

## 平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 小型望遠鏡用カメラの開発

英文：Development of camera for CTA small-sized telescopes

研究代表者 名古屋大学 太陽地球環境研究所・教授・田島 宏康

参加研究者 名古屋大学 太陽地球環境研究所・助教・奥村 暁、院生 D2・日高 直哉、名古屋大学 素粒子宇宙起源研究機構 現象解析センター・准教授・松本 浩典、名古屋大学 理学研究科・教授・福井 康雄、助教・奥田 武志、助教・山本 宏昭、研究員・早川 貴敬、研究員・鳥居 和史、京都大学 大学院理学研究科 物理学第二教室・准教授・窪 秀利、山形大学 理学部・准教授・中森 健之、東京大学 宇宙線研究所・教授・手嶋 政廣、甲南大学 理工学部 物理学科 宇宙粒子研究室・准教授・山本 常夏、徳島大学 大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部・助教・折戸 玲子、茨城大学 理学部・准教授・片桐 秀明、東海大学 理学部物理学科・教授・西嶋 恭司、広島大学 大学院理学研究科 物理科学専攻 高エネルギー宇宙研究室・教授・深沢 泰司、助教・高橋 弘充、広島大学 宇宙科学センター・准教授・水野 恒史

### 研究成果概要

我々のグループでは、SLAC と協力して高密度読み出しを可能とする集積回路素子 TARGET とそのカメラモジュールを開発してきた。TARGET は 16 チャンネルの波形記録、デジタル化回路とトリガーなど、カメラ読み出しに必要な基本機能を全て持つため、FPGA と少数の周辺回路で読み出し回路を実現でき、ピクセルあたりの費用を従来の回路の 1/6 以下に出来る特徴を持つ。このような特徴をもつ電子回路系は、CTA の中でもユニークな存在であり、中口径望遠鏡の一つである SCT や小口径望遠鏡の一つである GCT などのデュアル光学系用のカメラには、TARGET 電子回路を採用することになっている。

TARGET の第 1 号機は予定通り動作したが、周波数帯域やクロストークの面で性能が若干不十分だったため、改良版の 2 号機を開発した。しかし、設計や製造上の問題から 2 号機は動作に問題があり、十分に試験が出来なかったため、改良版の 3 号機である TARGET-5 を製造し、詳細な機能・性能試験を実施した。3 号機ではトリガー回路系の性能が不十分だったため、4 号機となる TARGET-7 を開発しトリガー性能を向上させるとともに、デジタル化回路のダイナミックレンジも 1.5 倍程度に改良した。その 4 号機のダイナミックレンジを評価した所、図 1 の通りダイナミッ

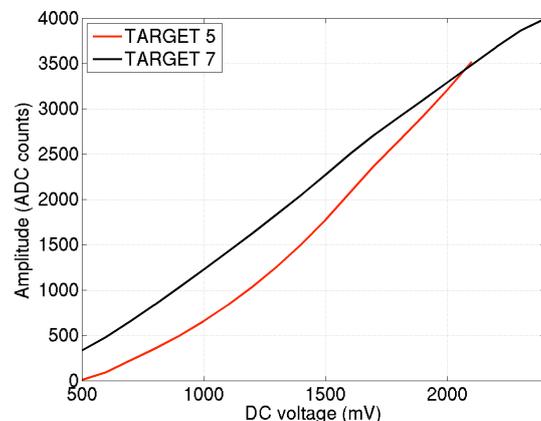


図 1 TARGET-5 と TARGET-7 のダイナミックレンジ、直線性の比較

クレンジや直線性が改良されていることを確認した。さらに、TARGET ではチャンネルあたり 1 万 6 千個のセルに入力電圧を保存することで波形記録機能を実現しているが、セル毎の較正が必要となると非現実的である。そこで、効率的な較正方法について調査した。その結果、各セルのゲインや直線性はほぼ均一であり、64 セル毎に周期性のあるオフセットのみ較正することで、図 2 の通り必要な電圧変換精度を得られることがわかった。トリガー性能に関しても性能測定を実施したが、波形記録回路からの干渉のためは要求を満たすことができないことが判明した。集積回路中の干渉を抑制するには、ガードリングの導入など有効な方法があるが、今後の開発スケジュールを考慮して、TARGET からトリガー回路を切り離してトリガー用集積回路を開発するという新たな方針を立てた。そこで、波形記録回路が動作していない状態での TARGET-5 と TARGET-7 のトリガー性能を測定し、TARGET-5 は図 3 の通り要求を十分に達成していることを確認した。

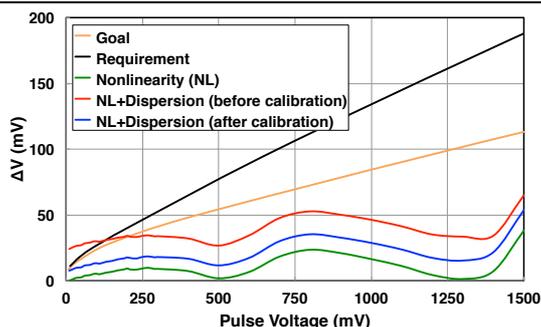


図 2 TARGET-7 の電圧測定精度の波高依存性

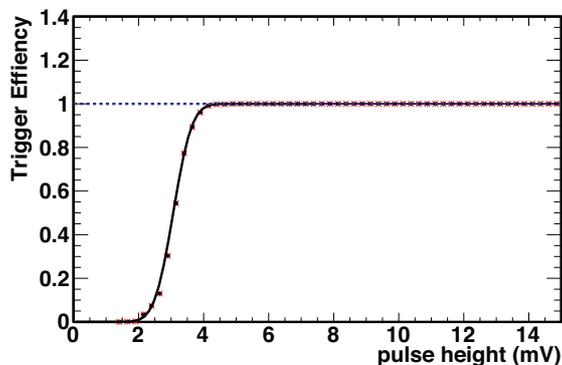


図 3 TARGET-5 のトリガー効率の波高依存性、トリガー効率が 50%になる電圧がトリガー閾値となる。