

発表分野	地学
発表題目	火星極冠の消長3 ～ダストストームは大気を温めるのか～
学校・団体名	第一高等学校・地学部
生徒氏名及び顧問氏名	井上(2年)、網中(2年)、烏川(2年)、高木(2年)、安田(2年)、田中(2年)、茂幾(1年)、三宅(1年)、三角(1年)、高嶋(1年)、湊(顧問)
<p><研究の要旨></p> <p>今年(2020年)は2年ぶりに火星が接近した。昨年までの研究で火星では大規模ダストストームが発生すると、発生しなかった時と比べて南極冠がより早く縮小することがわかった。そこで、ダストストームは極冠縮小を促進させるという仮説を立てた。本研究の目的は、火星の観測データから極冠縮小を調べることやダストストームは火星の大気を温め、極冠の縮小を促進させることを実験によって検証することである。実験の結果、火星表面近くを覆うダストは、火星大気や表面を温め、大規模ダストストームは極冠縮小を促進させることがわかった。火星の環境を調査することは、温暖化等で環境が大きく変化する地球のことを知ることにもつながるだろう。</p>	

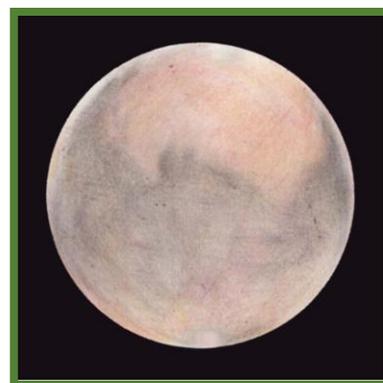
【1. 序】

今年(2020年)は2018年から2年ぶりに火星が接近した。今回接近した火星には、11月中旬の時点でダストストームが発生していない。昨年までの研究で、2018年に接近した火星では大規模な砂塵嵐であるダストストームが発生しており、ダストストームが発生しなかった時と比べて南極冠がより早く縮小していることが分かった。そこで、**ダストストームは火星極冠縮小を促進させる**という仮説を立てた。本研究の目的は、2020年の火星の観測データから南極冠縮小を調べること、またダストストームは火星の大気を温め、極冠の縮小を促進させることを、実験によって検証することである。火星の環境を調査することは、温暖化等で環境が大きく変化する地球のことを知ることにもつながるだろう。

【2. 方法】

(1) 南極冠の観察

今年(2020年)は、新型コロナウイルスの影響で夜間観測は全くできなかった。今年火星が夕方にみられるようになったのは10月初旬で、私たちが屋上で実際に火星を観測できたのは10月13日からだった。右のスケッチは、10月14日の観測でスケッチしたものである。このように、小口径の望遠鏡で眼視観測によるスケッチでは、火星の南極冠ははっきりと見えず、南極冠の縮小を連続的に調べることはできなかった。また、昨年のように動画で撮影し、画像処理し、南極冠の大きさの変化を調べることも時間的に不可能であった。そこで、インターネットで観測



10月14日のスケッチ

された火星の画像を集め、南極冠の大きさを測った。

(2) 南極冠の大きさの測定方法

火星の極冠の面積を測定するために極冠の角距離を測定する。この際に火星の極冠は楕円形であることや、火星が地球と同じように地軸を傾けて公転していることから正確な測定をするために中央経度を135度(±10度)とした。

画像処理ソフト「GIMP2.10」を



使用し、火星とその極冠を円と仮定し、火星の直径から火星の中心を決め、角度を測り角距離とした。角距離は5回測定をおこない、その平均から極冠面積を求めた。

(3) 観測期間

観測場所：第一高校屋上
 観測期間：2020年10月13日～
 調査期間：2020年2月3日～2020年12月10日
 (インターネットで入手した火星の画像 155枚)

観測で使用した
 天体望遠鏡
 (口径 80 mm
 焦点距離 910 mm)



(4) ダストストームに関する実験

① 予備実験

断熱材や園芸資材として市販されているロックウールと、簡易日射計を用いて実験を行った。岩石が原料のロックウールは火星のダストや岩石と成分が近い。火山活動がない火星のダストストームは、火星表面の砂塵が風により巻き上げられたものである。高い高度までダストが巻き上げられた厚いダストストームが発生した火星と巻き上げられたダストが低い高度に漂っている薄いダストストームが発生した火星、ダストストーム未発生の火星、火山灰で覆われた地球の4種類のモデルを作成する。それらのモデルに太陽放射エネルギーに加えて地表の温度変化を調べる実験を行った。また太陽放射エネルギーを加えず地表の温度低下の様子を調べた。以下の写真は実際に使用したモデルである。



作成したモデルを太陽放射に当てて、火星や地球の昼や夜の状態を再現することで地表面の温度変化を測定しようとした。しかし、地表面の温度変化がはっきり見られるまで、約40分かかることが予備実験で分かった。太陽放射に当てて、温度が上昇し太陽放射が当たらない夜の状態で温度が低下するまで、1回の実験で80分かかるとも分かった。



予備実験の様子

実験に使用したロックウールについて

玄武岩や天然岩石などを主な原料としたものを溶かして綿状にした断熱材のロックウールを使用した。また、ロックウールを押し固めた園芸資材のポットも使用した。

- ・火山灰の成分… SiO_2 ・ Al_2O_3 ・ Fe_2O_3 ・ CaO 等
- ・火星の成分… SiO_2 ・ MgO ・ Al_2O_3 ・ CaO 等
- ・ロックウールの成分… SiO_2 (35~40%)
- ・ CaO (30~40%)・ Al_2O_3 (10~20%)・ MgO (4~8%)



上記の成分表から SiO_2 (二酸化ケイ素)をどれも多く含むことが分かる。 SiO_2 は火山灰、火星の地殻とも多く含まれている物質であり、成分割合が似ているという理由でロックウールを実験材料として採用した。また、火星のダストはモンモリロナイトという、粘土鉱物であるという研究結果もある。よって、地球上の岩石と非常に近いと考えて、実験に使用した。



園芸用ロックウール



断熱材用ロックウール



実験の様子

②実験

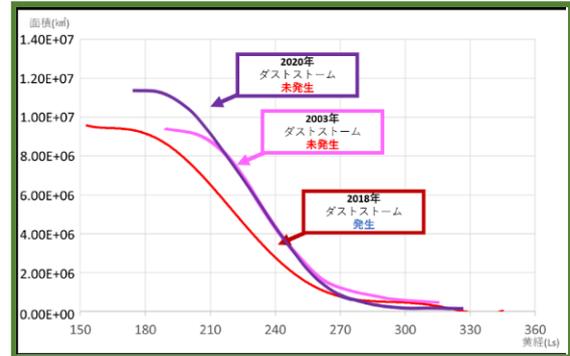
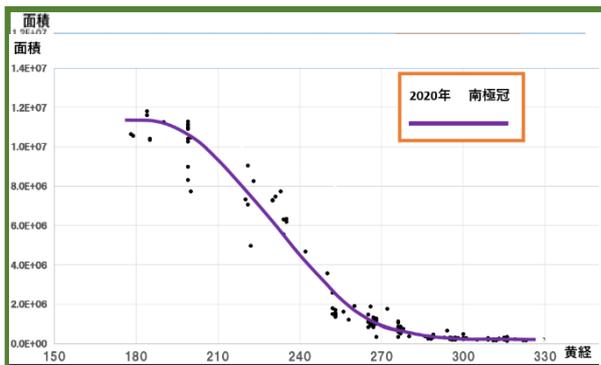
予備実験から1回80分の結果の平均をとるため5回温度変化を調べる間少しも曇ることない快晴の状態で行うことは今回の研究期間では難しいと考えた。そのため、太陽放射の代わりに白熱電球をモデルに40分間当てて温度上昇を測定し、電球を切った後40分間の温度低下を調べる実験を行った。4つのモデルでそれぞれ5回実験を行って、平均をとった。

【3. 結果】

(1) 南極冠の測定の結果

下図は観測データから作成した南極冠の面積の様子を示したグラフである。紫色のグラフは2020年の極冠縮小を示している。私たちが過去に観測に測定したグラフと重ねるとダストストームが発生していない2003年に似た面積変化だった。

またダストストームが発生した2003年、2020年と比較すると、**ダストストームが発生した2018年のほうがより南極冠の縮小が早かった。**



(2) モデルによる実験結果

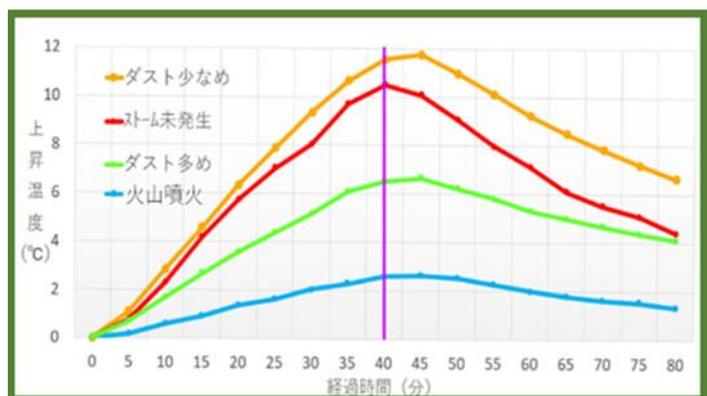
右図は実験の結果である。それぞれのモデルの上昇温度を経過時間とともに観察した。またピンク色の線（実験開始より40分後）より左は電球を当てている間、右は電球の電源を切って観察を行った。

実験の結果より、薄いダストストームの火星のモデルが最も温度が上昇し、電球の電源を切った後も温度低下が緩やかで熱を保持し続けた。

ダストストーム未発生の火星のモデルは温度が上昇した後、急激な温度低下がみられた。

厚いダストストーム発生の火星のモデルは上記の二つと比較すると大きな温度上昇は観測できなかった。

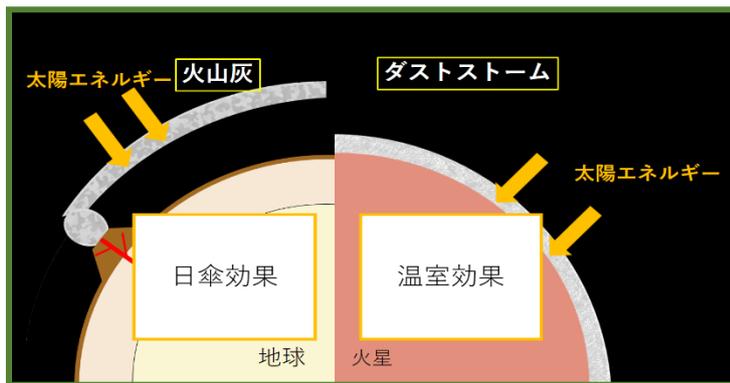
火山灰に覆われた地球のモデルは一番温度変化がみられず、太陽放射の影響を受けなかった。



【4. 考察】

南極冠面積の測定結果から、ダストストームが発生すると南極冠の縮小が促進される。火星のモデルを用いた実験から、ダストが太陽エネルギーを吸収し、火星大気や表面を温めることが分かった。火星に温室効果をもたらすのはダストであると言える。ダストは太陽放射を吸収して熱を保持し、火星極冠の面積縮小を促進した。下図は火山噴火によって火山灰が巻き上げられた地球のモデルと、ダストストームが発生した火星のモデルを模式的に示したものである。地球では火山噴火により火山灰が上空に吹き上げられて地球を覆うと、火山灰が太陽放射を反射して、太陽放射は地表に届かず寒冷化する。火山灰は日傘効果をもたらす。

地球と火星で逆の温度変化がみられるのは、火星のダストストームは火星表面近くで発生するためだと考える。実験から厚いダストストームが発生すると、ダストの上層部で太陽エネルギーを吸収するため、温室効果は期待できず、日傘効果をもたらす。2018年に発生したダストストームで南極冠の縮小が促進されたことから、ダストが、日傘効果が作用しない低空に漂っていたと考察する。これは火星がダストを巻き上げるために必要なエネルギー量と深く関係があると考えられる。



キュリオシティが観測したダストストーム発生時の火星の表面でダストが巻き上げられているのが確認できる。

<https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/curiosity-photos-show-martian-dust-storm-growing>

これからの展望

- これからも引き続き火星の極冠の面積を測定する
- ダストストームが発生するメカニズムを解明し、発生する条件を考察する
- サーモグラフィー画像などを使って、詳しいダストの熱の動きを観察する

【5. 謝辞】

この研究の関係者の方々、またこの研究に不可欠だった火星の観測データの提供をしてくださった東亜天文学会火星課様、月惑星研究会様に深い感謝を申し上げます。

【6. 参考文献】

- ・ 東亜天文学会火星課 https://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/~cmo/cmo/oaa_mars.html
- ・ 月惑星研究会 <http://alpo-j.sakura.ne.jp/>
- ・ 東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 <http://www.gp.tohoku.ac.jp/research/topics/20180911133151.html>
- ・ 全球ダストストーム中の火星地表面放射の観測 <https://www.wakusei.jp/book/pp/2019/2019-4/2019-4-277.pdf>
- ・ 火星のダストとダストストーム https://www.jstage.jst.go.jp/article/jar/22/2/22_2_87/_pdf/-char/ja