

宇宙線断層撮像のための基礎研究

岸田 柁 (甲南大学大学院 自然科学研究科)

Abstract

地球に降り注ぐ宇宙線を測定して、建築物や地中の構造を解像することを宇宙線断層撮像という。宇宙線断層撮像のためにシンチレーションカウンターを用いて宇宙線を測定する。本研究ではシンチレーションカウンターの光検出器として PMT(PhotoMultiplier Tube) と MPPC(Multi-Pixel Photon Counter) を用いて測定を行った。PMT と MPPC の基本性能を見るために LED を点灯させて測定をから宇宙線の測定を行い、比較を行った。本講演ではその結果について発表する。

1 序論

宇宙線とは宇宙空間から来る放射線の総称で、地球に入射する宇宙線を 1 次宇宙線、それが大気の子核と相互作用して生成されるものを 2 次宇宙線という。エネルギー範囲は約 0.1GeV から約 10^{20} eV を越えるものまで観測されている。また、1 次宇宙線が大気に入射して多数の 2 次宇宙線を生じ、それらが地上に到来する現象を空気シャワーという。地上 ($1000g/cm^2$) では、ミューオンが一番多くなり、次に多いのは電子成分である。この地上に降り注ぐ宇宙線を測定して、建築物や地中の構造を解像することを宇宙線断層撮像という。

また、放射線(荷電粒子や線など)が当たると蛍光を発する物質をシンチレータという。また、この発光現象をシンチレーション、その光をシンチレーション光という。このシンチレーション光を利用して粒子を検出する装置をシンチレーションカウンターといい、宇宙線断層撮像のためにシンチレーションカウンターを用いる。

本研究では宇宙線断層撮像に用いるシンチレーションカウンターの光検出器として MPPC(Multi-Pixel Photon Counter) と PMT(PhotoMultiplier Tube) の性能評価、比較を行うことを目的とする。

2 LED 光での測定

宇宙線を測定した際にどれくらいの p.e. 数が得られているのか、PMT と MPPC での結果を比較する

ためには 1p.e. が何 ADC カウントに相当するのかを調べる必要がある。そのために PMT と MPPC それぞれにおいて、LED を点灯させることにより測定を行った。

2.1 測定方法

図のように回路を組み、暗箱の中で LED を微弱に点灯させて PMT で測定した。

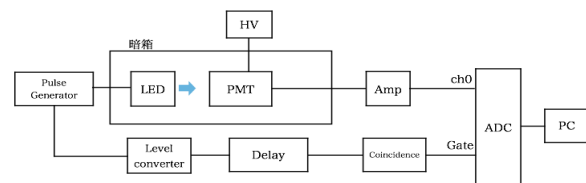


図 1: PMT での LED 測定時の回路図

MPPC で測定した際の回路図を以下に示す。暗箱の中で LED を微弱に点灯させて MPPC で測定した。

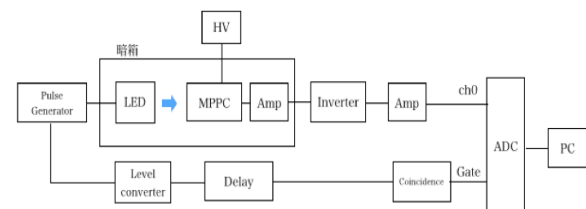


図 2: MPPC での LED 測定時の回路図

2.2 結果

PMT での LED 光の測定結果のグラフを以下に示す。縦軸は事象数、横軸は ADC カウントである。PMT の測定では 1p.e. のピークは 112ch であり、ペダスタルピークは 104ch であったので、1p.e. が 8ch に相当することがわかった。

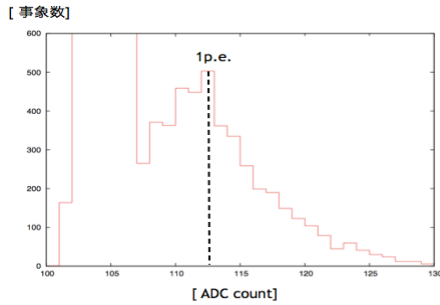


図 3: PMT での LED 測定結果

次に、MPPC での LED 光の測定結果のグラフを以下に示す。縦軸は事象数、横軸は ADC カウントである。MPPC の測定では 1p.e. のピークは 108ch であり、ペダスタルピークは 98ch であったので、1p.e. が 10ch に相当することがわかった。

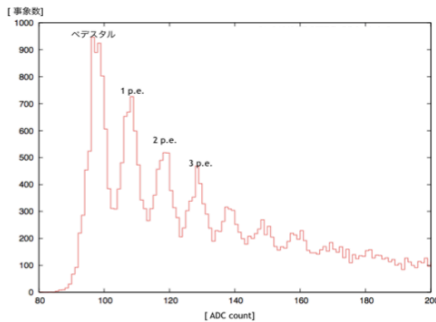


図 4: MPPC での LED 測定結果

3 宇宙線での測定

3.1 測定方法

宇宙線測定のためのシンチレーションカウンターを図に示した。

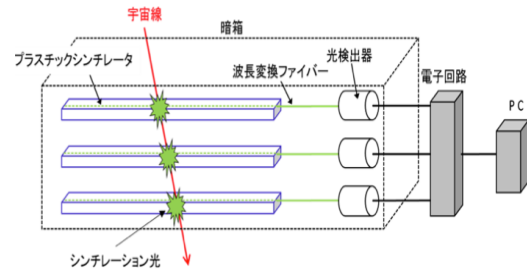


図 5: シンチレーションカウンター

図のように暗箱の中にプラスチックシンチレータを 3 層設置した。シンチレータはそれぞれ厚さ 1.2cm、幅 5.0cm、長さ 75cm のものを用いた。各シンチレータの溝には波長変換ファイバーを通してあり、ファイバーからシンチレーション光を取り出し、MPPC と PMT で検出する。波長変換ファイバーは吸収波長ピークが 430nm、発光波長ピークが 476nm のものを用いた。さらにシンチレータで発光したシンチレーション光を効率よく取り込むため、反射材を巻いた。

シンチレーションカウンターの 1 層目と 3 層目でコインシデンスをとり、2 層目の検出結果をグラフにプロットする。また 2 層目の検出器として PMT と MPPC を用いることで両検出器の比較をおこなう。回路図は図のようになっている。

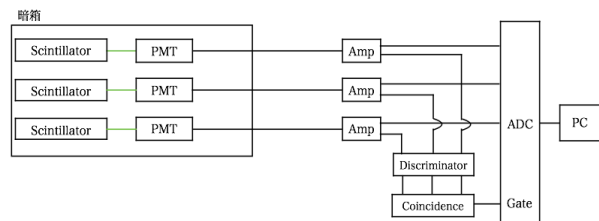


図 6: シンチレーションカウンターの回路図 (2 層目: PMT)

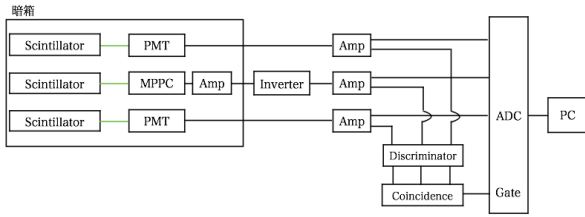


図 7: シンチレーションカウンターの回路図 (2 層目: MPPC)

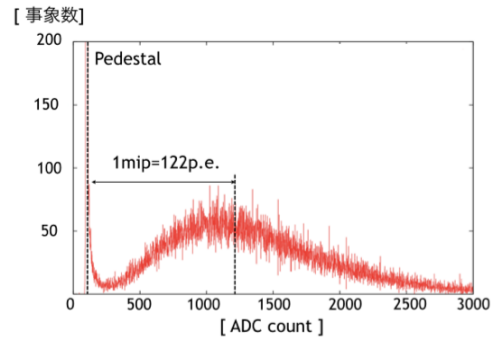


図 9: MPPC による宇宙線測定の結果

3.2 結果

PMT で 2 次宇宙線を測定した結果のグラフを以下に示す。縦軸は事象数、横軸は ADC カウントである。

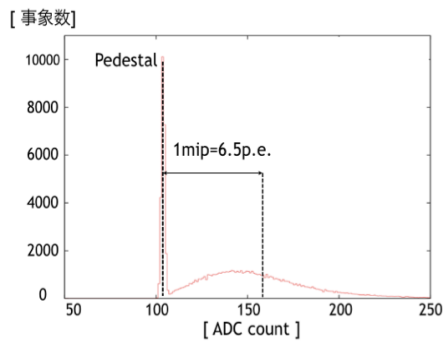


図 8: PMT による宇宙線測定の結果

PMT での測定結果からペDESTALを引いた ADC カウント数の平均は 52ch であった。1p.e. は 8ch であったので、検出できた p.e. 数は 6.5p.e. であった。

次に MPPC で 2 次宇宙線を測定した結果のグラフを以下に示す。縦軸は事象数、横軸は ADC カウントである。

MPPC での測定結果からペDESTALを引いた ADC カウント数の平均は 1226ch であった。1p.e. は 10ch であったので、検出できた p.e. 数は 122p.e. であった。

このことから 1m.i.p(最小電離粒子) に対しては MPPC は PMT の約 19 倍の光電子数を得られることがわかり、MPPC を宇宙線断層撮像装置の光検出器として用いるのが良いのではないかと考えられる。

Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号: YITP-W-15-04) 及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。