

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11927

研究課題名(和文) 拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法基盤技術の開発

研究課題名(英文) Development of Band-Extended Inelastic Neutron Scattering Measurement Technology for Direct Geometry Spectrometers

研究代表者

中島 健次 (Nakajima, Kenji)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 J-PARCセンター・研究主席

研究者番号：10272535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、中性子準弾性・非弾性散乱法について複数の入射中性子エネルギーを用いる測定手法を元にし、広い波長帯域の情報を高効率で測定する新しい物性ダイナミクス情報取得システム(拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法)を実現する基盤の理論と技術を研究、開発するものであった。この手法は、飛行時間ダイアグラム上で入射中性子のトラジェクトリーを交差させることを許容することで、帯域の増加が図れるものであり、本研究では種々運用上の条件を定式化した。一方、複数スリット化したディスクを製作し実際の分光器で検証実験を行う計画は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響等により、試験用ディスクの製作までにとどまった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究にて、パルス中性子源に設置された直接配置型中性子分光器についてその測定効率を引き上げる新たな手法を提案することができた。本研究で見出された「interveined trajectory」を利用した測定方法では、実効的なバンド幅を広げ、異なる時間の物理現象についてその時間幅をより広く同時測定できる可能性を見出し、それらについて装置を設計、実験の実行に必要な条件の定式化を示せた。また、本研究で当初計画した実証実験は行うことができなかったが、実証実験のために開発された多スリットのディスクチョッパー用ディスクの製造技術は、今後、我が国内で先端的な計測デバイスを製作するための基盤となるものである。

研究成果の概要(英文)：We aimed to establish a new neutron inelastic/quasielastic scattering method to obtain wide time-window information of dynamics in the materials with high efficiency on a chopper spectrometer at a pulsed neutron source. We found that, by allowing crossing of the trajectories of incident neutron on time-of-flight diagram (we call it 'interveined trajectory'), we can extend the effective band-width and measuring efficiency. We formulated necessary conditions to operate such experiments. We also planned experiments to verify the idea on the real spectrometer by installing newly fabricated multi-slit disk on the chopper. However, due to the influence of the pandemic of COVID-19, the plan became impossible and was abandoned.

研究分野：中性子実験装置

キーワード：中性子散乱 中性子分光器 チョッパー型分光器 拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法 interveined Trajectory

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 物質科学研究と中性子分光法を巡る状況

中性子散乱実験手法は、プローブとなる中性子が室温程度のエネルギーを持つ時に原子間距離程度の波長を持つこと、その磁気双極子モーメントにより効率よく磁気散乱を起こすこと、散乱断面積が原子番号に依存しないこと等、物性研究に対して他の量子ビームに比べ際立った優位性を持つとされている。特に、エネルギー解析を伴う中性子準弾性・非弾性散乱(中性子分光)法は、原子、分子、スピンの時空間相関を直接観測することができる強力な測定手段である。磁性体の動的帯磁率や格子振動の分散の測定、固体、液体中の原子や分子の拡散の観測等を行うことで、固体物理の学術的研究から産業利用に応用されるような非常に幅の広い分野で強力な測定手段となり得る測定手法であり、実際にこれまで多くの成果を生み出してきた。しかしながら、中性子非弾性散乱実験の実際の利用に



図1 最新世代の中性子実験施設の1つであるJ-PARCに設置されている中性子分光器AMATERAS

においては、放射光等の強力な線源が存在する他のいわゆる量子ビームに比べて、もともと強度が脆弱な中性子線のさらにエネルギー分析を行うことは散乱強度の問題や測定効率等の点で問題があった。しばしばその測定には、他の測定手段に比べて桁違いの大量の試料を必要とし、得られたシグナルが微弱なために決定的な結論を得ることが難しい場面に遭遇してきた。中性子分光がこれまで多くの成果を上げてきたことは事実ではあるが、あらゆる研究の場面で容易にその威力を発揮するということまで至っていないとも言える。2000年代に入り、巨費を投じて建設された我が国のJ-PARCや米国SNSといった新しい大型大強度中性子源が登場してきた今も、本質的問題は未だ改善されていない。動的帯磁率さえもごく少量の試料で測定できる放射光非弾性散乱等の測定手段の進化はあるが、やはり、明瞭、明確、確立された散乱断面積の式で原子、分子の時空間相関関数を直接的に測定できる中性子散乱こそを「実用的な」測定手段とすることがまず必要である。また、それは、巨費を投じながら十分な成果が見られていない中性子散乱実験手法がその信頼を失うことなく将来も学術研究手段として生き残るための喫緊の課題でもある。

(2) 中性子分光法の再進化

一方で、中性子分光法の進化には、単純な線源の増強だけでは限界がある。中性子分光法が持つその本来の能力を、あらゆる研究の場面で容易に、十全に発揮するためには、施設・実験設備、つまり、「ハードウェア」的進化のみならず、測定手法、解析手法といった「ソフトウェア」的革新を組み合わせる他ない。

我が国のJ-PARC、米国のSNS、欧州で建設が進むESS等、2000年代の初めに新世代の線源が建設されているパルス中性子源において、中性子分光の中心となっている装置は、直接配置型中性子分光器と呼ばれる装置である。直接配置型中性子分光器は、パルス中性子源(あるいは定常中性子源をチョッパー等でパルス化した線源)に据え付けられ、線源から一定距離を置いて設置されたチョッパーにより一定の飛行速度(つまり一定のエネルギー)を持つ中性子を選んで試料に入射させた上で、その試料からの散乱中性子を、試料を取り囲む検出器で検出する。近年、F. Mezei等が提唱し[1]実用化された[2]、一度の測定で複数の異なる入射エネルギー(E_i)を持つ中性子を同時利用する多重 E_i 測定法が実用化され、この種の装置の測定効率が数倍にまで高まった。そのような中で、研究代表者は自身が運用するJ-PARCの最新型のチョッパ

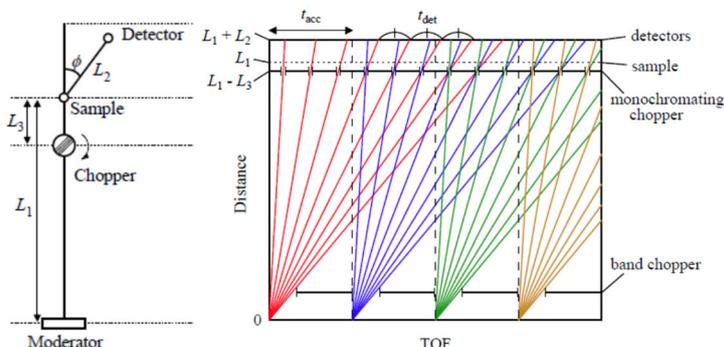


図2 チョッパー型分光器における改良された多重 E_i 測定法での複数 E_i 取り出しの中性子飛行時間ダイアグラムの例。横軸は中性子の飛行時間で、縦軸は飛行距離。この例では、1つのチョッパー開口タイミングに最大3つの E_i を通過させることで、通常の実験に比べ2倍に測定効率を上げることができる。

一分光器AMATERAS (図1) について、単色化用チョッパーの1つの開口タイミングに複数の E_i を通過させることでさらに測定効率を上げることが可能であることを見だし、改良された多重 E_i 測定法 (図2) を考案した。さらに、多重 E_i 測定法の利点を単なる測定効率向上ではなく、入射エネルギーが異なるエネルギー分解能を持つこと、つまり、異なる観測時間スケールに対応することから、多数の異なる入射エネルギーを用いて得られた測定結果を一挙に処理することで新たな測定手法となり得ることに着目した。例えば、中性子非弾性散乱実験が通常得る $I(Q, E)$ ではなく、直接 $I(Q, t)$ (I : 散乱強度、 Q : 運動量遷移、 E : エネルギー、 t : 時間) を精度と信頼性を高く得ることができ、緩和現象等の観測に格段の威力を発揮することができる。このような新手法を拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法と名付けて、その実現を目指した基礎技術の開発を科学研究費助成事業 (基盤研究 (C) 「高効率中性子非弾性散乱実験法の開発」 (平成24年度～平成27年度)) の支援を受け実施した。この研究では、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法実現に繋がる基礎部分、つまり、ごく基礎的なチョッパー条件や必要な実験条件に対する定式化等の検討、さらに、改良型多重 E_i 測定法に最適の多孔型ディスクチョッパーの設計等を行っている。拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の研究開発をさらに続け、その手法を完成させることができれば、中性子分光法を再進化させ、中性子分光法が持つその本来の能力を、容易に、十全に発揮させ、物質科学研究における中性子分光の真の強力な測定手段として完成させることができると考えた。

(3) 研究代表者の研究開始当初までの研究

拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法について、研究代表者は、その第一段階として、科学研究費助成事業 (基盤研究 (C) 「高効率中性子非弾性散乱実験法の開発」 (平成24年度～平成27年度)) の支援を受け、その基礎技術の研究開発の端緒に就いた。拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法を実用なものとし、実際に物質科学研究における成果を生み出すためには、1)測定や測定に用いる実験装置の種々の条件を定量化し、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の最適な実施方法についての理論を得ること、2)同手法を実際の分光器で検証し、1)の理論の検証と拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法が確かに有用であることを示すこと、それらを元に3)同手法を普及させること、の3点が必要である。先の基盤研究 (C) では、1)に関連してはごく基礎的なチョッパー条件や必要な実験条件に対する定式化等の検討、2)に関連しては、AMATERASの一部のディスクチョッパーを目指す測定方式に最適の多孔型ディスクチョッパーに改造することで上述の改良型多重 E_i 測定法に特化し、試験を行うための試験用多孔型ディスクチョッパーの設計、強度計算等を行った。

研究代表者は、これらを継続して発展させることで、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の研究開発を推し進められると考え、本研究に取り組んだ。

2. 研究の目的

本研究は、中性子準弾性・非弾性散乱法について、新世代のパルス中性子源施設を中心に大きな進歩を見た複数入射中性子エネルギーを用いる測定手法について、近年進化した新型チョッパーの最新機器技術を組み合わせ、広いエネルギー(波長)帯域の現象を高効率で測定する新しい物性ダイナミクス情報の取得システム(拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法)を実現するための基盤となる理論、技術の研究、開発を行うものであった。拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法は、これにより、広く結晶、液体、非晶質、生体物質等内の原子、分子、スピンの拡散、揺らぎの研究を革新できる新測定手法へと従来の中性子散乱実験手法を生まれ変わらせることができる。本研究は、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法を実用化する最終的な目標に向けて、関連する基礎理論の構築、検証実験の実施等を通じて、その研究開発を進めることを目的とした。具体的には、1)測定や測定に用いる実験装置の種々の条件を定量化し、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の最適な実施方法についての理論を得ること、2)同手法を実際の分光器で検証し、1)の理論の検証と拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法が確かに有用であることを示すことを今回の研究の目標とした。

3. 研究の方法

本研究では、平成24年度～平成27年度に実施した基盤研究(C)の成果を含めたこれまでの研究を下敷き、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法を実用するために、その基盤技術の確立を目指した。そのために、1)測定や測定に用いる実験装置の種々の条件を定量化し、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の最適な実施方法についての理論を得ること、2)同手法を実際の分光器で検証し、1)の理論の検証と拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法が確かに有用であることを示すこと、の2点についての進捗を得ることを目指した。その研究の方法は、以下のようであった。特に、本研究では、2)にあたる検証実験が最も重要な部分であると考えていた。

(1)拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の理論構築の部分について

これまで研究を進めてきた理論について、まだ不完全となっているチョッパーの条件、得られる効率等について定式化していく。これまでの研究で特定の条件下で有用な断片的な定式化はなされていた。ここでは、これらの整理、計算機シミュレーションと解析的計算を中心とした数

値計算による研究を通じて、拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法を既存の直接配置型中性子分光器でも実施できるように、あるいは、新たな直接配置型中性子分光器を設計する際の設計最適化に反映できるように、関連する条件を一般化、定式化することを目指した。

(2) 拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の検証実験について

この検証実験は、本研究の主となる部分であった。

検証実験では、本研究前に設計を行ってきた試験用の多孔型ディスクチョッパーを製作、これを J-PARC の物質・生命科学実験施設に設置されている AMATERAS に一時的に装備して行うことを考えた。標準試料、あるいは、これまで AMATERAS で実験が行われている実試料を実際に測定し、(1)で得られた条件等の検証と拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の有用性を確認することを目指した。また、ここで得られた実データを使用したデータ集積手法やデータ解析手法の開発、技術的問題の洗い出し等も行い、この手法を実用的なものに繋げるための基盤技術を確立することを目指していた。

(3) その他

また、本研究では、研究中途、そして、とりまとめの段階において、得られた成果を適宜国内外の会議等で報告するとともに、それらの場を利用した関連する研究を行う研究者らとの議論等を通じて、研究を深めることも計画した。

4. 研究成果

本研究では、目指した目標のうち、第1に掲げた拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の理論構築の部分については、改良された多重 E_i 測定法を「*interveined trajectory*」という形で一般化することができ、いくつかのケースについて必要なチョッパー条件等を定式化することができた。これらは、査読付き論文の形でまとめ、発表した[4]。一方で、第2に掲げた拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の検証実験については、技術的困難と新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響のため試験用の多孔ディスクの製作が遅れ、一定期間内に検証実験が行える目処が付かなかったため、それをあきらめた。しかしながら、ディスクそのものは完成し今後の研究に繋げることができたと共に、今回のディスク製作そのものからも今後の機器開発に関わる知見を残すことができた。以下、詳細に述べる。

(1) 拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の理論構築の部分について[4]

拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の測定は、F. Mezei等が提唱し実用化された複数の入射中性子を用いる多重 E_i 測定法を一歩進めることにある。直接配置型中性子分光器においてさらに多数の異なる E_i の入射中性子を扱い、入射エネルギーが異なるエネルギー分解能を持つこと、つまり、異なる観測時間スケールに対応することを利用し、多数の異なる入射エネルギーを用いて得られた測定結果を一挙に処理することで、 $I(Q, t)$ の直接取得といったような物質内部のダイナミクス情報を重層的に得ることができる。多重 E_i 測定法の利点を単なる測定効率向上ではなく、得られる物理情報を変革する試みである。そのための鍵となるのは、できるだけ多くの異なる E_i の同時利用を直接配置型分光器で行えるようにすることである。本研究開始時には、単色化用チョッパーの1つの開口タイミングに複数の E_i を通過させることでさらに測定効率を上げることがその根幹と思われた。実際には、飛行時間(TOF)ダイアグラム上で入射中性子の軌跡(*trajectory*)がどこかで交差(*intervein*)すればよく、TOFダイアグラム上でその交差する点を単色化用チョッパーの位置で開口タイミングに合わせるのは1つの解に過ぎないことが分かった。また、この場合、単に取り出す入射中性子の数が増えるのみならず、実効的なバンド幅を

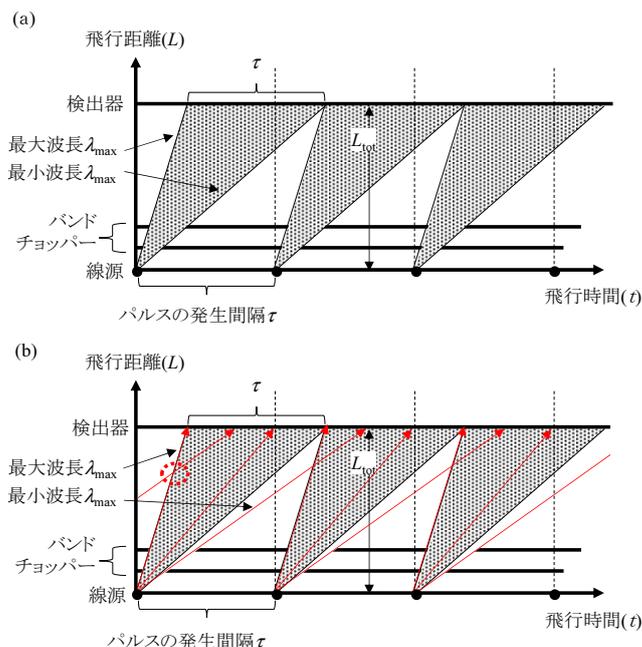


図3 パルス中性子源に設置された装置の利用可能なバンド幅。(a)通常の場合、パルスの発生間隔 τ でバンド幅が決まるが、(b)*interveined trajectory*を用いた場合はその制限を超えてさらに広いバンド幅の入射中性子を同時利用できる。

パルスの発生間隔から決まる従来の制限の枠を超えて広げることができるという特徴があることも分かった(図3)。研究代表者等はこのような直接配置型中性子分光器における入射中性子の取り扱いを「*interveined trajectory*」と名付けて、その運用の条件等を定式化することができた。定式化は、主に準弾性散乱等に用いることを想定した検出器位置で等時間間隔に入射中性子が到着するケースと、 E_i に応じて時間幅を変える一般的な非弾性散乱実験用の条件の2つに分け、それぞれについて、チョッパーの条件や実験装置を新規建設する際のチョッパー位置、試料位置、検出器位置等に関わる条件を示した。なお、非弾性散乱実験用の条件については、 E_i に応じて前後の E_i が到着する時間との間の時間間隔が極めて重要になるが、その決め方については1つの考え方を示したのみであり、この点については今後の改良が必要である。また、新規に設計する直接配置型中性子分光器にこれら条件を適用すれば、「*interveined trajectory*」を用いた条件が極めて効率的にできることは当然である一方で、AMATERASを例に、比較的「*interveined trajectory*」を用いた実験が厳密に最適化されていない装置でも十分可能であることも示すことができた。

これらの結果は、査読付き論文の形でまとめ、発表した[4]。

(2) 拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の検証実験について

この検証実験は、本研究の主となる部分と考えていた。この検証実験では、(1)で得られた条件等の検証と拡張波長帯域中性子非弾性散乱実験法の有用性を確認すること、ここで得られた実データを使用したデータ集積手法やデータ解析手法の開発を行い、技術的問題の洗い出し等と共に手法を実用的なものに繋げるための基盤技術を確認することを予定していた。

研究の初年度である平成30年度は、これまでの科学研究費補助金等の補助を受けた研究で蓄積したディスクの設計に関する知見、強度計算等の資料を基にディスクのメーカーとの技術的打ち合わせを行い、ディスク製作に必要なディスク用の中性子吸収材である濃縮ボロン10を調達し、平成31年度(令和元年度)の前半までに試験用ディスクを準備する目処を付けた。しかしながら、平成31年度(令和元年度)において、炭素繊維強化樹脂(CFRP)製のディスク本体を製作する過程で、プリプレグの貼り合わせに不具合が生じる現象が発生した。中性子遮蔽材となるボロン層とCFRPとの接着面の強度が原因と推定し、接着不良を避ける工程を検討した上で再製作を試みることとなった。しかし、新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響を受けて、ディスク製作作業に遅延が発生したこと及び実証実験を実施する予定だったJ-PARCにおける不意の運転停止が発生したことから計画が大きく狂いだした。当初は3年間だった研究計画を補助事業期間延長申請を行って5年間に延長し、必要な性能を持つ試験用多孔ディスクは完成したが(図4)、そのディスクを装置へ実装するのに必要なモーターの磁気軸受けの調整がメーカーの撤退等もあり実施の目処が立たなくなり、最終的に研究のこの部分は放棄することとなった。

このように、検証実験部分については不本意な結果となったが、一方で、実用に耐える多孔ディスクを製作することができたことは1つの成果である。今後、この研究で得られた成果と合わせて、このディスクを用いて検証実験を行うことで、研究を継続することができる。また、多孔ディスク自体も、一般的に直接配置型中性子分光器等の中性子実験装置に広く用いることのできる技術であり、国内外の実験装置全体の性能の向上に繋がられるものと期待できる。



図4 完成した検証実験用の多孔ディスク。2つのスリットを持つ。ディスクの性能試験用の回転装置に装着された状態。

<引用文献>

- 1) F. Mezei, J. Neutron Res., 6 3 (1997), M. Russina, F. Mezei, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.: Sect. A **604**, 624 (2009) and references therein.
- 2) M. Nakamura, R. Kajimoto, Y. Inamura, F. Mizuno, M. Fujita, T. Yokoo, M. Arai, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 093002 (2009).
- 3) K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, T. Kikuchi, M. Nakamura, R. Kajimoto, Y. Inamura, N. Takahashi, K. Aizawa, K. Suzuya, K. Shibata, T. Nakatani, K. Soyama, R. Maruyama, H. Tanaka, W. Kambara, T. Iwahashi, Y. Itoh, T. Osakabe, S. Wakimoto, K. Kakurai, F. Maekawa, M. Harada, K. Oikawa, R. E. Lechner, F. Mezei, M. Arai, J. Phys. Soc. Jpn. **80** suppl. B, SB028 (2011).
- 4) K. Nakajima, T. Kikuchi, S. Ohira-Kawamura and W. Kambara, EPJ Web of Conferences 272 02012 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kenji Nakajima, Tatsuya Kikuchi, Seiko Ohira-Kawamura, Wataru Kambara	4. 巻 272
2. 論文標題 Possible options for efficient wide-band polychromatic measurements using chopper spectrometers at pulsed sources	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EPJ Web of Conferences	6. 最初と最後の頁 2012
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1051/epjconf/202227202	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 Nakajima Kenji, Ohira-Kawamura Seiko, Kofu Maiko, Murai Naoki, Inamura Yasuhiro, Kikuchi Tatsuya, Wakai Daisuke	4. 巻 3
2. 論文標題 Recent Update of AMATERAS: A Cold-Neutron Disk-Chopper Spectrometer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011089(7pages)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7566/JPSCP.33.011089	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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 4件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Tatsuya Kikuchi, Seiko Ohira-Kawamura, Wataru Kambara
2. 発表標題 Possible option for efficient wide-band polychromatic measurements on chopper spectrometers at pulsed sources
3. 学会等名 The 10th workshop on Inelastic Neutron Spectrometers (WINS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Tatsuya Kikuchi, Seiko Ohira-Kawamura, Wataru Kambara
2. 発表標題 Possible option for efficient wide-band polychromatic measurements on chopper spectrometers at pulsed sources
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering 2022 (ICNS2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenji Nakajima
2. 発表標題 The Cold Neutron Disk-Chopper Spectrometer AMATERAS -Overview & Recent Scientific Outcomes
3. 学会等名 2019 The 1st Workshop on Inelastic Neutron Scattering in Asia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Seiko Ohira-Kawamura, Maiko Kofu, Naoki Murai, Yasuhiro Inamura, Tatsuya Kikuchi, Daisuke Wakai
2. 発表標題 Recent status of a cold neutron disk chopper spectrometer AMATERAS
3. 学会等名 J-PARC Symposium 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Seiko Ohira-Kawamura, Maiko Kofu, Naoki Murai, Yasuhiro Inamura, Tatsuya Kikuchi, Daisuke Wakai
2. 発表標題 Current Status of AMATERAS - a Cold-Neutron Disk-Chopper Spectrometer -
3. 学会等名 The 23rd meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (ICANS-XXIII) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Seiko Ohira-Kawamura, Maiko Kofu, Naoki Murai, Yasuhiro Inamura, Tatsuya Kikuchi, Daisuke Wakai
2. 発表標題 AMATERAS : a cold-neutron disk chopper spectrometer - current status and recent outcomes -
3. 学会等名 The 3rd Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering (AOCNS2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Nakajima, Seiko Ohira-Kawamura, Maiko Kofu, Tatsuya Kikuchi, Yasuhiro Inamura
2. 発表標題 Nine years of AMATERAS a cold-neutron disk-chopper spectrometer
3. 学会等名 QENS/WINS2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Nakajima
2. 発表標題 J-PARC, Frontier of condensed matter physics at J-PARC
3. 学会等名 Present and Future of Neutron Scattering Research on Condensed Matter Physics -Future Perspective of US-Japan Cooperative Program on Neutron Scattering- (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Nakajima
2. 発表標題 Recent Progress and Scientific Activities at MLF, J-PARC
3. 学会等名 ANBUG-AINSE Neutron Scattering Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島健次、河村聖子、古府麻衣子、菊地龍弥、稲村泰弘
2. 発表標題 冷中性子ディスクチョッパー型分光器AMATERASの2018年
3. 学会等名 日本中性子科学会第18回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島健次、河村聖子、古府麻衣子、菊地龍弥、稲村泰弘、若井大介
2. 発表標題 冷中性子ディスクチョッパー型分光器AMATERAS
3. 学会等名 User Group Meeting on MLF Spectrometers DIRECTION 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島健次、河村聖子、古府麻衣子、菊地龍弥、稲村泰弘
2. 発表標題 冷中性子ディスクチョッパー型分光器AMATERASの2018年
3. 学会等名 日本中性子科学会第18回年会
4. 発表年 2018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

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