

## 平成 29 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	東京大学宇宙線研究所 森山茂栄
参加研究者	宇宙線研究所 中畑雅行、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、小林雅俊、鈴木拓実、加藤伸行・IPMU 鈴木洋一郎, Kai Martens, A. Mason, Benda Xu・名古屋大学 伊藤好孝、増田公明、菅澤佳世、石井遼・神戸大学 竹内康雄、身内賢太郎・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・徳島大学 伏見賢一・CUP IBS Yeongduk Kim, NamYoung Kim・KRISS and CUP YongHamb Kim・KRISS Min Kyu Lee, Kyong Beom Lee
研究成果概要	<p>平成 29 年度は、有効体積を用いた WIMP 探索結果を始め、太陽 Kaluza Klein アクシオンの探索、高感度化した 2 重電子捕獲事象探索や、より長いデータを用いた季節変動によるダークマター探索など、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。</p> <p>有効体積を用いた WIMP 探索は、検出器中心部の外部放射線の届きにくい低バックグラウンドの部分を用いて高感度の探索を行うものである。このため事象の位置再構成が重要となる。XMASS 検出器においては、中心の半径 20cm に含まれる 100kg の液体キセノンで生じたと考えられる事象を選択する。本研究の特徴は、得られたデータを、中心部分で生じたと判断されるバックグラウンドの期待値と、WIMP の信号との組み合わせでフィッティングを行い、WIMP の信号を抜き出す点である。バックグラウンドの期待値は、検出器に含まれる様々な放射性不純物を事前に部品を測定することや、実際に XMASS 検出器で得られたデータ等にもとづきシミュレーションを行って得られる。系統誤差を慎重に見積もりフィッティングを行った結果、WIMP の信号は有意でなかった。WIMP と核子の散乱断面積として得られた上限値は 60 GeV で <math>2.2 \times 10^{-44} \text{cm}^2</math> となり、液体キセノン一相式検出器として世界で最も厳しい制限を得た。</p> <p>太陽 Kaluza Klein(KK)アクシオンの探索は、太陽のコロナが高温であることを説明することが動機の一つである。この場合、太陽中心部で KK アクシオンが生成され、それがコロナ付近で X 線に崩壊することによりコロナを加熱するとされる。この場合、寿命の長い、低い励起状態の KK アクシオンは地球付近まで到達し、XMASS 検出器内部で崩壊することが期待される。太陽—地球間距離は季節によって変化するため、崩壊率も季節変動することが期待される。この手法で探索を行ったところ、有意な信号はなく、</p>

実験的に始めて上限値が与えられることとなった。

2重電子捕獲事象探索で研究対象とした  $^{124}\text{Xe}$  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。これまでの探索では、有意な信号は発見されず半減期に対する世界一きびしい下限値  $4.7 \times 10^{21}$  年 (90% C.L.) を得てきた。今回、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大きく向上することに成功した。信号は観測されなかったが、以前よりファクター4.5も厳しい下限値  $2.1 \times 10^{22}$  年を得た。 $^{126}\text{Xe}$  についても  $1.9 \times 10^{22}$  年の下限値を得た。

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上、2.7年にわたるデータを解析することに成功した。さら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る。なお、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。このような高感度のデータ解析によっても、統計的に有意な季節変動は観測されなかった。

以下に最近出版された論文リストを示す。

N. Oka et al. (XMASS collaboration), *Search for solar Kaluza–Klein axions by annual modulation with the XMASS-I detector*, PTEP **2017**, 103C01,

K. Abe et al. (XMASS collaboration), *Identification of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  in the bulk of copper samples with a low-background alpha particle counter*, NIMA 884 (2018)157,

K. Abe et al. (XMASS collaboration), *Improved search for two-neutrino double electron capture on  $^{124}\text{Xe}$  and  $^{126}\text{Xe}$  using particle identification in XMASS-I*, accepted by PTEP (2018)

K. Abe et al. (XMASS collaboration), *Direct dark matter search by annual modulation with 2.7 years of XMASS-I data*, accepted by PRD (2018).

整理番号 B01