

科学研究費助成事業（特別推進研究）公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成23年度採択分

平成26年5月23日現在

研究課題名（和文） マルチ・ストレンジネス多体系の精密分光  
研究課題名（英文） High-resolution Spectroscopy of  
Many-Body systems with Multi-Strangeness



研究代表者

永江 知文 (NAGAE TOMOFUMI)

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( $S$ )が入ったバリオン多体系としてのハイパー核の中でも、これが2個入ったグザイ・ハイパー核や二重ラムダ・ハイパー核の精密分光を、新しい磁気スペクトロメーターを導入することにより世界で初めて可能とし、マルチ・ストレンジネス多体系の存在形態を解明する。

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：原子核（実験）

### 1. 研究開始当初の背景

ハイパー核の研究は、これまでストレンジネス  $S=1$  のラムダ・ハイパー核とシグマ・ハイパー核を中心に研究が行われてきた。一方、これを進めてストレンジネスが2個入った、マルチ・ストレンジネスのバリオン多体系の研究では、2個のラムダ粒子が束縛した二重ラムダ ( $\Lambda\Lambda$ )・ハイパー核が数個見つかったのみである。 $S=2$  のバリオン多体系には、この二重ラムダ・ハイパー核から約 28 MeV だけエネルギーの高い状態として、 $S=2$  のバリオンであるグザイ ( $\Xi$ ) 粒子が原子核に束縛したグザイ・ハイパー核が存在すると予想されている。

### 2. 研究の目的

(1) 本研究は、このグザイ・ハイパー核分光を、高エネルギー分解能で世界で初めて本格的に研究するものである。その上でグザイ・ハイパー核と二重ラムダ・ハイパー核という2つの束縛状態が強く結合した特徴ある系である  $S=2$  のバリオン多体系の様相を解明することを目的とする。

(2) これは、中性子星の中心部において実現されていると考えられる高密度核物質中でのストレンジネス自由度の役割を理解する上で重要な知見を与えるものである。

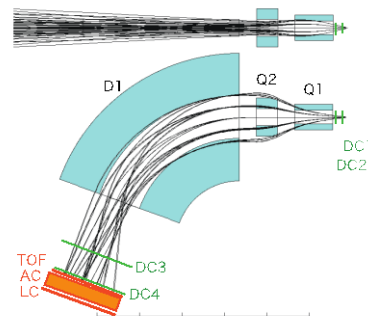
### 3. 研究の方法

大強度陽子加速器施設 J-PARC において得られる中間エネルギーの大強度  $K$  中間子ビームと大立体角を有し高いエネルギー分解能

を持つ磁気スペクトロメーター“S-2S”を組み合わせることにより、世界で初めて( $K, K^+$ )反応によるグザイ・ハイパー核と二重ラムダ・ハイパー核の分光学的研究を行う。

大立体角をもち運動量分解能を向上させた(0.05%FWHM)新しい磁気スペクトロメーターを設計・製作する。図に示すように QQD (四重極電磁石2台と双極型電磁石1台) からの磁気光学系を採用する。

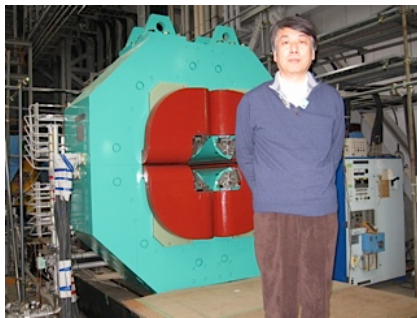
ビームライン・スペクトロメーターと合わせて、エネルギー分解能として 1.5 MeV を目標とする。スペクトロメーターの覆う立体角の大きさは 60 msr 以上を目指す。



### 4. これまでの成果

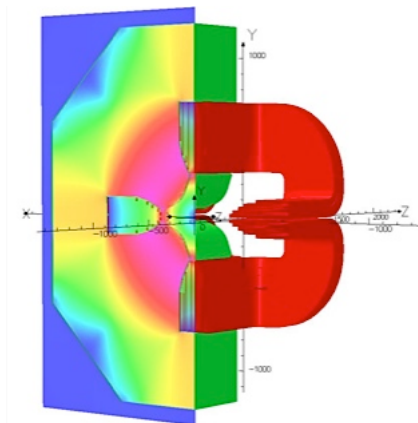
(1) 磁気スペクトロメーターS-2S のための3台の大型電磁石については、平成24年度に収束電磁石1台、平成25年度には2台目の収束電磁石が完成している。平成25年度と26年度の2年度にわたって、最後の偏向電磁石1台を製作している。平成26年度中には、S-2S の磁石系が完成する。

〔4. これまでの成果（続き）〕



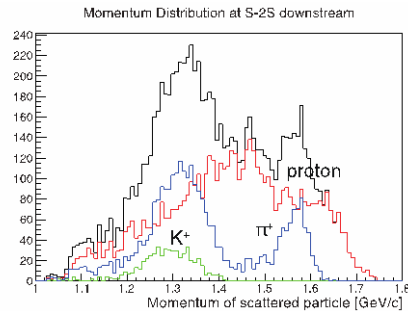
S-2S 用の収束電磁石（励磁試験中）

(2) 完成した大型収束電磁石については、磁場分布を測定し、3次元磁場計算プログラムの結果と比較を行った。（下図にその計算結果の例を示す。）その結果、0.002 Tの精度で磁場分布を再現できることが判明した。この磁場分布は設計通りの収束能力に対応しており、設計通りの立体角を保証するものとなっている。また、この磁場の誤差が運動量分解能ほどの程度寄与するかもシミュレーションによって見積もったところ、 $10^{-6}$  レベルであり、目標としている  $5 \times 10^{-4}$  (FWHM) に対



して十分小さな効果であることも分かった。

(3) S-2S 用のトリガー検出器として水チェレンコフカウンターの開発を行った。試作機を製作して、光学系の最適化、反射材材料の選別、光電子増倍管の選別などを行い。目標とする陽子除去効率を達成できる見通しが得られた。試作機2号機を製作して、高量子効率光電子増倍管の導入と受光面積の増大を図ることにより、最終的な実機的设计に入る予定である。また、バックグラウンドトリガーとなる陽子や $\pi^+$ 中間子も含めて、K<sup>-</sup>中間子と原子核反応によって生成される粒子の運動量スペクトルをJAMと呼ばれる核内カスケード計算コードによって生成することも行った。（右上図にその計算結果を示す。）最



検出器面における運動量スペクトルの計算例。

終設計には、これらを考慮して最適化を行う。

5. 今後の計画

(1) 平成26年度中に偏向電磁石(D1)を完成させて、S-2Sスペクトロメーターの電磁石系を完成させる。

(2) 平成27年に既存のSKSスペクトロメーターを利用して $^{12}\text{C}(K, K^+)$ 反応によるグザイ・ハイパー核励起スペクトルの取得を目指す。

6. これまでの発表論文等（受賞等も含む）

（研究代表者は二重線、研究分担者は一重下線、連携研究者は点線）

(1) Tomofumi Nagae, “Hadrons in ‘Hypernuclei’”, PoS Hadron2013, 16-1-7 (2014)

(2) Tomofumi Nagae, “Strangeness Nuclear Physics at J-PARC”, Few Body Systems, 54, 785-790, (2013)

(3) Tomofumi Nagae, “Concluding remarks”, Nuclear Physics A, 914, 559-567, (2013)

(4) T. Takahashi (他74名省略 Tomofumi Nagae 42番目), “Beam and SKS spectrometers at the K1.8 beamline”, Prog. Theor. Exp. Phys., 02B010(16pages), (2012)

(5) Tomofumi Nagae, “Experimental searches for antikaonic clusters”, Nucl. Phys. A, 881, 141-149, (2012)

(6) Tomofumi Nagae, “Hadron physics at J-PARC”, Hyperfine Interac., 211, 1-7, (2012)

(7) Tomofumi Nagae, “Strangeness in nuclear physics”, J. Phys. Conf. Ser., 312, 022001 (9pages), (2011)

ホームページ

<http://www-nh.scphys.kyoto-u.ac.jp/~nagae/tokubetsu/index.html>