

生態環境計測学 2018.05.30 の質問・補足

回答者 : 植山

1. NDVI において近赤外線と赤色光の差によって植物量や活性が表現できる原理について説明がほしい。

[Answer]

植物の葉は可視光をクロロフィルなどの色素が効率的に吸収し、近赤外光を反射する (図 1)。この特徴を利用して、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index; 正規化植生指数) は、赤色光(RED)と近赤外光(NIR)の反射率を組み合わせ、以下のように表される。

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

近赤外光の反射率が高く、赤色光の反射が少なければ 1 式の分子が大きくなり、NDVI は 1 に近づく。分母項 (NIR+RED) で割ることで、方位に依存する照射条件の違いを補正している (入射角度により、反射率が異なることを補正している)。分母項で割ることで、NDVI は、-1 から 1 の値をとるようになっている。1970 年代後半に米国海洋大気庁 (NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration) の人工衛星に搭載された AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) の運用が始まり、赤色と近赤外域の反射率が世界規模で計測されるようになった。NDVI が広く普及した理由の一つとして、この AVHRR や Landsat などの人工衛星に搭載された分光放射計が、NDVI の計算に必要な分光反射を計測していたことが挙げられる。NDVI を用いれば、このころから蓄積された衛星データを利用した植生評価ができる。いっぽうで、近年のより高性能な分光放射計から得られる複数の分光反射率を用いた新たな植生指数も多く提案されている。

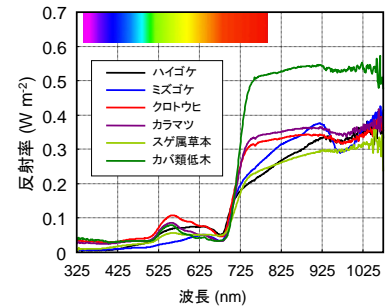


図 1. 夏季アラスカで計測された植物の分光反射スペクトル

2. 植物の葉は紅葉時になぜ赤くなるか？

[Answer]

落葉樹の葉は、葉を落とす前に葉に蓄えられた栄養分を幹に転流させる。そのため、クロロフィルなどの緑色の色素がなくなり、カロチノイドやアントシアニンといった色素の濃度が相対的に高くなり赤色や黄色に色づく (例えば、下記の参考ホームページを参照)。図 2 は、アラスカのクロトウヒ林の下層植生が紅葉する前後の森林の分光反射スペクトルである。紅葉により 560 nm 付近の緑色域にある反射ピークがなくなり、680 nm 付近の赤色域の吸収も小

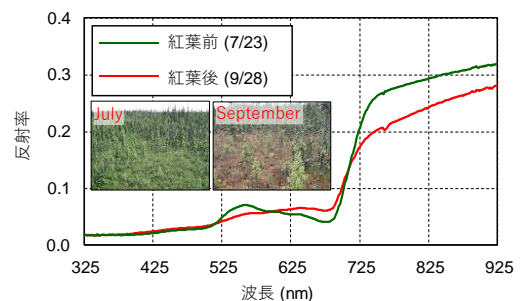


図 2. アラスカのクロトウヒ林で観測された 7 月と 9 月の森林群落の分光反射スペクトルと可視画像

さくなっている。また、近赤外域の反射率が低下していることも見てとれる。

引用文献

紅葉のしくみ-その観察と実験 2014年11月: <http://www2.tokai.or.jp/seed/seed/seibutsu12.htm>

3. 光利用効率(LUE; Light Use Efficiency)モデルについて、再度、説明をしてほしい。

[Answer]

LUE モデルとは、植物が吸収した光合成有効放射(APAR; Absorbed Photosynthetically Active Radiation)と LUE の積から光合成量を推定するためのモデルである。

$$\begin{aligned} \text{光合成量} &= \text{LUE} \times \text{APAR} & (2) \\ &= \text{LUE} \times \text{FPAR} \times \text{PAR} \end{aligned}$$

ここで、FPAR は光合成有効放射吸収率(Fraction of PAR)を表す。一般に、FPAR と NDVI の間には関係性があることが分かっているため、NDVI から FPAR を推定することができる (ただし、近年では、より高度な手法を用いて FPAR が計算されることが多い)。また、衛星データから PAR を推定することも可能であるため、衛星リモートセンシングから 2 式の LUE 以外を評価することができる。LUE は、植物種毎に異なること、また環境要因によって光合成活性が変化することを考慮してモデル化すると、LUE モデルと衛星データを用いた広域的な光合成量の評価が可能となる (Sasai et al., 2005)。観測データが豊富にある生態系を対象にパラメータリゼーションを行うことで光合成速度を類推することが可能であるが、十分な検証や調整がなされていない場合、モデルの精度が保証できないことに注意が必要である。

引用文献

Sasai, T., Ichii, K., Yamaguchi, Y. and Nemani, R. 2005: Simulating terrestrial carbon fluxes using the biosphere model “biosphere model integrating eco-physiological and mechanistic approaches using satellite data” (BEAMS), *J. Geophys. Res.*, **110**, 493-503. G02014, doi:10.1029/2005JG000045.

4. 近接リモートセンシングは可視画像などの少ないバンド数の計測に限られるのか？

[Answer]

近接リモートセンシングでは、広いバンド (例えば、300~1700 nm) を細かな波長間隔 (例えば、0.3 nm) で同時に計測できる分光放射計を比較的安価に用いることができる。これにより細かな分光反射率の計測が可能である (図 1、2)。地上観測では分光放射計によって細かな分光特性を計測することができるため、地球観測において重要な波長帯や指数を決定することができる。これらの地上観測にもとづいて、人工衛星での計測に重要な波長を決定することができる。

5. マイクロ波リモートセンシングとは何か？

[Answer]

リモートセンシングで使われるマイクロ波の波長は、およそ 4 mm～1 m の範囲である (Jones and Vaughan, 2010)。このマイクロ波は、波長が長いこと大気中の気体やエアロゾルに散乱されず、霧や雲にも散乱されにくい。またマイクロ波の射出には太陽放射の影響を受けないため、曇天や夜間においても観測ができる。この波長域でも、表面温度に起因する長波放射が射出されているため、射出される放射量を受動的に計測することにより地表・海洋の表面温度の観測に利用することができる。受動型の計測に加えて、能動的に高い波長帯のマイクロ波を照射し、散乱されてきたマイクロ波を計測することもできる。能動型マイクロ波の波長は、地表面の体積や構造に感度があることから、植物のバイオマスの推定に利用することができる。また、誘電率が水分条件によって変わることから、土壌水分の計測にも利用できる。

引用・参考文献

Jones H., G., Vaughan, R. A. 2010. (久米篤・大政謙次 監訳) 植生のリモートセンシング (Remote sensing of vegetation). 森北出版, 東京, 446pp.