

令和 4 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H01927

研究課題名(和文)中性子・ナノ粒子散乱による未知相互作用の探索

研究課題名(英文) Search for new interaction via neutron-nano-particle scattering

研究代表者

嶋 達志 (Shima, Tatsushi)

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：10222035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,730,000円

研究成果の概要(和文)：中性子小角散乱は分子間力などの電磁気的な擾乱を受けないため、 $1\mu\text{m}$ 以下の到達距離を持つ重力に類似する未知の相互作用の探索に有用である。本研究では天然の物質の中で干渉性核散乱断面積が最も小さいバナジウム製のナノ粒子標的の製造に成功し、それを標的とする測定を大強度陽子加速器施設(J-PARC)にて実施した。その結果、到達距離 $\sim 10\text{nm}$ の領域で従来の他の実験での最高感度に匹敵する感度が得られた。さらに逆符号の散乱長を持つバナジウムとニッケルを原料とするナノ粒子の製造に成功した。この標的を用いた測定を2022年6月に予定しており、さらに10倍以上の感度向上が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重力は距離の二乗に反比例する、すなわち逆二乗則に従うと考えられているが、「大きな余剰次元模型」などの理論は、極めて短い距離で逆二乗則が破れる可能性を示唆している。重力の逆二乗則は主に原子・分子で構成された物体間の力を測ることで検証されてきたが、 $1\mu\text{m}$ 以下の距離では分子間力の影響で実験感度が急激に失われるという問題があった。我々は分子間力を受けない中性子と物体との散乱を用いることでこれを解決した。特に散乱標的として、別の擾乱の原因である原子核散乱が極めて弱いバナジウム、およびバナジウム-ニッケル合金を材料とするナノ粒子を開発し、従来よりも10倍以上高い感度での逆二乗則の検証への道を拓いた。

研究成果の概要(英文)：The small-angle neutron scattering (SANS) is useful to search for gravity-like new interactions in the sub-micron range, since it is free from the disturbances by the electromagnetic interaction. In this research, nano-particles were employed as the target of SANS, since the experimental sensitivity to new interactions are enhanced by six orders of magnitude thanks to the coherent scattering. To suppress the background due to nuclear scattering, we developed nano-particles made of vanadium whose coherent neutron scattering cross section is minimum among all the elements. With this material, a SANS experiment was performed at the J-PARC, achieving the sensitivity comparable to the previous experiments. To get a more better sensitivity, we developed nano-particles having extremely small neutron scattering cross section by mixing vanadium and nickel that have opposite signs of coherent scattering lengths. The SANS experiment with this new material is scheduled in June, 2022.

研究分野：素粒子実験・原子核実験

キーワード：重力 逆二乗則 余剰次元 ナノ粒子 中性子散乱

1. 研究開始当初の背景

物質の基本要素と相互作用の解明は、素粒子物理学における重要な課題である。現在、物質を構成するクォークとレプトン、及び強い相互作用、弱い相互作用、電磁相互作用は“標準理論”によって統一的に記述されている。しかし標準理論には、

- 重力だけが繰り込み可能な場の量子論として定式化できていないこと
- 電弱相互作用のゲージ対称性が破れるエネルギースケール (~100 GeV) が、統一理論における自然なエネルギースケールであるプランクエネルギー (~10¹⁹ GeV) に比べて異常に小さく、このエネルギー差を自然に与える機構が無いこと (階層性問題)

などの課題が残されている。これらを解決するべく、1990年代末に提唱された「大きな余剰次元モデル (Large Extra Dimension models, 以下 LED) は、未だ実験的兆候が見られない超対称性に頼らない階層性問題の解決策として注目されている。

余剰次元を伝播する重力子を3次元空間から見ると、有限質量をもつボソンのようにふるまうため、質量に結合するポテンシャルとしては式(1)に表されるように、通常の万有引力に加えて湯川型の相互作用が現われると考えられる。

$$V_g(r) = -G \frac{M \cdot m}{r} \cdot \left(1 + \alpha \exp\left(-\frac{r}{\lambda}\right) \right) \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで r は2つの物体間の距離、 M, m は各物体の質量、 G は万有引力定数、 α は余剰次元重力の結合定数 (G に対する相対値)、 λ は余剰次元重力のレンジを表す。

従来、重力の逆二乗則の検証は数百 nm ~ 数 m の到達距離 (レンジ) では、2つのバルクな物体の間に働く引力の精密測定によって行われてきた。しかし ~30nm 以下の領域では通常原子・分子を材料とした試験物体を用いる限り、分子間力が支配的となってしまう微小な余剰次元重力を検出することは極めて困難であった。分子間力は2つの物体の電気分極率の積に比例するため、通常物質を試験物体の材料とする限り避けられないが、中性子は原子に比して18桁も小さい電気分極率を持つため、試験物体の一方に採用すれば、分子間力の影響を圧倒的に抑圧することができる。このアイデアに基づき、キセノン原子を標的とした中性子小角散乱実験を大強度陽子加速器施設 (J-PARC) パルス中性子源における共同利用実験として提案し[1,2]、レンジ 1nm 以下の領域で、逆二乗則の破れに対して最も厳しい制限を与えた[3] (図1)。ただし当時の状況では、理論的に予想される結合定数 α は実験的上限值よりも約6桁小さく、実験感度の飛躍的向上が望まれていた。

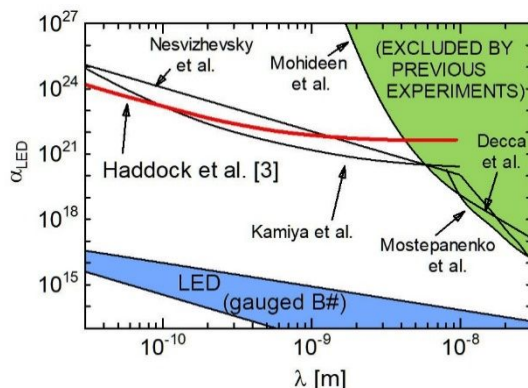


図1. これまでに探索された λ - α の範囲。緑; 通常原子・分子で構成された試験物体による探索範囲。 $\lambda < \sim 10^{-8}$ m における実線は中性子散乱から得られた α の上限。赤; 我々のグループのキセノン標的による結果[3]。青; 余剰次元モデルのタイプが示唆するパラメータ範囲。

[1] 嶋 達志, “大強度パルス中性子源による天体核・原子核研究”, 「原子核研究」 Vol.49 No.2 2004年10月号、51 - 62
 [2] 大強度陽子加速器施設(J-PARC) 平成16年度実験装置設置詳細計画書
 [3] C.C. Haddock et al., Physical Review D97, 062002 (2018)

2. 研究の目的

本研究の目的は、中性子とナノ粒子の干渉性散乱を利用してレンジ $\lambda = 10 \sim 100$ nm の範囲において重力の逆二乗則の検証感度を改善し、量子重力理論や重力を包摂した統一理論に対して実験的な手掛かりを与えることである。

3. 研究の方法

中性子小角散乱の微分断面積は

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \left[a_N + a_{ne} Z F_e(\theta) + a_G(\theta) \right]^2 \cong a_N^2 + 2a_N a_{ne} Z F_e(\theta) + a_{ne}^2 Z^2 F_e(\theta)^2 + 2a_N a_G(\theta),$$

$$a_G(\theta) = \alpha G M m_n \frac{1}{\frac{1}{m_n c^2} \left[\left(\frac{\hbar c}{\lambda} \right)^2 + q^2 \right]}, \quad q = \sqrt{8m_n E_n} \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

--- 式(2)

で表される。ここで \hbar, c は換算プランク定数および真空中の光速である。 m_n, E_n はそれぞれ中性子の質量と入射エネルギー、 q は移行運動量、 θ は散乱角、 a_N, a_{ne}, a_G はそれぞれ原子核散乱、中性子-電子散乱、重力散乱に対する散乱長である。 M, Z は標的粒子の質量及び原子番号、 $F_e(\theta)$ は標的原子の電子形状因子を表す。一般に半径数十 nm 以下では $F_e(\theta)$ は非常に小さく、第二、第三項は無視できる。また熱中性子エネルギー (25.3meV) 以下では原子核散乱はほぼ s 波成分によって起きるため角度分布は無視できる。なお $a_G \ll a_N$ であるため、 a_G^2 の項は無視している。

余剰次元重力に対する感度向上の鍵は標的粒子の質量 M を増大させることである。従来の中性子小角散乱による検証実験ではキセノン等の単一の原子を標的としていたため、 M も単原子の質量程度に制限されていた。そこで本研究では多数の原子が集団で散乱に寄与する干渉性散乱を利用した。干渉性散乱が起きる条件は不確定性関係より q が標的の空間的広がりの逆数と同程度であることである。また余剰次元重力は到達距離 λ 程度で減衰するため、 λ 程度が有効な標的粒子の大きさの上限となる。したがって、 λ の探索範囲を 10~100 nm とした場合、標的粒子の大きさは数十 nm、測定すべき q の範囲は 0.01~0.1 nm⁻¹ となる。この時、半径 λ の範囲内に含まれる原子核の個数を n とすると干渉性散乱の微分断面積は

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \left[\sum_{i=1}^n (a_N + a_G(\theta)) \right]^2 \cong n^2 a_N^2 + 2n^2 a_N a_G(\theta) \quad \text{--- 式(3)}$$

となるため、式(1)に比べて標的の質量が n^2 倍に増大した場合と等価となる。たとえば典型的な固体密度を持つ材料を用いて作られた半径 10nm のナノ粒子を標的とした場合、 n は 10⁵ のオーダーであり、信号強度に比例する断面積としては 10 桁もの増大が得られる。ただしこの時、主要なバックグラウンド源となる核散乱 (式(3)右辺第一項) も同様の倍率で増大するため、符号の異なる核散乱長を持つ二種類の元素の化合物または混合物を標的の素材とする。この場合、

$$\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega} = \left[\sum_{i=1}^n \left\{ (1-x)a_A + xa_B \right\} + \left\{ (1-x)a_{G,A}(\theta) + xa_{G,B}(\theta) \right\} \right]^2 \cong 0 + 2n^2 a_N a_G(\theta)$$

$$x = \frac{a_A}{a_A - a_B}, \quad a_G(\theta) = \alpha G \left[\frac{-a_B M_A + a_A M_B}{a_A - a_B} \right] m_n \frac{1}{\frac{1}{m_n c^2} \left[\left(\frac{\hbar c}{\lambda} \right)^2 + q^2 \right]} \quad (a_A > 0, a_B < 0)$$

--- 式(4)

となる。ここで $a_A (>0), a_B (<0)$ はそれぞれ元素 A、元素 B の干渉性散乱長であり、式(4)中の x で表される混合比の場合、核散乱の寄与を極めて小さく抑えることが可能である。一方、重力散乱項では相殺が起きないため、 n^2 倍の増大効果を損なうことなく測定可能である。

以上のような着想をもとに、具体的な混合物の候補としてバナジウム (V) とニッケル (Ni) の合金を採用した。中性子-原子核散乱を低減させた材料としては、V-Ni 合金のバルク材料は市場に供給されているが、ナノ粒子化が行われた前例はなく、本研究で独自に開発を行った。

4. 研究成果

(1) V-Ni 合金製ナノ粒子の開発

前述のように、中性子散乱を低減させた材料としては V-Ni、Ti (チタン)-Zr (ジルコニウム) などの合金が開発されており、null-matrix 合金と呼ばれている。しかし従来、null-matrix 合金を

材料とするナノ粒子の製造が試みられた例は無かったため、本研究で V-Ni ナノ粒子の製造法の開発を行った。標的物質に要求される条件は i) 平均粒径が数十 nm であること、ii) 干渉性核散乱が極小であること、の 2 点である。V、Ni の干渉性散乱長はそれぞれ -0.3824fm 、 $+10.3\text{fm}$ であるため、式(4)より最適な混合比は $\text{V}:\text{Ni}=0.9642:0.0358$ である。実際には散乱長データの誤差、および混合比の設定誤差があるため、合成散乱長 a_{null} としては $|a_{\text{null}}| < 0.02\text{fm}$ となる。これは、多くの元素の干渉性核散乱長 ~ 数 fm に比して 1/100 に低減されており、干渉性散乱断面積としては通常の物質の 1 万分の 1 程度しかない。このことは逆に、一般的な元素でできたナノ粒子が不純物として 1 万個に 1 個の割合で含まれていても、中性子散乱としては不純物ナノ粒子によるバックグラウンドが V-Ni ナノ粒子による真の事象と同程度の強度で競合してしまうことを意味する。そこで本研究では、V-Ni 材をナノ粒子化する手法として「ジェットミル法」と呼ばれる方法を採用した。これは、大きさが $500\mu\text{m}$ 程度の粗い粉末をヘリウム等の希ガスのジェット気流に乗せて容器に吹き込んだ際に、粉末同士が高速で衝突し砕けることを利用するもので、粉碎のために別の材料を持ち込むことが無いため不純物の混入が少ないという特徴を持つ。元の V-Ni 合金は通常金属箔または金属板として供給されるため、以下のような工程に従ってナノ粒子の製造を行った。

- V-Ni 箔をジルコニアカッターにて粗砕(ジルコニアは硬度と靱性の両方に優れており摩耗による不純物混入が少ない)
- 500mm 以下の粒子を篩で選別・回収
- で回収した試料をジェットミル法により粉碎、ナノ粒子化
- 生成されたナノ粒子試料を ICP-AES 法により化学分析
- 生成されたナノ粒子試料の粒径分布を X 線小角散乱 (SAXS) および電子顕微鏡像の解析によって分析

V-Ni 合金を用いた本実験用ナノ粒子の製造に先立って、上記の工程の妥当性・有効性を確認するため、純バナジウム箔を原料として製造試験を行った。図 2 は製造されたバナジウムナノ粒子の走査型電子顕微鏡画像、図 3 は粒径分布である。

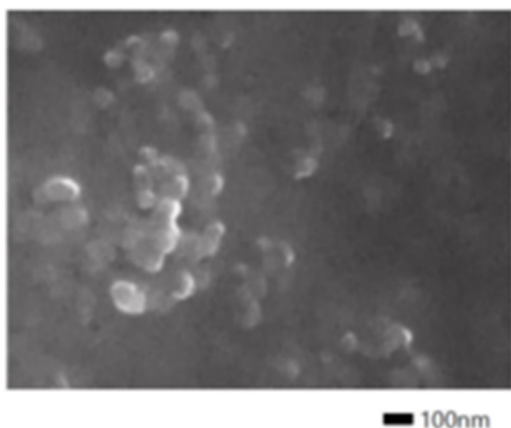


図 2 . 純バナジウムナノ粒子の走査型電子顕微鏡像

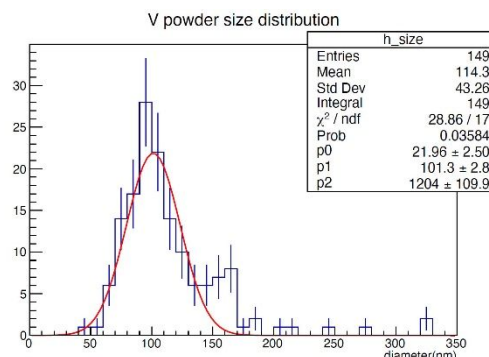


図 3 . 純バナジウムナノ粒子の粒径分布

このように、バナジウム材からのナノ粒子の製造が可能であることが確認されたため、引き続いて V-Ni 合金からのナノ粒子製造を行い、同様の結果が得られている。現在、化学分析による不純物検査を行っており、微量の Zr が検出されているものの、中性子小角散乱測定には耐え得る水準である。なお、今回製造に成功した V-Ni 合金製ナノ粒子試料は、現在の時点で熱中性子エネルギー以下のエネルギーの中性子に対してもっとも透明なナノ材料である。

(2) 純バナジウムナノ粒子標的による中性子小角散乱測定

本研究における中性子小角散乱実験は J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF)・BL05 ビームラインの低発散ビームブランチにおいて実施された。実験の感度確認およびバックグラウンド調査を目的として、(1)で作成された純バナジウムナノ粒子を用いた試験測定を実施した。実験のセットアップは図 4 のとおりである。中性子位置検出器は ${}^6\text{LiF}$ を含有する ZnS シンチレータ膜と二次元位置検出型光電子増倍管 (RPMT) で構成されている。散乱中性子が ZnS シンチレータ膜に到達すると ${}^6\text{Li}(n,\alpha)t$ 反応によって荷電粒子である α と t が発生し、ZnS シンチレータが発光する。シンチレーション光の発生点を RPMT で検知することにより散乱中性子の散乱角度を求める。中性子の反応点に対する位置分解能は $\sigma=0.5\text{mm}$ である。この試験測定で得られた散乱中性子の q 依存性を図 5 に示す。

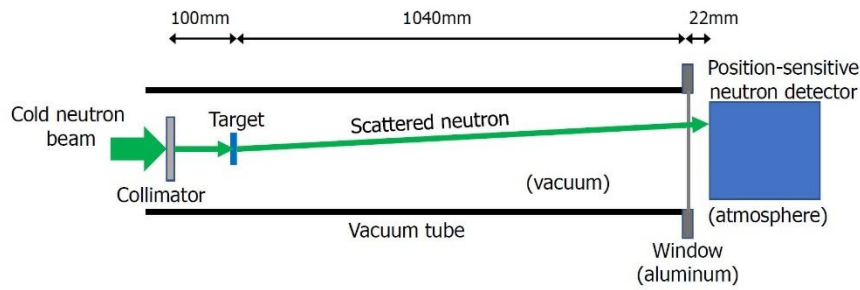


図4．中性子小角散乱測定用セットアップ。

バナジウムによる干渉性核散乱のみを考慮した理論曲線からの有意なずれは見いだされなかったため、式(1)における湯川型未知相互作用の相対結合定数 α に対して図6に示すような暫定的な上限値を得た。これは測定時間、入射中性子強度、および純バナジウムの干渉性核散乱断面積から予想される上限値と無矛盾な結果であり、V-Ni 合金ナノ粒子を標的として用いれば、 $\lambda=10$ nm で α の上限として 10^{18} 程度が得られるものと期待される。

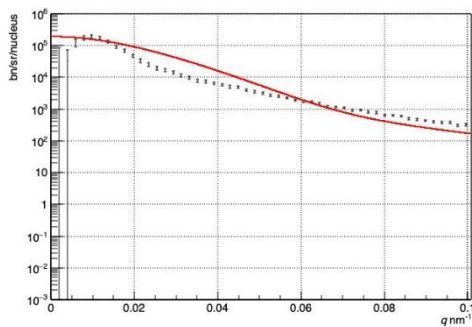


図5．純バナジウムナノ粒子に対する中性子小角散乱の移行運動量分布。点線は実験データ、実線は理論曲線。

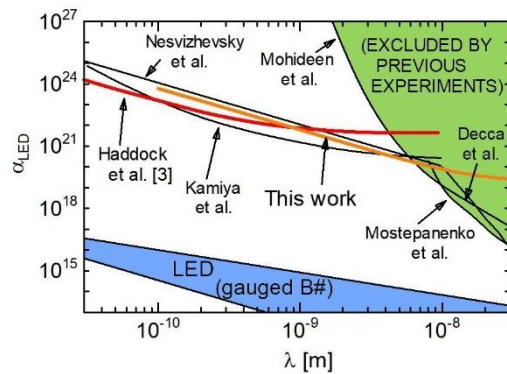


図6．未知相互作用の相対結合定数 α に対する実験的制限。橙；純バナジウムナノ粒子標的を用いた試験測定の結果。

(3) 中性子光学系および検出器の最適化によるバックグラウンド低減

J-PARC/MLF/BL05 において $q=0.01\sim 0.1$ nm⁻¹ の範囲の測定を行う場合、散乱角度は 1~10 mrad であり、超前方に散乱された中性子を良好な位置分解能で検出する必要がある。以前のキセノン原子標的では中性子検出器が真空ダクト終端の窓の外に置かれていたために、窓での散乱の影響で中性子検出位置に“ぼやけ”が発生していたが、本研究では真空中でも動作可能な検出器を採用することで q 分布に対する解像度が改善した(図7)。さらに標的で散乱されずに直接検出器に到達する中性子のハロー成分がバックグラウンド源となっていたため、検出器面上のビーム中心にビームストッパーを設置し、S/N 比の大幅な改善に成功した(図8)。これらの改良を施した上で、V-Ni ナノ粒子を標的に用いた本測定を 2022 年 6 月に予定しており、従来よりも 10 倍程度高い検証感度が達成される見込みである。

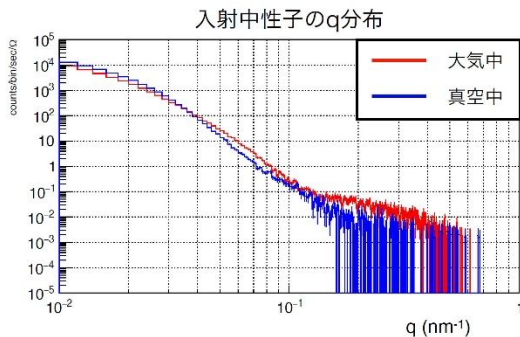


図7．入射中性子の移行運動量分布。赤；検出器を真空チェンバー外に設置。青；検出器を真空チェンバー内に設置。

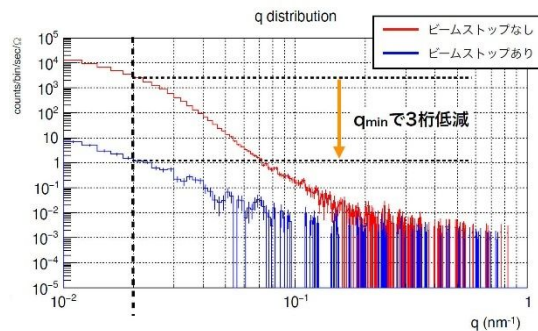


図8．入射中性子の移行運動量分布。赤；ビームストッパーなし。青；ビームストッパー(直径 3 mm)あり。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Masayuki Hiromoto, Taichi Hori, Ryota Kondo, Shuhei Hara, Tatsushi Shima, Rintaro Nakabe, Noriko Oi, Hirohiko M. Shimizu, Katsuya Hirota, Masaaki Kitaguchi, Christopher C. Haddock, William M. Snow, Tamaki Yoshioka, Kenji Mishima, Takashi Ino	4. 巻 33
2. 論文標題 Proof-of-principle Experiment for the Study of a New Intermediate-range Interaction Using Coherent Neutron Scattering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JPS Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 11118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.33.011118	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19件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 M. Hiromoto, R. Kondo, T. Shima, C.C. Haddock, R. Nakabe, H.M. Shimizu, K. Hirota, T. Ino, K. Mishima, M. Kitaguchi, W.M. Snow, and T. Yoshioka
2. 発表標題 Search for new gravity-like interactions in the submicron range by means of neutron-nanoparticle scattering
3. 学会等名 13th International Workshop on Fundamental Physics Using Atoms (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤亮太、廣本政之、嶋達志、中部倫太郎、清水裕彦、北口雅暎、猪野隆、三島賢二、広田克也、吉岡瑞樹、C.C. Haddock、W.M. Snow
2. 発表標題 Si, Ni, Zn, Agナノ粒子に対する中性子小角散乱による未知相互作用探索
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 中部倫太郎、清水裕彦、北口雅暎、近藤亮太、嶋達志、原周平、廣本政之、C.C. Haddock、猪野隆、広田克也、三島賢二、W.M. Snow、吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱を用いる未知の短距離力探索感度向上のための中性子検出器の試験測定
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 廣本政之、近藤亮太、嶋達志、C.C. Haddock、中部倫太郎、清水裕彦、広田克也、猪野隆、三島賢二、北口雅暎、W.M. Snow、吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知短距離力探索実験に向けたナノ粒子標的の開発(2)
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 近藤亮太、廣本政之、嶋達志、中部倫太郎、清水裕彦、北口雅暎、猪野隆、三島賢二、広田克也、吉岡瑞樹、C.C. Haddock、W.M. Snow
2. 発表標題 Si, Ni, Zn, Agナノ粒子に対する中性子小角散乱による未知相互作用探索2
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣本政之、近藤亮太、嶋達志、C.C. Haddock、中部倫太郎、清水裕彦、広田克也、猪野隆、三島賢二、北口雅暎、W.M. Snow、吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知短距離力探索に向けたバナジウム粉末の試験測定
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中部倫太郎、清水裕彦、北口雅暎、近藤亮太、嶋達志、廣本政之、C.C. Haddock、猪野隆、三島賢二、W.M. Snow、吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱を用いる未知の短距離力探索感度向上のためのバックグラウンド抑制装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 廣本政之, Christopher C. Haddock, 中部倫太郎, 近藤亮太, 広田克也, 猪野隆, 北口雅暁, 三島賢二, 嶋達志, 清水裕彦, W. Michael Snow, 吉岡瑞樹, 原周平
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知短距離力探索実験に向けたナノ粒子標的のデータ解析
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 近藤亮太, 廣本政之, 嶋達志, 広田克也, 中部倫太郎, 清水裕彦, 北口雅暁, 猪野隆, 三島賢二, 吉岡瑞樹, Christopher C. Haddock, W. Michael Snow
2. 発表標題 周期的ポテンシャルによる中性子散乱を用いた未知相互作用探索計画
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 中部倫太郎, 清水裕彦, 広田克也, 北口雅暁, 近藤亮太, 嶋達志, 原周平, 廣本政之, Christopher C. Haddock, 猪野隆, 三島賢二, W. Michael Snow, 吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱を用いた未知短距離力探索実験における検出器の性能解析
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 廣本政之, Christopher C. Haddock, 中部倫太郎, 近藤亮太, 広田克也, 猪野隆, 北口雅暁, 三島賢二, 嶋達志, 清水裕彦, W. Michael Snow, 吉岡瑞樹, 原周平
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知短距離力探索実験に向けたナノ粒子標的の開発
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤亮太, 廣本政之, 嶋達志, 広田克也, 中部倫太郎, 清水裕彦, 北口雅暁, 猪野隆, 三島賢二, 吉岡瑞樹, Christopher C. Haddock, W. Michael Snow
2. 発表標題 ナノ粒子による中性子小角散乱を用いた未知相互作用探索実験
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中部倫太郎, 清水裕彦, 広田克也, 北口雅暁, 近藤亮太, 嶋達志, 原周平, 廣本政之, Christopher C. Haddock, 猪野隆, 三島賢二, W. Michael Snow, 吉岡瑞樹
2. 発表標題 中性子干渉性散乱を用いる未知の短距離力探索へ向けた実験装置の最適化
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tatsushi Shima
2. 発表標題 Experimental Researches related to Nuclear Astrophysics by means of Slow Neutrons
3. 学会等名 International workshop on “Origin of Elements and Cosmic Evolution: From Big-Bang to Supernovae and Mergers” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayuki Hiromoto
2. 発表標題 Proof-of-principle experiment for study of new intermediate range interaction by means of neutron coherent scattering
3. 学会等名 J-PARC Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣本政之
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知単距離力探索に向けた原理実証実験
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会（素粒子・原子核・宇宙分野）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣本政之
2. 発表標題 中性子干渉性散乱による未知短距離力探索実験に向けたナノ粒子標的の応答測定
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤亮太
2. 発表標題 余剰次元重力による中性子干渉性散乱を記述するモデルの開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中部倫太郎
2. 発表標題 中性子干渉性散乱を用いた未知短距離力探索実験における検出器の性能評価
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

核物理研究センターNP1Cグループ・中性子基礎物理 https://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/Divisions/np1-c/nop.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
研究分担者	三島 賢二 (Mishima Kenji) (20392136)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特別准教授 (82118)	
研究分担者	吉岡 瑞樹 (Yoshioka Mizuki) (20401317)	九州大学・先端素粒子物理研究センター・准教授 (17102)	
研究分担者	北口 雅暁 (Kitaguchi Masaaki) (90397571)	名古屋大学・素粒子宇宙起源研究所・准教授 (13901)	

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	インディアナ大学	国立標準技術研究所	