

火星大気探査を見据えた火星大気大循環モデルの構築

高橋 芳幸 [1]; 地球流体電脳倶楽部 dcmmodel プロジェクト [2]
[1] 神戸大・理・地球惑星; [2] なし

Development of a Mars general circulation model toward future Mars atmosphere exploration

Yoshiyuki O. Takahashi[1]; dcmmodel project GFD Dennou Club[2]
[1] Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe Univ.; [2] none

A working group has been established in JAXA/ISAS, and future Mars explorations are under discussion. It is desirable that numerical models and/or an environment for model development are provided to give useful insights in the stages from mission planning to data analysis. Indeed, in European countries, a database for Mars atmosphere has been developed by compiling data of Mars general circulation model simulations, and has contributed to planning of a various Mars observations and data analyses, extensively. In addition, in recent years, European and U.S. groups achieved data assimilation for Mars atmosphere. Further, studies by the use of the reanalysis data produced by data assimilation are also on going.

Under such a situation, we have been developing a Mars atmosphere general circulation model (GCM). Now, the model is still under development, and we have been working on the comparison between the model and available observational data. It would be essential for future mission planning to study speciality and universality of planetary atmospheres by making steady efforts in developing models from scratch and comparing model results with observations.

In the presentation, current status of Mars GCM development will be described, and some examples of comparison between the model and observations will be presented.

Development of a Mars GCM is achieved as one implementation of a planetary atmosphere GCM, dcpam (<http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>), which has been developed to simulate various planetary atmospheres in GFD (Geophysical Fluid Dynamics) Dennou Club. The dcpam consists of dynamical core solved by a spectral transform method and physical parameterizations for the Earth and Mars atmospheres, such as radiation, turbulent mixing, cumulus convection, non-convective condensation, condensation of CO₂ and so on. Radiative processes for the Earth and Mars atmospheres are calculated by the use of separate radiation models. As for the Mars radiation model, absorption by CO₂ and absorption and scattering by dust are considered.

Surface topography, albedo, and thermal inertia variations for Mars calculations are obtained from Mars Global Surveyor (MGS) observations. In the calculations in this study, dust distribution is prescribed by the use of MGS “climatology”. Under this condition, the model was integrated for 5 Mars years. During 5th year, atmospheric mass budget shows an almost regular seasonal cycle. The result in 5th year are used for analysis.

Now, we are working on the comparison between the model and observations. Observational data used for comparison are temperature in a year without planet encircling dust storms observed by MGS, and surface pressure observed by Viking landers. Comparison of temperature shows that the model represents seasonal variation of latitude of maximum temperature and seasonal variation of maximum temperature. Differences between the model and the observation are also observed. Some of those would be attributed to the difference in the dust distribution prescribed in the model and that in the real Martian atmosphere. However, the further analysis is required to reveal the cause of these differences.

将来の火星探査実現に向けて、現在、JAXA/ISAS にワーキンググループが設置され検討が進められつつある。その大気探査計画においては、地球大気観測では既に常識となっているような、探査計画の立案からデータ取得後の解析（データ同化）までを担う、惑星大気科学のための数値モデルと利用環境の開発提供（チームの確立）が必要とされている。実際、欧州では、惑星大気大循環モデル開発グループが中心となり火星シミュレーションデータをコンパイルすることで構築したデータベースが、様々な火星観測の設計およびデータ解析に利用され、火星の表層環境の理解の促進に貢献している。さらに、近年では欧米の複数の研究機関において、火星大気探査の結果を用いたデータ同化が行われるようになっており、これら再解析データを用いた研究も行われつつある。

このような状況を踏まえ、我々は火星大気大循環モデルの構築を進めている。現状のモデルは未だ構築の途上にあり、過去の観測結果との比較を地道に行っている段階である。これは、モデルをゼロから地道に構築し、惑星大気の特異性や普遍性を考察・確認しておくことが、今後の探査計画立案に必須であるためである。

本講演では、火星大気大循環モデル構築の現状、および計算結果と観測との比較の例をいくつか紹介することにする。

火星大気大循環モデルの構築は、地球流体電脳倶楽部有志で構築を進めている惑星大気大循環モデル (dcpam; <http://www.gfd-dennou.org/library/dcpam/>) の一実装として実現する予定である。dcpam は、プリミティブ方程式をスペクトル変換法で解く力学過程と、地球大気および火星大気のための放射過程、乱流混合、積雲対流パラメタリゼーション、大規模凝結過程、CO₂ の凝結過程

といった物理過程を組み合わせたものである。放射過程は、地球大気用と火星大気用では異なる放射モデルで計算され、火星大気用のモデルでは、CO₂ と大気中のダストによる吸収と散乱の効果を考慮している。

火星大気計算のために用いる地形、アルベド、熱慣性の分布は、Mars Global Surveyor (MGS) によって観測されたもの

を使用する。また、現在の計算では、大気中のダスト分布は仮定しており、本研究では MGS 観測に基づく「気候値」を与えた。このような条件で、解像度 T21L32 で 5 火星年間の積分を実行した。5 火星年目には、質量収支も含めておおよそ規則的な季節変化を示すようになる。解析には、積分 5 火星年目の結果を用いる。

現在、モデルの結果と観測結果の比較を進めている。観測結果は、ダストストームが発生していない年における MGS による観測値である。モデルは、温度が最大となる緯度の季節変化や、最大温度の季節変化といった季節変化の特徴をおおよそ表現している。見られる違いのいくつかは、モデルで仮定しているダスト分布と実際のダスト分布との違いに起因していると考えられるが、実際の原因を突き止めるためには他の物理量を含めてさらに検討する必要があるだろう。

今後は、大気温度など他の物理量についての比較や、他の探査機のデータを用いた比較、または、モデルの解像度を上げた感度実験などを行いたい。