

2007年度山本・正野論文賞の受賞者決まる

受賞者：岩淵弘信（独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター）

対象論文：Iwabuchi, H.: Efficient Monte Carlo methods for radiative transfer modeling, *Journal of the Atmospheric Sciences*, 63(9), 2324-2339, 2006.

選定理由：気象学における大気放射学の分野では、近年の高分解能の数値シミュレーションや衛星リモートセンシングの進歩に伴い、放射伝達計算を複雑な境界条件を持つ3次元の対象物に対して、高精度かつ効率よく行う必要性が生じてきた。モンテカルロ法は3次元の対象物に対して有効な放射伝達計算方法として、古くから大気放射学の分野でも採用され、計算機の発達と共に進歩してきた。しかし、計算対象物毎に様々な補正や近似が必要で、系統的にそれらの方法を整理し、その適用範囲や精度を確認する研究は少なかった。特に、モンテカルロ法における大きな課題は、計算精度を確保するためには、対象物の3次元構造を細かく分割し、モデル光子の数を多くする必要があるが、それらを細かくあるいは多くし過ぎると計算時間を浪費するという、計算効率の問題が大きな課題であった。

本論文で岩淵氏は計算効率を高める4種類の分散（ノイズ）軽減手法を系統的に提案し、それらを3次元構造を持つ雲に適用し、放射輝度の計算精度検証を行った。これらの手法は対象とする計算過程が異なるため、目的に応じて組み合わせて使用することが可能である。第1の手法は局所推定法と呼ばれる方法の修正で、光子が衝突（散乱）を繰り返すうちに最終的に求めたい輝度への寄与が減少するので、適当な段階で計算を打ち切り、その先に起こるであろう輝度への寄与を補正する方法である。この方法は計算精度を確保しつつ計算速度向上に役立つことが確認された。第2の手法は雲や粒径の大きなエアロゾルの非等方的な散乱位相関数に対し、前方散乱側と後方散乱側の2つの鋭いピークのエネルギーを直達成分として扱うデュアルエンドトラック法である。これは近似手法の一種でありバイアスを伴うが、近似の度合いを散乱次数に応じ

て適切に決めることにより、従来用いられてきた方法よりも格段に小さなバイアスに抑えられる方法を示した。この方法により輝度計算時のノイズを著しく減少できることが可能となり、その結果、計算速度向上が計られた。第3の手法は衝突強制法で、光学的に薄い媒体で衝突の頻度が小さいと計算時間が浪費されるが、1次散乱物理量をスケール変換して強制的に衝突の回数を増やすことにより計算効率を高めることが可能となった。最後の手法は輝度を計算する各サンプリング過程において、従来と異なり当該点の周囲の有限の水平面上でサンプリングを行う数値拡散という手法である。これにより分散減少が可能となり、なめらかな計算結果が得られるようになった。これらの方法を組み合わせることにより、光学的厚さが10の雲に対して現実的な計算時間で約1%の精度で放射輝度を計算することが示された。

上記4種類のノイズ軽減手法は全てエネルギーが保存されるため、適用対象に応じて組み合わせを変えても、原理的に放射輝度計算結果のバイアス誤差が非常に小さい。これらの手法は概念としては過去に提案されてきたものもあるが、従来の方法ではバイアスが大きく、高精度が要求されるリモートセンシング技術への応用を考えると実用的ではなかった。本論文では数値的な解法については独自の改良を加え最適な適用方法を提案し、さらにモンテカルロ法が最もその威力を発揮する3次元の複雑な形状の雲としてlarge-eddy simulationで発生・成長させた現実的な形状の雲を対象にそれら4種類の手法を適応し、その放射輝度計算における精度と計算効率の高さを実証した。ここで開発された手法は、放射輝度の計算だけでなく、放射フラックスや大気加熱率の計算にも有効であるほか、エアロゾルによる散乱や植生や海面などの複雑な地表面での反射などの計算に幅広い適応の可能性があり、大気放射学における重要な貢献をなす優れた論文と評価できる。

以上の理由から、日本気象学会は岩淵弘信氏に2007年度山本・正野論文賞を贈るものである。