

平成 22 年 5 月 6 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005～2009

課題番号：17070003

研究課題名（和文） 高アイソスピン状態のストレンジバリオン多体系の分光

研究課題名（英文） Spectroscopy of Baryon Many-Body System in High Isospin State

研究代表者

阪口 篤志 (SAKAGUCHI ATSUSHI)

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：70205730

研究成果の概要（和文）：大強度陽子加速器施設 50GeV 陽子シンクロトロンの大強度ビームを用いると、これまでにない高強度ハドロン二次ビームが得られる。本研究では、高強度パイ中間子ビームを利用する研究として、中性子過剰ハイパー原子核の生成実験（E10）と、ハイパー原子核の弱崩壊の研究（E22）を提案し採択された。また高強度ビーム利用のための飛跡検出器開発、ハイパー原子核の崩壊を測定する検出器開発を平成 2009 年に完了し実験開始の目処が立った。

研究成果の概要（英文）：The 50 GeV proton synchrotron at the Japan Proton Accelerator Research Complex provides the highest-intensity hadron secondary beams we have ever had. We proposed experiments with the high-intensity pion beams. We submitted proposals to produce the neutron-rich hypernuclei (E10) and to study the weak decays of hypernuclei (E22), and these proposals were approved. We successfully developed tracking detectors for the high-intensity beams. We also developed detectors to measure particles from the decays of the hypernuclei. We finished the constructions of the detectors in 2009, and we are ready to start the experiments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	3,600,000	0	3,600,000
2006年度	6,500,000	0	6,500,000
2007年度	47,300,000	0	47,300,000
2008年度	29,000,000	0	29,000,000
2009年度	2,700,000	0	2,700,000
総計	89,100,000	0	89,100,000

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：ストレンジネス、ハイパー原子核、バリオンバリオン相互作用、高アイソスピン状態、バリオン多体系、アイソスピン対称性

## 1. 研究開始当初の背景

(1) ストレンジバリオン多体系の研究：ストレンジ・クォークを含むバリオンはラムダ粒子( $\Lambda$ )、シグマ粒子( $\Sigma$ )、グザイ粒子、オメガ

粒子などが知られており総称してハイペロンと呼ばれている。これらハイペロンは通常の原子核を構成する陽子( $p$ )・中性子( $n$ )（総称して核子( $N$ )) とよく似た性質を持っており、通常の原子核中に埋め込むことでハイパ

一原子核と呼ばれる自然界には存在しない新種の原子核（ストレンジバリオン多体系の典型例）が生成できる。

特に、ラムダ粒子を原子核に埋め込んだラムダ・ハイパー原子核については、 $K$ 中間子やパイ中間子などのハドロン二次ビームを利用した研究が海外にて始まったが、近年は日本の高エネルギー加速器研究機構 12GeV 陽子シンクロトロン実験施設（KEK-PS 実験施設）が世界的な研究の中心となり、日本の研究者が多くの成果を出してきた。この実験施設のハドロン二次ビームを用いた研究により、近年得られた重要な成果は、下のようなものである。

① 優れたエネルギー分解能のハドロン二次ビームラインとスペクトロメータを用いた実験手法により、世界最高精度の研究が可能となった。

② ラムダ・ハイパー原子核からのガンマ線測定による分光実験が成功し、ハイパー原子核励起準位の精密測定が可能となった。この測定結果と理論計算の比較により、ハイペロンと核子の強い相互作用の詳細が明らかになってきた。

③ ラムダ・ハイパー原子核は生成後  $10^{-10}$  秒程度の時間の後に弱い相互作用により崩壊する。この崩壊を精密に測定することでハイペロンと核子の間に働く弱い相互作用の研究が可能である。近年の研究により、この崩壊過程をより精密に測定する実験手法がほぼ確立した。

これらの成果を元に、ラムダ・ハイパー原子核の研究、ひいてはハイペロンと核子の相互作用を系統的に研究する足がかりが得られていた。

(2) 研究施設の整備状況：上記の KEK-PS 実験施設をより発展させた研究施設として、茨城県東海村にて大強度陽子加速器施設 J-PARC の建設が進みつつあった。J-PARC は広範囲の科学分野の研究が実施可能な複数の施設から構成されている。その一つの 50GeV 陽子シンクロトロン実験施設

(J-PARC 50GeV-PS) は、これまでにない大強度の陽子ビームの加速により高強度のハドロン二次ビームが得られ、世界的に見てもストレンジバリオン多体系の研究に最も適した施設となると期待されていた。

(3) 新たな課題と研究の着想：これまでの研究により、ストレンジバリオン多体系の研究課題としてその重要性が明確になった点があるが、その中で本研究が着目したものは以下のような点である。

① ガンマ線分光実験によりいくつかのラムダ・ハイパー原子核の構造が明らかになった。

しかし、これらのハイパー原子核は陽子と中性子の数がほぼ等しく、陽子と中性子のアンバランスの程度を示す量子数アイソスピンが 0 または 1/2 の状態にある。このため、アイソスピンがもっと大きなラムダ・ハイパー原子核中でのみ顕著になるハイペロンと核子の相互作用の情報が欠如しており、これを調べる研究が必要である。

② ラムダ・ハイパー原子核の弱い相互作用による崩壊については、ハイペロンと核子の弱い相互作用をより不定性なく決定するための手法が確立できたが、これまでに得られた精密なデータはアイソスピン 0 のハイパー原子核一種 ( ${}^5_{\Lambda}\text{He}$ ) のみである。そのため、スピン、アイソスピンとパリティの破れの違いが関係するラムダ粒子と核子の弱い相互作用の、一つの側面しか明らかになっていなかった。この相互作用の全体像を理解するためには、アイソスピンが 0 以外のハイパー原子核の崩壊の精密データが不可欠である。

③ アイソスピンが 0 でないハイパー原子核を効率よく生成するため、新たなハイパー原子核生成反応を開発する必要がある。すでに開発され実績のある ( $K, \pi$ ) 反応や ( $\pi^+, K^+$ ) 反応などの利点を生かしつつ、原子核の荷電状態（アイソスピン状態）を変化させる ( $K, \pi^+$ ) 反応および ( $\pi^-, K^+$ ) 反応などの荷電交換反応を用いるのがよい。

以上のような研究の着目点を更に具体化し実現するため本研究の提案を行った。

## 2. 研究の目的

本研究では研究期間中に完成が予定されていた J-PARC 50GeV-PS で得られるハドロン二次ビームを利用することを前提に、下の 2 つのテーマについて研究を実施した。

(1) 中性子過剰ラムダ・ハイパー原子核の研究：J-PARC で得られる高強度のハドロン二次ビームを利用することで初めて可能となる、( $K^-, \pi^+$ ) あるいは ( $\pi^-, K^+$ ) という二重荷電交換反応（電荷が 2 素電荷だけ変化）を有効に利用し、アイソスピンが大きな状態にあるラムダ・ハイパー原子核の研究を試みた。一般的に、これらの反応で生成されるラムダ・ハイパー原子核は中性子数が陽子数に比べてかなり大きい中性子過剰ラムダ・ハイパー原子核となり、これまでに生成不可能であったハイパー原子核の研究が可能となる。本研究で特に注目する中性子過剰ラムダ・ハイパー原子核は、質量数の比較的小さいハイパー原子核である。 ${}^9\text{Be}$  および  ${}^6\text{Li}$  標的を用いた二重荷電交換反応では、 ${}^9_{\Lambda}\text{He}$ （中性子 6 個、陽子 2 個、ラムダ粒子 1 個、アイソスピン 2）と  ${}^6_{\Lambda}\text{H}$ （中性子 4 個、陽子 1 個、ラムダ粒子 1 個、アイソスピン 3/2）という陽子数と中性子数が非常にアンバランスでアイ

ソスピンの大きなハイパー原子核が生成される。この手法により下のような研究が可能となる。

①  ${}^6_{\Lambda}\text{H}$  のような非常にエキゾチックな原子核が生成できる。近年、通常の中性子過剰原子核の研究では、原子核の存在限界付近での興味深い現象が発見されている。ラムダ・ハイパー原子核では、ラムダ粒子が原子核の結合をより強くする効果があり、通常原子核の存在限界を超えた領域の探索が可能となる可能性が高い。

② ラムダ・ハイパー原子核で特徴的な現象として、ラムダ粒子-核子の対 ( $\Lambda\text{N}$  対) がシグマ粒子-核子の対 ( $\Sigma\text{N}$  対) の状態と量子力学的に強く混合する現象 ( $\Lambda\text{N}\text{-}\Sigma\text{N}$  混合) が予言され、ラムダ・ハイパー原子核の構造に深く関わっていると考えられている。 $\Lambda\text{N}\text{-}\Sigma\text{N}$  混合は中性子過剰ラムダ・ハイパー原子核でより強く起こると予想され、混合の強度を定量的に導き出せる可能性がある。

③ 比較的大質量の恒星がその一生を終えるときに起こる超新星爆発は残骸として中性子星を残す場合がある。最も単純な中性子星の描像では、その構成成分は大部分が中性子であり、それに少量の陽子と電子が混合している。

しかし、中性子星中心部分では非常に高密度状態となるため、ハイペロンの混合も起こると考えられている。この混合の程度を決める要素として、ハイペロン-核子の相互作用や上で述べた  $\Lambda\text{N}\text{-}\Sigma\text{N}$  混合効果が重要である。これらを中性子星の直接観測のみから知ることは困難である。中性子過剰ハイパー原子核を研究することで中性子星内部の構造の予言に必要な知見が得られる可能性がある。

(2) 軽いラムダ・ハイパー原子核の崩壊の研究：ラムダ・ハイパー原子核の弱い相互作用による崩壊は大きく分け2種の崩壊がある。一つはパイ中間子( $\pi$ )を放出する中間子弱崩壊(素過程は $\Lambda\rightarrow\pi\text{N}$ )、もう一つは核子の対を放出する非中間子弱崩壊(素過程は $\Lambda\text{N}\rightarrow\text{NN}$ )である。このうち非中間子弱崩壊は、中間子やバリオン単独の崩壊の研究では得られない2つのバリオン間の弱い相互作用を研究する最も有効な手段である。

この非中間子弱崩壊はラムダ・ハイパー原子核の崩壊から出てくる高速の核子をとらえることで測定が可能であるが、実際の測定はそれほど単純ではなく、長年の研究でも測定量の信頼性に問題があった。近年の KEK-PS での研究により、下のような手法をとれば不定性が小さくなることが分かった。

① 比較的質量数の小さなラムダ・ハイパー原子核の非中間子弱崩壊を調べるのが有効である。質量数の大きな原子核では、非中間子

弱崩壊で放出された核子が、原子核中の他の核子により散乱されてしまう終状態相互作用(FSI)が強く起こる。現在最も信頼できる測定結果は質量数5のラムダ・ハイパー原子核  ${}^5_{\Lambda}\text{He}$  から得られている。

② FSI の効果を更に減らすには放出される2個の核子(NN)の両方を同時測定すればよい。運動量の保存により、NN 対は元のハイパー原子核の位置から互いに反対方向に出る傾向がある。この明確な角度相関が FSI に邪魔されない非中間子崩壊の証拠と考えられる。

これらの知見を活用し、本研究では更に下のような実験を提案した。

① 上に述べたように、ラムダ・ハイパー原子核の非中間子弱崩壊に関する重要な情報は  ${}^5_{\Lambda}\text{He}$  という質量数5のラムダ・ハイパー原子核の崩壊データから得られている。しかし、このデータは弱い相互作用のアイソスピン依存(崩壊の終状態が  $\text{pn}$  対と  $\text{nn}$  対の場合の相互作用の違い)にのみ敏感である。

このアイソスピン依存以外にも、ラムダ粒子と核子の弱い相互作用は始状態の  $\Lambda\text{N}$  対のスピン状態(スピン1あるいは0)にも強く依存する。このスピン依存性を詳細に研究するには質量数4のラムダ・ハイパー原子核( ${}^4_{\Lambda}\text{He}$ あるいは ${}^4_{\Lambda}\text{H}$ )の非中間子弱崩壊の測定が不可欠である。そこで、本研究では  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  の弱崩壊について研究を行うことにした。

② 質量数が小さくなるにつれ非中間子弱崩壊に比べ中間子弱崩壊が優勢になる。そのため、 ${}^5_{\Lambda}\text{He}$  の場合よりも分岐比の小さい  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  の非中間子弱崩壊の測定を精度よく行うには、 ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  の大量生成と崩壊粒子の効率のよい測定が必要となる。

本研究では、J-PARC で得られる高強度ビームを用いて  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  の大量生成を行う。その際に不可欠となる飛跡検出器の改良を検討し、検出器の試作・性能評価の後に実機製作を行うことにした。また、弱崩壊で発生する粒子を効率よく測定する検出器の改良を検討し、検出器の試作・性能評価の後に、実機製作を行うことにした。

### 3. 研究の方法

(1) J-PARC 50GeV-PS での実験の提案：本研究が目的とするラムダ・ハイパー原子核の研究は、高強度ハドロン二次ビーム発生が可能な J-PARC 50GeV-PS の原子核素粒子実験施設にて実施する。この 50GeV-PS のビームを利用するには、研究の学術的重要性と意義を審査する実験審査委員会(J-PARC 50GeV-PS PAC)に実験提案書を提出し採択される必要がある。本研究では、中性子過剰ハイパー原子核生成のための実験(E10)と、ハイパー原子核の非中間子弱崩壊研究のための実験

(E22)の2課題に分けてPACに提案を行った。

このPACの審査に加え、最終的な実験実施が認められるには、実験実施上の技術的問題を審査する委員会(FIFC)があり、この審査の準備も行うことにした。

(2) 飛跡検出器の開発: 上に述べた2つの実験課題に共通の特徴として、高強度ビームを利用することで、これまででない大量のハイパー原子核を生成する点がある。これを実現するため、高強度パイ中間子ビームを用いることにし、この高強度ビームに耐えるビームライン検出器の開発を行うことにした。ビームライン検出器は主に粒子の運動量を決めるための飛跡検出器と、粒子の種類を識別する飛行時間測定器から成るが、具体的な見積りによると飛跡検出器の性能向上が特に必要なことが分かっていた。

そこで、飛跡検出器として、従来の5mmワイヤ間隔のマルチワイヤ・ドリフト・チェンバー(MWDC)を1mmワイヤ間隔のマルチワイヤ・プロポーションナル・チェンバー

(MWPC)に置き換えることで5倍の収量増加が期待される。また、これ以上の収量を得るには、従来のワイヤ・チェンバーとは動作原理が異なるGEM(Gas Electron Multiplier)技術を用いる検出器が有望と考えられた。このGEM方式の検出器開発も同時に行うことにした。

(3) 崩壊粒子検出器の開発: ラムダ・ハイパー原子核の非中間子弱崩壊では、ハイパー原子核中で起こる $\Lambda N \rightarrow NN$ という崩壊過程から陽子と中性子が放出される。また、非中間子弱崩壊の競争過程である中間子弱崩壊からは、ハイパー原子核中で起こる $\Lambda \rightarrow \pi N$ という反応によりパイ中間子( $\pi$ )が放出される。本研究ではこれらの粒子を効率よくつかまえ、粒子の種類を明確に識別する必要がある。中性子は荷電を持たない中性粒子のため、他の粒子との区別は比較的容易だが、検出器との反応率が低く、検出効率向上のため大体積の検出器が必要である。既存の中性子測定器があるものの効率が十分ではないため、これを整備することにした。

陽子とパイ中間子は比較的小型の検出器で測定可能であるが、陽子とパイ中間子を識別する能力が重要である。シミュレーションによる評価を行った結果、飛程検出器がこれに最適であることが分かった。この飛程検出器の組み込みスペースは限られているため、光ファイバによる信号読み出し方式の検討を含め、この飛程検出器を開発することにした。

(4) ハドロン二次ビームライン・コミッショニング: 本研究開始時には原子核素粒子実験

施設はまだ建設途中であった。この実験施設の完成後にハドロン二次ビームを利用するK1.8と呼ばれるビームラインが新たに整備された。このビームラインで実験を実施するためには、多数の検出器を開発し、ビームラインに設置し、更に運転する必要がある。この一連の作業はK1.8ビームラインの複数のユーザーグループが協力する必要があるため、これに参加することにした。

またビームライン完成後、設計性能を發揮するためにはビームライン機器(電磁石や静電セパレータ)の調整を行う必要があった(ビームライン・コミッショニング)。そこで、新たに導入された検出器の調整も兼ねたビームライン調整を行うことにした。

(5) K1.8ビームラインでの実験実施: 全ての検出器の製作と調整が完了し、更にK1.8ビームラインのコミッショニングが完了した段階で、本研究のための実験実施が可能となる。その後の実験実施スケジュールは、K1.8ビームラインの他のユーザーグループとの調整が必要になるが、本研究グループとしては、準備がより早く完了するE10実験をまず実施する計画とした。

E10実験では高強度パイ中間子ビームを取り扱うことが最大の課題である。この課題が克服されれば、E22実験実施のキープポイントとなる ${}^4\text{He}$ ハイパー原子核の大量生成も可能となる。この点からもE10実験の実施後にE22実験に移行するのが妥当であると考えた。

#### 4. 研究成果

(1) J-PARC 50GeV-PSでの実験提案の採択: 研究開始当初から、E10実験(中性子過剰ハイパー原子核の研究)およびE22実験(ハイパー原子核の弱崩壊の研究)の実験提案書の準備を行った。最初の実験提案書はE10実験とE22実験を一つにまとめた形で、2006年7月の第1回J-PARC実験審査委員会(PAC)に提出したが採択には至らなかった。そこで、E10実験とE22実験を別の提案書に分割し内容を再検討した後、2007年1月の第2回J-PARC PACに提出し、その学術的な意義が認められた(Stage-1採択)。このように比較的早い段階でPACによる実験採択を得ることが出来た。

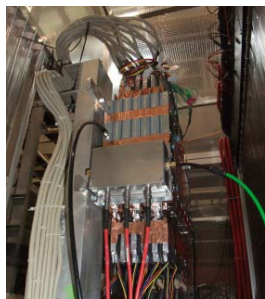
その後E10実験については、2007年7月に技術審査委員会(FIFC)の審査を経て実験実施が認められた(Stage-2採択)。J-PARC 50GeV-PSの実験課題はStage-2採択が最終的な実験実施の承認となる。従ってE10実験については実験実施のスケジュール調整を待つみの状態となった。なお、E22実験についてはFIFCの審査を受けるための検討と技術開発を行った。

また、これらの実験提案については国際会議および国内研究会等での口頭発表を行った。

(2) 高強度ビームに耐える飛跡検出器の開発: E10 実験および E22 実験での高強度パイ中間子ビーム利用のため、高強度ビームに耐える 2 種類の飛跡検出器の開発を行った。

開発した検出器の一つはワイヤ間隔 1mm のマルチワイヤ・プロポーションナル・チェンバー (MWPC) である。高強度のビームに対応するためには、このような狭いワイヤ間隔を採用し、ワイヤあたりの計数率を小さくする必要がある。しかし MWPC はワイヤ間隔が狭くなると動作が不安定になることが知られていた。1mm ワイヤ間隔の MWPC は技術的に最小のワイヤ間隔に相当するため、動作安定性の向上も考慮し技術開発を行った。製作した MWPC 検出器は、K1.8 ビームラインのパイ中間子二次ビームを用いた性能試験

を実施した (右上写真がその際の検出器配置)。最終的に、実験実施に十分な性能と安定性を持つ飛跡検出器が製作出来た。また、この飛跡検出器に適した信号処理回路の試験と整備を行った (右下写真は COPPER



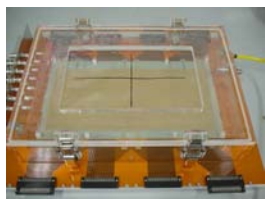
と呼ばれる信号処理ボード)。これにより、E10 実験および E22 実験において高強度パイ中間子ビームを有効に利用



する目処が立った。

開発したもう一つの検出器は、MWPC を上回る性能を発揮すると考えられている GEM 技術を用いた飛跡検出器である。この検出器の基礎開発研究を進め、プロトタイプ GEM 飛跡検出器の製作を行った (右写真)。

これにより、更に高強度のパイ中間子ビームを利用する足がかりが得られた。



(3) 中性子検出器と飛程検出器の開発: ハイパー原子核の弱崩壊の研究を行う E22 実験を実施する際には、ハイパー原子核の崩壊で放出される粒子を測定する検出器が必要となる。その検出器の開発と製作を行った。崩壊で出る中性子を測定する検出器は大体積化を行い、従来の検出システムに比べ 2 倍の測定効率をもつシステムが構築できた。ま

た、陽子と荷電パイ中間子を測定する飛程検出器は、限られた空間への組み込みに適合した光ファイバ読み出し方式を開発し、プロトタイプ製作によるパラメータ最適化を行い、性能試験を行った後に実機製作を行った

(右写真は検出器中の光ファイバ読み出し部分)。両検出器の組み合わせにより、ハイパー原子核の弱崩壊から来る粒子を効率よく正確に測定する目処が立った。



なお、これらの崩壊粒子検出器の開発過程において、韓国ソウル国立大学の研究グループとの協力体制が構築できた。

(4) ビームライン・コミッションングの実施: 本実験で使用する J-PARC 50GeV-PS の K1.8 ビームラインは 2009 年 4 月から 10 月にかけて整備された。また、ユーザーグループによる検出器の設置が並行して進んだ。本研究では、スペクトロメータ・システムの飛行時間測定器と粒子識別検出器の建設に貢献できた (右上写真は粒子識別検出器の組立作業)。



この K1.8 ビームラインで 2009 年 10 月から 2010 年 2 月にかけてビームライン・コミッションングを実施した (右下写真は初ビームが出た際のコミッションング参加者)。コミッションングでは、ビームライン自体のパラメータ最適化と性能評価を行うとともに、ビームラインに設置された検出器およびスペクトロメータ・システムの試運転が実施出来た。



まだ多少の未調整部分は残るものの、ビームラインとスペクトロメータは実験実施に要求されている諸性能がほぼ得られていることが確認できた。これにより、本研究のための実験が実施できる目処が立った。

(5) 高エネルギー重イオンによるハイパー原子核生成実験: 本研究開始以前は想定していなかった研究として、高エネルギー重イオンを用いたラムダ・ハイパー原子核生成実験を行った。この研究は中核となるドイツ GSI 研究所の研究グループと連携したものであったが、上記 J-PARC E10 実験とも関連が深いため協力して実験を実施した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 35 件)

- ① T. Kishimoto, S. Ajimura(3 番目)、A. Sakaguchi(9 番目)、T. Fukuda(17 番目)、Y. Mizoi(19 番目)、他 14 名、Kaon-nucleus interaction studied through the in-flight ( $K^-$ ,N) reactions, Nuclear Physics A, 査読有、Vol.827、2009、321-323
- ② S. Minami, S. Ajimura(3 番目)、T. Fukuda(4 番目)、T. Kishimoto(10 番目)、A. Sakaguchi(23 番目)、他 25 名、A trigger system for measurements of proton-induced rare hadronic reactions around  $T_p=400$ MeV、Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 査読有、Vol. 584、2008、174-185
- ③ T. Kishimoto, S. Ajimura(3 番目)、A. Sakaguchi(9 番目)、T. Fukuda(17 番目)、Y. Mizoi(19 番目)、Kaon-Nucleus Interaction Studied through the In-Flight ( $K^-$ ,N) Reaction, Progress of Theoretical Physics, 査読有、Vol.118、2007、181-186
- ④ B.H. Kang, S. Ajimura (7 番目)、T. Fukuda(18 番目)、他 30 名、Exclusive measurement of the nonmesonic weak decay of  $^5_\Lambda\text{He}$  hypernucleus, Physical Review Letters, 査読有、Vol.96、2006、062301(1)-(4)
- ⑤ P.K. Saha, T. Fukuda, S. Ajimura(5 番目)、T. Kishimoto(15 番目)、A. Sakaguchi(24 番目)、他 28 名、Production of the Neutron-Rich Hypernucleus  $^{10}_\Lambda\text{Li}$  in the ( $\pi^-$ , $K^+$ ) Double Charge-Exchange Reaction, Physical Review Letters, 査読有、Vol.94、2005、052502(1)-(4)

[学会発表] (計 7 件)

- ① T. Kishimoto, Kaon-Nucleus Potential and the in-flight ( $K^-$ ,N) Reaction Mechanism, The 10th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics (Hyp-X)、September 14-18、2009、Mito Japan
- ② A. Sakaguchi, Production of Neutron-Rich Lambda Hypernuclei at J-PARC, Sendai International Symposium on Strangeness in Nuclear and Hadronic Systems (SENDAI08)、December 15-18、2008、Sendai Japan
- ③ T. Kishimoto, Kaon-Nucleus

Interaction Studied through the In-Flight ( $K^-$ , N) Reaction, International Conference on Particles and Nuclei (PANIC08)、November 9-14、2008、Eilat Israel

- ④ T. Kishimoto, Kaon-nucleus interaction studied by the in-flight ( $K^-$ ,N) reaction, International Nuclear Physics Conference (INPC 2007)、June 3-8、2007、Tokyo Japan
- ⑤ A. Sakaguchi, Study on Lambda-hypernuclei at J-PARC with intense pion beams, International Workshop on "Nuclear Physics at J-PARC"、June 1-2、2007、Ibaraki Japan

[その他]

ホームページ等

<http://wwwkm.phys.sci.osaka-u.ac.jp/j-parc-E10-E22/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阪口 篤志 (SAKAGUCHI ATSUSHI)  
大阪大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：70205730

(2) 研究分担者

味村 周平 (AJIMURA SHUUHEI)  
大阪大学・核物理研究センター・准教授  
研究者番号：10273575  
岸本 忠史 (KISHIMOTO TADAFUMI)  
大阪大学・大学院理学研究科・教授  
研究者番号：90134808  
福田 共和 (FUKUDA TOMOKAZU)  
大阪電気通信大学・工学部・教授  
研究者番号：50116092

(3) 連携研究者

溝井 浩 (MIZOI YUTAKA)  
大阪電気通信大学・工学部・講師  
研究者番号：30388392