

3. シラカンバの樹木モデルを用いた林分光合成の推定

緑地環境情報学研究室 KI

1. はじめに

植物の姿を定量的に捉えシミュレートする試みは、植物の形(構造)に注目するかあるいは光合成・蒸散などの機能に注目するか大きく2つの面から行われてきた。しかし植物の構造と機能は相互に深く作用しあっていることから、近年では、植物の構造・機能、それらの相互作用をモデル化した構造的・機能的モデルの開発が進んでいる。梅木(2003)はシラカンバの実測データを元に、一次枝を基本ユニットとした構造的・機能的樹木モデルを構築した。このモデルでは樹木動態を林分レベルでシミュレートできるが、一次枝が光を受け成長・枯死する過程は光強度に応じた成長量で記述されており、生理的なプロセスを欠く。そこで本研究では太陽放射と樹木モデルの3次元構造、個葉レベルでの光合成から、枝・個体・林分それぞれのレベルでの光吸収量・光合成量を推定することを目的とする。

2. 使用データ

林分の3次元構造として10m四方の方形区にある23本のシラカンバ稚樹のモデル、日射量データとして旭川の毎時日射量(気象庁発表)、シラカンバの光-光合成曲線は小池(1984)を参考に作成した直角双曲線を使用した。

3. モデル構築

i)3次元構造のVoxel化近似

空間をさいの目状に分割し、それぞれの目(セル)に含まれる葉面積を計算した(図1)。葉はセルの中ですべての方位と仰角にランダムに分布すると仮定した。

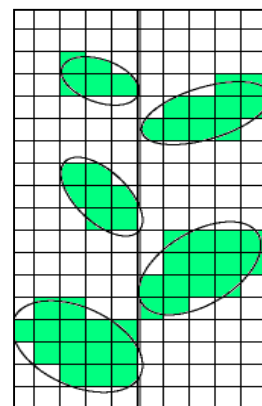


図1 Voxel化近似

ii)光源の設定

緯度と日時から太陽の位置と地球への放射量 R_0 を求め、地表における日射 R_g との比 R_g/R_0 から日射中の直達成分と散乱成分の値を算出した。直達成分は太陽の方向からの平行光として林に到達し、散乱成分については空のすべての方位から等しい強さで訪れる(Uniformed OverCast sky)とした。ある方位からの光はお互いに平行な何本もの光線で代表される(directional light)。またエネルギー量ベースの日射量を定数倍し光合成有効放射束密度 PPFd への変換を行った。

iii)光吸収量・光合成量の計算

光線は林の中で Beer の法則に基づいて指数関数的に減衰するとした。 I_0 の放射束密度を持った光が任意のセルを通過したとき、そのセルに吸収される光の量は以下のように与えられる。

$$Interception = I_0 \{1 - \exp(-kdL_d)\}$$

ただし k は吸光係数, d は光線のセル内の通過距離(cm), L_d はセルの葉面積密度 (cm^2/cm^3) である. 吸光係数は葉がランダムな分布をするという仮定のもと定数とした. 全ての光線について同様の操作を行い各セルの光吸収量を計算した.

個葉の光合成曲線を用いるために, ランダムな分布をする葉がそれぞれどのような角度で光を受け取ったかを考慮しセル毎の光合成量を算出した. その後, 枝・個体・林分それぞれでの光吸収量と光合成量を求めた.

4. 結果

2005年8月17日の毎時日射量を用いた時の光吸収量($\mu\text{mol/h}$), 光合成量(吸収 $\text{CO}_2 \mu\text{mol/h}$)の計算例を示す.

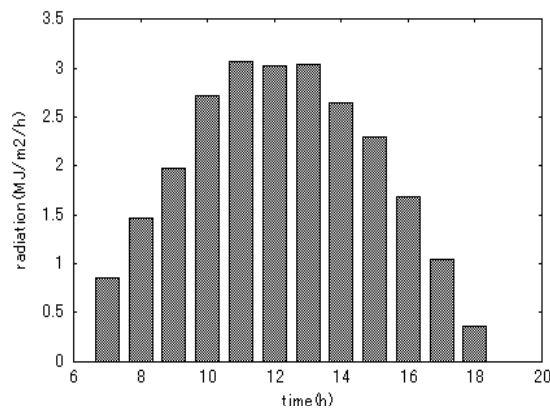


図 2. 日射量の時間別推移

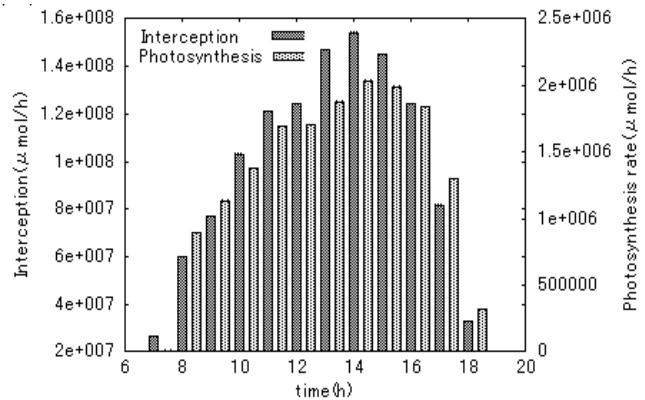


図 3. 林分の光吸収量と光合成量の推移

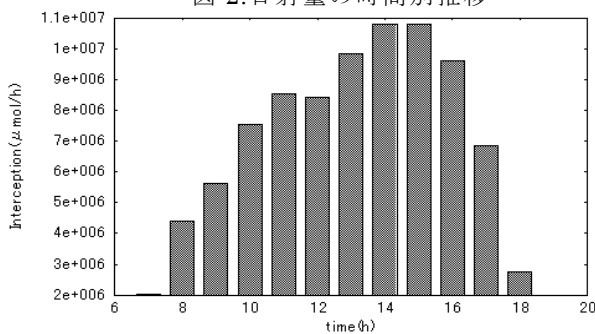


図 4-1. 個体の光吸収量と光合成量の推移

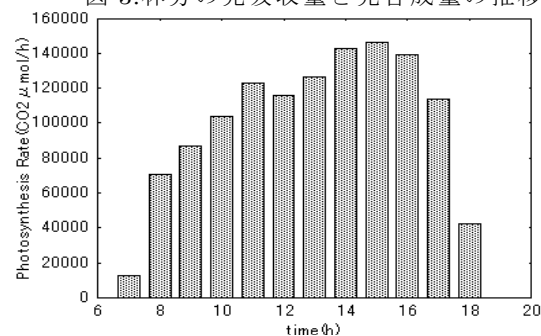


図 3. 個体の光吸収量と光合成量の推移

5. 考察と課題

一日の日射量のピークと光吸収量・光合成量のピークは一致しない. 12時前後に個体が重なりあって群落・個体としての光合成量を制限しているからと考えられ, 群落の3次元構造が光合成に影響を与えていることがわかる. また光合成量の変動は光吸収量に比べて緩やかであるがこれはベースとした個葉の光合成曲線が光に対して非線形であるからと考えられる. 本モデルと各枝への物質分配則のモデルと組み合わせることで, より実際の植物の迎える生理的プロセスに近い構造的・機能的樹木モデルの構築が可能となると考える. また本研究では葉はランダムな分布をするという仮定のもと計算を行った. しかし吸光係数や個葉の受け取る光の量は光と葉の角度分布に大きく依存するためそれらを考慮したモデルの開発が望まれる.