

次世代の地球惑星磁気圏探査に向けた中間エネルギー電子分析器の開発

笠原 慧 [1]; 小笠原 桂一 [2]; 高島 健 [3]; 浅村 和史 [3]; 平原 聖文 [4]
[1] 東大/理/地球惑星科学 (ISAS); [2] 立教大; [3] 宇宙研; [4] 立大・理・物理

Development of medium energy electron analyser for future explorations in the earth and planetary magnetospheres

Satoshi Kasahara[1]; Keiichi Ogasawara[2]; Takeshi Takashima[3]; Kazushi Asamura[3]; Masafumi Hirahara[4]
[1] Earth and Planetary Sci., The Univ. of Tokyo; [2] Rikkyo Univ.; [3] ISAS/JAXA; [4] Department of Physics, Rikkyo University

A brand-new electron energy analyzer called MEP is now under development targeting medium-energy electron (1-100 [keV]) in space. MEP is able to acquire 3D view of the electron velocity distribution. Medium-energy electrons is thought to be a significant clue to understand acceleration or heating mechanisms of electrons in the radiation belt, in the plasma sheet or around collisionless. In the radiation belt, the plasma sheet electrons, which originally in the range of several keV, are accelerated even up to several MeV. Then the detailed measurement of this linking bridge, medium-energy range, is of particular importance. The most widely held story of the production of these relativistic electrons in the radiation belt during geomagnetic storms is the stochastic process caused by the interaction between high-energy electrons in the ring current region and the Whistler chorus. The temperature anisotropy of electrons in the medium energy range excites the Whistler waves. Therefore the information on the velocity distribution is essential to determine the excitation condition, and refine the mechanism of electron acceleration. In addition, non-thermal distribution functions are produced from a thermal Maxwellian distribution function around magnetic reconnection regions or collisionless shocks such as the bow shock. The energy range, which indicates this transition of the

distribution functions, is the medium energy range. Hence the detailed and accurate measurement of this range would be an essential clue to understand the electron acceleration mechanisms. However, the accurate and reliable measurement of the medium energy electron is significantly difficult due to the technical problems. MEP should be developed intending the high reliability and the high sensitivity of the measurement of the medium-energy electrons. Medium energy (1-100[keV]) electron analyser consists of avalanche photodiode (APD) and cusp type analyser. In the past decades, accurate conversions from count rates to the true flux are significantly difficult, due to the uncertainty of detector such as MCP and CEM. APD is a kind of p-n junction semiconductor with an internal gain, and thus it can detect lower energy electron compared to conventional SSDs; in the case of conventional ones, the lowermost energy is above ~ 30 [keV]. In addition, the detection efficiency of APD is almost constant, and thus it enables reliable conversions from count rates to the true flux. Cusp type analyzer is the electrostatic analyser which is designed for measurements of medium energy charged particles. The novel design enables practical size of over-all system, with $2\text{-}\pi$ [rad] field of view; one can obtain full solid angle coverage by using a satellite spin motion. The combination of APD and cusp type analyser is useful for the rejection of noises caused by high energy particles. For instance, even if an electron of a few [MeV] penetrates sensor walls and deposits energy of 1-100[keV] on APD, we can reject it by referring the measuring energy of the electrostatic analyser at the moment.

我々は、中間エネルギー電子 (1-100[keV]) をターゲットとした電子エネルギー分析器 (MEP) を開発中である。MEP は、入射電子の飛来方向も同時に測定する事で 3次元速度分布を取得することが可能である。放射線帯や磁気圏プラズマシート内、および無衝突衝撃波周辺での電子の加速現象は、基礎物理の観点からしても重要なものである。そして中間エネルギー電子は、電子加速現象を解明するための鍵となっている。放射線帯において、数 [keV] 程度のプラズマシート電子が数 100[keV]-数 [MeV] にまで至るといふ巨大な加速機構を明かすには、その中間をつなぐエネルギー帯の詳細な計測が不可欠である。また磁気嵐などの擾乱時に放射線帯の相対論的電子を作り出すメカニズムとして最も有力なのが、L4 付近での高エネルギーのリングカレント電子とホイッスラーコーラスとの相互作用による統計加速である。中間エネルギー電子が持つ温度異方性はホイッスラー波を励起する事が知られているため、その速度分布の詳細な情報はホイッスラー波の励起条件を議論する上で不可欠であり、高エネルギー電子の生成機構に重大な制限を与えるものである。また磁気リコネクション領域周辺やバウショック等の無衝突衝撃波周辺では、電子のエネルギー分布関数が熱的なマックスウェル分布から非熱的なものに変化していることが明らかになっている。この移行を特徴付けるのが数 keV から数十 keV のエネルギー帯であり、中間エネルギー帯の詳細な観測は加速現象の解明の為に本質的な手がかりとなりうる。しかし中間エネルギー電子は、技術上の問題からこれまで正確な計測が困難だった。MEP はこの中間エネルギー電子のフラックスを、高検出感度、高い信頼性をもって計測できるよう設計される。MEP はカスプ型静電分析器と、アバランシェフォトダイオード (avalanche photodiode; APD) の組み合わせからなる。これまで中エネルギー電子は MCP の検出効率の問題によって、計測したカウントと実際のフラックスを正確に結びつけることが難しかった。APD は SSD 素子の一種であり、素子内部に信号増幅機構をもつ。そのため、SSD では計測不可能であった低エネルギーの電子もカウントできる。SSD の検出効率は原理上ほぼ一定であり、APD の応用によって取得される中エネルギー電子の分布関数は従来に比べて格段に信頼性が高いものになる。そのため、詳細な加速過程の議論が可能になると期待される。既存の素子では 2-40keV までの電子を 10% のエネルギー分解能で計測可能であることが示されており、将来的には 1-100keV までカバーする予定である。またカスプ型分析器は、形状の工夫により小型化された中エネルギー用静電分析器であり、2 ラジアン

野を持っている．衛星のスピンによってピンホール型カメラでは困難な，4 ステラジアンにわたる電子観測が可能となる．また静電分析器と APD の両面から電子のエネルギー情報を得ることで，これまで放射線での観測を本質的に難しくしていたバックグラウンドノイズを除去する事ができる．例えば高エネルギー粒子が APD 素子内部で 1-100[keV] 程度のエネルギーを損失した場合でも，その信号が検出された瞬間に静電分析器で計測しているエネルギーとの相関成立をとる事で，一桁以上のノイズ除去が可能であると予想される．