

Discrete-Ordinate/Adding 法による偏光放射伝達計算モデルの開発

* 太田芳文¹, 日暮明子¹, 中島映至², 横田達也¹
(¹ 国立環境研究所, ² 東京大学気候システム研究センター)

1 はじめに

現在、国立環境研究所、宇宙航空研究開発機構、環境省は三者共同で大気中の二酸化炭素とメタンの観測を主目的とする温室効果ガス観測技術衛星 (Greenhouse gases Observing SATellite; GOSAT) の開発を進めている。GOSAT にはフーリエ分光放射計が搭載され、 $1.6\mu\text{m}$ と $2.0\mu\text{m}$ の CO_2 吸収帯、及び $0.76\mu\text{m}$ の O_2 A 帯の太陽散乱光を約 0.2 cm^{-1} のスペクトル分解能で測定し、二酸化炭素の気柱量の推定を行う。その際の誤差要因は雲、エアロゾル、水蒸気、地表面特性など様々であるが、分光放射計自身が偏光特性を持つことと、測定される太陽散乱光の偏光の効果から、二酸化炭素の気柱量推定に誤差が生じる可能性がある。逆に、太陽散乱光の偏光情報は単に誤差要因ではなく二酸化炭素の推定にとって有益な情報となる可能性もあるが、これら进行评估するためにはリファレンスとなる正確な偏光放射伝達モデルの開発が必要不可欠である。また、それをフーリエ分光放射計で取得されるスペクトル分解能が高いデータの解析に用いるためには、できるだけ高速な放射伝達計算アルゴリズムであることが求められる。これらの経緯から、本研究では Discrete-Ordinate/Adding 法に基づく偏光放射伝達計算モデル「Pstar2」の開発を行った。

2 偏光放射伝達モデル: Pstar2

Pstar2 は偏光の状態も含めた大気放射場を計算する偏光放射伝達計算モデルであり、任意の大気プロファイルについてストークスパラメータ (I, Q, U, V) の計算が可能である。放射伝達計算アルゴリズムは、基本的には Discrete-Ordinate 法と Adding 法の混成手法 [1] [2] に基づいているが、散乱位相行列の性質を正確に考慮するため計算過程の一部を複素数にまで拡張している。計算アルゴリズムの主な特徴を下記に、また偏光度の計算を行った例を Figure 1 に示す。

- Discrete-Ordinate/Adding 法に基づく放射伝達計算
- 偏光した太陽直達光 (海面での鏡面反射光) の導入
- 多重散乱の効果を含む
- 任意の射出方向への準厳密内挿
- Delta-M truncation 法と一次散乱成分の厳密補正 (TMS 法)

- 任意の大気鉛直プロファイルに対応 (海洋層も導入可能)

3 性能評価

Pstar2 の偏光計算アルゴリズムの精度を評価するため、地表面を Lambert 面として、Doubling/Adding法による偏光計算 (Pstar-1b) の計算結果と比較した。同じ計算条件では両者に違いはほとんど見られず、計算された放射輝度や偏光度の違いは無視できるほど小さいものであった。また Pstar2 のスカラーモード (I の計算のみ) と偏光計算を含まない Discrete-Ordinate/Adding 法 (Rstar) の計算結果を比較したところ、ストリーム数が同じ場合には両者はよく一致しており、違いは放射輝度で 0.1% 程度であった。

一方、計算に要する時間は計算条件によって異なるが、Pstar-1b と比べると、Pstar2 はストリーム数を少なくしても計算精度をある程度維持できるため、Pstar-1b の 1/10 以下の時間で計算が可能である。また、Pstar2 のベクトルモード (I, Q, U の計算) に必要な時間は、偏光計算を含まない場合 (Rstar) と比べて約 3~4 倍程度である。

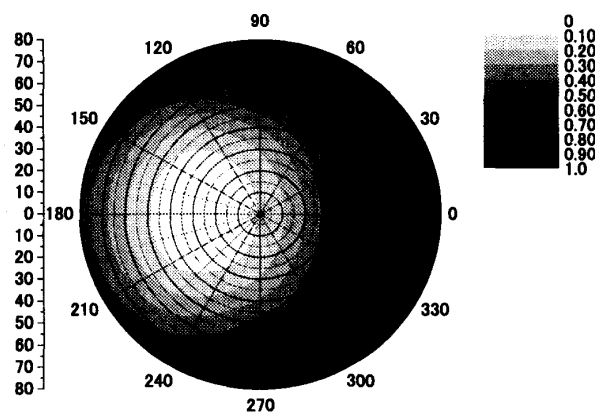


Figure 1: 大気上端での上向き太陽散乱光の偏光度。波長は $1.6\mu\text{m}$ 、太陽天頂角は 30° 、地表面は海面 (風速 8 m/s) を想定している。動径方向は衛星走査角 [deg] を表し、方位角 0° は前方散乱、 180° は後方散乱を表す。

References

- [1] Nakajima, T. and M. Tanaka, *JQSRT*, **35**, 13–21, 1986.
- [2] Nakajima, T. and M. Tanaka, *JQSRT*, **40**, 51–69, 1988.