

平成 26 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・特任教授 鈴木洋一郎

参加研究者：

東京大学宇宙線研究所教授：中畑雅行；准教授：森山茂栄、岸本康宏；
特任准教授：山下雅樹；助教：竹田敦、安部航、関谷洋之；特任助教：小川洋、小林兼好、平出克樹、
Yang Byeongsu；D2：高知尾理；D1：中川克磨；M2：小林雅俊；M1：乗田尊之

IPMU特任准教授；K. Martens；特任研究員：Jing Liu

東海大学理学部、教授：西島恭司、宮城教育大学 准教授 福田善之

横浜国立大学、准教授：中村正吾、D5、村山育子、M2：濱西亮；M1：小野隼人

水上邦義、名古屋大学、教授：伊藤好孝、准教授：増田公明、D2：瀧谷寛樹；M2：小林巧一

神戸大学、教授：竹内康雄、准教授：身内賢太郎、D2：細川 佳志、M2：大西洋輔

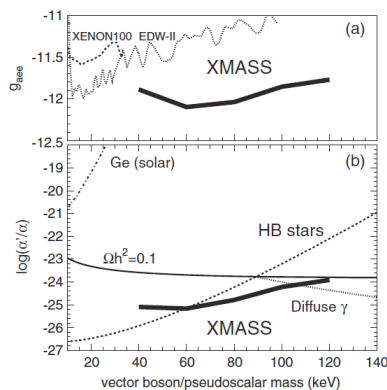
岐阜大学、教授：田阪茂樹、Sejong大学：准教授：Yeongduk Kim、研究員：Nam-Young Kim、

KRISS 教授：Yong-Hamb Kim、研究員：Min Kyu Lee, Kyong Beom Lee, June Sur Lee

研究成果概要

平成 26 年度は、PMT に起因する表面バックグラウンドを削減するための改修作業が終了（平成 25 年末）した後、連続的なデータ収集を行っている。現在もデータ収集中であり、すでに 1 年以上のデータを収集している（右の live time の図）。改修作業により、5 keV 以上で、表面バックグラウンドは 1 桁ほど減少した。この新規に収集されたデータを用いて、現在の季節変化を手がかりとした低質量 WIMP ダークマターの探索をおこなっている。また、より低いバックグラウンドレベルでの探索が可能な、検出器の中心部の有効質量を用いた解析も実行中である。これらの結果は、近いうちに発表する。平成 26 年度中には、コミッシュニングランの時に間欠的に収集されたデータを用いて、非弾性散乱を用いたダークマターの探索と、Bosonic super-WIMPs の探索結果を論文にした。

Cold Dark Matter のシナリオでは、銀河サイズより小さいスケールにバンプ等の構造が現われてしまう。銀河形成を考えると、Warm Dark Matter の存在は、かならずしも否定されるものではない。実際、銀河形成から考えられる Warm Dark Matter の質量制限は 3keV である。また、現在までに Cold Dark Matter の最有力候補である SUSY の証拠は得られていない。したがって、標準的なシナリオ以外の暗黒物質探索が重要になって来ている。Bosonic super-WIMPs は、Warm Dark Matter の一種であり、thermal に生成されたと考えることができる。検出器のターゲット物質とは、光電効果に類する反応をおこし、質量に相当するガンマ線を生成する。これは、XMASS 実験にとって観測のしやすい信号である。166 日分のデータを用い、有効質量を 41kg に制限することにより、世界最良のバックグラウンドのレベル $\sim 3 \times 10^{-4}$ /keV/kg/day を実現することができた。40keV から 120keV の範囲で探索をおこない、その範囲で、Bosonic super-WIMPs が、ベクトル粒子の場合に Dark Matter のすべての成分であるという可能性を否定した。上図は、擬スカラー粒子の場合の結合定数の制限、下図はベクトル粒子の場合である。



ダークマターが ^{129}Xe と衝突すると、 ^{129}Xe は励起状態になり 39.6keV の脱励起によるガンマ線を放出する。これにより、エネルギーの高い領域で暗黒物質探索が可能となる。166 日分のデータを用いて、50GeV 以上の WIMPs に対して、これまでの制限をさらに強めた。

これらは、XMASS の特徴である原子核反跳以外の e/γ 信号への高い感度を実際に示したものであり、将来のスケールアップにより新たな知見が得られる大きな期待を持つことができる。

整理番号 C01