林床における放射観測の代表性について

水文気象学研究室　川元　啓司

緒言

光合成において光というものは必要不可欠なものである。光の中でも植物の光合成に有効なのは約0.4～0.7μmの波長帯の太陽光エネルギーであり、これを「光合成有効放射量＝ＰＡＲ」と言う。このＰＡＲを計測する事によってＰＡＲを吸収をしている葉の量など、光合成に影響するものを把握する事ができる。林では樹冠を透過する太陽光において散乱光と直達光により透過過程が異なるため、ＰＡＲは計器ごとにばらばらに計測される。これを考慮して、林を代表する林床でのＰＡＲ観測値が得られれば、林全体の光合成にかかわるPARの吸収量を把握することができるのである。

観測地について

ＰＡＲの測定は岐阜県高山市（表１参照）の森林に建設されたタワー周辺でおこなう。

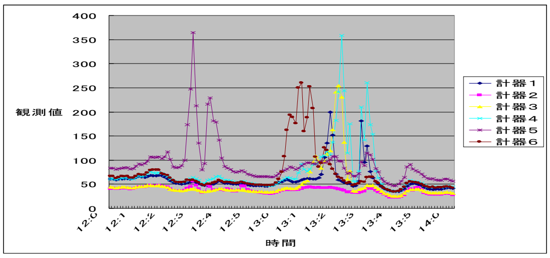
（表１：タワーの設置場所の詳細）

緯度経度標高	北緯36度08分23秒、東経137度22分15秒、標高800m
観測場所の平均斜度	20.８度 、勾配ベクトル（東成分，北成分）=(0.26,-0.28)

タワーの周りに存在する約２０ｍ の樹高の杉の林の上に突き出して、上空の気象状況や上空からの日射などの放射量を計測できるように、タワーは建設用の足場材料を使って３０ｍの高さで作られている。タワーの上部に１つ、真中に１つそして地面に６個のＰＡＲ計を設置して観測を行う。タワーに設置した計器と地面に設置した計器の測定値の差から林床まで到達した日射の通過途中に存在する木や葉の光合成の活動を数値として得るのである。今回の研究では、林床に設置された計器１番から計器６番までの計６個のＰＡＲ計の、平成１７年８月１１日から８月２２日の１１日分のデータを用いて解析する。

データのばらつき

太陽の指す方角が南から西向きへと変化する１２時００分から１４時００分の時間帯の６個の計器の観測値のグラフを図２に描いてみた。



（図２：12時００分から14時00分の観測値）

頻度分布では同じでも観測値は図２のように風や、太陽の動きなど、計器が設置される様々な環境条件によって時々刻々計器ごとに異なった変動を示す。林を代表する林床でのＰＡＲの観測値は林床に隙間なく計器を敷き詰めれば簡単に得られるが、経費がかかる上に森林へ大きな影響を与えてしまうため、不可能なことである。そこで、現在設置されている６個の計器から得られるばらばらなデータを統計解析することによって、どれくらいのデータを集めれば林を代表する林床でのＰＡＲ観測値が得られるのかを考える必要がある。

データの分布

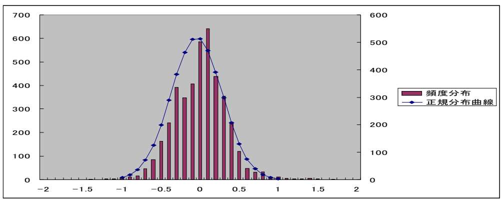
観測された数値は単にＰＡＲの値を表すので、よく晴れた日の朝方の数値と曇りや雨の日の日中の数値といった全く違う状況が同じ値で観測されてしまう。直達光成分の多い晴れた日と散乱光成分の多い曇った日は観測値に大きな差があるため別に扱う必要がある。今回は直達光成分が多く、葉などの陰の影響が大きい、良く晴れた日を対象にする。６個のＰＡＲ計の平均値を日付ごとにグラフに描き、一日の日射の変化と似た変化をする日が８月１１日だったので、１１日分のデータの中で一番よく晴れた日と判断し、この日の観測値を対象として解析を

行った。

ＰＡＲ計データを統計処理するためには、各計器での観測値を同一の母集団に属する標本として取り扱えるようにする必要がある。そこで日変化を示すような平均値で規格化する。上記の条件に従うには、１日の変化２４時間と比べて充分短くかつ平均が安定する程度に長く切るために、１５分ごとの平均を使って規格化を行う。まず、i 番目のＰＡＲ計の観測値を x_i 、ある１５分間の x_i の平均値を $\overline{x_i}$ 、ある１５分間の６計器すべての x_i の平均値を $\overline{x}$ とし、$\overline{x} = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{6}\overline{x_i}$ ， $K_i = \frac{x_i}{\overline{x}}$ 　（式 4. 1）

として規格化を行うと、$K_i = 1$ を中心に左右傾きが違うが正規分布に似たグラフとなった。そこで次に $\log(K_i) = L_i$ として自然対数をとり図３のグラフに描いてみると $L_i = 0.1$ を中心とし、左右の傾きがほぼ均一なる。さらに、正規分布曲線を重ねて描いてみると L_i のグラフと近似できる。

よって８月１１日のデータは対数正規分布で近似できると考えられる。



（図３： L_i の頻度分布グラフと正規分布曲線）

区間推定

正規分布する母集団から抽出した標本の大きさをｎ、標本平均を $\overline{x}$ 、不遍分散から求めた標準偏差をｓとしたとき、ｎがある程度大きければ母平均ｍ、定数 A とすると、任意の％での信頼度で区間

$$\overline{X} - A\, {}^{s}\!/\!_{\sqrt{n}} \le m \le \overline{X} + A\, {}^{s}\!/\!_{\sqrt{n}} \quad \text{（式５．１）}$$

に入ることが示される。ここで、９５％の信頼度の場合 $A = 1.96$ となり、標本は対数をとっているので $\log(Y)$ の誤差 10％では

$$\log\left(\frac{\overline{Y} \pm 0.1\overline{Y}}{\overline{Y}}\right) = \log(1 \pm 0.1) \quad \text{（式５．２）}$$

誤差の範囲が小さいのは $\log(1.1)$ の方であるので、

式５．１より $\overline{X} \le \log(1.1) \le A\, {}^{s}\!/\!_{\sqrt{n}}$

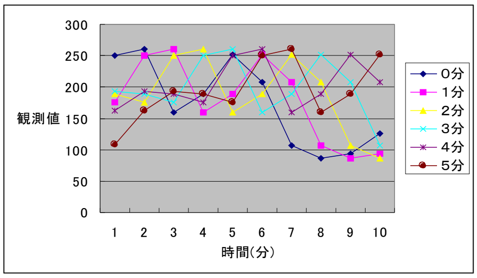
よって、 $n \ge \left(A\, {}^{s}\!/\!_{\log(1.1)}\right)^2$ （式５．3）

式５．３と同様にそれぞれの誤差別に必要なデータ数を求めると表２の結果が得られた。

表２　（誤差別必要データ数）

誤差 1%	誤差 5%	誤差 10%	誤差 20%	誤差 30%
12700 個	530 個	140 個	38 個	18 個

次に、同一計器で計測された値の独立性を調べるために、ある計器でのＰＡＲの時系列をグラフを図４のように、１分ごとに遅らせた１分遅れから５分遅れのそれぞれの時系列との相関係数を求めた。



（図４：データを１分ごとにずらしたグラフ）

求めた相関系数の平均から、観測データは１．４８分後の同じ計器で計測されたデータとは独立しているという結果が得られた。表２の必要なデータの個数を時間で割ると、林の代表値を得るために必要な計測時間は表３のように推定される。

（表３：代表値を得るために必要な誤差別計測時間）

誤差 1%	誤差 5%	誤差 10%	誤差 20%	誤差 30%
4255 分	177 分	46 分	12 分	6 分