

氏 名	たか はし ひとし 高 橋 仁
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2597 号
学位授与の日付	平成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学・宇宙物理学専攻
学位論文題目	Study of Double-Hypernuclei with Hybrid-Emulsion Method (ハイブリッド・エマルジョン法によるダブルハイパー核の研究)
論文調査委員	(主 査) 教授 今 井 憲 一 教授 谷 森 達 教授 西 川 公 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本申請論文は strangeness の量子数を 2 個もつダブルハイパー核の探索実験とその結果について述べたものである。

申請者らは未だ強さが確定していない $\Lambda\Lambda$ 相互作用を決定するため、高エネルギー加速器研究機構 12GeV 陽子シンクロトロン K2 ビームラインの 1.66GeV/c K^- ビームを用いて、ダブルハイパー核の実験的研究を行なった。実験は、エマルジョンとスペクトロメータ、シンチレーティング・ファイバー検出器を組み合わせたハイブリッド・エマルジョン実験で、過去の実験の10倍の統計でダブルハイパー核を探索することを目的としている。

この実験ではダイヤモンドを標的に (K^- , K^+) 反応を起こさせ、この反応でできる Ξ^- 粒子をエマルジョン中に静止させて原子核に吸収させて、そこから生成するダブルハイパー核などを顕微鏡下で探索する。 (K^-, K^+) 反応はスペクトロメータで同定し、 Ξ^- 粒子の位置と角度を高精度の scintillating fiber bundle 検出器で測定する。その情報に従ってエマルジョン中にその粒子の飛跡をさがしその静止点まで追跡するのは新しく開発した自動解析装置で行なう。全部で69リットルのエマルジョンに 5×10^9 個の K^- を照射したが、そのうちの32%の解析がこれまでに終了し、その中でダブルハイパー核イベントが3例、ツイン・ハイパー核イベントが2例見つかった。

“Nagara event” と名付けられた、2例目のダブルハイパー核イベントは、 ${}^6_{\Lambda\Lambda}\text{He}$ (“Lambpha”, α) と一意的に同定され、励起状態の不定性もなく一意的に、2個の Λ の束縛エネルギーや $\Lambda\Lambda$ 相互作用の強さを決定することに、世界で初めて成功した。核に吸収された Ξ^- の束縛エネルギーの最も確からしい値として 0.13MeV という値を用いると、 $\Lambda\Lambda$ 相互作用の強さは $\Delta B_{\Lambda\Lambda} = 1.01 \pm 0.20_{-0.11}^{+0.18}$ MeV と、これまで信じられてきたよりもずっと弱い引力であることがわかった。また、この2個の Λ の束縛エネルギーの測定から、 H ダイバリオンが存在するとすると、その質量の下限として $2223.7 \text{ MeV}/c^2$ (90% confidence level) を得た。これで強い相互作用に対して安定な H ダイバリオンの存在し得る質量の範囲として、 Λ の質量の2倍よりもわずか $7.7 \text{ MeV}/c^2$ 軽い領域だけにしぼることが出来た。

$\Lambda\Lambda$ 間の弱い相互作用と H 核の存在についての情報を得るために、ダブルハイパー核の弱崩壊モードについての実験的研究を世界で初めて行なった。 $\Lambda\Lambda \rightarrow \Sigma^- p$ 崩壊の探索を、エマルジョン中で Σ^- が崩壊、または静止する事象をとらえることにより行なった。166個の Ξ^- 静止イベントについて探索を行なったが、そのような事象は見つからなかった。これより、 Ξ^- 吸収からのダブルハイパー核生成確率と $\Lambda\Lambda \rightarrow \Sigma^- p$ 崩壊の分岐比との積の上限値として 2% (90% confidence level) を得た。過去のエマルジョン実験の結果から、ダブルハイパー核の生成確率がおおよそ17%であると見積もられ、その値を用いると、 $\Lambda\Lambda \rightarrow \Sigma^- p$ 崩壊の分岐比の上限値は12%となった。この値は自由な H ダイバリオンの $\Sigma^- p$ 崩壊の分岐比約50%に比べてちいさな値である。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請論文は、ハイブリッド法によるダブルハイパー核の研究に関するもので、 ${}^6_{\Lambda\Lambda}\text{He}$ の発見とその束縛エネルギーの決

定, さらにダブルハイパー核の弱崩壊について新しい結果を述べている。ダブルハイパー核についてはこれまでエマルジョン実験でいくつかの例が報告されている。しかしこれまでの例はいずれもその核種の同定に不定性があり, そのためにそもそもダブルハイパー核の束縛エネルギーは実験的には確定せず, $\Lambda\Lambda$ 間の相互作用が引力か斥力かも実験的には確定していなかった。 ${}^{\Lambda}\Lambda\text{He}$ の結果は, はじめてユニークに核種を同定し束縛エネルギーを確定したものである。束縛エネルギーの $\Lambda\Lambda$ の寄与 ($\Delta B_{\Lambda\Lambda}$) は約 1MeV という値が求められ, $\Lambda\Lambda$ 間の相互作用はこれまで広くいわれていた強い引力ではなく弱い引力であることを明らかにした。この結果はこれまでの30年来の問題に決着をつけたものとして高く評価できる。この結果は核力とハイパー核の理論研究のみならず, 中性子星の研究にも大きな影響を与えた。

実験は, K 中間子 spectrometer と Scintillatingfiber 飛跡検出器とエマルジョンを組み合わせた, 新しい方式のハイブリッドエマルジョン法を開発して行われたもので, 従来の方法にくらべ約10倍の統計を得ることに成功しており, 今回の発見につながっていると考えられる。特にエマルジョンの自動解析装置の開発は実験技術の飛躍をもたらしたのものとして大きく評価できる。さらに Scintillatingfiber 飛跡検出器を用いたことで, 核フラグメントなどミクロンの精度を要求する部分はエマルジョンで, 長いトラックや Λ などは Scintillatingfiber 検出器でというシステムの成功は, このような実験から得られる物理をひろげることに役立っている。

ダブルハイパー核の弱崩壊は, QCD に依拠した理論で予言されている H ダイバリオンの質量に制限を与える。この論文であきらかにされた ${}^{\Lambda}\Lambda\text{He}$ の結果からは, H ダイバリオンが存在するとしてもその質量は $\Lambda\Lambda$ よりごくわずか (7MeV 以下) に軽いまたは非束縛状態であることが示された。いままで数多く行われた H ダイバリオン探索実験ではその存否について決定的な結論がでていないのに対して, この結論は極めて厳しい制限を与えたことになっており H ダイバリオンの研究を大きくすすめたといえる。ダブルハイパー核のさまざまな弱崩壊の分岐比は, ダブルハイパー核の構造と $\Lambda\Lambda$ 間の弱い相互作用の情報を与えると考えられる。特に Σp への弱崩壊はダブルハイパー核に H ダイバリオンの成分が大きいと分岐比が大きくなると考えられ注目される。実験ではこの弱崩壊分岐比測定のはじめての試みがなされ, この論文でその分岐比の上限值がはじめてあたえられたことは, パイオニア的な仕事として評価されるべきものであろう。

なおこの申請論文の主な内容は, Physics Review Letters 誌に掲載されている。よって, 本申請論文は博士 (理学) の学位論文に値するものと認める。

また主論文および参考論文に報告されている研究を中心として, これに関連した研究分野について口頭試問した結果, 合格と認めた。