

天空写真による林内光環境の推定に関する研究

— 雲のある日における散光成分の推定 —

九州大学農学部 矢幡 久

1. はじめに

林冠の写真を利用して林床の光環境を推定するためには、全天光量を直達光と散光の2成分に分けて解析する必要がある。しかし、全天光量だけの測定データしかない場合には、散光成分を単純に太陽高度だけの関数とみなすしかなく、このような方法で林内照度を推定する場合に、直達光や散光成分の大きさが変動している場合に適合性が悪くなる(未発表)。散光量の比率は、天候、すなわち雲の状態に左右されるので、これを間接的に推定する方法を検討し、全天光量のみを計測データから、散光および直達光の2成分に分ける方法について検討した。

なおこの研究は、JICAのインドネシア熱帯降雨林研究計画の中で実施したものである。

2. 材料と方法

測定は、ムラワルマン大学ブキットスハルト演習林内の露場において、光合成有効光量子センサー(小糸製)2個をそれぞれ全天光と散光の2成分の計測に使用し、コナー社製のデータロガーで記録した。解析は1990年2月14日から8日間分の1分間隔に測定したデータを用いた。散光成分は、手製の遮光バンドを用いて測定した。

3. 結果と考察

図-1に、全天光量と散光量の日変化の一例を示した。熱帯降雨林であるために、快晴日は少なく、雲が多く光環境の変動の大きいことが特徴である。図-1には、快晴の場合に予測される全天光量の計算値を曲線で描いている。全天光量の実測値が快晴時の全天光量に比べてある程度は少ないほど、散光量が増加する傾向がみられる。すなわち、快晴時よりある程度の雲がある方が散光成分は増加し、太陽高度が同一でも散光成分の絶対量が変動することを示している。

そこで、SatterlandとMeans¹⁾の方法に準じて図-2の模式に示すような曇天時の直達光および散光の成分解析の仮説をたてた。関係式(1)~(6)も図に示した。ただし、 P_0 :太陽定数($2.756\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$); P_{bc}, P_{dc} :快晴時の直達光量と散光量; P :大気的光透過率(0.76); h :太陽高度; a, b :経験定数($a = -0.6, b = 0.15$); C :雲量(0-1); d :雲の条件を表わすパラメーターである。これにしたがえば、雲量 C は、直達光量の実測値 P_b' と快晴時の予測値 P_{bc} とから推定できることになるので、次式で求められる。

$$C = 1 - P_b' / P_{bc} = 1 - (P_t - P_d) / P_{bc} \quad (7)$$

ただし、 P_t :全天光量(= $P_b' + P_b'' + P_d' + P_d''$), P_d :散光量(= $P_b'' + P_d' + P_d''$)。

(7)式と(5), (6)式から、 d は次式で求められる。

$$\exp(-d) = (P_d - P_{dc} (P_t - P_d) / P_{bc}) / \{(P_{bc} + P_{dc}) (1 - (P_t - P_d) / P_{bc})\} \quad (8)$$

一方、雲量 C を間接的に求めるために、 $C = a (1 - P_t / P_{tc})$ であると仮定すれば、

$$P_b' / P_{bc} = a (P_t / P_{tc} - 1) + 1 \quad (9)$$

の関係が得られる。ただし、 P_{tc} は快晴時の全天光量、 a は係数である。

図-3は $\exp(-d)$ を太陽高度に対して打点したものである。この d が0であれば、雲に遮られた天空からの光は、同一量が散光として再放射することを意味し、 ∞ であれば、全く再放射しないことを示す。この値はかなり変動しており、散光状態の不安定さを示す。そこで測定期間の総平均値を求めたところ、約 0.302 ± 0.095 となった。

図-4は、(9)式の係数 a を推定するために描いたものである。高い相関を示す測定日もある一方で、ばらつきの大い日もあるが、これから a の平均値を求めた。これらの係数 d と a の平均値から、測定期間における全天光量から直達光と散光量のおよその傾向が推定できることになる。一例として全天光量を快晴時の全天光量の30%、50%ならびに80%にした場合の太陽高度

に応じた直達光と散光の2成分を推定したのが図-5である。なお、全天光量が散光成分の予測値を下回る場合は、直達光量=0、全天光量=散光量として計算した。この結果、全天光量が減少すれば、その分だけ散光量の割合が増加する傾向を表現できることを示している。また、図-1(下図)に実測値と推定値の日変動を比較した。快晴時に実測より推定値が高く示されているのは、快晴時の散光成分をもともと高く評価したことが原因である。しかし、曇り時には、より実測値に近似しており、曇り時の散光量がある程度予測できることが明らかとなった。

4. おわりに

全天光量だけの資料から直達光と散光の2成分に分割できることにより、林内の照度をより現実に近い値で

推定できることになり、雲のかかりやすい地域での光環境の予測が容易になると期待できる。

引用文献

- (1) SATTERLAND D. R. and J. E. MEANS : Forest Sci. 24 : 363~373, 1978

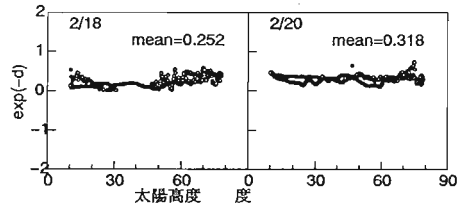


図-3 雲の条件を表わすパラメーター (exp(-d)) と太陽高度との関係(例)

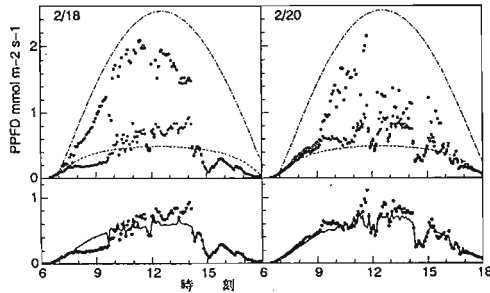


図-1 東カリマントンにおける全天光(光合成有効光子束密度, ○)と散光(●)の日変化の例
上図: 実測値(丸点)と快晴時推定値(線)
下図: 散光の実測値(丸点)と推定値(実線)

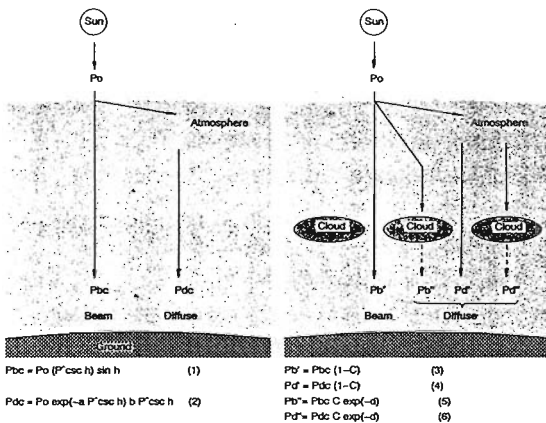


図-2 快晴時および曇天時の直達光と散光量の推定モデルの模式
 P_0 : 太陽定数; P_{bc} , P_{dc} : 快晴時の直達光量と散光量;
 P : 大気的光透過率; h : 太陽高度; a, b : 経験定数; C : 雲量(0-1); d : 雲の条件を表わすパラメーター

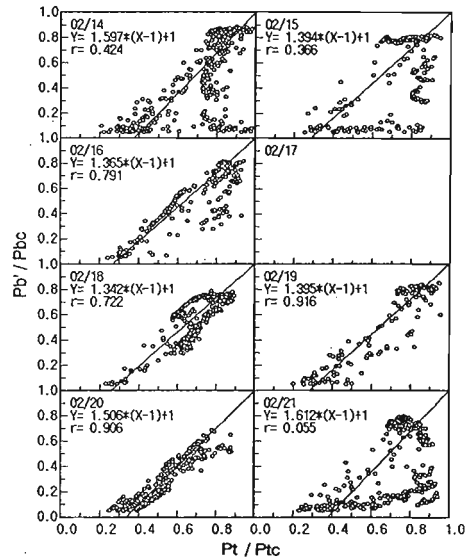


図-4 係数a(9式)の推定のためのPt/PtcとPb'/Pbcとの関係(aの平均値=1.459)

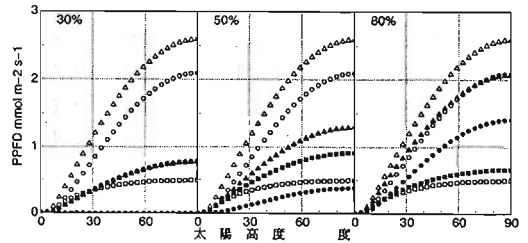


図-5 太陽高度に伴う全天光量(△, ▲), 直達光量(○, ●), および散光量(□, ■)の変化の推定