

JEM-EUSO 望遠鏡用 Front-End ASIC の機能試験

甲南大学大学院 自然科学研究科 物理学専攻
宇宙粒子研究室 修士2年 吉田 賢司

平成24年8月6日

1 Introduction

極限エネルギー宇宙線観測ミッション”JEM-EUSO” 計画が現在進行中である。JEM-EUSO は $10^{20}eV$ 以上のエネルギーを持つ極限エネルギー宇宙線を用いた、天文学・宇宙物理学の創始を目指している。銀河系内外には磁場が存在するため、 $10^{18}eV$ 程度のエネルギー粒子では磁場による偏向の影響が大きく、宇宙線の起源を同定することができないが、 $10^{20}eV$ 以上の極限的エネルギーを持つ宇宙線では図1のように磁場による偏向をほとんど受けずにまっすぐに地球に飛来する。しかし、 $10^{20}eV$ 程度の極限的エネルギーを持った粒子の到来頻度は、 $1\text{ particle/yr}/100\text{km}^2$ 程度の Flux であるため地上の検出器での実験で統計量を得るのが非常に困難である。

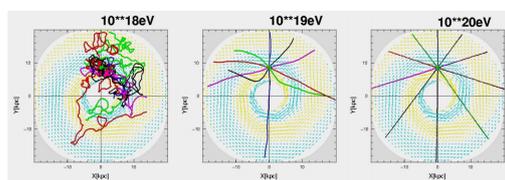


図1: 銀河磁場中を飛来する荷電粒子の運動軌跡

JEM-EUSO は、ISS (International Space Station) に口径約 $2.5m$ 、約 60° の視野を

持つ、超広視野角望遠鏡を搭載して、約 400km^2 の範囲を一度に網羅的に観測する。これにより、非常に到来数の少ない極限的エネルギーを持った宇宙線の観測を、高い統計量で実現するものとして期待されている。

JEM-EUSO 望遠鏡は ISS から地球を観測し、極限エネルギー宇宙線が地球大気原子核と衝突して発生する空気シャワーが放出する大気蛍光を、望遠鏡焦点面に敷き詰めた約 $5,000$ 本の 8×8 pixel のマルチアノード光電子増倍管 (MAPMT) を焦点面検出器として約 30 万画素の読み出しで、 $2.5\mu\text{s}$ の時間間隔で撮像する。

望遠鏡レンズによって焦点面に集光された蛍光光子は、焦点面検出器である MAPMT で電荷信号として読み出され、JEM-EUSO 用に開発された Front-End ASIC である SPACIROC に送られ、電荷信号をデジタルのカウンタ信号として処理されたあと、FPGA に送られ光量選定、到来方向の情報からイベント選別がなされ、トリガーされる。

本講演では、電荷信号からデジタルのカウンタデータの変換処理を担う JEM-EUSO 用の ASIC である SPACIROC の機能試験について報告する。

2 Measurement of 1 photo-electron

ASICの機能試験として、このASICを用いて1光電子(1 p.e. : 1 photoelectron)の測定が正確にできるかどうかを確かめることを考えた。

2.1 Setup

この測定のSetupを以下に示す。

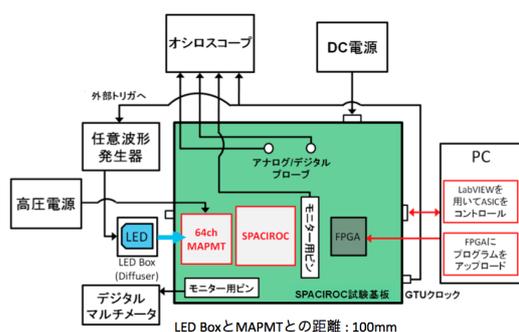


図 2: 測定環境概略図

図2の緑色部がASICのTest Boardである。Test BoardにはFPGAがついており、SPACIROCとMAPMTを装着することができる。このTest BoardにSPACIROCを装着し、Test Boardとコンピュータを接続してFPGAにFirmwareのアップロードする。SPACIROCはTest Boardに接続したコンピュータからLabVIEWで制御を行う。

光源として紫外光LEDを用い、Test Boardに装着したMAPMTから約100mm離したところから光電面全体に一様に光が当たるようにした。LEDにはファンクションジェネレータ(図中の任意波形発生器)を接続してパルス波形を送ることで光量の調整を行った。

2.2 Measurement Result

このSPACIROCでの1p.e.の測定結果は図3のようになった。

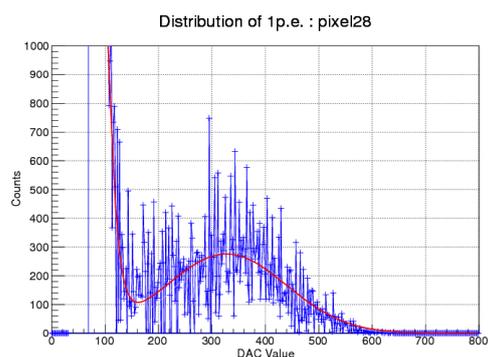


図 3: 1p.e. の分布の測定結果

青線が測定データで、赤線が多重ガウスフィッティングの結果である。光電子数の分布はポアソン分布に従うことが分かっているため、ガウシアンでフィッティングを行い、1p.e.の評価を行った。

その結果、1p.e.のピークはガウシアンフィッティングの結果によく合っており、正しく1p.e.が得られ、SPACIROCが正常に動作していることが確認できた。なお、測定データ点はデータ点同士を線で結んだものであり、エラーバーではない。

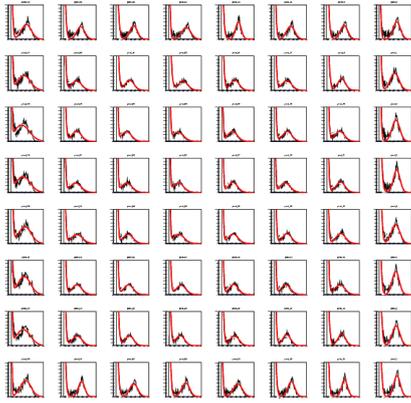


図 4: 8×8 pixel の MAPMT における 1p.e. の分布の測定結果

図 4 は、試験に用いた 8×8 pixel の MAPMT 全ての pixel についての測定データとガウシアンフィッティングの結果である。この結果から、64ch の全ての読み出しについて 1p.e. の測定がきちんに行えていることが分かった。端の pixel の分布が中心に比べて少し光量が多く出ているような結果に見えるが、これはこの試験に使用した MAPMT 自体の特性として、中心付近の Gain が少し低いことと、端の pixel には dynode がついているため中心付近の pixel に比べて有効感度面積が 20%程度広がっている。この 2 つの要因が主に相まってこのような結果が出て

いるものと思われ、これについては特に問題ではないという結論になっている。

3 Conclusion

JEM-EUSO 用に開発された新型の ASIC である SPACIROC の機能試験を行った。この ASIC を用いて、1p.e. の測定が可能であるという結論に至った。今後は、先日、放射線医学総合研究所にて ASIC への放射線照射実験を行ったので、そちらの結果についての解析を行って行く予定である。また、8 月中頃に改良型の ASIC である”SPACIROC2”が評価ボードと共に手に入る予定であるので、そちらの方の特性試験を行っていき、最適な ASIC の開発に向けて研究を続けて行く予定である。

4 Acknowledgment

The authors thank the Yukawa Institute for Theoretical Physics at Kyoto University. Discussions during the YITP workshop YITP-W-12-08 on ”Summer School on Astronomy & Astrophysics 2012” were useful to complete this work.