

火星極冠の消長

熊本県立第一高等学校 地学部 2 年

1 目的

2018 年は火星南極冠の縮小とその原因について研究した。今年度は 2003～2019 年の精細な火星の画像を使った調査から、火星の一年を通した南北両極冠の面積変化を調べ、火星の極が受ける太陽放射エネルギー量と火星大気圧の変動とを比較して極冠の消長及び原因を考察する。また、2018 年に火星で発生した大規模なダストストームの影響も明らかにする。

2 研究方法

2003 年以降の精細な火星画像から、火星の一年を通した両極冠面積を、中央経度を揃えて測定する。極冠を円と仮定して火星中心からの極冠の角距離を 5 回ずつ測り、面積を求めた。

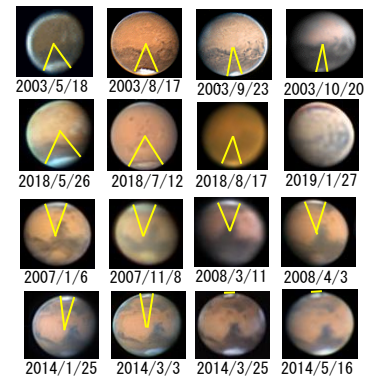
3 研究結果

(1) 火星の公転軌道と黄経（昨年の研究結果）

火星には季節変化がある。火星の季節を示す値に黄経があり、火星の位置を角度で表し、Ls で示される。また、公転軌道の大きな離心率により、日心距離は大きく変化する。

(2) 中央経度について

極冠は真円ではなく、極点からずれて広がっており、極冠の大きさを正確に測定するため、中央経度を揃えて観測した。中央経度を揃えて観測すると、実際に観測できる日は限られる。そこで、世界中で撮影された火星の画像を集め、中央経度の揃った 2003 年、2018～2019 年の南極冠、2007～2008 年、2013～2014 年の北極冠の大きさを測定した。2018 年 8 月 17 日の画像は、自分たちで撮影したものである。どの年度も極冠は縮小しており、2019 年 1 月 27 日には南極冠が確認できなくなったため、この日をこの年の最縮小日とした。また、2007 年 11 月 8 日の画像は極霧が発生していると考えられる。2014 年 3 月 17 日以降は、北極冠全体が観察できるため、極冠長径と火星直径との比から面積を求めた。



(3) 火星極冠面積の変動

調査した 4 回の極冠面積の変動を示す。極冠の増大が観測されないのは、増大する間は極に太陽放射が当たらないためである。極冠の縮小曲線が年によってずれることから、火星にも季節変化に遅れや進みがあることが分かる。2003 年より 2018～2019 年が早期に縮小し始めている。2018 年 5 月末から大規模なダストストームが発生し、2003 年には発生していない。2018～2019 年の縮小が早くなっているのはダストストームの影響が考えられる。火星全体を覆ったダストが太陽放射を吸収し、火星の大気を暖めたために南極冠の縮小が促進されたと考える。

4 研究の考察

(1) 極冠消長の原因

極冠消長の主原因は、極に入射する太陽放射エネルギーであり、火星と太陽の距離、太陽の高度に関係する。火星が受ける太陽放射エネルギーを I_0 、太陽光の入射角を θ としたとき、極が受ける太陽放射エネルギー量 I は $I = I_0 \times \sin \theta$ である。

北極が夏至の時、太陽放射エネルギー量は地球の赤道が受けるエネルギー量を 1 として 0.155、南半球が夏至（北半球が冬至）の時は 0.221 となる。それぞれの極が夏至の時、南極が受ける太陽放射エネルギー量は北極より大きくなる。火星の近日点が南半球の夏至に近いいためである。

(2) 極冠面積と反転させた太陽放射エネルギー量の変動

北極が受ける太陽放射エネルギー量増加と北極冠面積減少、南極が受けるエネルギー量増加と南極冠面積減少がそれぞれ調和する。(図 1) 2013～2014 年の北極冠面積減少がエネルギー量と調和しないのは、地球のような年による気候変動と同様で、この年は火星の北半球が暑夏であったと考える。極冠は極が受ける太陽放射エネルギー量に反比例するように縮小し、最縮小は夏至から Ls で約 60° 遅れる。地球でも太陽放射が地表を暖めた後、大気を暖めるまでに時間がかかり、夏至から 1・2 ヶ月過ぎて、最も暑くなる。極冠最縮小が夏至から遅れるのも地球と同様に太陽放射が火星の表面を暖めた後、大気を暖めるまでに時間がかかるためと考える。

(3) 火星大気圧の変動

極冠が大きくなると、大気中の CO₂ 量は減少するため、大気圧は低くなる。極冠が小さくなると、大気圧は高くなる。大気圧変動のピークが二至二分からそれぞれ Ls で約 60° 遅れている。(図 2) 極冠最縮小も夏至から Ls で約 60° 遅れていることから、火星大気圧の変動は両極冠の面積の縮小と関係している。Ls150° 付近の火星大気圧の極小時は、両極冠の合計面積が最大となっており、Ls240° 付近の火星大気圧の極大時は、両極冠の合計面積が最少になっていると考える。

(4) 火星の一年を通した火星極冠の消長

極が受ける太陽放射が減っても極冠が増大しないのは、その間にもう一方の極冠が大きく成長を続けているためだと考える。火星表面の CO₂ 量は一定であるので、一方の極冠が大きいたまは、もう一方の極冠が増大できるほど、大気中の CO₂ がないためだと考える。(図 3)

(5) 推測した火星極冠の消長と大気圧の変動

極冠縮小でドライアイスが昇華して大気圧は上がり、極冠増大で大気中の CO₂ が減少して、大気圧は下がる。気圧の大小を反転させた大気圧の変動と、両極冠面積の変動が調和する。このことから、両極冠の消長は、極が受ける太陽放射エネルギー量や火星大気圧の変化から逆算して求められると考えられる。(図 4)

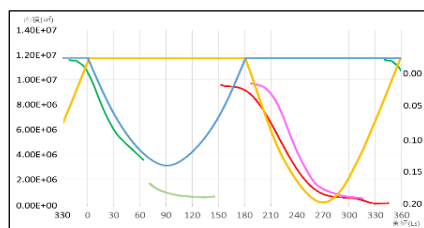


図 1

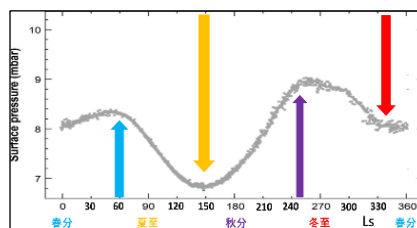


図 2

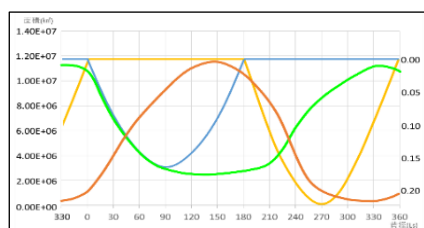


図 3

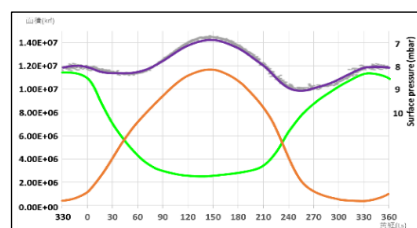


図 4

グラフの凡例

- 2003 年 南極冠
- 2007～2008 年 北極冠
- 2013～2014 年 北極冠
- 2018～2019 年 南極冠
- 北極が受ける太陽放射エネルギー量
- 南極が受ける太陽放射エネルギー量
- 推測される北極冠面積の変化
- 推測される南極冠面積の変化
- 推測される極冠面積の合計
- 火星表面の大気圧の変動