

論文審査の結果の要旨

氏名 土屋 兼一

豪州ウーメラで運用されている CANGAROO 望遠鏡は、高エネルギー宇宙ガンマ線が大気中で作る空気シャワー粒子を、チェレンコフ光で撮像観測する IACT (Imaging Air Cherenkov Telescope) である。チェレンコフ光は光電子増倍管 (PMT) モザイクからなるカメラで撮像し、シャワー像の幾何学的特徴からガンマ線に起因するシャワーであることを同定する。ガンマ線のエネルギーは、チェレンコフ光の総量から求める。陽子・原子核宇宙線による多数の背景雑音シャワーの下で、ガンマ線起源の空気シャワーを確実に同定する為に、標的方向 (On-source) と背景方向 (Off-source) の測定を交互に行い、その差し引きから統計的にガンマ線流量を計算する。本論文は、口径 10m の IACT である CANGAROO-II 望遠鏡を用いて、電波・X線・GeV ガンマ線などで活発な活動が報告されている銀河中心領域で TeV ガンマ線を探查したものである。

本論文は全 9 章からなる。第 1 章では、銀河中心からの TeV ガンマ線観測の目的を述べる。第 2 章は、銀河中心の天体要素 (大質量ブラックホール候補 Sgr A*, 超新星残骸 Sgr A East など) と既存の多波長観測データとの関連を概観する。またフェルミの宇宙線加速理論を紹介して、陽子あるいは電子宇宙線による TeV ガンマ線の発生機構について述べる。第 3 章は、空気シャワーの物理と IACT による宇宙ガンマ線測定の方法を紹介する。第 4 章は望遠鏡ハードウェアを記述する。第 5 章は、観測記録である。

第 6 章はデータ解析について述べる。時間情報や PMT のクラスタリングに関わるカット、雑音量の大きい PMT や電子回路の雑音を抑えるカット、シャワー像の幾何学的特徴に関わるカット (モンテカルロ計算と最尤法を使用) を順次適用して純正な空気シャワー事象を選別した後、分布 (想定されたガンマ線源に対するシャワー像長軸方向の偏向分布) 上で On-source から Off-source の差し引きを行って、ガンマ線流量を導出する。On と Off で異なる背景夜光レベルの下で差し引きを行うために、On と Off の規格化定数はエネルギー領域毎に異なった値を採用している。第 7 章では、解析方法の妥当性を検討し、系統誤差を評価している。主要な観測結果は第 8 章にまとめられている。ガンマ線観測の有意度は全エネルギー領域で 9.8 , 0.6 TeV における流量は $(4.7 \pm 1.8) \times 10^{-11} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{TeV}^{-1}$, 冪スペクトラムの指数は -4.3 ± 0.5 である。

第 9 章では観測された TeV ガンマ線の起源を考察する。電子線の逆コンプトン散乱による起源は、Sgr A* あるいは Sgr A East のいずれの場合においても、多波長データを統一的に再現するのが困難であること、一方、宇宙線陽子と星間物質の反応から発生した中性中間子を起源とする場合は、本論文の観測と衛星による GeV 領域の観測を正しく再現できることが述べられている。また、観測されたガンマ線流量から、地球近辺の冷たい暗黒物質の密度が 4 GeV cm^{-3} 以下であるとの上限値を得た。第 10 章で、銀河中心からの TeV ガンマ線の観測を結論している。

銀河中心部からの TeV ガンマ線観測は、本論文による報告が世界最初であり、学術的な価値は高い。また本論文の内容は既に共著で印刷公表されているが、論文提出者は筆頭著者であり、その貢献は十分に顕著であると認められる。

以上をもって、土屋兼一君に博士（理学）の学位を授与できると認める。