

論文審査の結果の要旨

氏名 間瀬圭一

本論文では、MAGIC 望遠鏡をミュオンにより絶対較正を行い、カニ星雲からの 60GeV-数 TeV の高エネルギー γ 線を観測した結果が示されている。

本論文は全 11 章から成る。第 1 章は序論であり、論文の概要が述べられている。第 2 章は観測対象である γ 線の発生機構、その検出方法、並びに最近の γ 線天文学における重要な結果と、MAGIC が新しく行う γ 線天文学と物理について端的にまとめられている。第 3 章では MAGIC 等のチェレンコフ望遠鏡で高エネルギー γ 線を検出する原理が詳細に述べられている。特に MAGIC が興味のある数十 GeV の γ 線が作り出す空気シャワーの特徴が詳細に述べられている。第 4 章では MAGIC 望遠鏡のシステムについて簡潔にまとめられている。第 5 章で MAGIC が γ 線を測定する上でのバックグラウンドについてまとめられている。第 6 章では空気シャワーを扱う実験で非常に重要なモンテカルロについてまとめられている。第 7 章では高エネルギー γ 線天文学を切り開く事になった、高いバックグラウンド除去能力を持つイメージング法についての説明がおこなわれている。このイメージング法というのは、カメラで得られた γ 線シャワーと、バックグラウンドとなる宇宙線が作り出すハドロンシャワーのイメージの違いを利用して、バックグラウンドを落とす方法である。本論文においては、シャワーの N 次元パラメータ空間を利用した Random Forest 法という新しい解析方法が試されている。これにより、数十 GeV 程度の比較的低エネルギーの高エネルギー γ 線の検出に成功しており、本研究の特徴のひとつである。第 8 章では宇宙線ミュオンについての詳細な記述と、データの解析結果が述べられている。MAGIC のような大型のチェレンコフ望遠鏡においては、ミュオンはバックグラウンドになるとともに、装置の絶対較正源として用いる事が出来る。論文提出者は、このバックグラウンドの影響をモンテカルロデータを用いて詳細に調べた。また実際に 2004 年

9月に取られた約2時間のMAGICの最初のデータを用いて、ミューオンにより鏡に入射する光子数から、デジタル化されたカウント数への変換因子を6%の精度で決定している。これにより、 γ 線のエネルギー決定に対しての系統誤差を減らし、これまでの実験に比べて良い精度でエネルギーを決定できるようになった。このようにして絶対較正されたデータを用いて、カニ星雲のデータを解析した結果が第9章に示されている。この結果、60GeV–2TeVの γ 線を検出している。MAGICのようなイメージ撮像が出来るチェレンコフ望遠鏡での、200GeV以下の γ 線の検出は初めてのことである。同様のエネルギー領域ではCELESTE、STACEE等の太陽光発電所の鏡面を利用した実験があるが、これらの実験ではイメージング法によるバックグラウンドの除去ができない。そのため、MAGICの測定の方が感度が良く、今回MAGICの観測時間は2時間であるが、CELESTEが公表している6時間のデータよりもより精度の高い測定を行うことができた。カニ星雲の加速モデルとしては広くシンクロトロン自己逆コンプトン(SSC)モデルが受け入れられている。今回のMAGICのデータは、誤差の範囲でSSCモデルと矛盾しないものである。今後、観測時間を増やし、装置の理解を深める事で、より詳細なモデルを決定できるであろう。また500GeV以上のエネルギースペクトラムは、過去の実験により求められたフラックスと誤差の範囲で一致する事から、ミューオンによる絶対較正法がうまく働いていることを示すとともに、MAGIC望遠鏡が正常に動作していることを示している。これらの結果が第10章にて議論され、第11章にてまとめられている。

第8章はマックスプランク研究所所長の手嶋政廣氏と共同研究になっているが、論文提出者はMAGICコラボレーションの中でもこのミューオンに対する責任を持っており、論文提出者が主体となり解析を行った結果であり、提出者の寄与が十分であると判断できる。

現在までのところ数10GeVから数100GeVまでのエネルギー領域は、衛星では有効面積が小さい、チェレンコフ望遠鏡ではエネルギーが低くシャワーからのチェレンコフ光が十分でないなどの問題からあまり観測ができないでいた。今後、MAGICは大きな集光面積を

用いたより精度の高い観測で、このエネルギー領域を観測し新しい物理を導出することが期待される。

以上のことから博士（理学）の学位を授与できると認める。