

論文審査の結果の要旨

氏名 堀内 俊作

本論文は、7章からなり、第1章は序章として超新星の問題と本論文の目的および構成が簡潔に述べられている。超新星爆発は大きな質量を持つ星の進化の最終段階として起こる現象で、星のコアが重力により中心に向かって崩壊し、星が持っていた重力エネルギーが解放される。その際、解放されたエネルギーのほとんどがニュートリノとして放出されると考えられている。超新星爆発についてはそのメカニズムについて理論的に解明されていない点が多くあり、それを解明するために、爆発の大部分のエネルギーを担っているニュートリノを用いて超新星の内部構造を探ることが重要で、それが本論文の目的となることが述べられている。

第2章は重力崩壊型超新星の標準的シナリオとニュートリノ放出がレビューされている。まず、大質量星の鉄のコアにおいて重力崩壊が起こり、それによる衝撃波が生じるが、この衝撃波は爆発を起こすには不十分でいったん弱まるがニュートリノによる加熱で復活し最終的に爆発が起こり、その過程で熱的なニュートリノが放出されるという標準的なシナリオが紹介されている。また、放出されるニュートリノの平均エネルギーやスペクトルについて、これまで行われたシミュレーションを基に解説されている。さらに、近年の観測からガンマ線バーストと超新星が関連していることが確認され、ガンマ線バーストを起こす相対論的ジェットにおいて比熱的ニュートリノが生成されることが解説されている。

第3章以降が論文提出者による研究に基づいてかかれている。第3章では超新星背景ニュートリノについて述べられている。超新星背景ニュートリノは遠方

で起きた過去のすべての超新星から放出された熱的ニュートリノの集計で、その観測は偶然に起こる近傍の超新星の発生を必要としないという利点がある。超新星背景ニュートリノを理論的に予言するためには超新星発生率の情報が重要となる。論文提出者は過去の超新星発生率を定量的に導くために、星形成率、銀河外背景光子、星の質量密度、超新星発生率の観測のクロスチェックを行い、従来よりも不定性の少ない超新星発生率を得ることに成功し、近い将来、超新星背景ニュートリノが観測され超新星内部やニュートリノ物理の探査に役立つことを示した。

第4章と5章は超新星に伴う非熱的なニュートリノ放出が議論されている。まず4章ではニュートリノが星の磁場のプローブになる可能性が述べられている。近年、非常に強い磁場を持った大質量性や中性子星が観測されており、強磁場を持った大質量星が超新星爆発を起こせばそれによる粒子加速と比熱的ニュートリノ生成が可能になる。論文提出者はこの現象に着目し、超新星が我々の銀河内で起これば非熱的ニュートリノが観測可能で、星の磁場のプローブになることを初めて示した。続く第5章では超新星とガンマ線バーストとの関連に着目し、もし、光では見えない隠れたジェットが超新星内部に存在した場合の非熱的ニュートリノ放出を定量的に評価し、5メガパーセク以内で超新星が起これば観測可能であることを示した。

最後に、6章は本論文のまとめ7章には謝辞が書かれている。

このように本論文は熱的・非熱的ニュートリノを用いて光では探査することのできない超新星の内部構造を調べる可能性を理論的に論じたもので、超新星背景ニュートリノについては様々な観測量をクロスチェックして超新星発生率を評価した点が従来の研究ではない新しい点で、これにより信頼度の高い結果を得ており、物理的意義が大きい。さらに、星の磁場による非熱的ニュートリノ生成や隠れたジェットからのニュートリノ放出はこれまで議論されていない新しい現象で、論文提出者が初めて定量的な解析を行ったもので高く評価できる。なお、本論文3章の内容は Beacom 氏と Dwek 氏、4章は佐藤氏、高見氏、安藤氏、諏訪氏との、5章は安藤氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。