

# 論文審査の結果の要旨

氏名 穴 田 貴 康

本論文は6章からなる。第1章は序論であり、本論文の動機と構成を示している。第2章では本論文の背景である宇宙線物理学について概説し、また、主題であるパルサー及びパルサー星雲の物理についてまとめている。第3章では本論文で論じる観測データを取得した4つのX線観測衛星、「あすか」、「すざく」、「チャンドラ」、「ニュートン」に搭載した検出器の概要を述べ、それらの性能を比較している。第4章では TeV ガンマ線望遠鏡 H.E.S.S. で観測された 16 個の TeV パルサー星雲に関する X 線データの解析方法と結果を述べている。第5章では解析結果をまとめると共に、16 個のパルサー星雲の性質に関する系統的な議論を展開し、第6章で結論を述べている。また、付録 A では X 線と TeV ガンマ線の多波長スペクトルを用いた放射モデルの解釈について、付録 B ではパルサー星雲の X 線で見た空間的広がり系の系統誤差について詳細な検討を述べている。

TeV ガンマ線望遠鏡 H.E.S.S. が 2004 年以降に行った銀河面探査において、およそ 40 個の TeV ガンマ線天体が発見された。既知のものを含めた総計およそ 80 個の TeV ガンマ線天体のうち 16 天体については、近傍にパルサーまたはパルサー星雲が存在する。本論文はこれら 16 天体について X 線観測データを集め、TeV ガンマ線データ、パルサーの物理量と共に系統的な解析を初めて行い、TeV パルサー星雲の総合的な放射機構モデルを構築したものである。

論文提出者は上記 16 天体のうち 2 天体、HESS J1837-069、HESS J1809-193 について「すざく」衛星で新たに観測を行い、データを詳細に解析した。その結果、HESS J1837-069 の TeV 放射領域内にある明るい X 線源 AX J1838.0-0655 から 70.5 ミリ秒周期の X 線パルスを検出し、この天体がパルサー星雲であることを明示した。他の 14 天体については「チャンドラ」衛星等のアーカイブデータを解析し、また、比較のため TeV ガンマ線が検出されていないパルサー星雲 10 天体の X 線データも解析した。パルサー星雲を特徴づける物

理量を両サンプル間で比較したところ統計的に有意な差は認められず、従って、H.E.S.S.で検出された TeV パルサー星雲は標準的なパルサー星雲であると結論づけている。

論文提出者は更に、16 天体の非熱的 X 線放射 (2 keV 以上) の空間的広がりを系統的に評価し、TeV ガンマ線 (1 TeV 以上) のそれと比較した。その結果、X 線の広がりより TeV ガンマ線の広がりの方が大きいという傾向を得た。X 線がシンクロトロン放射で、TeV ガンマ線が宇宙背景放射の逆コンプトン散乱で生成されると仮定すると、前者の親の電子の方がエネルギーが高く、短命である (電子の寿命は、X 線放射に寄与する電子の場合は数千年、TeV ガンマ線の場合は数万年)。従って、X 線の広がりがより若い電子の分布を反映しているという放射モデルで上記の傾向を説明できる。

また、論文提出者はパルサーの年齢に対する放射領域の広がりの変化を調べ、X 線、TeV ガンマ線の放射領域がパルサーの年齢と共に 10 万年近くまで広がっていく傾向を初めて明らかにした。特に、X 線の広がりの時間発展は上記の短命な電子だけでは説明できないため、この傾向は電子の拡散あるいは移流の度合いが時間変化していることを示唆する極めて興味深い結果である。論文提出者はこのデータに拡散の場合は拡散係数、移流の場合は移流速度が時間と共に増大するモデルを適用し、いずれの場合においてもパルサー星雲の進化を説明することに成功した。

以上本論文は、H.E.S.S.で見つかった TeV パルサー星雲について新しい X 線観測結果に基づき独創的な視点により多くの知見を提供しており、高エネルギー天体物理学において重要な貢献をもたらしている。

なお、本論文第 4 章の HESS J1837-069 に関する研究は、海老沢研、堂谷忠靖、馬場彩との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士 (理学) の学位を授与できると認める。