

論文審査の結果の要旨

氏名 織井 安里

本論文は8章からなる。第1章では本論文の主題であるガンマ線バーストからのMeVニュートリノ放射について研究の背景と目的が述べられ、さらに先行研究の結果がレビューされている。第2章は本研究を遂行する観測装置である Super-Kamiokande Detector (以下 SK とする) とそれを構成するシステムについてレビューされている。第3章と第4章では、SK の較正とイベント再合成の方法がそれぞれ述べられる。第5章では観測結果を物理量に解釈しなおすために必要となるシミュレーション手法が記述され、第6章ではガンマ線バーストからの MeV ニュートリノ探査のために用いたデータ選択の手順と方法が述べられる。続く第7章にはガンマ線バーストに付随するニュートリノ探査の解析と結果がまとめられている。第8章では本論文全体の結論をまとめ、今後の展望を示した。

ガンマ線バーストは、最も光度の大きな天体現象であり、約0.1秒から100秒の間にX線から約100MeV のガンマ線までの広いエネルギーの光子を放射する。ガンマ線バーストからは光子だけでなく数10MeV のニュートリノも放射されることが予想され、その強度を測定することができれば、ガンマ線バーストの起源への強い制約を与えると期待される。ガンマ線バーストの放射モデルとして、Fireball modelと、Cosmic string modelが提案されている。Fireball model の起源としては、hypernovaや中性子星-中性子星合体が考えられ、モデルから予想されるニュートリノのフルエンスは 1 cm^{-2} のオーダーである。これに対して Cosmic string model の場合には 10^7 から 10^8 cm^{-2} のフルエンスが期待できる。後者の場合は、現存の観測装置で観測できる可能性がある。このため、ガンマ線バーストに付随したニュートリノ放射の探査はこれまでもSKを含めた装置で行われてきた。本論文は、これまでよりも充実した Swift 衛星等によるガンマ線バーストのカatalogと、感度(検出 efficiency)を改善した第4期 SK の観測(SK4) を用いて、2208個のガンマ線バーストに付随した数 10 MeV のニュートリノを探査した。

SKのデータに対して標準的なVertex reconstructionを行ったあと、種々の event screening (event cut) を行い、電子ニュートリノイベント候補のみを取り出した。続いて、これらを3種類の方法でガンマ線バーストの時刻と関連づけた。第一はガンマ線バーストの開始時刻に対して ± 500 秒以内にあるイベントをガンマ線バーストに付随するイベントの候補とするやり方である。これは先行研究の方法を踏襲しており、バーストの前後に時間の幅をもたせるのは、ニュートリノは光子よりも先にバースト源の外に出る可能性と、ニュートリノの伝搬速度が光子よりも遅いことを考慮するためである。ガンマ線バーストのモデルおよびニュートリノ上限質量からは 約 ± 30 秒以内の時間差であ

ることが示唆されるが、この見積もりには不確定性が大きいいため、 ± 500 秒をガンマ線バーストに関連づけた。第二の方法は、バーストの継続時間 (0.1から1000秒程度) 内のイベントをガンマ線バーストに付随する候補とする解析である。この解析は先行研究にはない本論文の独自の方法である。第一の方法の場合はバーストの度数分布をポアソン分布と比較することで、第二の方法の場合はモンテカルロシミュレーションによって、バックグラウンドレートから期待されるポアソン分布と矛盾がないことが示された。第三は、全バーストの開始時刻の ± 500 秒のイベントをスタックして解析する方法である。この解析では、単色のニュートリノに対する観測されるエネルギースペクトルの広がりをシミュレーションで調べ、エネルギー毎の上限値も求めた。以上の結果から、1バーストあたりの 8-100 MeV のフルエンスの上限として、 $1.2 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ を与え、また、このエネルギー帯をエネルギー分解した上限値も得た。これは、先行研究よりも一桁低い上限値である。これはストリングモデルに対して強い制限を与えることが期待され、博士論文として十分な価値をもつ結果である。

SK は指導教官をはじめとするSKチームにより運用され、データ取得や機器較正やイベント再構成はチームによりに開発されたものを用いているが、本論文の解析と解釈は論文提出者が主体となって行ったものである。このため論文提出者の主体性と寄与は博士論文として認めるのに十分であると判断する。

したがって、本論文提出者に博士 (理学) の学位を授与できると認める。