

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：11301  
研究種目：基盤研究(B) (一般)  
研究期間：2018～2021  
課題番号：18H01220  
研究課題名(和文)ラムダ粒子・中性子間の散乱長と有効距離の初測定：バリオン間力の統一的理解への鍵

研究課題名(英文)The first measurement of the scattering length and the effective range of Lambda-n interaction

研究代表者  
金田 雅司 (Kaneta, Masashi)  
東北大学・理学研究科・助教

研究者番号：00400226  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、理解が不十分である 粒子と核子の相互作用を明らかにするため、これまで測定されていない と中性子(n)の散乱長及び有効距離を高精度で決定することを目的としている。実験遂行の為、東北大学電子光理学研究センターにおいて実光子ビームを用いてストレンジネス光生成反応実験を推進してきたNKS2スペクトロメータのアップグレードを行い、データ収集を行い現在解析を進めている。合わせて、米国ジェファーソン研究所でトリチウム標的をもちいた nn束縛系探索実験を行い、生成断面積の上限を与えることで n相互作用に対する理論的な制限を与えることが出来た。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

ハイペロンはSクォークを含む核子(陽子や中性子)の仲間である。ハイペロンの一つである と核子との間に働く力は、ハイパー核中での の束縛エネルギー測定を中心として進められてきた。これまで多くの実験データを再現してきた理論モデルでは、最近の軽いハイパー核について陽子と中性子間の対象性：荷電対象性、を説明出来ないことが確定されている。この謎を解明するため、これまで行われていない と中性子の相互作用を測定する実験を遂行した。実験結果から理論モデルに制約を与えることができた。今後より高統計の実験を行うことで、ストレンジネスを含むバリオン間相互作用のより本質的理解につながるであろう。

研究成果の概要(英文)：In order to clarify the interaction between particles and nucleons, which is not well understood, we aim to determine the scattering length and effective range of and neutron (n) with high accuracy, which have not been measured so far. In order to carry out the experiment, we have upgraded the NKS2 spectrometer, which has been used for the experiments on strangeness photoproduction reactions with real photon beams at the Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University. We have collected data and are analyzing the data. In addition, we have performed a nn bound state search experiment with a tritium target at the Jefferson Laboratory in the USA. We obtained an upper limit on the production cross section and that provides a theoretical limit on the nn interaction.

研究分野：原子核物理

キーワード：ストレンジネス核物理 バリオン間相互作用 光生成反応 検出器開発

## 1. 研究開始当初の背景

核力そしてバリオン間力の研究は、陽子・中性子からなる通常の原子核だけではなく、ハイペロン( $s$  クォークを含むバリオンの総称)を原子核中に束縛させたハイパー核の実験研究によって発展してきた。特に、 $uds$  クォークからなる  $\Lambda$  粒子を含む  $\Lambda$  ハイパー核について、束縛エネルギーから  $\Lambda$  核子間力が研究されている。

$\Lambda p$  散乱や様々なハイパー核データをよく再現している  $\Lambda$  核子間ポテンシャルから、 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  ( $pnn\Lambda$  からなる原子核)と  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  ( $ppn\Lambda$ ) のエネルギー準位を計算すると、実験データと矛盾する。 ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  と  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  は、陽子と中性子の数が入れ替わった鏡像核である。陽子と中性子の間の荷電対称性により  $\Lambda n$  間力と  $\Lambda p$  間力が等しいと期待され、これらのハイパー核はクーロン力の効果を除くと同じエネルギーを持つはずである。

この二つのハイパー核について、理論計算による  $\Lambda$  の束縛エネルギー( $B_{\Lambda}$ )の違いは高々 0.05 MeV 程度であり、通常の原子核  ${}^3\text{H}$  と  ${}^3\text{He}$  の間で見られる荷電対称性の破れと同程度の小さな値となっている。しかし、実験で得られた  $B_{\Lambda}$  の差は  $0.35 \pm 0.06$  MeV であり、理論計算と大きく食い違っている。これは  $\Lambda$  核子相互作用における荷電対称性の破れ (Charge Symmetry Breaking: CSB) の問題と呼ばれ、ストレンジネス核物理における喫緊の課題の一つである。

これまでの  $\Lambda$ -核子間の CSB 示すデータは原子核乾板を用いた 1970 年代の実験であった。過去の実験の倍以上の高精度測定を目指して我々東北大グループが行ったドイツ・マインツ大学での  ${}^4_{\Lambda}\text{H}$  の束縛エネルギーの測定及び、J-PARC での  $\gamma$  線分光実験での  ${}^4_{\Lambda}\text{He}$  の励起状態の測定結果は、やはり  $\Lambda$  核子間の荷電対称性の破れが存在している事を示した。

理論研究者から、ハイパー核で見えている CSB の大きな効果はバリオン間力中の  $\Lambda$ - $\Sigma$  coupling から来る可能性があると言われている。しかし、核子が増えると効果が増幅されることも指摘されており、多体効果と切り離すため二体だけの CSB をきちんと測定することが「 $\Lambda$  核子相互作用における CSB」の問題解決のために必要であることが認識された。特に、 $\Lambda$  と陽子、 $\Lambda$  と中性子の相互作用をそれぞれ測ることが重要である。

## 2. 研究の目的

$\Lambda$  と陽子の散乱データは統計が少ないながらも、存在している。一方、 $\Lambda$  と中性子は、それぞれをビームと標的とする実験の困難さから実験データ存在しない。これまで実験研究が行われていない、 $\Lambda$  と中性子との相互作用を解明するため、これらの粒子の間の散乱長と有効距離を測定する実験を、東北大学電子光理学研究センターの協同利用課題申請に Letter of Intent として 2014 年提出し、課題採択委員会から「対象とする物理は重要であり推進すべき課題である」と高い評価を受けた。この実験研究では、実光子ビームと重水素標的を用いて  $\gamma d \rightarrow K^+ \Lambda n$  反応での終状態相互作用による生成断面積を得る。生成断面積を理論計算と詳細に比較・検討することで散乱長と有効距離を高精度で測定することを目的とする。

また、三重水素を用いて  $e^- {}^3\text{H} \rightarrow e^- K^+ X$  反応を用い、missing mass 分光を行うことで、 $\Lambda nn$  の探索実験を遂行する。この実験データからは  $\Lambda nn$  束縛状態の存否だけでなく、 $\Lambda n$  間力の情報を得ることが出来る。

## 3. 研究の方法

本研究では  $\Lambda n$  散乱長を得るために、 $\gamma d \rightarrow K^+ \Lambda n$  反応での終状態相互作用による生成断面積を  $\gamma p \rightarrow K^+ \Lambda$  の物と比較する。十分な統計を持った  $K^+$  の測定を行うためには、高分解能飛行時間検出器が必要不可欠である。そのため、これまでストレンジネス光生成実験で成果を上げてきた電子光理学研究センターに設置している NKS2 スペクトロメータの改良を行う。

このため、Multigap Restive Plate Chamber (MRPC) と呼ばれるガス増幅検出器、平衡してプラスチックシンチレータと半導体光検出器である SiPM を組み合わせたもの開発と測定を行う。データ収集速度をあげるための、回路系の置き換えもおこなう。さらに、過去の NKS2 実験では光子ビームによって生成される電子・陽電子バックグラウンドをデータ収集時に除去せずにいたが、これまでの実験よりも強度の高い光子ビームを行うことで高統計の実験を行うためデータ収集時に電子・陽電子だけをトリガーから除去するための検出器の開発を行う。

実光子ビームは加速器中を周回する電子軌道に炭素ファイバーの標的を挿入し制動放射を起こすことで得る。このとき光子を放出した電子は、その分エネルギーを失い、加速器の偏極電磁石により周回電子軌道よりも内側に曲がる。この電子の位置と時間を測定することで、光子のエネルギーと生成時刻を得ており、偏極電磁石内部に設置したこの装置を光子標識化装置 (Tagger) と呼ぶ。本申請研究開始後に、これまで使っていた Tagger が、当初予想していたよりも多い放射線量による損傷をうけシグナル読み出しに支障が生じていた。本研究課題を進めるためには、

Tagger は必要不可欠である。そのため、電磁石内部から取り出すのが容易な構造および、シグナル読み出し部分の交換が容易である Tagger の開発を行った。

本研究計画採用後まもなく、米国ジェファーソン研究所 (JLab) で三重水素標的を用いた  $\Lambda nn$  束縛状態探索実験 (E12-17-003 実験) が採択され、急遽実施が認められた。研究計画申請時には、想定していなかった施設・実験手法が異なる研究であるが、 $\Lambda n$  間力の研究という目的に一致し別の切り口からその相互作用の解明に迫る研究であるためこの実験も遂行した。

#### 4. 研究成果

本採択課題を申請する前より、新しい飛行時間測定器として MRPC の開発を行っていた。当初、想定していたアンプ回路のさらなる改良を行うことで飛行時間分解能を上げることが予想された。そのため、量産を行うよりも前にアンプ回路の開発をさらに続けた。ガス増幅検出器である MRPC は、高増幅率を得るためガイガーモードとストリーマーモードと呼ばれる増幅過程の境目辺りで動作させる。ストリーマーモードが増えると、放電が置き時間分解能が悪化する。テストを続けていく内に、これまで問題が見られなかったストリーマーモードの増加が観測された。この解決に向けて開発を続けると共に、プラスチックシンチレータと SiPM を用いた飛行時間測定器の開発を並行して進めた。最終的に後者を採用した。

Tagger の開発は、これまで用いていたプラスチックシンチレータと SiPM の組み合わせで、散乱電子の位置と時間を測定する方法を採用すると共に、増幅回路もこれまで用いてアンプ IC を基本とする設計を行い開発時間の短縮に努めた。また、これまででは Tagger を出し入れする際には電磁石を移動させていたが、その場合加速器運転中に行うことは不可能であった。この問題を解決するため、Tagger の筐体の構造を工夫することで解決できた。作成した Tagger を実際に設置し、光子標識化能力が充分あることを確認した。

NKS2 実験でのトリガー (データ収集条件を決めるロジックシグナル) は、実験室から測定室まで同軸ケーブルを介して検出器のシグナルを送り、測定室内に設置した NIM 回路モジュールを用いて作成していた。NKS2 スペクトロメータおよびフロントエンド回路は加速器のある実験室に設置されており、光子ビームを用いてリアルタイムで検出器からのシグナルのタイミング調整をするためには、地上の測定室でオシロスコープ用いて行う必要があったからである。

地上で作成したトリガー・シグナルは、地上の測定室だけでなく実験室内にも設置したデータ収集系に送る必要があり、100mm 以上のケーブル長による遅延がデータ収集において不感時間を作る一つの要因となっていた。これを解消するためには全てのトリガー生成およびデータ収集系の回路および測定用 PC を実験室に設置する必要がある。

近年、ロジック回路は汎用のモジュールを用いるのではなく、プログラム可能な FPGA を用いたモジュールを用いることが原子核物理の実験研究でも広まっている。特に Hadron Universal Logic (HUL) モジュールと名付けられた、イーサネットを用いて設定を変えることが出来る FPGA モジュールが、J-PARC のハドロンホールでの実験用に東北大学と KEK を中心とする研究グループによって開発され、実際の実験での導入成果も上げていた。この FPGA モジュールを導入し、実験室に設置することで、長いケーブルによるシグナル伝搬時間分の不感時間を無くし、データ収集効率を上げることができる。

NKS2 に FPGA モジュールを導入するためのテストとして、新しく開発した Tagger が生成するトリガーに HUL を採用した。HUL 上での回路プログラムは、単にトリガーのロジックを構成するだけでなく、ロジックの複数の入出力でのシグナルをモニターでき、ロジックシグナルの幅や遅延も設定できるように実装した。HUL のモニター用出力チャンネルを実験室内に置いたオシロスコープに接続し、オシロスコープもネットワーク越しにモニターすることで、シグナルを地上の測定室に送ることなく、ロジックシグナルの調整・確認を行うことに成功した。

データ収集時にトリガーレベルで、電子・陽電子バックグラウンドのイベント記録を除去するための検出器としてシリカ・エアロジェルを用いたチェレンコフ・カウンター (Aerogel Cherenkov Electron Veto: ACEV) の開発を行った。最初の段階では、光電子増倍管を用いて要求する性能に必要な光子数が放出することの確認を行ったあと、光検出器として半導体検出器である SiPM を用いて開発を進めた。

しかしながら、SiPM は熱雑音の影響が大きく、チェレンコフ光の観測を行うことが難しいことが判明した。そのため、KEK の Belle2 実験の TOP カウンター用に開発された Multi-Channel Plate を用いた光電子増倍管 (MCP-PMT) を用いた開発に切り替えた。MCP-PMT は、小型で 1T ほどの強磁場中でも動作し、熱雑音がほぼないという特徴を持つ。また、チェレンコフ光を光センサーに導くための反射材について複数の候補を選び、荷電粒子が反射材を通過した時の放出されるシンチレーション光や、 $\delta$  レイの影響についてもテスト実験を行い調べた。MCP-PMT を用いた ACEV の開発は順調に進み、シンチレーション光や  $\delta$  レイが混入する確率が  $10^{-5}$  以下であり、99%以上の電子・陽電子バックグラウンドをトリガーレベルで除去できることを示した。

$\Lambda n$  相互作用の研究の為に計画していた、東北大学電子光物理学研究センターでの NKS2 スペクトロメータを用いた実験は、Tagger の開発が急遽必要になったこと、およびコロナ禍での研究の中断や実験遂行に必要な研究者・学生の参加が難しくなったことが重なり、当初の計画通りに

進まない点もあったが、 $\gamma d \rightarrow K^+ \Lambda n$  反応での終状態相互作用研究に向けた検出器開発は完了し、それらの制作を進めることができた。また、Tagger の開発後、 $\gamma d$  反応の実験を 3 週間程度であるが遂行し、改造後のスペクトロメータの性能の確認が行えた。このとき収集したデータは、現在解析中である。

JLab で実施した  $\Lambda nn$  束縛状態探索実験は、コラボレーション全体でキャリブレーションや解析に必要な情報をまとめる共に、日米と独立した解析チームを組織することで、解析手法の健全性を保つよう努めた。束縛状態が存在することについて有意な結果は得られていないが、生成断面積の上限値を求めることができた（鈴木一輝博士論文, 2022, 京都大学、B. Pandey Ph.D. Thesis 2021, Hampton Univ.）また、 $\Lambda$  の生成閾値近傍においては、準自由生成反応だけでは説明出来ないエンハンスメントが見られた。これは、電子光での研究でも観測しようとした  $\Lambda n$  終状態相互作用によるものとして説明出来る。限られた統計ではあるが生成断面積解析から、 $\Lambda n$  の散乱長と有効距離に関して値を得ることができ、理論モデルに上限を与えることが出来た（板橋浩介博士論文, 2022, 東北大学）。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Masashi Kaneta for the NKS2 collaboration	4. 巻 2319
2. 論文標題 Status of experiment for $n$ interaction measurement via final state interaction in $d$ $K^+ n$ production	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 080013-1 -6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0037285	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Masashi Kaneta	4. 巻 26
2. 論文標題 Status of $n$ Interaction Study via the Final State Interaction Effect in $d$ $K^+ n$ Production	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conf.Proc	6. 最初と最後の頁 13 - 17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.26.023017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Pandey B.et al.	4. 巻 105
2. 論文標題 Spectroscopic study of a possible $nn$ resonance and a pair of $NN$ states using the $(e,e K^+)$ reaction with a tritium target	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 L051001-1 -6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevC.105.L051001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Suzuki K N et al.	4. 巻 2022
2. 論文標題 The cross-section measurement for the $3H(e, e K^+)nn$ reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013D01-1 -19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptab158	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Toyama Y. et al. for the NKS2 collaboration	4. 巻 63
2. 論文標題 Search for N Resonance State Via the Exclusive Measurement of $d + d \rightarrow n + n$ - Reaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Few-Body Systems	6. 最初と最後の頁 15-1 -6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-021-01719-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Itabashi K et al for the JLab Hypernuclear Collaboration	4. 巻 63
2. 論文標題 Study of the $nn$ State and $n$ Interaction at Jefferson Lab	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Few-Body Systems	6. 最初と最後の頁 16-1 -5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-021-01717-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Toyama Yuichi, Gogami Toshiyuki, Itabashi Kosuke, Kanda Hiroki, Konishi Yoshihiro, Maeda Kazushige, Nagao Sho, Nakamura Satoshi N., Uehara Keita, Kaneta Masashi	4. 巻 26
2. 論文標題 Status of a Lifetime Measurement of Light Hypernuclei Using High Intensity Tagged Photon Beam at ELPH	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 0318-1 -4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.26.031018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計27件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Masashi Kaneta for the NKS2 collaboration
2. 発表標題 STATUS OF EXPERIMENT FOR LAMBDA-NEUTRON INTERACTION MEASUREMENT VIA FINAL-STATE-INTERACTION IN GAMMA-DEUTERON REACTION
3. 学会等名 APPC2019 (14Th ASIA-PACIFIC PHYSICS CONFERENCE) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Kaneta
2. 発表標題 Status of $n$ Interaction study via the final state interaction in $d + K^+ + n$ production
3. 学会等名 第五回日米物理学会合同核物理分科会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masashi Kaneta
2. 発表標題 Status of $n$ Interaction study via the final state interaction in $d + K^+ + n$ production
3. 学会等名 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (QNP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橘昂我
2. 発表標題 MCP-PMTを用いた $e^-$ 分離用エアロジェルチェレンコフカウンターの開発
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水野 征哉
2. 発表標題 電子光理学研究センター-BM4ビームライン光子標識化装置の開発(2)
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 深田憲史
2. 発表標題 'd束縛状態の探索に向けた d dX反応断面積の測定
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原友正
2. 発表標題 ELPH における ハイパー核実験のための MPPC を用いた新ToF測定器の開発 (2)
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木野量子
2. 発表標題 ELPH標識化光子ビームのオンラインモニタシステムの開発
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会 (2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木野量子
2. 発表標題 ELPH BSTリングにおけるGeV領域光子ビームプロファイル
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 橋昂我
2. 発表標題 ELPHにおけるNKS2実験のためのMCP-PMTを用いたAerogel Cherenkov Electron Veto 検出器の性能評価
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水野 征哉
2. 発表標題 FPGAを用いたハイペロン光生成実験のためのトリガーシステム
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 橋昂我
2. 発表標題 マイクロチャンネルプレート内蔵型光電子増倍管(MCP-PMT)を用いた電子Veto検出器の開発
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masashi Kaneta for the NKS2 collaboration
2. 発表標題 Status of the experiment of Lambda-n interaction measrement via FSI egffect in gamma+d reaction at ELPH, Tohoku Univ.
3. 学会等名 American Physical Society, 2020 Fall Meeting of APS Div. of Nucl. Phys. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Toyama for the NKS2 collaboration
2. 発表標題 Inclusive measurement of strangeness photo-production and $N$ resonance state search on a deuterium target
3. 学会等名 American Physical Society, 2020 Fall Meeting of APS Div. of Nucl. Phys. (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomomasa Fujiwara et al.
2. 発表標題 Development of a new ToF counter with MPPC for hypernuclei experiments at ELPH
3. 学会等名 Young Researchers' Session, SNP School 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kosuke Itabashi et al.
2. 発表標題 Analysis status of $^3\text{H}(e, e' K^+)X$ at JLab
3. 学会等名 Young Researchers' Session, SNP School 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kosuke Itabashi et al.
2. 発表標題 Study of the $nn$ state and $n$ interaction at Jefferson Lab
3. 学会等名 Yamada Conference LXXII: The 8th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuichi Toyama et al.
2. 発表標題 Search for N resonance state via the exclusive measurement of $d + d + -$ reaction
3. 学会等名 Yamada Conference LXXII: The 8th Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板橋浩介 他 JLab Hypernuclear Collaboration
2. 発表標題 JLabにおけるnn 探索実験の解析現状
3. 学会等名 日本物理学会2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 K. N. Suzuki, T. Akiyama, K. Itabashi, K. Uehara, K. Okuyama, M. Kaneta, T. Gogami, Y. Toyama, S. Nagao, S.N. Nakamura, Y. Fujii
2. 発表標題 Optics design and study of the next Lambda hypernuclear spectroscopy at JLab
3. 学会等名 International School for Strangeness Nuclear Physics (SNP School 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板橋浩介
2. 発表標題 原子核番号 0 の ハイパー核探索実験
3. 学会等名 東北大学 理学・生命科学研究科合同シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 深田憲史, 藤岡宏之, 金田雅司, 外山裕一, 永尾翔, 中村哲, 他 NKS2 Collaboration
2. 発表標題 'd束縛状態の探索に向けた +d反応の解析
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木一輝, 秋山タケル, 板橋浩介, 上原圭太, 梅崎英一, 奥山和樹, 片山一樹, 金田雅司, 後神利志, 外山裕一, 豊田峻史, 永尾翔, 中村哲, 中村雄紀, 藤井優, 藤原友正, 他JLab Hypernuclear Collaboration
2. 発表標題 JLabにおける電子線を用いた $^3\text{H}$ の束縛エネルギーの高精度測定
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会(2020年)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 板橋浩介, 上原圭太, 金田雅司, 後神利志, 小西由浩, 外山裕一, 中村哲, 前田和茂, 永尾翔, 藤井優, F. Garibaldi, G.M. Urciuoli, P.E.C. Markozitz, J. Reinhold, L. Tang 他 JLab Hypernuclear Collaboration
2. 発表標題 JLabにおける $^3\text{H}(e, e' K^+)$ 反応を用いたnn 状態探索実験
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(九州大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山和樹 他
2. 発表標題 小型エアロジェルチェレンコフカウンターの開発に向けたMPPC接続方法の評価
3. 学会等名 2018年度電子光学研究拠点共同利用成果報告会(ELPHシンポジウム2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 奥山和樹, 秋山タケル, 板橋浩介, 上原圭太, 金田雅司, 後神利志, 小西由浩, 外山裕一, 永尾翔, 中村哲
2. 発表標題 MPPCを用いた小型エアロジェルチェレンコフカウンターの開発
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会(九州大学)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Kaneta
2. 発表標題 Experiment of $n$ Interaction Measurement via the Final State Interaction in $d$ $K^+ n$ Reaction
3. 学会等名 理化学研究所放射線研究室セミナー(招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	永尾 翔 (NAGAO Sho)		
研究協力者	後神 利志 (GOGAMI Toshiyuki)		
研究協力者	中村 哲 (NAKAMURA Satoshi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	藤井 優  (FUJII Yu)		
研究協力者	タン リグアン  (TANG Liguang)		
研究協力者	ポコザラ ヨセフ  (POCHDZALLA Josef)		
研究協力者	アッヘンバッハ パトリック  (ACHAENBACH Patrick)		
研究協力者	ラインハルト ヨーク  (REINHOLD Joerg)		
研究協力者	宮川 和也  (MIYAGAWA Kazuya)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関

米国	トーマス・ジェファーソン国立 研究所	ハンプトン大学	フロリダ国際大学	他19機関
ドイツ	ヨハネス・ゲーテンベルグ大学 マインツ			