

平成 30 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：CTA と LEAP によるガンマ線バーストの同時観測可能性に関する研究
英文：The study on simultaneous observations of gamma ray bursts by CTA and LEAP

研究代表者 山形大学・理学部 教授 郡司修一
参加研究者 山形大学・理学部 准教授 中森健之
東京大学宇宙線研究所 准教授 吉越貴紀
東京大学宇宙線研究所 助教 大石理子

研究成果概要

本研究はガンマ線バーストからのガンマ線を広いエネルギー範囲で観測し、そのガンマ線の偏光方向の差から量子重力理論に制限を付ける事を目的とした研究である。すでにガンマ線バーストからの数 100keV のガンマ線の偏光観測は実現できており、数 keV の X 線領域でも 2021 年に IXPE 衛星が打ち上げれば観測できる可能性がある。しかし未だ数 10GeV での偏光観測は実現されていない。そこで、チェレンコフ望遠鏡を使ってガンマ線の偏光を測定可能かシミュレーションによって調べる事を研究の目的としている。高エネルギーガンマ線が大気中に入ると、大抵の場合最初に電子対生成の反応を起こす。そして、その電子と陽電子が射出される方向が入射ガンマ線の偏光情報を持っている。この最初にできた電子と陽電子が作るチェレンコフ光を地上から観測する事で、電子と陽電子がどちら方向に射出したかが分かれば、原理的にガンマ線の偏光情報を取得できることになる。このようなシミュレーションを行うには、偏光した高エネルギーガンマ線を大気に打ち込み、その際のチェレンコフ光をシミュレートする必要がある。しかし、このような最適なシミュレーターが存在しなかったので、CORSIKA というスタンダードなエアershowerシミュレーターで偏光した高エネルギーガンマ線を打てるようにコードを改変した。そしてまずは、正しくコードを改変できているのかを調べる作業から始めた。次のページの図 1 は、20GeV のガンマ線を入射した際にできる電子陽電子のエネルギーを調べた図である。この図を見ると、電子と陽電子のエネルギーが異なっている事が分かるが、これはハイトラーによって計算された結果と一致している。また図 2 は電子と陽電子が放出されるアジマス方向の分布を取ったものである。シミュレーションは 100%偏光した 20GeV のガンマ線に対して行ったが、計算式から予想されるモジュレーションパターンが観測された。以上の事から、シミュレーターの改変は上

手くいつている事を確認した。次に最初にできた電子陽電子が地球磁場によってどの程度曲げられてしまうのかを調べた。その結果およそ電子や陽電子ができてから 160m 程度進んだ状態では、その方向が 7 度程度しか変わらない事が分かった。

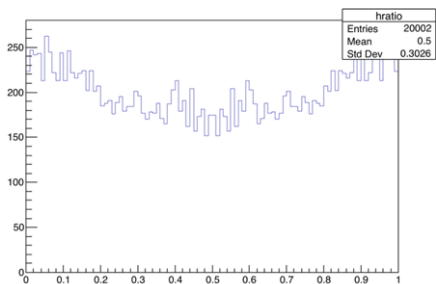


図 1：電子に付与されるエネルギーの割合

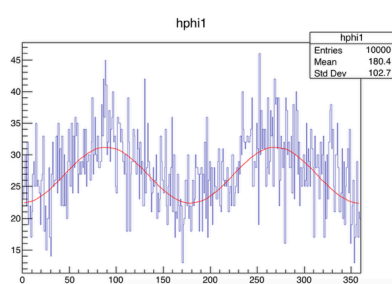


図 2：偏光ベクトルに対する Φ の分布

さらに最初にできた電子陽電子が作るチェレンコフ光子と 2 次的に作られるチェレンコフ光子がどの程度の割合になるのかを調べてみた。以下の図は光子の到来位置、到来方向、到来時間によって簡単なカットを行って得られた結果である。左図が信号とバックグラウンドの両方をプロットした図であり、右図が信号だけをプロットした図である。現在の簡単なカットでは信号に比べてバックグラウンドが数 100 倍大きいので、さらにバックグラウンドを低減するための厳しいカットを行う必要があることが分かった。

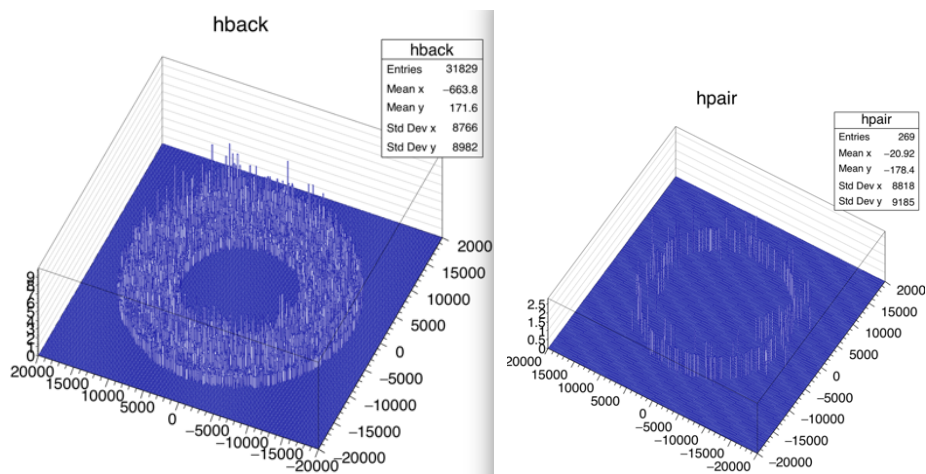


図 3：地上に落ちてくるチェレンコフ光子を描いた図。左図は 2 次粒子が作るチェレンコフ光子も全て描いた図であり、右図は最初にできた電子と陽電子が作るチェレンコフ光子だけを描いた図であり、この光子だけが偏光情報を持っている。