

学 位 審 査 報 告 書

(ふ り が な) 氏 名	(おごはら かずのり) 小郷原 一智
学位 (専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 地球惑星科学 専攻
(学位論文題目) 火星大循環モデルの開発と ダストの拡大地域特性に関する研究	
論 文 調 査 委 員	(主査) 里村 雄彦 教授 余田 成男 教授 石岡 圭一 准教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士 (理学)	氏名	小郷原 一智
論文題目	火星大循環モデルの開発とダストの拡大地域特性に関する研究		

(論文内容の要旨)

地球大気の全球大循環モデルを改変し、必要な物理過程を加えた火星大気の全球大循環モデルを開発し、さらに、開発した火星大循環モデルを用いてダストの拡大に関する地域特性について研究を行った。主な内容は以下の3つに分けられる。

1) 精度良いダスト輸送スキームをもつ火星大気全球大循環モデルの開発

既存の簡素な地球大気全球大循環モデルを骨格にし、大気主成分である二酸化炭素の相変化とそれに伴う大気全質量の時間変化過程、ダストの重力沈降過程、放射活性ダストを含む大気放射過程、地面エネルギー収支過程、さらに、ダスト全質量が保存し数値拡散も少ないスキームを用いたダスト輸送過程も組み込んだ火星大気全球大循環モデルを開発した。各部品は既存の技術を用いて開発速度を確保すると共に火星大気モデルにおける性能の確認やパラメータの調整を行った後にモデルに取り込み、本研究の使用目的に充分耐えるモデルにした。

2) 全球ダスト拡大地域図の作成

上記モデルを用い、火星北半球秋分を初期値にしてダストを大気に注入し (run0 と呼ぶ)、その後 2 火星日間において拡大した最大面積を示す全球地図を作成した。ダストは、全球 576 箇所のほぼ等面積に分割した格子の中心から水平の直径約 1300km の範囲で大気境界層内に 1 火星日間注入され続ける。ダストの面積は、背景ダスト質量より充分多い領域として定義した。このようにして放出停止後 2 火星日間での放出ダスト最大面積値を図示した拡大地域図を作成することにより、Arabia 平原、Sirenum-Aonia 地方、Tharsis 地方東部、Acidalia 平原、Elysium 山の東の 5 地域から放出されたダストが拡がりやすいことを示した。反対に、Hellas 盆地、Margaritifer 平原および両半球極域から放出されたダストは拡大し難いことも示した。

3) 拡大機構の解析

上記拡大地域図が、放出開始時点の環境にどの程度依存するかについて調べるため、火星北半球秋分の 0.5 火星日後 (run0.5 と呼ぶ) と 5 火星日後 (run5 と呼ぶ) にダスト放出を始めた場合の実験を実施し、それぞれ比較した。その結果、run5 では run0 と結果がほぼ同じであり、周期 10 日程度の大気現象の影響は大きくないことを示した。一方、run0.5 では Sirenum-Aonia 地方と Tharsis 地方東部から放出したダストが拡大しにくくなり、Utopia 平原西部から放出したダストが拡大するようになった。このことは、これらの地域のダスト拡大には大気潮汐などの日周期現象の寄与が大きいことを示している。次に、run0 の各拡大地域におけるダスト拡大機構について解析し、Arabia 平原では東西風の鉛直シアーが、Elysium 山の東では東西風の鉛直シアーに加えて地形性ロスビー波がダストの拡大に重要であることを見出した。また、Acidalia 平原においては中緯度にあるため太陽放射が強くなくダストは上空まで到達できないが、傾圧帯にあるので鉛直シアーが強く東西に拡がりやすい上、振幅の大きな傾圧擾乱の通過がダスト拡大に大きく寄与していることも示した。

(論文審査の結果の要旨)

地上からの望遠鏡観測しか手段の無かった時代から、火星には地球にはない総観規模や惑星規模のダストストームが発生することはよく知られている。しかし、現在においても観測手段は極めて限られており、ダストストームの内部構造や維持・拡大機構に関する観測的研究は困難であり、理論や数値モデルを用いて研究が行われることとなる。

本研究は、謎の多いダストストームの諸様相の内、局所規模とされる大きさのダストの濃厚な空域が火星のどの地域に存在したときにどの程度まで拡がることのできるかについて、自らが開発した火星大気大循環モデルを用いて評価することによりその地域性を明らかにし、さらに拡大機構に関する考察を行ったものである。開発された火星大気大循環モデルは、基礎とした簡素な地球大気全球大循環モデルを火星の大気モデルとするため、ダストの重力沈降スキームや地中・地表面温度の計算など地球とも共通する過程のみならず、放射活性のあるダストを含む希薄大気の放射スキームの導入、大気主成分である二酸化炭素の相変化とそれに伴う大気質量の大きな変化を記述できる方程式の導入およびその精度良い差分化を行っている。それぞれは既存の方式を基にしているが、多くの方式の中から取捨選択し、パラメータの値も調整するなど、信頼できるモデルに仕上がっている。これらの作業をほぼ独力で遂行しモデルを完成させたことは、その高い大気モデル開発能力を示している。

本研究の中心の一つである拡大地域図は、576箇所遍及ぶダスト注入域それぞれからダストを注入したとき、拡大したダスト最大面積を注入域で表示したものである。これまで事例研究的にダストの拡大について調べた研究はあったが、本研究によって全球を網羅した詳細な地域特性が初めて明らかにされた。このような全球分布図は、今後の研究でダスト拡大機構を考察する際の基礎資料の一つとなるものと高く評価できる。さらに、本研究では標準計算と2つの感度計算合わせて全球モデルによる1700回以上のダスト輸送計算を行っていることとなり、その膨大な計算を企画し、効率よく実行し結果を得ている点も評価できる。

さらに、本研究では全球拡大地域図を元に5つの放出域群(地域)が放出後のダストの拡大しやすい地域であることも初めて見出し、それぞれの地域から放出した際の拡大機構について考察を進めた。それにより、どの地域も主として東西風の鉛直シアーによって面積が拡大しているが、鉛直シアーに加えて日周擾乱の影響の強い地域、傾圧擾乱の影響の大きい地域、地形性ロスビー波の影響が認められる地域など、それぞれの地域に応じた拡大機構の存在を明らかにすることにも成功している。

以上、本論文は、独力で独自の火星大気大循環モデルを開発し、膨大なダスト輸送計算を実行して全球ダスト拡大地域図を初めて作成し、拡大しやすい地域それぞれの拡大機構を考察するなど、今後の火星ダストストーム研究の基盤となる新たな研究方向を示したものであり、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成21年12月21日論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。