

Title	Structure near the K-+p+p threshold in the in-flight $^3\text{He}(\text{K}^-, \text{Lp})\text{n}$ reaction(Abstract_要旨)
Author(s)	Sada, Yuuta
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2017-03-23
URL	https://doi.org/10.14989/doctor.k20171
Right	
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	ETD

(続紙 1)

京都大学	博 士（理 学）	氏名	佐田優太
論文題目	Structure near the K^-p+p threshold in the in-flight $^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$ reaction		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、茨城県東海村にある大型加速器施設J-PARCにおいて実施したE15実験の解析結果をまとめたものである。J-PARC E15実験は、ストレンジネス量子数$S=-1$をもちバリオン数$B=2$の束縛状態を探索するために、$1\text{ GeV}/c$での$^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$反応を利用した。この$S=-1$, $B=2$の系には、K中間子と2つの核子の強い相互作用による束縛状態と考えられるK中間子原子核K^-ppが存在すると考えられているが、未だ実験的に確立していない。様々な理論計算により束縛状態の存在は確認されており、いくつかの探索実験で信号の観測が報告されてきたものの、理論予測と実験結果に一致が見られないことや、いくつかの実験では束縛状態が観測されないなど、その存否は確定していない。そこで、本実験は世界で初めて$^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$反応を用いてこの探索を行うものであり、同時にin-flight K中間子の多核子吸収反応を初めて測定することとなった。$^3\text{He}(K^-, \Lambda p)n$反応中の$\Lambda$と陽子はCDSと呼ばれる円筒形の検出器群によって測定された。CDSは、実験系で$49\text{--}131^\circ$の範囲を覆っておりこれは全立体角の66%に相当する。また陽子、π中間子をそれぞれ$120\text{ MeV}/c$、$30\text{ MeV}/c$以上の運動量をもった粒子を検出できる。欠損質量の測定により直接検出はしていない中性子を明確に識別することに成功した。その質量分解能は$^3\text{He}(K^-, \Lambda p)$反応で$45\text{ MeV}/c^2$である。$\Lambda p$の不変質量の分解能は$K+p$閾値近傍で$10\text{ MeV}/c^2$を達成した。</p> <p>データ解析の結果、Dalitzダイアグラムより2つの成分を観測することに成功した。一つは三体位相空間に等方に分布する成分であり、もう一つは特定の中性子のエネルギー領域に集中する成分である。</p> <p>一つ目の成分は飛行中K中間子における多核子吸収の初の実験的観測といえる。もう一方は既存の反応では説明できない新しい成分であり、Λpの不変質量分布がK^-p+p閾値付近にピーク構造を作るものである。さらに詳しく調べてみると、中性子の角度分布からこのピーク構造が前方方向に集中していることが判明した。これはすなわちΛpへの運動量移行が小さい領域でこのピーク構造が作られやすいことを意味する。このピーク構造を説明するため、Breit-Wigner型の共鳴状態とガウス型形状因子を用いたモデルにより解析を行ったところ、質量$2355^{+6}_{-8} \pm 12\text{ MeV}/c^2$、幅$110^{+19}_{-17} \pm 27\text{ MeV}/c^2$で形状因子の変数$Q_x=400\text{ MeV}/c$という値が得られた。これは$K$中間子の束縛状態として考えると比較的浅い束縛状態であることを意味している。</p> <p>この成果は、K中間子と原子核との反応機構に関して新たな知見を与えるとともに、K中間子原子核の存在にも重要な実験データとなっている。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、入射運動量1 GeV/cの K^- 中間子ビームと原子核との吸収反応を世界で初めて実験的に研究したものである。実験は、我が国の大強度陽子加速器施設J-PARCのハドロン実験施設で2013年に行われた。 K^- ビームを液体 ^3He 標的に照射し、終状態が Λ ハイペロンと陽子、中性子からなることを Λ 粒子と陽子を測定することにより運動学によって識別したものである。入射 K^- ビームは全部で 3.4×10^9 個照射された。測定は、新たに申請者が中心となって建設した円筒型飛跡検出器系を使って、実験室系で49度から131度までの全立体角の66%を覆うことにより、高い効率で粒子を検出することにより初めて可能となった。この検出器系では、運動量30 MeV/c以上の π 中間子と120 MeV/c以上の陽子を検出可能である。

信号となる Λpn 事象は、 Λ と p を円筒型飛跡検出器系で検出し、入射 K^- の運動量と組み合わせて、検出されていない中性子の質量を質量欠損として測定することによって識別された。この3粒子の間の放出エネルギー分布をダリッツ図と呼ばれる手法により解析を行ったところ、2つの異なるタイプの反応分布からなることを発見した。1つは3粒子の位相空間に一様に分布している成分であり、三核子吸収と呼べるものである。もう一つは、 Λp 系の不変質量が $K^- + p + p$ の生成閾値付近に集中した構造である。このような構造を取る可能性のある既知の反応機構について調べた結果、既存の反応による説明は困難であり、新たに束縛エネルギーの小さい K 中間子原子核の存在が必要であることが明らかになった。この事象について、更に調べてみると、中性子が超前方に放出されるような、反応における運動量移行が小さい領域に顕著であることが判明した。申請者は、この構造をBreit-Wigner型の共鳴状態とガウス型の形状因子で再現することを試みて、共鳴の質量 2355^{+6}_{-8} MeV/c²と崩壊幅 110^{+19}_{-17} MeV/c²を得ることができた。これは、 K 中間子原子核とすると、比較的束縛の浅い状態に対応している。

一方、位相空間にほぼ一様に分布している成分は、 $K^-(ppn) \rightarrow \Lambda pn$ 反応が起こっていると考えられる。これまで、静止 K 中間子吸収反応において2核子吸収反応というのは観測されていたが、3核子吸収反応をみたのはこの実験が初めてである。この反応が起きる全断面積は 17 ± 2 μb であることが求められた。今後、 K 中間子吸収反応機構の理論的研究に重要な情報を与えている。

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29年1月18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