

S-520-27号ロケットより放出されたTMAの観測画像を用いた熱圏下部中性風プロファイルの解析と評価

大塚 祐樹 [1]; 山本 真行 [2]
[1] 高知工科大・工・基盤工学; [2] 高知工科大

Analysis and evaluation of the neutral wind profile in the lower thermosphere using images of TMA released from S-520-27 rocket

Yuki Otsuka[1]; Masa-yuki Yamamoto[2]
[1] Engineering, KUT; [2] Kochi Univ. of Tech.

1. Research background and purpose

The altitude profiles such as the plasma density or the neutral atmospheric density in the lower thermosphere varies with the solar activity, the season, and/or local time. Such fluctuation causes various problems that affect on telecommunication or orbits of the satellites. However, we do not understand the mechanism for causing these problems. Our laboratory has participated experiments of observing neutral wind profiles in the lower thermosphere with JAXA and NASA in this decade.

In this study, our purpose is analyzing the neutral wind profile in the lower thermosphere by using sequential images of Trimethylaluminium (TMA) observed in the rocket experiment in July 2013. Also, we tried to calculate the wind profile by applying several methods and evaluate by comparing with each results.

2. Outline of rocket experiment

In July 20, 2013, JAXA conducted a sounding rocket campaign. The purpose of this experiment is investigating the electromagnetic interaction and the total picture of ionization, the neutral atmosphere interaction which act in the middle latitude ionosphere. Two rockets, S-310-42 and S-520-27, were launched at Uchinoura Space Center (USC). S-310-42 released TMA and S-520-27 released Lithium (Li). And luminous clouds of TMA and Li were observed at multipoint on ground and an airplane.

3. Method of wind profile calculation

We calculate wind profile with images of TMA observed in the rocket experiments. We analyze the images taken at the airplane (Fig. 1) and USC (Fig. 2) because TMA were clearly identified in these images and a sequence of long time optical observation was conducted at these observation points.

Process of wind profile calculation is as follows

- 1) Calculating the center axis of TMA illumination by polynomial approximation or skeleton extraction.
- 2) Calculating the relative azimuth/elevation changes between two images of the center axis of TMA.
- 3) Calculating the migration length of TMA from the relative azimuth/elevation changes and the trajectory information of the sounding rocket.
- 4) Calculating wind profile from the migration length of TMA and the passage of time between two images.

4. Results and consideration

The calculated result of the wind profile with observation images at USC is shown in the figure 3. The opened circles show the result by polynomial approximation and the closed circles show the results by skeleton extraction. The results are the averaged wind velocity between 23:05:24 (JST) and 23:06:20 (JST) in July 20th, 2013. We can find the strong windshear at an altitude range from 85 km to 100 km.

In the altitude range less than 90 km, there is a difference between the results by polynomial approximation and those by skeleton extraction. It is thought that the cause of the problem is in the applying program, and currently we are trying to make a revision of it.

5. Summary and future plan

In the analyses, we calculated wind profiles by using observation images taken at USC. In near future, we are going to correct the errors of lens distortion and tilt of the camera setting. Also, we are going to analyze not only the images taken at USC but also those at airplane. And we are going to calculate two dimensional wind profile by applying triangulation technique.

Reference

[1]Kihara Daiki, "Airborne observation of resonance scattering Lithium vapor released from sounding rocket in upper atmosphere and development of determination method of thermospheric neutral wind in daytime", Master thesis, Kochi University of Technology, 2015.

[2]Yokoyama, Yuki, "Multipoint observation of resonance scattering Lithium vapor released from S-520-23 rocket and high precision analysis of thermospheric neutral wind", Master thesis, Kochi University of Technology, 2009.

1. 研究背景・目的

電離圏における電離大気密度や中性大気密度等の高度プロファイルは、太陽活動・季節・昼夜の変化に伴い、変動する。こうした変動は地上での通信や人工衛星の軌道等に影響を与える様々な影響を引き起こすが、詳しい発生メカニズムは分かっていない。本研究室では、電離圏における中性大気風に関して、JAXA や NASA との共同実験・研究を実施してきた。

本研究では JAXA が 2013 年 7 月に実施した、夜間中緯度域におけるロケット実験時に観測されたトリメチルアルミニウム (TMA) の画像を用いて、電離圏における中性風の風速を算出することを目的とする。また複数の手法による風速算出を実施し、それぞれの結果を比較することで、算出した風速の評価も行っていく。

2. ロケット実験概要

中緯度電離圏に作用する電磁氣的相互作用と電離・中性大気相互作用の全貌を明らかにすることを目的として、JAXA が 2013 年 7 月ロケット実験を実施した。内之浦宇宙空間観測所 (USC) から S-310-42 号機と S-520-27 号機の計 2 機の観測ロケットが打ち上げられた。前者では TMA、後者からは Li (リチウム) が超高層大気中へと放出され、各観測地点及び航空機からの光学観測が実施された。

3. 風速算出方法

風速の算出には、2013 年 7 月のロケット実験で観測された TMA 発光雲の画像を用いる。各観測地点で観測された画像から、TMA が明瞭に写り、かつ長時間光学観測が実施された組み合わせとして、航空機からの画像 (図 1) と USC での画像 (図 2) を解析していく。

風速算出手順

1. TMA の観測画像から多項式近似、または骨格抽出を用い、TMA の中心軸を算出する。
2. TMA 中心軸の相対方位角・相対仰角を算出する。
3. 2 で得られた相対方位角・相対仰角とロケットの軌道情報から TMA の移動距離を算出する。
4. 移動距離と経過時間から風速を算出する。

4. 結果・考察

USC での観測画像のみを用いての風速算出結果を図 3 に示す。風速は 2013 年 7 月 20 日 23:05:24(JST)~23:06:20(JST) の平均風速である。緑で示したものが多項式近似による中心軸算出を用いた風速算出結果、赤で示したものが骨格抽出による中心軸算出を用いた風速算出結果である。特に高度 85km~100km 付近において非常に強いウィンドシアがあることが分かる。

高度 90km 以下においてデータ数の差が出ている。これは骨格抽出のプログラムが原因と考えられるため、修正する必要がある。

5. まとめ・今後の予定

今回は USC での観測画像のみを用いての風速算出を行った。今後はレンズの歪み・カメラの傾き等による誤差の評価を行っていく予定である。また 1 地点での観測画像のみでなく、航空機からの観測画像も併用し、三角測量による解析も実施し、2 次元方向の風速算出結果も発表する予定である。

参考文献

[1] 木原大城, “観測ロケットより超高層大気中に放出したリチウム共鳴散乱光の航空機観測と昼間熱圏中性風測定手法の開発” 平成 26 年度高知工科大学大学院 特別研究報告, 2015.

[2] 横山雄生, “S-520-23 号ロケット放出 Li による共鳴散乱光の多地点観測と熱圏中性風の高精度解析” 平成 20 年度高知工科大学大学院 特別研究報告, 2009.



Fig. 1 Observed TMA image at airplane



Fig. 2 Observed TMA image at USC

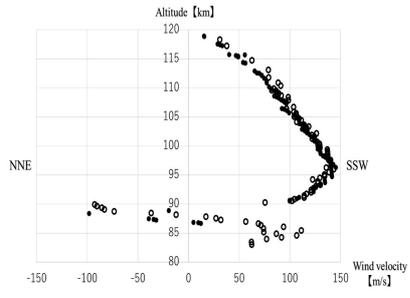


Fig. 3 The results of calculation wind profiles by two methods

Fig. 3 The results of calculation wind profiles by two methods