

<LAI Leaf Area Index の説明>

1. はじめに 葉面積指数 (LAI) とは、植生群落の単位地表面積 (例えば 1 m^2) あたりの葉の投影面積の総和として定義されます。それ故 m^2/m^2 という無次元の単位を持つ指標です。植生の放射吸収、光合成・蒸散量、炭素吸収能力などを示す重要な指標として広く利用されています。

従来からの手法として対象区画に存在する全ての葉を刈り取り、その総面積から求める刈取り法が挙げられます。この方法は確かな指標で有る一方で、労力を強い、破壊を伴う手法でもあり、特に破壊が問題になることが多いです。

非破壊的手法では光学的な方法があり、群落を通して地面へ透過する放射の測定値から導く Li-Cor 社 LI-2000、Delta-T 社 Sunscan、Sunfleck Ceptometer、または魚眼レンズとカメラを使った群落下層での全天写真などが挙げられます。これらは光学的とは言え、モノクロによる明暗の比を計測しているのので、実際のところは植物面積指数 (PAI; 単位地表面積あたりの葉、枯れた葉、枝、幹の投影面積比) を計測しており LAI とは言えません。かつ、自動的な連続測定が難しいという問題が残っています。

2. 可視/近赤外のクロロフィル応答を利用した被覆率の計測手法 ほとんどの植物の葉は波長 $400\text{-}700\text{ nm}$ の可視域の放射 (PAR) を吸収することで光合成を行っています。一方、 $700\text{-}1000\text{ nm}$ の近赤外域の放射 (NIR) は利用されず、ほとんどが透過・反射されます。

図 1.このような生きた葉、もしくはクロロフィル独特の分光的な特徴を利用すると、植生の被覆率を得ることができます。

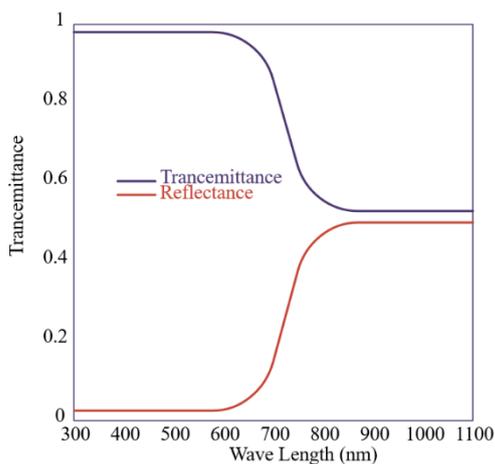


図1. 葉の透過スペクトルの模式図
Trancemittance:透過
Refrectance:反射

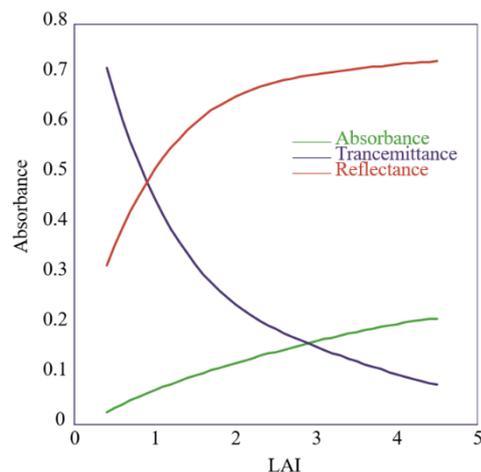


図2. LAIと吸収、透過、反射スペクトルの模式図
Abrorbance:吸収

群落からの反射放射を利用した正規化差植生指数 (NDVI) があります。この手法は植物の被覆率の測定には適していますが、葉が重なるにつれて群落表面からの反射率が飽和し、あ

まり変化しなくなります。

また、植生の背景となる土 壤からの反射が大きく影響し、対象範囲の裸地土壌の割合、土壌の性質や水分状態、さらにササなどの下層植生の有無に よって NDVI が大きく変動して しまいます。つまり平面的な被覆率は得られますが、立体的な LAI は得られないのです。

3. 分光光学式 LAI の計測手法 上記 NDVI の場合は反射率を利用しましたが、葉の透過を 利用した手法が MIJ-15LAI TypeII/K2 もしくは MIJ-15LAI/P による方法です。反射と比 較して 2 つの利点があります。1 つは LAI の増加に対して飽和しにくいこと、もう 1 つは、 下か ら植生を見上げた場合、その背景は土壌や下層植生ではなく、天空となり、NIR/PAR の比率が、季節や気象条件によらず極めて一定に保たれているということの 2 点です。

4. MIJ-15LAI

TypeII/K2 による LAI の計測とその注意事項 MIJ-15LAI TypeII/K2 ではデータロガーを接 続して、定点観測する場合に適しています。PAR,NIR の電圧出力なので、物理量への換算 はセンサーに記載されている係数を用いてください。また LAI への換算は以下の式を使っ てください。た だし、この式は落葉広葉樹に対する換算式なので、針葉樹、低生植物など では誤差を生じることがあります。厳密に計測 するときには変換式を作成し直す事をお奨 めします。

$$LAI=2.80\ln(NIR/PAR)+0.69$$

In: 自然対数

NIR: 近赤外(700~1000nm の範囲)

PAR: 光合成有効放射(400~700nm の範囲)

Kume et al.(2011)JPlantRes124:99_106.

この式は樹冠のクロロフィルによる太陽光の反射と吸収作用が生じ、結果的に林冠下に到 達する 2 種類の光を計測すれば LAI が算 出できる事実を実測値から導いた式になります。 またここではサンフレックや太陽高度(太陽の角度)の影響を減じるため にセンサーを定置 に設置し、連続測定を行い、日平均値を有効とする段取りを前提としています。センサーが 動かなくても 太陽が動くので、ライントランセクト測定と類似の効果が得られるのです。 逆に表現すればこの使い方が出来る LAI セ ンサーは MIJ-15LAITypeII/K2 だけで、その優 位性が目立つ計測の手法です。一般的に林冠の植生構造は複雑なのですが、 その LAI の代 表値を得ることが可能になります。

一方で、持ち運んでの計測を行うときにはセンサーが動き、かつ太陽も動くという条件に変 わりますから、注意を払わねなりません。

まず、サンフレックとは植物群落内における陽斑を示します。木漏れ日のイメージです。サ

サンフレックがたまたまセンサーに直接照射されるとき、それはその場の代表的な光環境の計測値とは言えなくなります。次に太陽高度、これは日 変化も年変化もしています。植物群落に粗密があることは多く、太陽高度の違いは、林冠を通過する太陽光のパスが異なることとなります。あとは地形です。極端に言えば、北斜面と南斜面では同時刻であれば太陽光のパスが全く異なります。

記述したいずれの事項に該当する場合でも、MIJ-15LAI/P はその瞬間、その場所における正しい LAI を計測していることは確かです。ただし、持ち運びでの計測故にその再現性が太陽と林冠とセンサーの位置関係に依存することが、全体としての再現性を低くする結果をもたらします。

以下の事項をなるべく守るようにはしていただくことで、再現性を高くすることは可能です。複数の場所(ただし、毎回同じ場所)と日にちを変えて何回も年間を通して計測し、広範囲の LAI を計測することを仮定したときの説明になります。

- a. なるべく午前 10 時から午後 3 時頃までの測定を行う。
- b. 場所の再現性を高めるためなるべく同じ場所、同じ時刻になるように配慮する。可能なら GPS で位置を確認する。
- c. 1 箇所で少しだけセンサーの位置を変え何回かの計測を行い、最後にその平均値を有効値とする。
- d. 葉以外の日射を遮る大きな物体の近くで計る場合、計測者の立ち位置はその物体の側に、センサーは反対側に。
- e. もし、可能であれば曇天時に計測すれば 1 と 3 と 4 を気にしなくて構わない。

a は太陽高度に関する再現性を高め、かつ、人間が行動しやすい時間帯であることを満たします。b は位置的再現性を高める配慮です。c はサンフレックの影響を減らす配慮。d は通常はあまり考えなくて構わないのですが、例えば巨大な壁面の近くで計測する場合の配慮です。e は曇天時には照射する太陽光そのものが既に拡散した光になっているので、自然と a.c.d による影響が少なくなることを意味しています。

一方で持ち運びでの計測故にセンサーに光が当たる様子を確認出来やすいメリットがあります。特に計測の再現性を阻害するのはサンフレックの影響です。この具体的な例として、NIR もしくは PAR センサーの片側や両方にサンフレックつまり、直射日光が照射されている状態を挙げます。言い換えると葉の隙間をくぐり抜けた太陽光の一部がセンサーに照射されている状況とも言えます。この状態はセンサーに届く光が葉に無関係な状況であり、LAI の計測もうまくいきません。両方に直射日光が当たらないような位置で計測してください。

さい。なお、この状況は曇天時には生じず、晴天時のみの 注意点です。

5. 対象とする植物に適した LAI 変換式の作成 落葉広葉樹の式は上記の式で十分なのですが、それ以外の植生を正しく計測するには変換式を新たに作成した方が良い結果に繋がります。一番確実なのは刈り取り法を行いつつ、MIJ-15 の計測を行い、プロットを作成して回帰曲線を得る方法です。もう一つは葉を直接センサーの拡散板に張り付けて、1枚、2枚、3枚と増やしていったときのプロットを得る方法です。この場合は、晴天時、三脚に固定したセンサーの向きを太陽光に向け、葉を乗せて計測すると多くの枚数のデータが得られ、その分広範囲な LAI の変換式を作成できます。



図3両側に直射日光が当たっている



図4.片側に直射日光が当たっている.