

【基盤研究(S)】

理工系(数物系科学)



研究課題名 超新星背景ニュートリノの探索

東京大学・宇宙線研究所・教授

なかはた まさゆき
中畑 雅行

研究分野：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

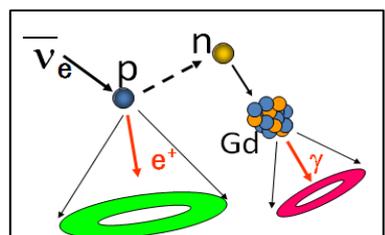
キーワード：宇宙線（実験）

【研究の背景・目的】

太陽の8倍以上重い星は、その進化の最終過程として大爆発（超新星爆発）をおこし、星の内部の物質を宇宙空間に放出する。超新星爆発は星の中心核が重力崩壊することを引き金としておこる現象であり、密度の高い物質が星の内部にあるために爆発エネルギーの99%はニュートリノによって放出されると考えられている。実際、この超新星にともなうニュートリノは1987年にカミオカンデによって観測された。宇宙には10の20乗個の恒星があり、そのうちの0.3%、つまり約10の17乗個の星は太陽の8倍以上の質量を持ち、超新星爆発をおこしてきたと考えられている。それにともなうニュートリノ（超新星背景ニュートリノ）が宇宙に満ちていると考えられる。本研究の目的は、超新星背景ニュートリノを観測するための手段を開発することである。

【研究の方法】

超新星背景ニュートリノの強度は1秒間1平方センチメートルあたり数十個程度だと見積もられている。一見数が多いように思われるが、太陽ニュートリノのエネルギーが高い成分（ホウ素の崩壊からのニュートリノ）が同じ単位で600万個であることと比べると非常に弱いことがわかる。ニュートリノは物質との反応断面積が非常に弱いため、超新星背景ニュートリノを捉えるためにはスーパーカミオカンデ（SK）のような非常に大きい実験装置が必要である。SKでは、年間に超新星背景ニュートリノからの信号が0.8-5個期待できる。（数字の幅はモデルによる予想の広がりを出す。）しかし、太陽ニュートリノや他のバックグラウンドと超新星背景ニュートリノによる現象とを見分けるためには、何か新たな手法を使わないといけない。超新星爆発ではすべての種類のニュートリノが生まれるが、そのうち最も観測しやすいのは反電子ニュートリノである。反電子ニュートリノ陽子と反応して陽電子と中性子を発生する。そこで、陽電子による信号のみならず、中性子による信号も捉えることができれば、他の現象と区別することができ



る。それをおこなうためにSKにガドリニウムという物質を0.2%程度の濃度で加えることを考えている。ガドリニウムは中性子を捕獲する断面積が非常に大きく、かつ捕獲した後にエネルギーが高いガンマ線を放出するためにSKで捉えることができる。しかし、SKでは太陽、大気、人工ニュートリノを使った精密ニュートリノ観測が常におこなわれているためにガドリニウムを加えても他の観測に影響を与えないこと（具体的には、良い水の透過率が保証されていることやタンクの構造体を腐食させたりしないということ）を確認しなければならない。本研究でSKを模擬した100トンクラスの試験用水タンクを作り、ガドリニウムを使用した実験装置の実証実験を行う。

【期待される成果と意義】

本研究によりガドリニウムを溶かしてもSKに悪影響を与えないということが示されれば、実際にガドリニウムをSKに溶解させて観測を開始することができる。SKでは5年間の観測で4-20個の超新星背景ニュートリノの事象が期待でき、世界で初めての観測となる。超新星背景ニュートリノは宇宙の初めから蓄積されてきたニュートリノであるため、その観測により宇宙の星形成の歴史を探ることができる。特に、超新星爆発は重元素（ヘリウムよりも重い元素）が生まれた源であり、我々の身の回りの物質の起源を探ることができる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Super-Kamiokande collaboration, "Search for supernova relic neutrinos at Super-Kamiokande", Phys. Rev. Lett. 90 (2003) 061101.
- J.Beacom and M.Vagins, "GADZOOKS! Anti-neutrino spectroscopy with large water Cherenkov detectors.", Phys. Rev. Lett. 93(2004)171101.
- Super-Kamiokande collaboration, "First Study of Neutron Tagging with a Water Cherenkov Detector", Astroparticle Physics 31 (2009) 320-328.

【研究期間と研究経費】

平成21年度-25年度

159,900千円

ホームページ等

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/~nakahata/kitabans/index.html>

e-mail: nakahata@suketto.icrr.u-tokyo.ac.jp