

論文審査の結果の要旨

氏名 丸田 朋史

本論文は、 Λ ハイパー核の非中間子弱崩壊 (NMWD: $\Lambda N \rightarrow nN$) における非対称度の実験的研究に関するものであり、5章から成る。第1章は「導入」であり、従来の実験における問題点と本実験の特徴が記述されている。第2章「実験装置」は実験に用いた施設と、設置した測定装置の特徴が述べられている。第3章「解析」では、データ解析に用いる事象の選別のための粒子の識別や、運動量の解析方法が説明されている。第4章の「結果」では、前章で得られた粒子の情報から Λ ハイパー核の非中間子弱崩壊事象を選別し、非対称度を導出している。第5章は結論である。

本研究の目的は高精度で NMWD の陽子非対称パラメータ (α_p^{NM}) を測定することにより、その反応機構を解明することにある。 Λ ハイペロンが原子核に束縛された状態を Λ ハイパー核とよんでいる。その Λ ハイパー核に特有な崩壊事象として NMWD があり、バリオン-バリオン間の弱い相互作用の研究において、非常に重要な情報を与える。その崩壊過程を特徴づける物理量が非対称パラメータ (α) であるが、これはスピン偏極したハイパー核の崩壊により生成される粒子が、偏極軸に対してどの程度偏って放出されるかを表す量である。

現在までに α_p^{NM} の測定は2つ行われており、 0.24 ± 0.22 (${}^5_\Lambda\text{He}$)、 -0.9 ± 0.3 (p -殻 Λ ハイパー核) と中心値が大きく異なる結果が報告されている。しかしながらこれらの実験では、1) 統計精度が充分でない。また陽子と π 中間子の粒子識別の精度が悪い、2) 二つの測定は異なる実験装置で行われたので、直接的な比較が困難である、3) 陽子のみの測定であるために、終状態相互作用 (FSI) 等の影響を無視できない、4) 理論で計算されている一核子崩壊モードを直接識別する測定になっていない、等の問題点があり、精度良く α_p^{NM} を決定したとは言い難い状況であった。

そこで本実験では、1) 高統計のデータを収集し、かつ高い精度で粒子識別を行い、2) 同じ測定装置で s 殻ハイパー核 (${}^5_\Lambda\text{He}$) と p 殻ハイパー核 (${}^{12}_\Lambda\text{C}$, ${}^{11}_\Lambda\text{B}$) を測定することにより、系統誤差を少ない条件での比較を可能にし、3) 高統計のデータを用いて FSI の影響を調べ、4) 核子対 (陽子 (p)-中性子 (n)) を同時に測定することにより、 α_p^{NM} を直接的に測定することを目的とした。

実験は高エネルギー加速器研究機構 (KEK) にある 12-GeV 陽子シンクロトロン の K6 ビームラインで行われた。 (π^+, K^+) 反応により、大きく偏極した Λ ハイパー核が生成された。崩壊粒子は実験標的の周囲に配置した崩壊粒子検出器群により測定された。この検出器群は、偏極軸方向に加えて、偏極軸と 90° 方向にも配置し、全立体角の 27% を覆うものである。

${}^5_{\Lambda}\text{He}$ ハイパー核の偏極度は、まずその π 中間子崩壊モードにおける非対称度の測定から実験的に導出された。この際に同時に測定される非中間子崩壊モードからの陽子の非対称度を測定することに成功した。その非対称パラメータ α_p^{NM} の値として $0.07 \pm 0.08^{+0.08}_{-0.00}$ が得られた。これは従来の統計誤差を半分以下に改善した高精度な結果である。陽子の測定エネルギー閾値依存性が無いことも同時に確認した。 $\Lambda p \rightarrow np$ 過程からの p - n 核子対同時測定から、 $\alpha_p^{NM} = 0.30 \pm 0.26$ を得たが、これにより ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ の α_p^{NM} がゼロに近い値であることが実験的に確定された。

一方、 p -殻核 (${}^{12}_{\Lambda}\text{C}$, ${}^{11}_{\Lambda}\text{B}$) の非対称パラメータ α_p^{NM} として $-0.16 \pm 0.28^{+0.18}_{-0.00}$ を得た。この値は ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ の値に近く、 s -殻核と p -殻核で反応機構に差が無いことも初めて明らかにした。

従来考えられて来た中間子交換模型や、またそれに短距離での補正として直接クォーク交換過程を取り入れた模型などによる非対称パラメータ α_p^{NM} の予言値は、マイナスの大きな負の値 ($-0.6 \sim -0.7$) であることから、ほとんどゼロに近いという本実験結果を説明することは困難である。

この様に論文申請者は核子対 (p - n) の同時測定に初めて成功し、高統計で系統的な測定により、高精度で α_p^{NM} の値を決定した。そして従来考えられて来た理論模型では本実験結果を再現できないことを明らかにした。本研究は、非中間子弱崩壊に関して新しい知見を与えるものであり、その反応機構の解明に重要な寄与をした。

なお、本研究は実験課題番号 E462 及び E508 による共同実験に基づくものであるが、論文提出者はこの実験の準備および遂行に於いて、中心的な役割を担った。特にビームライン検出器系の運転と、データ解析を行い、ハイパー核を高い分解能 (4 MeV FWHM) と S/N 比 (~ 10) で観測することに成功し、非対称パラメータを求める解析をほぼ一人でやり遂げた。

以上のことから、審査委員全員が、博士 (理学) の学位を授与できると認めた。