

超高層大気観測のための真空計開発に関する検討

大早田 翼 [1]; 阿部 琢美 [2]; 渡部 重十 [3]; 三宅 互 [4]

[1] 東海大; [2] JAXA宇宙科学研究所; [3] 北大・理・宇宙; [4] 東海大・工

Development of ionization gauge for a study of the upper atmosphere

Tsubasa Oohayata[1]; Takumi Abe[2]; Shigeto Watanabe[3]; Wataru Miyake[4]

[1] Tokai Univ.; [2] ISAS/JAXA; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [4] Tokai Univ.

In the Earth's atmosphere above 70 km, a part of the neutral atmosphere is ionized by various ionization processes. Since the electromagnetic force acts on the ionized atmosphere, the neutrals and charged particles mostly move in the different directions, then momentum is transferred each other due to collisions between these particles. It is thought that this momentum transport plays an important role in phenomena in this region. Thus, it is important to measure the neutral density and wind, which determine the momentum of the neutral particles, to understand such a basic process.

In this study, we try to develop an instrument to measure density of the neutral atmosphere and neutral wind in the lower thermosphere, assuming that it is installed on the sounding rocket. In particular, we focus on developing an ionization gauge which can be used for a pressure up to 10^{-4} Pa corresponding to that at 150 km altitude. Ionization gauge *MG-2F* made by Canon Anelva is considered as a candidate of applicable element.

In terms of measurement on the sounding rocket, the shape of the container in which the ionization gauge is housed is important. In the past measurement of atmospheric density using the ionization gauge, it was housed in spherical or cylindrical containers, but common understanding of an optimal shape has not been obtained. In this study, we use DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) method which can simulate the rarefied gas flow for consideration of the shape of the container. When atmospheric pressure is low (e.g. lower thermosphere) and spatial scale of the gas flow is small, Navier-Stokes equation is not valid because the flow cannot be treated as continuum. The DSMC method can simulate the rarefied gas flow in such a situation through the calculation of motion and collision of sample particles.

First, in order to confirm a validity of the DSMC method to simulate the rarefied gas flow around the ionization gauge and accuracy of the calculation algorithm, we compare a result from the DSMC method with the experiment which is performed in the vacuum chamber. In the experiment, we demonstrate the upper atmosphere environment using the vacuum chamber in which wind is induced due to pressure difference. The pressure distribution around the wind flow is measured by *MG-2F*. On the other hand, the flow and the pressure around the experimental system are simulated by using the DSMC method. Since both of results mostly in a good agreement, validity of the DSMC method was confirmed.

There are two categories of the container for the ionization gauge; *open* type or *closed* type. For the former, atmospheric particles which enter the container flow outward after they pass through the ionization gauge. For the latter, they stay inside the container. We need to use properly the container type depending on background atmosphere density and measurement environment. In the case of *closed* type, a pressure value measured by the ionization gauge may be different from the background atmospheric pressure depending on the amount of inflow. Therefore, for accurate measurement, it is important to design the shape of the ionization gauge so that we can show a relation between the background pressure, the amount of inflow to the container, and pressure (neutral density) from the ionization gauge.

We are now considering the optimal shape of the container using the DSMC method, assuming that we use *MG-2F*. In this presentation, we will show the result of our comparison between the DSMC simulation and the measurement in the vacuum chamber, and will also explain the desirable shape of the container for *MG-2F* and an idea of measurement on sounding rocket.

地球の高度約70km以上の大気では、さまざまな電離過程によって中性大気の一部が電離して電離大気となる。電離大気は電磁気的な力を受けるために中性大気とは異なる方向に運動し、中性大気と電離大気の衝突によって運動量が輸送される。この運動量輸送が超高層大気領域固有の電子密度擾乱や電離圏ダイナモといった現象にかかわっていると考えられており、これらの現象を理解するためには中性大気の密度および中性粒子の運動である中性風の情報を精確に把握することが必要である。

本研究では観測ロケットに搭載することを前提に、熱圏下部での中性大気密度の測定および中性風に関する情報の検出を可能にする測定器の開発を目的とする検討を行う。具体的には高度約150kmに相当する、大気圧 10^{-4} Pa までの測定を可能にする電離真空計の開発を目的とし、現在は測定球の候補としてキャノンアネルバ社製の真空ゲージ *MG-2F* を考えている。

観測ロケット上での測定においては真空ゲージをどのような容器に収納するかが大変重要である。これまでに海外で行われた観測ロケット上での真空計による大気密度測定では球形や円筒形状の容器に真空ゲージが収められていたが、最適な形状についての共通的な理解は得られていない。本研究では収納容器の形状検討のため、希薄気体のシミュレーションが可能な DSMC (Direct Simulation Monte Carlo) 法を用いる。熱圏下部のように低圧力の領域や流れの空間スケールが小さい領域では、気体を連続体として扱うことができなくなり、Navier-Stokes 方程式が有効ではなくなる。DSMC 法は1つで多数の気体粒子を表すサンプル粒子の運動と衝突の計算を通して希薄気体のシミュレーションを行う手法である。

まず、DSMC 法によって真空計周辺の流れのシミュレーションが可能か、また計算アルゴリズムの精度を確かめるた

め、室内での真空チャンバーを用いた実験とシミュレーションを比較することで DSMC 法の妥当性を検証した。室内実験では真空チャンバーに低圧力かつ気体の流れがある状況を作り出し、気体の流れによって生じる圧力分布を真空計で測定した。この実験を DSMC 法を用いてシミュレーション空間上で再現し、実験値とシミュレーション値を比較したところ、両者に概ね一致が見られたことから、我々が用いている DSMC 法の妥当性を検証することができた。

真空ゲージを収納する容器には開放型と閉鎖型が考えられる。前者では容器に入ってきた大気粒子が真空ゲージ付近を通過した後に外部に流れ出すのに対し、後者では容器内にいったん留まる。これらは測定対象である大気密度や測定環境により使い分ける必要がある。閉鎖型の容器の場合には流入する大気密度によっては背景の大気密度と一致しない真空度が計測される可能性があって、精確な測定のためには両者の関係を定量的に理解しておくことが必要になる。このため、背景の大気密度および真空計を収納した容器への大気流入量と真空ゲージによって得られる真空度（大気密度）との関係が明確に示せるような形状の真空計を設計することが重要である。

我々は真空ゲージ MG-2F を用いることを前提に、上記の条件を満たす容器の最適形状について DSMC 法を用いて検討を行っている。本発表では DSMC 法の妥当性の検証結果、現在検討している MG-2F を収納する容器の形状、および観測ロケットに搭載した場合の真空度の測定方法について述べる。