

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K03951

研究課題名（和文）火星気象を特徴付ける大気主成分凝結と大気波動の相互作用の解明

研究課題名（英文）Relation between supersaturation of CO<sub>2</sub> and atmospheric waves on Mars

研究代表者

野口 克行（Noguchi, Katsuyuki）

奈良女子大学・自然科学系・准教授

研究者番号：20397839

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：地球では大気主成分である窒素分子や酸素分子が凝結する程の低温は発生しないが、寒冷な火星では大気主成分の二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）が凝結し、大気量が2-3割も季節変動する。そのため、大気CO<sub>2</sub>の凝結は火星気象を特徴付けている。本研究は、米国の火星探査機による長期の気温・気圧観測データを利用し、CO<sub>2</sub>凝結温度を下回る低温域と大気波動の関係を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

火星大気の主成分凝結と大気波動の活動の関係を明らかにすることで、極冠形成や降雪分布の議論にも寄与することができる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we utilized the long-term data set of vertical profiles of temperature and pressure obtained by the US Mars orbiter to reveal the relation between atmospheric waves and low-temperature regions below the CO<sub>2</sub> condensation temperature.

研究分野：地球および惑星大気科学

キーワード：火星 CO<sub>2</sub> 大気波動

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

地球の大気主成分は、窒素分子や酸素分子である。地球大気中では、これらの気体種が凝結する程の低温は発生しない。一方、火星は寒冷な惑星であり、その大気主成分である二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が凝結することが観測されている。その凝結は主に極夜域で発生し、大気量が2-3割ほど季節変動する。そのため、大気CO<sub>2</sub>の凝結は火星気象を特徴付けていると言える。微量成分である水蒸気が凝結し、大気主成分量そのものは変動しない地球大気との大きな違いである。

CO<sub>2</sub>が凝結するほどの低温域を生成するメカニズムの一つとして、大気波動による低温域生成が挙げられる。これまでの研究で、様々な大気波動によって背景場の気温よりも高温・低温な部分が生じ、その低温域でCO<sub>2</sub>の凝結温度を下回ることが示されている。

## 2. 研究の目的

本研究は、米国の火星探査機 MGS による長期の気温・気圧観測データ(電波掩蔽観測データ)を利用し、CO<sub>2</sub>凝結温度を下回る低温域と大気波動の関係を調べた。

## 3. 研究の方法

観測データとしては、米国の火星探査機マーズ・グローバル・サーベイヤ(MGS)によって実施された電波掩蔽観測のデータを利用する。電波掩蔽観測では、気温と気圧の高度分布データが得られる。MGS 電波掩蔽観測では、長期間の気温・気圧観測データが得られており、CO<sub>2</sub>凝結温度を下回る低温域を検出することが可能である。また、気温データを用いて擾乱成分を抽出し、大気波動の活動度を見積もった。

一方で、数値モデル(火星大気大循環モデル、MGCM)による計算結果も用いて、観測結果と比較した。

## 4. 研究成果

まず、観測データの解析結果について述べる。大気波動の解析に当たっては、気温の高度分布から擾乱構造を抽出する作業を行った。電波掩蔽観測の気温導出においては、データの最高高度(上端高度)における気温を仮定する必要がある。現在解析に使用しているデータセットは、MGS の電波掩蔽観測グループから公開されたデータであり、上端高度の気温値はもっともらしい平均的な値に固定したうえで導出されたものであるが、大規模な擾乱構造の抽出に当たってはこの固定された気温が問題となる可能性がある。仮定された気温が現実の気温と大きく異なる場合、気温の高度分布の上端付近で形状が大きく歪むことになり、現実の気温擾乱との区別がつけられなくなってしまうからである。そのため、この上端高度における気温をよりもっともらしい値に変更できないかを検討した。その結果、米国の火星探査機マーズ・リコネッサンス・オービター(MRO)による赤外観測データを用いることで、この問題をある程度解決できる見通しを立てることができた。次に、大気主成分の二酸化炭素の過飽和に関する解析においても、やはり上述の固定点における気温の仮定が問題となり得ることが明らかになった。この解析でも MRO の赤外観測データを用いれば、現実よりもかけ離れた気温の導出がされにくくなるため、二酸化炭素の過飽和判定をより適切に行うことができると思われる。MGS 観測データの解析の結果、高度 10-20km において大気重力波のポテンシャルエネルギーに東西波数 2 の構造が現れていることが明らかになった。

一方で、数値モデルでもこの構造が再現されていることが明らかになった。電波掩蔽観測では観測原理上、高度 40km 付近までしかデータが得られていないが、利用した数値モデルでは仕様上高度 90km までの計算が可能である。観測データでは得られていないより高い高度領域においてもポテンシャルエネルギーの解析を行ったところ、東西波数 2 の構造は高度 10-20km の領域だけではなく、他の高度領域にも存在していることが示唆された。また、その高度は特徴的な緯度依存性を持っていることも示唆された。

さらに、数値モデルにおいて CO<sub>2</sub> の凝結が起こるようにした場合と、凝結が起きないようにした場合を比較することで、CO<sub>2</sub> 凝結が大気波動の活動にどのような影響を与えているのかを調べた。その結果、CO<sub>2</sub> 凝結が起こるようにした場合には観測結果と同様に現れていたポテンシャルエネルギーにおける東西波数 2 の構造が、CO<sub>2</sub> 凝結を起きないようにした場合には小さくなることがわかった。これは、CO<sub>2</sub> 凝結の有無が大気重力波の活動度に影響を及ぼしている

ことを示唆している。ポテンシャルエネルギーは気温擾乱だけでなく、背景の大気安定度（ブラントバイサラ振動数）にも依存するため、大気安定度が大きく変化している可能性も考えられたが、両者のケースに大きな違いは見られなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Mao Shimomura, Katsuyuki Noguchi, Armin Kleinboehl, David Kass and Sylvain Piqueux
2. 発表標題 CO2 supersaturation in the southern polar night
3. 学会等名 Mars Climate Sounder extended Science Team Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Katsuyuki Noguchi, Armin Kleinboehl, David Kass, Sylvain Piqueux
2. 発表標題 Rederivation of the MGS radio occultation measurements in the Martian south polar winter regions using MRO-MCS temperature climatology
3. 学会等名 43rd COSPAR Scientific Assembly (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------