

平成25年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：Ashra 観測のための宇宙線撮像センサーの試験
英文：Test of the sensor to detect cosmic rays for Ashra observation

研究代表者 茨城大学・工学部・准教授 木村孝之
参加研究者 東京大学宇宙線研究所・准教授・佐々木真人、技術専門職員・青木利文、
東邦大学理学部・教授・小川了、教授・渋谷寛、M2・安彦ちほ、
M2・鹿子畑千也子、M2・高田巧磨

研究成果概要

Ashra-1 では広視野高解像度集光器を用いた、広視野での可視光観測、超高エネルギー宇宙線および超高エネルギーニュートリノのチェレンコフ観測を行ってきた。しかし、超高エネルギーニュートリノ事例の統計を稼ぐためには、大気蛍光観測の実現が重要な課題である。Ashra-1 の広視野で精細な光学系の利点を活かし、大気蛍光観測を実現するには、100ns程度以内で露光すべき画素群かどうかを判定し(レベル1 トリガー)、かつ、凡そ 10 μ s程度以内に露光された信号事例の飛跡に相当する電荷かどうかを判定する(レベル2 トリガー)を経て、センサー画素容量から画像メモリーへ読み出し転送するトリガー制御撮像精細センサーが有用である。トリガーセンサーは 64 \times 64 画素検出器で構成され、そのトリガー画素に相当する精細画素群の領域に対して露光と読み出しの2段階トリガーを発行することができる。トリガーセンサーによって信号判定された画素領域のみ独立に露光読み出しできる撮像カメラ (Fine Sensor with Trigger; FST) は、CMOSプロセスを用いてカスタム製作した 400 万画素のCMOS

センサーとFPGAを用いた読み出し回路を組み合わせて開発された(図1参照)。FSTのCMOSセンサーのアナログ特製を計測したところ、飽和容量が 4500e⁻以上あり、平均暗電流 600e⁻/s、波長 525nmに対する量子効率 58%、暗時出力不均一性(DSNU)、感度不均一性

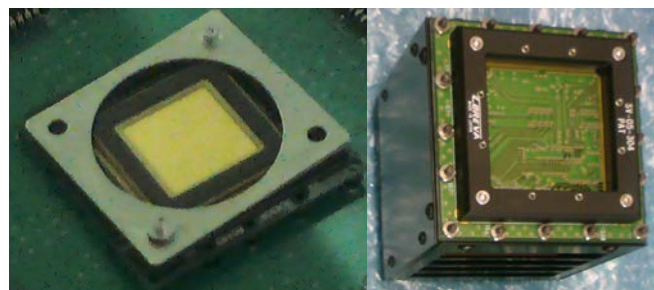


図1： トリガー制御撮像精細センサー。
センサーLSI(左)、カメラボックス(右)。

(PRNU)は各々4%と7%と計測された。これら不均一性の大部分を占める固定パターン成分については、多画素センサーの通例の技術である固定パターン補正によってかなり改善されることが分かっている。一般的なCMOSカメラと比較しても良好な性能といえる。

トリガーセンサーからの祖像から瞬時にレベル1とレベル2のトリガー判定するのがFPGAとDSPを混合で搭載したトリガー回路である(図2左)。大気蛍光による宇宙線空気シャワー飛跡に対するレベル1とレベル2のトリガー判定の論理プログラムを開発し、実装試験をしている。大気蛍光トリガー用の判定に必要なパラメータは明野に設置された試験観測用の集光器と撮像装置によって調査される。ハードウェア仕様として部分領域の独立な露光と読出しを実現していることが試験され確認されている。

現在、トリガーセンサーとFSTは光電撮像パイプライン(PIP)に結合され、大気蛍光用のトリガー判定制御による統合連携を試験確認する段階である。その後、明野の試験集光器システムに組み込み、レーザー散乱光による飛跡のトリガー撮像によって実証を行う予定である。



図2 : (左) トリガー回路 (右) CMOS イメージセンサー