

## 地表面過程を分離したLook Up Table法による放射輝度計算

\*石田春磨, 中島孝(東海大学情報技術センター)

### 1. はじめに

人工衛星観測のシミュレーションなど、大量の放射伝達計算を実行する必要がある場合、計算時間を低減するための手法としてLook Up Table法がある。これは、予め大気パラメータを変えながら放射伝達計算を実行して放射輝度のLook Up Table(LUT)を作成しておき、その後各パラメータによって内挿して放射輝度を求める手法である。本発表では、この度開発した地表面過程を分離したLUT法について報告し、その計算例と有用性を示す。

### 2. 計算手法の概略と特長

人工衛星によって観測される放射輝度は、一般に太陽と衛星の相対位置、及び雲やエアロゾルといった大気中に含まれる消散物質の量、物質特性、存在高度などの多数のパラメータの関数である。従って、さらに地表面過程も加味してLUTを作成すると、そのデータ数は膨大になってしまふ。また、地表面の状態は海面や植生面など多岐にわたるので、全ての地表面上における放射輝度のLUTを作成するのは非効率的である。そこで本研究では、地表面過程を無視し大気中の放射過程のみを考慮したLUTと、地表面反射関数のLUTを別々に作成しておき、最終的にそれらを合成して放射輝度を求める方法を開発した。これはNakajima et al. (2003)の手法を、Lambert面以外にも適用できるようにしたものである。例えば雲を含む大気での、地表面反射を加味した放射輝度 $I_{obs}$ は、

$$I_{obs}(\mu, \mu_0, J) = I_{wos} + t(\mu)A(\mu, \mu_0, J)\exp\left(\frac{J J^*}{\mu_0}\right)\frac{\mu_0 F_0}{J} + t(\mu)\frac{A_g}{1 J r A_g} \left\{ t(\mu_0) J \exp\left(\frac{J J^*}{\mu_0}\right) \right\} \frac{\mu_0 F_0}{J} \quad (1)$$

と求められる。ここで $I_{wos}$ は地表面を無視したときの放射輝度、 $A$ は地表面反射関数で、ともにLUTから内挿して求める。また、 $t(\mu)$ は入射角 $\mu$ における平均的な雲透過率、 $r$ は雲の球面反射率、 $A_g$ は地表面アルベド、 $\tau^*$ はトランケートした大気の光学的厚さである。右辺第二項は地表面での一次反射成分、第三項は多重反射成分を表しており、雲が薄い場合は一次反射が、厚い場合は雲と地表間の多重反射が主要になる。

### 3. 計算例

この手法を用いて、植生面上での水滴雲を含む大気における反射光を評価した。LUTデータの計算においては、放射伝達計算コードGLI Signal Simulator (GSS) (Nakajima et al., 2003)を使用し、波長 $0.87\mu\text{m}$ の単色光を対象とした。雲の粒径分布は有効半径 $8\mu\text{m}$ のlog-normal分布であるとした。また植生面はキャノピー高5mで、葉は反射率0.5、透過率0.45でランダムな方向を向いており、植生下地面のアルベドが0.2であると仮定して、New Advanced Discrete Model (NADIM) (Gobron, et al.,

1997) により地表面反射関数を計算した。雲の光学的厚さと射出角の変化に対する、LUT法より求めた反射光の放射輝度を図1(a)に、その真値(地表面過程も考慮した放射伝達計算の結果)からの差異を図1(b)に示す。これにより、複雑な地表面でもLUT法によって放射輝度を良く再現できることが判る。但し、雲が薄い場合に特定の射出角(170度)付近において過小評価により誤差が大きい。図1の範囲内での(真値に対する)相対誤差の最大値は約3%である。尚、同範囲内において地表面をLambert面と仮定した場合の相対誤差の最大値は約6%である。

本発表では、他の波長、他の地表面における計算結果、及び誤差の低減の方法に関する考察について報告する予定である。

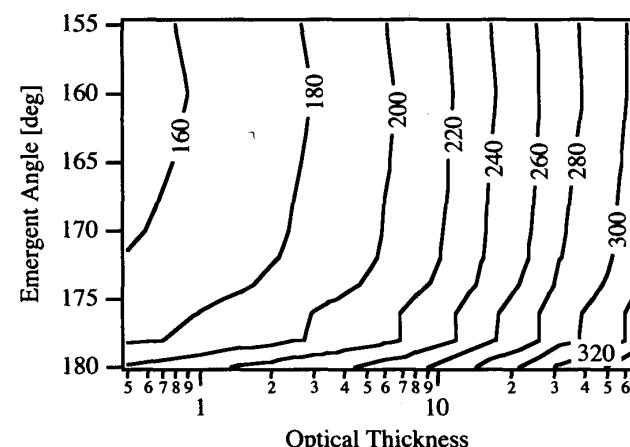


図1(a) 反射光の放射輝度( $\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$ )。太陽入射光の天頂角は0度、相対方位角は0度。

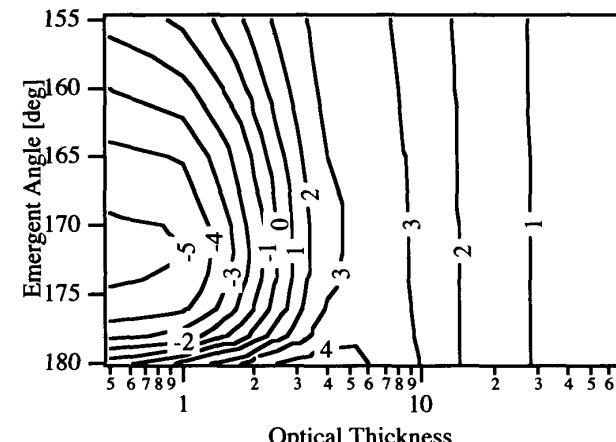


図1(b) 地表面過程を考慮した放射伝達計算値からの差異 ( $\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$ )。

#### Reference:

- Nakajima, T. Y., et al., 2003, *Appl. Opt.*, **42**, 3460-3471.  
Gobron, N., et al., 1997, *J. Geophys. Res.*, **102**, 9431-9446.