

WIND-2 リチウム放出実験による熱圏中性風の観測

山田 隼也 [1]; 谷 直道 [2]; 村上 睦彦 [1]; 森永 隆稔 [1]; 山本 真行 [1]; 渡部 重十 [3]
[1] 高知工科大; [2] 高知工科大; [3] 北大・理・宇宙

Observation of a thermospheric neutral wind profile by WIND-2 Lithium release

Junya Yamada[1]; Naomichi Tani[2]; Mutsuhiko Murakami[1]; Takatoshi Morinaga[1]; Masa-yuki Yamamoto[1]; Shigeto Watanabe[3]
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.; [3] CosmoSciences, Hokkaido Univ.

<http://www.sgepss.org/>

1. Introduction

On January 12, 2012, observation of resonance scattering light of Lithium was carried out by using the S-520-26 sounding rocket of JAXA at Uchinoura space center, Kagoshima. Purpose of the experiment was to establish the rocket-borne Lithium Ejection System (LES), to measure the thermospheric neutral wind profile by ground optical observation of the Lithium tracer, and to estimate precise S/N for Lithium tracer observation in daytime for a future rocket campaign in equatorial thermosphere.

2. Ground-based observation

In order to detect the Lithium clouds in dawn sky, Canon digital cameras EOS Kiss Digital N with a Lithium BPF (band pass filter: center wavelength 670.8 nm, and band width 12 nm or 20 nm) and EOS X4 (with a 2 nm BPF) as well as video cameras of Watec Neptune-120 (with a 12 nm BPF) were used by a Japanese team. Clemson University team, U.S., used Nikon digital cameras D-90 (with a 12 nm BPF) and D-700 (without a BPF) for their cooperative observations. Since commercially available digital cameras are insufficient for our purpose because the lack of red sensitivity near 670.8 nm due to the influence of an infrared (IR) cut filter, we had prepared these cameras with being removed the IR cut filter, therefore, snapshots of Lithium tracer were successfully taken at three sites by careful setting of these cameras with the same azimuth and elevation angles. The cameras of U.S. team were operated by an autopilot software (Solar Eclipse Maestro) on Mac PCs, so we could not operate them manually with a desired condition.

3. Result

The S-520-26 rocket was launched under the azimuth and elevation conditions of 123.5 and 75 degrees at 05:51:00 JST on January 12, 2012. The rocket reached an apex of 298 km at 277 s after the launch (X+277 s) and the first and second Lithium releases were to be operated at an altitude of 228 km at X+406 s and at 176 km at X+446 s, respectively. The third Lithium release was operated at 145 km altitude at X+464 s. Unfortunately, by a malfunction of equipped LES, the first and second releases could not be confirmed as planned, but for the third release, red monochromatic light of 670.8 nm was confirmed as a resonant scattering Lithium emission by sunlight in the lower thermosphere. The third Lithium tracer was successfully observed by all cameras at the three observation sites.

The experiment was successful with taking Lithium emission in the lower altitude range of 100 km or less than the WIND-1 experiment in 2007. It was demonstrated that the Lithium release technique can be applied to measure the neutral wind speed down to near the mesopause altitude level (76 km). It was the first case that we successfully obtained the Lithium emission by the digital cameras with a 2 nm BPF, that were developed for Lithium observation during the daytime, namely, the camera with the narrow width in wavelength enables us to take snapshots for a long period up to about 40 minutes after the release.

4. Summary

In this study, a preliminary analysis of triangulation was carried out by using the observed snapshots by the 12 nm filtered cameras with an enough number of background stars. In case the number of background stars appeared in the low elevation side was not enough for the triangulation process, there is a possibility to increase the analytical error. On the other hand, in case of not enough background stars at the same snapshots of Lithium any more, a difficult analysis by using snapshots of Lithium emission without enough background stars as well as nighttime star-field images taken in advance, before the Lithium release, is required.

In this paper, we will show the current status of the analysis by the both methods and discuss about the possible cause of LES malfunction for the first and second releases, compared with some reference datasets obtained from on-board instruments.

1. はじめに

2012年1月12日、鹿児島県内之浦宇宙空間観測所よりJAXA(宇宙航空開発研究機構)のS-520-26号観測ロケットを用いたリチウム共鳴散乱光観測を実施した。同実験は、ロケットからのリチウム放出技術の確立、リチウムトレーサーの地上光学観測による熱圏中性大気風の測定、将来の赤道上空等における昼間の熱圏中性大気風観測へ向けてのS/Nの見積もり等を目的として行われた。

2. 地上観測

リチウム撮影用光学機器としては、日本チームは Canon 製デジタルカメラ EOS KISS Digital N (中心波長 670.8 nm, 帯域 12 nm および 20 nm フィルタ付)、EOS X4 (同 2 nm フィルタ付)、および動画撮影用カメラ Watec Neptune-120 (同 12 nm フィルタ付) を用い、共同観測した米国 Clemson 大学チームは Nikon 製 D-90 (同 2 nm フィルタ付) および D-700 (フィルタ無し) を用いた。市販デジタルカメラは、赤外線カットフィルタの影響により 670.8 nm 付近の赤色感度が不足しているため、我々は赤外線カットフィルタを取り除いた仕様で機材を準備し、リチウムの撮影に成功した。米国チームのカメラは日本チームのカメラと同様の方位角、仰角で設置し撮影はできたが、パソコン上のソフトで自動操作させて観測したため、臨機応変な対応ができなかった。

同実験では内之浦、宿毛、室戸の3地点から観測し、すべての地点で撮影に成功した。これら3地点は三角測量を行うための十分な距離(見込み角)があり、標高が高く、周りの建物や撮影のS/N悪化を招く明るい人工光がカメラの視野内に入らない条件で選定された。背景光は明け方の太陽天頂角の変化に合わせ大きく変化するため、事前計測した条件を用いて、露出時間・感度を設定しスケジューリングされていた。

3. 結果

S-520-26号機は2012年1月12日午前5時51分に方位角123.5度、仰角75度の条件で打ち上げられた。ロケットは発射から277秒後に最高高度298kmに到達し、同406秒後に高度228kmで1回目のリチウム放出、同446秒後に高度176kmで2回目のリチウム放出、同464秒後に高度145kmで3回目のリチウム放出が実行された。搭載リチウム放出装置(LES)の不調により、1回目と2回目は計画高度での放出が確認できなかったが、3回目はほぼ計画通りの高度においてリチウムが熱圏大気中で太陽光を受け共鳴散乱を起こし670.8nmの赤色単色光で発光、観測3地点全てのカメラでリチウム発光雲の観測に成功した。

本実験では事前に背景光の調査を入念に行い、その結果から撮影条件を設定していたが、1回目と2回目のリチウム放出を確認できなかったため、途中より予定していた撮影条件とは異なる撮影条件に変えて3回目のリチウムを撮影した。その結果、各地点の撮影条件に多少のばらつきがあり最適な状態ではないが、帯域2nmでは6:03~6:35、同12nmでは6:03~6:25の間、リチウム雲の撮影と追跡に成功した。前回のWIND実験では放出されなかった高度100km以下の低高度のリチウム共鳴散乱光の撮影に成功し、中間圏界面高度付近(~76km)までの風速測定に適用可能であることが実証された。昼間観測に向け開発された2nmフィルタ付デジタルカメラでリチウム発光の撮影に成功したことも初めての事例であり、狭い波長幅のフィルタ波長中心が高精細設計通りの十分な透過率を有し高いS/Nで長時間撮影できることが確認された。

4. まとめ

本研究では、まず風速解析に必要な背景星が十分に写っている12nmフィルタ付カメラによる観測画像を用いて初期解析を行った。12nmフィルタ付カメラでも低空の周縁部の背景星の数が十分でない画像があり、解析誤差を大きくさせている可能性がある。一方2nmフィルタ付カメラではリチウム発光と同時に写っている背景星が少ないため、打ち上げ前に事前撮影をしている星野写真を用いた解析上の工夫が必要である。本発表では両者の解析結果の現状を報告する。さらに、LESによる1,2回目放出の不調要因についても他搭載機器データ等も参考に考察し、結果を示す。