

ノルウェーの観測ロケット ICI-4 搭載高時間分解能低エネルギー電子計測装置 LEP-ESA High time resolution low energy electron spectrometer LEP-ESA on Norwegian sounding rocket ICI-4

齋藤 義文^{1*}, 竹島 順平¹, 横田 勝一郎¹
Yoshifumi Saito^{1*}, junpei takeshima¹, Shoichiro Yokota¹

¹ 宇宙科学研究所

¹Institute of Space and Astronautical Science

極域電離圏の対流パターン推定に有効な HF レーダ観測において、予期しないような強い後方散乱波を受信する事がある。ノルウェーの観測ロケット ICI(Investigation of Cusp Irregularities) は、これらの後方散乱を引き起こす散乱源(プラズマ擾乱)の生成メカニズムを解明することを主な目的としている。ICI プロジェクトではこれまでに ICI-2 観測キャンペーンを平成 20 年 12 月に実施したほか、ICI-3 観測キャンペーンを平成 23 年 12 月に実施した。我々は、プラズマ不安定現象のエネルギー供給源としての低エネルギー電子の寄与を明らかにするため、ICI-2, ICI-3 観測ロケットに高時間分解能低エネルギー電子計測装置 LEP-ESA を搭載して観測を行った。ICI-2 観測ロケットは 12 月 5 日にノルウェー・スピッツベルゲン島のニオレスンロケット実験場から打ち上げられ、カスプ領域から極側に向けて移動するオーロラ発光領域で電子密度擾乱を直接観測することに成功した。一方、12 月 3 日に打ち上げられた ICI-3 観測ロケットは Reversed Flow Channel 上空のデータ取得に成功した。ICI-2, ICI-3 の成功を受けて、平成 25 年 11 月に ICI-4 観測ロケットが今度は、Flow Channel Event を横切るように打ち上げられる予定である。

ICI-2, 3, 4 搭載の LEP-ESA は、センサー及び伸展機構と電子回路部で構成される。ESA は 10eV から 10keV の範囲の電子の分布関数を測定するトップハット型の静電分析器であり、2 重に重なったトロイダル型の電極の内側に正極性の電位を与えて 0V から約 3kV まで掃引することによって電子の分布関数の計測を行う。この観測装置の電子の検出器部分には、高時間分解能計測を実現するために開発した、ASIC 搭載型ディスクリット MCP アノードを使用している。ディスクリットアノード自体は従来から広く用いられていたが、位置検出の分解能(荷電粒子計測の入射角度分解能に相当する)を上げようとするほど多数のアンプを必要としてその結果回路規模や消費電力が観測ロケットや人工衛星に搭載困難なほど大きくなるという問題があった。そこで、この問題を解決するために開発を行ったのが、多数のアンプとカウンタを含んだ数ミリ角の ASIC (Application Specific Integration Circuit) を搭載したディスクリットアノードである。このアノードは、ディスクリットアノードを 1mm 厚のセラミック上の金属パターンで構成し、背面に ASIC を BARE CHIP のままで搭載する構造を採用している。

ICI-2, ICI-3 に搭載した LEP-ESA は正常に動作しプラズマ擾乱領域における高時間分解能での電子のエネルギースペクトル計測に成功した。しかしながら、これらの観測装置は 100% 完璧な性能を示したかというところではない。ICI-2, ICI-3 における電子のサンプリングはこれ迄に我々が用いて来た中でも最高速に当たる約 600 マイクロ秒であり、高圧電源の掃引レスポンスが問題になって来る時間領域である。事実、ICI-2, ICI-3 ではエネルギースペクトルの取得のための電圧掃引波形として三角波を用いたが、恐らく電圧の増加部分と減少部分のレスポンスが異なるため両方のデータを同等に扱うことができない結果となっている。もともと、三角波の電圧の増加部分 16 ステップと減少部分 16 ステップの測定電圧を少しずつすることで、32 ステップを用いるエネルギーカバレッジの稠密な約 22 ミリ秒/1 エネルギースペクトルの高時間分解能観測と、エネルギーカバレッジは粗いが 16 ステップを用いる約 11 ミリ秒/1 エネルギースペクトルの高時間分解能観測の両方を実現する予定であったが、上記の理由で、16 ステップを用いた約 11 ミリ秒/1 エネルギースペクトルの観測は、限られた期間しか使用できていない。そこで、ICI-4 に搭載する LEP-ESA では、新たに高圧電源を設計し直し、特性の最適化を図ることで、当初の予定であった 16 ステップを用いた約 11 ミリ秒/1 エネルギースペクトルの高時間分解能観測の実現を目指している。

なお、ICI-4 は今後 10 年間に実現を目指している「極域電離圏におけるグローバルからメソスケール現象発生の鍵となるマイクロフィジックスの統一的理解とその役割(スケール間結合)の解明」を目的とする日本ノルウェー共同ロケット実験 10 年計画の中の最初のミッションである。

キーワード: 観測ロケット, 荷電粒子, 検出器, ASIC, MCP アノード, カスプ

Keywords: sounding rocket, charged particle, detector, ASIC, MCP anode, cusp