

熱圏下部中性大気密度計測のための 観測ロケット搭載用真空計

神戸大学 工学研究科
森脇 岳斗

○小柳智久¹⁾ 熱田凛太郎¹⁾
横田久美子¹⁾ 田川雅人¹⁾ 阿部琢美²⁾

1)神戸大学 2)JAXA

研究背景

地球高層大気の中性大気密度データ

理学面

地球高層大気物理の発展に寄与

工学面

低高度衛星などの社会インフラの発展に寄与

理学・工学の両面で重要なパラメータ

熱圏下部 ×気球観測、電波観測 → 観測ロケットによる
 ×人工衛星による観測 その場計測が必要
 in-situ measurement

研究目的

熱圏下部での大気密度データ収集を目的とした
観測ロケット搭載用の真空計開発

発表内容

2022年8月

S-520-32号機による中性大気密度計測実験

- 搭載用動圧系
- 打ち上げ結果
- 大気密度評価



2025年7月

S-310-46号機による中性大気密度計測実験

- 搭載用の真空計の開発
- 実験結果

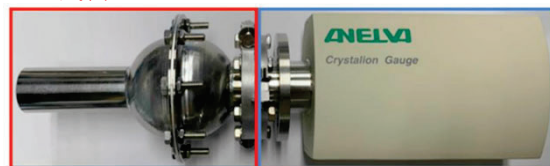


まとめ

S-520-32号機打ち上げ実験

- S-520-32号機搭載用動圧計

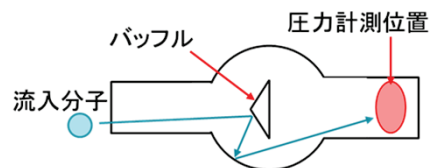
気蓄チャンバー



キャノンアネルバ製クリスタルイオンゲージ

大気圧~4Pa QCM ➡ 4Pa~ 4×10^{-8} Paイオンゲージ

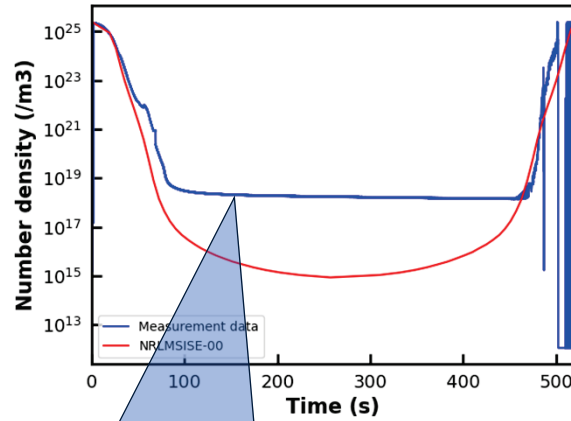
チャンバーの狙い



- ✓ 気蓄チャンバー内部のバッフルによって最低一回は反射させる
→ 粒子を熱速度にさせる

S-520-32号機打ち上げ実験

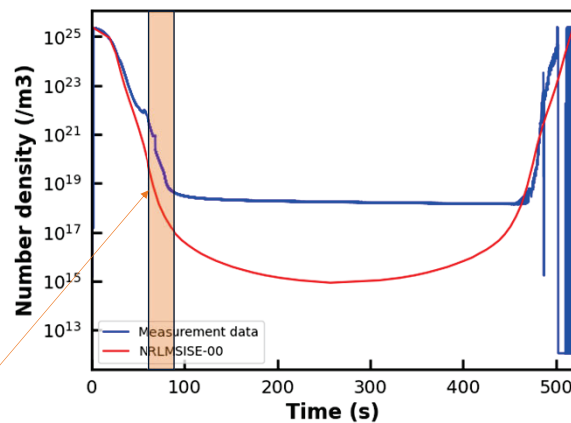
- 打ち上げ結果



問題発生：計測密度が一定の値以下に減少しない
地上実験にてアウトガスの影響であると判明

S-520-32号機打ち上げ実験

- 打ち上げ結果

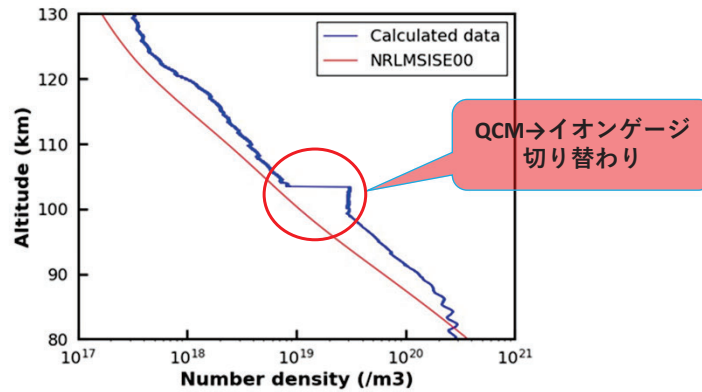


ノーズコーン開頭時から、アウトガスの影響が出るまでの部分を使用

S-520-32号機打ち上げ実験

・ 大気密度評価

有効な高度内で補正後の計測値とNRLMSISE-00大気モデルの比較



S-520-32号機打ち上げ実験によって、有効な大気密度データの取得に成功し

NRLMSISE-00大気モデルが実際の大気密度を過小評価

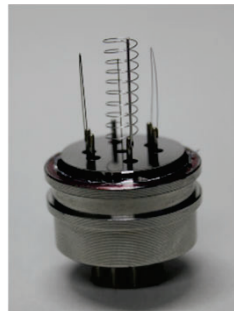
していることが明らかとなった

S-310-46号機打ち上げ実験

・ 搭載用の真空計の開発



(1) 加工前



(2) 部分的に切断



(3) メッシュ取り付け

メッシュの採用

- ✓ 吸着の原因となった壁面を少なくする
- ✓ 排気性能の向上を狙う

問題点

測定子がむき出し
ロケットの姿勢により機体や他の計測装置によって流入粒子が遮蔽される

■ 解決策

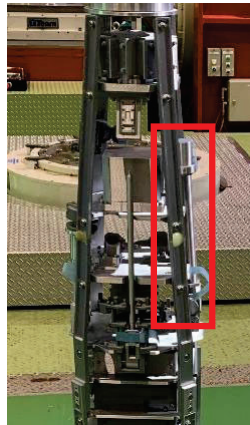
垂直に展開するアーム
ロケット周りの流れの擾乱を避ける

S-310-46号機打ち上げ実験

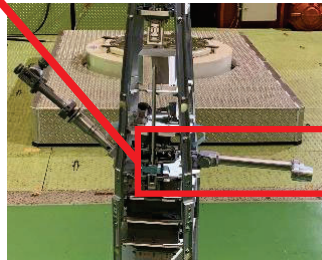
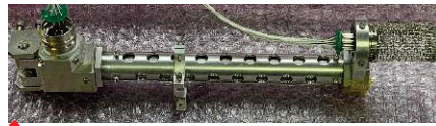
- ・搭載用の真空計の開発
- 展開アームの採用

問題点

ロケットの姿勢により機体
や他の計測装置によって
流入が遮蔽される



打ち上げ時



ノーズコーン開頭後 展開

S-310-46号機打ち上げ実験

- ・搭載用の真空計の開発
- 完成した姿



JAXA 神戸大学

打ち上げ

- ・ 63秒後 ノーズコーン開頭
- ・ 64秒後 アーム展開



JAXA 神戸大学

・ 打ち上げ直前の写真

S-310-46号機打ち上げ実験

実験目的

「中緯度域電離圏における
スプラディックE層
の形成過程の解明」

●スプラディックE層

金属イオンのかたまり
が散発的に形成され
異常な電波伝播を引き
起こす現象
中緯度では日中の昼間
に頻繁に出現する。

本実験の最大の特徴

多種多様な観測機器による
同時その場観測

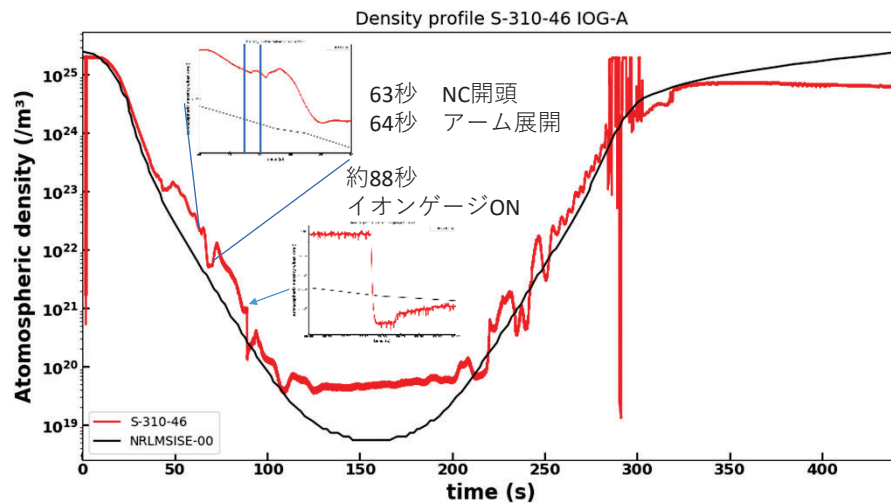
ロケット飛翔結果

打ち上げ日時	2025年7月15日12時00分00秒
最高速度	1615 m/s(打ち上げ25秒後)
着水時刻	打ち上げ442秒後



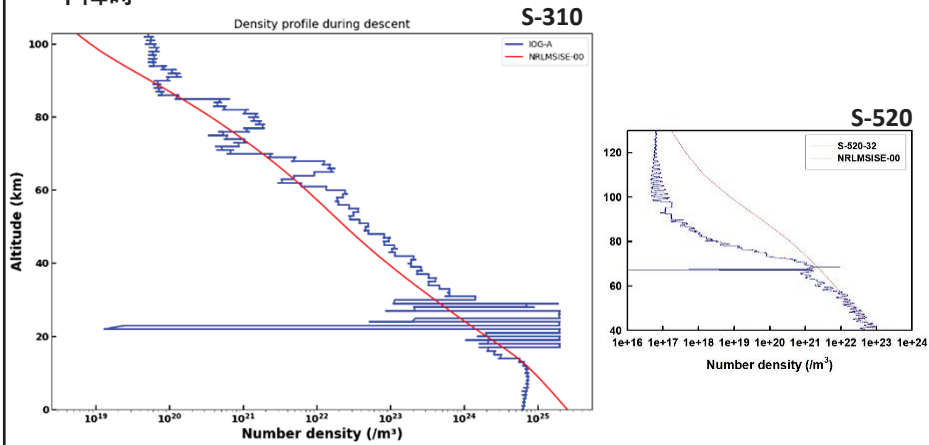
S-310-46号機打ち上げ実験

・計測結果



S-310-46号機打ち上げ実験

・計測結果
下降時



降下時の密度データ取得に成功

まとめ

・ S-520-32号機打ち上げ実験

- ✓ 流入粒子を熱速度にすることを狙った気蓄チャンバー壁面からのアウトガスによって正しい計測が行われなかった。
- ✓ 特定の区間で有効な計測データ得られ、経験的大気モデル NRLMSISE-00が過小評価していることが分かった。

・ S-310-46号機打ち上げ実験

- ✓ アウトガス問題に対応するためセンサー周りをメッシュで覆う動圧系を採用した。
- ✓ アームが機体軸に対して90度方向に展開するシステムを採用した。
- ✓ 2025年7月15日之内浦宇宙空間観測所から打ちあがり、大気密度データの取得に成功した。

今後

- ・ 取得された大気密度の解析
- ✓ ロケットの姿勢データが判明次第、取得データの補正を行う。
- ✓ スポラディックE層出現時における中性大気密度の鉛直構造を詳細に解析し、同層の形成必要な中性大気密度に関する知見を提供する。