

2020 (令和二) 年度 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA 大口径望遠鏡光電子増倍管の特性監視システムの開発
英文：Development of a system for monitoring characteristics of the CTA-LST PMTs

研究代表者 高橋 光成
参加研究者 小林 志鳳、櫻井駿介

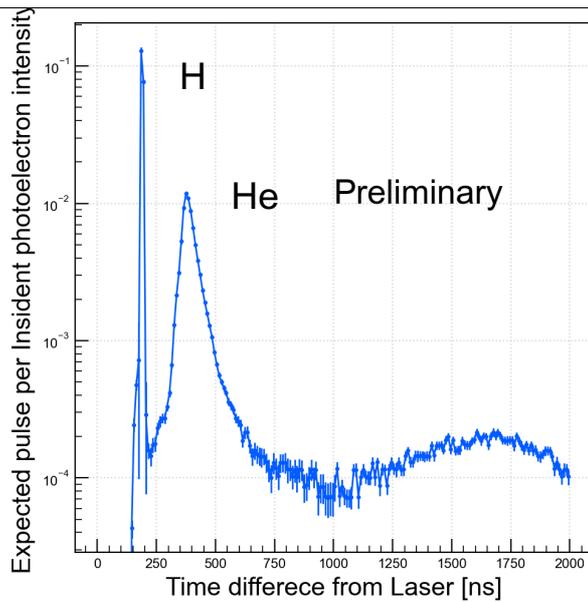
研究成果概要

スペイン・ラパルマ島に建設された Cherenkov Telescope Array (CTA) 大口径望遠鏡 (Large-Sized Telescope; LST) の初号機のコミッショニングが現在行われている。LST のカメラを構成する光電子増倍管 (Photomultiplier; PMT) の重要な特性の一つであるアフターパルス発生確率・波高スペクトルを測定・解析する監視システムを開発した。

アフターパルスは PMT で光電子の増幅がされた際に低確率で発生するイオンがつくる信号で、単発のイベントでも望遠鏡のトリガー条件を満たしてしまう場合がある。そのため発生確率・波高スペクトルは望遠鏡トリガーのエネルギー閾値に大きな影響があり、望遠鏡のモンテカルロシミュレーションに正しい値を入力する必要がある。

LST 初号機の PMT、R11920-100 のアフターパルス発生確率は望遠鏡へのインストール前に実験室で測定されており、平均約 0.009% であった。アフターパルスは空気中からのヘリウム等の浸透により増加している可能性がある。また一方、観測時の光への曝露が発生確率を減少させる可能性が実験により示唆された。このため現在・将来の値の推定は難しく、望遠鏡に搭載されている PMT の実測を 2020 年 7 月に行った。

この測定では LST 初号機カメラのシャッターを開放し、主鏡中心部に備え付けられた較正用レーザーから、数千光電子の光量のパルス光を照射、パルス光の後 $2\mu\text{s}$ にわたって PMT の波形をサンプリング・取得した (ON データ)。ここにはアフターパルスだけでなく夜光バックグラウンドも約 300 MHz で混入してくるため、OFF データとして



取り除いている。なお、測定は新型コロナウイルス流行を受け運用のリモート化が急ピッチで進められたため日本から実施することができた。

以下に測定した 217 本の PMT の平均の結果を述べる。図 1 はレーザー光信号の時刻を 0 とした時のアフターパルス到来時刻分布である。アフターパルスの時刻はイオン種によって決まり、この図でも約 200 ns の H⁺イオンと 300~600 ns あたりの He⁺の成分が卓越している事が確認できる。図 2 にはアフターパルスイベントの波高分布を示した。

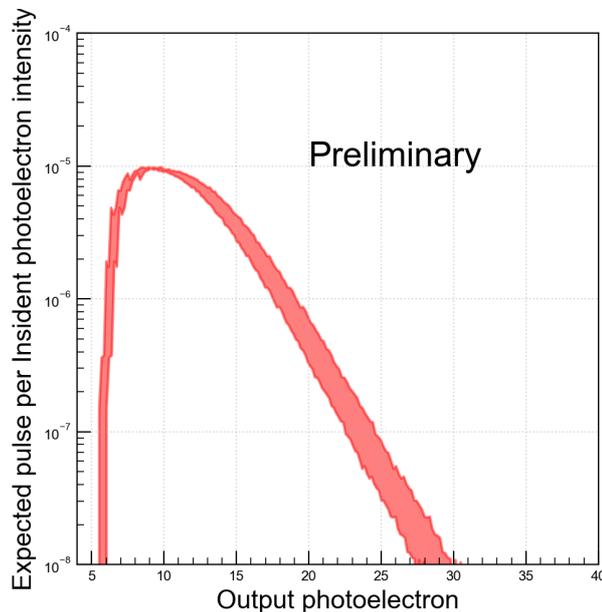


図 2 : アフターパルス波高分布

レーザー光無しの周期トリガーによるデータも取得した。現在 LST で使われているデータ取得ソフトウェアはアフターパルスの時間スケールよりかなり短い 40 ns の範囲でしか使えないため、開発段階で使用されていた 1024 ns までサンプリングできるソフトウェアを代わりに用い、測定を 2 回に分けて 2 μ s 後までをカバーした。次いでこれらのデータからパルス信号を抽出する解析プログラムを開発した。OFF データの波高分布を ON データのものから差し引き、夜光成分を

ただし 10 光電子以下の領域では夜光イベントの影響が大きく、信頼できる結果が得られていない。また波高のスケーリングについて若干の不定性があり、帯で表示している。

今後、波高のスケーリングを検証して過去の実験室での測定結果と比較できるようにする。また 2021 年度も測定を実施し、変化があるか確認する。将来的には、標準のデータ取得ソフトウェアの測定範囲を拡大してもらい、定期的な望遠鏡較正作業の一環として組み込むことも考えている。