

ボクセルモデルによる森林構造の
表現手法の構築
A voxel model
generation for representation
of a forest structure

高知工科大学大学院
工学研究科基盤工学専攻
社会システム工学コース
高木研究室 1195079

兼子 瞭介

指導教員 高木方隆

副指導教員 田島昌樹

論文副審査 大内雅博

2017年3月22日

論文要旨

現在、森林環境の解析を行うために航空機 LiDAR(Light Detection and Ranging) や SfM(Structure from Motion), 地上型 LiDAR などの計測手法が採用されている。しかし、それらの手法により得られた点群データはデータ量が膨大かつ並びがバラバラで不均質という特徴から扱いにくいデータといえる。点群データの均質化の手法として現在様々な分野で注目されているのがボクセルモデルである。ボクセルとは、三次元空間を微小立方体で区切ったデータモデルのことを指す。一般的には医療や科学データの可視化や解析に用いられていたが、東京大学の細井、大政ら^[1]が樹木データを対象にボクセルモデルの作成を行っている。ボクセルを利用することにより点群データを均質にし、かつデータ量を削減することができ、ボクセル内での演算結果を属性データとして付与させることができるためデータ量が膨大な三次元計測データに非常に有効であるといえる。また、地質学者や生態学者など分野の枠を超えたデータの共有によって総合的な空間情報データベースの構築が期待されている。

本研究室ではボクセルモデルを用いて森林のバイオマス量推定や林床部での日射量推定に取り組んでおり、杉野^[4]が広範囲の森林をボクセルモデルを用いて表現した。その際に付与されていた属性データは、三次元座標、色情報、葉か幹かの分類、地盤からの高さ情報であった。しかし、日射量やバイオマス量の推定には葉面積や幹材積などの物理量が必要である。よって、ボクセルモデルの属性データにそれらの物理量を付与させる事が課題として挙げられている。

そこで、本研究では葉面積や幹材積が付与されたボクセルモデルを用いた森林構造の表現手法の構築を行った。本研究では小ボクセルと大ボクセルの概念を取り入れ1辺が2cmの小ボクセルを用いて1辺が10cmの大ボクセルに葉面積および幹材積を付与させる手法を考案した。まず、等身大程度の大きさのアラカシを対象に地上型 LiDAR を用いて3方向から点群データを取得した。その後、1辺の大きさが2cmの小ボクセルを作成し点群データを均質化し、葉の点が1つの小ボクセル、幹の点が1つの小ボクセル、点が2つ以上含まれ葉の割合が高い小ボクセル、点が2つ以上含まれ幹の割合が高い小ボクセルの4種類に分類した。葉面積は大ボクセルに含まれる葉の点が1つの小ボクセルの数に変換係数を乗じた値と葉の点が2つ以上の小ボクセルの数に変換係数を乗じた値との和として求めることとし、幹材積も同様とした。葉の点が1つの小ボクセル及び幹の点が1つの小ボクセルの変換係数は地上型 LiDAR の計測密度とアラカシまでの距離、幹の太さから求めた。2点以上の場合は実測により求めた葉面積と幹材積から変換係数を求めた。大ボクセルに含まれる4種類の小ボクセル数にそれぞれの変換係数を乗じることで大ボクセル1つあたりの葉面積と幹材積が求められた。大ボクセルの属性データには三次元座標、色情報、小ボクセル数、葉面積と幹材積の総和を付与した。大ボクセルの属性データに葉面積と幹材積が付与されたことによりバイオマス量や葉面積指数(LAI)の可視化が可能となった。

応用として鏡野公園楠林のボクセルモデルを作成し、葉面積指数(LAI)および幹材積を推定した。その際、楠は胸高直径が大きかったため大ボクセルを再度分割し内部の充填を行った。葉面積指数(LAI)の実測や樹木を切り倒しての葉面積、幹材積の実測による精度検証は今後の課題とするが、本研究で考案したボクセルモデルは衛星画像の検証用データとしての利用が期待できる。

Abstract

An aerial LiDAR and a SfM and a ground based LiDAR are utilized as a measurement tool for forest environment. The data of LiDAR is point clouds data, which can represent the 3D structure of forest environment. However, quantity of data is enormous, and the density of point cloud provided by those technique are not homogeneous. A voxel model attracts attention now in various research fields. Voxel model is the data model to represent three-dimensional space with microcube. It is generally used for analysis and visualization of medical and scientific data. Voxel models for trees were created by Hosoi and Omasa^[1] at the University of Tokyo. By creating voxel model, the density of point cloud can become homogeneous, and the quantity of data can become reduced. Calculation results can be given as attribute data in the voxel model. Therefore, it is effective for processing three-dimensional measurement data with a large amount of data. Construction of general space information database is expected by sharing data with geologist and biologist.

Therefore, I developed the method of expressing the forest structure using the voxel model given the leaf area and the stem volume product. In this study, the concept of small voxel and large voxel was adopted, and a method was devised to give leaf area and stem volume to a large voxel with 10 cm on a side using small voxel with 2 cm on a side. First, point cloud data of small "Arakashi" was acquired from three directions using ground based LiDAR. Thereafter, in order to homogenize the point cloud data, small voxels with a side of 2 cm were created by dividing point clouds with 2cm interval grid. Each small voxel was classified into 4 types; small voxels consisting of one leaf point, small voxels consisting of one stem point, two or more points included small voxels with a high ratio of leaves, small voxels with two or more points and high proportion of trunks. The leaf area of a large voxel is calculated by using those small voxels within the voxel. Firstly, the number of small voxels consisting of one leaf point included in the large voxel was multiplied by the conversion coefficient and the number of small voxels consisting of two or more leaf points was multiplied by the conversion coefficient, respectively. Then, the leaf area of a large voxel was acquired from the sum of those values. The stem volume of a large voxel was calculated in the same way. The conversion coefficients of small voxels consisting of one leaf point group and small voxels consisting of one trunk point group were obtained from the measurement density of ground based LiDAR, the distance to "Arakashi", and the thickness of the trunk. In the case of small voxels consisting of two or more points, the conversion coefficient was obtained from leaf area and stem volume obtained by actual measurement. Finally, three-dimensional coordinates, color information, the number of small voxels, the sum of the leaf area and the stem volume product were given in the attribute data of the large voxel. By using the proposed method, visualization of biomass quantity and leaf area index (LAI) have become possible by giving leaf area and stem volume to attribute data of large voxel.

A voxel model of "Kusunoki" forest in the Kagamino Park was created, and the leaf area index (LAI) and the stem volume product were estimated using the voxel model. Since "Kusunoki" had a large breast height diameter, the large voxel was divided again and the inside was filled. Future tasks are the actual measurement of the leaf area index (LAI) and the leaf area after cut down trees, and the actual measurement of the stem volume, but it can be expected that the voxel model devised in this research is used as the data for verification of satellite images