

論文内容の要旨

論文題目 Neutrino Probes of Galactic and Cosmological Supernovae

銀河内及び宇宙論的超新星のニュートリノによる探査

氏名 安藤 真一郎

重力崩壊型超新星に代表されるような極限的な物理環境を探るうえで、ニュートリノは極めて重要な媒体となりうる。これはおもに、ニュートリノが弱い相互作用に従う素粒子であり、そのため超新星コアから直接放出されるためである。逆に、超新星はニュートリノの性質を探るうえで、非常に得難い実験室を提供するということもできよう。有限の質量や混合角を持つことから、現在のところ、ニュートリノのみが素粒子の標準模型を超える性質を持つことが示されているわけであるが、それ以外の多くの性質が、十分に制限をつけられないまま、可能性として残されている。

本学位論文では、天の川銀河、近傍の銀河、また宇宙論的な距離でおこった超新星からのニュートリノに関して、さまざまな視点から研究を行った。銀河内超新星ニュートリノバーストの場合には、統計的に十分な多くのイベントを得ることができる。このため、現在あまり制限のついていない、磁気モーメントや崩壊といったニュートリノの新たな素粒子的性質に対して調査を行った。今回新たに開発した定式化をもちいることにより、我々はこれらの新たな性質により、スーパーカミオカンデなどの地下大型検出器において、期待される超新星ニュートリノのシグナルが、標準的な場合に比べて大きく異なりうることを指摘した。

過去におこった超新星から放出されたニュートリノが現在形成している背景放射も、地下検出器のターゲットである。銀河内のバーストイベントとは異なり、これらの超新星背景ニュートリノは近い将来、定常的に検出されることが期待されている。我々は、現在リーズナブルとされているモデルを用いることで、背景ニュートリノのフラックスと検出可能性に関する議論を行った。その結果、スーパーカミオカンデでは、5-10年程度のデータを用いれば、統計的に十分な水準での検出が可能との結果を得ることができた。また、現在の背景ニュートリノのフラックス上限値を用いれば、ニュートリノ振動や、崩壊モデル、宇宙の星形成史などに関する示唆を得ることも可能である。我々はこれらの可能性に関しても、将来の展望を交えながら、詳細な議論を行った。

第三のそして中間の距離領域として、近傍の銀河内でおこった超新星からのニュートリノの検出提案を行った。この研究は、10メガパーセク以内といった我々の近傍の宇宙では、宇宙全体の平均に比べて、銀河がより集中しているという事実によって動機付けされたものである。そしてそのため、その領域内での超新星発生率は、一年に一個かそれ以上と見積もられている。将来のメガトン級の検出器を用いることで、これら近傍銀河からの超新星ニュートリノを、ゆっくりではあるが着実に得ることができる。これにより、超新星ニュートリノスペクトルを構成することが可能であるうえ、重力崩壊の時間を10秒の制度で得ることができ、関連した重力波探査にも有用であると期待できる。同じ距離領域において、我々は相対論的なジェットからの高エネルギーニュートリノに関する調査も行った。モデルの不定性は大きいものの、検出により超新星と隠されたガンマ線バーストの相関に関して、重要な示唆を得ることができると期待できる。