

観測ロケットより超高層大気中に放出した TMA の観測画像を用いた 電離圏中性風プロファイルの解析と評価

Analysis and evaluation of thermospheric neutral wind profile using observed images of Trimethylaluminum released from sounding rocket in the upper atmosphere

1225063 大塚 祐樹 (宇宙地球探査システム研究室)
(指導教員 山本 真行 教授)

1. 研究背景・目的

太陽活動・季節・昼夜の変化に伴い、超高層大気中の電離大気や中性大気は変動する。それにより電離圏ではスプラディックE層など発生や大気密度の急変などが見られ、地上での通信や人工衛星の軌道等に影響を与える。それらの詳細な発生メカニズム解明の糸口を探るため JAXA や NASA はロケット実験を実施し、当研究室も特に熱圏中性大気風について共同実験・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複数のカメラで観測された人工発光雲 TMA(トリメチルアルミニウム)の連続画像を用い中性大気風プロファイルの算出することを目的とする。複数手法による結果を比較し評価を行うと共に従来手動で行われてきた解析処理フローの可能な限りの自動化を目指す。

2. ロケット実験概要

2013 年 7 月のロケット実験目的は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解明であった。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約 1 時間おきに打ち上げられ、前者からは TMA、後者からは Li(リチウム)が放出された。これらの物質は上空で発光するため発光雲の様子を地上及び航空機から光学観測できる。

3. 風速算出方法

風速の算出には、上述した TMA 発光雲の画像を用いた。画像から TMA の移動量を算出し、風速を求める。各地点の観測画像から、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)を解析する。USC での観測画像のみを用いた一次元方向風速算出と、USC と航空機両方の観測画像を用いた三次元風速算出を行う。



図 1 航空機からの観測画像

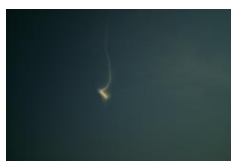


図 2 USC での観測画像

風速算出手順は以下のとおりである

- ① TMA 観測画像の輝度分布に対し多項式近似、または新たに導入する骨格抽出法を用い TMA の中心軸を算出
- ② TMA 中心軸の相対方位角・相対仰角を算出
- ③ ②で得られた相対方位角・相対仰角とロケット軌道情報もしくは三角測量によって TMA の位置と移動距離を算出
- ④ 移動距離と経過時間から風速を算出

4. 風速算出結果

図 3 に 2013 年 7 月 20 日 23:06:20 (JST)~23:10:00 (JST)における三次元平均風速ベクトル、図 4 に一次元方向風速算出結果と三次元風速算出結果の比較を示す。図 3 は USC 基準の座標系であり、X 軸正方向が西、Y 軸正方向が南、図 4 は横軸正方向が南南西を示している。放出初期にロケット速度方向への慣性力による成分が見られるが、約 2 分経過後には安定する様子が解明された。

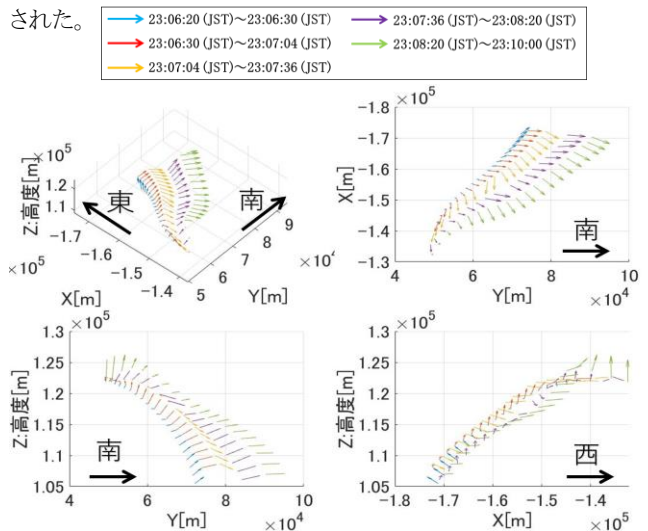


図 3 2013 年 7 月 20 日 23:06:20 (JST)~23:10:00 (JST)における三次元平均風速ベクトル

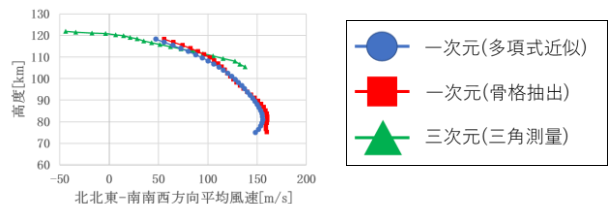


図 4 2013 年 7 月 20 日 23:06:20 (JST)~23:10:00 (JST)における三次元平均風速ベクトル

5. 考察・結論

風速算出結果にて一部鉛直成分が大きくなっている箇所は、希薄な TMA の読み取り及び対応位置の選択誤差が積もったと考えられる。

TMA の観測画像から複数の手法による風速算出を行い、その結果を比較した。中心軸算出には骨格抽出法を新しく導入した。図 4 では得られた風速の高度帯に違いはあるものの、高度が下がるにつれ南南西向きの風速成分が強くなるという傾向は共通して見られた。画像処理や TMA 中心軸算出などの解析の自動化には成功した。

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.