

修士論文要旨

高時間・空間分解能オーロラ観測のための INDEX衛星搭載多波長オーロラカメラの開発

小淵 保幸

(指導教員 岡野 章一 教授)

平成 16 年

地上光学観測により、オーロラ発光が 100m 以下の微細構造を持つことが知られている [*Borovsky et al., 1993; Trondsen and Cogger, 1998*]。また、FAST 衛星との磁気共役光学観測から、約 3km 程度のオーロラ加速領域とオーロラアークの対応関係が報告されている [*Stenbaek-Nielsen et al., 1998*]。しかし、単一の衛星からの ~2km の微細な空間スケールにおける降下粒子とオーロラ発光の同時観測はこれまでに例を見ない。2005 年に高度約 600km の昼夜極軌道に投入予定の INDEX 衛星では、粒子・オーロラ発光の高時間・高空間分解同時観測が計画されている。本研究では、INDEX 衛星に搭載され、粒子計測器と共に高い時間・空間分解能でオーロラを観測するための多波長オーロラ観測カメラ：Multi-spectral Auroral Camera (以下 MAC) の性能評価と各種環境試験を行い、MAC が理学観測目標を達成できることを実証することを目的とする。

MAC は、 N_2^+1N (428 nm)、OI (558 nm)、 N_21P (670 nm) の 3 波長の発光を観測する。MAC の光学系は 3 組のレンズ・干渉フィルター・CCD で構成され、上記の 3 波長同時オーロラ観測を行うことが出来る。CCD は画素数が 1024×1024 ピクセル、ピクセルサイズが $6.45 \mu m$ の表面照射型であるが、オンチップマイクロレンズの採用により、波長 557.7nm の発光に対して ~60% の量子効率を実現している。また、MAC には 4 つの観測モードがあり、粒子観測と同時に磁力線フットプリントを観測する粒子同時モード (Mode-S)、視野を地球リム方向に向けることによるオーロラ高度分布観測モード (Mode-H)、カメラのポインティング校正等に用いる画像校正モード (Mode-IH)、Mode-H の空間分解能を上げて観測する高度詳細モード (Mode-IM) の 4 つが存在し、それぞれ時間・空間分解能が異なる。この MAC によって得られる高時間 (最大 120msec) 高空間 (~2km@100km 高度) 分解能のオーロラ観測データを、同時に取得

される同一磁力線上の高時間（20msec）分解プラズマ粒子データとの比較を行うことで、微細なオーロラ構造の解明が期待される。

MAC の開発並びに INDEX 衛星全体との噛み合わせ試験は、1999 年から 2004 年にかけて実施された。以下にこの内容をまとめる。まず、環境試験も兼ねた熱真空試験時の画像のデータから Mode-S におけるばらつきノイズが約 3 カウント（r.m.s）と見積もられた。また積分球を用いた絶対感度校正の結果、ほぼ設計通りの感度を有することが確認された。この感度校正の結果とノイズ評価の結果を考慮すると、例として Mode-S 時の 428nm、558nm、670nm 観測時のダイナミックレンジはそれぞれ 0R - 321kR、0R - 219kR、0R - 210kR であり、CCD ノイズによる光量誤差は 378 - 576R（r.m.s）程度であることがわかった。なお、感度分解能は対数スケールの 256 段階である。

また、CCD 焦点位置を、観測要求を満足する精度（10 μ m 以下）で調整するための専用治具を開発した。これを用いた焦点位置合わせ試験の結果、シムの厚さ調整により最適な焦点位置を求めることが出来た。

次に、振動試験では約 16Grms O.A. のランダム振動、衝撃試験では 1500G@2000Hz の衝撃を加えたが MAC の構造及び性能に変化は見られなかった。この時、カメラの焦点位置のずれは発生せず、専用治具を用いて計測した結果、光軸上での焦点ずれの量が 1 ピン以内であった。この結果により、MAC は軌道上において最大空間分解能（ \sim 2km）をもってオーロラ観測が可能であることが確認された。

さらに、CCD と干渉フィルターに対する放射線試験を行い、100MeV のプロトンを 1 つの CCD にトータルドーズ 9krad、3 つのフィルターにそれぞれ 1krad、3krad、10krad 照射した。この試験と、その後の熱真空試験の結果から想定動作温度（0 $^{\circ}$ C）において、CCD のオフセット値が Mode-IH 運用時に約 10 カウント高くなることが確認された。またフィルターに関して透過率低下は見られなかった。この結果より INDEX 衛星の軌道と今回の照射量が約 3 年分に値することを考慮し、1 年間程度の観測期間（ノミナル 3 ヶ月）中でカメラの性能劣化は無視出来ると判断された。

以上のように MAC が科学目標を達成出来るものであることが実証されたことから、新たなオーロラ研究の進展が期待される。