



TITLE:

Search for  $\eta'$ -nucleus bound states from  $^{12}\text{C}(\gamma, p)$  reaction with simultaneous detection of decay products( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Tomida, Natsuki

---

CITATION:

Tomida, Natsuki. Search for  $\eta'$ -nucleus bound states from  $^{12}\text{C}(\gamma, p)$  reaction with simultaneous detection of decay products. 京都大学, 2020, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2020-09-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13368>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

( 続紙 1 )

京都大学	博士 ( 理学 )	氏名	富田 夏希
論文題目	Search for $\eta'$ -nucleus bound states from $^{12}\text{C}(\gamma, p)$ reaction with simultaneous detection of decay products $^{12}\text{C}(\gamma, p)$ 反応を用いた崩壊粒子の同時測定による $\eta'$ 原子核束縛状態の探索)		
(論文内容の要旨)			
<p><math>\eta'</math>(958)中間子は、<math>\pi</math>、<math>K</math>、<math>\eta</math> 中間子といった他の擬スカラー中間子よりも大きな質量をもつ。これは<math>U_A(1)</math>アノマリーによるものと考えられている。高密度の原子核内では、<math>U_A(1)</math>アノマリーの効果が減少すると考えられており、<math>\eta'</math>中間子の質量は標準核密度で最大<math>150 \text{ MeV}/c^2</math>程度小さくなるとの予想がある。核内で<math>\eta'</math>中間子の質量の大きな減少があると、<math>\eta'</math>中間子と原子核は束縛状態を形成する。本研究では<math>\eta'</math>中間子と原子核の束縛状態である<math>\eta'</math>中間子原子核の探索、および<math>\eta'</math>中間子原子核のポテンシャルの大きさの評価を行った。</p> <p>実験はSPRING-8/LEPS2ビームラインにおいて、BGOegg検出器群を用いて行われた。1.3-2.4 GeVのガンマ線ビームを用い、<math>^{12}\text{C}(\gamma, p)</math>反応の欠損質量測定により、<math>\eta'</math>中間子原子核の探索を行った。<math>\eta'</math>中間子の生成閾値付近では、多重<math>\pi</math>中間子生成によるバックグラウンドが多く、欠損質量のみの測定では<math>\eta'</math>生成事象を同定するのが難しい。本実験では、多重<math>\pi</math>中間子生成のバックグラウンドを抑制するため、<math>\eta'</math>中間子が原子核内で核子に吸収されて<math>\eta</math>中間子を放出する反応<math>\eta'N \rightarrow \eta N</math>により放出される<math>\eta</math>-p対の同時測定を世界で初めて行った。すなわち、測定したのは<math>\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + (\eta + p) + X</math>反応である。さらに<math>\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + \eta + ^{11}\text{B}</math>反応や<math>\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + (\eta + \pi^0) + ^{11}\text{B}</math>反応といった、<math>\eta</math>-p対を放出するバックグラウンド事象を抑制するため、<math>\eta</math>-p対に運動学上の条件を課した。その結果、条件を満たす事象は<math>\eta'</math>中間子原子核の信号探索領域には観測されなかった。結果として<math>\cos \Theta_{\eta p} &lt; -0.9</math>を満たす<math>\eta</math>-p対の放出を伴う<math>\eta'</math>中間子原子核の生成断面積の上限は、90%の信頼水準で<math>2.2 \text{ nb/sr}</math>という制限を与えることに成功した。</p> <p>また、<math>\eta'</math>中間子の生成率の評価のために、<math>\eta'</math>中間子が原子核に束縛されずに放出される<math>\gamma + ^{12}\text{C} \rightarrow p + \eta' + X</math>反応の欠損質量測定も世界で初めて行った。測定した生成率を用いて規格化し、歪曲波インパルス近似による<math>\eta'</math>中間子原子核生成の理論予想断面積と、実験で得られた<math>\eta</math>-p対を伴う<math>\eta'</math>中間子原子核生成断面積の比較を行った。その結果、従来の実験データから予想されていた<math>\eta'N \rightarrow \eta N</math>吸収反応の分岐率が小さいか、<math>\eta'</math>中間子原子核の引力ポテンシャルが浅いことを示唆していることを示すことに成功した。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、擬スカラー型の中間子のひとつである  $\eta'$  (958) 中間子の質量の起源を探る実験的研究である。 $\eta'$  中間子は  $\pi$  中間子 ( $139 \text{ MeV}/c^2$ )、K 中間子 ( $500 \text{ MeV}/c^2$ )、 $\eta$  中間子 ( $548 \text{ MeV}/c^2$ ) とともに擬スカラー型中間子のなかまであり、なかでも突出して大きな質量を持っている。この質量は、 $U_A(1)$  異常のために生じていると理解されている。ところが、この効果は原子核中のように高密度の環境下では弱まり、原子核内での  $\eta'$  中間子の質量は、真空中での質量に比べて  $80\text{--}150 \text{ MeV}/c^2$  も減少することが理論的に示唆されている。この質量の変化は、 $\eta'$  と原子核の系全体の質量が減少して観測されるので、束縛状態が形成されたように見えるはずである。

本研究では、GeV領域の入射エネルギーをもつガンマ線を  $^{12}\text{C}$  標的に照射して、 $^{12}\text{C}(\gamma, p)X$  反応において質量欠損法により  $X = \eta' + ^{11}\text{B}$  として  $\eta'$  原子核束縛状態の探索を行った。実験は、兵庫県にある SPring-8 加速器施設の阪大核物理研究センター所有の LEPS2 ビームラインにおいて行った。LEPS2 ビームラインは新たに建設された逆コンプトン散乱ガンマ線ビームラインであり、検出器として  $24^\circ\text{--}144^\circ$  の大立体角を覆う BGOegg と呼ばれる電磁カロリメーターや高抵抗飛行時間検出器などから成る。厚さ  $2 \text{ cm}$  の炭素標的に  $5.9 \times 10^{12}$  個のガンマ線ビーム (入射エネルギーは  $1.3\text{--}2.4 \text{ GeV}$ ) を照射した。標的前方の陽子は  $0.9^\circ\text{--}6.8^\circ$  で測定した。このままの条件のスペクトルでは  $\eta$  中間子や  $\pi^0$  中間子、陽子などを伴うバックグラウンド事象が支配的であり、信号となる  $\eta' p \rightarrow \eta p$  吸収反応からの  $\eta p$  対が埋もれてしまう。そこで、終状態の  $\eta$  と陽子の対の間の運動学的条件を選別することにより、バックグラウンドを大きく抑制できることを示した。その結果、 $\eta'$  原子核束縛状態として、 $\eta$  と陽子の開き角度が  $\cos \theta < -0.9$  の対に崩壊するものの生成率の上限が  $2.2 \text{ nb/sr}$  (90%信頼レベル) であるという結果を得た。

また、 $\eta'$  中間子のエスケープ過程  $^{12}\text{C}(\gamma, p \eta')X$  の生成断面積についても初めて測定することができた。

この研究は、 $\eta'$  原子核束縛状態の探索において新たな知見を与えるものであり、理論的な研究を大きく進展させると期待される。

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 2 年 7 月 17 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