

## 観測ロケット搭載用イオンドリフト速度測定器の開発 (1)

# 阿部 琢美 [1]; 渡部 重十 [2]; 齊藤 昭則 [3]

[1] JAXA宇宙科学研究所; [2] 北大・理・宇宙; [3] 京都大・理・地球物理

## Development of ion drift velocity analyzer for sounding rocket (1)

# Takumi Abe[1]; Shigeto Watanabe[2]; Akinori Saito[3]

[1] ISAS/JAXA; [2] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.

<http://ssl.tksc.jaxa.jp/pairg/member/abe/index.html>

Charged particles and neutral particles co-exist in the lower ionosphere. The charged particles tend to move in a direction different from neutral particles, because of a difference in those behaviors against the electromagnetic force. The ionospheric current and ambipolar electric field existing in this region are attributed to a difference in a collision frequency between ion and electron with neutral particles. Characteristic phenomena such as traveling ionospheric disturbance and electron density irregularity are significantly generated due to the diversity of the particles in this region. The momentum transfer between the charged and neutral particles plays an important role in generating these phenomena. Sounding rocket is only the platform which enables us to make in-situ measurement in this region because low-altitude satellite cannot be in orbit for a long time due to the atmospheric drag. Thus, it is desirable to make a direct measurement of charged and neutral particles by using instrument on the sounding rocket to further understand such unresolved phenomena.

Lithium Ejection System (LES) or Trimethyl Aluminum (TMA) instruments have been adapted for sounding rocket experiment to get the local information on neutral wind in the lower ionosphere. In contrast, no instruments to measure a drift of the ionospheric ions is now available in Japan, and it is not practical to estimate the ion drift with good accuracy from the electric field measurement. Therefore, our understanding of interaction between charged and neutral particles has not made much progress because of a lack of instrument for this purpose. Unfortunately, it is very difficult to reproduce a coupling between charged and neutral particles on the ground, and therefore direct measurements by sounding rocket in the lower ionosphere is only the way to provide quantitative information.

Under such a background, we have started developing an ion drift velocity analyzer which enables us to estimate the ion drift velocity and density so that it can be installed on the sounding rocket. It is well known that Ion Drift Meter (IDM) or Retarding Potential Analyzer (RPA) had been installed on low-altitude satellite, such as Dynamic Explorer-2 and Atmospheric Explorer series. Our instrument will be required to have both of these functions. It will also be possible to make simultaneous measurement of the ion drift and neutral wind in the sounding rocket experiment when our development succeeds in the future. Then, we will be able to conduct quantitative discussion on the coupling between charged and neutral particles.

As an actual schedule, a numerical simulation to design an internal structure of the instrument was already started. The prototype model will be made after we obtain a confident prospect that the instrument provides the ion density and velocity in a good accuracy. Then, we will evaluate a performance of this prototype instrument. The latest status of our instrument development will be explained in the presentation.

電離圏には電離大気と中性大気が共存している。電離大気は電氣的磁氣的な力を受けるために中性大気とは異なる独立した運動を行うが、これらの粒子間には衝突が起こりうるので大気粒子は運動量を交換しながら複雑な運動を行う。電離大気は磁力線方向に運動しやすい性質から粒子の運動が非等方的になり、また電子とイオンでは中性粒子との衝突周波数が異なるために電離圏電流や分極電場を生じる等、中性大気のみの場合とは異なる特徴的な性質をもつことが知られている。電離大気-中性大気間の運動量輸送は電離圏下部（高度約 80~300 km）において顕著であるが、人工衛星は大気ドラッグの影響のために、この領域を長時間飛行することは出来ない。ロケットの弾道飛行中に測定を行なう観測ロケットは衛星が飛行できない高度領域でのその場観測を可能にする唯一の手段である。下部電離圏には中規模移動性電離圏擾乱 (MS-TID) や電子密度イレギュラリティ、赤道スプレッド F 等、中性大気とプラズマの相互作用に起因して複雑な現象が多く存在するが、残された未解明の問題を解決するためには、観測ロケットに搭載可能な測定器を用いて電離大気と中性大気の精度良い観測を行なうことが必要である。

この領域に存在する大気粒子の運動の観測手段として、中性大気に関しては日本のリチウム放出器や米国研究者の提供による TMA (トリメチルアルミニウム) 放出器が日本の観測ロケットに搭載され中性風に関する良好なデータを取得してきた。これに対し電離圏プラズマ中で観測が可能なイオンドリフトの測定器は現在日本に存在せず、電場計測によりイオンドリフトを推定する方法では精度良い測定値を得ることが容易ではないため、研究を進める妨げとなってきた。電離圏のような弱電離気体中の中性大気とプラズマの相互作用、特に運動量輸送については地上の実験では測定することが出来ず、宇宙空間で観測する以外に方法は無い。

このような背景のもと、我々は電離圏下部においてイオンドリフト速度および密度の推定を可能にする観測ロケット搭載用小型測定器の開発を 2018 年度に開始した。これまで海外では、測定器開口面接線方向の速度の推定が可能な Ion Drift Meter (IDM) や開口面に直交する速度成分の推定が可能な Retarding Potential Analyzer (RPA) が人工衛星に搭載されてきたが、本開発では小型でありながらこれら 2 つの機能を兼ね備え、イオン種毎の密度と、イオンドリフト速度をべ

クトルとして測定できる発展型測定器の実現を目指す。ここで開発する測定器は小型であるため、観測ロケットや小型衛星に中性大気観測の計測器とともに搭載することが可能であり、両者の相互作用の直接同時観測を実現し、下部電離圏領域の現象についての定量的議論に必要な数値データを提供することが期待できる。

電離圏中には複数種のイオンが存在するのに対し、本研究で開発する測定器は質量弁別機能をもたないが、イオンの熱速度よりも高速で移動するプラットホームの系においては質量比例のエネルギーで粒子が測定器に入ってくるように見えるため、およその区別が可能になる。第1段階では測定器により取得されたデータに加え電離圏 IRI モデルが提供するイオン組成比を参照することで、イオン種を同定し、電流値から各イオンの密度を推定することの妥当性を検討する。

開発計画としては、まず測定器の机上設計および数値シミュレーションにより研究をスタートさせ、見通しが得られた段階で第1次の測定器構造を設計し、その後測定器の試作に着手する予定である。試作完了後にスペースチェンバー内に設置してイオンの測定を行うことで基本性能を確認した後に、必要な改良点を洗い出す。これらの検討結果を試作品に反映させて、試作モデルの完成を目指す。測定器の構成としては、前段に RPA、後段に 16 枚の扇形平板からなる電流収集用コレクタ電極を配置するものを第1次案として考えている。シミュレーション空間で測定器内部の電位分布を表現し、ある速度と温度の分布関数で表されるイオンが外部から測定器に対し入射した場合の各々のコレクタ電極の電流値を計算する。入射角度、速度、温度等のパラメータを様々な値に変化させた場合の各電流値を計算し、各パラメータを推定する方法の妥当性を検討する。本講演においては最新の検討状況を報告する。