第６講：樹木とその周囲環境の測定法（その２）

研究対象とした樹木の基礎情報も重要だが、その樹木がおかれていた環境を記述することも重要である。また、そういった周囲環境と樹木の成長や繁殖との関係を調査する研究もある。大学の演習林などで研究を行った場合は、業務として毎日記録している気象観測データがあるので、自分でデータをとらなくてもこれを利用することができる。ただ、森林内や樹冠内の微気象を問題にする場合には、数十 ha の演習林内の１カ所で測定している温度や湿度、降水量のデータだけでは不十分である。

今回は温度・湿度・土壌水分・光環境について、各種器械を用いた測定法を紹介し、ロガーに蓄積したデータの転送方法、パソコンを用いた光環境の測定法について例を挙げて説明する。

1.温度・湿度

温度を測定する温度センサー、湿度を測定する湿度センサー、これにデータを蓄積するデータロガーがセットになったものなどいろいろな測定機器がある。野外の調査地に設置する際に気をつけなければならないのは、防水加工である（最初から防水仕様になっているものもある）。センサーとロガーを接続するケーブルをビニールチューブで覆う、ロガーをビニールパックに入れて乾燥剤（シリカゲルなど）と一緒にタッパに封じ込める、タッパにケーブルを通す穴にできる隙間はコーキング剤で塞ぐなど、いろいろ工夫が必要である。

2.土壌水分

2.1　炉乾法

最も基本的な測定方法。採取した土壌試料を恒温乾燥機で乾燥させて（110℃）、試料中の水分を全て蒸発させ、乾燥前後の重量の差から含水比（水の重量／土壌のみの重量）を求める。調査値から試料を採取してくることが可能なら、一番正確で信頼できる方法。

2.2　テンシオメータ法

含水量に応じて変動する土壌の水分張力を利用して測定する方法。素焼きカップ製の感

部から吸引圧を測定する測定部までを水で満たし、カップからしみ出る水と土壌水を連続させて、その吸引圧を測定する。その場で瞬間値を測定するタイプと、一定間隔でデータを蓄積するロガータイプがある。長期間測定する場合には、中の水が切れないように注意する。水分量を直接測定しているわけではないので、別に含水率と吸引圧との関係を調べておく必要がある。

2.3 TDR（Time Domain Reflectometry）法

土壌の誘電率が含水量に対応して変化することを利用して体積含水率（水の体積／土壌の体積）測定する方法。炉乾法で測定した水分量のデータを用いて測定値を補正する必要がある場合もある。今回はこの方法を用いたセンサーで土壌水分を１分間隔で測定し、ロガーに蓄積したデータをパソコンに取り込む一連の作業工程を紹介する。

データロガーからパソコンにデータを取り込む際によく用いられる規格は、RS-232C シリアルである。シリアルは「直列」の意。複数のデータを同時に（並列に）送るのではなく、一つ一つ順番に送る通信方式。RS-232C はその規格の一つだが、シリアル通信方式の中では最もよく使われるので、「シリアル＝RS-232C」と考えてほぼ間違いない。 これに対して「並列」はパラレルで、パソコンとプリンタとの通信によく用いられる。

ただ、シリアル通信方式は、現在よく普及している USB や IEEE1394 などの通信方式と比べると転送速度が遅く、最近のノートパソコンではそのポート自体がついていないことも多い。一方で、各種センサー用のデータロガーでは、いまだにそのほとんどがシリアル転送方式を採用している。理由はおそらく扱うデータのサイズがそんなに大きくないからだと思われるが、将来野外で調査する際に自分のパソコンを持っていってロガーからデータを吸い出したいなどと考えている人は、シリアルポートがついているかどうか確認しておいた方がよい。シリアルポートがなくても USB ポートがあれば、シリアル-USB 変換アダプタが利用可能な場合もある。

データの転送にはセンサーやロガーに付属している専用ソフトを用いたり、Windows に標準で付属している通信ソフトを用いたりする。その際、転送速度（bps）やデータビット、パリティ、ストップビット、フロー制御など各種項目を設定する必要がある。詳細は覚えておく必要もおそらくないので省略するが、例えば調歩同期式でスタートビット 1、ストップビット 1、データ長 8 ビット、パリティなしの時は、1 文字は 10 ビットで表せるので、9,600bps では最大 960 文字/秒の転送速度であることになる。

3.光環境

3.1 照度計

人の目から見た明るさ、光強度（lux）を測定する器械。光合成反応の主なエネルギーになる赤色光（650～680nm）や気孔開閉などに有効な青色光（400～450nm）に対する感度が低いため、「植物が光合成に利用する」光の測定には向かない場合がある。植物が利用できる光の量という観点からは、照度よりも光量子密度のほうが適当であり、植物生態学では次に述べる光量子計を使うことが一般的になっている。

3.2 光量子センサー

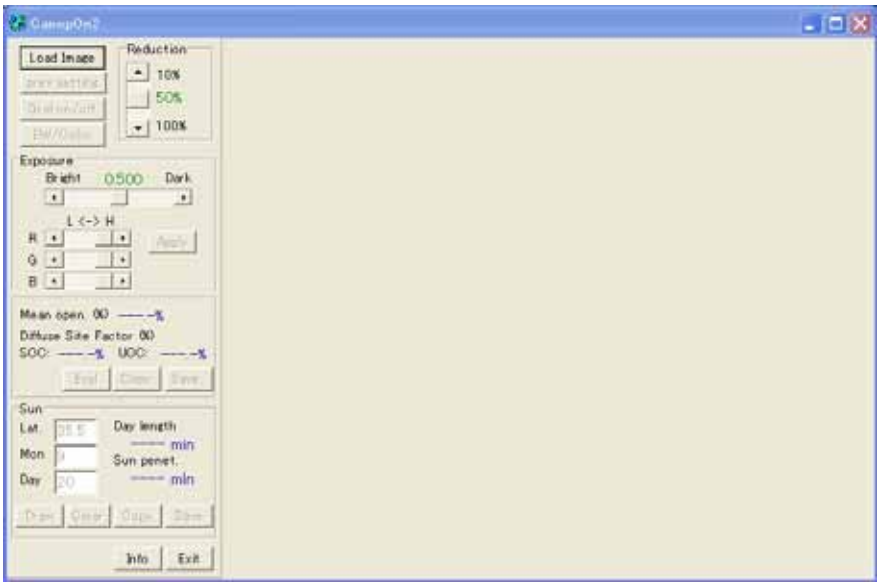
光合成有効波長域（400～700nm）の光量子束密度（μmol photons m^{-2} s^{-1}）を測定するセンサー。瞬間値を測るタイプとロガータイプがある。多数の植物個体や樹冠内の多数の個葉を研究の対象としている場合、各個体、各個葉がおかれている光環境の把握や比較をするために、相対光量子束密度を測定する。相対光量子束密度というのは、ある場所に到達する光量子束密度の瞬間値あるいは積算値の、樹木の枝などによって全く被陰されていない場所での光量子束密度の瞬間値あるいは積算値に対する相対値（種生物学会,2003)。この値を得るためには、調査対象地の光量子束密度と開けた林外や林冠上部などにおける光量子束密度を同時に測定する必要がある。２地点が離れている場合は、複数人数でトランシーバを利用して測定する。

瞬間値の測定は、空から届く光が散乱光のみで占められていて全天からほぼ均一に光が照射される曇天日に行うのが望ましい（このような散乱光条件下では、輪郭のはっきりした影ができない)。また、測定の際はセンサーが測定している人の陰に入ってしまわないよう、センサーを測定者の体から十分離すことが必要である。

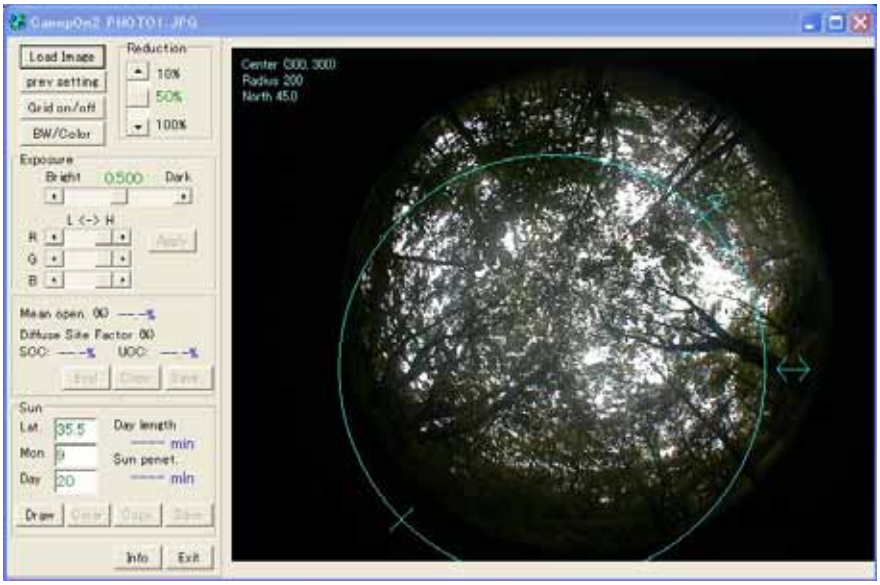
3.3 全天空写真

魚眼レンズを取り付けたカメラを用いて、調査対象の植物個体などの直上で撮影した林冠の写真。これをパソコンで解析して、調査対象を覆っている植被の配置を明らかにする。それによって調査対象にどれだけの量の光が到達しているかを評価する。最近よく用いられるのは、デジタルカメラと専用の魚眼レンズのセット。これを三脚と水準器で真上を向くように調整する。

解析に用いるソフトはいろいろあるが、今回は「CanopOn」というフリーウェアを紹介する。

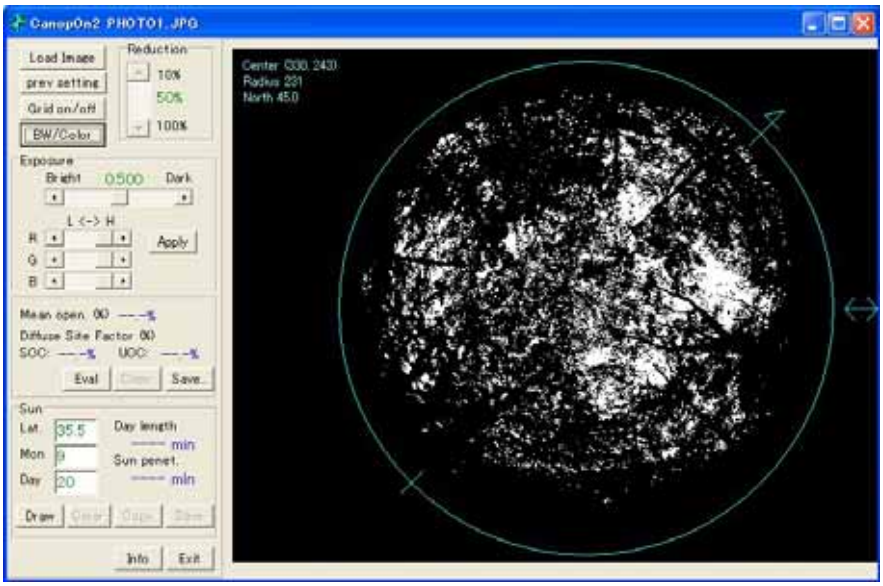


「CanopOn」の起動画面

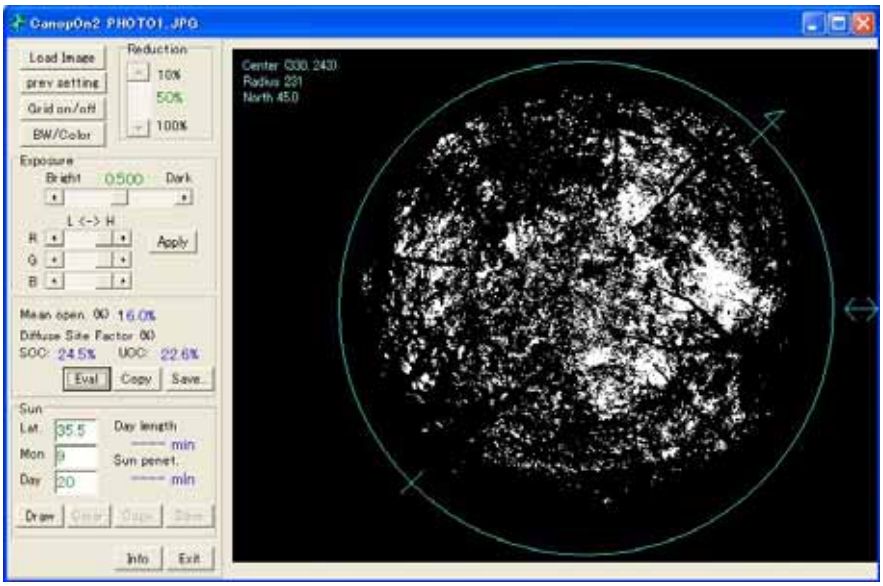


「Load Image」で全天空写真を取り込む

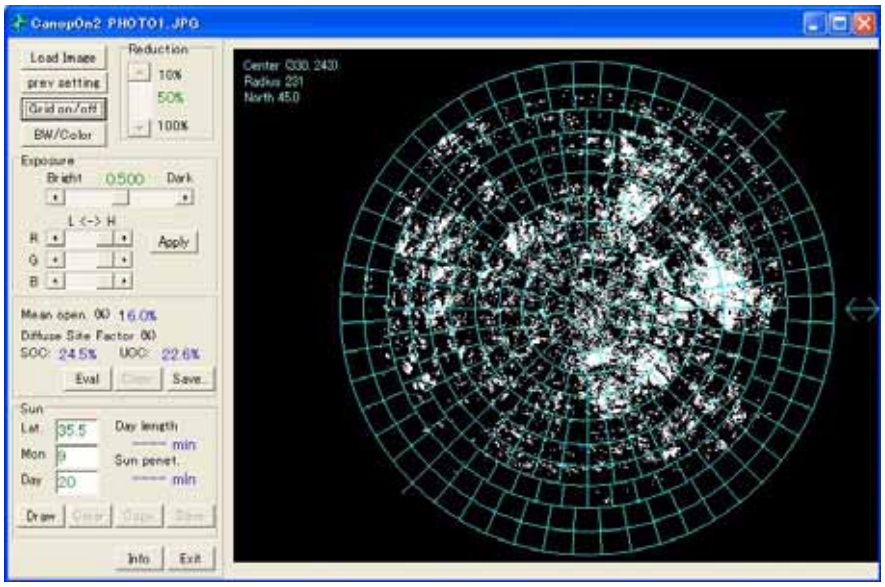
地平線を表す空色の円の位置と大きさを取り込んだ写真に合わせる



「BW/Color」ボタンで白黒イメージに変換する



「Eval」ボタンで平均的な空隙率（空が見える比率)、散乱光の透過率を計算させる



空隙率は全天を等立体角に分割した 360 の小区画ごとでも計算可能

3.4 感光フィルム

光によって変色するフィルム。これを測定ポイントに貼り付けておき、一定時間後に回収して変色度合いから日射量を推定する。例えば、樹冠内の個葉単位の光環境を比較する場合などに有効である。