

Development of a Sulfuric Acid Cloud Transfer/Condensation/Evaporation Scheme in a Venusian GCM

A. Nitta, T.Kuroda, M.Kuroda, Y.Kasaba (Tohoku Univ.) and M.Takahashi (Univ. Tokyo)

金星の高度約 50-70km に存在する硫酸雲は、放射効果により金星の垂直・水平温度構造に大きな影響を与えうる。過去の観測結果によると、硫酸エアロゾルはその粒径の大きさによって 4 つのモードに分類でき、粒径が小さい順にモード 1 ($0.3 \mu\text{m}$)、モード 2 ($1.0 \mu\text{m}$)、モード 2' ($1.4 \mu\text{m}$)、モード 3 ($3.56 \mu\text{m}$) とされている[Crisp, 1986]。モード毎に鉛直分布や熱の吸収効率が異なり、その緯度・高度分布を数値モデルで再現することは、金星大気の大規模循環を再現するための重要な要素となる。

我々は、Ikeda[2011] が地球の大気大循環モデル CCSR/NIES/FRCGC AGCM をもとに開発した VGCM を用いて金星大気の大気大循環モデルの研究を進めている。このモデルは、水平方向に 32×64 個の格子点を持ち、鉛直方向を 52 層（地表から高度 95km まで）に区切り、現実の金星大気で観測されたスーパーローテーションの再現に成功している。このモデルを用いて、Kuroda [2013] では、各モードの硫酸エアロゾルをトレーサーとして導入し、大気大循環と重力沈降によるそれらの動きを追跡した。この数値実験では、小さな粒子（モード 1,2）については高度分布が平衡状態に達するものの、大きな粒子（モード 2',3）については重力沈降が卓越するため、1 金星日分計算すると高度 30km 付近まで高度分布のピークが下降してしまい、観測とかけ離れた結果になっていた。

このため本研究においては、このモデルにさらに硫酸の蒸発や凝縮の過程を導入した。この蒸発/凝縮過程は、硫酸の飽和蒸気圧曲線[Ayers, 1980] を基にして計算されており、各地点における飽和質量混合比とモデル内の質量混合比とを比較して、モデル内の質量混合比が過飽和であれば過飽和分を硫酸エアロゾルとして瞬時に凝縮させ、また未飽和であればその地点に存在する硫酸エアロゾルを瞬時に蒸発させる、としている。前者において生成される硫酸エアロゾルは、観測 Crisp[1986] にもとづいた、各モードの高度ごとの存在比に準拠させて、4 つのモードに分配している。また後者においては、潜熱が生じて温度場に影響を与えるため、その温度変化も計算過程にとりこんでいる。

この改良の結果、概ねどの緯度でも高度 50 km 以下ですべてのモードの硫酸粒子が蒸発するようになった。1 金星日分（約 117 地球日）の経過後、モード 3 粒子は高度約 50 km で安定して存在するようになった。またモード 2 粒子において、蒸発/凝縮過程を導入していないモデル[Kuroda et al.,2013] と比較したところ、赤道から中緯度にかけて高度 60-80km での硫酸エアロゾルの量が大きく減少し（質量混合比にして最大で $-4.87 \times 10^{-7} \text{ kg/kg}$ ）、一方全域で高高度（80km 以上）、高緯度では高度 60km 付近において、硫酸エアロゾルの量が増加した（最大で $+4.37 \times 10^{-7} \text{ kg/kg}$ ）。これは、硫酸エアロゾルがより高温の赤道中層大気周辺で蒸発し、ハドレー循環により高高度領域や両極付近へ輸送されたうえで再凝結する過程が見えているものであると考えられる。

モード 3 粒子においては、概ね高度 50km 付近に分布が集中し、特に両極付近に強いピークが見られた。これは過去の観測[Wilson et al., 2008; Kuroda, 2013] と整合的で、特にすべてのモードの粒子を合計した雲の光学的厚さを $2.29 \mu\text{m}$ の波長において計算すると両極に赤道域の 1.5 倍厚い雲が存在するという結果が得られ、定性的に Kuroda [2013]の観測結果とよく一致した。

温度場においては赤道付近、約高度 60km にて最大 50K 程温度が上昇し、その領域で多く粒子が凝結しているということが分かった。また高度 70km 以下と 70km 以上で温度の緯度依存性が逆転しており、この結果も観測[Seiff et al., 1985] による結果と一致している。