

## 火星大気 - 極冠システムの一次元エネルギーバランスモデル

## On the one dimensional energy balance model of Mars atmosphere - ice cap system

# 高山 歌織[1], 横島 徳太[1], 小高 正嗣[1], 倉本 圭[1]

# Kaoru Takayama[1], Tokuta Yokohata[1], Masatsugu Odaka[2], Kiyoshi Kuramoto[2]

[1] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~shwlab>

本研究では、火星の気候システムの性質を明らかにするために一次元エネルギーバランスモデルを新たに構築した。モデルの特徴は極冠上での二酸化炭素の凝結過程を考慮していることにある。境界条件である太陽定数、赤道傾斜角、大気圧、また、モデルパラメーターである水平熱輸送係数をさまざまに変化させたときに火星気候システムがどのように応答するのか、温度分布、極冠上での CO<sub>2</sub> 堆積速度、極冠サイズに特に着目して調べた。

地球気候の研究に使われているエネルギーバランスモデルはそのまま火星に適用することはできない。これは火星では大気主成分である二酸化炭素が極冠で凝結、蒸発するためである。これによって二酸化炭素極冠の地表温度は CO<sub>2</sub> の凝結温度に固定される。凝結温度は大気圧の関数である。極冠上のいたるところで地表温度が凝結温度に一致すると、極冠の境界において緯度方向の温度勾配が不連続になり、緯度方向の熱流量を記述する偏微分方程式を厳密に積分することができなくなる。物理的には低緯度から輸送された熱エネルギーが極冠の境界に集中してしまう。従来の研究、例えば Nakamura and Tajika (2001) ではこの問題が考慮されておらず、物理的な矛盾が含まれている。

そこで本研究では、低緯度から極冠に流れ込む熱エネルギーを極冠上に均等に分配する補正フラックスを導入することによりこの問題を解決した。太陽放射と補正フラックスの和に比べて惑星放射が大きくなる領域を、二酸化炭素大気の凝結する極冠領域とする。なぜなら冷却の過剰は二酸化炭素の凝結による潜熱解放により補われるからである。これによって二酸化炭素の凝結速度と極冠成長率を決めることができる。

境界条件やモデルパラメータの変化に対するモデルの応答を以下にまとめる。

#### 1. 大気圧変化に対する氷線緯度の応答

##### 1) 水平熱輸送のない場合

現在の太陽定数と赤道傾斜角を与えた場合、大気圧が 100 Pa 以上になると極冠が形成される。100 Pa から大気圧を増加させると凝結温度の上昇によって極冠は次第に低緯度へ広がる。極冠が最も低緯度まで広がるのは大気圧が 30000 Pa の時である。大気圧をさらに増加させると温室効果による温度上昇が大きくなるため、低緯度への極冠の拡大は抑えられる。

##### 2) 水平熱輸送のある場合

水平熱輸送係数は大気圧に比例させ、現在の火星の大気圧に対する水平熱輸送係数は James and North (1982) で用いられた値を用いる。

現在の太陽定数と赤道傾斜角では、どのような大気圧下においても極冠は存在しない。これは水平熱輸送によって極域の加熱量が増えるためである。太陽定数を現在の 0.7 倍にすると、大気圧が 100 Pa から 2000 Pa までの範囲で部分極冠が形成され、2000 Pa から 200000 Pa の範囲では全球凍結が生じる。200000 Pa 以上では極冠は形成されない。この理由は、大気圧が高い場合にはわずかな温度勾配でも大きな水平熱輸送が生じ、その結果地表温度が全球的に一様化されるからである。このような地表温度の一様化は赤道傾斜角を大きくした場合にも観察される。

#### 2. 極冠の成長速度

潜熱解放フラックスから求めた極冠成長速度はオーダーは 1 cm/day である。この値から現在観察される永久極冠が形成される時間を見積もると、およそ 1000 年となる。

Ice line latitude

