

航空機より観測した昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光からの風速算出法の開発

木原 大城 [1]; 山本 真行 [1]; 柿並 義宏 [2]; Larsen Miguel[3]; Hurd Lucas[4]; 渡部 重十 [5]; 羽生 宏人 [6]
[1] 高知工科大; [2] 高知工科; [3] Clemson Univ.
; [4] Clemson Univ.; [5] 北大・理・宇宙; [6] J A X A 宇宙科学研究所

Development of wind speed determination method with airborne observed images of Li vapor in daytime lower thermosphere

Daiki Kihara[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Yoshihiro Kakinami[2]; Miguel Larsen[3]; Lucas Hurd[4]; Shigeto Watanabe[5]; Hiroto Habu[6]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] Clemson Univ.; [4] Clemson Univ.; [5] CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [6] ISAS/JAXA

1. Introduction

For the purpose of measurement of neutral atmospheric wind in lower thermosphere, we observed resonance scattering light of sunlit Lithium (Li) vapor released from a sounding rocket in the evening thermosphere in 2007. At that time, we successfully measured thermospheric neutral wind profile between 110 km and 400 km. In 2012, we observed resonance scattering light of sunlit Li at dawn, and estimated lower thermospheric neutral wind between 76 km and 127 km. However, an observation of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere at Wallops Flight Facility (WFF) of NASA, U.S.A., was failed in 2011. After calibrating with an integrating sphere of JAXA to estimate S/N ratio of emission intensity of Li clouds to the background skies in daytime using observational data obtained in 2012, we finally concluded the detection possibility of sunlit Li clouds under daytime sky condition by applying high altitude airborne observation.

2. Observation of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere

The Daytime Dynamo rocket experiment to observe neutral wind profile in daytime lower thermosphere with chemical release of Li release was carried out on July 4, 2013, at WFF, NASA. The rocket released Li vapor three times between at about 90 km and 130 km altitude during the upleg, at about 40 km horizontally away from a ground-based observation site in WFF. The observation was operated with multiple digital cameras with 2 nm band pass filters at 671 nm wavelength.

The rocket successfully began to release Li vapor at 65 s after the launch (at about 90 km altitude). A Li cloud was observed for about 25 minutes from the aircraft. The released Li vapor formed red clouds along the rocket trajectory just after the release. Afterwards, the Li trails were spread into complex shapes by strong wind shear in the altitude. We successfully observed Li clouds by the airborne observation, however, the observation from ground site could not observe Li clouds due to the unfortunate affection of tropospheric clouds. Thereby, we can estimate the real S/N ratio of the Li emission against the background light under the bright daytime skies condition from the both data of a test flight in evening (on Jan. 29, 2013) and this experiment.

3. Development of wind speed determination method

The wind speed profiles obtained from Li vapor observed in 2007 and 2012 were calculated with using the background stars on the images, but wind speed with Li vapor under daytime condition is hard to be determined because of no background stars and it also needs to be removed rolling, yawing and pitching of the aircraft.

Six images which were taken every 25 s from 209 s after Li release were used in the analysis. Maxima of R-value of the RGB images were read as the centers of the Li vapor trail at each altitude. Then, the wind speeds were calculated using the slight position change of the maxima. The wind speeds were estimated to be about 70 m/s NNE (north-north east) at between 85 and 91 km, however, large error range with 150 m/s was still remained. The result was obtained with removing the rolling and yawing effects but not yet removed the pitching one. Therefore, it is concluded that the pitching of the aircraft should also be removed from the results.

4. Summary

We successfully observed Li trails released from a sounding rocket with an aircraft at an altitude level of 9.6 km on July 4, 2013. We succeeded the detection of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere for about 25 minutes. The calculated wind speed under daytime condition was 70 m/s with the large error range with 150 m/s before removing the pitching effect of the aircraft.

In this paper, we will discuss that the observed emission intensity of resonance scattering light of Li vapor in daytime lower thermosphere, wind speed determination method removed rolling, yawing and pitching of the aircraft.

1. はじめに

下部熱圏中性大気風の測定を目的として、2007年の夕方に熱圏大気中に観測ロケットより放出したリチウム (Li) の太陽光による共鳴散乱光の観測に成功し、高度 110 km ~ 400 km における熱圏中性大気風の測定に成功した (横山、2009)。2012年には明け方に Li 共鳴散乱光の観測に成功し、高度 76 km ~ 127 km における熱圏中性大気風の測定に成功した (谷、

2012)。しかし、2011年に米国 NASA の Wallops 実験場で実施した昼間下部熱圏 Li 共鳴散乱光の観測は、Li 放出の失敗により観測できなかった(村上、2012)。これまでの実験により取得されたデータから昼間条件化における背景光、Li 雲の S/N 推定を JAXA の積分球を用いて行うことで、航空機観測により昼間条件化における Li 共鳴散乱光観測の可能性を確認した。

2. 昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光の観測

昼間条件下で Li 共鳴散乱光から下部熱圏中性大気風の高度プロファイルを観測するロケット実験を Wallops 実験場で実施した。2013年7月4日 10:31:40 EDT(14:31:40 UTC)に実験場から Li 放出用ロケットを南東方向に打ち上げ、上昇時に地上観測点から南東約 40 km 地点、高度約 82 km から約 124 km にわたって Li を 3 度放出した。

放出した Li は、航空機と実験場敷地内に設置した地上観測点の 2 地点から観測を実施した。観測には、S/N 向上のために帯域 2 nm のバンドパスフィルタ(中心波長 671 nm)を装着した一眼レフカメラ(Canon EOS Kiss X4、Nikon D90)を航空機に 3 台、地上観測点に 2 台設置した。航空機は、地上観測点から南東に約 300 km、高度約 9.6 km の地点から北北東に飛行しつつ太陽を背にする条件で Li 雲を観測し、実験場敷地内の観測点からは南東方向に仰角 69 度で観測を実施した。

打上げ 65 秒後(高度約 82 km)に Li 放出装置を搭載したロケットから Li の放出が行われ、航空機から 25 分間の観測の観測に成功した。放出直後の Li は、ロケットの軌道に沿って Li 雲が形成され、その後は強い熱圏風の高度シアーにより Li 雲が複雑な形状に広がっていく様子の観測に成功した。地上からの観測は、ロケットの打上げ前よりカメラ視野内が雲に覆われ観測することはできなかった。そのため地上から観測した場合、背景光に対し昼間にどの程度 S/N で観測できるかは推定できなかった。

3. 風速算出法の開発

2007年、2012年の実験で観測された Li 雲からの風速算出には、Li 雲と同時に撮影された星の位置情報を用いることで風速の算出を行ってきた。しかし本実験で観測された Li 雲からの風速算出には星の位置情報を用いることができない。また航空機により観測した Li 雲画像を用いることから航空機による揺れの影響を取り除く必要があることから新たな風速算出手法を開発する必要性がある。

Li 放出後 209 s 後から 25 s 間隔で撮影した 6 枚の Li 雲画像を用いて風速の算出を行った。画像の R 値の最大値を Li 雲の中心位置として読み取り、中心位置の変化から風速を算出した。北北東向きに 70 m/s の風速を高度 85 ~ 91 km 間で計測したが、誤差範囲が 150 m/s と大きくでる結果となった。原因として航空機の揺れの影響が考えられ、この結果は画像の仰角方向と方位角方向の揺れは考慮しているが、奥行方向の揺れは考慮していない。そのため、航空機の奥行方向の揺れを考慮し風速を算出する必要性があると考えられる。

4. まとめ

2013年7月に米国打上げた観測ロケットから放出されたリチウムを航空機から 25 分間の観測に成功し、昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光が観測可能であることを確認した。観測した Li 雲から風速を算出したが、航空機の揺れの影響を考慮できていないことから 150 m/s と大きな誤差を生む結果となった。

本発表では、本実験により観測した昼間下部熱圏リチウム共鳴散乱光の観測結果と航空機の揺れを考慮した風速算出手法とその問題点について発表する。

参考文献

- ・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.
- ・谷 直道, WIND-2 ロケット実験による熱圏中性風の観測と初期解析, 平成 23 年度 高知工科大学 卒業研究報告, 2012.
- ・村上 睦彦, 日米香堂ロケットによる昼間熱圏下部リチウム共鳴散乱光の観測と絶対発光強度解析, 平成 23 年度 高知工科大学 特別研究報告, 2012.