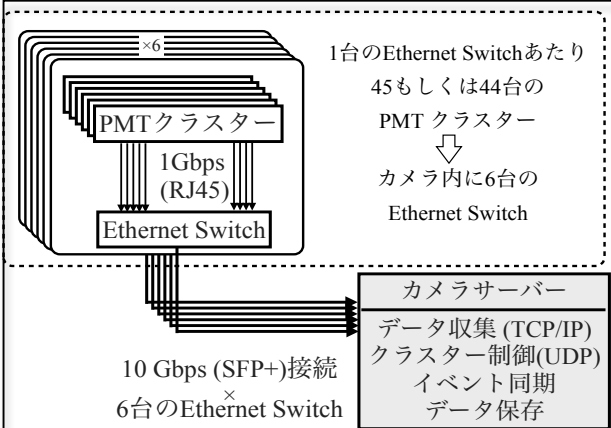


平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

<p>研究課題名 和文：CTA 大口径望遠鏡の高速データ収集システムの開発研究 英文：Development of an ultra-fast data acquisition system for the CTA Large Size Telescope</p>
<p>研究代表者 中嶋大輔(東大宇宙線研究所) 参加研究者 手嶋政廣, 林田将明, 齋藤浩二, 荻野桃子, 高橋光成, 小島拓実, 石尾一馬, 大岡秀行(東大宇宙線研究所), 窪秀利, 今野裕介, 土屋優悟, 増田周, 齋藤隆之(京都大学), 山本常夏, 猪目祐介(甲南大学理工学部), 寺田幸功, 小山志勇, 永吉勤(埼玉大学), 西嶋恭司, 榎田淳子, 井川大地, 辻本晋平(東海大学)</p>
<p>研究成果概要</p> <p>次世代大気チェレンコフ望遠鏡(CTA)は、日米欧を中心とした世界 28 カ国の国際共同プロジェクトとして開発が進められている。CTA 計画の中で日本グループ(CTA-Japan)は、大口径望遠鏡(LST)の開発を主導的に行っている。LST の鏡の口径は 23m で、その焦点面には 1855 本の光電子増倍管(PMT)からなるカメラが搭載されている。カメラ内の PMT は 7 本ごとにクラスターとしてまとめられ、読み出しフロントエンドモジュールに接続される。それぞれの PMT の波形データはクラスター読み出し回路内でデジタル化され、フロントエンドモジュール内の FPGA に実装された SiTCP 技術により、1 Gbps の TCP/IP 通信で転送される。クラスターからのデータはカメラ内に置かれた 6 台のイーサネットスイッチにまとめ、イーサネットスイッチから、地上に置かれたカメラサーバーへ 10Gbps の SFP+で光ファイバー通信で転送される。図 1 には、データ収集システムの概略図を示す。</p> <p>LST は CTA の中でも 20 GeV という最も低いエネルギー閾値での観測を担うため、トリガー閾値を限界にまで下げて観測を行う。そのため、夜行等によるバックグラウンドにより、トリガーレートは最大で 15 kHz 程度になると予想されている。このとき生成されるデータは 30 Gbps 程度になる。</p> <p>この膨大なデータを効率良く高速に読み出すことができなければ、観測の不感時間を増やしてしまうことになり、望遠鏡としての感度を低下させてしまう。そのため本研究では、LST の感度を最大限に引き出すための高速データ収集システムの開発研究を行った。望遠鏡のカメラを構成するフロントエンドモジュールは量産が終わっていなかったため、本研究では市販の汎用コンピュータを用</p>
 <p style="text-align: center;">図 1 . カメラデータ収集ネットワークの概略図</p>

いて、擬似フロントエンドを構築し、システムの開発と性能評価に必要な環境を整えた。データ転送のトリガーは擬似クラスターフロントエンドに対して UDP ブロードキャストパケットを送信することで行うことができる。ハードウェアとして必要な性能を満たすイーサネットスイッチ(Netgear GS752TXS)を選定し、購入して、イーサネットスイッチあたりのデータ収集性能の評価を行った。ソフトウェアとしては、TCP/IP で非同期に送られてくるデータをイベント番号と時間情報をもとにイベントの再構成を行うプログラムを開発した。マルチスレッド処理により、データ並列化することにより高速化を図った。図 2 は、1 から 26 台までの擬似クラスターフロントエンドをイーサネットスイッチに接続し、カメラサーバー試作機コンピュータで収集した際のデータ収集性能の結果である。グラフ中、色とマーカーの違いは、トリガーレートの違いを表している。イーサネットスイッチからカメラサーバーコンピュータまでは 10 Gbps の SFP+ で接続されているため、これがハードウェアとしての最大性能である。実際には 1 台のイーサネットスイッチあたり 45 台のフロントエンドが接続されるが、擬似クラスターフロントエンドは 26 台までしか用意することができなかつた。しかし、26 台の接続で 45kHz 程度までのトリガーレートであれば追

随できるという結果が得られたため、これを外装すると 45 台接続でも 30 kHz 程度のトリガーレートまではデータ収集が可能である可能性を示すことができた。これは、要求値の約 2 倍の性能に対応する。また、10 時間程度の連続試験を行い、システムとしての安定性も確認した。

本研究により、システムのフレームワークを完成させることができたため、今後はクラスターフロントエンドが量産され次第、実際の環境に近い条件での試験を行い、統合試験を行う予定である。

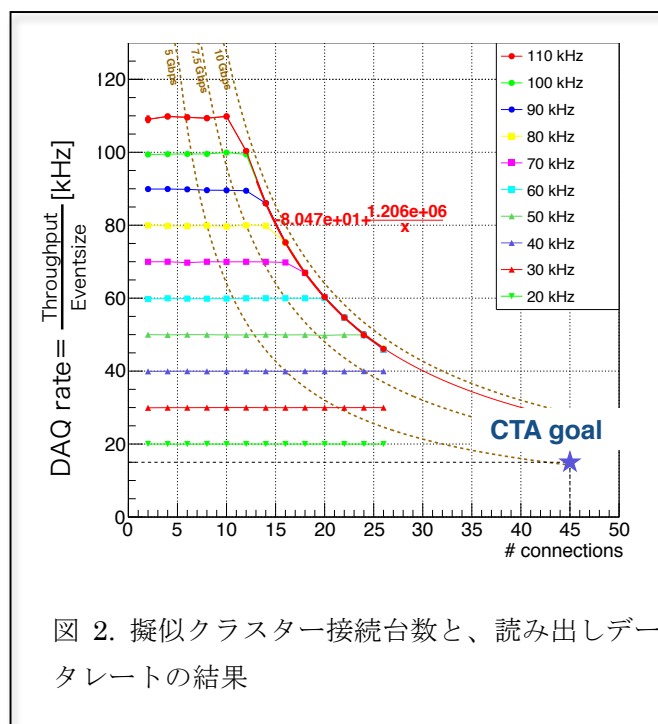


図 2. 擬似クラスター接続台数と、読み出しデータレートの結果