

R005-09

B会場：11/4 PM2 (15:45-18:15)

16:15~16:30

観測ロケット搭載超高層大気観測用真空計の容器設計に関する研究

#飛田 奈々美¹⁾, 阿部 琢美²⁾, 三宅 互³⁾

(¹⁾東海大・工, (²⁾JAXA宇宙科学研究所, (³⁾東海大・工

Design of container for ionization gauge on a sounding rocket to observe the upper atmosphere

#Nanami Tobita¹⁾, Takumi Abe²⁾, Wataru Miyake³⁾

(¹⁾Tokai Univ., (²⁾ISAS/JAXA, (³⁾Tokai Univ.

In a thermospheric atmosphere, the ionized atmosphere can move in a different direction from the neutral atmosphere by electromagnetic forces. When collisions between the ionized and neutral particles are dominant, momentum is transported, further complicating the particle motion in this system. Although there are many unique phenomena in the upper atmosphere, these remain unsolved due to this complexity.

There are various methods for observing the thermospheric atmosphere, but it is possible to estimate the atmospheric density if the pressure is measured and the temperature is known. We adopted the ionization gauge because of its small size, simple structure, and reliability as a way of measuring atmospheric pressure in the thermosphere on a sounding rocket, to estimate the density of the neutral atmosphere in the lower thermosphere. Since information on the neutral atmospheric wind is also important for studying the mechanism of phenomena, we would like to challenge the possibility of obtaining information not only on the atmospheric density but also on the atmospheric wind speed. To enable estimation of atmospheric wind velocity from the gauge measurements, we discuss a design of a gauge container so that we can find the direction of atmospheric wind observed on a rocket: a structure of a container that allows the internal pressure to vary depending on the direction of the incident direction.

For the direction of the expected atmospheric flow on a rocket, we referred to the attitude and orbit data of the S-520-26, which was launched from USC in 2012. The angle between the axis of the rocket and the velocity vector was calculated using the data: latitude, longitude, altitude, elevation angle, and azimuth angle of the rocket position at 179-461 seconds after the launch. The calculated angle showed a sinusoidal change due to the rocket's corning motion, with a gradually increasing central value. Since the thermal velocity of atmospheric particles is generally less than that of the rocket, the direction of the atmospheric flow on the rocket is the opposite direction of the rocket's velocity vector. Therefore, this calculated angle is the angle of the incoming wind with respect to the rocket axis during the flight.

Our calculation shows that the inflow direction is 30-45 degrees to the gas inlet at altitudes below 200 km during the ascending. Therefore, the gauge should be designed so that the pressure value varies with the angle in the range.

We designed and prepared three different containers in which the pressure value of the ionization gauge changes according to the influent angle of the gas and conducted experiments using the Space Science Chamber at ISAS to reproduce the lower thermospheric atmospheric environment. A small chamber was set up inside the space science chamber, and gas was introduced from outside of the Chamber and flowed out through a nozzle to create an artificial gas flow. A gauge was placed in front of the nozzle, and the pressure was measured with an internal sensor. The rotary table to which a container was fixed was rotated in a 5-degree step from -70 to 70 degrees, and the pressure was measured.

We compared a gradient of the measured pressure with angle. The container structure with the largest gradient was determined to be the most suitable container design for the purpose.

When an ionization gauge is directly mounted, it is difficult to accurately measure the background pressure of atmospheric particles because the translational kinetic energy of the particles generated by the supersonic movement is added to the thermal kinetic energy. A spherical container, called the Paterson probe, is used to make measurements without being affected by the energy generated by the rocket's motion. Two types of containers, in which ion gauge was put, were installed on the S-520-32: this spherical gauge container and the gauge container designed in this study. By comparing the two, the background pressure and the pressure dependent on the dynamic pressure on the rocket will be measured. In this report, we present the results of the measurements.

熱圏大気中では、電離大気は電磁気的な力を受けて、中性大気とは異なる方向に運動することができる。電離大気と中性大気の衝突が優勢な場合は運動量が輸送され、この系の粒子の運動はさらに複雑になる。超高層大気領域特有の現象は多数あるが、これに起因して未解明の現象が多い。

熱圏大気の観測には様々な方法があるが、圧力を測定し、温度が分かれば大気密度を推定することが可能になる。我々は観測ロケット上で熱圏大気の圧力を測る手段として、小型で構造が比較的単純、かつ信頼性のある電離真空計を採用し、熱圏下部の中性大気密度の推定を行うこととした。中性大気に関する情報は現象のメカニズムを研究する上で重要であるため、大気密度に加えて大気風速に関する情報を得る可能性についても挑戦したい。真空計による圧力測定から大気風速の推定を可能にするために、ロケット上で観測される大気風の方向検知が可能な容器、すなわち風の到来方向によって内部の圧力が変動するような構造の真空計収納容器の設計に関して検討を行った。

本研究ではまず、過去に打ち上げられた観測ロケットのデータから、真空計を搭載したときに予想される大気流の方向の計算を行った。その結果を受け、その範囲で風の流入方向が変化した際に、それに応じて測定圧力が有意に変化するような真空計の収納容器の検討を行った。

ロケットの飛翔中に入ってくる大気流の方向については、2012年に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた、観測ロケット S-520-26号機の姿勢データおよび軌道情報を用いて計算を行った。打ち上げから179～461秒後におけるロケット位置の緯度・経度・高度、および仰角・方位角のデータを使用し、ロケットの機軸と速度ベクトルのなす角度を求めた。算出した角度は、ロケットのコーニング運動により正弦波的な変化を示しながら中心値は徐々に大きくなっていく変化を示した。一般には、大気粒子の熱速度はロケットの速度よりも小さいことから、ロケット上で観測される大気流の方向はロケットの速度ベクトルの逆方向となる。したがって、この角度はロケットの飛翔中に入ってくる風の機軸に対する入射角を指すことになる。

ここで、観測ロケットの測定は、下降時より上昇時の測定の方がより重要である。使用したデータでは179秒以前の姿勢が計算されていないが、高度の時間変化のデータから、上昇時における高度200 km以下では真空計のガス流入口が機軸方向を向いている場合は30～45度の方向から流入すると推測できる。したがって、30～45度の範囲で、角度に応じて圧力値が変化するような真空計の設計を行えばよいと考えられる。

ガスの入射角に応じて真空計の圧力値が変化する容器3種類を設計・製作し、宇宙科学研究所にある大型のスペースサイエンスチェンバーを使用して熱圏下部大気環境を再現し、実験を行った。スペースサイエンスチェンバー内部に小チャンバーを設置し、スペースサイエンスチェンバー外部からガスを導入してノズルから噴出させ、人工的に高真空中での大気の流れを作り出す。ノズル正面に真空計容器を設置し、内部のセンサで圧力を測定した。収納容器を固定した回転台を-70～70度の範囲で5度ずつ回転させ、その際の圧力を測定した。風の入射角の範囲として30度から45度に注目し圧力の変化率を計算し比較を行った。この変化率が最も大きくなった収納容器構造を目的に適した容器設計として結論づけた。

一般にロケットのような超音速の飛翔体上で大気圧力を測定する場合、大気粒子は観測ロケットの速度によって生じた粒子の並進運動エネルギーが熱運動エネルギーに加わってしまい、正確な圧力を測定することが困難である。このロケットの運動によって生じるエネルギーが影響を与えないように測定することが可能なものとして、球型のパターソンプローブがある。我々は上に述べた容器およびパターソンプローブの2種類の容器内部に圧力センサを収納して観測ロケット S-520-32号機に搭載した。両者を比較することで、背景圧力と機上での動圧に依存する圧力を測定する予定である。講演では測定結果を報告する。