構造評価のための変数として抽出している。さらに反射属性としてパルスが発射されて最初に反射した点 (ファースト: Pf)、最後に反射された点 (ラスト: P1)、それらの間の点 (インターミディエイト: Pi)、得られた反射が1回のみ点 (オンリー: Po) を用いて、レーザ透過率2変数 (OF: Pv中のPoの割合、GF: 全点群中のPgの割合) を新たに提案し、これら植生の密度に関連すると考えられる計5つの変数を検討している。多重比較の結果、高さの変動係数及び透過率に関する変数OFの有効性が明らかとなり、またこの2つの変数を用いて分類を行った植生区分図のカップ係数は0.79と高い値を示したことを述べている。</p> <p>第3章では、森林における生物の生息地の評価に重要とされる、森林の階層構造の推定方法を提案している。除間伐が計画されていた京都市修学院離宮の本山と横山を</p>			

対象地とし、29ヶ所のプロットにおいて、垂直方向の4つの階層（12 m 以上、8-12 m、4-8 m、0-4 m）のそれぞれの階層の植被率とレーザ由来の指数との線形回帰を行っている。その結果、主に樹冠上層の植被率に関係すると考えられる全発射パルスにおけるファーストとオンリーの割合に加えて、樹冠下層の階層の植被率に関係すると考えられる指数（植生点群中のインターミディエイトとラスト）を新たに考案し、各層の値を重み付けの後積算することで、4つの階層ごとの植被率を推定するモデル、「反射属性による重み付け法（ABW法）」を開発し、広葉樹林では上位3層、針葉樹林では上位2層において有効であることを明らかにしている。

第4章では、大阪万博記念公園の自然文化園内樹林地を対象としている。ここでは都市林として炭素の蓄積機能や都市気候の緩衝作用が期待されており、そうした機能に寄与すると考えられる材積量がモニタリングされている。この広葉樹林20ヶ所を対象に、前述の種々のレーザ由来の高さ変数と密度変数を非線形回帰分析、交差妥当化を行った結果、75パーセンタイル値の高さ変数と植生点群中のオンリーの割合を用いた密度変数を用いたモデルが最適で、RMSE（二乗平均平方根誤差）値が林分材積平均値の16.4%と他の研究事例より高い精度でできたことを示している。

第5章では、各章で明らかになった結果をもとに全体を総括し、材積の推定については現在の離散型複数リターン点群記録方式で十分だが、今後の小フットプリント波形記録方式の更なる進歩で、林床植生を含む詳細な林分構造の新たなパラメータの開発も可能となることなどを考察している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

都市林は、景観や都市環境保全のために、森林の構造のきめ細やかな評価とそれに基づいた管理が求められることも多い。近年、航空レーザスキャナ技術の発達により、これまで地上調査では多大な労力を要した林分構造に関するパラメータが容易に得られる可能性が拡大したが、多様な樹木が密生することの多い我が国では、樹高や林冠表面のデジタル形態モデルの評価以外には、ほとんど有効利用は図られていない。そこで本研究は都市林としてきめ細かな管理が行われている大阪万博記念公園の森と、修学院離宮庭園の背景林を対象として、施業計画に対応した林相区分、生物多様性に重要な意味をもつとされる群落階層構造、二酸化炭素吸収源等の評価に役立つ林分材積の評価方法の開発を行なったもので、評価すべき点は以下の通りである。

1. 群落の構造を評価するためには、航空レーザスキャナによる点群データの処理法として、単に点群の3次元座標のみならず、以下のような点群の持つ属性(ファースト、インターミディエイト、ラスト、オンリー)を活かした処理が有効であることを示した。すなわち、まず属性を利用して、植生からの反射とそうでないものを区分し、さらにそれら点群データの高さ方向のパーセンタイル値とその変動係数を用いること、これに加えて点群の反射属性を利用して得られる透過率を用いた密度変数を工夫し、植生点群中のオンリーの割合を指標として用いるという評価方法を開発した。

2. 景観林として重要な意味を持つ修学院離宮背景林における管理のための林班設定に際し、上記の手法を応用し、実用的かつ精度の高い植生区分図の作成には、特に高さ変数の変動係数と植生点群中に占めるオンリーの割合が、評価にあたって有効な変数であることを示した。

3. 単木抽出法が困難な広葉樹を主とする密度の高い都市林の材積量については、特に、75パーセンタイル値の高さ変数と植生点群中のオンリーの割合という密度変数を組み合わせるエリアベース法を用いることで、よい精度で推定できることを示した。

4. 主に高木層の植被率と関係すると考えられる全発射パルスにおけるファーストとオンリーの割合に加えて、樹冠内部や高木層以下の階層の植被率と関係すると考えられる指数(植生点群中のインターミディエイトとラスト)を階層ごとに積み付け積算する手法を考案し、密度の高い広葉樹林では全4階層中の上位3層、針葉樹林で上位2層が実用的に推定できることを示した。

以上のように、本論文はこれまではレーザの透過が少ないために、リモートセンシングによる内部の探査が困難と考えられてきた、わが国の密生することの多い都市林において、航空機レーザスキャナデータの処理方法を開発し、点群データから高さ変数と密度変数への変換を工夫することによって、植生区分、材積量推定、群落階層ごとの植被率推定が可能であることを示したもので、森林計測学、環境デザイン学、緑化学、リモートセンシングの発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成23年7月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり

試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降