

平成 28 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：液体キセノンを用いた暗黒物質探索

英文：A search for Dark Matter using Liquid Xenon Detector

研究代表者 東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構(IPMU) 鈴木 洋一郎 (平成 28 年 12 月まで)・東京大学宇宙線研究所 森山茂栄 (平成 29 年 1 月より)
参加研究者 宇宙線研究所 中畑雅行、森山茂栄、岸本康宏、山下雅樹、関谷洋之、竹田敦、安部航、小川洋、小林兼好、平出克樹、Yang Byeongsu, 市村晃一、田坂茂樹、佐藤和史、小林雅敏、鈴木拓実・IPMU 鈴木洋一郎, Kai Martens, Benda Xu・名古屋大学 伊藤好孝、増田公明、菅澤佳世・神戸大学 竹内康雄、身内賢太郎、岡直哉・横浜国立大学 中村正吾・宮城教育大学 福田善之・東海大学 西嶋恭司、宮坂美香・徳島大学 伏見賢一、神崎学慈・CUP IBS Yeongduk Kim, NamYoung Kim・KRISS and CUP YongHamb Kim・KRISS Min Kyu Lee, Kyong Beom Lee

研究成果概要

平成 28 年度は、季節変動によるダークマター探索を始め、液体キセノンシンチレーターの発光時定数の評価、2重電子捕獲事象探索や、超新星爆発の際の検出数の見積もりなど、様々な研究結果が論文として出版された。以下に概要を述べる。

季節変動によるダークマター探索は、イタリアの DAMA/LIBRA 実験が 13 年にわたって観測したと主張している信号の検証として重要な研究である。XMASS は彼らの装置よりも大きいため、1 年の暴露時間でほぼ類似の統計を得ることができるとともに、エネルギー敷居値が低いためにより高感度な WIMP 探索を行うことができた。また、WIMP ではない粒子が DAMA/LIBRA の季節変動をもたらしている可能性もあるため、エネルギービンごとの季節変動の解析も行った。統計的に有意な季節変動は観測されなかったが、平成 28 年度により安定な環境でデータが取得できたため、今後高感度で長期のデータ解析を進めることができる。

液体シンチレーションの発光時定数の評価は、液体キセノン中で生じる様々な放射線特に γ 線や β 線の相互作用で発するシンチレーション光の時定数をモデリングし、原子核反跳を含めて粒子識別の研究を行うために非常に重要となる。1 光子信号の一つ一つを、得られた波形データ中で同定し、PMT の時間応答とエネルギー依存性を考慮し詳細に評価し発表した。これは今後の研究の基礎となる貴重なデータとなる。

ここで探索した ^{124}Xe の 2 重電子捕獲事象は、2 つのニュートリノが出る標準理論で予言されている現象だが、まだ発見されていない。原子核物理の重要なテーマであり、信号は 63keV 付近にピークを生じることが期待される。探索の結果、有意な信号は発見されなかったが捕獲に関わる半減期に対する世界一きびしい制限 4.7×10^{21} 年 (90% C.L.) を得ることに成功し、論文を発表した。バックグラウンドはよく理解できており、ほと

んどが β 線であることがわかっている。今後は信号とバックグラウンドを発光時定数の違いを利用して感度を向上する予定である。前出の発光時定数の研究の応用としても興味深い研究である。

超新星爆発の際に放出されるニュートリノは、キセノン原子核をコヒーレント散乱すると期待されている。ニュートリノが原子核をコヒーレント散乱する現象はこれまで同定されていない上、超新星の観測にも繋がるため、この現象に興味を持たれている。XMASS 検出器は継続して運転を続けており、観測できる可能性がある。そこで超新星爆発が発生した際にどの程度の事象数が期待されるのかを見積もった。モデルによって範囲はあるが、10kpc で 3.5-21 個の事象が観測されることがわかった。ベテルギウスの場合には 1 万事象ほども期待されることがわかった。今後の観測がまたれる。

以下に最近出版された論文リストを示す。

K. Abe et al. (XMASS collaboration), *Search for two-neutrino double electron capture on ^{124}Xe with the XMASS-I detector*, PLB 759 (2016) 64,

K. Abe et al. (XMASS collaboraiton), *Direct dark matter search by annual modulation in XMASS-I*, PLB 759 (2016) 272,

H. Takiya et al. (XMASS collaboration), *A measurement of the time profile of scintillation induced by low energy gamma-rays in liquid xenon with the XMASS-I detector*, NIMA 834 (2016) 192,

K. Abe et al. (XMASS collaboration), *Detectability of galactic supernova neutrinos coherently scattered on xenon nuclei in XMASS*, Astroparticle Physics, 89 (2017) 51.

整理番号 B01