

Title	Search for cold dark matter by means of large inorganic scintillators
Author(s)	伏見, 賢一
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3094117
DOI	10.11501/3094117
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	伏見賢一
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 11204 号
学位授与年月日	平成6年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Search for cold dark matter by means of large inorganic scintillators (大型無機シンチレーターによる宇宙暗黒物質の探索)
論文審査委員	(主査) 教授 江尻 宏泰 (副査) 教授 大坪 久夫 教授 長島 順清 教授 岡田 憲志 助教授 岸本 忠史

論文内容の要旨

1.

宇宙の質量の大半を占める宇宙暗黒物質の最も有力な候補とされる WIMPs (弱い相互作用をする重い未知素粒子) を大型無機蛍光検出器を用いて探索し、その存在の可能性を調べた。

まず、原子核反跳による発光のレスポンスを調べた。一般に、重イオンの運動による検出器の発光量 (E_R) は同エネルギーの電子による発光量 (E_0) に比べて小さい。その比、 $f = E_R / E_0$ は宇宙暗黒物質の散乱を直接測定する本研究には欠く事の出来ない量である。測定は中性子の非弾性及び弾性散乱によって行われた。その結果、ヨウ素の反跳に対して $f = 0.05 \pm 0.02$ 、ナトリウムの反跳に対して $f = 0.4 \pm 0.2$ を得た。

2.

WIMPs の探索には、ELEGANTS V を構成する超大型 NaI (T1) シンチレーターを用い、神岡地下実験室で測定を行った。非常に大型 (36.5kg) の検出器で極めて低いノイズ (5keV)、低いバックグラウンド (8/day/keV/kg) が得られた。NaI (T1) は大型化が可能である事、WIMPs との散乱の核行列要素が大きいこと、有限のスピンを持つ核の存在比が大きい事等の利点があるが、大きな運動量移行が要求されるため、構造因子が小さくなることが明らかになった。

3.

^{127}I とスピン結合型宇宙暗黒物質の非弾性散乱の測定が、同じ超大型 NaI (T1) によって行われた。この方法は散乱断面積が大きい事、発光量が大きい事、及び核行列要素が実験的に求められる事等の利点がある。17本の NaI (T1) (625kg) による 1818 時間の測定の結果、宇宙暗黒物質の存在について、直接的方法による探索で極めて強い制限を与える事に成功した。

4.

CaF_2 (Eu) 蛍光検出器による宇宙暗黒物質探索の可能性について調べた。 ^{19}F 核は弾性散乱の核行列の計算が可能で、その値が大きい、検出器における存在比が大きい、構造因子の影響を無視できる等の利点がある。 CaF_2 (Eu) の大型化のための基本的な性質の調査が行われた。

更に、大型 CaF_2 (Eu) 検出器 (7.2kg) を用いた宇宙暗黒物質探索の実験計画について、弾性散乱による測定の結果の評価と、宇宙暗黒物質と原子核の散乱の季節変化による制限の評価を行った。

論文内容の要旨

極低バックグラウンドの電子ガンマ・ニュートリノ分光器 ELEGANTS V の超大型・超低バックグラウンド NaI (T1) 検出器を用いて宇宙暗黒物質の探索を行い、その質量密度に対する制限を与えた。

本実験に先立ち、NaI (T1) 中の原子核の反跳に対する発光量を同じ運動エネルギーの電子による発光量との比として求めることに成功した。この比はヨウ素の反跳について $f=0.05$ 、ナトリウムの反跳について $f=0.4$ である。

その後、神岡地下実験室の超低バックグラウンドの電子ガンマ・ニュートリノ分光器 ELEGANTS V の超大型・超低バックグラウンド NaI (T1) 検出器のうち、最もバックグラウンドの低い9本を用いて測定をおこない、36.5kg という大型の NaI (T1) 検出器では最も低いノイズ ($\simeq 5$ keV) および低いバックグラウンド ($\simeq 8$ counts/keV/kg/day) を達成した。このような低バックグラウンド・低エネルギー測定は世界的に始めての例である。

また、宇宙暗黒物質による ^{127}I 原子核との非弾性散乱による γ 線を測定することによりスピン結合型の宇宙暗黒物質の探索を行った。ELEGANTS V の超大型・超低バックグラウンド NaI (T1) 検出器の全 20 本のうち、最もバックグラウンドの低い 17 本 (640kg) を用い、神岡地下実験室において 1818 時間の測定がおこなわれた。その結果、スピン結合型の宇宙暗黒物質の候補の質量密度に対して、 $m_\chi \simeq 100$ GeV 付近で $\Omega_\chi > 10^2$ 以上の可能性を排除する極めて強い制限を与えた。

これらの研究の結果から、シンチレーション検出器による宇宙暗黒物質の探索が可能であることを示し、さらに CaF₂ (Eu) 検出器による探索が極めて有利であることを明らかにした。

これらの成果は、素粒子・原子核の研究を大きく進歩させるもので、本論文は博士 (理学) の学位論文として十分価値あるものと認める。