

モデリング・シミュレーションによる地球・惑星超高層大気研究の展開

藤原 均 [1]; 埜 千尋 [1]; 星野 直哉 [1]; 寺田 直樹 [2]; 寺田 香織 [3]; 加藤 雄人 [4]; 三好 勉信 [5]; 陣 英克 [6]; 品川 裕之 [7]
[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大; [3] 東北大・理・地球物理; [4] 東北大・理・地球物理; [5] 九大 理 地球惑星; [6] 情通研; [7] NICT

Modeling and simulation studies of the planetary upper atmospheres

Hitoshi Fujiwara[1]; Chihiro Tao[1]; Naoya Hoshino[1]; Naoki Terada[2]; Kaori Terada[3]; Yuto Katoh[4]; Yasunobu Miyoshi[5]; Hidekatsu Jin[6]; Hiroyuki Shinagawa[7]
[1] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Grad. Sch. Sci, Tohoku Univ.; [5] Earth and Planetary Sci, Kyushu Univ.; [6] NICT; [7] NICT

<http://www.gp.tohoku.ac.jp/>

Numerical models of the upper atmosphere (thermosphere/ionosphere) have been developed by research groups in UK and USA since 1980s. Now the models are coupled with solar wind, magnetosphere, and lower atmosphere models to advance studies of the space weather. Recently, some research groups in USA have started studies of the ionospheric data assimilation which may enable us to perform numerical prediction of the ionosphere in the near future. In addition to the Earth's upper atmosphere, energetics and dynamics of the upper atmospheres in the other planets have been investigated by using numerical models. In cooperation with ground-based and spacecraft observations, models of the upper atmospheres in Venus, Mars, Jupiter, Saturn, and Titan have been developed in UK and USA. As well as simulating the observed phenomena, models of the upper atmospheres of Venus and Mars have made great contributions to parameterizing the infrared radiation processes under the non local thermodynamic equilibrium (non-LTE) condition and the gravity waves which are common to the terrestrial planets.

The research groups in UK and USA have taken the initiative of modeling and simulation studies of the upper atmosphere in the world. On the other hand, we have developed unique models independently: for example, a general circulation model (GCM) which includes all the atmospheric regions. The GCM has been coupled with ionospheric models and shows new results of thermospheric and ionospheric variations. In addition, new models of the upper atmospheres in Venus and Jupiter have been also developed. In this presentation, we mention recent studies, outstanding problems, and topics of modeling and simulations of the planetary upper atmospheres. We also show our research activities and discuss future targets of the planetary aeronomy.

超高層大気(熱圏・電離圏)のモデリング・シミュレーション研究は、1980年代のはじめに英国、米国にて開始され、現在では、超高層大気モデルと太陽風、磁気圏、下層大気モデルとを結合した大規模なモデル開発が進められるなど、宇宙天気研究の中核をなす研究課題へと発展を遂げている。また、近年では電離圏データ同化の研究も開始され、観測データと数値モデルとを用いた電離圏変動予測も近い将来には可能となるかもしれない。このように数値モデルを用いた地球超高層大気の研究が精力的に進められる一方で、他惑星に対しても超高層大気モデルを用いて、惑星熱圏・電離圏におけるエネルギー収支、力学過程等が調べられてきた。これまでに、地上観測や惑星探査ミッションと連携する形で、英国、米国のグループによって金星、火星、木星、土星、タイタンの熱圏・電離圏モデルが開発されている。特に、地球型惑星である金星、火星における超高層大気モデル開発は、観測結果の理解に加えて、二酸化炭素からの(非局所熱力学平衡における)赤外放射や大気波動の取り扱いに関して、地球超高層大気モデルの有効性と限界を検証する上で極めて重要な役割を果たしてきた。

このような世界的な超高層大気モデリング・シミュレーション研究が英国、米国主導で進められる中で、我が国においても独自のモデリング・シミュレーション研究が実施され、新たな成果が生まれつつある。地球大気の数値モデルとしては世界初となる全大気領域を含んだ大気大循環モデルが開発されたほか、大気大循環モデルと電離圏モデルとを統合した新たなモデルも稼働を開始している。近年の観測から、対流圏起源と考えられる変動が熱圏・電離圏領域にも見つかっており、モデリング・シミュレーション研究により下層大気と上層大気との結合過程について詳細が明らかになるものと思われる。更に、木星、金星超高層大気モデルの開発も進められており、今後の惑星探査との連携も期待される。本講演では、惑星超高層大気モデリングの世界的な研究の方向性を概観するとともに、我々が進めている独自のモデリング・シミュレーション研究を紹介し、今後の課題、可能性について議論する。