

【基盤研究(S)】

理工系 (数物系科学)



研究課題名 エマルションによる大統計ダブルハイパー核生成実験

岐阜大学・教育学部・教授

なかざわ かずま
仲澤 和馬

研究分野: 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード: 原子核 (実験)

【研究の背景・目的】

原子核物理学における緊急かつ最重要課題の一つは、ストレンジネスまで含めたバリオン間相互作用の解明です。

陽子と中性子とで記述される核力については50年以上に及ぶ詳細な研究から多くの知見が得られてきました。そしてハイペロン-核子間相互作用については、最近10年間の γ 線分光により、理解が急速に進んでいます。次なる課題は、ハイペロン-ハイペロン相互作用の解明です。

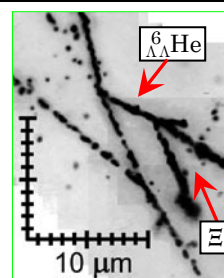
この解明の唯一無二の手段は、二つのハイペロンを原子核に注入したダブルハイパー核を数多く生成して発見しそれらの構造を研究することです。ダブルハイパー核生成の最強の方法は、私どもが開発してきた原子核乾板を用いたエマルション実験です。私どもはこれまでの20年間で、8例のダブルハイパー核を発見してきました。なかでも1例(Nagara event)は、ヘリウムと二つのラムダ粒子で構成された新種の原子核(${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$)であると確定し、結合エネルギーの導出に成功しました。しかしハイペロン間の相互作用を、核の構造から生じる不定性を除いて決定するには、さらにいくつかのダブルハイパー核の質量を測定しなければなりません。

そこで、東海村に建設されたJ-PARCの良質で高強度の素粒子ビームを用いてダブルハイパー核を生成し、従来の100倍をも超える発見が可能なエマルション実験(E07)を実施します。この結果をもとに、理論家との密接な協力により、ストレンジネスをも含めたハドロン間相互作用の解明を、世界に先駆けて達成することを目指します。

【研究の方法】

従来の4倍近く高純度なJ-PARCのK-粒子ビームを、先の実験(KEK-E373)の3倍量の原子核乾板に照射します。照射の際には、ストレンジクォークを二つもつグザイ(Ξ)粒子が作られたという情報を、電気的信号で知らせる検出器で乾板を覆います。特に、乾板の上流側に配置するゲルマニウム検出器は、 Ξ 粒子が原子核に吸収される際に発するエックス線を捉えることができます。 Ξ 粒子の吸収は乾板中で確認できるので、無関係な反応によるエックス線をデータから取り除くことができ、世界で初めて Ξ 粒子と核子との相互作用の情報が得られると期待しています。そして約1万個の Ξ 粒子の吸収点を注意深く観察して、まず従来の100倍のダブルハイパー核を検出します。この電気信号利用の手法を複合実験法とよびます。

さて複合実験法では、電気的な信号に頼りますので、生成された Ξ 粒子の1割程度しか捉えられません。右図のNagara eventに見られるように、ダブルハイパー核の崩壊では三つの分岐点を持つ特徴があります。このような特徴的な事象を、乾板中で高速に全面的に探査して、前記複合実験法のさらに10倍のダブルハイパー核を発見します。この手法を全面スキキャン法といい、従来の100倍のダブルハイパー核の検出が可能になりました。



発見したダブルハイパー核では、電荷を帯びた娘粒子の乾板中での散乱と電離損失の測定により、質量を求めます。さまざまなダブルハイパー核で質量を計測し、二つのハイペロンの結合エネルギー(いわゆる質量欠損)をもとに、ハイペロン間の相互作用を解明します。

【期待される成果と意義】

ハイペロン間相互作用の情報により、核力をストレンジ量子数をも含めたSU(3)に拡張したバリオン間相互作用の統一的な理解が可能となります。また新種のダブルハイパー核の発見が期待されるばかりでなく、3つのハイペロンを含むトリプルハイパー核や、チャームクォークを含むチャーム核などの生成・検出実験へと、新しい核物理を切り開く足がかりがもたらされます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. "Observation of a ${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$ Double Hypernucleus". H.Takahashi *et al.*, Phys. Rev. Lett. Vol.87, 212502 (2001)
2. "Experimental Study of Double- Λ Hypernuclei with Nuclear Emulsion". K.Nakazawa and H.Takahashi, Prog. Theor. Phys. Suppl. 185, 335-343 (2010)

【研究期間と研究経費】

平成23年度-27年度
151,600千円

【ホームページ等】

<http://www.phys.ed.gifu-u.ac.jp/index.htm>