

雲の鉛直分布による大気上端における雲の短波放射効果の違い

*三井文乃, 早坂忠裕 (東北大学 大学院理学研究科)

1. はじめに

雲は大気における放射過程を通して地球の気候システムに大きく影響している。しかし雲の鉛直分布に関しては、その分布そのものや放射特性など未解明な点が多い (Stephens et al., 2002)。よって本研究では、アクティブセンサを搭載した衛星を用い、雲の鉛直分布による放射特性の違いについて調べている。

一般に、短波放射には雲の光学的厚さの寄与が大きく、光学的に厚い雲ほど大気上端 (TOA) において多くの短波放射を反射することが知られている。しかし、CloudSat 衛星プロダクトを使って雲の有無による反射率の差を調べたところ、光学的厚さが同じ場合でも単層か多層かで反射率に差に違いがみられた (図1)。この原因については、大気の水蒸気による吸収や地表面アルベドの影響が考えられた。今回は、衛星の雲データを用いた解析の一環として、2 流法にもとづく鉛直一次元広帯域放射フラックス計算モデルである mstrnX (Sekiguchi and Nakajima, 2008) を使って TOA での短波の反射率を計算し、大気の水蒸気による短波の吸収や地表面アルベドの影響を見積もった。

2. 解析手法

mstrnX に入力する大気のパラメータとしては米国標準大気を用い、地表面を Dry land または Ocean と仮定した。雲頂高度の異なる 2 種の単層雲について、それぞれ光学的厚さ (τ) が 1-100 になるように雲粒子濃度を変化させて短波に対する反射率を求め、雲がないときとの差をとった (ΔR)。 ΔR の定義を以下に示す。

$$\Delta R = \frac{F_{net}^{cloudy} - F_{net}^{clear}}{F_0 \cos \theta}$$

ここで、 F_{net} は下向き短波放射と上向き短波放射の差 ($F^{\downarrow} - F^{\uparrow}$) をあらわし、 $F_0 \cos \theta$ は大気上端に入射する短波放射をあらわす。今回は $\mu = \cos \theta = 0.85$ として計算した。また大気中の水蒸気などの気体吸収による影響を見積もるために、短波領域を可視域 (vis, 0.2-0.68 μm) と近赤外域 (nir, 0.68-4 μm) にわけ、各波長域に対する反射率を計算した。

3. 結果

mstrnX を用いて計算した τ と ΔR の関係を図2に示す。黒い線が高度 0-1km の水雲の、灰色の線が高度 12-13km の水雲の τ を変化させたときの ΔR をあらわす。また、実線が可視域に対する反射率、点線が近赤外域に対する反射率を示す。図2の上の図が地表面として Dry land を、下の図が Ocean を仮定した結果である。

図2より、可視域では雲頂高度の違いによる ΔR の差はほとんど見られないのに対し、近赤外域では雲頂高度が低い方が ΔR が 0.06 程度小さいことがみとれる。大気の下層ほど水蒸気量が増えるため、雲頂高度が低いほど気体吸収の影響を受けると考えられる。よって雲の光学的厚さが同じでも、雲頂高度の違いによって短波(主に近赤外域)に対する雲の放射効果には差が出るといえる。また、地表面が Dry land か Ocean かによって雲の光学的厚さの大きいと

き ΔR に 0.2 もの差がでることもみとれる。可視域と赤外域の差をみても、Ocean の方が Dry land より差が大きい。雲の有無による反射率の差をとったとき、地表面アルベドが小さい方が雲による反射率が大きくなる、つまり地表面のアルベドが ΔR に大きく影響することがわかる。

4. まとめ

mstrnX で雲頂高度と地表面状態が異なる場合の τ と ΔR の関係について調べた。短波の近赤外域は水蒸気などの気体吸収の影響を受けるため、雲頂高度が違えば τ が同じでも ΔR に差が出る、地表面状態も ΔR に大きく影響することが確かめられた。図1に示した CloudSat の観測による τ と ΔR 関係については、雲の高度分布や地表面を考慮せずに解析を行った。今後はそれらを考慮して、雲の鉛直分布と短波放射の関係について調べていく予定である。

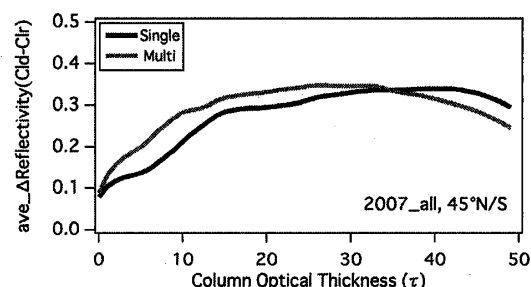


図1 光学的厚さごとに平均した TOA における雲の反射率(黒い線が単層雲/灰色の線が多層雲を示す, 2007 年 45° N/S の平均, CloudSat プロダクトより)

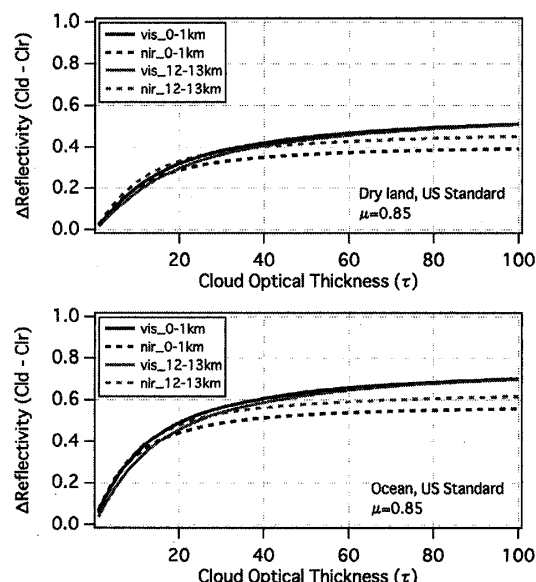


図2 mstrnX で計算した τ と ΔR の関係(黒い線が高度 0-1km の水雲の、灰色の線が高度 12-13km の水雲に対する ΔR を示し、実線が可視域に対する、点線が近赤外域に対する ΔR を示す)
(上) Dry land (下) Ocean