

ボクセルモデルを用いた
森林における太陽光反射シミュレーション
Simulation of reflected sunlight using a voxel model in a forest

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
国土情報処理工学研究室

学籍番号 1215059

藤原 匠

指導教員 高木方隆

副指導教員 西内裕晶

論文副審査 赤塚慎

2019年3月6日

論文要旨

地球の環境問題が深刻化する近年、全球スケールでの正確な地球環境のモニタリングが求められている。全球を広域かつ周期的に把握するには、地球観測衛星によって取得する衛星画像を利用することが有効である。衛星画像は、地球観測衛星が観測した放射輝度（主に太陽光の反射）を画像化したものである。衛星画像は研究機関によって処理され、様々な物理プロダクトとして取得することができる。プロダクトの有用性を証明するには、精度検証が重要である。精度検証の基本は、物理量を直接比較することであるが、プロダクトの中には、直接的に検証が困難な場合もある。間接的に検証を行う手法として、大気情報と土地被覆情報を組み合わせた物理モデルにレイトレーシングを適用し、衛星が観測する放射輝度を逆推定する手法が用いられる。しかし、使用されている森林のモデルが DSM(Digital Surfaces Model) などの簡易的なモデルであることや、検証サイトのように管理された森林をモデル化している。地域によっては、複雑な森林構造になっている場合もあるため、簡易的な形状に置き換えると、実際の森林から乖離し、逆推定の精度に信頼性が失われることとなる。複雑な森林構造も再現することのできるモデルからのプロダクトの検証手法が求められる。

複雑な森林の 3 次元構造を反映させることのできるモデルの一つにボクセルモデルが挙げられる。ボクセルモデルとは、空間を微小立方体に区切り、各立方体に属性を付与したモデルである。また、各ボクセルには、葉面積や幹材積など様々な物理量を属性に付与することも可能である。つまり、ボクセルモデルを用いることで衛星画像のプロダクトの検証が行えることが期待できる。現在、ボクセルモデルとレイトレーシングを組み合わせ、放射輝度を逆推定するシミュレーター (FLiES) が開発されている。FLiES は様々な研究で使用されているが、樹木の形状が円柱や円錐形などの簡易的な形状に限定されている。そこで本研究では、衛星画像シミュレーションのための、森林構造を再現したボクセルモデルを用いた、レイトレーシング適用可能性の検討を行った。対象とする森林は、常緑針葉樹林、常緑広葉樹林、落葉期の落葉広葉樹林とした。本研究では、レイトレーシングにより太陽光の反射をシミュレートし、空撮画像の明度を再現した。レイトレーシングの手法として、常緑針葉樹林、常緑広葉樹林では Shadow と Shade を、落葉期の落葉広葉樹林では散乱断面積を用いた。空撮画像を用いた理由は、シミュレーションの結果に大気による影響を避けるためである。また、明度とシミュレーションした太陽光の反射割合の相関係数により検証を行った。今回 10cm のボクセルモデルから 10cm 分解能の画像をシミュレートした。その後、画像の分解能を 50cm,100cm,150cm,200cm と変化させていき、相関係数を算出した。

シミュレートした結果、それぞれの森林において最大の相関係数は、常緑広葉樹林では 0.384、常緑針葉樹林では 0.748、落葉広葉樹林では 0.671 を示した。常緑広葉樹林において相関係数が低くなった原因には Shadow のシミュレートの精度が低いことが考えられた。今後相関係数を向上させるためには、ボクセルの属性に Shadow 割合や天空率などを追加する必要があると考えられる。

Abstract

Currently, accurate monitoring technology for global environment is an important issue. Land observation satellites is valid for monitoring of global environment. Satellite imagery has radiance information as an attribute. Satellite imageries were processed by research institutes and provided to users as products. The products of satellite imagery are used in many research fields. To verify accuracy of the products, inverse estimation for radiance is applied by ray tracing using physical model. The physical model is combined atmosphere and landcover. Usually, surface model has been used as a landcover. However, surface model can't represent complex structure of a forest.

Voxel model is one suitable model that can represent three dimensional complex structures of a forest. Voxel model is the data model to represent three-dimensional space with a small cube. The small cube called voxel can be stored various physical quantities for example, leaf area, woody material volume and so on. Voxel model of the forest stored physical quantities will be expected to verifying products of satellite imagery. Nowadays, simulator for radiance using a voxel model and ray tracing has developed. The simulator called FLiES (Forest Light Environmental Simulator). FLiES has used many researchers, but shape of the tree was used simple geometry such as a cylinder, a conical shape, or the like. In this research, brightness of aerial images was simulated by ray tracing of sunlight using a voxel model. The test area was selected evergreen broad-leaf forests, evergreen needle-leaf forest and deciduous broad-leaved forest in the deciduous period. At evergreen broad-forests and evergreen needle-leaf forest, shadow and shade was simulated. At deciduous broad-leaved forest, scattering cross section was simulated. The reason for using aerial images is to avoid the influence by the atmosphere. Firstly, aerial images with resolution of 10 cm were simulated from a voxel model with a size of 10cm. Next, resolution was downsampled to 50cm, 100cm, 150cm and 200cm. Finally, correlation coefficient of simulated images and aerial images was calculated in each resolution.

As a result, the correlation coefficient was 0.384 at evergreen broad-leaf forests, 0.748 at evergreen needle-leaf forest and 0.671 at deciduous broad-leaved forest. At present, simulation method of shadow and shade was used surface of voxel model. To improve the correlation coefficient, shadow ratio and sky view factor should be stored in all voxel as attribute.