

火星外気圏 DSMC モデルの開発

Development of the Martian upper thermosphere and exosphere DSMC model

寺田 香織^{1*}, 藤原 均¹, 陣 英克², 寺田 直樹¹

Kaori Terada^{1*}, Hitoshi Fujiwara¹, Hidekatsu Jin², Naoki Terada¹

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 情報通信研究機構

¹Dept. Geophys., Tohoku Univ., ²NICT

我々は、DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) 法による火星熱圏上部・外気圏の3次元モデルの開発を行っている。従来の外気圏のモデリングでは、Chamberlain モデルが用いられてきた。Chamberlain モデルは、クヌーゼン数 (λ/H) ~ 1 となる exobase における速度分布関数を境界条件として、exobase 上空では無衝突、exobase におけるパラメータは一樣、外圏は球対称であるとする仮定の下で、Liouville の定理に基づいて外気圏の密度を計算する。しかし、現実には exobase の上空約百 km は遷移領域であり、気体分子間の衝突を無視できない。また、exobase における大気密度・温度は非一樣であり、分子間の衝突が少ない外気圏中では exobase での直接の影響が遠方にまで伝達するため、後の2つの仮定も正しくない。

DSMC 法は、流体として扱える程衝突頻度が高くないが、気体分子間の衝突を無視することもできないような希薄気体 ($0.01 < Kn < 10$) の解法として発展してきた、実際の気体を支配する物理法則に従ったサンプル粒子を用いる粒子シミュレーションである。得られる解は、格子幅 $\Delta x \rightarrow 0$ 、 $\Delta t \rightarrow 0$ 、サンプル粒子数 $N \rightarrow \infty$ の極限において Boltzmann 方程式の解に収束する。また、Boltzmann 方程式の直接的解法が苦手とする多原子分子気体や化学反応も容易に組み込むことが可能である。

我々は流体近似が破れる $Kn > 0.01$ の領域、すなわち熱圏の上部と外気圏を thermal な成分を含めて DSMC 法で解くモデルの開発を行っている。近年、hot oxygen コロナを DSMC 法で解くモデルが開発されているが、主な衝突相手である thermal な成分も含めての DSMC モデルは、その膨大な計算コストが課題となり開発されていない。本発表では、初期結果を紹介する。