

植生ライダーのための葉っぱの分光学的基礎研究 Study of spectroscopist and leaves for vegetation lidar

渡部修也, 浅井和弘

東北工業大学

Shuya Watanabe, Kazuhiro Asai

Tohoku Institute of Technology

abstract

Vegetation covering the globe surface has been playing a key role for fixation of carbon dioxide molecules in the atmosphere through photosynthesis. Therefore, it is urgently required to obtain precise biomass for better understanding the global warming issue. An air-borne/or space-borne vegetation lidar will be a powerful remote sensing tool for it. This paper reports an experimental result of preliminary spectroscopic study for leaves, i.e. absorption, reflectance, and transmittance. These data should be provided as one of valuable parameters for designing the vegetation lidar.

1.はじめに

地球を覆う植生は、地球温暖化寄与率が5.5%とされている大気中の二酸化炭素（以下、CO₂と称す）を光合成を通して効率よく固定する。それゆえ、植物が有するCO₂固定量を算出する場合、バイオマス情報がとても重要となる。これらの植生環境情報を取得するリモートセンシング技術として、近年、ライダーが注目をされているが、筆者らは、クロロフィル吸収帯のピーク波長660nmと高い反射率のある近赤外域1320nmの二波長同時発振するLD励起型Nd:YLFパルスレーザ自身の研究とそれを送信機に用いた植生ライダーシステムを提案し、^{1,2)}現在、精力的に基礎研究を進めている。

Fig.1は、植物の葉っぱと光エネルギーとの相互作用の概念を示している。葉っぱに入射した光は、基本的には“反射”、“吸収”、“透過”の物理現象を示し、エネルギー保存則であるキルヒホッフ則に従う。これらの現象の物理量の把握は、生物学的な光合成効率を求める上で必要なばかりではなく、環境問題の観点からも植生ライダーの設計を進める上でも必要不可欠な基礎情報である。

本研究は、植生ライダー研究の一環として行った葉自体が持つ分光学的特性、すなわち、葉のクロロフィル抽出液から吸収スペクトルを求めたり、葉っぱの透過スペクトル、反射スペクトル特性などを求めた結果について報告する。

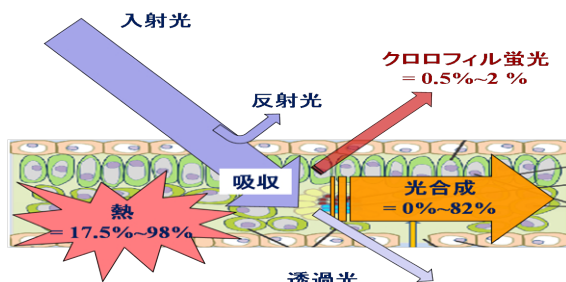


Fig.1 Image of interaction (i.e. reflection, absorption, and transmission) between a leaf and optical radiation

2.実験方法と実験結果

(1)クロロフィルの吸収スペクトル

葉っぱの光吸収は、葉っぱに含まれる葉緑素(クロロフィル)が大きな要因である。クロロフィルには、クロロフィルa、クロロフィルb、クロロフィルc1、クロロフィルc2の種類があるが、当然のことながらこれらのクロロフィルは成分がそれぞれ異なるために、光合成に必要な光エネルギーの波長も異なる。多くの植物にみられるク

ロロフィルaは、650nm付近に大きな吸収帯をもつ。葉っぱに含まれるクロロフィルは、ジエチルエーテルやアセトンなどの有機溶媒に可溶であり、実験ではアセトンに溶かしたクロロフィルを液体セルに入れて測定に供した。

Fig.2は実験装置の写真を、またFig.3は吸収スペクトルの結果をそれぞれ示す。測定に用いたクロロフィルは、①ベンジャミンの葉と②サクラの葉から抽出したものである。サクラとベンジャミンの葉っぱから抽出したクロロフィルの吸収は、どちらも650nm付近で吸収が最も強く生じていることから、成分の多くはクロロフィルaであることが判る。

(2)スペクトルと反射スペクトル

つぎに、葉っぱ自体の反射スペクトルと透過スペクトルの測定結果について述べる。測定方法をFig.4に示す。光ファイバーは入射光口と出射口がバンドルされており、葉っぱ表面から反射して戻ってきた光は入射光に対して同軸で受光された後、スペクトロメータで分光される。一方、葉っぱの裏面に近接して光ファイバが設けられており、透過光はこのファイバーで集光された後、同じようにスペクトロメータで波長解析される。

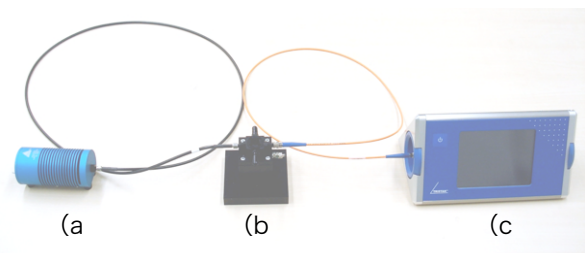


Fig.2 Schematic diagram of absorption measurement for chlorophyll extracted. (a)Light source, (b)Liquid cell, (c)Spectrometer(m.u.t. manufactured, TRISTAN4-UV/VIS)

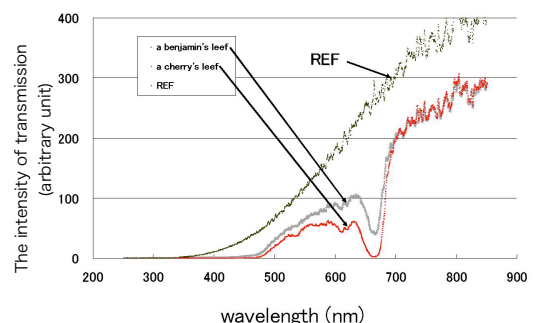


Fig.3 Measured transmission spectra of Chlorophyll extracted from Sakura tree leaf and Benjamin tree leaf.

得られたサクラ、ベンジャミンの反射スペクトル、透過スペクトルをFig. 5、Fig 6に示す。反射特性、透過特性ともに、450nm近辺、650nm近辺で反射強度、透過強度

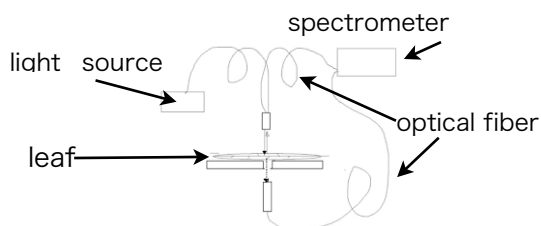


Fig.4 the simple chart spectrum measurement of leaf

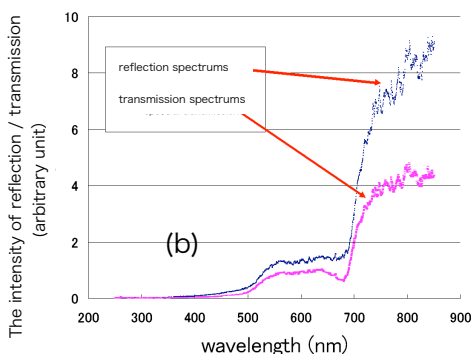
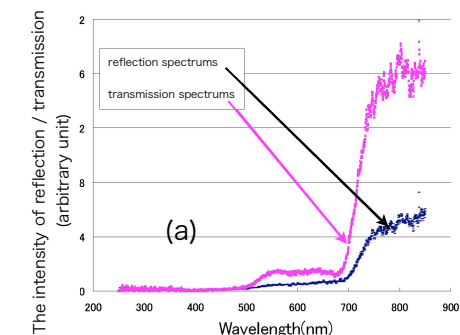


Fig.5 Measured reflection/ transmission spectra
(a) Sakura tree leaf.
(b) Benjamin tree leaf.

ともに大きく減衰している。
また、肉厚なベンジャミンと肉薄なサクラの葉っぱでは反射スペクトルの光強度と透過スペクトルの光強度の比が異なることが分かった。

(3) 木全体の透過スペクトル

つぎに、木全体に対する透過スペクトルを実験的に調べた結果について述べる。樹木は幹、枝、そして多数の葉から成り立っているが、木の頂上から入射した光エネルギーは覆い茂る葉っぱでの多重反射、吸収、透過の後に、地面に到達すると考えられ



Fig.6 Photographs of measurements.

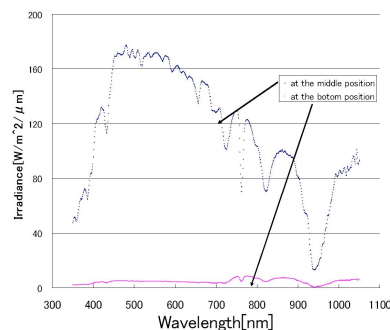


Fig.7 Transmission spectra inside tree leaves and outside tree leaves.

る。予備的実験として、我々はベンジャミンの木（樹高：約1,800cm、径：60cm）を用いて、分光放射計（英弘精機株式会社製、MS-720）の測定位置を変えて行った（Fig.6）。測定結果をFig.7に示す。図から分かるように、放射計の位置をわずかに変えただけでも、その透過スペクトルの形が大きく異なった。

3.考察

前述したように、植物内には光合成をつかさどるクロロフィルa、クロロフィルb、クロロフィルc 1、クロロフィルc 2など数種類が存在するが、一般的に陸上の酸素発生型光合成を行う緑色植物は主にクロロフィルa、bである。今回実験に用いたサクラ、ベンジャミンの葉は、波長650nmでもっとも吸収が大きいことから、酸素発生型光合成の葉緑素はクロロフィルaが主成分であると推測される。クロロフィルaの吸収現象は、当然、反射特性、透過特性にも及ぼすので、Fig.5が示すように波長650nm付近で光強度が減少している。なお、この実験では、クロロフィル濃度を定量化して行っていないので、あくまでも定性的な考察にとどめておく。

今回の実験で用いた葉っぱの異なる特徴として葉肉の厚さ、葉の表皮の硬さが挙げられる。反射光強度と透過光強度の比の違いは、クロロフィルaの含有量だけでないと考えられる。そのため、光学的に植物の特性をみるには、クロロフィル量による特性だけでなく、葉っぱ自体の反射光と透過光の比を考慮しなければならない。また、植生環境により、クロロフィルaとクロロフィルbの比は変わってくる。同様に植生環境により葉っぱの反射光と透過光との比にも差が出てくるのではないかと考える。

4.おわりに

分光学的に植物の特性を観るには様々な切り口でのアプローチが考えられる。今回の実験では葉っぱ1枚での反射光と透過光とを測定した。今後も引き続いて、色々な樹木の葉っぱについて分光学的特性を収集するとともに、複数枚での葉っぱの反射光と透過光の比、樹木の樹冠の上や下での透過光の違いなどを測定していきたい。

5.参考文献

- 1)日本光合成研究会編集 光合成辞典
- 2)浅井和弘,他, 植生ライダー“LOVES” 炭素・水循環のシステムを深める植生情報-樹冠高さ-雲・エアロゾル情報の同時観測, レーザーセンシングシンポジウム予稿集,27,p6-9,2009年9月,ホテル エビナール那須
- 3)R.J.Porra, Photosynthesis Research, 73,149(2002)