光電子増倍管における1光電子分布の解析

No.383　吉井　柊　（宇宙粒子）

多くの物理現象は光によって測定される。測定する光が非常に微弱な場合、光子を1つずつ精度良く測定することが必要である。このような微弱な光の測定に広く用いられている光検出器の１つとして光電子増倍管（PMT）があり、様々な分野に応用されている。PMTに入射した光（光子）は光電面で電子を励起し、光電子を放出する。その電子数を増幅させ電流として測定することで光を検出する。光子を光電子に変換する効率を量子効率といい、現在では量子効率40％以上もの性能を持ったPMTが開発され、測定精度も向上している。PMTの性能を評価するためには正確な1光電子の信号強度の測定・解析が要求される。そこで本研究ではPMTに微弱なLED光を照射することによって測定したデータから1光電子の分布を推定し、増幅後の1光電子の平均電荷量、PMTの増倍率を高精度で測定する方法を開発した。

本研究で使用したPMTは大口径望遠鏡の焦点面検出器の光検出素子としても採用されている。PMTからの出力信号分布は0光電子（ノイズ成分）、1光電子とそれ以上の光電子が重なり合った分布となる。1光電子分布を推定するためにPMT に入射した光によって作られる光電子数の分布はポアソン分布に従うと仮定し、この過程から各光電子の分布を推定した。0光電子を除いた分布からポアソン分布により求めた2光電子以上の分布引くと1光電子の分布が求まる。解析では1光電子分布を求める各手順において誤差を伝播させ、その精度を求めた。また1光電子分布推定前の0光電子のイベント数から求まる平均光電子数と、推定後に全分布の平均電荷量を求めた1光電子の平均電荷量で割ることによって求まる平均光電子数を比較することによって解析の整合性を検証した。このようにして求めた1光電子分布を、PMTにかける高電圧を変化させた場合及びLEDの光量を変化させた場合において測定・解析した。その結果、光量が平均1光電子程度で3％以下の精度で求まることが分かった。