

## 論文内容の要旨

論文題目 赤外射出法を用いた上層雲の  
長期衛星モニタリングに関する研究

氏名 片桐 秀一郎

近年、温室効果気体の増加に起因する地球温暖化が危機感を持って捉えられるようになり、大気大循環モデル (GCM) を用いた温暖化の研究が進められている。しかし、現在のGCMにおける雲の力学的・大気放射学的なモデリングは不十分であり、温暖化に伴う雲の挙動の不明確さは、全体としての温暖化予測の不明確さの主たる原因の一つである。特に放射収支に対し複雑な挙動を示す巻雲に関する知識は非常に不足しており、これまでに巻雲の微物理量の全球解析は行われておらず、また巻雲の放射強制力の符号についての議論も収束していない。

本研究では人工衛星で得られた赤外窓領域2チャンネルと近赤外1チャンネル、計3チャンネルの放射データを用いて、巻雲の放射特性を決定する雲粒子の有効粒径、光学的厚さ、雲頂温度を全球にわたって求めるアルゴリズムを開発した。解析の原理は、光学的に薄い巻雲が衛星の視野内に存在した場合、赤外窓領域2波長に対する巻雲の射出率の差により、観測される2波長の輝度温度の間に差が生じることを利用している。解析法は精密な放射伝達モデルを用いて数値計算によりテーブルを作成し、それより解を求めるというルックアップテーブル法である。このアルゴリズムではサブピクセルの雲量の扱い、および下層に雲がある場合の扱いについて考慮されている。また、今回開発したアルゴリズムに適した全球の長期人工衛星データ解析用のセグメントデータセットを作成した。このセグメントデータセットのデータ構造は人工衛星データを用いた全球解析に適した構造をしている。

今回、このセグメントデータを用いて1986年から1994年までの9年間の1

月、4月、7月、10月についての長期解析を行い、巻雲の有効粒径、光学的厚さ、雲頂温度、雲量のデータセットを作成した。図1に有効粒径の緯度平均を示す。これらの解析の結果をISCCPのD2データと比較したところ、ISCCPでは雲頂温度を5~10 K程度高く評価してしまっていた。光学的厚さについてはISCCPと比べ、熱帯・亜熱帯ではおおよそ近い値となっている。しかし、中・高緯度側、太平洋では本研究の方が小さい値、大西洋では本研究の方が大きな値となっている。雲量はISCCPよりも本研究は過小評価であり、実際、本研究では解析出来たものより雲量を決めたため、解析出来なかった雲の分過小評価している。また、有効粒径についてはISCCPは有効粒径を求めていないので、航空機観測の結果から得られた有効粒径の雲頂温度依存性と比較した。本研究で得られた有効粒径は、どの雲頂温度に対しても航空機観測のものより小さく求まっている。これは、航空機観測では大きい粒子ほど観測されやすく、また、本研究はアルゴリズム上小さい粒子を選んで解析を行う傾向があり、また、球形を仮定した散乱位相関数を用いているため、非球形粒子については過小評価の傾向を持つことによると考えられる。しかし、230 K程度より温度が高くなると、氷粒子が円柱型から砲弾集合型に変化し、粒径の温度依存性が急に変化するという性質は、

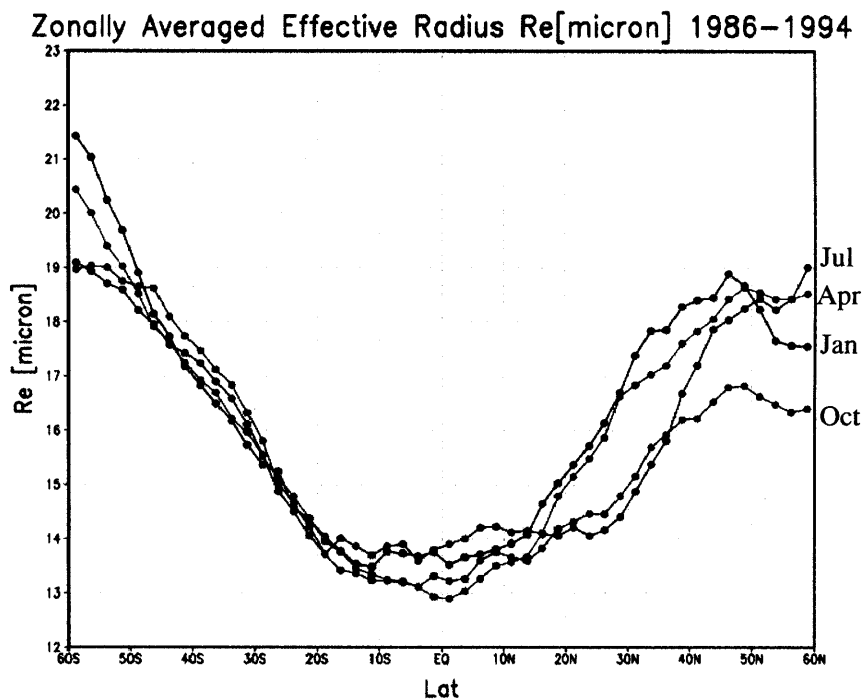


図1 有効粒径の緯度平均値 1986-1994年

本研究でも見えている。

次に、本研究で解析された巻雲の微物理パラメータを用いて、巻雲による放射強制力を求めた結果、巻雲は加熱に働いていることがわかった(図2)。熱帯域では、巻雲の雲量が多い、雲頂高度が高い、地表面、海面温度が高い等の理由で特に強く加熱に働いている。しかし、実際は巻雲と他の種類の雲のオーバーラップなどがあるため、今回見積もられた放射強制力は大きめであるといえる。また、ISCCP D2データでの巻層雲の光学的厚さ、雲頂温度を用いて、巻雲より光学的に厚い巻層雲による放射強制力を求めたところ、短波放射の放射強制力と長波放射の放射強制力の中立線を回り込んで、加熱にも冷却にも働くことがわかった。したがって、巻層雲のように光学的に厚い雲が存在することにより、放射強制力は中立から冷却に働くといえる。また、以上のことを確認するため放射強制力の雲頂温度、粒径、光学的厚さに対する依存性を求めたところ、熱帯モデルの大気プロファイルで雲頂温度が220 Kの場合、光学的厚さが5を越えると、その雲は冷却に働き、中緯度夏モデルの大気プロファイルでは235 Kでは光学的厚さ2.5以上で冷却に働くようになっていた。

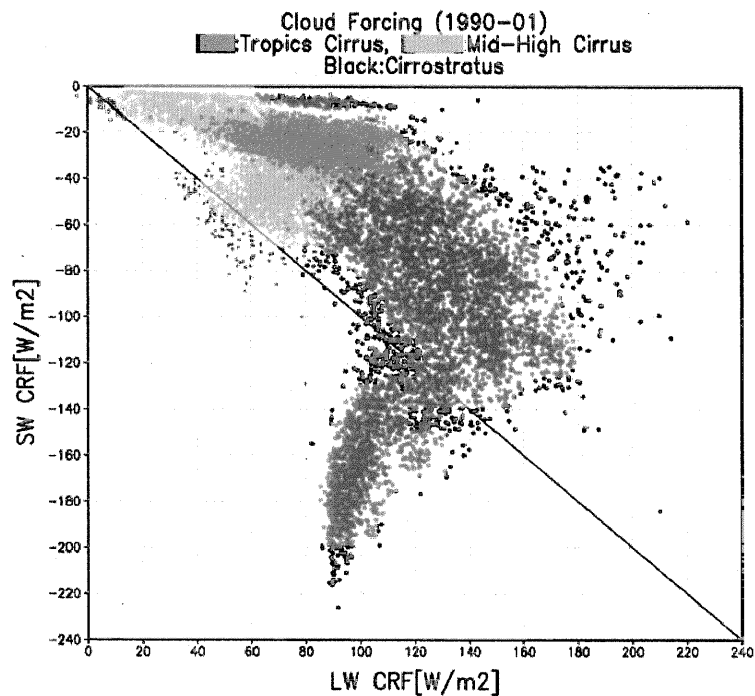


図2 巻雲及び巻層雲による放射強制力の散布図

つづいて、エルニーニョであった1987年と比較的平均的な年であった1990年について巻雲による放射強制力を計算し、その違いについて調べた(図3)。その結果、エルニーニョ時にはペルー沖赤道上で巻雲の発生が増え、そこでの放射強制力は $6.04 \text{ W/m}^2$ で1990年の $3.99 \text{ W/m}^2$ に比べ $2.05 \text{ W/m}^2$ 増加していた。しかし全球平均での放射強制力は1987年が $4.43 \text{ W/m}^2$ であるのに対し、1990年は $4.98 \text{ W/m}^2$ でエルニーニョ時には $0.55 \text{ W/m}^2$ 小さかった。これは、西太平洋域での放射強制力は1987年が $6.88 \text{ W/m}^2$ であるのに対し1990年は $11.01 \text{ W/m}^2$ と、エルニーニョ時の方が $3.13 \text{ W/m}^2$ と小さくなったため、全球平均での放射強制力は1987年の方が小さくなっている。

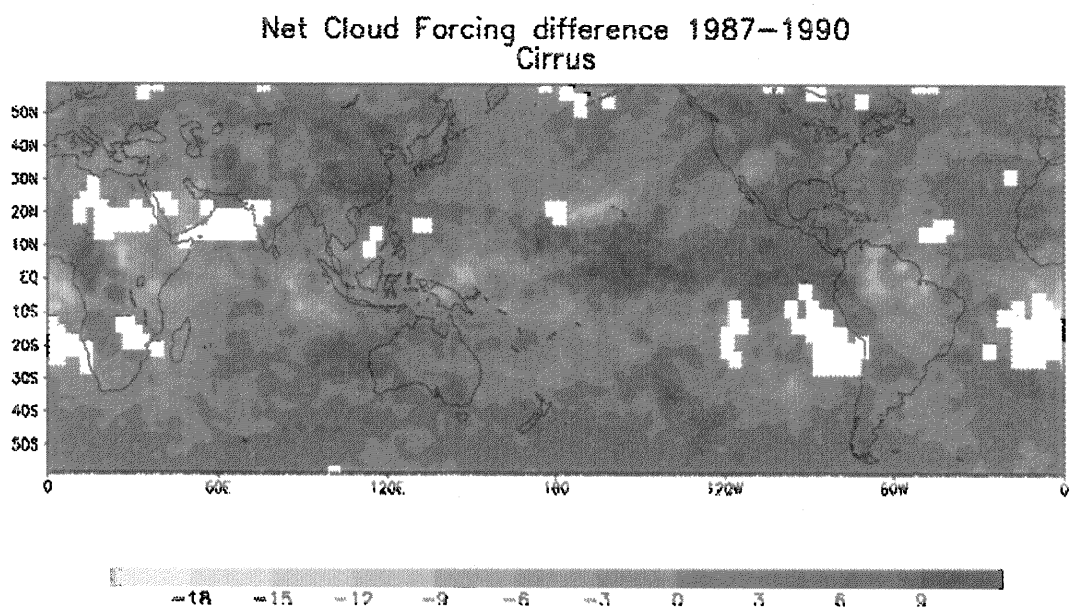


図3 1987年(エルニーニョ時)と1990年の巻雲による放射強制力の差