様式８

令和６年度（2024）　共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名　和文：大口径大気チェレンコフ望遠鏡を用いたニュートリノ放射源天体の探索

英文：Search for neutrino sources with the Large-Aperture Atmospheric Cherenkov Telescope

研究代表者　　櫛田　淳子（東海大学・教授）

参加研究者　　窪　秀利（宇宙線研究所）

西嶋　恭司、阿部　和希、佐藤雄輝、韓　天舒、姚　屹（東海大学）

研究成果概要

本研究では IceCube 実験等でニュートリノイベントが報告されている位置に近く、ニュートリノ放射を行っている可能性の高い活動銀河核やスターバースト銀河などの天体を大口径チェレンコフ望遠鏡で観測することにより、超高エネルギー宇宙線放射天体としての高エネルギー粒子加速機構を解明することを目的としている。

本研究では、下記のようなステップでニュートリノ源候補天体を探索している。

(1)IceCube カタログからニュートリノ源の候補となる天体かつ、MAGIC や CTA で観測可能な天体を探す。

(2)絞り込んだ天体の Fermi 衛星のデータ解析を行い、Cherenkov 望遠鏡で Sub-TeV 領域ガンマ線が検出可能かを見積もる。

(3)Sub-TeV 領域で検出可能な天体が見つかれば観測提案を行う。また、観測が行われている場合はその Cherenkov 望遠鏡データの解析を行う。

昨年度までに(1) (2)までについて調査を行い、下記のような結果を得ている。

IceCube の 2008 年 4 月から 2018 年 7 月までの 10 年ほどの観測から、ニュートリノ天体候補のリストとして、北天 97 天体、南天 13 天体が挙げられている（M.G,Aartsen,Phys,Rev,Let,124,2020)。ソースの有意度の指標として用いる p-value より、すでにニュートリノ放射が発見されている NGC1068、TXS0506+056 に加え、今 PKS1424+240、PMN1603+4904、4C +01.28 の 3 つの天体を候補とした。

また、Fermi 衛星のデータ解析を行い、べきがハードで高いエネルギーまでスペクトルがのびていて、超高エネルギーガンマ線の放射可能性がある天体の候補について絞り込みを行った。

今年度は主に CTA-LST 望遠鏡を用いた、NGC1068 を含む天体の観測および、NGC1068 のデータ解析を行った。NGC1068 はスターバースト銀河であり、約 10 メガパーセクの距離に位置し、光学スペクトルに広い輝線がみられないためセイファート 2 型銀河に分類されている。最近、IceCube 天文台による 4.2σ の有意度での観測により、1-20TeV のエネルギー範囲で NGC 1068 からのニュートリノ放射が報告されている（IceCube Collaboration,Science,2022)。

今回はCTA-LST望遠鏡の観測による、2023 年 9 月 22 日から 2024 年 2 月 10日までの約 8.9 時間分のデータと、2024 年 9月 10 日から 2024 年 11 月 7 日までの約 8.8 時間分のデータの合計約 17.7時間のデータを使用して解析を行ったところ、0.1～10TeVで有意度は3.6σであり有意なガンマ線放射は確認できなかった。図の下矢印はエネルギースペクトルの2σ上限値を示している。引き続き観測を続け、統計を増やす。

また、Fermi 衛星によって得られた 100GeV 以下のエネルギー帯から Power-low に沿ってスペクトルが続いていると仮定した際に、4 台の LST 望遠鏡での応答関数を入れたシミュレーションを行い、検出可能性を調べたところ、10 時間の観測で 4σ 程度、100 時間で 6σ 程度の有意度で検出可能であると見積もりを出すことができた。

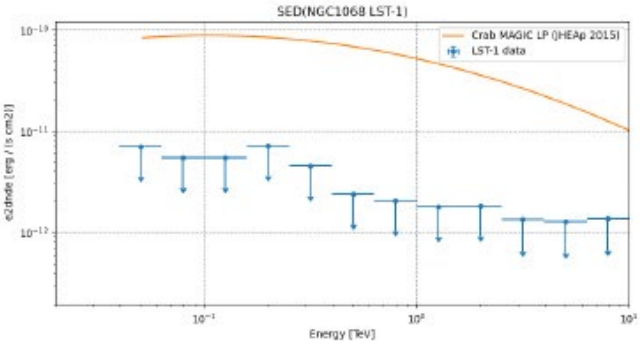

図　NGC1068 のスペクトル上限値

これらの結果は 2025 年 3 月に開催されて日本物理学会春季大会にて公表を行った。

整理番号　E12