

論文審査の結果の要旨

氏名 応田 治彦

YN(ハイペロン核子)相互作用の研究は、核子間の相互作用の描像をバリオン-バリオン間に拡張するもので、現代の原子核物理学の最も重要な主題の一つである。然しながら、ハイペロン-核子の低エネルギーでの散乱実験は極めて困難であるため、ハイパー核の構造から、ハイペロン-原子核間の相互作用についての知見を得て、それを、ハイペロン-核子間の相互作用と結びつけていくという手法が有効であると考えられる。 Λ ハイパー核については、豊富な実験データが蓄積されて、 Λ 核ポテンシャルの深さや、スピン軌道力に関するデータから多くの知見が得られているが、他方、 Σ ハイパー核については、その実験的研究は極めて不十分な段階にある。本論文は、(静止 K^- , π) 反応を用いて、 ${}^4\text{He}$ 標的についての Σ ハイパー核の束縛状態の探索実験をおこない、その解析結果をまとめたものである。(静止 K^- , π) 反応の特徴としては、貴重な K^- ビームを効率的に利用できるために高統計のスペクトルを得やすいことや、170 MeV/c 程度となる反応の運動量移行が、 Σ ハイパー核の基底/束縛状態の生成に適していることが挙げられる。本実験で ${}^4\text{He}$ 標的を用いたのは、4 体系以下の軽い s -shell 核では、 ΣN 相互作用をもとにした理論計算との比較が可能であるからである。

本論文の基となった実験 (KEK-PS E167) は、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の 12GeV-PS の K3 ビームラインで行われた。液体 ${}^4\text{He}$ 標的に、 K^- 中間子を静止させ、(静止 K^- , π^\pm) 反応によって放出される荷電 π^\pm 両方の中間子の運動量スペクトルを、偏向電磁石を用いたスペクトロメータ系を用いて測定した。スペクトロメータは、100 MeV/c-300 MeV/c に渡る広い運動量アクセプタンスを有しており、 Σ ハイパー核の生成の研究と同時に、 Λ ハイパー核 (${}^4_\Lambda\text{H}$ 及び、 ${}^4_\Lambda\text{He}$) の生成と崩壊についても同時に測定を行うことができた。

液体ヘリウム標的は低密度であるため、 K^- 中間子の減速中の反応や崩壊 (“in-flight 反応/崩壊”) によるバックグラウンドの低減が極めて重要であった。このため、入射 K^- と、放出 π^\pm 両方の軌跡から反応点を再構成して、ヘリウム標的起因の事象を選別し、次に、 K^- のビームライン最下流のカウンターでのエネルギー損失が静止 K^- を仮定して計算されるものと一致することを要請し、さらに K^- の入射時間と、 π^\pm の放出時間の差を飛行時間計測 (TOF) 法で測定することによって、(in-flight K^- , π^\pm) 反応/崩壊から来るバックグラウンド事象の 94%以上の除去に成功した。

${}^4\text{He}$ (静止 K^- , π^-) スペクトル上で、 Σ の束縛領域にハイペロンの生成や、崩壊など既知のバックグラウンドプロセスでは説明のできない隆起が観測された。一方で、 ${}^4\text{He}$ (静止 K^- , π^+) スペクトル上では Σ^- の束縛領域には対応する構造は見出されなかった。スピン、アイソスピンの選択則に基づく考察から、 π^- スペクトル上でのみ観測されたこの状態は、Isospin=1/2, Spin=0 の ${}^4_\Sigma\text{He}$

の基底状態であると結論された。これは Σ ハイパー核の束縛状態の存在の最初の発見である。また、 π^- と π^+ のスペクトルの比較から、 Σ^- 核の相互作用が、非常に強いアイソスピン依存性を有することを実験的に初めて確定した。

原田等北大理論グループは、Nijmegen の Model D と等価な ΣN 相互作用を用いた 4 体系の変分計算から、 $I=1/2, S=0$ の基底状態が、 (K^-, π^-) スペクトル上にのみ現われることが予言したが、本実験の結果を定性的によく説明することが分かった。

K^- の静止時間と、弱崩壊によって生じる π^- /陽子の放出時間差を直接 TOF 法で測定することによって、 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と、 ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ の寿命を、各々 194^{+24}_{-26} ps, 256 ± 27 ps と何れも初めて高精度で決定した。また、標的の周囲のカウンター群との同時計測の結果から、 ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ が、 π^0/π^- を放出して崩壊する確率をおおの 51.5 \pm 3.5%, 32.2 \pm 3.4% と高い精度で決定した。これら、寿命と、 π 崩壊分岐比から得られた ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ 及び ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ の π 中間子崩壊幅は、 Λ -($A=3$) 核間のポテンシャルが、中心斥力を持っていると考えないとその大きさが説明できない。また、新たに得られた π 中間子崩壊データと、 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ と、 ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ の非中間子崩壊幅の過去のデータから、両者の非中間子崩壊幅はほぼ等しいという結果を得た。さらに本実験で、 ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ の非中間子崩壊が圧倒的に、 $\Lambda p \rightarrow np$ 崩壊モードから起こっていることが示された。

本論文の基になった実験は複数名との共同研究に基づくが、論文提出者である応田治彦君は、実験の企画・遂行において中心的な役割を果たし、論文に用いられているデータの解析、まとめ、考察を行っており、その寄与は十分であると判断する。

したがって、審査員全員一致で、博士(理学)の学位を授与できると認める。