

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：82723

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K21340

研究課題名（和文）光合成生産量推定のためのUAV観測を基にした仮想森林作成手法の開発

研究課題名（英文）Development of Virtual Forest Creation Method Based on UAV Observations for Estimating Photosynthetic Active Radiation

研究代表者

藤原 匠（Fujiwara, Takumi）

防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・電気情報学群
・助教

研究者番号：40966248

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではボクセルベースの仮想森林に山岳地帯での傾斜や、葉の傾きをパラメータとして与え、それらによって生じるボクセル内の影割合を計算する手法を開発した。実際に山間地帯を観測した衛星画像をシミュレートし、傾斜パラメータの妥当性を確かめた。葉の傾きについては、様々な葉傾斜分布を与えることで、樹木全体での影割合の変化についてシミュレートできるようにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

仮想森林は、衛星センサが観測した反射率と森林物理量との関係を解析するときに用いられる。仮想森林が現実の森林に近いほどより高精度な解析が期待されるが、一方でパラメータの確らしさの検証も必要になる。本研究では仮想森林に地形や葉の傾斜を与えるように改良しており、衛星センサが観測した反射率と影割合との関係を理解する上で重要なツールであり、これは衛星観測技術向上に資する学術的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：In this study, a voxel-based virtual forest was parameterized with topographic slope and leaf inclination, and a method was developed to calculate the shadow fraction in the voxel caused by these parameters.

The validity of the slope parameters was verified by simulating satellite images of an actual mountainous area. For the leaf inclination, various leaf inclination distributions were given to simulate changes in the shadow fraction for the whole tree.

研究分野：森林リモートセンシング

キーワード：ボクセルモデル 放射伝達 光合成有効放射吸収割合

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

仮想的に再現した森林モデル(仮想森林)は、衛星センサが観測する反射率と森林物理量との関係を解析する放射伝達計算のときに用いられる。特に、光合成生産量の推定に欠かせない森林に到達する光合成有効放射量(PAR)や吸収割合といった、計測が煩雑な森林物理量に対して利用されている。仮想森林に様々なパラメータを入力できるほどより現実の森林に近づけることが可能であるが、計算の複雑さが増加する。そのため、着目する森林物理量に応じ、仮想森林に求められるパラメータは変わってくる。

PARの森林への到達・吸収割合は、樹冠に生じる影割合と関係がある。なぜなら、日向には直達PARと拡散PARが、日陰には拡散PARが到達するが、それぞれのPARに対する光利用効率が異なるためである。そのため、衛星が観測した森林の任意の時刻の影割合を再現できるような仮想森林が求められる。

2. 研究の目的

申請者はこれまでに、森林に生じる影に着目した簡易的なシミュレータを開発している[1]。本研究の目的は、申請者が開発したモデルが再現する対象を平面のみではなく(1)山岳地帯も考慮できるようにするための地形パラメータを導入すること、(2)葉の傾斜による影の割合パラメータを導入し、より現実の森林構造を取り入れるようにすることである。

3. 研究の方法

2つの目的について、以下のようにそれぞれ研究を実施した。

(1)山岳地帯への対応

仮想森林に傾斜を与え反射率シミュレーションを実施する。シミュレートした反射率を、衛星センサが観測した反射率と比較し有効性を検証する。図1に研究フローを示す。はじめに、4つの樹冠形状(楕円体、半楕円体、逆半楕円体、円柱)ごとに仮想森林を作成する。次に、太陽高度の異なる2時期の反射率をシミュレートする。常緑樹の場合、反射率の変化はフェノロジーによる影響よりも、太陽高度の変化による影の影響が大きいと仮定した。次にSentinel-2赤バンドの反射率と比較する。最後に、仮想森林から影割合をシミュレートし、計測によって得られた影割合と比較する。

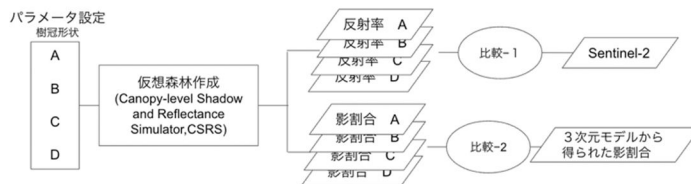


図1 研究フロー

(2)影の傾きによる影パラメータの追加

これまでの手法では、各ボクセルにXY平面に並行な葉(平面)を仮定し、その平面が他のボクセルから遮蔽される割合を計算していた。そこで、その平面を既存の傾き分布に対応できるようにした。様々な太陽天頂角の下で反射率を計算し、与えた葉傾斜分布ごとにどのように影割合が変化するか検証した。

4. 研究成果

2つの目的に対する成果、課題について述べる。

(1)山岳地帯への対応

対象地域は、静岡県静岡市葵区の図2に示した区域である。樹高や樹冠半径、樹冠密度といったパラメータはShizuoka Point Cloud DB[2]より取得した点群を基にした。Sentinel-2反射率と樹冠形状ごとにシミュレートした反射率との比較結果を表1に示す。森林Aでは、楕円体や半楕円体といった樹冠上部の形状が丸い樹冠形状での誤差が、円柱や逆半楕円体からシミュレートした誤差よりも小さいことがわかる。一方で、森林Bでは、逆の結果となっていることがわかる。これらの結果から、同一の針葉樹林であっても、シミュレーションに適した樹冠形状が異なることがわかる。今後は、より詳細な観測データを用いてシミュレートした反射率や、影割合を検証していく。

(1)葉の傾きによる影パラメータの追加

図3は、それぞれの葉の傾斜角に対する太陽天頂角ごとの影割合をプロットした散布図である。図3に示すように、樹冠形



図2 対象森林

状が異なると、同一の葉の傾斜角であっても、太陽天頂角に対しては異なる影割合を示していることがわかる。今後の課題としては得られた結果の妥当性を検証していくことである。

表 1 反射率シミュレーション結果

樹冠形状	誤差	
	森林A	森林B
円柱	0.145	0.076
楕円体	0.064	0.189
半楕円体	0.013	0.211
逆半楕円体	0.141	0.075

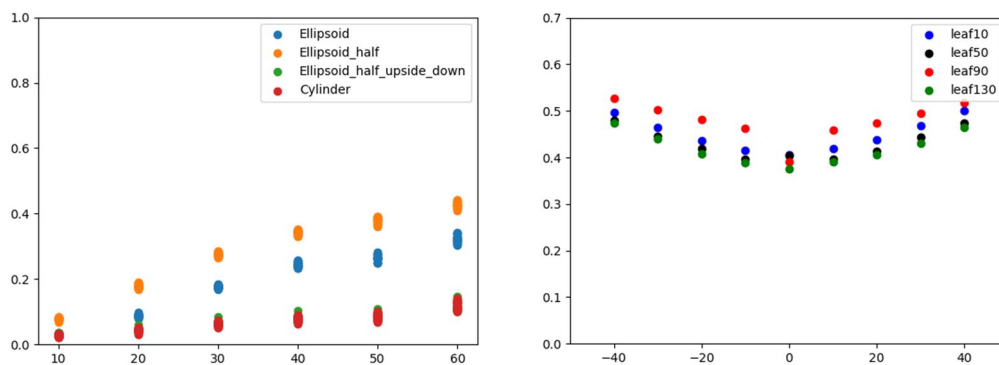


図 3 葉の傾斜角に対する太陽天頂角ごとの影割合 (X 軸が太陽天頂角、Y 軸が影割合)

参考文献

1. Fujiwara, T.; Takeuchi, W. Modeling Shadow with Voxel-Based Trees for Sentinel-2 Reflectance Simulation in Tropical Rainforest. *Remote Sens.* 2022, *14*, 4088.
2. Shizuoka Point Cloud DB, 静岡県交通基盤部建設支援局建設技術企画課, CC ライセンス表示 4.0 国際, <https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/shizuoka-point-cloud-db> (アクセス 2022/09/01)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 藤原 匠	4. 巻 8
2. 論文標題 森林構造を反映した樹冠反射率シミュレーションモデル	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 アグリバイオ	6. 最初と最後の頁 79-83
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤原 匠
2. 発表標題 山間地域での樹木と地形の影を考慮した反射率シミュレーション
3. 学会等名 一般社団法人 日本写真測量学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------