

論文審査の結果の要旨

氏名 池田 恒平

論文提出者は、新しく赤外から紫外域まで全ての波長を取り扱える金星大気力学モデル用の放射伝達モデルの開発を行ない、それを金星 AGCM に導入して、東西風の維持に重要と考えられている力学過程について新たな知見を得る研究を行った。特に、地表面付近から中層大気までの領域で大気全体が自転速度を超える速さで回転する金星大気特有のスーパーローテーション現象の維持機構について詳細な解析を行っている。

論文は、5つの章からなっている。第1章は序で、これまでの研究と問題の背景が述べられている。第2章では、新しい金星大気放射モデルの開発と研究をおこなっている。高温高压の CO₂ 大気に対応するために、CO₂ の吸収線データには、高温下(1000 K)でのデータベースである CDS-1000 を、その他の気体(H₂O, SO₂, OCS, CO)については、HITRAN2004 の吸収線データが使われている。高温高压の CO₂ の吸収特性については、深堀他の sub-Lorentz 線形が使用されている。その他の微量気体については Voigt 線形を用いている。全ての気体について far wing でのカットオフは行わずに吸収係数を評価した。CO₂ の連続吸収として、分子同士の衝突に伴う圧力励起帯(Pressure-Induced Absorption)による吸収を導入している。濃硫酸液滴を主成分とする厚い雲によって全球が覆われ、雲粒子の粒径分布は3モードの対数正規分布で、各モードの光学特性は75% H₂SO₄ の複素屈折率を使用している。雲層の中で太陽光の吸収が主に生じているのは上層雲、すなわち高度 57 km 以上においてである。しかし、硫酸エアロゾル及び気体ではこの吸収は説明がつかず、未知の UV absorber と呼ばれるなんらかの吸収物質の存在が指摘されている。波長 0.32–0.78 μm において、モード1による吸収を仮定し、その吸収の強さ(吸収効率因子の値)は、観測による反射率のスペクトルに合うように決定している。気体吸収については相関 k-分布法を使用し、全波長を 28 バンドに分けたモデルである。

第3章では、開発した金星大気放射伝達モデルを用い、1次元放射対流

平衡実験により、全球平均的な温度の鉛直構造を研究している。全ての微量気体成分と雲を含めた標準実験と、微量気体の影響を調べるために、それぞれを除いた場合について計算を行っている。微量気体の H_2O と SO_2 を取り除いた場合の地表面温度の変化は、それぞれ113 K及び36 K低く、金星大気の温度構造の維持に SO_2 も不可欠であることが示唆された。標準実験における成層度は、地表面付近から高度約40 kmにおいて対流が生じ、中立成層となっていた。また、雲層内の高度50 km付近も中立になっており、これは高温な下層大気からの熱放射を下層雲が吸収するために生じていると解釈された。

第4章では、放射モデルを金星大気大循環モデルに組み込み、高速東西風の維持に関する研究を行っている。雲層における太陽光加熱率の違いによる熱潮汐波の影響を調べるため、吸収物質が高度57–65 kmまでに存在する場合(Low UV)と、高度57–70 kmに存在する場合(High UV)の実験を行った。Low UVの場合、帯状平均した東西風は高度67 kmで最大となり、赤道上で約50 m/sに達する風が生じる。赤道から 30° での運動量バランスを見積もると、太陽光の吸収が大きくなる場所で熱潮汐波による加速が効いていることがわかった。High UVの場合、赤道での最大風速は約30 m/sであった。吸収物質の異なる分布に伴う太陽光加熱率の違いから、熱潮汐波による加速の違いが生まれ、高速東西風に影響することがわかった。

高度45 km以下での東西風は、観測と比べて非常に弱い。雲層より下の高度で平均子午面循環の強度が弱く、角運動量の上方輸送が効率よく行われていないことが示された。下層大気の高速東西風を維持するために、重力波による運動量輸送が必要であると仮定し、重力波に伴う運動量輸送をパラメタ化して実験を行った。正の位相速度を持った重力波が平均風を加速することにより下層の高速東西風が維持できること、負の位相速度の重力波は上層まで伝播し、そこでの減速に重要な役割を持つことが示唆された。第5章は全体のまとめとなっている。

CO_2 のfar wingでの吸収を考慮し、微量気体成分と雲による散乱・吸収・射出をk分布法を用いて精度よく取り扱った金星放射モデルの開発は世界的にも初めてである。また、それを用いた放射対流平衡実験も本研究が初めてである。1次元放射対流平衡実験により、 SO_2 が金星大気の温度

構造の維持に重要な効果を持つことが示唆された。金星 AGCM に導入し、未知の紫外域吸収物質の分布の違いによる力学への影響を初めて調べている。平均子午面循環による高速東西風の維持は困難であることが示され、また下層大気においては重力波による運動量輸送を仮定した実験では、観測に近いスーパーローテーションが再現された。これらは、独創性が高く優れた研究と評価できる。

なお、本論文の 2、3、4 章は、高橋正明氏との共同研究であるが、論文の主な部分は論文提出者が主体的に行っており、寄与は十分であると考えられる。

したがって、論文提出者に博士（理学）の学位を授与できると認める。