

飛行機から見える灰色の雲に与える 3次元放射効果の影響

* 岡村 凜太郎, 岩瀬 弘信 (東北大学大学院理学研究科)

1. はじめに

一般的に、雲を上から見下ろすと光学的に薄い雲は反射率が低く灰色に見え、光学的に厚い雲は反射率が高く白く見えるということが知られている。しかし、飛行機から見下ろした際に、周囲の雲よりも光学的に厚くなっているはずであるのに放射輝度が低く見える雲が存在する (図 1)。

平行平板の仮定をおいた雲ではこの雲が灰色に見えることを説明できないが、現実の雲は水平方向に無限に広がっているわけではなく有限の大きさを持つため、この点における違いがこの雲の放射特性に影響していることが予想される。

本研究では、3次元放射伝達モデルを用いてこの灰色の雲が見える物理的状況を再現し、飛行機からの写真観測と合わせてこの雲が灰色に見える要因について調べた。

2. 数値シミュレーションによる灰色の雲の再現

本研究では、モンテカルロ法を用いた3次元放射伝達モデル MCARaTS (Iwabuchi, 2006) を用いて数値シミュレーションを行った。灰色の雲が観測される状況を再現するために、雲の空間的分布 (幾何学的厚さ, 水平方向の大きさ), 雲相, 雲の光学的厚さ, 雲粒有効半径, 太陽と雲・観測者の位置関係に着目した。

下層に光学的に厚い平行平板雲を置き、上層に有限の大きさを持つ雲を置くという2層の雲を考えたシミュレーションの結果、雲が灰色に見えるためには光学的に薄いことと有限の大きさを持つことが必要であることが明らかとなった。有限の大きさを持つ雲は、水平方向への放射の散逸が影響することで周囲に比べわずかに放射輝度が低くなる。これに加えて、上層と下層の雲の雲粒有効半径が違う場合にも放射輝度に差が現れることも示された。また、上層の雲の真下に雲がない場合に上層の雲が下層の雲に重なるように見ると前述の効果以上に放射輝度が低くなることが分かった (図 2)。

3. まとめ

3次元放射伝達モデルを用いた計算と飛行機からの写真観測より、飛行機から見える雲が灰色に見える要因を調べた。この結果、光学的に薄く有限の大きさを持つ雲が、その真下には雲が存在し

ないときに斜め下に見下ろすことで下層の厚い雲に重なって見える場合に灰色に見えるということが明らかとなった。また、これに加えて3次元放射効果による水平方向への放射の散逸や上層と下層の雲の雲粒有効半径の違いも雲が灰色に見える要因となり得ることが示された。

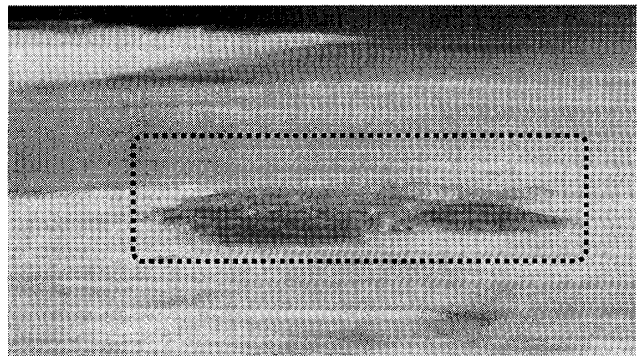


図 1: 飛行機から見える灰色の雲。

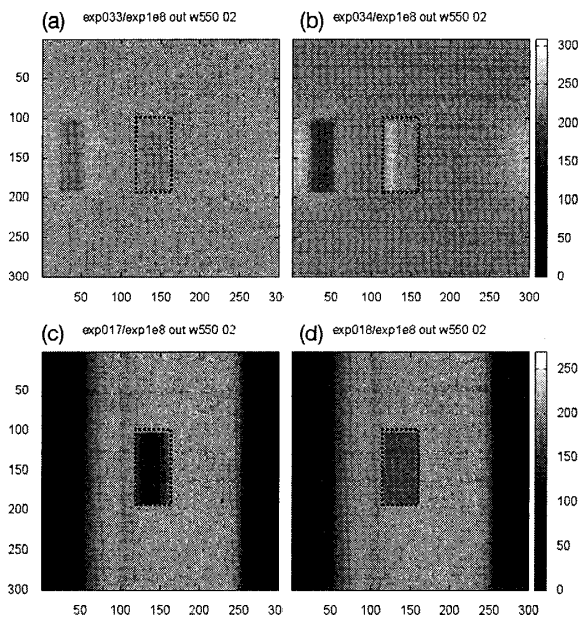


図 2: 計算された分光放射輝度 [$\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$]. 上層の雲 (点線) の光学的厚さは (a, c) 1.0, (b, d) 5.0. (c, d) 上層の雲の真下に雲がない場合。

参考文献

Iwabuchi, H. (2006). *J. Atmos. Sci.* **63**, 2324–2339, doi:10.1175/JAS3755.1.