

火星大気圧と地表面アルベドとの相互作用

The Interaction between Martian Atmospheric Pressure and Ground Surface Albedo

早川 知範[1], 赤羽 徳英[2]

Tomonori Hayakawa[1], Tokuhide Akabane[2]

[1] 北大 理 地惑, [2] 京大・飛騨天文台

[1] EP Sci., Hokkaido Univ., [2] Hida Obs, Kyoto Univ

火星における年間約25%もの大気圧変動は、南北両極冠の季節変動によって引き起こされていることは明らかだが、未だに数値シミュレーションによって観測結果を忠実に再現した例は少ない。我々は南北両半球の地表面アルベドに注目し、一次元熱収支モデルによって地表面アルベドの変化にともなう大気圧の年間変動のふるまいの違いをシミュレーションしたところ、南半球の地表面アルベドを北半球よりも高くした方が、両半球とも同じ場合よりもバイキングの測定結果によく一致するという結果になった。これまでも南北半球の地表面アルベドの違いは提言されており、我々の結果はこのことを理論的に裏付けするものである。

火星大気の主成分であるCO₂の季節循環は、南北両極に形成される極冠と大気との間で行われる相変化が中心となっている。極冠は最大の大きさに成長すると、北半球で北緯65度付近まで、南半球では南緯55度付近まで達し、したがって火星大気の大部分が季節の変化にともなって南北半球を移動することになる。このようなCO₂循環は火星の大気大循環に多大な影響を与える。その一つの例が大気圧の年間変動である。火星大気圧が年間変動を起こすことは、Leighton and Murray(1966)の一次元熱収支モデルを用いた数値シミュレーションによって提言され、その後Viking探査によって実際に火星では大気圧が年間約25%も変動することが確認された。しかし数値シミュレーションにおいてこの変動を忠実に再現できた例は数少ない。我々は一次元の極冠形成モデルを開発し、それによって大気圧の年間変動のシミュレーションをおこなった。

我々のモデルは大気部分、地表面境界層、表層土部分から成り立っている。またモデル大気の成分としてはCO₂のみを仮定している。大気部分は高度50kmまでを考慮し、各レベルにおける大気温度は顕熱輸送、太陽放射、赤外放射によって決定される。さらにダストによる散乱、吸収の効果を火星探査機のデータを用いて取り入れているため、より現実の火星大気環境に近い数値シミュレーションを行えるようになっている。また表層土部分は深さ3mまでを考慮し、その内部では熱伝導のみを仮定している。以上のような放射伝達系から地表面境界層における熱収支を計算し、決定された地表面温度に応じてCO₂が凝結または昇華する。これを北半球の春分から1火星年分(地球で約2年分)計算することで、CO₂の極冠の季節変動を追跡することができる。火星全体(大気+極冠)のCO₂量を一定としているので、各火星日における全CO₂凝結量の増加、減少を導くことによって、それに応じて大気圧を減少、増加させてやることで大気圧を計算できるのである。

まず我々は南北半球の地表面アルベドが等しい場合、どちらかの地表面アルベドが他方に比べて高い場合、それぞれ大気圧がどのようなふるまいをするのかをシミュレーションした。まず南北両半球の地表面アルベドを0.25(地面)-0.55(極冠)、0.35-0.65、0.45-0.75の3パターンで同じ値にした場合、Areocentric Longitude of the Sun $L_s=0-180$ (北半球の春分から秋分)ではどのパターンにおいてもVikingの測定データとは一致しなかったものの、 $L_s=180-360$ (北半球の秋分から春分)では0.25-0.55での計算結果が最も測定データに近いというシミュレーション結果を得ることができた。このことから北半球の地表面アルベドを0.25-0.55に固定し、南半球の地表面アルベドを変化させた場合、0.45-0.75のときに測定データに非常によく一致する大気圧変動曲線を得ることができた。南極冠が北極冠よりも大きく形成されることは観測によって明らかになっているが、それは火星の公転軌道において南半球の冬が北半球に比べて寒く長いからというだけではないことが我々の数値シミュレーションから言える。つまり大気圧の年間変動についての我々の計算からは、火星の地表面アルベドは南半球の方が北半球に比べて高く、それによっても南極冠が北極冠よりも低緯度に拡大していくという提言をすることができる。

そしてさらに我々は地面部分と極冠部分の地表面アルベドを独立に変化させたところ、地面部分の地表面アルベドの変化には極冠の形成量はそれほど反応せず、極冠部分の地表面アルベドの変化に大きく反応するという結果を得ることができた。つまり高い値の地表面アルベドの変化に、極冠の形成量は反応しやすいということが言える。したがってこのことと、先のシミュレーション結果を組み合わせると、南半球全体の地表面アルベドが高いというよりも、南極冠の表面アルベドが北極冠よりも高いという言い方もできる。