

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	航空機LiDAR を用いた樹木の三次元情報の計量化と都市熱環境評価への応用
Title(English)	
著者(和文)	押尾晴樹
Author(English)	Haruki Oshio
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9510号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:浅輪 貴史,梅干野 晁,田村 哲郎,木内 豪,錦澤 滋雄,小林 秀樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9510号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 環境理工学創造 専攻  
Department of  
学生氏名： 押尾 晴樹  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員 (主)： 浅輪貴史 准教授  
Academic Advisor(main)  
指導教員 (副)： 梅干野晁 連携教授  
Academic Advisor(sub)

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「航空機 LiDAR を用いた樹木の三次元情報の計量化と都市熱環境評価への応用」と題し、以下の 6 章から構成されている。

**第 1 章「序論」**では、我が国の都市緑化の現状を概観したうえで、樹木による環境調整効果を考慮した緑化計画を行ってゆくために、地方自治体等にて整備されている樹木の本数や緑被率といった緑の量に関する情報だけでなく、樹種・剪定・生育状況などに応じた樹形や葉の密度分布といった緑の質に関する情報を整備することの意義を論じている。そして、都市域を対象としたリモートセンシング技術として三次元の空間情報の取得に有効である航空機 LiDAR (Light Detection And Ranging) を用い、樹木の三次元情報を高精度に計量化する手法を開発し、樹木による熱環境緩和効果の評価に応用することで、その有用性を確認することを本研究の目的として述べている。

**第 2 章「樹木の環境調整効果評価のための航空機 LiDAR による三次元情報の推定手法」**では、樹木の環境調整効果と、その評価に必要な情報について整理したうえで、樹木の三次元情報を航空機 LiDAR により推定する手法を提案している。樹木の環境調整効果の中で、夏季に快適な熱環境を形成するうえで重要となる日射遮蔽と蒸散作用を評価の対象として取り上げ、関連する樹木情報として樹冠形状および葉面積密度分布を三次元の voxel モデルにより整備することとしている。次に、voxel を用いた葉面積密度分布の推定において主要な情報となる航空機からのレーザーパルスと葉の接触確率について、既往研究の課題点と原理的な考察に基づき算出方法を検討している。樹冠内部への一つの入射パルスに対する複数の反射パルスの情報を利用して高精度に接触確率を算出する手法を提案しており、樹冠の内部構造を踏まえた葉面積密度分布の推定を可能としている。

**第 3 章「地上型 LiDAR による精度検証方法」**では、前章で提案した推定手法の精度検証を行う方法について検討したうえで、地上型の LiDAR を用いた検証方法について提示している。葉面積密度情報の取得に関する既往研究を精査し、樹木の周囲において複数の方向から地上型 LiDAR により測定する方法の有用性について確認している。次に、地上型 LiDAR の測距精度と風による枝葉の揺れに起因する葉面積の過大推定を課題点として指摘したうえで、レーザー透過性のシートで樹木の周囲を覆うことで検証に適した条件を作り出し、刈り取り実測の結果と比較することにより推定誤差を定量的に明らかにしている。そして、地上からのレーザーの入射割合を指標として、推定に使用する voxel を選択的に利用する方法を提案し、航空機 LiDAR の検証に使用できる高精度な葉面積密度分布の情報を地上型 LiDAR により整備している。

**第 4 章「航空機 LiDAR による三次元情報の推定と精度検証」**では、実際の都市街区を対象として実施した航空機 LiDAR 観測の結果を用いてケヤキ単木の三次元情報を推定するとともに、前章で示した地上型 LiDAR に基づく検証方法を適用し、推定精度の検証を行っている。はじめに、地上型 LiDAR データとの比較により、航空機 LiDAR のレーザー反射点群から得られる voxel データの空間分解能を明らかにしている。さらに、樹冠の水平面投影面積を指標として樹冠形状の高分解能化を行うことで、日射遮蔽効果の予測に適した高分解能の voxel モデルが作成できることを示している。平均的な葉の密度と樹高を有するケヤキを検証対象とし、本論文で提案する推定手法を適用することにより、既往研究の手法に比べて樹冠内部と下部においてもより高精度に葉面積密度分布を推定可能であることを明らかにしている。

**第 5 章「都市空間における樹木の熱環境緩和効果の評価」**では、航空機 LiDAR を用いて推定した樹木の三次元情報を植生放射伝達モデルを用いた数値シミュレーションに適用し、都市空間における樹木の日射遮蔽効果と蒸散効果を評価することで、本研究により整備が可能となる三次元情報の熱環境評価における有用性を確認している。まず、樹冠を透過する日射量分布の予測結果を実測結果と比較し、推定した樹木の三次元情報が、太陽高度に応じた日射遮蔽効果の予測に適用可能であることを明らかにしている。実在街区における街路樹を対象とした日射透過量と蒸散量の空間分布の予測を行い、樹木の配置計画の差異や、生育状況に応じた葉面積密度の違い、および周辺建物による日射遮蔽効果と蒸散効果の差異を定量的に評価できることを示している。

**第 6 章「結論」**では、各章で得られた知見と結果を総括して結論を述べるとともに、今後の課題を示している。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： 環境理工学創造 専攻  
Department of  
学生氏名： 押尾 晴樹  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
指導教員 (主)： 浅輪貴史 准教授  
Academic Advisor(main)  
指導教員 (副)： 梅干野晁 連携教授  
Academic Advisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This study aims to develop a method for quantifying the three-dimensional information of individual trees using airborne light detection and ranging (LiDAR), and to confirm the applicability of this method by evaluating the effect of trees on urban thermal environment.

First, a method for estimating the voxel-based leaf area density (LAD) distribution, which is a key index for predicting the effect of trees on the thermal environment, using airborne LiDAR is proposed. This method enables the calculation of contact frequency between laser beams and leaves using multiple echo pulses to one incident pulse. Thereafter, the LAD distribution is estimated while considering the internal structure of tree crowns.

Next, a terrestrial LiDAR-based method of verifying the accuracy of the proposed method is examined. The overestimation of LAD by the previously developed terrestrial LiDAR-based method is confirmed by actual measurements of the leaf area. Afterward, the accurate LAD distribution of a single tree for verifying the airborne LiDAR is collected by improving the terrestrial LiDAR-based method. The voxels used in the verification are selected based on the laser beam incident condition in the improved method.

Subsequently, the LAD distribution is estimated by the airborne LiDAR-based proposed method, and the accuracy is verified using the terrestrial LiDAR-based method. The results exhibits that the proposed method offers a more accurate estimation of the LAD distribution than previous methods. It is also confirmed that the LAD distribution with a suitable spatial resolution for predicting the solar shading effect of trees can be estimated.

Lastly, the solar shading and transpiration effect of trees is evaluated for an urban district by applying the airborne LiDAR-derived LAD distribution to a radiative transfer simulation. The LAD distribution and radiative transfer simulation can accurately estimate the effect of trees. Thereafter, the differences in the effect of trees that depend on the layout, foliage density, and peripheral spatial form are clarified.

論文題目の英文名は以下の通りである。

**Quantification of three-dimensional information of trees using airborne LiDAR and its application to thermal environment evaluation**

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).