

Title	Observation of a Double- Hypernucleus Be with Hybrid Emulsion Method at J-PARC( Abstract_要旨 )
Author(s)	Ekawa, Hiroyuki
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2020-01-23
URL	<a href="https://doi.org/10.14989/doctor.k22142">https://doi.org/10.14989/doctor.k22142</a>
Right	学位規則第9条第2項により要約公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

( 続紙 1 )

京都大学	博 士（理 学）	氏名	江川 弘行
論文題目	Observation of a Double- $\Lambda$ Hypernucleus $_{\Lambda\Lambda}\text{Be}$ with Hybrid Emulsion Method at J-PARC		
(論文内容の要旨)			
<p>二重ラムダハイパー核は<math>\Lambda</math>粒子を2つ含むハイパー核であり、その特性を実験的に調べることは<math>\Lambda\Lambda</math>相互作用を解明するための有効な手段である。そのために過去にいくつかの実験が行われてきたが、観測された二重ラムダハイパー核の数は非常に限られている。KEK E373実験によって観測されたNAGARAイベントは核種が決定された唯一の二重ラムダハイパー核であり、この事象によって<math>^6_{\Lambda\Lambda}\text{He}</math>における<math>\Lambda\Lambda</math>間結合エネルギー(<math>\Delta B_{\Lambda\Lambda}</math>)が<math>0.67 \pm 0.17\text{MeV}</math>であることが判明した。しかし、核中の<math>\Lambda\Lambda</math>間結合エネルギーは核種の違いによる影響を受けるため、異なる核種の二重ラムダハイパー核を観測し系統的に研究を行う必要がある。</p> <p>そのため本研究では過去の実験の10倍の統計量の二重ラムダハイパー核を観測するために、J-PARC E07実験を行なった。大統計の二重ラムダハイパー核を効率的に探索するために、エマルションと磁気スペクトロメータを組み合わせたハイブリッドエマルション法を用いて実験を行なった。<math>(K^-, K^+)</math>反応を用いて生成した<math>\Xi^-</math>粒子を標的下流に設置したエマルションに入射し、運動エネルギーを失って静止した<math>\Xi^-</math>粒子をエマルション中の原子核と反応させることで二重ラムダハイパー核を生成した。エマルションに入射する<math>\Xi^-</math>粒子を、スペクトロメータとエマルション上流に設置したシリコンストリップ検出器を用いて高精度に検出することによりエマルション表面での<math>\Xi^-</math>の入射位置を数<math>10\mu\text{m}</math>の精度で予測し、顕微鏡による自動探索を行った。</p> <p>E07実験はJ-PARC K1.8ビームラインで2016、2017年に行われた。1.8GeV/cの<math>K^-</math>ビームをダイヤモンド標的に照射し、K1.8ビームラインスペクトロメータ、KURAMAスペクトロメータを用いて<math>(K^-, K^+)</math>反応の識別を行なった。合計で2.1tのエマルションゲルから製作された乾板に<math>1.13 \times 10^{11}</math>の<math>K^-</math>ビームを照射した。得られたデータからエマルション中に静止する<math>\Xi^-</math>の数を見積もり、KEK E373実験の約10倍の統計が得られることを確認した。</p> <p>顕微鏡による探索の結果、ダブル<math>\Lambda</math>ハイパー核生成事象“MINOイベント”を発見した。NAGARAイベントから得られた束縛エネルギーの情報を元に生成されたダブル<math>\Lambda</math>ハイパー核の候補を絞り、<math>^{10}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}</math>、<math>^{11}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}</math>、<math>^{12}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}</math>の3つの解釈を得た。その中で、運動学による解析から<math>^{11}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}</math>の解釈が最も可能性が高いことを明らかにした。この際に得られた<math>\Lambda\Lambda</math>束縛エネルギー(<math>B_{\Lambda\Lambda}</math>)、<math>\Lambda\Lambda</math>間結合エネルギー(<math>\Delta B_{\Lambda\Lambda}</math>)はそれぞれ<math>19.07 \pm 0.11\text{MeV}</math>、<math>1.87 \pm 0.36\text{MeV}</math>となった。過去に得られた<math>^{11}_{\Lambda\Lambda}\text{Be}</math>の候補に比べて精度の良い束縛エネルギーのデータを得ることに成功した。他の候補についても過去の実験、理論計算の結果と比較を行い、それぞれの可能性を議論した。</p>			

(続紙 2 )

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、原子核中に二個のラムダ粒子が束縛された二重ラムダハイパー核を探索した実験結果を報告したものである。これまでに核種が同定できた二重ラムダハイパー核は、NAGARA事象とよばれる $\Lambda\Lambda^6\text{He}$ の1事象に限られていた。この二重ラムダハイパー核は、陽子、中性子、ラムダ粒子が二個ずつ角運動量0の軌道に入った構造(s-殻二重ラムダハイパー核)を持つ。その束縛エネルギーの大きさより、ラムダ粒子間の結合エネルギーは $0.67 \pm 0.17$  MeVであることが知られている。

本研究では、この事象を観測した実験と同様に、磁気スペクトロメーターと原子核乾板を組み合わせたハイブリッドエマルジョン法を利用し、先の測定の十倍程度の二重ラムダハイパー核事象の観測を目指した。実験は茨城県東海村のJ-PARC加速器施設のハドロン実験施設K1.8ビームラインで共同利用実験E07として実施した。入射運動量 $1.8 \text{ GeV}/c$ のK<sup>-</sup>ビームをダイヤモンド標的に照射し、 $K^{-12}\text{C} \rightarrow K^+ \Xi^- X$ 反応で前方に生成されるK<sup>+</sup>粒子を測定することによりグザイ( $\Xi$ )粒子を原子核乾板中に止める(グザイ粒子静止事象)。この静止グザイ粒子が原子核に吸収される際に二個のラムダ粒子となり( $\Xi^- p \rightarrow \Lambda\Lambda$ )この二個のラムダ粒子が原子核に束縛されて二重ラムダハイパー核が形成される。その同定は、原子核乾板中での二度の弱崩壊パターンによって行われる。二重ラムダハイパー核としての飛跡の長さは寿命の長さを意味し、ストレンジクォークが弱崩壊をしていることは明らかである。本研究では、これまでの解析で従来の測定の3倍程度のグザイ粒子静止事象を観測した。

その結果、新たに二重ラムダハイパー核の生成事象を1事象捉えることに成功し、これをMINO事象と名付けた。MINO事象では、酸素原子核( $^{16}\text{O}$ )にグザイ粒子が吸収され、原子番号4の二重ラムダハイパー核( $\Lambda\Lambda^{10}\text{Be}$ ,  $\Lambda\Lambda^{11}\text{Be}$ ,  $\Lambda\Lambda^{12}\text{Be}$ )のいずれかが生成されたと解釈できる。この二重ラムダハイパー核は $\Lambda^5\text{He} + (p, d, t) + p + xn$ に弱崩壊し、更に、 $^4\text{He} + p + \pi^-$ に弱崩壊している。それぞれの解釈において二重ラムダハイパー核の束縛エネルギー( $B_{\Lambda\Lambda}$ )は $15.05 \pm 0.11$  MeV,  $19.07 \pm 0.11$  MeV,  $13.68 \pm 0.11$  MeVと得られた。これはグザイ原子の吸収軌道の束縛エネルギーを0.23 MeVと仮定した場合に相当している。3つの解釈について、崩壊点でのエネルギー・運動量の運動学の一貫性は $\Lambda\Lambda^{11}\text{Be}$ を支持している。その場合、ラムダ粒子間の結合エネルギーは $1.87 \pm 0.37$  MeVであり、 $\Lambda\Lambda^6\text{He}$ の場合と比べて大きい値となっている。これは、世界で初めてのp-殻領域での二重ラムダハイパー核の束縛エネルギーの測定である。ラムダ粒子間の結合エネルギーの大きさがs-殻とp-殻とで異なることを示唆する重要な結果が得られた。

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、平成元年10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