

論文内容の要旨

MAGIC による数十 GeV 線天文学

The sub-hundred GeV γ -ray astronomy by MAGIC

間瀬圭一

MAGIC(Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov) 望遠鏡は直径 17 m の鏡面を持ち、現在世界最大のイメージング大気チェレンコフ望遠鏡 (IACTs) である。MAGIC はその大口径を活かし、エネルギー閾値を下げ ($\sim 30\text{GeV}$)、現在衛星実験と IACTs で観測されていない未開拓エネルギー領域を観測する。

この論文では MAGIC 望遠鏡による最初の観測データを解析した結果を示す。データ較正の方法としてミュオンによる絶対較正法を用いて、望遠鏡のフロントエンドからバックエンド¹までの絶対較正を行った。この方法による ADC カウントから光子数への変換因子の誤差は系統誤差も含めて 6%程度に抑えられている。これは他の系統誤差に比べて良い精度で絶対較正が行えていると言える。このミュオンによる絶対較正が正しいことが以下の 3 つの方法により確かめられた。

- イメージパラメータ分布を MC と観測データとで比較。
- 宇宙線バックグラウンドの頻度を MC と観測データとで比較。
- 高エネルギー γ 線領域における標準光源であるカニ星雲からのフラックスを過去に得られた観測結果と比較。

いずれの比較も良く一致し、ミュオンによる絶対較正がうまく行っていることが分かった。このミュオンによる絶対較正法が良い点は (1) 小さい誤差で絶対較正できることだけでなく、(2) ミュオンは通常観測中にトリガーするので、この較正に特別な時間が必要ではない、(3) ミュー

¹ 鏡 → plexiglass → ライトガイド → PMT の光電面 → PMT の第 1 ダイノード → PMT での増幅 → プレアンブによる増幅

オンからのチェレンコフ光の波長スペクトラムは γ 線シャワーからのものと似ている点など有利な点が多い。この較正に使うことができるミュオンは2 Hz程度で観測可能であり、10分程度毎の観測で統計誤差を3%程度に抑えることができることから、10分程度毎の望遠鏡の絶対較正が可能である。このことから、このミュオンによる絶対較正法はMAGICのような大口径チェレンコフ望遠鏡にとって非常に有用な較正法であると言える。

またインパクトパラメータ²が大きいミュオンはそのイメージが γ 線に似て、MAGICのような大口径の望遠鏡にとってバックグラウンドになる可能性があった。この影響を調べるために、モンテカルロ (MC) データを用いて定量的に調べた。その結果、インパクトパラメータが60-90 mのミュオン像はエネルギーが約60 GeV程度の γ 線と良く似たイメージを作り、バックグラウンドとなることが確かめられた。このMCからミュオンバックグラウンドは全頻度の約3分の1含まれることも分かった。このバックグラウンド除去可能性についても議論する。このことは次期将来計画をたてる上で重要である。

また、観測された約2時間のカニ星雲のデータをRandom Forest法という新しい解析方法を用いて解析を行い、約60 GeV - 2 TeVエネルギー領域で信号を観測した。導出された微分フラックスは $E > 300 \text{ GeV}$ 以上で、 $dF(E)/dE = (3.58 \pm 0.76) \times 10^{-7} \times (E/\text{TeV})^{-2.79 \pm 0.35} [\text{m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{TeV}^{-1}]$ ($E > 300 [\text{GeV}]$)である。この300 GeV以上の観測された微分フラックスは過去に観測された結果と良く一致している。また200 GeV以下の微分フラックスは単純な巾関数で表されず、カニ星雲の加速モデル(SSCモデル)が予測するフラックスと矛盾しない。

²望遠鏡とミュオンの走行軸までの距離