

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：82110

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04742

研究課題名(和文) 大強度中性子ビームによるマルチスケールダイナミクス測定の熱電材料研究への適用

研究課題名(英文) Multi-scale dynamics study using high-intensity neutron beam and its application to the thermoelectric materials research

研究代表者

梶本 亮一 (Kajimoto, Ryoichi)

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・研究主幹

研究者番号：30391254

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：中性子散乱によるマルチスケールダイナミクス測定を主な手法として、興味深い熱電特性を示すLa+Mn置換SrTiO₃の格子特性を調べた。さらに同様の視点からの研究を関連物質へも発展させる。並行して、こうした中性子散乱実験研究に必要なデータ解析手法の高度化も行なった。前者の代表的な成果として、結晶構造の動的揺らぎを反映する非弾性中性子散乱スペクトルと熱伝導度の間に明瞭な関係があることを見いだした。後者の代表的成果としては、装置分解能の評価方法を確立した。

研究成果の概要(英文)：We conducted multi-scale dynamics studies of lattice properties in the La+Mn-doped SrTiO₃, a new candidate of n-type thermoelectric materials, using neutron scattering. We found a clear correlation between the inelastic neutron scattering spectra and the thermal conductivities of the samples. We further performed similar studies on related materials. In parallel, we developed data analysis methods required in the neutron scattering studies and established the evaluation method of the instrumental resolutions.

研究分野：中性子散乱による物質科学研究

キーワード：中性子散乱 熱電材料 遷移金属酸化物

1. 研究開始当初の背景

近年物性研究において、物質の構成要素(結晶・スピン格子、分子、そのドメイン等)の大きさの違いがもたらす空間的・時間的相関の階層構造の理解の重要性がとみに指摘されている。我々は高強度陽子加速器施設 J-PARC において非弾性中性子散乱装置「四季(4SEASONS)」を開発したが[]、そこで実現した「マルチスケール・ダイナミクス測定法」はエネルギースケールの異なるダイナミクスの同時測定を可能とする画期的な技術であり[]、時間的相関(ダイナミクス)における階層構造を調べるのに最適な技術と言える。いまやこの技術を実際に活用して物質科学研究を推進する時期となっている。そこで、研究対象として、新しい n 型熱電材料候補である La+Mn 置換 SrTiO_3 に注目した。 SrTiO_3 は従来量子常誘電体として知られていた物質であったが、最近、数%の La と Mn を加えることで大きく熱伝導度が抑えられることが見いだされている[]。この物質における熱伝導は低エネルギーの格子振動に支配されると考えられるため、格子振動の元素置換依存性を調べることが重要であり、それには非弾性中性子散乱が最適な実験手法である。また、この物質の格子振動の最大エネルギーは 100 meV 近くに達するため、格子振動の全貌を解明するには数 meV ~ 100 meV のマルチスケールのダイナミクスの解明が必要となり、我々の研究の対象として最適なものであった。

2. 研究の目的

マルチスケール・ダイナミクス測定をキーワードに J-PARC の中性子散乱実験装置を主に用いて、興味深い熱電特性を示す La+Mn 置換 SrTiO_3 の格子特性を調べる。さらに同様の視点からの研究を関連物質へも発展させる。並行して、こうした中性子散乱実験研究に必要なデータ解析手法の高度化も行う。

3. 研究の方法

$\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ 等を対象に、J-PARC の中性子散乱実験装置を用いて非弾性中性子散乱実験・中性子回折実験を行う。非弾性散乱実験により、フォノン励起のマルチスケール・ダイナミクス測定を行い、フォノンの運動量・エネルギー依存性を調べる。回折実験では結晶構造の置換量依存性を調べる。あわせて、こうした実験のデータ解析に必要な装置分解能の評価法を確立する。

4. 研究成果

(1) $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Ti}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ の研究

SrTiO_3 (STO)、 $\text{SrTi}_{0.98}\text{Mn}_{0.02}\text{O}_3$ (STMO)、 $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{TiO}_3$ (STLO)、 $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{0.98}\text{Mn}_{0.02}\text{O}_3$ (SLTMO2)、 $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{0.96}\text{Mn}_{0.04}\text{O}_3$ (SLTMO4) の 5 種類の粉末試料を用意し、J-PARC の中性子回折装置 NOVA において中性子回折実験を、非弾性中性子散乱装置・四季において非弾性中性

子散乱実験を行った。測定はすべて室温で行った。これらの試料の室温における熱伝導度は、SLTMO2 が最も低く、次いで SLTMO4 の順であり、STO、SLTO は同程度となっている。中性子回折パターンからの構造解析の結果、STO、SLTO の結晶構造は SrTiO_3 と同様の立方晶構造であったが、Sr と La の両方を置換した 2 試料は SrTiO_3 の低温相と同様の正方晶構造となっていることが分かった(図 1)。

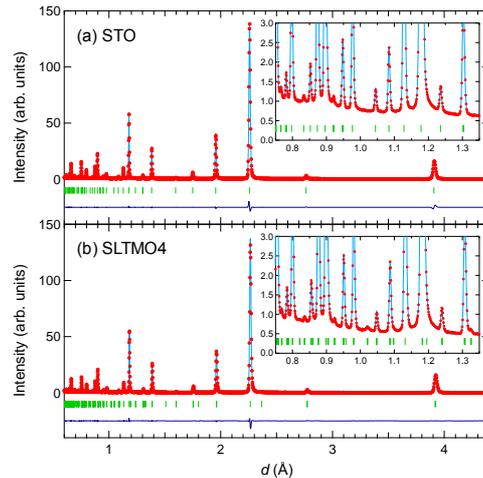


図 1. SrTiO_3 と $\text{Sr}_{0.95}\text{La}_{0.05}\text{Ti}_{0.96}\text{Mn}_{0.04}\text{O}_3$ の粉末中性子回折パターンとそのリートベルト解析の結果。

一方、非弾性中性子散乱スペクトルを比較すると、La+Mn 置換試料では約 10 meV 以下の低エネルギー領域に顕著なスペクトルの増加が見られた。この低エネルギー領域のスペクトル増加量を熱伝導度の値と比較すると、両者の間に綺麗な相関が見られ、この低エネルギー領域のスペクトルが熱伝導の抑制と深く関わっていることが明らかになった(図 2)。この低エネルギースペクトルの増加は運動領域全体に亘って観測されたため、なんらかの局所的な構造揺らぎに起因するものであると考えられ、上記の正方晶構造への変化によるものとは考えにくい。実際、 SrTiO_3 は 105 K 以下で正方晶構造へ転移することが知られているが、その温度における熱伝導の変化はわずかなものである。この低エネルギースペクトル、ひいては熱伝導の抑制の起源として、我々は La と Mn の共置換によって生じた Mn^{3+} イオンが引き起こす局所的なヤーン・テラー歪み、あるいは、 SrTiO_3 が従来もっている強誘電歪みへの不安定性による局所歪みの可能性を提案している。前者のシナリオには Mn^{3+} の存在が必要となる。そこで、マルチスケールダイナミクス測定として同時に測定された高エネルギー領域のデータを解析したところ、SLTO において Ti-O ボンドの伸縮モードのフォノンピークがソフト化を起こしていること、このソフト化は Mn 置換をするとむしろ抑えられることを見いだした(図 3)。 SrTiO_3 も属するペロブスカイト型遷移金属酸化物ではキャリアの導入によ

て同様のソフト化が起きることが知られている。したがって、この実験結果は La 置換によって生じたキャリア（電子）を Mn^{4+} イオンが吸って、 Mn^{3+} サイトが生成されることでキャリア数が減少していることを強く示唆している。

本研究を進展させるため、さらに中性子回折データ、非弾性中性子散乱データの双方をフーリエ変換することによる、静的・動的実空間局所二体相関の導出も試みた。その結果、低エネルギースペクトルの増加が最も顕著であった SLTMO2 ではわずかに他の試料と異なる特徴が見られた。しかし、その差は実験精度と比較して小さいものであるため、結論づけるには今後さらに高精度の測定が必要である。また、単結晶試料を用いた中性子非弾性散乱実験も J-PARC および英国の中性子源 ISIS の類似の実験装置を用いて開始しており、今後そのデータの解析および追加の実験を進める予定である。

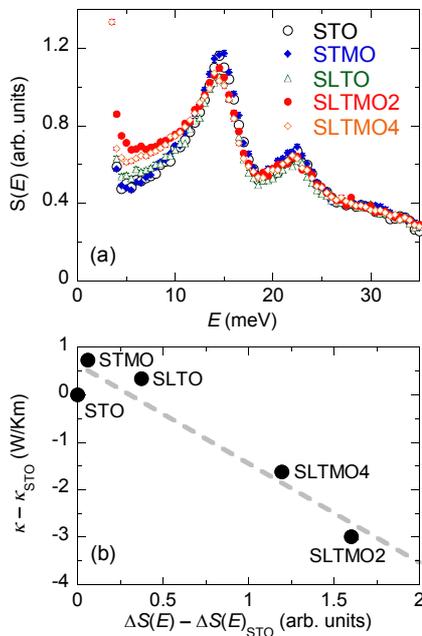


図 2. (a) $Sr_{1-x}La_xTi_{1-y}Mn_yO_3$ の非弾性中性子散乱スペクトル。(b) 5-10 meV の非弾性中性子散乱スペクトル強度と熱伝導度の関係。 $SrTiO_3$ の値を基準としている。

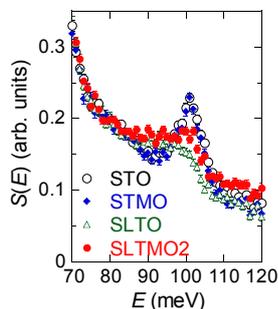


図 3. $Sr_{1-x}La_xTi_{1-y}Mn_yO_3$ の高エネルギー非弾性中性子散乱スペクトル。

(2) その他物質の研究

(1)の研究の発展として行った研究のうち、4d 電子系物質 $La_5Mo_4O_{16}$ の磁性の研究や二次元磁性体 La_2NiO_4 の磁性の研究について簡単に触れる。 $La_5Mo_4O_{16}$ については、測定エネルギースケールの異なる 2 台の中性子非弾性散乱装置と 1 台の中性子回折装置を用いて調べることで、磁気構造とスピン間に働く相互作用を決定することができた。これは複数装置の相補利用によるマルチスケール測定と言える。その結果、この物質が有する強い磁気異方性を明らかにした。 La_2NiO_4 については、J-PARC の非弾性中性子散乱装置の四季およびアマテラスを用いて磁気励起の研究を行った。これまでの研究では測られていなかった高エネルギーの磁気励起を観測できたことで、これまでも見られていた低エネルギー領域の磁気励起とは質的に異なる磁気励起が高エネルギー領域に存在する、スピンドYNAMIKS のマルチスケール性を見いだした。

(3) 非弾性中性子散乱装置の装置分解能の導出

パルス中性子源における非弾性散乱装置の装置分解能の評価は、これまで解析的な計算による方法は知られているものの、それは単純な装置構成を対象としたものに限られている。しかし、近年の装置では集光型ガイド管や複数のチョッパーの導入などに見られるように光学系が複雑になってきており、解析的な手法での分解能の正確な評価は困難となってきている。最近、解析的手法に代わる手法として、モンテカルロ・シミュレーションによる計算も行われつつある[]。この手法では複雑な光学系も比較的単純なコードでモデル化できるというメリットがある。そこで、我々は、McStas []を用いたモンテカルロ・シミュレーションと、J-PARC のデータ解析ソフト・空蝉を組み合わせ、J-PARC の非弾性中性子散乱装置・四季の分解能の計算と可視化を試みた。

図 4(a) はシミュレーションで得られた分解能楕円を空蝉で表示したものである。空蝉を使うことにより、通常のデータ解析と同様の表示が可能であり、実験データとの比較も容易である。さらに簡単なケースについて解析的な計算も行い、シミュレーションの結果と比較した[図 4(b), (c)]。両者はよく一致しており、シミュレーションの妥当性が検証できた。一方で、簡単な解析式の導出も行ったことで、近似的ではあるが簡便に分解能を計算することもできるようになった。シミュレーションと合わせて今後の非弾性散乱実験に大きく寄与すると期待している。

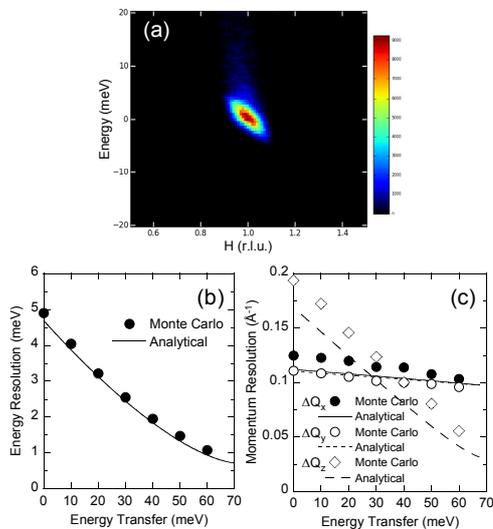


図 4. (a) モンテカルロ・シミュレーションで求めた「四季」の装置分解能。単結晶試料を想定し、「運動量 H 成分-エネルギー」面内で図示している。(b), (c) 分解能のモンテカルロ・シミュレーション (シンボル) と解析モデルによる計算 (線) の比較。(b) はエネルギー分解能、(c) は運動量 3 成分に対する分解能を示す。

< 引用文献 >

- R. Kajimoto *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, SB025 (2011)
M. Nakamura *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 093002 (2009)
T. Okuda *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **568**, 022035 (2014)
A. Vickery *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **82**, SA037 (2013)
G. E. Granroth and S. E. Hahn, EPJ Web Conf. **83**, 03006 (2015)
K. Lefmann and K. Nielsen, Neutron News **10**, 20 (1999); P. Willendrup *et al.*, Physica B **350**, 735 (2004)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- N. Murai, K. Suzuki, S. Ideta, M. Nakajima, K. Tanaka, H. Ikeda, and R. Kajimoto, Effect of electron correlations on spin excitation bandwidth in $\text{Ba}_{0.75}\text{K}_{0.25}\text{Fe}_2\text{As}_2$ as seen via time-of-flight inelastic neutron scattering, Phys. Rev. B, to be published, 査読有
M. Nakamura, W. Kambara, K. Iida, R. Kajimoto, K. Kamazawa, K. Ikeuchi, M. Ishikado, K. Aoyama, Performances of oscillating radial collimator for the Fermi chopper spectrometer 4SEASONS at J-PARC, Physica B, to be published, 査読有

DOI:10.1016/j.physb.2018.05.028
K. Nakajima and R. Kajimoto, High energy magnetic excitations in lightly oxygen doped lanthanum nickel oxide, Physica B, to be published, 査読有

DOI:10.1016/j.physb.2017.12.015

R. Kajimoto, M. Nakamura, Y. Inamura, K. Kamazawa, K. Ikeuchi, K. Iida, M. Ishikado, N. Murai, H. Kira, T. Nakatani, S. Ohira-Kawamura, R. Takahashi, N. Kubo, W. Kambara, K. Nakajima, and K. Aizawa, Status report of the chopper spectrometer 4SEASONS, J. Phys.: Conf. Ser. **1021**, 012030 (2018) [6 pages], 査読有

DOI:10.1088/1742-6596/1021/1/012030

R. Kajimoto, K. Sato, Y. Inamura, and M. Fujita, Instrumental resolution of the chopper spectrometer 4SEASONS evaluated by Monte Carlo simulation, AIP Conf. Proc. **1969**, 050004 (2018) [8 pages], 査読有

DOI:10.1063/1.5039301

K. Suekuni, C. H. Lee, H. I. Tanaka, E. Nishibori, A. Nakamura, H. Kasai, H. Mori, H. Usui, M. Ochi, T. Hasegawa, M. Nakamura, S. Ohira-Kawamura, T. Kikuchi, K. Kaneko, H. Nishiate, K. Hashikuni, Y. Kosaka, K. Kuroki, and T. Takabatake, Retreat from stress: rattling in a planar coordination, Advanced Materials **2018**, 1706230 (2018) [6 pages], 査読有
DOI:10.1002/adma.201706230

C. H. Lee, A. Nishida, T. Hasegawa, H. Nishiate, H. Kunioka, S. Ohira-Kawamura, M. Nakamura, K. Nakajima, and Y. Mizuguchi, Effect of rattling motion without cage structure on lattice thermal conductivity in $\text{LaOBiS}_{2-x}\text{Se}_x$, Appl. Phys. Lett. **112**, 023903 (2018) [4 pages], 査読有
DOI:10.1063/1.5010373

K. Nakajima, R. Kajimoto (23 番目), M. Nakamura (38 番目), 他 60 名, Materials and Life Science Experimental Facility (MLF) at the Japan Proton Accelerator Research Complex II: Neutron scattering instruments, Quantum Beam Sci. **1**, 9 (2017) [59 pages], 査読有

DOI:10.3390/qubs1030009

K. Iida, R. Kajimoto, Y. Mizuno, K. Kamazawa, Y. Inamura, A. Hoshikawa, Y. Yoshida, T. Matsukawa, T. Ishigaki, Yukihiko Kawamura, S. Ibuka, T. Yokoo, S. Itoh, and T. Katsufuji, Time-of-flight elastic and inelastic neutron scattering studies on the localized 4d electron layered perovskite $\text{La}_5\text{Mo}_4\text{O}_{16}$, J. Phys. Soc. Jpn. **86**, 064803 (2017) [6 pages], 査読有

DOI:10.7566/JPSJ.86.064803
T. Okuda, H. Hata, T. Eto, S. Sobaru, K. Nishina, H. Kuwahara, M. Nakamura, and R. Kajimoto, Effects of Mn substitution on thermoelectric properties and thermal excitations of the electron-doped perovskite $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{TiO}_3$, J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 094717 (2016) [6 pages], 査読有
DOI:10.7566/JPSJ.85.094717

[学会発表](計 31 件)

梶本亮一、中村充孝、蒲沢和也、稲村泰弘、池内和彦、飯田一樹、石角元志、村井直樹、MLF 中性子分光器「四季」、2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 9 回 MLF シンポジウム (2018 年)

梶本亮一、横尾哲也、中村充孝、柴田薫、川北至信、松浦直人、遠藤仁、瀬戸秀紀、伊藤晋一、中島健次、河村聖子、MLF 中性子分光器の現状、2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 9 回 MLF シンポジウム (2018 年)

稲村泰弘、伊藤崇芳、安芳次、大下英敏、MLF 中性子データ処理環境「空蝉」の最新トピック、2017 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 9 回 MLF シンポジウム (2018 年)

R. Kajimoto, Researches of magnetism and strongly correlated electron systems using the time-of-flight spectrometer 4SEASONS, ISSP-J-PARC Joint Workshop on Science Frontier by Neutron Scattering -The 16th Korea-Japan meeting on Neutron Science- (2018 年)(依頼講演)

梶本亮一、BL01 四季(4次元空間中性子探査装置)について、第 6 回 JASRI ワークショップ (2017 年) (依頼講演)

梶本亮一、横尾哲也、中村充孝、柴田薫、川北至信、松浦直人、遠藤仁、瀬戸秀紀、伊藤晋一、中島健次、河村聖子、J-PARC MLF 中性子分光器の現状、日本中性子科学会第 17 回年会 (2017 年)

稲村泰弘、中谷健、伊藤崇芳、安芳次、大下英敏、MLF の中性子データ処理環境「空蝉」の現状 2017、日本中性子科学会第 17 回年会 (2017 年)

梶本亮一、飯田一樹、中尾朗子、茂吉武人、松田雅昌、Feng Ye、水野雄介、勝藤拓郎、磁場中中性子回折実験による $\text{La}_3\text{Mo}_4\text{O}_{16}$ の磁気構造の研究、日本物理学会 2017 年秋季大会 (2017 年)

R. Kajimoto, M. Nakamura, K. Kamazawa, Y. Inamura, K. Ikeuchi, Kazuki Iida, M. Ishikado, and N. Murai, Time-of-flight direct geometry spectrometer 4SEASONS at J-PARC, The International Conference on Neutron Scattering 2017 (2017 年)

R. Kajimoto, T. Yokoo, M. Nakamura, K. Shibata, Y. Kawakita, M. Matsuura, H.

Endo, H. Seto, S. Itoh, K. Nakajima, and S. Ohira-Kawamura, Neutron scattering instruments of the MLF Spectroscopy Group at J-PARC, The International Conference on Neutron Scattering 2017 (2017 年)

M. Nakamura, W. Kambara, R. Kajimoto, K. Kamazawa, K. Ikeuchi, K. Iida, M. Ishikado, and K. Aoyama, Performances of oscillating radial collimator for the Fermi chopper spectrometer 4SEASONS at J-PARC, The International Conference on Neutron Scattering 2017 (2017 年)

M. Nakamura, T. Kikuchi, K. Kamazawa, and Y. Kawakita, Phonon dynamics of NaI investigated by $G(r, E)$ analysis, The International Conference on Neutron Scattering 2017 (2017 年)

梶本亮一、J-PARC 非弾性中性子散乱装置による磁性研究、第 60 回化合物新磁性材料研究会「中性子散乱を利用した化合物磁性研究の最前線」(2017 年)(依頼講演)

R. Kajimoto, M. Nakamura, Y. Inamura, K. Kamazawa, K. Ikeuchi, K. Iida, M. Ishikado, N. Murai, T. Nakatani, N. Kubo, and W. Kambara, Status report of the chopper spectrometer 4SEASONS, The 22nd Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (2017 年)

Y. Inamura, T. Ito, J. Suzuki, R. Kajimoto, and M. Nakamura, Utsusemi and software applications for the utilization of event-recording data at MLF, J-PARC, The 22nd Meeting of the International Collaboration on Advanced Neutron Sources (2017 年)

梶本亮一、 SrTiO_3 の結晶構造と格子ダイナミクスにおける La, Mn 置換効果、CMRC 研究会「強相関電子系における局所構造変調が誘起する創発現象」(2017 年) (依頼講演)

梶本亮一、中村充孝、社本真一、池田一貴、大友季哉、畑博人、江藤貴弘、奥田哲治、La, Mn 置換した SrTiO_3 の結晶構造解析、日本物理学会 第 72 回年次大会 (2017 年)

梶本亮一、中村充孝、稲村泰弘、蒲沢和也、池内和彦、飯田一樹、石角元志、村井直樹、中谷健、久保直也、神原理、MLF-BL01 チョッパー分光器「四季」、2016 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 8 回 MLF シンポジウム (2017 年)

梶本亮一、中村充孝、社本真一、池田一貴、大友季哉、畑博人、江藤貴弘、奥田哲治、La, Mn 置換した SrTiO_3 の粉末中性子回折実験、2016 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 8 回 MLF シンポジウム (2017 年)

稲村泰弘、中谷健、伊藤崇芳、梶本亮一、中村充孝、鈴木次郎、「空蝉」における単結晶試料の非弾性散乱連続回転測定、2016

- 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 8 回 MLF シンポジウム (2017 年)
- ②① 稲村泰弘、中谷健、伊藤崇芳、鈴木次郎、MLF の中性子データ処理環境「空蝉」の現状 2016、日本中性子科学会 第 16 回年会 (2016 年)
- ②② R. Kajimoto, M. Nakamura, Y. Inamura, K. Kamazawa, K. Ikeuchi, K. Iida, M. Ishikado, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, T. Nakatani, W. Kambara, Status of the chopper spectrometer 4SEASONS at J-PARC, The 7th Workshop on Inelastic Neutron Spectrometers (2016 年)
- ②③ R. Kajimoto, Y. Inamura, K. Sato, M. Fujita, Instrumental resolution of the chopper spectrometer 4SEASONS evaluated by Monte Carlo simulation, The 7th Workshop on Inelastic Neutron Spectrometers (2016 年)
- ②④ R. Kajimoto, M. Nakamura, K. Shibata, T. Yamada, H. Endo, S. Itoh, T. Yokoo, K. Nakajima, S. Ohira-Kawamura, Y. Kawakita, H. Seto, The suite of neutron spectrometers in J-PARC, The 7th Workshop on Inelastic Neutron Spectrometers (2016 年)
- ②⑤ 梶本亮一、中村充孝、稲村泰弘、蒲沢和也、池内和彦、飯田一樹、石角元志、中島健次、河村聖子、中谷健、神原理、久保直也、青山和弘、川上一弘、山内康弘、細谷倫紀、相澤一也、桐山幸治、チョッパー型中性子非弾性散乱装置「四季」の現状について、2015 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 7 回 MLF シンポジウム (2016 年)
- ②⑥ 中村充孝、梶本亮一、稲村泰弘、青山和弘、神原理、川上一弘、久保直也、蒲沢和也、池内和彦、飯田一樹、石角元志、J-PARC チョッパー分光器四季におけるフェルミチョッパーの高度化、2015 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 7 回 MLF シンポジウム (2016 年)
- ②⑦ 稲村泰弘、伊藤崇芳、中谷健、鈴木次郎、MLF 中性子データ処理環境「空蝉」の高度化と現状、2015 年度量子ビームサイエンスフェスタ/第 7 回 MLF シンポジウム (2016 年)
- ②⑧ 梶本亮一、中村充孝、菊地龍弥、畑博人、江藤貴弘、草原彰吾、奥田哲治、粉末非弾性中性子散乱による SrTiO₃ のフォノンに対する元素置換効果、日本中性子科学会第 15 回年会 (2015 年)
- ②⑨ 梶本亮一、中村充孝、稲村泰弘、中島健次、河村聖子、中谷健、神原理、久保直也、青山和弘、川上一弘、山内康弘、細谷倫紀、相澤一也、蒲沢和也、池内和彦、飯田一樹、石角元志、桐山幸治、J-PARC BL01 チョッパー分光器「四季」' 15、日本中性子科学会第 15 回年会 (2015 年)
- ③⑩ 梶本亮一、稲村泰弘、佐藤研太郎、藤田全

- 基、モンテカルロシミュレーションによるチョッパー分光器の分解能評価、日本中性子科学会第 15 回年会 (2015 年)
- ③⑪ 梶本亮一、SrTiO₃ の熱電特性に対する元素置換効果とフォノン異常、研究会「量子ビーム物性研究の展開」 (2015 年)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)
取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
<http://mlfuser.cross-tokai.jp/ja/bl01.html>
http://mlfuser.cross-tokai.jp/st/condensed_matter_physics/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶本 亮一 (KAJIMOTO, Ryoichi)
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・研究主幹
研究者番号：3 0 3 9 1 2 5 4

(2) 研究分担者

中村 充孝 (NAKAMURA, Mitsutaka)
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・研究主幹
研究者番号：0 0 3 7 0 4 4 5

稲村 泰弘 (INAMURA, Yasuhiro)
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・研究副主幹
研究者番号：8 0 3 4 3 9 3 7

(3) 連携研究者

奥田 哲治 (OKUDA, Tetsuji)
鹿児島大学・理工学域工学系・准教授
研究者番号：2 0 3 4 7 0 8 2