

論文審査の結果の要旨

氏名 中野 讓

本論文は、ダブルラムダハイパー核、すなわち、原子核中にラムダ (Λ) 粒子が 2 個入った奇妙な原子核の探索実験を行い、 22.8 ± 6.0 個の ${}_{\Lambda\Lambda}{}^4\text{H}$ を発見した成果をまとめたものである。ダブルラムダハイパー核 (以下 $\Lambda\Lambda$ 核) の質量を測定することで、 Λ - Λ 間の相互作用の大きさを導き、強い相互作用 (拡張された核力) を統一的に理解することが最終目的であるが、そもそも $\Lambda\Lambda$ 核はこれまで写真乾板を用いた実験で数例が観測されているだけであるので、新しい $\Lambda\Lambda$ 核を同定するだけでも十分に意義ある研究である。

論文申請者らは、写真乾板内でダブルラムダ核が 2 回連続して弱崩壊するバーテックスを探す従来の方法に代わって、 $\Lambda\Lambda$ 核の弱崩壊で放出される 2 個の π^- を円筒型検出器系で同定し、それらの運動量を測定することで $\Lambda\Lambda$ 核の質量を測定する新しい方法を提案した。放出される π^- は 100 MeV/c 程度の運動量を持つが、その運動量を正確に測定すれば、(弱崩壊のバーテックスを見なくても) 親核を同定することが可能である。

$\Lambda\Lambda$ 核は、まず ${}^9\text{Be}$ 標的に K^- を照射して $\text{K}^- + \text{p} \rightarrow \text{K}^+ + \Xi^-$ によって Ξ^- 粒子を生成し、次にその Ξ^- 粒子を ${}^9\text{Be}$ に吸収させる ($\Xi^- + \text{p} \rightarrow \Lambda\Lambda + \text{Q}$ (28MeV)) という 2 段階反応で生成された。

論文申請者の第 1 の寄与は、この実験に不可欠な円筒型検出器系 (CDS) の開発・制作である。CDS は、He ベースのガスを使った円筒型ドリフトチェンバー (CDC)、それを取り囲む MWPC 型カソード読み出しチェンバー (CDZ)、磁場中でも動作可能なトリガー用ホドスコープ (CDH)、磁場が一様なソレノイド磁石で構成される。CDS 全体として大立体角を実現するようデザインされ、 4π に対して約 60% 以上を実現している。検出を目的としている 100MeV/c 付近の π^- 粒子は、チェンバー内部での多重散乱からの影響が無視できないため、CDC では物質量を低く押さえるように設計された。最終的に、CDS では

100MeV/c の π^- に対して約 8MeV/c (FWHM) の精度が得られることが確認された。

実験は、米国ブルックヘブン国立研究所の AGS 加速器において 1997 年度 4 月より 2 ヶ月、1998 年 9 月より 2 ヶ月半実験行われ、最終的に 1×10^{12} 個の K^- を ^9Be 標的に照射し、約 1×10^5 個の (K^-, K^+) 反応を得た。これと同期して、 π^- が 2 個 CDS で捕捉された事象を選別し、 π^- 運動量分布を測定したところ、 $\Lambda\Lambda$ 核からの π^- が期待される領域 (90~140MeV/c) で、自由 Ξ^- 粒子の崩壊から予想されるよりも事象数が過剰であることが見いだされた。

論文申請者の第 2 の寄与は、既知の Λ ハイパー核 (Λ を 1 個含む核) の質量などの情報を用い、これらの事象が、 $_{\Lambda\Lambda}^4\text{H} \rightarrow _{\Lambda}^4\text{He} + \pi^-$, $_{\Lambda}^4\text{He} \rightarrow ^3\text{He} + p + \pi^-$ に起因するものであると同定したことである。その事象数は、 22.8 ± 6.0 と見積もられ、統計的に有意である。

$_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ 崩壊の π 中間子の運動量は、 116.4 ± 1.4 (統計誤差) ± 1.2 (系統誤差) (MeV/c) であった。理論的には、 $_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ は主として $_{\Lambda}^4\text{He}$ の励起状態 ($ex=1.15$ MeV) に崩壊すると予想されるので (スピン選択則)、これを考慮し、 $_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ の質量は 4106.2 ± 0.94 (統計誤差) ± 0.80 (系統誤差) (MeV/c²) と求められた。これを、 $\Lambda\Lambda$ のボンドエネルギー $\Delta B_{\Lambda\Lambda}$ に焼き直すと、 $\Delta B_{\Lambda\Lambda} = 0.47 \pm 0.94$ (統計誤差) ± 0.80 (系統誤差) (MeV) となる。

理論的には、 $_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ は、採用する Λ - Λ 相互作用の符号により束縛するか、しないかが変わる。今回得られた $\Delta B_{\Lambda\Lambda}$ の値は誤差の範囲で正負どちらも許容されるが、 $_{\Lambda\Lambda}^4\text{H}$ の存在が確認されたため、 Λ - Λ 相互作用は引力的であると結論された。

なお、本論文は福田共和氏らとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって装置制作・データ解析・分析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士 (理学) の学位を授与できると認める。