

GCOM-C1/SGLI LAI 推定アルゴリズム

小野祐作 (JAXA/EORC)

1. はじめに

葉面積指数 (LAI: Leaf Area Index) とは、単位面積当たりの葉の総面積 (単位は、 m^2/m^2) で定義され、陸域の植生の純一次生産量 (NPP: Net Primary Production) を見積もるために重要な物理量である。地球環境変動観測ミッション (GCOM: Global Change Observation Mission) では、気候変動観測衛星 (GCOM-C1: Global Change Observation Mission 1st-Climate) に搭載される多波長光学放射計 (SGLI: Second Generation Global Imager) のデータを利用して LAI を標準プロダクトの一つとして生成する予定である。宇宙航空研究開発機構 (JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency) の地球観測研究センター (EORC: Earth Observation Research Center) では、林冠の放射伝達モデルを基にして GCOM-C1/SGLI の LAI 推定アルゴリズムを開発した。本文書は、GCOM-C1/SGLI の LAI 推定アルゴリズムについて記述したアルゴリズム基準書 (ATBD: Algorithm Theoretical Basis Documents) である。

2. LAI 推定アルゴリズム

LAI は、GCOM-C1/SGLI の大気補正済み陸域反射率 (ACLR: Atmospheric Corrected Land-Surface Reflectance) と土地被覆分類 (LCT: Land Cover Type) のプロダクトを利用して、LCT の分類項目毎の林冠の分光反射率と LAI の関係を記述したルックアップテーブル (LUT: Look Up Table) に基づいて推定する。ここで、ACLR は、軌道方向に同時二方向で観測したもの (1 日) と、同地点を数日、複数の観測幾何条件 (太陽天頂角、太陽方位角、観測天頂角、観測方位角など) で観測したもの (1 6 日、月) を利用する。また、LUT は、LCT の分類項目毎の樹冠形状 (樹冠形状を円錐や回転楕円体などの幾何形状で近似) や単葉の分光反射率と分光透過率、任意の太陽天頂角、太陽方位角、観測天頂角、観測方位角などの観測幾何条件、格子間隔 (各樹冠を正六角型の格子点でそれぞれ配置) と樹冠径の比、樹冠高と樹冠径の比、LAI での林冠の分光反射率を林冠の放射伝達モデルで計算することで作成する。

3. 林冠の放射伝達モデル

光学センサ視野内における日向と日陰 (影) の林冠、日向と日陰 (影) の林床などの各構成要素の被覆率と林冠の分光反射率の関係はそれぞれ線形である仮定すると、林冠の分光反射率は式(1)で記述できる。

$$\rho_{\lambda}(\theta_s, \varphi_s, \theta_o, \varphi_o) = \sum_{i=1}^n C_i(\theta_s, \varphi_s, \theta_o, \varphi_o) \cdot \rho'_{\lambda i} \quad (1)$$

ここで、 θ_s は太陽天頂角、 φ_s は太陽方位角、 θ_o は観測天頂角、 φ_o は太陽方位角、 ρ_{λ} は波長 λ の林冠の分光反射率、 C_i は光学センサ視野内における構成要素 i ($i = 1, \dots, n$)の被覆率、 $\rho'_{\lambda i}$ は波長 λ の構成要素 i ($i = 1, \dots, n$)の分光反射率である。各構成要素の分光反射率は等方的と近似する。本アルゴリズムにおける光学センサ視野内における各構成要素の被覆率は、レイトレーシングで計算する。レイトレーシングとは、視点から光源までの経路を追跡することで、任意の立体構造を可視化する方法の一つである。尚、レイトレーシングのアルゴリズムの詳細については、レイトレーシングのソフトウェアである POV-Ray (The Persistence of Vision Ray-tracer) のマニュアル (<http://www.povray.org>) を参照されたい。また、日向と日陰(影)の林冠の分光反射率は、平行平板で近似した林冠の放射伝達で計算する。平行平板で近似した林冠の放射伝達モデルの詳細については、Verhoef, 1984 (Light Scattering by Leaf Layers with Application to Canopy Reflectance Modeling: The SAIL Model, Remote Sensing of Environment, 16(2), 1984) を参照されたい。尚、平行平板で近似した林冠の分光反射率は日向の林冠の分光反射率、平行平板で近似した林冠の分光透過率は日陰(影)の林冠の分光透過率と同等と仮定する。

4. 現場データを利用した LAI の推定

2010年9月に自律航行型無人ヘリコプター(以降、無人ヘリ)で取得した山梨県富士吉田市のカラマツ林の多角の分光反射率を本アルゴリズムに利用して推定した LAI は、約 3.5 であった。尚、林冠の立体構造は円錐で近似して正六角型の格子点で配置したものを利用した。また、林冠の立体構造に数値表層モデル(DSM: Digital Surface Model)を利用して、LAI を推定した結果、約 2.3 であった。DSM とは、無人ヘリに搭載したレーザスキャナで計測した林冠の三次元座標値から作成したものであることから、実際の林冠の立体構造に近いものである。リタートラップで計測した2010年09月の LAI が、約 2.5 であることから、本アルゴリズムでは、円錐や回転楕円体などの幾何形状で実際の林冠の立体構造に近いものが記述できれば、リタートラップで計測した LAI に近い LAI が推定できるものと考えられる。

5. 衛星データを利用した LAI の推定

Terra/MISR の ACLR と LCT のプロダクトを本アルゴリズムに利用して LAI を推定する予定であったが、Terra/MISR の LCT のプロダクトの分類に問題があるため、IGBP や

Terra/MODIS などの LCT を利用するように改良中である。また、現状、LUT は、針葉樹林のみのものしか作成していない。最終版では、LCT の分類項目毎の LUT を作成する予定である。