

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	時安 (岡村) 敦史
論文題目	Search for the K^-pp bound state using the $d(\gamma, K^+\pi^-)X$ reaction at $E_\gamma=1.5-2.4$ GeV		
(論文内容の要旨)			
<p>本申請論文は、K^-pp束縛状態を$d(\gamma, K^+\pi^-)X$反応を用いて探索した結果についてまとめたものである。K^-pp束縛状態はK^-中間子と二つの陽子の束縛系であり、理論的に存在が示唆されている。反K中間子-核子間の相互作用がアイソスピン0に組むときに強い引力となることから、K^-pp束縛状態は数十MeVという非常に強い束縛エネルギーを持つと予測されている。もしこのような状態が存在すれば、中間子の核内での性質、反K中間子-核子間の閾値以下での相互作用について新たな知見を与えるものとなる。実験的にはFINUDA実験及びDISTO実験によってK^-pp束縛状態の発見が報告されている。しかしながらそれらの実験解釈には不定性が残っており、まだK^-pp束縛状態の存否は確定されていない。故に、様々な反応を用いた実験を行い多面的にK^-pp束縛状態の探索を行うことが重要である。</p> <p>申請者はSPring-8のLEPS実験において$d(\gamma, K^+\pi^-)X$反応を用いたK^-pp束縛状態の探索実験を提案し、2002,2003,2006,2007年に取得されたデータの解析を行った。光生成反応ではK^-交換といったハドロンビームを用いた反応にはない反応機構が寄与するため、K^-pp束縛状態の生成機構の解明に重要な情報を提供することとなる。LEPS実験では、逆コンプトン反応による毎秒10^6個の高エネルギーγ線がハドロン光生成に利用されている。1.5-2.4 GeVのγ線は蓄積リング内の標識化装置により、イベント毎に12 MeV (R.M.S.)の分解能でエネルギーが測定される。合計7.6×10^{12}の標識光子が液体重水素標的に照射された。標的で生成されたK^+、π^-は実験室系で前方に感度を持つスペクトロメータによって同定され、運動量が測定された。運動量の分解能は、1 GeV/cの粒子について6 MeV/c (R.M.S.)であった。以下の条件、$\cos\theta_{K/\pi}^{\text{lab}} > 0.95$, $0.25 < p_K < 2.0$ GeV/c, $0.25 < p_\pi < 0.6$ GeV/cの下で、質量欠損を10 MeV/c² (R.M.S)の分解能で求めた。またイベント毎にアクセプタンス補正を施すことによって、同反応の微分断面積を求めた。探索領域 (2.22-2.36 GeV/c²の質量領域)の微分断面積は$3.67 \pm 0.083(\text{stat})_{-0.058}^{+0.14}(\text{syst}) \mu\text{b}$と得られた。</p> <p>得られた質量欠損分布は準自由反応のみを仮定したモンテカルロシミュレーションの結果と良い一致を得た。また探索領域では$\gamma p \rightarrow K^+\Lambda(1520)$反応の寄与(22.3±2.7 %)と$\gamma N \rightarrow K^+\pi^- \pi \Lambda/\Sigma$反応の寄与(23.9±5.3 %)が主であることが判明した。探索領域で、K^-pp束縛状態が生成された証拠となる特徴的なピーク構造が探索されたが、顕著な構造は観測されなかった。従って準自由反応を背景事象と仮定して、likelihood ratio法によってK^-pp束縛状態の生成断面積の上限値が求められた。その結果、幅が20 MeV, 60 MeV, 100 MeVの状態に対してK^-pp束縛状態の生成断面積の上限値は95 %の信頼度でそれぞれ(0.17-0.55), (0.55-1.7), (1.1-2.9) μbと求められた。これらの値は典型的なハイペロン生成断面積($\gamma N \rightarrow K^+\pi^- \Lambda/\Sigma$)の(1.5-5.0), (5.0-15), (9.9-26) %に対応する。特に、幅20 MeVの上限値は先に行われたKEK-PS E549実験のヘリウム標的中の静止K^-反応による幅の狭いK^-pnn束縛状態の生成断面積は数%以下であるという結果に比肩しうるものと言える。また、上記探索に加えて様々な運動学的制限の元でのK^-pp束縛状態探索を行ったが、ピーク構造は観測できなかった。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、原子核とK中間子との強い相互作用により形成される新しい束縛状態を実験的に探索したものである。K中間子はストレンジネス自由度 ($S = -1$) を持つ中間子であり、このK中間子原子核と呼ばれる束縛状態は、存在するとすればストレンジネスを含む全く新しいハドロン多体系の存在形態となる。K中間子と原子核との相互作用には、アイソスピン0の状態に強い引力が存在することが知られており、これによる束縛状態の存在が理論的に示唆されている。

なかでも、本研究では特に3体系の K^-pp 束縛状態に着目した。この系ではアイソスピン0の引力が支配的であり、厳密な3体計算との比較が可能である。K中間子原子核の存否を決定するうえで、良いベンチマークとなると考えられる。また、実験的にも、これまでにイタリアのFINUDA実験やフランスのDISTO実験において K^-pp 束縛状態の存在を強く示唆する実験データが得られており、これを異なる反応により確認することが重要であるとされてきた。

そこで、本研究では、数GeV領域のエネルギーをもった光子ビームを利用した光生成反応 $d(\gamma, K^+\pi^-)X$ により、 K^-pp 束縛状態の探索を行った。光生成反応による K^-pp 束縛状態の探索は、これが世界で初めてである。実験は、放射光施設SPring-8に設けられたLEPSと呼ばれる実験施設において行われた。この施設では、逆コンプトン散乱により1.5-2.4 GeVの範囲の高エネルギーガンマ線を生成する。散乱電子をタグすることにより、12 MeVのエネルギー分解能でガンマ線のエネルギーを測定できる。ガンマ線ビームの強度は毎秒 10^6 個程度であり、この測定では、総量として 7.6×10^{12} 個のガンマ線が液体重水素標的に照射された。反応により前方に生成された K^+ 中間子と π^- 中間子は、LEPSスペクトロメーター系により測定され、10 MeV/ c^2 の質量分解能により K^-pp 束縛状態の生成を探索した。

測定により得られた質量欠損スペクトルは、2.22-2.36 GeV/ c^2 の探索領域において K^-pp 束縛状態とみなせるピーク構造を示さなかった。そこで、このスペクトルを素過程において既知のハイペロン (Λ , Σ) やハイペロン共鳴 ($\Lambda(1520)$, $\Sigma(1385)$, $\Lambda(1405)$ 等) の生成過程などによって再現することを試みた。結果として非常によく再現できることが判明し、探索領域におけるバックグラウンドは、 $\gamma p \rightarrow K^+\Lambda(1520)$ 反応(22.3 ± 2.7 %)と $\gamma N \rightarrow K^+\pi^-\pi\Lambda/\Sigma$ 反応(23.9 ± 5.3 %)によって理解出来ることが分かった。探索の結果は、 K^-pp 束縛状態の生成断面積の95%信頼度における上限値としてまとめられ、束縛状態の幅(寿命)をパラメーターとして、幅の値が20 MeV, 60 MeV, 100 MeVの場合にそれぞれ(0.17-0.55), (0.55-1.7), (1.1-2.9) μb と与えることに成功した。これは、光生成反応による通常のハイペロン生成断面積の10%程度になっており重要な実験情報を得ることができたといえる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成26年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降