

Workshop on Polarized Neutron Science and Technology

研究代表者：東北大学 金属材料研究所 藤田 全基

研究分担者：東北大学 金属材料研究所 池田 陽一、高田 秀佐、大河原 学

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究所 金子 耕士、奥 隆之、森 道康、河村 聖子

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 猪野 隆

オークリッジ国立研究所 中性子散乱部門 松田 雅昌、Huibao Cao

Masaki Fujita, Yoichi Ikeda, Shusuke Takada, Manabu Ohkawara

Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai 980-8577

Koji Kaneko, Takayuki Oku, Michiyasu Mori, Seiko Kawamura

Japan Atomic Energy Agency, Nuclear Science Research Institute, Kokai 319-1112

High Energy Accelerator Research Organization Institute of Materials Structure Science, Oho 300-3256

Oak Ridge National Laboratory, Neutron Scattering Division, Oak Ridge, TN 37830

Keywords: Polarized Neutron Scattering/Diffraction

Workshop on Polarized Neutron Scattering was held at the Institute for Materials Research, Tohoku University, on October 21–22, 2024. We had over 60 participants each day, including researchers from major international neutron facilities such as ANSTO (Australia), CSNS (China), ILL (France), ISIS (UK), and ORNL (USA). The program featured 18 oral presentations across four themed sessions, along with 14 poster presentations. Discussions covered advanced polarized neutron techniques, developments in ^3He spin filters, and their applications in materials science and fundamental physics. The workshop provided a valuable opportunity to strengthen international collaboration and promote the complementary use of J-PARC and JRR-3. The active participation of young researchers also highlighted the event's role in fostering the next generation of scientists.

1. 緒言 (Introduction.)

中性子散乱は、軽元素や電子スピンを含む原子の位置や運動に関する情報を取得ができるユニークな研究手法で、物質科学にとって不可欠な計測ツールである。さらに、スピン偏極中性子ビームを用いることで、電子の複合自由度が絡み合った複合相関から磁性成分を選択的に抽出できなど、高度な研究が行える。エキゾチックな量子物質における複雑な磁気構造の決定や、キラル磁性秩序物質のキラル項に関する情報の提供は最近注目されている研究の一例である。

偏極中性子技術が、次世代の中性子科学を切り開く戦略アイテムとして、世界中の中性子研究施設で開発が進められている状況において、東北大学金属材料研究所（金研）では、スピン交換光ポンピング(SEOP)法に基づく偏極システム開発とその分光器への導入を継続的に行い、高エネルギー中性子偏極非弾性散乱実験のための環境開発を進めている。また、日本原子力研究開発機構、高エネルギー加速器研究機構、茨城大学などと協働で、SEOP システムを J-PARC 物質・生命科学実験施設の中性子散乱装置に設置し、偏極中性子実験環境を利用者に供している。そこで、この機会に偏極中性子研究を加速し、J-PARC と研究用原子炉 JRR-3 の相補的利用による新しい科学の方向性について、世界の専門家を招いて議論する国際ワークショップを開催することとした。

2. 開催内容 (Experimental procedure)

ワークショップは、2024 年 10 月 21 日（月）、22 日（火）の二日間、東北大学金属材料研究所の講堂にて開催した。プログラムは表 1、2 の通りである。施設と大学の研究者を結びつけ、偏極中性子をより幅広い科学コミュニティに普及させることを念頭に、口頭発表セッションでは以下の 4 つのトピックを取り上げ、合計 18 件の発表枠を設けた。

1. 施設とビームラインにおける偏極中性子利用

2. ^3He スピンフィルター・偏極デバイスの開発と活用
3. 偏極中性子を用いた物性研究（実験・理論）
4. 広範な科学テーマにおける先端利用

一方、ポスター発表は、希望者が申請する形式とし、合計 14 件の発表があった。講演は対面形式で実施し、現地参加のみとしたが、両日ともに 60 名以上の参加があり、活発な議論が交わされました。また、海外からは、ANSTO（オーストラリア）、CSNS（中国）、ILL（フランス）、ISIS（イギリス）、ORNL（アメリカ）などの主要研究機関から参加があり、貴重な国際交流の場となった。

Oral presentation

1st day		21 Oct	Name	Title	2nd day		22 Oct	Name	Title	
opening		10:00-10:15	M. Fujita		S5		Hard matter I	9:00-9:15 9:15-9:30	H. Cao (ORNL)	Unveiling hidden spin order and magnetic symmetry through polarized neutron diffraction
S1 Facility I		10:15-10:30 10:30-10:45	G. Nilsson (ISIS)	Wide-angle Polarization Analysis for Energy and Quantum Materials	Y. Ikeda		9:30-9:45 9:45-10:00	N. Terada (NIMS)	Polarized and Unpolarized neutron diffraction experiments under high pressure in multiferroic compounds	
break		11:15-11:30	A. Manning (ANSTO)	Recent progress with polarised neutron scattering experiments and technical capabilities at ACNS	break		10:00-10:15 10:15-10:30	K. Kodama (JAEA)	Magnetic pair distribution function (mPDF) analysis on short-range ordering state in frustrated metallic magnets	
S2 3He spin filter		11:30-11:45 11:45-12:00	T. Ino (KEK)	3He Neutron Spin Filter Development at J-PARC	S6		Hard matter II	10:45-11:00 11:00-11:15	T. Kikkawa (JAEA)	Spintronic functionalities based on magnon and nuclear spin dynamics and their development into the polarized neutron scattering
M. Iinuma		12:00-12:15 12:15-12:30	S. Takada (Tohoku Univ.)	Operational applications of 3He neutron spin filters at JRR-3 and J-PARC	M. Mori		11:15-11:30 11:30-11:45	T. Ziman (ILL)	Crystal field excitations, Double Umbrellas and Theory of the Spin Seebeck effect in Terbium Iron Garnet.	
lunch		12:30-12:45 12:45-13:00 13:00-13:15 13:15-13:30 13:30-13:45 13:45-14:00			lunch		11:45-12:00 12:00-12:15 12:15-12:30 12:30-12:45 12:45-13:00 13:00-13:15 13:15-13:30			
S3 Facility II		14:00-14:15 14:15-14:30	X. Tong (CSNS)	Update of polarized neutron R&D from CSNS	S7		Facility + device	13:30-13:45 13:45-14:00	T. Bigault (ILL)	Polarized neutrons and supermirrors at the ILL
K. Ohishi		14:30-14:45 14:45-15:00	M. Matsuda (ORNL)	Polarized 3-axis spectrometer PTAX (HB-1) at HFIR: instrumentation and science	S. Yano		14:00-14:15 14:15-14:30	R. Maruyama (JAEA)	Wide bandwidth neutron polarizing supermirror due to ferromagnetic interlayer exchange coupling	
		15:00-15:15 15:15-15:30	K. Kaneko (JAEA)	Polarized neutron scattering capability under extreme conditions at JRR-3	break		14:30-14:45 14:45-15:00	K. Hiroi (JAEA)	Polarization analysis instruments for separation of incoherent scattering at BL15 TAIKAN and SANS-J	
S4 poster		15:30-15:45 15:45-16:00 16:00-16:15 16:15-16:30 16:30-16:45 16:45-17:00		poster	S8		Advanced Application	15:15-15:30 15:30-15:45	T. Kumada (JAEA)	Recent progress in our spin-contrast-variation neutron scattering
					M. Fujita		15:45-16:00 16:00-16:15 16:15-16:30 16:30-16:45	T. Okudaira (Nagoya Univ.) T. Higuchi (Kyoto Univ.)	Development and applications of the 3He spin filter for the fundamental physics at J-PARC Development of ultracold-neutron spin analyzers for the neutron EDM experiment at TRIUMF	
					closing		16:45-17:00	H. Cao/K. Kaneko		

表 1 ワークショップのプログラム。

Poster presentation

S4-1	M. Iinuma (Hiroshima Univ.)	Development of a polarized La target with a perovskite crystal for exploration of the T-violation with a polarized slow neutron
S4-2	C. Tabata (JAEA)	The Superconducting Magnet Suite for Polarized Neutrons at JRR-3: Horizontal-Field Magnet
S4-3	Y. Ikeda (Tohoku Univ.)	Current Status of the Tohoku University Polarization Analysis Neutron Spectrometer 6G-TOPAN in 2024
S4-4	S. Takada (Tohoku Univ.)	Recent Advancements and Operational Applications of 3He Spin Filters at MLF Beamlines
S4-5	S. Takahashi (Ibaraki Univ.)	Half-polarized neutron diffraction experiment using an in-situ 3He neutron spin filter at SENUJ
S4-6	T. Okudaira (Nagoya Univ.)	Search for time-reversal symmetry violation using a polarized neutron beam and a polarized target
S4-7	T. Ino (KEK)	In-situ polarized 3He neutron spin filter on POLANO
S4-8	M. Okuzumi (Nagoya Univ.)	Development of an In-situ SEOP System for the Measurement of Spin Correlation Terms in (n, γ) Reactions
S4-9	K. Asai (JAEA)	Development of an epithermal neutron polarization device for the T-violation search experiment using compound nuclei
S4-10	R. Kobayashi (Nagoya Univ.)	Fabrication and Evaluation of 3He Neutron Spin Filter in J-PARC MLF
S4-11	T. Oda (Univ. of Tokyo)	Introduction of the neutron spin echo spectrometers at JRR-3 and J-PARC MLF
S4-12	M. Fujita (Tohoku Univ.)	Exploring neutron spin polarization science

表 2 ポスター発表のリスト

3. 成果 (Results)

本ワークショップでは、日本および海外における偏極中性子に関する最新の研究成果や技術開発が集中的に共有され、参加者間の活発な意見交換が行われた。日本からは、 ^3He スピンフィルターの開発や国内施設における利用の現状が紹介された。特に J-PARC では ^3He スピンフィルターの in-situ 偏極化技術の高度化や、極低温・高圧磁場下での散乱測定を可能とする装置整備が進展していることを踏まえ、J-PARC と JRR-3 という二つの主要施設間での相補的な研究の可能性についての議論が深まった。また、エネルギー材料や量子物質、スピントロニクス材料などを対象に、構造解析・スピンドイナミクス の 解 明 を 目 指 し た 最 新 の 実 験 成 果 や 技 術 開 発 が 報 告 さ れ た。一 方、海 外 で の 偏 極 中 性 子 利 用 に つ い て は、イ ン ー リ ス ISIS に お け る 広 角 偏 極 解 析 の 取 り 組 み と し て、 ^3He ガ ス を 用 い た ス ピ ン フ ィ

ルター応用のため、電池材料や液体、ソフトマターにおける拡散挙動の解析が行われていることが紹介された。またオーストラリア ANSTO では、ソフトマターやキラル磁性体の研究を目的とした新たな磁場環境下での偏極測定法の開発が進んでいることが示された。

より具体的な研究内容として、 CuFeO_2 や CuO などのマルチフェロイクスにおける高圧下の偏極回折実験や、磁気ペア分布関数 (mPDF) による短距離磁気相関の解析やスピンセーブ効果を担うマグノンの振る舞いを中性子散乱によって検証した研究の成果が発表された。また、 $\text{Tb}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ などのスピンセーブシグナルが特異な温度・磁場依存性を示す磁性ガーネットに対する理論的検討も発表され、参加者との間で深い議論が起こった。

さらに、エピサーマル中性子を用いた対称性破れ (T-非保存) 探索のための ^3He スピンフィルターや偏極標的の開発、カナダ TRIUMF における超冷中性子の電気双極子モーメント測定のためのスピン解析器開発など、基礎物理学への応用にも踏み込んだ内容がみられた。加えて、時間反転対称性の破れを探る NOPTREX 実験に向けた標的や偏極ビームの開発も進展しており、基礎物理への貢献も進んでいることが共有された。これらの講演を通じて、偏極中性子技術は材料科学から素粒子物理まで、幅広い分野における強力なプローブとしての存在感を増しており、今後も国際的連携のもとでさらなる発展が期待されることが示された。ポスター発表も含めて、偏極中性子科学の今後の発展に向けた展望が共有された場となっただけでなく、本ワークショップには大学院生を含む若手研究者の積極的な参加が目立ち、次世代研究者の育成という観点からも意義深い交流の場となった。



図3 ワークショップでの講演の様子と参加者の集合写真

4. まとめ (Conclusion)

コロナ禍明けに日本で初めて開催された偏極中性子に関する国際ワークショップでは、国内外の研究者が集まり、最新の技術や研究成果を共有する貴重な機会となった。偏極中性子技術の多分野への応用や、国際的な発展の可能性が改めて確認された。また、本ワークショップを通じて、研究施設と大学に所属する研究者同士の連携も一層深まった。参加者からは開催に対して高い評価が寄せられ、次回開催を望む声も多く聞かれた。若手研究者の積極的な参加も見られ、今後の研究の発展につながる内容となった。

謝辞 (Acknowledgement)

本ワークショップは、J-PARC シンポジウムのサテライトミーティングとして開催され、東北大学金属材料研究所の共同利用・共同研究事業 (GIMRT) 及び科研費基盤研究(S)「中性子スピン偏極物性科学の開拓 (21H04987)」の支援を受けて実現しました。関係各位に深く感謝申し上げます。