

Title	WIMPs Search with NaI(Tl) Scintillators
Author(s)	吉田, 齊
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43582
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	よし だ せい 吉 田 齊		
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)		
学位記番号	第 1 6 7 4 5 号		
学位授与年月日	平成14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	WIMPs Search with NaI(Tl) Scintillators (NaI(Tl) シンチレーション検出器による WIMPs の探索)		
論文審査委員	(主査) 教授 永井 泰樹		
	(副査) 教授 佐藤 健次 教授 岸本 忠史 助教授 板坂 隆久 助教授 保坂 淳		

論 文 内 容 の 要 旨

これまでに様々な実験的観測および理論的研究が宇宙の全質量の90%以上は光を放出しない物質（暗黒物質）で構成されている事を示唆している。暗黒物質の有力な候補の一つである WIMPs（Weakly Interacting Massive Particles）は標準理論を越える理論から予測される新粒子であるため、その探索は宇宙物理のみならず、原子核・素粒子物理の分野においても重要なテーマとなっている。

それを受けて、世界中で様々な種類の検出器を使用して多くの研究グループが WIMPs 探索を行っている中、イタリアの実験グループ（DAMA/NaI 共同実験グループ）が、質量が50GeV 程度の WIMPs の存在を確認したとの発表を行った。

我々の研究グループでは、高感度核分光器 ELEGANT-V 号内の NaI(Tl) 検出器を使用して DAMA/NaI 実験の結果検証を目指すと共に、未だ探索されていないパラメーター領域の可能性について検証を目指している。この実験においては、NaI(Tl) 検出器の総重量が730kg とこの種の実験では世界で最大である事、また DAMA/NaI 実験が見逃している可能性のある検出器周りのラドン濃度の監視や検出器性能の安定性、特に WIMPs の信号の大部分が分布すると思われるエネルギー領域でのエネルギー較正の高い精度での決定などを通してより信頼性の高い結果が得られる事が期待できる。

WIMPs の探索実験は大塔コスモ観測所で一年以上に渡って連続して測定が行われた。観測所のラドン濃度は約10 Bq/m³であり、この値は測定からの要求を十分に満たし、かつ他の観測室の環境と比較しても極めて理想的な環境が得られているといえる。収集された結果を Annual Modulation と呼ばれる解析にかけ、WIMPs 信号の同定を試みた。得られた結果からは WIMPs の存在を示す有意な signature は得られず、limit という形で WIMPs の存在の可能性に対して制限を与える事となった。この考察により、Spin に依存したタイプの相互作用をする質量 5～25GeV 付近の比較的軽い WIMPs に対して世界で最も厳しい制限値を与える事に成功した。

この測定を通して得られた様々な感度の向上に関するアイデアを用いて、検出器の改良を行い研究の目的である DAMA/NaI 実験の検証についての可能性について評価を行った。NaI(Tl) 検出器の改良の成果として、測定感度に大きな影響を与えるエネルギー閾値について当初の 4 keV から 2 keV、同様にバックグラウンドについてもカウントレートにして～10cpd/kg/keV から 4 cpd/kg/keV という改善が実現され今後のすべての検出器の改良後の測定において、2年程度の測定で DAMA/NaI 実験の結果の検証が実現可能となった。

現在の研究の将来的な展望として、更なる感度を目的として高純度の NaI(Tl) 結晶の開発を同時に進めており、これまでに U 系列の放射性不純物が $6.8 \mu\text{Bq/kg}$ 以下の NaI(Tl) 結晶の製作に成功した。この結果は現在の NaI(Tl) 検出器と比較しておおよそ $1/30$ に抑えられており、今後の感度向上に飛躍的な効果をもたらす事になることが期待されている。

論文審査の結果の要旨

本論文は暗黒物質探索のため開発した高感度 NaI(Tl) 検出器を用い新実験室「大塔コスモ地下観測所」で行った研究を纏めたものである。そして標的と検出器を兼ねる NaI 原子核と暗黒物質とのスピン依存の相互作用によるイベント数の年変化を観測し、暗黒物質と陽子の相互作用断面積に関し従来に無い厳しい上限を与えた。これは素粒子・核・宇宙物理にとって重要な結果であり博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。