

衛星画像解析のための 葉の分光反射特性

1120318 土居 永典

高知工科大学 工学部 社会システム工学科

本研究室では、陸域観測技術衛星 ALOS に搭載されている高性能可視近赤放射計 2 型 (AVNIR2) センサで観測された衛星画像を用いて植生図の作成を行っている。衛星画像の正確な解析のために衛星画像シミュレーションに取り組んでいる。地上型 LiDAR を用いて樹木の三次元ボクセルモデルを作成し樹木の反射照度の推定を試みている。樹木の反射照度の推定には、葉の正確な分光反射特性が必要となる。そこで葉の分光反射特性を計測するために、分光放射計を用いた計測のしくみの構築した。構築した計測のしくみと計測した反射係数の計測結果を用いて、反射照度シミュレーションを行ったが、可視光赤バンド(R)については実測と異なった結果を得た。今後、高い精度のシミュレーションのために、計測装置、計測環境の見直しを行う必要がある。

Key Words : 分光反射特性, 反射照度, 反射係数, シミュレーション

1. はじめに

近年のグローバルな気候変動を背景に自然環境のモニタリングが求められている。本研究室では自然環境のモニタリングに人工衛星画像の使用を考えている。そこで、陸域観測技術衛星ALOSに搭載されている高性能可視近赤放射計2型 (AVNIR2) センサで観測された衛星画像を用いて植生図の作成を行っている。

衛星画像の正確な解析のためには、衛星画像と、現地で計測したデータをつなげる仕組みが必要となる。そこで、本研究室では衛星画像シミュレーションに取り組んでいる。地上型LiDARを用いて樹木の三次元ボクセルモデルを作成し樹木の反射照度の推定を試みている。樹木の反射照度の推定には、葉の正確な分光反射特性が必要となる。

本研究目的は、衛星画像シミュレーション

に向けて、葉の分光反射特性を計測するために、分光放射計を用いた計測のしくみの構築することである。

構築した計測のしくみと、計測した反射係数を用いて、反射照度のシミュレーションを行う。そしてそのシミュレーション結果と実際の計測結果を比較する。

今回、対象樹種は本学敷地内にある。常緑広葉樹のカシとした(図1.1)。



図 1.1 対象樹種

2. 測定機器

本研究では、オーシャンフォトニクス社「USB4000」の分光放射計を使用した。

この分光放射計は、付属のソフトの「OPwave」を使用することで、分光放射データの取得と反射計測を行うことができる。図 2.1 は使用した分光放射計、図 2.2 はカメラのレンズ機能となる分光放射計に繋げる光ファイバ、図 2.3 は、反射係数を求める際に参照データとして使用する標準白版である。表 2.1 に、分光放射計のスペックを示す。



図 2.1 分光放射計

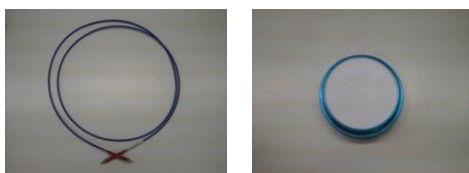


図 2.2 光ファイバ 図 2.3 標準白版

表 2.1 分光放射計のスペック

測定波長範囲	300~1200nm
波長分解能	0.2nm
S/N比	300:1(full signal時)
積分時間	10 μ sec.~65sec.
A/D分解能	16bit

3. 反射スペクトル測定手法

分光放射計の反射計測は、ダークデータ、レファレンスデータの 2 種類が必要である。ダークデータとは、センサ固有のノイズデータである。外部からの放射が全くないときのデータを取得することで、ノイズのみのデー

タを取得することができる。レファレンスデータとは、反射係数を計算するときの参照データである。このデータは、標準白版を用いて放射照度を取得する。作業工程は以下に示す。

- ① ダークデータを取得
- ② レファレンスデータを取得
- ③ 葉を測定
- ④ 反射係数の取得

本研究では、様々な光源の位置と葉の傾きにおける、安定した植生の反射係数を取得するため、計測用の台座を作成した。図 3.1 に台座の概要を示す。

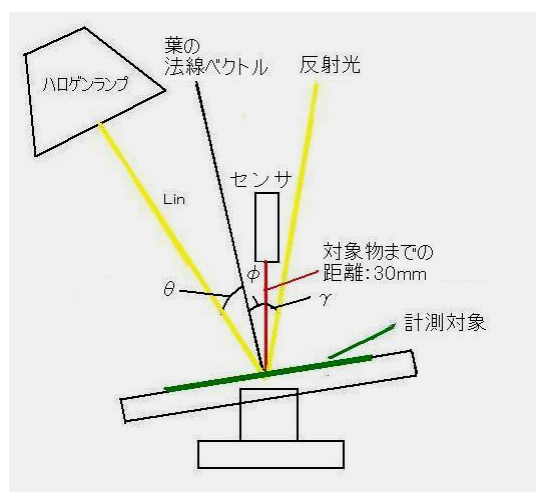


図 3.1 台座を用いた反射率計測の模式図

センサ(光ファイバ)の位置は、葉の垂直方向に固定し、距離は、植物の葉とファイバの間が 30mm となるようにした。そうすることで視野範囲は、直径 24.8mm の円となる。

ハロゲンランプの入射角度は 20° ~60° まで変化でき、葉の傾き(ϕ)も同様に水平から 0° ~60° まで変化できるように工夫している。

4. 反射係数の計測結果

図 4. に、ハロゲンランプの入射角 20° 葉の傾き 0° のときの分光反射係数を示す.

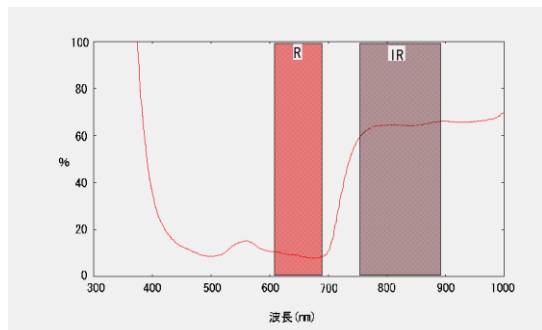


図 4 反射係数の計測結果

人工衛星 ALOS の AVNIR2 センサによって取得されている光の波長域は、可視光赤バンドが $610\text{nm}\sim 680\text{nm}$ 、近赤外バンドが $760\sim 890\text{nm}$ である.

5. 反射照度のシミュレーション

反射照度シミュレーションには、シェーディングを適用した. シェーディングは、光源の位置と輝度、光源の光が当たる対象物の面の向きと反射特性、そして観測する視点を決めれば、シェーディングモデルを用いて物体の明るさを求めることができる. 物体の放射照度 L を求めるには、光源の散乱度を L_d 、光源の反射度を L_r 、周囲の散乱度を L_c とすると、次式で表すことができる.

$$L = L_d + L_r + L_c \quad (\text{式 5.1})$$

L_d , L_r , L_c は、光源から入射する輝度を L_{in} とすると、次式で表すことができる.

$$L_d = R_d L_{in} \cos \theta_i \quad R_d: \text{拡散反射係数 (0}\sim 1) \quad (\text{式 5.2})$$

$$L_r = L_{in} \omega(\theta_i) \cos \gamma \quad \omega(\theta_i): \text{反射率} \\ \gamma: \text{反射光と視点との角度} \quad (\text{式 5.3})$$

$$L_c = L_a R_d \quad L_a: \text{周囲環境の強さ} \quad (\text{式 5.4})$$

今回のシミュレーションでは、 L_{in} の値は標準白版の反射照度を使用し、拡散反射係数

の R_d 値は 0 とし反射率 $\omega(\theta)$ は、計測値を利用した. また計測値は、AVNIR2 センサの可視光赤バンド (R) と近赤外バンド (IR) の領域ごとに平均したデータを使用した. 図 5.1, 5.2 に光源の入射角 (θ) と葉の傾き (ϕ) を変化させた時の反射係数を示す.

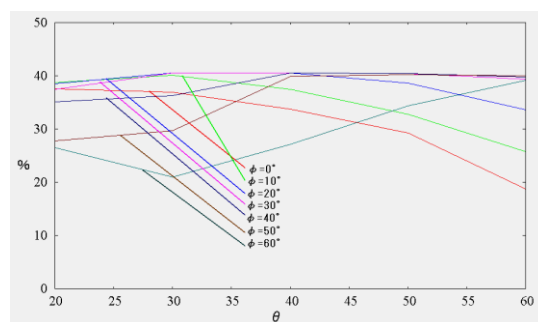


図 5.1 可視光赤バンド (R) の反射係数

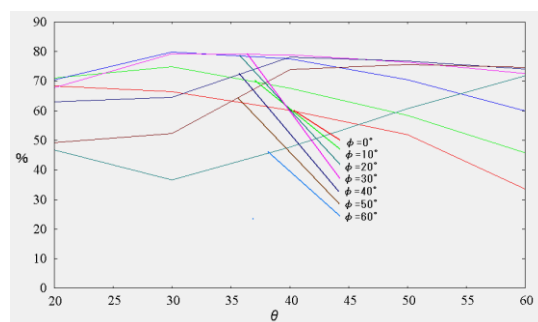


図 5.2 近赤外バンド (IR) の反射係数

光源の入射角は、葉の法線ベクトルと光源の方向とのなす角 θ で表し、葉の傾きは、ハロゲンランプの反射光とセンサの角度 γ ごとに整理した. このグラフを用いれば、葉の放射量を推定することができる. 図 5.3 に可視光赤バンド (R)、図 5.4 に近赤外バンド (IR) での反射照度シミュレーション結果を示す. シミュレーションは γ を 1° ごとに計算している.

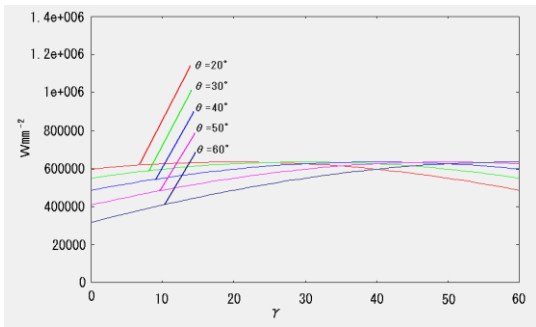


図 5.3 可視光赤バンド(R)のシミュレーション結果

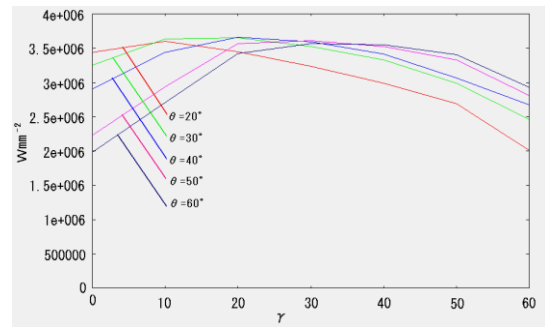


図 6.2 近赤外バンド(IR)の計測結果

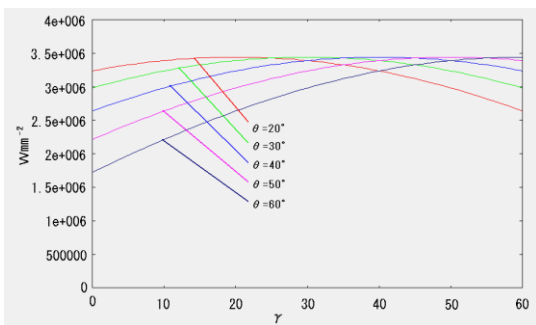


図 5.4 近赤外バンド(IR)のシミュレーション結果

6. 反射照度の計測結果

図 6.1 に可視光赤バンド(R), 図 6.2 近赤外バンド(IR)での反射照度計測結果を以下に示す。

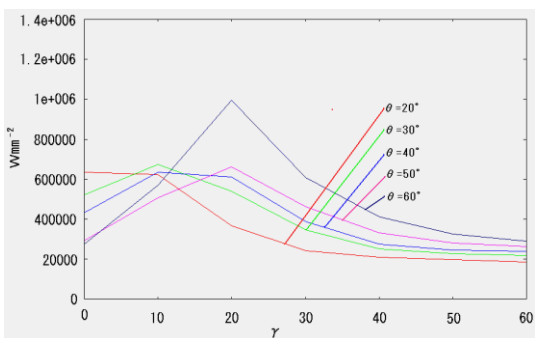


図 6.1 可視光赤バンド(R)の計測結果

可視光赤バンド(R)はシミュレーションと計測値に違いがあるが、近赤外バンド(IR)は比較的一致している。

7. 考察

衛星画像シミュレーションに向けて、葉の分光反射特性を計測するため、分光放射計を用いた計測のしくみを構築した。

反射係数の計測結果を用いて、反射照度シミュレーションを行ったが、可視光赤バンド(R)については実測と異なった結果を得た。

今後、高い精度のシミュレーションのために、計測装置、計測環境の見直しを行う必要がある。

参考文献

- 1) 高木方隆, 国土を計る技術の基礎
- 2) オーシャンフotonクス株式会社
「OPwave」ラマン測定動作手順マニュアル
- 3) 大淵雄一 高木方隆, 放射計による植物の分光反射測定手法の確立, 高知工科大学高木研究室, 2009年度