

Title	Neutrino and Weak Interaction studied by means of Double Beta Decays of ^{100}Mo with ELEGANT V
Author(s)	久富, 信之
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39921
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	久 富 信 之
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 12313 号
学位授与年月日	平成8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	Neutrino and Weak Interaction studied by means of Double Beta Decays of ^{100}Mo with ELEGANT V (ELEGANT Vを用いた ^{100}Mo の二重ベータ崩壊によるニュートリノと弱相互作用の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 江尻 宏泰
	(副査) 教授 大坪 久夫 教授 岸本 忠史 教授 佐藤 健次 教授 高杉 英一

論文内容の要旨

1) 二重ベータ崩壊の観測は標準理論におけるニュートリノの性質や弱い相互作用の性質を検証する最も感度の良い方法である。本研究では、超高感度低バックグラウンド検出器 ELEGANT V を用い ^{100}Mo の二重ベータ崩壊について研究した。 ^{100}Mo はQ値が $Q_{\beta\beta}=3.03\text{MeV}$ と大きく、Phase space factor が大きくなるので、他の核と比べて観測に対して有利である。

2) ELEGANT V はベータ線の軌跡を検出するドリフトチェンバー、ベータ線のエネルギーと時間を検出するプラスチックシンチレーター、X線や γ 線を検出するNaIシンチレーターからなっている。従って、真の二重ベータ崩壊から二本のベータ線の軌跡とエネルギーを検出することができる。またX線や γ 線を検出することによってバックグラウンドを削除することができる。ELEGANT V は中央の ^{100}Mo 資料部分にドリフトチェンバーを挿入することによって、バックグラウンド源を減少させた。また、 ^{100}Mo 資料を179グラムと増料させた。これらによって二重ベータ崩壊に対する検出感度を向上させた。

3) ELEGANT V ではベータ線と γ 線の同時計測が可能である。そこでバックグラウンド源について解析し、 $0\nu\beta\beta$ 崩壊のエネルギー領域でのバックグラウンドの寄与を考察した。

4) データ解析に際して、二本のベータ線のエネルギー分布と角度相関が計算することができる。そこで二重ベータ崩壊に寄与する個々の項に対して個別に考察した。その結果 $0\nu\beta\beta$ 崩壊に寄与する個々の項に対して以下のような半減期の制限値が与えられた。

$$T_{1/2}^{0\nu}(\langle m_\nu \rangle) > 5.2 \times 10^{22} \text{y}, \quad T_{1/2}^{0\nu}(\langle \lambda \rangle) > 3.9 \times 10^{22} \text{y}, \quad T_{1/2}^{0\nu}(\langle \eta \rangle) > 5.1 \times 10^{22} \text{y}.$$

これらの結果は ^{100}Mo に対して最も厳しい制限値を与える。これらの結果はニュートリノ質量と右巻き相互作用のそれぞれの項に対して、

$$\langle m_\nu \rangle < 2.2 \text{eV}, \quad \langle \lambda \rangle < 3.7 \times 10^{-6}, \quad \langle \eta \rangle < 2.5 \times 10^{-8},$$

を導く。ニュートリノとマジョロンが結合し二重ベータ崩壊に寄与するモードでは

$$T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 5.4 \times 10^{21},$$

が得られた。これは結合定数に対して、

$$|\langle g_B \rangle| < 7.3 \times 10^{-5},$$

を導く。また、SUSY粒子を交換することによって二重ベータ崩壊に寄与するモードやニュートリノが composite

であると仮定して励起したニュートリノが二重ベータ崩壊に寄与するモードについても考察し、

$$\lambda'_{III} \leq 6.9 \times 10^{-4} \left(\frac{m_q}{100 \text{ GeV}} \right)^2 \left(\frac{m_q}{100 \text{ GeV}} \right)^{1/2},$$

$$m_{\nu_e} > 1.8 \times 10^4 \text{ TeV},$$

等の結果を導いた。

論文審査の結果の要旨

神岡地下実験室にある超高感度核分光器 (ELEGANT V) による ^{100}Mo のニュートリノの放出されない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$) 現象の観測によりニュートリノの質量や弱い相互作用における右巻き成分に厳しい制限値を与え、標準理論をこえたモデルに対する検証を行なった。

ELEGANT V はベータ線の軌跡を検出する三つのドリフトチェンバー、ベータ線のエネルギーおよび観測時間を検出するプラスチックシンチレーター、ガンマ線のエネルギーを観測するヨウ化ナトリウムシンチレーターにより構成されている。これらにより、 $0\nu\beta\beta$ に対して二本のベータ線の軌跡とエネルギーおよび検出時間を観測することができる。そのため二本のベータ線の角度分布と個々のエネルギーを同時に観測できるのでニュートリノの質量項からの寄与と弱い相互作用の右巻き成分からの寄与を別々に考察することができる。

この研究では ^{100}Mo の二重ベータ崩壊に対するバックグラウンド源をベータ線・ガンマ線同時計測法により評価し、データ解析の結果残った内容をバックグラウンドモデルにより完全に説明することに成功した。

また、二重ベータ崩壊を引き起こす幾通りかのプロセスを個々に特徴づけられる二本のベータ線のエネルギー分布と角度相関を解析することによって分離しそれぞれのプロセスに対して個々に結果を与えた。その結果 ^{100}Mo の $0\nu\beta\beta$ に対して m_ν 項: $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 5.2 \times 10^{22}$ 年, λ 項: $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 3.9 \times 10^{22}$ 年, η 項: $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 5.1 \times 10^{22}$ 年と世界でも最も厳しい制限値を与えた。また一つのマジョロンが放出されるモードに対して $T_{1/2}^{0\nu\beta\beta} > 5.4 \times 10^{21}$ という制限値を与えた。

これらの結果から、各物理量に対して次の制限を与えた。 $m_\nu < 2.2 \text{ eV}$, $\langle \lambda \rangle < 3.7 \times 10^{-6}$, $\langle \lambda \rangle < 2.5 \times 10^{-8}$, $\langle g_B \rangle < 7.3 \times 10^{-5}$, $\lambda'_{III} < 6.9 \times 10^{-4} \left(\frac{m_q}{100 \text{ GeV}} \right)^2 \left(\frac{m_q}{100 \text{ GeV}} \right)^{1/2}$, $m_{\nu_e} > 1.8 \times 10^4 \text{ TeV}$ 。

これらの結果は、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。