

惑星大気大循環モデル DCPAM を用いた MELOS ローバのための火星表層環境評価

小高 正嗣¹, 杉山 耕一郎², 高橋 芳幸³, 西澤 誠也⁴, 林 祥介³, はしもと じょーじ⁵

[1] 北大・理 [2] JAXA 宇宙研 [3] 神戸大・理 [4] 理研 AICS [5] 岡山大・自然

概要

火星探査計画において検討されている探査機の着陸候補地点の気象条件を把握することを目指し、惑星大気大循環モデル DCPAM を用いた火星表層環境評価を行った。バイキングおよびマーズパスファインダーによる観測データは DCPAM によるシミュレーション結果に系統的な補正を行うことで良く再現されることが確かめられた。この比較に基づいた補正方法を用い、探査機の着陸候補地点の1つであるニュートンクレータにおける表層環境評価を行った。今後は領域気象モデルおよびラージエディシミュレーションモデルを併用し、大循環モデルでは陽に表現されない時空間スケールの気象擾乱を考慮した火星表層環境評価を行う予定である。

1. はじめに

現在、わが国の宇宙工学および理学コミュニティにおいて**着陸機による火星探査計画**の検討が進められている。

- 搭載する観測機器の設計、および着陸機の安全な着地と運用のために、着陸予定地点の環境評価が必要。

我々のグループでは以下の異なるモデルを用い、惑星規模から大気境界層スケールにいたる火星表層環境に関する情報提供を目指している。

- 惑星大気大循環モデル DCPAM (Takahashi et al., 2013, JpGU: <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>)
- 火星版 CReSS (杉山 他, 2013, 秋季大会)
- SCALE-LES (西沢 他, 2013)

本発表では

- DCPAM のシミュレーション結果と過去の探査機(バイキング, マーズパスファインダー)による観測結果との比較を行い、モデルを用いた適切な環境評価方法の検討を行う。
- 上記の評価方法に基づいた、探査機の着陸候補地点における環境評価の結果を示す。

2. モデルと計算設定

用いるモデルは地球流体電脳倶楽部にて開発されてきた、惑星大気大循環モデル DCPAM である (Takahashi et al., 2013, JpGU: <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>).

- プリミティブ方程式を用いたスペクトルモデル
- 物理過程:
 - 乱流混合 (Mellor & Yamada, 1982)
 - 地表面過程 (Beljaars and Holtslag, 1991)
 - CO₂ の凝結と昇華
 - 大気とダストの放射過程
- 地表面のアルベド, 熱慣性, 地形はマーズグローバルサーベイヤーの観測結果に基づく

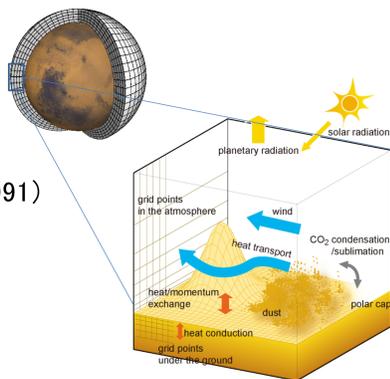


図 1: DCPAM の模式図

計算設定

- 水平切断波数 31 (対応する水平格子間隔は約 200 km)
- 鉛直層数 36 (モデル最下層高度は約 3 m)
- ダストの空間分布とその季節変化は観測結果に基づき与える (図 2).
- 初期条件は等温度静止, 積分時間は 7 火星年.
- 最後の 2 火星年のデータを解析に用いる

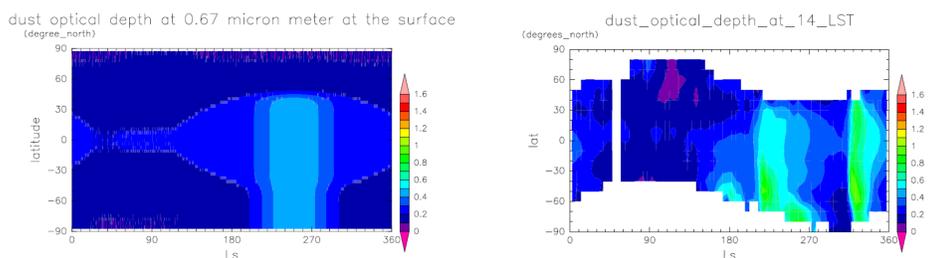


図 2: 東西平均した可視光(波長 0.67 μm)に対するダストの光学的厚さの季節変化。(左図)モデルに与えた分布 (右図)マーズグローバルサーベイヤーによる観測結果。

3. 観測との比較結果

3.1. 地表気温

マーズパスファインダーにより観測された高度 1.5 m の気温の日変化は、**モデル第2層(高度約 12.5 m)の気温と風速を用いた推定値によって良く再現された。**

- 中立成層の場合の対数型の風速と気温の鉛直分布を仮定。

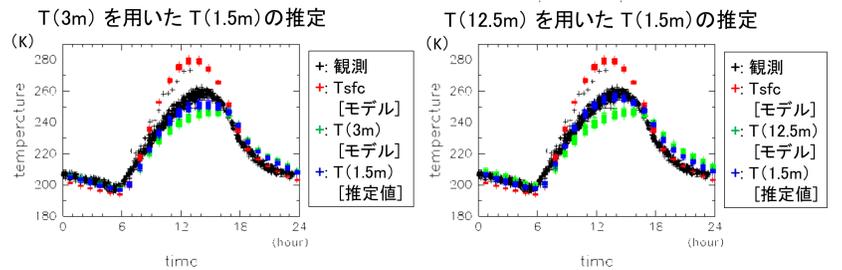


図 3: 地表気温と地表面温度の日変化。(+)マーズパスファインダーによる高度 1.5 m の気温の観測値 (+)モデルで計算された地表面温度 (+)モデルで計算された気温 (+)モデルの気温から推定した高度 1.5 m の気温。左図はモデル第1層(z = 3 m)の気温を用いた場合、右図はモデル第2層(z = 12.5 m)の気温を用いた場合。

3.2. 地表気圧

バイキング1号により観測された地表気圧の季節変化は、モデルの地表気圧に**高度補正と大気量補正を行った推定値によって良く再現された。**

- 静水圧平衡を仮定, モデル第10層の気温に対応するスケールハイト使用
- 全体として 60 Pa 差し引く

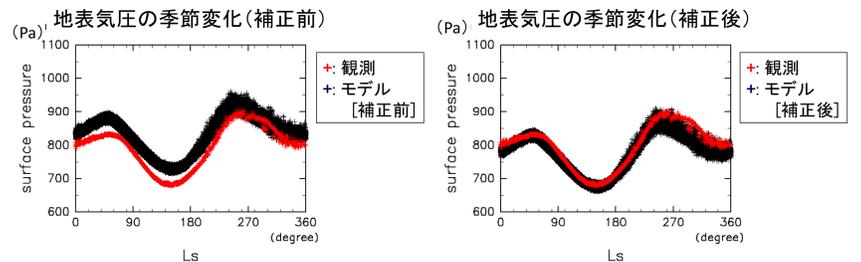


図 4: バイキング1号着陸点における地表気圧の季節変化。(+)バイキング1号による観測値 (+)モデルによる計算値。左図は補正前, 右図は高度および大気量補正後。

4. 火星探査機着陸候補地点の表層環境評価

上記の補正方法を用いて探査機の着陸候補地点の一つについて表層環境評価を行った。

- 場所: ニュートンクレータ (41.6°S, 202.3°E)
- 季節: Ls=327°-333° (北半球の晩冬)

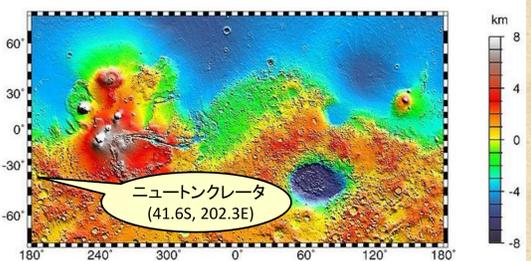


図 5: 火星の地形高度図

評価結果の概要(図 6):

- 日平均気温は約 220 K, 気温の日変化の振幅は約 70 K.
- 日平均風速は約 4 m/sec.

今後は領域気象モデルおよびラージエディシミュレーションモデルを併用し、大循環モデルでは陽に表現されない時空間スケールの擾乱を考慮した火星表層環境評価を行う予定である。

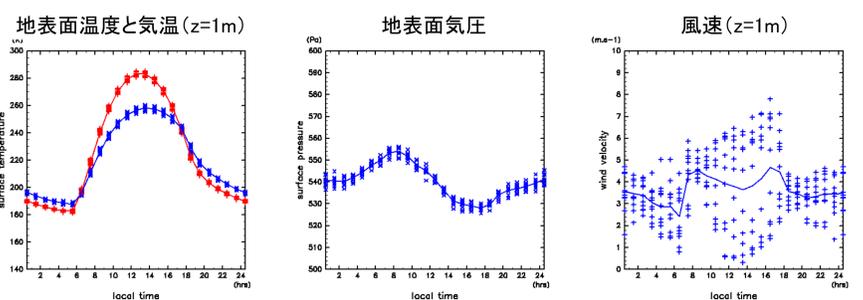


図 6: Ls=327°-333°におけるニュートンクレータの表層環境評価の結果。(左)地表面温度(+と高度 1 m における気温(+))の日変化。(中央)地表気圧の日変化。(右)高度 1 m における風速の日変化。各図の実線は Ls=327°-333°の平均値。