

S-520-23 ロケット実験によるリチウム共鳴散乱光観測実験

横山 雄生 [1]; 山本 真行 [1]; 羽生 宏人 [2]; 阿部 琢美 [3]; 渡部 重十 [4]; 池田 優二 [5]
[1] 高知工科大・電子・光システム; [2] JAXA・宇宙研本部; [3] JAXA 宇宙研; [4] 北大・理・地球惑星; [5] なし

Observation of resonance scattering light of Lithium vapor released from S-520-23 sounding rocket

Yuki Yokoyama[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Hiroto Habu[2]; Takumi Abe[3]; Shigeto Watanabe[4]; Yuji Ikeda[5]
[1] Kochi University of Technology; [2] ISAS/JAXA; [3] ISAS/JAXA; [4] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ; [5] none

<http://www.ele.kochi-tech.ac.jp/masayuki/>

1. Introduction

The S-520-23 sounding rocket is scheduled to launch at Uchinoura Space Center, Kagoshima, in late August 2007, to measure thermospheric neutral wind by resonance scattering luminescence of Lithium vapor released from the rocket. Taking images of 670.8 nm resonance scattering light of Lithium in the evening sky, neutral wind at 250 km, 200 km, and 150 km altitudes will be measured from 4 independent ground sites at Shionomisaki, Kochi, Goto, and Amami as motions of three clouds. Optical imagers and observation manuals are settled down by June 2007, now we're in the final preparation process.

2. Instruments and preparation experiments

Four digital cameras of Canon EOS Kiss Digital N are prepared for optical observation of Lithium clouds. As the 670.8 nm light is difficult to be taken by usual digital cameras because of its infrared cut filter, we removed it for the imager. Special telecentric lenses of FOV=110 degrees with 20 nm band-pass filter at 671 nm for taking high S/N images of the likely widely-spread Lithium clouds have been developed by Photocoding and Kochi University of Technology in order to resolve the problem arisen from the both wide FOV and narrow band width conditions.

By a laboratory experiment of Lithium release in ground condition at Japan Carlit Co., Ltd. in February 2007, we have a result of successful detection of 671 nm light of Lithium, suggesting the good imaging capability of the imagers. Intensity calibration is also the important topic. We measured it in the integral sphere of NIPR on May 18. It was confirmed that the intensity curve with respect to the ISO settings is not correctly linear. As it might be affected by the onboard image processing engine with consideration of the film sensitivity with respect to the exposure time, we should take it into account in analyses.

Background intensity at around 671 nm in evening sky is significant. We measured absolute intensity spectra of background sky by a scanning photometer of STEL, Nagoya University. Comparison with rough estimates of Lithium resonance scattering luminescence with a condition of 20 nm bandwidth, a 1 M rayleigh Lithium cloud will be measured at 5 s after a release, however, a 10 K rayleigh at 50 s, and about 500 rayleigh at 250 s, by rapid diffusion of Lithium at 250 km altitude. It is found that intensity of the Lithium cloud will be reached in limitation of S/N at 300 s after the release. Precise launch time of the rocket will be finally determined by this expectation.

3. Discussion

Estimating the motion of Lithium clouds in a digital image assuming 40 m/s wind in thermosphere, 12 pixels difference will be measured at about 2.5 minutes after the release. The precise motion might be difficult to measure in poorer S/N or weaker wind condition. Photographic condition of each exposure is currently expected that 5 successive exposures of 4 seconds with an ISO setting of 800. Because precise percentage of effective contribution to the resonance scattering luminescence of the released Lithium vapor is unknown parameter, the intensity of the Lithium clouds might be changed. For this case, we should change the photographic condition for 200 km and 150 km Lithium clouds during the operation. In order to carry out successful multiple-sites triangulation observation even in the extraordinary condition, exhaustive observation manual is now settled down.

4. Summary

Ground-based optical instruments were constructed and onboard instrument LES is also ready for the flight. Optical observation team in collaboration with participating Universities and Institutes was also confirmed. In this talk, imaging results of resonance scattering light of the first Lithium vapor release by Japanese sounding rocket as well as the preliminary analyses of neutral wind measurements by WIND experiment will be shown.

1. はじめに

2007年に8月30日～9月中旬に打上げ予定のS-520-23号ロケット実験では飛翔の後半で熱圏大気中高度約250km、200km、150kmにリチウム蒸気を3回放出し、夕空の太陽光共鳴散乱により波長670nmで発光するリチウム雲をトレーサーとしてF層高度の中性風速測定を行う。本実験の目的はリチウム雲の移動を、潮岬、高知、五島、奄美の地上4地点から観測することによって熱圏中性風の速度ベクトルを得ることにある。2007年6月末までに、地上光学観測のための装置は完成し、観測練習などを実施して観測の最終調整に入っている。

2. 撮影装置と準備実験

リチウム共鳴散乱光撮影のための撮像機器として Canon 製デジタルカメラ EOS KISS Digital N を用いた。一般に市販のデジタルカメラは赤外カットフィルタの遮蔽効果で赤外線に近い 670nm の波長域の感度が低く撮影が難しい。実際に 670nm 近傍での撮影を試みたところ、赤外カットフィルタ付きのカメラでは 670nm 帯域の撮影は厳しいことが解ったため、今回は赤外カットフィルタを取り除く特殊仕様とした。また、拡散の早いリチウム発光を長時間観測できるように、水平視野角 110 度とし、中心 671nm、半値幅 20nm のバンドパスフィルタを装着した。通常、広視野と狭帯域は二律背反であるが、今回は撮像面の近傍で入射光線が並行光となる像側テレセントリック光学系としてレンズ設計・開発を Photocoding 社と共同で実施した。絞りは開放固定 (F/3.5) で、像面の直前にバンドパスフィルタを配した扱いやすいレンズとなり、リチウム共鳴散乱波長近傍での S/N を上げつつ、リチウムが拡散をしても視野内に収めることができる。

光学性能実験として、2007 年 4 月 12 日～17 日に日本カーリット社実験施設でのリチウム放出模擬実験を行い、リチウム共鳴散乱光の撮影に成功した。またビデオカメラと透過型グレーティングを使い共鳴散乱光を調べた結果、波長ピークは 671nm であることが解かり、テレセントリックレンズが所定の性能を有していることを確認した。リチウム共鳴散乱光の撮影条件を決定にはカメラの感度較正を得る必要がある。2007 年 5 月 18 日に国立極地研究所にて積分球を用い本光学系の絶対強度分布を求めた。ISO 設定値毎に発光強度を比較すると完全にリニアではないことが判明した。これはフィルムの相反則不規現象を模擬しているものと推察され、電子撮像と言えども感度値の扱いには注意が必要である。

リチウム共鳴散乱光を撮影するにあたっては夕空の背景光の情報も重要である。音響光学素子とフォトンカウンティングにより絶対強度測定が可能な名古屋大学 STEL のスキャニングフォトメータを用いて地平高度毎の背景強度を実測し、理論的な発光強度についても調査した。250km 放出のリチウム雲について帯域 20nm 内にて時間毎に比較すると、リチウム放出 5 秒後は約 1 M レイリーと非常に明るく、バックグラウンドの影響はほぼ無視できるが、50 秒後に約 10K レイリー、250 秒後には約 500 レイリーと減衰し、300 秒後にはリチウム雲の発光強度が背景光強度に溶け込み観測限界となる。この予測は打上げ時刻の最終決定に寄与した。

3. 議論

中性風の速度ベクトルを得るためにはリチウム雲の中心の移動を知る必要がある。高知県香美市の高知工科大学からリチウム観測をする場合、観測条件として上空の風が 40m/s、撮影時間が 2.5 分であると仮定すると、画像上のリチウムの移動は 12pixel となる。この画像上の移動解析は可能であるが、観測時間が半分になった場合 6pixel となり、観測条件によっては 10pixel 以下の移動の場合も考えられる。

リチウム共鳴散乱光を撮影するにあたっては、正確なカメラの ISO 感度と露出を設定する必要がある。積分球によるカメラの絶対強度測定、音響光学素子とフォトンカウンティングによる背景光の絶対強度測定より、投稿時点現在では ISO800、露出 4 秒で 5 枚撮影、という設定を考えている。放出されたリチウム原子が共鳴散乱光に寄与する割合や発光強度の実測値は正確には解かっておらず、発光予測から変化する場合が考えられる、その場合は 200km、150km のリチウム放出前に的確で迅速なカメラの設定変更が求められる。予定外の事態でも 3 地点以上の同時観測を成功させるため、実験結果より撮影マニュアルを作成し本番に備えている。

4. まとめ

地上光学観測機材は完成、搭載機器の準備も最終段階にある。参加研究機関の共同による観測態勢も確立し、観測地点に配置しリチウム共鳴散乱光を撮影するのみである。本発表では、S-520-23 号ロケット実験 "WIND" で予定されるリチウム共鳴散乱光の撮影結果ならびに、中性風の初期解析結果を発表する予定である。