

氏 名 長谷山 智 仁
 学位(専攻分野) 博 士 (理 学)
 学位記番号 理 博 第 2168 号
 学位授与の日付 平成 12 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
 研究科・専攻 理 学 研 究 科 物 理 学 第 二 専 攻
 学位論文題目 Study of Parity Nonconserving Spin Rotation in Neutron-Nucleus Resonance
 (中性子-原子核共鳴におけるパリティ非保存スピン回転角の研究)

論文調査委員 (主 査) 助教授 延 與 秀 人 教 授 今 井 憲 一 教 授 笹 尾 登

論 文 内 容 の 要 旨

中性子と原子核の p 波の共鳴反応に於てパリティを破る効果が極めて大きく増幅される現象が発見されているが、この現象は SP 混合模型によって、近接する s 波と p 波の共鳴準位が干渉し合うことによって弱い相互作用の影響が増幅されているものと考えられている。前方散乱振幅を用いて記述した場合、パリティを破る効果としての中性子スピン回転と断面積の縦偏極非対称度は、同一の散乱振幅の実部と虚部に対応し、SP 混合模型によると弱い相互作用による行列要素によって相互に結び付けられている。逆に、散乱振幅の実部と虚部の測定を行い行列要素の比較を行うことが模型の正当性を評価するものとなる。現在のところ虚部の測定である断面積の縦偏極非対称度は種々の実験に調べられているが、実部の測定である中性子のスピン回転の測定実験は限られておりその精度も良くない。本研究は中性子のスピン回転の測定精度を向上させて、行列要素を縦偏極非対称度と独立に測定し、縦偏極非対称度から求めた値と比較することによって SP 混合模型の正当性を評価することを目的とした。

本実験は米国ロスアラモス国立研究所に於てランタン 139 の 0.74 eV の p-波共鳴に於けるパリティ非保存中性子スピン回転角を測定した。実験手法として 5 cm のランタン標的に横偏極中性子を透過させ、標的通過中に生じた直角方向の横偏極成分に対してスピン解析を行う方法をとった。中性子の偏極装置および偏極解析装置として偏極ヘリウム 3 装置を用いた。これはヘリウム 3 原子核と中性子の反応断面積の間はヘリウム 4 の原子核の $J^{\pi} = 0^{+}$ の励起状態を通じて起こるために、中性子とヘリウム 3 のスピンの互いに反平行のときにのみ中性子の吸収が起こることを利用したものである。オプティカルポンピングによって得たルビジウム原子の偏極からの偏極移行によってヘリウム 3 の核偏極を得た。目的のランタンの共鳴準位でのスピンフィルターとしての効率から、ガラスセル中に 6 気圧で 10 cm の厚さで封入したヘリウム 3 ガスを偏極装置と偏極解析装置の各々に用いた。偏極装置には Adiabatic Fast Passage NMR の手法を用いた偏極反転機構を実装した。

偏極反転にたいする透過率のアシンメトリー、透過率上昇による解析能の評価、および標的の有無に対するアシンメトリーの違いの評価を行った。その結果として、ランタン 139 の p-波共鳴 (0.74 eV) におけるパリティ非保存中性子スピン回転の中性子エネルギー依存性を求めた。回転角の最大値と最小値の差として、 $(7.59 \pm 0.94) \times 10^{-3} \text{ rad/cm}$ を得た。この値は KEK で過去に得られたパリティ非保存中性子スピン回転の値に比べ精度が向上している。また、得られたスピン回転の値をもとに、弱い相互作用の行列要素を導きだし、 $xW = (1.74 \pm 0.22) \text{ meV}$ を得た。この値は縦偏極非対称度から求めた値と良い一致を示す。全く独立な測定量であるパリティ非保存中性子スピン回転と断面積の縦偏極非対称度から互いに一致する値が出たことは意義深く、SP 混合模型の正当性を支持するものとなった。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本申請論文は、中性子共鳴吸収反応においてパリティの破れに起因する中性子のスピン回転角を実験的に決定したもので

ある。

La 核における中性子共鳴吸収反応のヘリシティ非対称性の測定より、p 波共鳴でパリティの破れが 10^6 倍にも増幅されていることが曾て実験的に発見されている。この増幅機構は T 不変性の破れを実験的に検証するための道具として利用できる可能性をもつため、中性子を利用した基礎物理研究の重要なテーマとなっている。本論文はこの驚くべき増幅機構自体を解明するための重要な実験データを与えたものとして高く評価することができる。

この増幅機構を説明できる理論モデルとして s-p mixing モデルが提唱されている。このモデルは共鳴吸収におけるパリティの破れが、p 波と s 波の干渉作用で増幅されるとしており、自動的に干渉項の実部と虚部の予測値を与え、両測定は原子核反応の弱い相互作用の強さを与えるマトリックス要素 xW によって統一的に記述される。反応のヘリシティ非対称性の測定はこの虚部を実験的に決めるものでありスピン回転角の測定はこの虚部を実験的に与えることとなる。両者の測定が s-p mixing モデルにより矛盾なく理解できれば、増幅機構がほぼ決定できることになる。ヘリシティ非対称性の実験は数多くなされているものの、回転角の測定は実験的困難もあり立ち後れていた。

このような立場からスピン回転角を求めた実験がこれまでに 2 例報告されている。ひとつは p 波レゾナンス位置から離れた場所で共鳴のテールを用いてなされたものであり、もうひとつは p 波共鳴位置でなされたものの精度が十分でなく、虚部の測定で得られた xW と回転角の測定で得られた xW の値は統計的には無矛盾であるものの、両者が一致しているという結論を出すためにははなはだ不満足な状況であった。

本申請論文での研究は p 波共鳴位置でスピン回転角を測定し、これまでの実験ではかならずしも明らかでなかったレゾナンスパターンを確立するとともに回転角の絶対値を十分な精度で決めることに成功している。この結果、干渉項の実部と虚部が s-p mixing モデルによって矛盾なく説明できることを証明した。

また、この実験でとられた回転角の測定手法は偏極³He フィルターを用いたものであり、T 普遍性の破れを測定する実験にたやすく拡張できるものとして注目に値する。

よって、本申請論文は博士（理学）の学位論文に値するものと認める。

本申請論文は京都大学紀要に 2000 年 3 月号に掲載決定されている。

また主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心として、これに関連した研究分野について口頭試問した結果、合格と認めた。