

# 放射計による植物の分光反射測定手法の確立

学籍番号 1090424 氏名 大淵 雄一

高知工科大学工学部社会システム工学科

本研究室では、人工衛星ALOSに搭載されているAVNIR2センサーの観測データを用いて、土地被覆分類を試みている。土地被覆分類図の精度向上を行うには、分光放射計により、地物を測り、検証精度を上げる必要がある。しかし、分光放射計は、光源の位置や大気の影響で安定したデータが取得できない。そこで、正確な分光放射を測るための専用の空間と測定装置を作成した。結果、複数の植物の反射係数を取ることができた。今後、年間を通して植物の反射係数を取。葉の状態を記載したデータベースを作成していく必要がある。

**Key Words : 分光放射、反射係数、NDVI、視野角**

## 1. 背景

現在、高木研究室では、人工衛星ALOSに搭載されているAVNIR2センサーの観測データを用いて、土地被覆分類図の作成を目指している。衛星画像を用いた土地被覆分類は、衛星画像のバンド間演算を行うことで、植生指標を算出し、分類を行っている。使用している植生指標には、一般的に多く用いられているNDVI(Normalized Difference Vegetation Index)を採用している。この手法で本研究室は、土地被覆を常緑樹、笹竹類、落葉樹、草地、裸地、水域の6種類に分類している。しかし、例えば常緑樹においては、針葉樹と広葉樹との分類も達成したいが、それが困難な状況である。

樹種ごとの正確なNDVIを求めるには、分光放射計を用いて反射係数を計測することが必要である。分光放射計は、視野範囲内の光の波長帯ごとの反射係数データを取ることが出来る。樹種ごとの正確なNDVIを求め、そのNDVIから人工衛星画像を用いた植生分類が可能かどうか、判断する必要がある。

以上のことから本研究室は、分光放射計を導入した。しかし、分光放射計で測る際に、野外では、光源の位置や大気の影響で安定したデータが取得できない。また、植物以外の物質が混在することもあり得る。そこで、分光放射を測るための専用の空間と測定装置の開発が必要である。

## 2. 目的

本研究の目的は、植物の分光反射測定装置を開発することである。測定装置を作ることで、出来る限り植物のみの安定した反射係数データを取ることが出来る。

とができる。

また植物の種類ごとに反射係数に特徴があるため、樹種ごとにデータベースを作成しなければならない。

## 3. 使用する機器とスペック

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」<sup>1)</sup>を使用することで、分光放射データの取得と反射測定を行うことが出来る。図3-1は、使用した分光放射計である。図3-2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である。図3-3は、反射係数を求める際に参照するための白色物で標準白板と呼ばれる。



図 3-1. 分光放射計



図 3-2. 光ファイバ



図 3-3. 標準白板

表3-1に、分光放射計のスペックを示す。

表 3-1. 分光放射計のスペック表

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

#### 4. 測定装置の開発

分光放射計は、野外で植生のデータを取得した場合、同じ対象物であっても、反射係数が変動する。原因は、二つ考えられる。第一に、太陽光の位置と大気の状態が変化していることである。第二に、様々な散乱光や反射光等、植物以外の物質の放射量が含まれる場合があることである。第一の問題は、太陽光の代わりに位置を固定したハロゲンランプを用いて、擬似太陽光として使用することで解決する。ハロゲンランプは、近赤外線を含む波長を照射するものが必要である。なぜなら、人工衛星は、太陽が放射する光の反射を観測しており、近赤外の領域も取得しているからである。大気の状態は、図4-1のように暗室を作成することで影響が少なくすることとした。

第二の問題は、遮光壁を作成し外部からの光源の遮断を行うことで対応できる。遮光壁には、ダンボールに黒いペンキで塗装を行い、遮光壁自体の反射を極力少なくできる仕様とした。内部構造は、測定台に木材を使用するが、これも反射を少なくするために黒い塗装を加えた。

図4-1に測定装置寸法及び配置を示す。完成した測定装置を図4-2に示す。

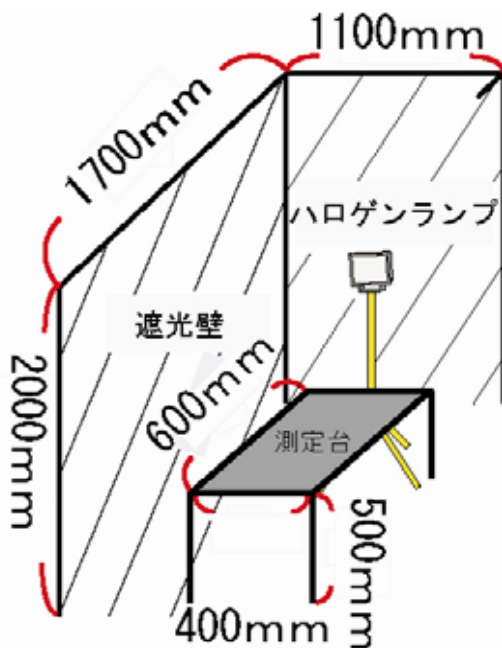


図4-1. 測定装置の模式図



図4-2. 測定装置

#### 5. 光ファイバの視野角の測定

本研究で使用した放射計は、光ファイバの視野角が仕様書に明記されていなかった。正確に植物の葉のみの放射計測を行うためには、正確な視野角を把握した上で、光ファイバと葉の距離を設定しなければならない。そこで、光ファイバの視野角の測定を行った。

視野角を測定するために、光源の強さと対象物との距離を一定にして、対象物の面積のみを変化させる実験を行った。これは、放射照度が面積の二次関数で表せると仮定することで、実験で予測できると考えたからである。実験は、光ファイバの高さを100mmに固定し、ハロゲンランプの位置と対象物の位置も固定した。対象物の面積は、直径15 ~ 100mmまでの白色の円を5mm間隔で用意した。これを使用して、白色の円の大きさを変えながら放射照度計測を行った。図5-1に実験風景の模式図を示す。

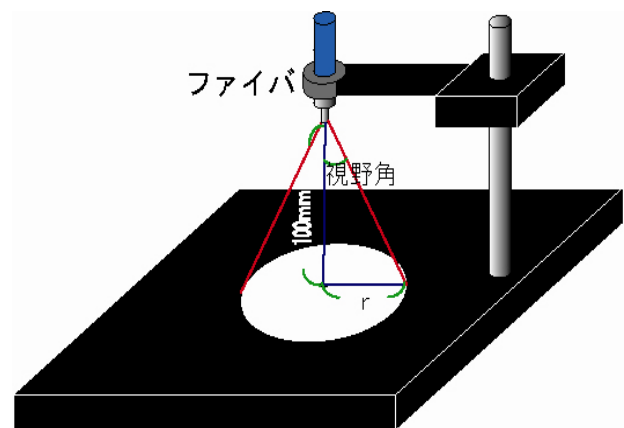


図5-1. 実験風景模式図

図5-2に、実験結果の計測データを示す。計測データは、点でプロットした。カラー曲線は、視野角を22.23.24.25°変化させたときの予測放射照度を示している。予測式を式5-1に示す。

$$y = B + \frac{(T - B)}{(2 \tan \theta \times h)^2} x^2 \quad (\text{式 8-1})$$

$B$ : 本研究での黒放射照度 ( $\text{w}/\text{mm}^2$ )  
 $T$ : 本研究での白放射照度 ( $\text{w}/\text{mm}^2$ )  
 $h$ : 本研究で設定した高さ (100mm)  
 $\theta$ : ファイバの視野角  
 $x$ : 白円の直径 (mm)  
 $y$ : 総放射照度量 ( $\text{w}/\text{mm}^2$ )

黒と白の放射照度は、実験により得られた値を用いて推定した。

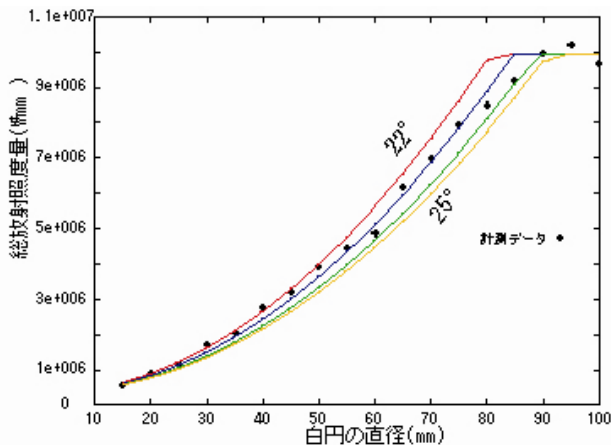


図5-2. 視野角測定の実験結果

図5-2より実験結果は、視野角は22.5°の予測値と最も近いと判断した。

## 6. 植物の測定手法.

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、センサ独自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、標準白板を用いて放射照度を取得する。作業工程は、

- ダークデータを取得
- レファレンスデータを取得
- 植物を測定
- 反射係数の取得という順番で行う。

本研究では、正確で安定した植生の反射係数データを取得するために、条件の設定を行った。光源の位置は、高知県の春分の日の中高度 ( $\theta = 56.5^\circ$ ) と設定して、ハロゲンランプ角度の調整と測定台の距離を設定した。ファイバの距離は、植物の葉とファイバの間が30mmとなるようにした。視野範囲は、直径24.8cmの円となる。図6-1に植物測定の模式を示す。

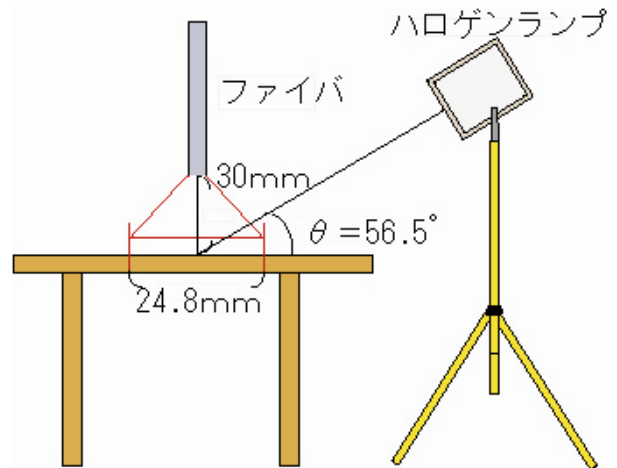


図6-1. 植物測定の模式図

## 7. 植物の反射係数測定結果

反射係数測定は、上記手法を用いて、カシ、ヤマモモ、スギ、ヒノキ、などを行った。

ヒノキとスギに関しては、針葉樹のため葉1枚で計測することが困難である。この2種類は、光ファイバの視野角内に収まるように数枚の葉を並べる方法で計測を行った。

図7-1にスギの反射係数グラフを示す。図7-2にカシの反射係数グラフを示す。

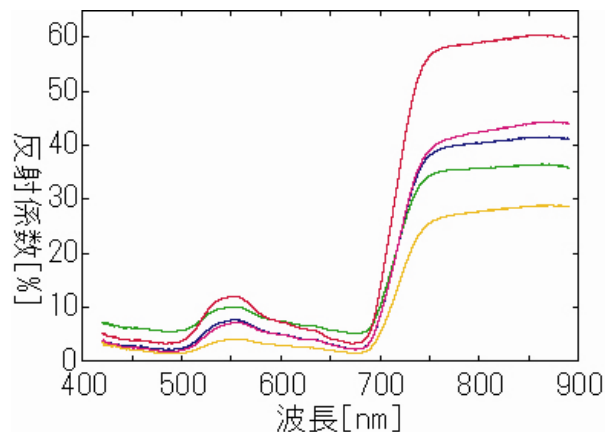


図7-1. スギの反射係数グラフ

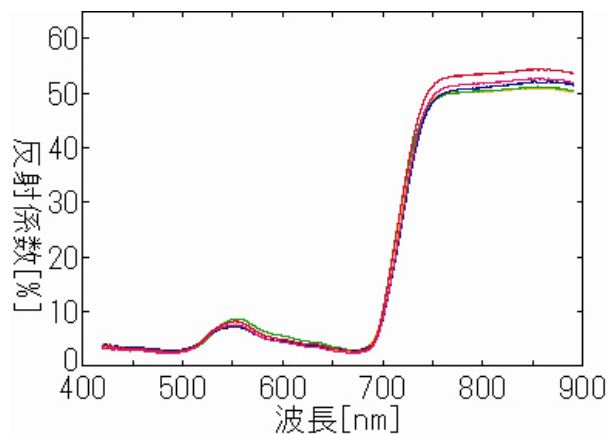


図7-2. カシの反射係数グラフ

図7-1、図7-2より、反射係数は植物によって、大きく異なっていることが分かる。このことから、多種の植物を計測することで、常緑樹、落葉樹、草地という分類項目よりも細かく分類できると期待される。

なお、図7-2のデータは、同じ植物であるが、反射係数に変動がある。これは、葉の状態や水分などで反射係数に変化があると考えられる。

## 8. NDVIの算出

分光放射計で取得した植物の反射係数を衛星データに対応させるためには、NDVIに変換を行う必要がある。NDVIに変換する式を次式に示す。

$$NDVI = \frac{(band4 - band3)}{(band4 + band3)} \quad (式 8-1)$$

band4: 近赤外の反射係数  
band3: 可視領域の赤の反射係数

AVNIR2センサーでは、band4の観測波長帯はch4 (760nm ~ 890nm) であり、band3の観測波長帯ch3(610nm ~ 690nm)である。今回の放射計計測結果を使用する場合、この2種類の波長間の積分値で計算を行う。放射計計測結果からband3、band4への変換式を次式に示す。

$$band4 = \int_{890}^{760} R(s) ds \quad (式 8-2)$$

$$band3 = \int_{690}^{610} R(s) ds$$

R(): 反射係数  
s: 波長分解能

図8-1に今回測定した四種類のの分光反射係数のグラフの上に本研究室で使用している衛星画像の観測波長域を示した。

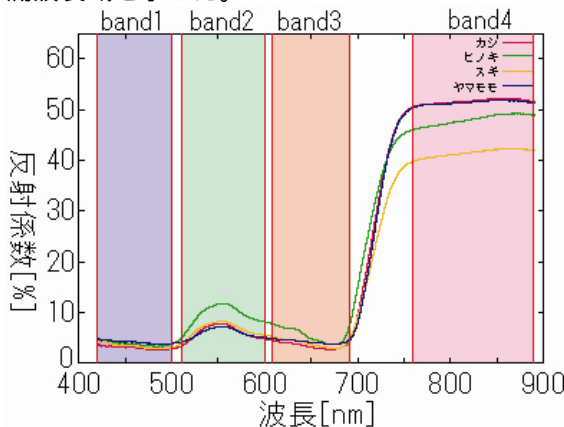


図8-1. 衛星画像の観測波長域図

式8-1及び式8-2を使用して、NDVI を算出したものを表8-1に示す。

表8-1. 4種類の植物のNDVIの各々平均値

樹種	植物名	NDVI値
広葉	カシ	0.922
広葉	ヤマモモ	0.904
針葉	ヒノキ	0.870
針葉	スギ	0.890

本研究室では、人工衛星の観測データからNDVIを算出した場合、常緑樹の判定を0.5~0.6としている。しかし、NDVIを算出した結果、常緑樹は、衛星画像よりも高い値が算出された。人工衛星と地表の間にある大気の影響があるためと予測される。

## 9. 考察

今回、反射係数測定装置の開発は完了した。これにより、可能な限り植物のみの反射係数データを取得することが可能となった。今後、様々な植物の反射係数データを一定期間ごとに取得し、比較検討を行う必要がある。特に、植物の中には、落葉樹のように季節の変化から、葉の色彩、葉の状態が変化するものがある。それらの変化は、反射係数に影響を与えると推測されているため、年間を通してデータを取得しなければならない。

以上のことから、検証しやすい地域を設定して、常緑樹、落葉樹の代表的な樹種について、測定の日付、温度、湿度、反射係数、などを記載したデータベースの構築をしていかなければならない。

## 10. 参考文献

1) 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

2) 中本良徳：分光放射計を用いたアルカリ骨材反応の診断システムの開発に関する研究  
高知工科大学修士論文2005年