

論文審査の結果の要旨

氏名 黒田剛史

論文は5つの章からなっている。第1章は、序である。火星大気は二酸化炭素を主成分としたもので、地球よりも寒冷であり、地表の気圧は6hPa程度である。火星の気象にとって重要な全球規模のダストストームが南半球の春から夏の時期に観測され、年によっては局地的な規模にとどまる。全球規模のダストストームが発生すると、大気温度が40Kも上昇し、大気に大きな影響を与える。火星大気へのダストの重要性、およびダストの放射過程について Appendix も含めて述べられている。ダストの放射過程を正確に取り扱うことにより、観測の少ない火星大気を研究するうえで、現実的な火星大気モデルを作成することの重要性を指摘している。

第2章では、論文申請者が作成したモデルの概要が述べられている。地球大気モデルを火星大気用に改変した3次元の大気大循環モデルである。水平分解能が約 5.6° 、鉛直30層で上端高度は約80km、火星の地形・アルベド・熱慣性のデータ、極域での CO_2 の凝結・昇華過程を導入している。さらに波長 $0.2\mu\text{m}$ ~ $200\mu\text{m}$ を19の波長域に分けた放射コードを用いて、 CO_2 の赤外放射及びダストの赤外放射と太陽光吸収の効果を計算している。

第3章ではダストのパラメータである複素屈折率を特に評価し、結果としての温度場を再現している。まず、*Ockert-Bell et al.* [1997]、*Toon et al.* [1977]及び*Forget* [1998]によって見積もられたもの(以下‘Refractive A’)を用いて計算した。ダストが少ない場合(波長 $0.67\mu\text{m}$ における光学的厚さ ≈ 0.2)は観測とよく整合した温度場が得られたが、全球ダストストーム時(波長 $0.67\mu\text{m}$ における光学的厚さ ≈ 2.2)では観測よりも10-20Kも高い温度分布が得られた。そこで、複素屈折率のデータを*Wolff and Clancy* [2003]によって見積もられたもの(以下‘Refractive B’)に変更したところ、観測と整合する温度分布が得られた。‘Refractive B’は紫外と可視光における屈折率の虚部の値が‘Refractive A’よりも小さいため、太陽光による加熱率が約20%小さくなることに加えて赤外波長域での冷却はより強く、その影響が‘Refractive A’による温度分布よりも10-15Kほど低い温度分布となって現

れた。ダストの複素屈折率のデータの違いは、全球ダストストーム時に対応するダスト濃度のもとでは 15K もの温度分布の違いを引き起こしうるものであり、モデル温度場が現実的な結果になった。

第4章では、モデルを用いて火星大気の波動擾乱を観測結果と比較しながら、その再現性と理論的考察をおこなっている。北半球の秋季(Ls=195°-225°)でダストが少ない場合、約3日周期・東西波数2の波動が最も卓越しており、Viking2号の観測データの解析結果、及び線形論からの見積もりと一致した。上層では3日周期・波数2に加えて5.5日周期・波数1の波動の卓越も見られ、その振幅の鉛直分布はMars Global Surveyorの観測データの解析結果と一致した。北半球の冬季(Ls=280°-300°)でダストが少ない場合では、6.6日周期・波数1の要素が地表面と上層の両方で卓越した。この波動の季節変化はMars Global Surveyorの観測データの解析結果と整合的であり、東西風の鉛直シアーが大きくなるとより小さな波数の不安定波の成長率が大きくなることで説明している。

北半球の冬季(Ls=280°-300°)で全球ダストストームが起こっている場合のモデル実験では、北極域の上空(高度~0.1mb)の温度がダストの少ない場合に比べて60Kほども上昇する。この強い加熱は力学の効果による強い下降流によって引き起こされる。地表面付近の温度のスペクトル解析を行うと、波の振幅はViking2号の観測データの解析結果と同様に著しく小さくなり、ダストが少ない場合と異なり波数2-4が卓越している。この時、中緯度ではダストが少ない場合と比べて東西風の鉛直シアーが著しく減少しており、振幅の減少と卓越波数の増加は線形論から定性的に説明できる。高度~0.7mbでは地表面付近で卓越している波がほとんど消失し、代わりに5.5日周期・波数1の要素が卓越している。屈折率の分布や運動量の流れからも、地表面付近の波がほとんど上層へ関与していないことを確認している。第5章で全体のまとめが述べられる。

上に示したように論文提出者は、3次元の大気大循環モデルを用いて火星大気の温度場の再現実験をおこない現実的な温度場を再現した。さらに観測データの解析結果と整合する傾圧波動の季節変化及びダスト濃度による変化がモデルでも再現され、その生成に関して大気の基本場の変化からそのメカニズムを説明している。このような新しい事実は本研究で初めて明らかにされたものである。これらの研究は、火星大気力学研

究の新しい側面を開拓したものであり、極めて独創性が高く、優れた研究と評価できる。また、論文は適切な英文によって記述されており、語学能力も博士として十分であると判断した。

なお、本研究の成果の一部（2章）は共著論文として印刷済みであるが、本論文の主体的な部分ではない。

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。