

# 観測ロケット実験

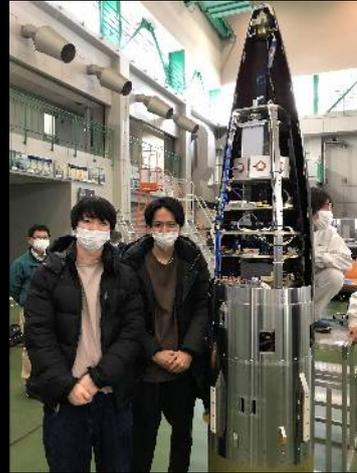
# S-520-32号機IOGミッション

神戸大学大学院工学研究科 機械工学専攻  
准教授 田川雅人、助手 横田久美子  
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所  
准教授 阿部琢美

超低地球軌道(VLEO)領域の中性大気密度は地上からの観測が困難で、衛星や観測ロケットによるその場観測が必要となる。海外では過去にROSEやTOMEX、DYANAミッション等において観測ロケットを用いた大気密度計測が行われてきたが、日本では未だに行われていない。本グループではVLEOにおける大気数密度の測定を目的としたミッション機器を開発し、観測ロケットS-520-32号機に搭載し2022年8月11日に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げ、日本初の観測を行った。開発したミッション機器はIOGと呼ばれ、大気圧から超高真空領域までの計測が可能なクリスタルイオンゲージを気蓄チャンパーに収納

したものである。IOGは2種類の動圧計から構成されており、IOG-SPHは流入に依存しない全圧を、IOG-CYLは機軸方向の動圧を計測できる。これにより高層大気における風を測定できる。

IOGシステムは上図のように観測ロケットS-520-32号機の頭胴部最上段に取り付けられた。IOGによって観測される気蓄チャンパー内の圧力値とロケットの速度・姿勢および大気分子温度を用いて高層大気密度を計測することができる。観測ロケットS-520-32号機は2022年8月11日 23時20分に鹿児島県肝付町の内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた。



Above: Ion gauge (IOG) system is composed of two sensors with cylindrical and spherical chambers. Left: IOG is mounted at the top stage of mission bay of the S-520-32 sounding rocket



Sounding rocket S-520-32 and young scientists working for it

S-520-32号機の高度と速度のプロファイルを右図に示している。青線が高度変化、赤線が速度変化を表している。S-520-32号機は打上げ後30秒で最高速度2397m/s(約マッハ8)に達し、その後、268秒後に最高高度279 kmに到達した。飛行時間は522秒であり太平洋上に着水した。

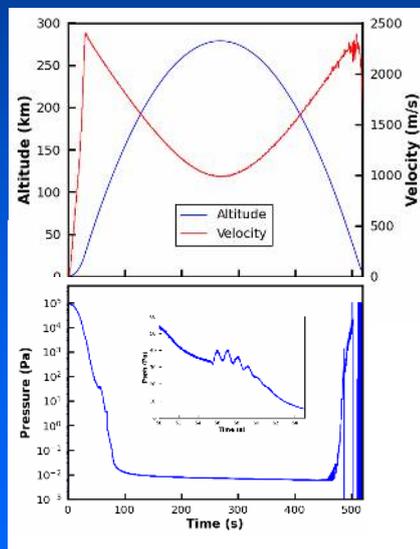
その間に測定した気蓄チャンパー内の圧力変化を飛行プロファイルの下に示している。IOGシステムは飛行中正常に動作し、全区間において圧力の計測に成功した。55秒付近の計測値の乱れにはノーズコーン開頭による動圧の変化であり、70秒付近の非線形な挙動はクリスタルゲージからイオンゲージへの切り替わりに起因するものである。

大気密度の高度依存に関する解析結果を右図に示している。上図が上昇時、下図が下降時の結果である。赤線がNRLMSISE-00大気モデルによる予測値である。上昇時における大気密度は大気モデル予測値と良い一致をしている。一方、下降時には高度130~70 kmの範囲で大気モデル予測値よりも大幅に低い密度が観測されている。これは下降時にはロケット機軸が速度ベクトルと反対方向を向いているため、WAKE効果が顕著に表れたものである。大気密度が増大し分子流から粘性流領域に移行するとともに、ロケット姿勢が変化することにより高度60km以下では大気モデル予測値と一致するようになる。

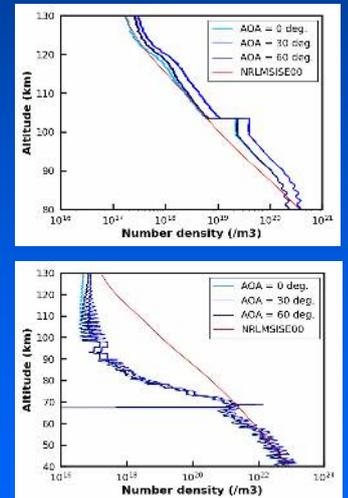
本研究グループでは、これらの経験を生かして、2024年度にはS-310-46号機での2回目の計測にチャレンジする予定である。



Launch of the S-520-32 sounding rocket on August 11, 2022



Flight profile of S-520-32 and measured pressure by IOG-GSPH.



Atmospheric density profiles analyzed in ascending (top) and descending (bottom) phases.