

PLANET-C 搭載雷・大気光カメラのセンサー・光学系の開発状況

Development of the Sensor and Optics of the Lightning and Airglow Camera onboard PLANET-C

吉田 純[1], 高橋 幸弘[1], 福西 浩[2], 堤 雅基[3], 牛尾 知雄[4]

Jun Yoshida[1], Yukihiko Takahashi[1], Hiroshi Fukunishi[2], Masaki Tsutsumi[3], Tomoo Ushio[4]

[1] 東北大・理・地球物理, [2] 東北大・理・地物, [3] 極地研, [4] 大阪府大・工・航空宇宙

[1] Dept. Geophysics, Tohoku University, [2] Department of Geophysics, Tohoku Univ., [3] NIPR, [4] Aerospace Eng., Osaka Pref. Univ.

<http://pat.geophys.tohoku.ac.jp/>

我々は金星探査衛星 PLANET-C (2008 年打ち上げ、2009 年金星到着) に搭載する雷・大気光カメラ (LAC: Lightning and Airglow Camera) の開発を行っている。LAC は金星夜面における雷放電発光・大気光を 2 次元で高速イメージングする観測器である。雷放電観測では、まずこの現象の存在の決定的な証拠を得て長年の論争を収束させることができる他、さらに、その電荷生成・分離メカニズムの解明や硫酸雲物理学の理解、惑星メソスケール気象学の発展、金星大気中における熱的・化学的寄与の見積もりなど、様々な分野に貢献することができる。金星においても雷放電現象が、地球や木星同様に活発な上昇気流中で発生しているとすれば、本ミッションで唯一、鉛直対流をリモートセンシングで捉える観測器となる。大気光観測では、発光強度の緯度・経度分布から金星超高層大気の運動を継続的にモニターし、さらに波状構造をイメージングすることで、金星下部熱圏と下層大気の力学的結合の解明、金星熱圏大気大循環メカニズムの理解の進展が期待できる。さらに近年、地上望遠鏡で発見された 558 nm [01] の連続観測も実施し、その発光強度分布や時間変動を捉え、オーロラとも解釈できるこの発光現象の正体を突き止める。

LAC は優れた耐放射線性能をもつ無水合成石英レンズを用い、1 枚構成を採用する。雷観測時には波長 777 nm [01] の干渉フィルタ (半値全幅: 4 nm) を採用し、50 kHz プレトリガーサンプリングでデータを取得する。一方、大気光観測時には波長 551 nm [02]、558 nm [01] で連続サンプリングを行い、10 sec で 1 枚の画像を作成する。空間分解能は金星表面より 3 Rv (Rv: 平均金星半径) の距離から金星ディスクを観測した場合は約 500 km、1000 km の高度では約 10 km となる。

PLANET-C は金星低緯度を周回する長楕円軌道をとるが、LAC はこのうち近金点 (300 km) 付近から金星表面より 3 Rv 離れた地点までの高度範囲で運用する。その際、雷観測に関しては距離 3 Rv の地点から地球の平均的雷発光強度のものを、1000 km の高度からはその 1/100 レベルのものまでを検出することを目標とする。一方、大気光に関しては発光強度 100 R のものを S/N 比=10 を確保して検出することを目標とする。以上を達成するために、LAC に課された開発要素は 1) 微弱光検出が可能となる検出器の検討・選定・開発、2) 金星夜面観測の際に視野内に混入することが予想される迷光 (太陽直達光、金星昼面光) を大きく減衰させることができる高コントラスト光学系の設計・開発、3) 高速サンプリング時におけるデータ取得方法の考案・検討である。

現在、開発項目 1) に関しては、LAC のセンサーとして光電子増倍管 (PMT) あるいはアバランシェ・フォトダイオード (APD) を検討している。いずれも 2 mm 角のピクセルサイズを有し、8x8 の 2 次元配列素子であるが、本観測器は全角 12 度円の視野を持つため、そのうち円形の 44 チャンネルを使用することにしている。我々は絶対感度校正実験から得られた出力電流値と、別途測定された暗電流値から、本観測器で 100 R の光源を観測した場合の暗電流統計ゆらぎによる S/N 比が 10 以上であることを確認した。これはセンサー性能諸元から算出した S/N 比とほぼ同じ値であり、両者とも LAC センサーとして成立しうることを示した。固体素子で耐振性に優れた APD に関しては、利得の温度特性試験を行い、20 K の周囲温度変化に対する利得変化は 50 % 以内に収まることが分かり、観測中温度モニターをしていれば実用可能であることが確認された。現在、PMT に関しては振動対策、感度対策を進める一方、APD に関しては放射線対策 (照射試験は実施済み)、2 次元配列素子開発を進めている。開発項目 2) に関しては、まず混入される迷光量を見積もり、検出目標達成のための迷光減衰要求量を 10 桁に決定した。これを実現するべく、衛星側面に設置し片側を宇宙空間に曝露させ、対物側に 5 枚の遮光板 (vane) と 1 段バツフルを取り付けた光学系を設計した (図)。本光学系を採用する際、衛星表面を覆う金色のサーマルブランケットや設置面上にある伸展物を介して、迷光が観測視野内に混入することが懸念される。我々は精密な模型実験を行った結果、その光量は 1 段バツフルから検出器間の遮光対策で十分減衰可能な量であることを定量的に示した。開発項目 3) に関しては、忘却係数という概念を用いてトリガーサンプリング方法を考案し、地上フォトメータで捉えられた地球雷放電発光の波形で試験した結果、ノイズと分離して信号を検出することに成功した。本発表では LAC センサーと光学系の開発状況について報告する。

