

ハイパススペクトルカメラによるオーロライメージング分光の 新展開

居田克巳¹、吉沼幹朗¹、海老原祐輔²

¹核融合研、²京大生存圏研

<https://projects.nifs.ac.jp/aurora/>

オーロラ観測用ハイパススペクトルカメラ (Hyperspectral Camera for Auroral Imaging: HySCAI) を、オーロラを研究するために開発した。HySCAI は、全天レンズ、モニターカメラ、ガルバノスキャナー、回折格子分光器、電子増倍電荷結合素子(EM-CCD)から構成されている。ガルバノスキャナは、全天像面上の分光器のスリット像をスリットに垂直な方向に走査することができる。HySCAI には 2 つのグレーティングがあり、1 つは 500 溝/mm で 400~800 nm の広いスペクトルを 2.1 nm のスペクトル分解能 (FWHM) でカバーし、もう 1 つは 1500 溝/mm で 0.73 nm の高いスペクトルを 123 nm の狭いスペクトルでカバーする。絶対感度は、557.7 nm で 4x4 のビニング (256 x 340 イメージ) で 2.1 count/s/R である。露光時間はオーロラ発光の明るさに依存し、通常 2D 画像で 64 秒である。

このシステムを、スウェーデンのキルナにある SSC (スウェーデン宇宙公社) の KEOPS (キルナ・エスレンジ・オプティカル・プラットフォーム・サイト) に設置した[1]。HySCAI の時間分解能の低さを補うために、液晶フィルターによる全天画像とスカイ・カラー・カメラも設置した。与えられた波長に対する 2 次元オーロラ単色画像は、EM-CCD 画像をスキャン期間にわたって再構成することにより得られた。HySCAI は、バンドパスフィルタを用いたシステムでは通常困難な、高いバックグラウンド発光の上に現れる弱い発光線の強度の 2 次元画像を、他の発光のコンタミネーションなしに得られるという利点がある。ファーストライトの結果として、N₂⁺ 1NG (0,1) (427.8nm), N₂⁺ 1NG (0,2) (470.9nm), H_b (486.1nm), NII (500.1nm), NI (²D) (520.0nm), OI (¹S) (557.7nm), NaD (589.3nm), OI (¹D) (630.0nm), N₂ 1PG (670.5nm) の発光強度を測定した[1]。

HySCAI を使ったオーロラ観測の初期結果として以下の観測結果が得られた。

1) 降り込み電子エネルギー分布

2023 年の 10 月に観測を開始し、630.0 nm と 427.8 nm の発光線の強度比から降下電子の平均エネルギーを 1.6keV と評価した[1]。

2) N₂⁺ 1NG の共鳴散乱発光を利用した N₂⁺ 高度分布の推定

青いオーロラ発光のスペクトルを測定、天文薄明時に N₂⁺ 1NG の共鳴散乱発光を利用して N₂⁺ 高度分布の推定し、ピーク高度が 200km であることを観測した[2]。

3) N₂ 1PG のスペクトル形状から回転温度の子午線分布

赤いオーロラの N₂ 1PG の分子の振動回転準位の各バンドのスペクトル形状から窒素の回転温度の子午線分布を得、サーボヘッドの外側で回転温度の上昇を観測した。

[1] M.Yoshinuma, K.Ida, Y.Ebihara, Earth, Planets and Space 76 (2024) 96

[2] K.Ida, M.Yoshinuma, Y.Ebihara, K.Shiokawa, Geophys. Res. Lett. 52 (2025) e2025GL118375