

科学研究費補助金（特別推進研究）公表用資料
〔事後評価用〕

平成15年度採択分

平成21年 3月31日現在

研究課題名（和文） ダブルハイパー核の研究

研究課題名（英文） Study of Double Hypernuclei

研究代表者

今井憲一（Imai Kenichi）

京都大学・大学院理学研究科・教授



研究の概要：ストレンジネスを2個ふくむ原子核であるダブルハイパー核を探索し、核物質の物理の新しいフロンティアを開拓する。また関連するHダイバリオンやペンタクォークなどのエキゾチックハドロンの研究を行う。

研究分野：原子核物理学

科研費の分科・細目：理工系（数物系科学）

キーワード：原子核、ハイパー核、ストレンジネス、加速器

1. 研究開始当初の背景

ストレンジネスの自由度を二つもつ原子核であるダブルハイパー核は、ほとんど知られていない未知の原子核世界である。Hダイバリオンというエキゾチックなハドロンの物質との関連で、ダブルハイパー核が注目された。

2. 研究の目的

研究の目的は、できるだけ多くのダブルハイパー核を発見し、その核図表をつくることである。そのためにダブルハイパー核を多く発見するための手法を開発することが、この研究の目的である。また同時にダブルハイパー核と関連するHダイバリオン共鳴の探索も目的とする。

3. 研究の方法

ダブルハイパー核の発見のために、まず手持ちのエマルションデータの再解析をおこなう。さらに一桁上のダブルハイパー核発見のために、次世代の実験のための検出器やデータ解析装置の開発をおこなう。

また、ハイブリッドエマルション法によらないで、全自動でパターン認識を行い、ダブルハイパー核を探索する新たな手法を開発する。シンチレーションファイバーと(K-,K+)反応を用いてHダイバリオン共鳴を探索する。

4. 研究の主な成果

大量のエマルションデータの処理のため大面積解析可能でかつ高速の新しい自動顕微鏡装置を開発製作した。これによりそれまでの30Hzから100Hzの画像取得に成功した。

上記の新しい解析装置を使ってE373実験で得たエマルションデータを再解析した。その結果1) ツインハイパー核2例、2) ダブルハイパー核2例、3) ダブルハイパー核の崩壊候補を世界で初めて発見した、などの成果をあげた。

エキゾチック粒子の代表ともいえるssuuddクォークからなるHダイバリオン共鳴を、閾値ちかくの共鳴として探索した。不変質量分布にピークを見出したが、の終状態相互作用で説明可能なことが明らかとなった。また当時話題となったペンタクォークとK中間子ビームを用いて探索した。低エネルギーハドロンの実験としては世界的にもユニークである。結果はいずれも生成断面積の上限値を与えたにとどまったが、ペンタクォークについての理論模型に大きな制限を与えた。

これまでの一桁以上多くのダブルハイパー核の発見をめざす次世代実験の準備をすすめた。実験装置を設計し、シミュレーション計算を行い、実験提案をJ-PARCに提出し、実験課題審査委員会(PAC)でE07として

〔 4 . 研究の主な成果 (続き) 〕

full approval を得た。この実験では多くのダブルハイパー核の発見とともに、世界で初めてのグザイ原子の X 線を測定して ΞN 相互作用を明らかにすることを旨とする。

そのために以下の準備研究を行った。

- 1) 大量のエマルジョンの作成のために製造工程を新しくして、従来の性能のものを人手にあまりよらず製作することに成功した。
- 2) エマルジョン中のグザイ粒子の飛跡を同定するカウンターの情報とつなぐため、高い位置分解能を持つ両面読み出しのシリコンストリップ検出器を開発製作し、実際にエマルジョンと組み合わせ、ビームによるテスト実験を実施した。その結果 4 mm の厚さで、 $45\mu\text{m}$ 以下の位置分解能と 25mrad 以下の角度分解能という十分な性能があることを確認した。
- 3) グザイ原子からの X 線を測定して、グザイポテンシャルによるエネルギーシフトを精密に測定するためには、高精度の線エネルギー測定が要求される。J-PARC - E07 実験では Ge 検出器で Ag, Br 原子からの X 線を測定する予定である。強いビームのもとでは Ge 検出器のエネルギー更正を常時行う必要がある。そこで LS0 シンチレーターからのわずかな線を使う方法を考案し、テスト実験を行って、この方法で十分な精度を確保できることを明らかにした。

ハイブリッド法による場合は解析できないダブルハイパー核の事象が、その 10 倍近くあると考えられる。他の検出器の情報によらず、エマルジョンの画像データのみを計算機でパターン認識をしながら探索する、全自動 general scan という新たな方法を開発した。エマルジョンの画像データにおける飛跡と生成崩壊の vertex の認識のためのアルゴリズムを開発し、ハードウェアとしては画像データの取り込み速度を改善した。現在すでに見つかっているダブルハイパー核を認識できることまで確かめている。

5 . 得られた成果の世界・日本における位置づけとインパクト

新しいダブルハイパーの発見と、新しい崩壊モードの発見は世界の原子核物理のフロンティアをひろげた。今後の J-PARC でのダブルハイパー核の実験研究の準備を着実に進めることができ、世界におけるこのフロンティア探索の先頭をキープした。

6 . 主な発表論文

(研究代表者は太字、研究分担者は二重下線、連携研究者は一重下線)

* M.Niiyama, **K.Imai** (41 名中 16 番目), H.Funahashi, N.Saito, M.Yosoi et al., Photoproduction of $\Lambda(1405)$ and $\Sigma(1385)$ on the proton at $E_\gamma=1.5\text{-}2.4$ GeV Phys. Rev. C78 035202-1-10, 2008.

* C.J.Yoon, **K.Imai** (35 名中 7 番目), K.Nakazawa(35 名中 25 番目), H.Funahashi, N.Saito, K.Tanida et al., Search for the Λ -dibaryon resonance in $^{12}\text{C}(K^-, K^+\Lambda\Lambda X)$. Phys. Rev. C75 022201(R)-1-5, 2007.

* **K.Imai**(72名中17番目), K.Nakazawa(72名中37番目), K.Tanida, M.Yosoi et al., First observation of the Λ decay of the $S=-2$ system. Euro Physics Journal A33 113-116, 2007.

* K.Miwa, **K.Imai**(22 名中 11 番目) K.Nakazawa(22 名中 13 番目), H.Funahashi, N.Saito et al., Search for Θ^+ via $\pi-p \rightarrow K^-X$ reaction near production threshold. Physics Letters B635, 72-79, 2006

M.Ukai, **K.Imai**(34名中12番目), K.Nakazawa(34名中22番目), K.Tanida et al., Hypernuclear Fine Structure in $^{\Lambda}0$ and the ΛN Tensor Interaction. Phys. Rev. Lett. 93, 232501-1-5, 2004

ホームページ等

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/>