

R009-13

B会場：9/26 AM2 (10:45-12:30)

12:15~12:30

近赤外撮像装置 TOPICS 開発と名寄ピリカ望遠鏡でのファーストライト

#坂野井 健¹⁾, 永田 和也¹⁾, 大友 綾¹⁾, 鍵谷 将人^{1,2)}, 木下 凌太¹⁾, 平原 靖大²⁾, 齊藤 大晶³⁾, 高木 聖子³⁾, 内藤 博之⁴⁾

⁽¹⁾ 東北大学・理・PPARC, ⁽²⁾ 名古屋大学・環境科学, ⁽³⁾ 北海道大学・理, ⁽⁴⁾ なよろ市立天文台

First light of a near-infrared imager TOPICS at the Nayoro Observatory

#Takeshi Sakanoi¹⁾, Kazuya Nagata¹⁾, Aya Otomo¹⁾, Masato Kagitani^{1,2)}, Ryota Kinoshita¹⁾, Yasuhiro Hirahara²⁾, Hiroaki Saito³⁾, Seiko Takagi³⁾, Hiroyuki Naito⁴⁾

⁽¹⁾ Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University, ⁽²⁾ Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ⁽³⁾ Graduate School of Science, Hokkaido University, ⁽⁴⁾ Naoyoro Observatory

We are developing a near-infrared imager TOPICS (Tohoku Planetary near-Infrared Camera System) for continuous monitoring of planetary atmospheric emission in the near-infrared range, such as Jupiter's H3+ aurora and Io volcanic eruption. In this presentation, we report on the recent development and validation of TOPICS, and the results of the first light at the 1.6m Pirka telescope of Hokkaido University.

For the development of TOPICS, we fabricated the driving electronics and improved the vacuum cooling system for safe operation of the infrared detector and for remote operation from Japan during future observation at Haleakala, Hawaii (Kambara, 2020, Nagata, 2022). Details are as follows. (1) Current measurement circuit: We developed the current measurement circuit for each of the bias and clock voltages driving the detector. This enabled the remote monitoring of nominal operation of the detector. (2) Power-on voltage control circuit: We developed a power-on voltage control circuit with a logic IC and an analog switch for each of bias and clock lines. As a result of an electrical test, we found an unexpected undershoot when the bias voltage was turned on. Thus, we improved the feedback section of the voltage follower circuit. (3) Vacuum cooling system: In the previous experiment, the detector temperature was about 20K higher than the optimum value (30-35K). We succeeded to cool the detector temperature down to 29.8 K by improving the thermal path, and obtained the small thermal noise (1.9 e-/pix). (4) Calibration using a blackbody: We verified the fullwell (161800 e-/pix) and the quantum efficiency (0.89), as expected, by experiments with a blackbody. On the other hand, the readout noise was found to be about 870 e-rms, indicating that further improvement of electronics is necessary to obtain a better S/N.

Since the performance of TOPICS was verified from the indoor experiment, we visited Nayoro Observatory from February 14 to 27, 2023, installed TOPICS at the Nasmyth focus of the 1.6-m Pirka Telescope of Hokkaido University to observe Jupiter and Venus. During this period, Jupiter and Venus were limited to low elevations of the western sky in the evening time, and the weather was not stable. However, we carried out first light of TOPICS by observing the Moon on February 23, and succeeded to obtain 883 images on consecutive four nights until February 26. On the evening of February 26, the K-band (2.2 μ m and 2.3 μ m) and L-band (3.4 μ m and 3.9 μ m) images of Venus ($V_{\text{mag}} = -3.9$) and Jupiter ($V_{\text{mag}} = -2.0$) were observed. As a result, Jupiter and Europa were imaged in the K-band, and the counts of Venus were saturated, as estimated, at the shortest exposure time (0.6s) of TOPICS. On the other hand, sky background emission was high in the L-band (about 6,000 counts with a 10-second exposure of TOPICS 3.4 μ m narrow-band filter observation). Therefore, although Betelgeuse imaging (exposure time of 0.7-1 s) was successful, we could not obtain Jupiter's H3+ auroral emission from the image data integrating for 10 minutes. In addition, oblique noise in the image, which was not seen in the Tohoku University laboratory, appeared, suggesting that noise countermeasures are necessary.

We now plan to conduct observation using TOPICS with the Pirka telescope in the summer of 2023 to observe Jupiter's infrared aurora, and install it on the T60 telescope in Haleakala, Hawaii, in the winter of 2023. In parallel, we develop a near-infrared spectrograph ESPRIT (R~20,000) which adopts a common detector and driving electronics. We expect new results from combined infrared and visible observations with the Haleakala telescope dedicated to monitoring of planetary atmosphere, such as Jupiter's H3+ aurora, Io volcanic activity and gasses originated from Io.

我々は、木星 H3+ オーロラやイオ火山噴火変動など惑星大気発光の近赤外連続モニタリングのために、これまで近赤外撮像装置 TOPICS(Tohoku Planetary near-Infrared Camera System) 開発をしてきた。本発表では、TOPICS の最近の開発と性能評価、および北海道大学口径 1.6m ピリカ望遠鏡でのファーストライトの成果を報告する。

TOPICS の開発について、赤外検出器の安全な動作、および今後のハレアカラ観測時における日本からの遠隔運用にむけて、駆動電気回路系の製作および真空冷却系の改良を行ってきた (Kambara,2020, Nagata,2022)。この具体的な内容を以下に示す。(1) 電流計測回路の開発：検出器駆動に必要なバイアス電圧とクロック電圧それぞれについて電流値を計測する回路を開発し、正常動作を確認した。これにより、検出器の正常動作を常時モニターすることが可能となった。(2) 電源電圧投入制御回路の開発：ロジック IC とアナログスイッチを用いて、検出器駆動各電源の投入シーケンス制御を可能とした。この単体電気試験の結果、バイアス電圧投入時に想定外のアンダーシュートが発生する問題が判明した。これに対してボルテージフォロワ回路の帰還部の改良を施した。(3) 真空冷却系の改良：従来の実験では、検出器温度が最適値 (30-35K) よりも約 20K 高かった。これに対し熱パスの改良を施し、検出器温度を 29.8K まで冷却させた。実験の

結果、熱雑音が $1.9e/s/pix$ と十分小さい事が確認された。(4) 黒体炉を用いた較正：黒体炉を用いた実験から、フルウェルが $161800e/pix$ 、量子効率が約 0.89 と期待通りの性能を有していることが確認された。一方で、読み出しノイズが約 870erms であり、改良の余地があることが分かった。

以上の室内実験から TOPICS 動作が検証できたので、2023 年 2 月 14-27 日までなよろ市立天文台を訪問し、北大 1.6m ピリカ望遠鏡ナスミス焦点に TOPICS を設置してファーストライト観測を実施した。この期間、観測対象の木星と金星は、夕方の西側の低いエレベーションに限られ、また天候も安定しなかったため、観測条件を満たすことが難しかった。しかしながら、2 月 23 日に月の撮像に成功し、その後 26 日まで 4 晩連続して合計 883 枚の画像を取得した。特に 26 日の晩では、金星 ($V_{mag}=-3.9$) と木星 ($V_{mag}=-2.0$) の K バンド ($2.2\ \mu m$, $2.3\ \mu m$)、および L バンド ($3.4\ \mu m$, $3.9\ \mu m$) の観測に成功した。この結果、K バンドで木星およびエウロパが撮像され、金星では TOPICS の最短露出時間 (0.6s) でカウントが飽和する (見積もり通り) など、国内でも十分に観測可能なことが分かった。一方 L バンドでは、TOPICS の $3.4\ \mu m$ 狭帯域フィルター観測の場合、背景スカイ発光が 10 秒露出で約 6000 カウントあった。このため、ベテルギウス撮像 (露出時間 0.7-1s) には成功したものの、木星観測では露出約 10 分の画像の解析では H3+ オーロラは検出されなかった。加えて、東北大の実験室では見られなかった画像中の斜めノイズが確認され、駆動回路系のノイズ対策が必要であることがわかった。

今後、TOPICS は、2023 年夏にピリカ望遠鏡による木星赤外観測を再度実施し、2023 年冬にハワイ・ハレアカラの T60 望遠鏡に設置する計画である。また、これと並行して、検出器と駆動回路が共通の近赤外分光器 ESPRIT (波長分解能 20,000) の開発を進める計画である。ハレアカラの専有望遠鏡による赤外と可視を組み合わせた観測から、木星 H3+ オーロラとイオ火山活動および噴出ガス変動のモニタリング観測から、新しい成果が期待される。