

令和 6 年 9 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03693

研究課題名（和文）ハイペロン陽子散乱実験によるバリオン間相互作用研究の新展開

研究課題名（英文）New direction of research on baryon-baryon interactions by hyperon-proton scattering experiments

研究代表者

三輪 浩司（Miwa, Koji）

東北大学・理学研究科・教授

研究者番号：50443982

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 32,500,000円

研究成果の概要（和文）：原子核を構成する源である核力は、核子の構成要素であるクォークが関わる非常に複雑な力です。特に核子が重なり合うような近い距離で大きな反発力が生じる理由は未だに解明されておらず、クォークが重要な役割を果たすとの指摘があります。そのため、ストレンジクォークを含んだハイペロンと、陽子との間にはたらく力を調べることで、核力におけるクォークの役割を明らかに出来ると期待されています。我々は、シグマハイペロンを大量に生成し、そのシグマ粒子と陽子の散乱の角度分布を高精度で測定することに世界で初めて成功しました。特に Σ^+ と陽子の散乱微分断面積からクォーク間のパウリ原理による斥力の強さを世界で初めて導出しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において、陽子内のクォークの種類を変化させた Σ^+ 粒子と陽子とを散乱させ、クォークのパウリ原理で禁止される状態を作ること、粒子間に働く力が極端に強い斥力へと変化することを明らかにしました。散乱する2つの粒子が3割程度重なり合うような場合に、核力はまだ引力であるのに対して、 Σ^+ 陽子間の力はすでに核力の2倍程度も強い斥力になっていることが、得られた微分断面積を解析することで分かりました。これはパウリ原理による斥力の起源を検証し、その芯の堅さを実測したことに相当します。今まで未知であったクォーク間のパウリ斥力の強さを決定したことで、核力の短距離での斥力の理解が一層進むと考えられます。

研究成果の概要（英文）：Nuclear force, which is the source of the atomic nucleus, is a very complex force that involves quarks, which are the constituent elements of nucleons. In particular, the reason why large repulsive forces occur at close distances where nucleons overlap is still unknown, and it has been pointed out that quarks play an important role. Therefore, it is expected that by investigating the force acting between protons and hyperons containing strange quarks, we will be able to clarify the role of quarks in the nuclear force. We succeeded for the first time in the world in measuring the angular distribution of their sigma particles and proton scattering with high precision by producing a lot of hyperons. In particular, we were the first in the world to derive the strength of the Pauli repulsion between quarks from the differential cross section between Σ^+ and protons.

研究分野：実験核物理

キーワード：ストレンジネス核物理

1. 研究開始当初の背景

陽子と中性子の間には、平均すると引力的な力(核力)がはたらいて、陽子・中性子を結びつけて原子核を構成します。この核力は、陽子と中性子が比較的離れたときには引力となりますが、陽子と中性子が重なり合うような近い距離では大きな反発力へと変化します。この引力と反発力のバランスのおかげで原子核は安定に存在することができます。この核力における距離の依存性などの相互作用の詳細は、加速器で加速された陽子を、標的となる別の陽子にあて、散乱される様子を調べることで明らかになってきました。しかし、そのような核力の性質がなぜ生じるのかは十分解明されておらず、特になぜ近距離で大きな反発力となるのかについては、全く分かっていません。このような陽子と中性子が重なり合うような近距離では、粒子内部に存在する構成要素であるクォークが重要な働きをされると考えられます。そこで、アップクォークおよびダウンクォークの次に軽いストレンジクォークを含んだ粒子(ハイペロン)と、陽子との間にはたらく「拡張された核力」を調べることで、核力におけるクォークの役割を明らかにすることが出来ると考えられています。

そのためハイペロンと陽子との間にはたらく拡張された核力を調べるのが重要になります。2つの粒子の間にはたらく力を調べるためには、対象となる2つの粒子を直接衝突させ、どの方向にどれだけ散乱されやすいか(微分断面積と呼びます)を測定する必要があります。しかし、ハイペロンは寿命が非常に短く、数cmを飛行するだけで崩壊してしまうため、これまではずいぶん回数散乱現象しか測定されていませんでした。

2. 研究の目的

バリオン間にはたらく力を距離の依存性

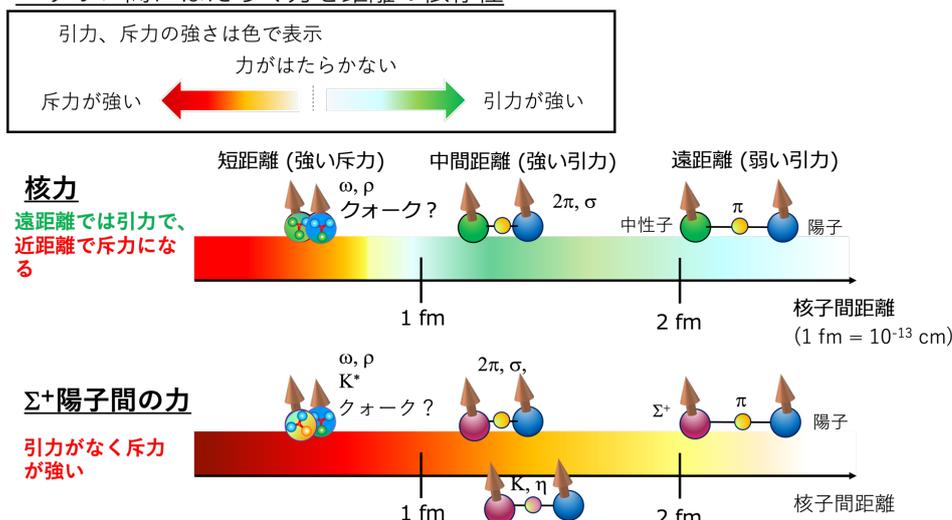


図1：バリオン間にはたらく力として、核力と Σ^+ 陽子間の力を比べたもの。引力、斥力の強さは色で示している。核力では遠方では引力であったものが、 1 fm 以下の近距離において強い斥力へと変化する。一方で、 Σ^+ 陽子間力ではほとんど引力がなく、斥力が核力に比べ非常に強いことが予想されている。

本研究の目的は、 Σ ハイペロンと陽子の間に働く力を検証することで、核力における短距離斥力の起源に迫ることが第一の目的です。興味深いことに、 Σ^+ 粒子と核子の間の力ではこの短距離における力の振る舞いが図1に示すように核力に比べて強い斥力になると予想されています。この斥力を作る要因は「クォークのパウリ原理」と考えられています。しかし、この斥力の強さなどの実験的な情報は現在まで全くありませんでした。それは、陽子などのバリオン単体はクォークのパウリ原理が決して起きないように作られているためです。そのため、複数の粒子を重ね合わせた際に初めてその効果が現れることとなります。

特に Σ^+ と陽子とを散乱させ瞬間的に重ね合わせることで、このクォークのパウリ原理による斥力を調べるのが可能となります。その理由は、図2に示すように、2粒子内に含まれる4つのアップクォークのスピンの向きをそろえることが出来るためです。クォークはカラーという3つの自由度(赤・青・緑)も持ちますが、それを考慮しても2つのuクォークが同じスピンとカラーを持つ状態が作られます。これは、「クォークはどのペアも同じ量子状態を取ってはいけない」というパウリの排他原理に反することとなります。そのため1つのuクォークはエネルギー状態を上げざるを得ず、これが結果として強い斥力として見えることとなります。この斥力の強さを散乱実験から定量的に明らかにすることが第一の目的です。

また Σ と核子の相互作用は Σ の電荷状態に応じて大きく変化することが理論的に予想されています。そのため、 Σ^+p 弾性散乱、 Σ^-p 弾性散乱及び $\Sigma^-p \rightarrow \Lambda n$ 反応の 3 つのチャンネルを系統的に測定することで ΣN 相互作用の全貌を解き明かすことが第 2 の目的です。

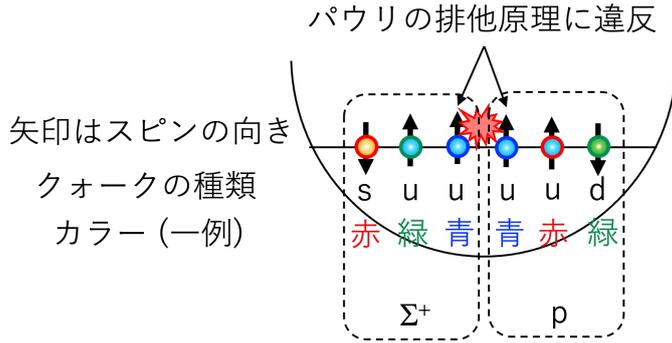


図 2: Σ^+ と陽子が散乱した際の、クォークのクラスターの様子。この例では中央の 2 つの u クォークの間でスピンとカラーが同じとなるため、パウリの排他原理に反した状態となる。これが短距離での斥力を作ると考えられています。

最後に、原子核の構成要素にもなる Λ ハイペロンと核子の相互作用を解明するために、 Λ 陽子散乱が長い間望まれていました。この実験のフィージビリティを示すことが第三の目的です。

3. 研究の方法

我々はシグマ粒子が液体水素標的中を飛行する際に、ごく稀に標的中の陽子と散乱する現象を測定しました。実験では、J-PARC ハドロン実験施設で供給される大強度のパイ中間子のビームを液体水素標的に照射して、従来の実験の約 100 倍のシグマ粒子を作り出しました。生成されたシグマ粒子のほとんどは、散乱や反応をせずにそのまま崩壊してしまうので、大量のシグマ粒子を生成することが重要なポイントとなります。従来の実験では、散乱現象を特定するために、反応を可視化する検出器を用いていましたが、可視化にかかる時間が長く、その間に通過した複数のビームが映り込んでしまうため、散乱現象を同定するためにはビーム強度を抑える必要がありました。本研究では、生成されたシグマ粒子が液体水素標的内の陽子と散乱して、叩き出された陽子や、散乱後にシグマ粒子が崩壊して放出した粒子を図 3 に示す CATCH と呼ばれる実験装置で検出することで散乱現象を特定できるようにしました。この装置は、粒子の通過時間と通過位置をすぐれた精度で測定することによって、J-PARC の大強度のパイ中間子ビームを用いる実験環境下でも、次々起こる現象を一つ一つ分けて効率的に測定することを初めて可能にしたもので、我々が開発・製作しました。

内側のファイバー検出器の写真

CATCH 検出器の組み立て時の写真

実験装置の前に集合した実験グループのメンバー

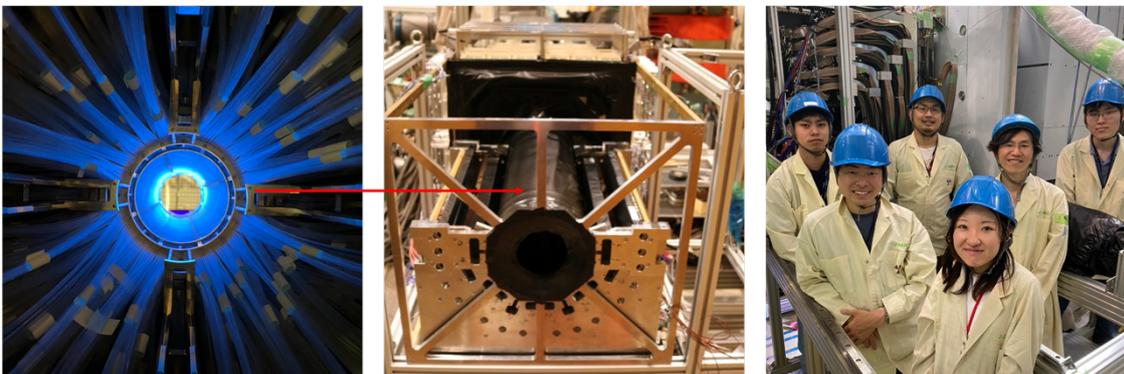


図 3: 主要な検出器である CATCH 検出器の写真 (左、中)。検出器の内側には (左) に示すように、放射線に対して発光するシンチレーションファイバーを張り巡らせることで、反応で生じる粒子の軌跡の測定を行なっています。その外側には放射線に対して発光する特殊な結晶を配置して、粒子の運動エネルギーを測定します。これらの情報から、どのような反応が起きたかを同定します。写真 (右) は実験装置の前で撮った実験グループのメンバーの写真です。

4. 研究成果

我々は、 Σ 粒子と陽子の散乱事象を数 1000 イベントという過去の実験の 100 倍となる高統計で検出し、3 つの微分断面積を 10% 程度の精度で導出することに世界で初めて成功しました。図 4 に我々が測定した微分断面積を、過去のデータ及び理論計算と比較したものを示します。過去のデータと比べると、精度が圧倒的に改善しているのが分かります。また最新の理論計算であるカイラル有効場理論 (EFT) が我々のデータに合わせることで、理論モデルの最適化を進めています。

今回の大きな成果の一つは Σ^+ と陽子の間に働くクォークパウリ斥力の検証を行ったことでした。微分断面積は、粒子間にはたらく力を敏感に反映します。微分断面積の大きさや角度分布を詳細

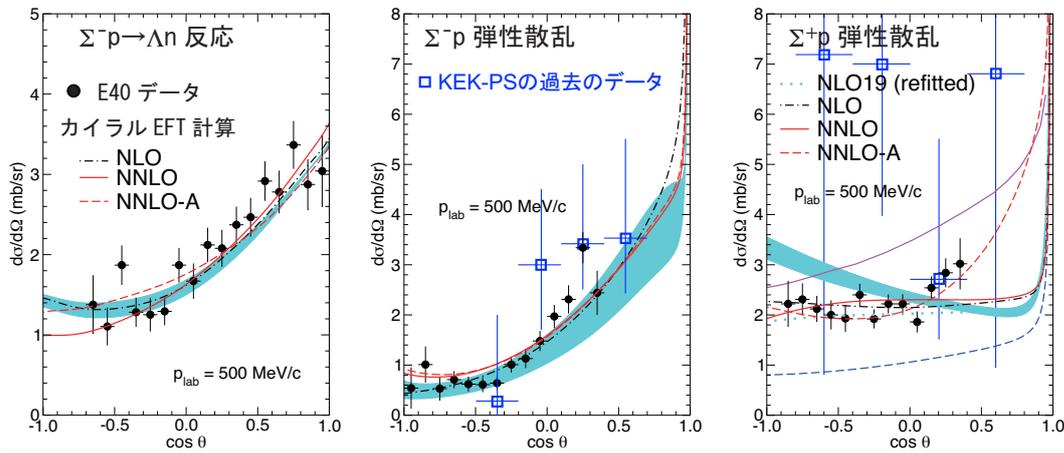


図 4：本研究で測定した 3 つのチャンネルにおける微分断面積。過去のデータ及び理論計算も共に示しています。

に調べることで、散乱の位相差という量を導出しました。図 5 に今回求めた位相差の値を示します。位相差の符号は粒子間の力が引力(符号が正)であるか、斥力(符号が負)であるかを示します。また位相差の大きさが力の強さに対応します。ここでは粒子間の距離は Σ^+ の波長から概算しています。 Σ^+ と陽子の距離がおおよそ 0.6 fm (1 fm は 10-13 cm) あたりでは、-20 度から -30 度程度の斥力であることが分かります。陽子の半径が 0.87 fm 程度ですので、この距離では Σ^+ と陽子が 3 割程度重なっていると考えられます。核力は同程度の距離ではまだ引力であることが、図 5 の実線で示した陽子と陽子の散乱の位相差から分かります。 Σ^+ と陽子の間では、核力の引力に比べ 2 倍程度も強い斥力になっていることが簡単な見積りから分かりました。このクォークのパウリ原理は核力の斥力芯の一因にもなっています。この斥力の強さを決定したことで、拡張された核力の短距離での性質がクォークに基づいて統一的に解明されると期待されます。

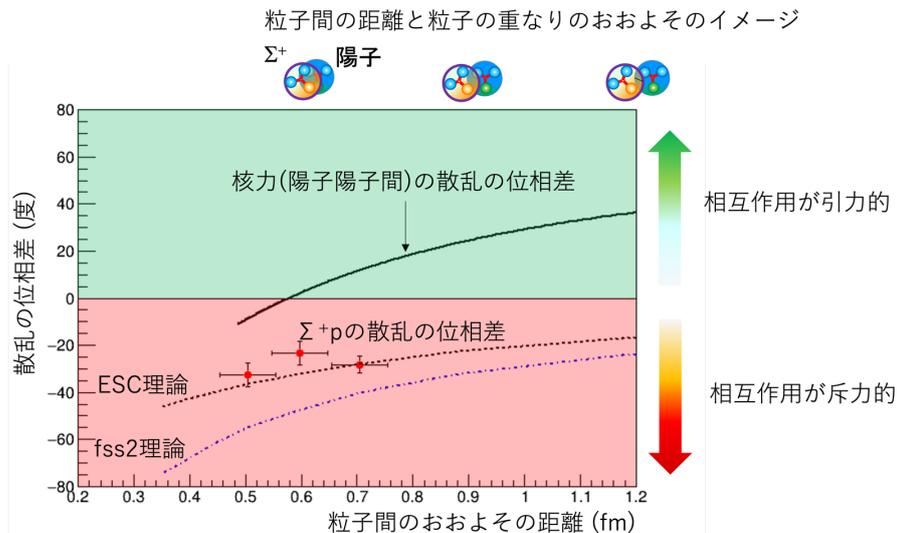


図 5：散乱の位相差と粒子間距離の関係を示す。今回測定した Σ^+p 散乱の位相差と共に、比較として核力(陽子陽子散乱)の位相差を共に示している。0.6 fm あたりの距離では核力はまだ引力的であるが、 Σ^+p ではすでに大きな斥力になっていることが分かります。 Σ^+p 散乱の理論計算として ESC(中間子交換描像に基づく理論)と fss2(クォーク模型に基づく理論)の位相差の計算値も示しています。

この Σ 陽子散乱実験のバイプロダクトとして、 $\pi^-p \rightarrow K^0 \Lambda$ 反応を用いた Λ 粒子の同定手法を確立させることが出来ました。これは同様の手法を Λ 陽子散乱実験へも適用可能であることを意味します。特に、この反応で作られた Λ 粒子は生成平面上に対して高い確率でスピンの偏極していることが過去のデータで示唆されていました。我々が収集したデータでも生成した Λ の崩壊の上下非対称度の測定からほぼ 100%スピンの偏極していることを確定させました。このようなスピンの偏極した Λ を用いて Λ 陽子散乱を測定することで、微分断面積の測定に加えて、偏極分解能のようなスピン観測量を測定することが可能であることがわかりました。我々は J-PARC にて $\pi^-p \rightarrow K^0 \Lambda$ 反応で生成されたスピンの偏極した Λ を用いて、微分断面積に加えスピンの観測量を測定

する実験を新たに提案し、E86 実験として stage1 の承認を得ています。E86 実験に向けてビームライン検出器の開発を進めました。高レートビームに対して時間測定するために、MPPC アレイを用いた高セグメント化されたシンチレータ ホドスコープの開発を行い、64 セグメントからなる実機の製作を完了しました。時間分解能はおよそ 100 ps が得られ、要求性能である 140 ps を上回る性能が得られています。また、ビームの位置を検出するファイバー検出器(全 6 層からなる)を開発し、陽電子ビームを用いたテストで、検出効率(99.9%)、時間分解能(0.8 ns)、位置分解能(0.2 mm)など十分な性能が得られることを確認しました。これらから Λ 陽子散乱実験を遂行するためのベースとなる検出器の製作を完成することが出来たといえます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 16件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 T. Nanamura, K. Miwa et al.	4. 巻 2022
2. 論文標題 Measurement of differential cross sections for ^+p elastic scattering in the momentum range 0.44 - 0.80 GeV/c	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 093D01 ~ 093D01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptac101	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 Koji Miwa et al.	4. 巻 271
2. 論文標題 Recent progress and future prospects of hyperon nucleon scattering experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 04001 ~ 04001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/202227104001	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 Nanamura Takuya, Miwa Koji, Hayakawa Shuhei H., Honda Ryotaro, Nakada Yoshiyuki, Takahashi Toshiyuki, Ukai Mifuyu, Yamamoto Takeshi O.	4. 巻 271
2. 論文標題 Results of analysis of ^+p scattering events in J-PARC E40 experiment: differential cross sections and phase shifts of 3S_1 and 1P_1 states	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 04002 ~ 04002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/202227104002	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 Sakao Tamao, Honda Ryotaro, Miwa Koji, Nakada Yoshiyuki, Nanamura Takuya, Takahashi Toshiyuki, Ukai Mifuyu, Yamamoto Takeshi	4. 巻 271
2. 論文標題 polarization measurement of the ^-p K_0 reaction in J-PARC E40 experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 02008 ~ 02008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/epjconf/202227102008	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 K. Miwa et al.	4. 巻 1643
2. 論文標題 Study of N interaction from the p scattering experiment at J-PARC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012174 ~ 012174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1643/1/012174	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 Y. Akazawa et al.	4. 巻 33
2. 論文標題 Establishment of a Modern Experimental Technique of a p Scattering Experiment at J-PARC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JPS Conf.Proc.	6. 最初と最後の頁 11134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011134	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 T. Sakao et al.	4. 巻 33
2. 論文標題 Study of Identification Method by the -p K0 Reaction for a p Scattering Experiment at J-PARC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JPS Conf.Proc.	6. 最初と最後の頁 11133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011133	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 K. Miwa et al.	4. 巻 104
2. 論文標題 Measurement of the differential cross sections of the -p elastic scattering in momentum range 470 to 850 MeV/c	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review C	6. 最初と最後の頁 45204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevC.104.045204	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 Akazawa Y., Chiga N., Fujioka N., Hayakawa S.H., Honda R., Ikeda M., Matsuda K., Miwa K., Nakada Y., Nanamura T., Ozawa S., Shiozaki T., Tamura H., Umetsu H.	4. 巻 1029
2. 論文標題 Development and application of CATCH: A cylindrical active tracker and calorimeter system for hyperon-proton scattering experiments	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 166430 ~ 166430
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.166430	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 Nanamura T., Miwa K., Akazawa Y., Honda R., Nakada Y., Sakao T., for the J-PARC E40 collaboration	4. 巻 62
2. 論文標題 The Analysis Status of Λ -p Scattering Events in the J-PARC E40 Experiment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Few-Body Systems	6. 最初と最後の頁 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-021-01698-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 K. Miwa et al.	4. 巻 128
2. 論文標題 Precise Measurement of Differential Cross Sections of the Λ -p n reaction in momentum range 470-650 MeV/c	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 72501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.128.072501	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 Miwa K., for the J-PARC E40 Collaboration	4. 巻 63
2. 論文標題 Hyperon-Proton Scattering Experiment and Recent Progress of Strangeness Nuclear Physics at J-PARC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Few-Body Systems	6. 最初と最後の頁 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00601-022-01734-4	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 Nakada Yoshiyuki, Miwa Koji et al.	4. 巻 26
2. 論文標題 A p Scattering Experiment at J-PARC and the Analysis Status	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 23024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.26.023024	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 該当する

1. 著者名 Akazawa Yuya, Miwa Koji et al.	4. 巻 27
2. 論文標題 Operation of Multi-MPPC System for Cylindrical Scintillation Fiber Tracker	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 JPS Conf.Proc.	6. 最初と最後の頁 11008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.27.011008	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 該当する

1. 著者名 K. Miwa et al.	4. 巻 2103
2. 論文標題 p scattering experiment at J-PARC -- results of commissioning run --	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Conf.Proc.	6. 最初と最後の頁 20006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5118374	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 該当する

1. 著者名 K. Miwa et al.	4. 巻 1643
2. 論文標題 Study of N interaction from the p scattering experiment at J-PARC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012174 ~ 012174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1643/1/012174	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 該当する

[学会発表] 計51件(うち招待講演 21件/うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Recent progress and future prospects of hyperon nucleon scattering experiment
3. 学会等名 14th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics - HYP2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takuya Nanamura
2. 発表標題 Results of analysis of Λ -p scattering events in J-PARC E40 experiment: differential cross sections and phase shifts of $3S_1$ and $1P_1$ states
3. 学会等名 14th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics - HYP2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamao Sakao
2. 発表標題 polarization measurement of the Λ -p K_0 reaction in J-PARC E40 experiment
3. 学会等名 14th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics - HYP2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Study of hyperon-nucleon interactions from scattering experiments
3. 学会等名 The 15th Asia Pacific Physics Conference (APPC15) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Hyperon-proton scattering experiment at J-PARC
3. 学会等名 The 9th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (QNP2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Recent progress in hypernuclear physics
3. 学会等名 The 28th International Nuclear Physics Conference (INPC 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Study of hyperon-nucleon interactions for understanding the hierarchical structure_of matter with hyperons
3. 学会等名 International symposium on Clustering as a Window on the Hierarchical Structure of Quantum Systems (CLUSHIQ2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Status of the hyperon-nucleon scattering experiment at J-PARC
3. 学会等名 4th Workshop on Anti-Matter, Hyper-Matter and Exotica Production at the LHC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Strangeness nuclear physics at J-PARC (Review of recent and future activities at J-PARC)
3. 学会等名 Third International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (3rd J-PARC HEF-ex WS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuya Nanamura
2. 発表標題 Results of p scattering experiment (J-PARC E40)
3. 学会等名 Third International Workshop on the Extension Project for the J-PARC Hadron Experimental Facility (3rd J-PARC HEF-ex WS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Progress of hyperon-nucleon scattering experiment and feasibility study at LEPS
3. 学会等名 RCNP workshop on Hadron Physics at the LEPS2 photon beamline (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Feasibility study of X_p scattering at K1.8BR
3. 学会等名 K1.8BR mini workshop (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 ハイペロン核子相互作用の解明に向けた最近の進展と今後の展開
3. 学会等名 RCNP 研究会 「低エネルギー核物理と高エネルギー天文学で読み解く中性子星」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 p散乱実験の結果と p散乱実験での今後の展開
3. 学会等名 新学術領域 量子クラスターで読み解く物質の階層構造 第11回「物質階層を横断する会」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 New experimental ideas in hypernuclear physics at extended hadron hall
3. 学会等名 J-PARCハドロン研究会 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂尾珠和
2. 発表標題 J-PARC E86実験 pスピン観測量測定の基本研究 (-p K0 反応由来の ビーム偏極度)
3. 学会等名 J-PARCハドロン研究会 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 七村拓野
2. 発表標題 J-PARC E40実験における $+p$ 散乱の微分断面積測定結果
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 森野泰斗
2. 発表標題 J-PARC K1.1ビームラインでの p 散乱実験に向けたビームホドスコープの開発
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 大橋和真
2. 発表標題 J-PARC K1.1ビームラインにおけるビームラインファイバー検出器の開発
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 坂尾珠和
2. 発表標題 J-PARC E40実験における $-p$ K_0 反応での σ の偏極度測定
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 森野泰斗
2. 発表標題 MPPCアレイ読み出しを用いたシンチレーターホドスコープの性能評価
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 三輪浩司
2. 発表標題 STUDY OF BARYON-BARYON INTERACTION FROM HYPERON- NUCLEON SCATTERING
3. 学会等名 クラスター新学術領域研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Measurement of Hyperon-nucleon scatterings at J-PARC
3. 学会等名 Joint THEIA-STRONG2020 and JAEA/Mainz REIMEI Web-Seminar 2020/2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Hyperon-proton scattering experiment as a basic and new tool to investigate hyperon-nucleon interaction
3. 学会等名 The International School for Strangeness Nuclear Physics 2020 (SNP school 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Hyperon-proton scattering experiment and recent progress of strangeness nuclear physics at J-PARC
3. 学会等名 Asia-Pacific conference on few-body problems in physics (APFB2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 七村拓野
2. 発表標題 The Analysis Status of Λ -p Scattering Events in the J-PARC E40 Experiment
3. 学会等名 Asia-Pacific conference on few-body problems in physics (APFB2020) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Hierarchical structure of matter investigated from hyperon-nucleon interaction
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年) シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 七村拓野
2. 発表標題 J-PARC E40実験における Λ -p散乱事象の解析状況(2)
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 坂尾珠和
2. 発表標題 J-PARCにおける次世代 p 散乱実験に向けた散乱事象同定法の研究
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 三輪浩司
2. 発表標題 偏極した γ を用いた γ 陽子散乱実験の計画
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 北岡智真
2. 発表標題 K1.1ビームラインホドスコープのMPPCアレイを用いた読み出しシステムの開発
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 七村拓野
2. 発表標題 J-PARC E40実験における ^3He 散乱事象の解析状況(3)
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂尾珠和
2. 発表標題 J-PARCにおける次世代 p 散乱実験に向けた散乱事象同定法の研究(2)
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和田俊輔
2. 発表標題 p 散乱実験に向けた $-p$ $K0$ 反応の同定手法の改善に向けた研究
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会(2021年)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Miwa
2. 発表標題 Study of N interaction from the p scattering experiment at J-PARC
3. 学会等名 27th International Nuclear Physics Conference (INPC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 J-PARC E40実験における $-p$ n 散乱事象の解析状況
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田薫平
2. 発表標題 シグマ陽子散乱実験(J-PARC E40)におけるシグマビーム量の解析
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤澤雄也
2. 発表標題 J-PARC E40実験における $-p$ 散乱事象の解析状況
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 七村拓野
2. 発表標題 J-PARC E40実験における $+p$ 散乱事象の解析状況
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂尾珠和
2. 発表標題 p散乱実験のための $-p$ $K0$ 反応による 同定手法の研究
3. 学会等名 日本物理学会 第72回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Miwa
2. 発表標題 High statistics p scattering experiment at J-PARC
3. 学会等名 3rd International Symposium on Science at J-PARC (J-PARC 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Akazawa
2. 発表標題 Establishment of a Modern Experimental Technique of a p Scattering Experiment at J-PARC
3. 学会等名 3rd International Symposium on Science at J-PARC (J-PARC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sakao
2. 発表標題 Study of Identification Method by the $-p$ K_0 Reaction for a p Scattering Experiment at J-PARC
3. 学会等名 3rd International Symposium on Science at J-PARC (J-PARC 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Miwa
2. 発表標題 Current status of hyperon and proton scattering experiment and prospects of spin observables
3. 学会等名 REIMEI Workshop on Universal Features of Quantum Flows with Spin, Orbital and Tensor Correlations (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 p scattering experiment at J-PARC -- results of commissioning run --
3. 学会等名 The 13th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics (HYP2018), June 24-29, 2018, Portsmouth, USA (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田祥之
2. 発表標題 p Scattering Experiment at J-PARC and the Analysis Status
3. 学会等名 8th International Conference on Quarks and Nuclear Physics (QNP2018), November 13-17, 2018, Tsukuba (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤澤雄也
2. 発表標題 Operation of multi-MPPC system for cylindrical scintillation fiber tracker
3. 学会等名 5th International Workshop on New Photon Detectors (PD18), November 27-29, 2018, Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田祥之
2. 発表標題 Analysis Status of \bar{p} -p Scattering Experiment at J-PARC
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, October 23-27, 2018, Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤岡徳菜
2. 発表標題 The analysis for π^- yield in p scattering experiment (J-PARC E40)
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, October 23-27, 2018, Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本多良太郎
2. 発表標題 DAQ upgrade for the use of the high intensity π^- beam in the p scattering experiment (J-PARC E40)
3. 学会等名 5th Joint Meeting of the APS Division of Nuclear Physics and the Physical Society of Japan, October 23-27, 2018, Hawaii, USA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三輪浩司
2. 発表標題 Current status of p scattering experiment at J-PARC
3. 学会等名 The 52nd Reimei workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 三輪浩司	4. 発行年 2022年
2. 出版社 原子核研究編集事務局	5. 総ページ数 13
3. 書名 原子核研究 Vol.67 No. 1 ハイペロン核子散乱実験の進展と今後の展望	

〔産業財産権〕

〔その他〕

ハイベロン核子散乱実験
<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/strangeness/project-j/catch.html>
 クォーク間の「芯」をとらえた 物質が安定して存在できる理由の理解に貢献
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2022/09/press20220905-01-pauli.html>
 J-PARCハドロンの実験施設で奇妙な粒子と陽子の散乱現象を精密に測定
<http://www.tohoku.ac.jp/japanese/2021/11/press20211108-04-scattering.html>

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	本多 良太郎 (Honda Ryotaro) (30748877)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・准教授 (82118)	
研究協力者	中村 哲 (Nakamura Satoshi) (50280722)	東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・教授 (12601)	
研究協力者	金田 雅司 (Kaneta Masashi) (00400226)	東北大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授 (11301)	

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