

平成 22 年 5 月 15 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005 ～ 2009

課題番号：17072002

研究課題名（和文）超強磁場 X 線分光・中性子散乱による局在遍歴電子相関係の研究

研究課題名（英文）X-ray Spectroscopy and Neutron Scattering Studies on Correlated Localized-Itinerant Electron Systems.

研究代表者

野尻 浩之 (NOJIRI HIROYUKI)

東北大学・金属材料研究所・教授

研究者番号：80189399

研究成果の概要（和文）：超強磁場下において、放射光 X 線による回折、吸収分光、磁気円二色性分光、共鳴回折および強磁場中性子回折を、未踏の 40-50 T 領域において実現し、価数転移や非自明な磁気状態など、超強磁場下の局在-遍歴電子相関係の電子状態・磁気状態の精密研究を可能にした。これにより、新分野”超強磁場量子ビーム科学”を世界に先駆けて切り開いた。欧米の量子ビーム施設で、本特定領域方式が導入され、この分野での日本の主導権を確立した。

研究成果の概要（英文）：We have succeeded in X-ray-diffraction, -absorption spectroscopy, -magnetic circular dichroism, -resonant diffraction and neutron diffraction in 40-50 T. It enables us to investigate electronic-magnetic state of a correlated localized-itinerant electron system in ultra-strong magnetic field. It leads the opening of new research area: high magnetic field quantum beam science. The priority of Japan initiative in this area has been established among world quantum beam research facilities.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	19,300,000	0	19,300,000
2006 年度	28,300,000	0	28,300,000
2007 年度	38,089,150	0	38,089,150
2008 年度	28,733,250	0	28,733,250
2009 年度	13,100,000	0	13,100,000
総計	127,522,400	0	127,522,400

研究分野：磁性・強磁場物性

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：(1) 強磁場 (2) スピン科学 (3) 計測科学 (4) 磁性 (5) 強相関電子系 (6) 量子ビーム (7) 放射光 X 線 (8) 中性子散乱

1. 研究開始当初の背景

遍歴-局在電子が強く相関した強相関電子系においては、電子の多自由度(スピン、電子、軌道、格子)の相関が本質的であり、スピンの操作が電子状態を劇的に変える効果をもつ。磁性体のキャリアドーピングにより出現する高温超伝導体

や巨大磁気抵抗効果は、その一例である。磁場はスピン操作の最も重要な環境であり、スピンによる物質制御は 21 世紀のキーテクノロジーである。

これまで、強磁場中の遍歴-局在電子間の相

関や磁場誘起相の性質は、磁化や電気抵抗などのマクロな物理量により研究され、電子状態や磁気状態を超強磁場下で直接見ることはなかった。

一方、最近の量子ビーム科学の進歩により、物質の電子状態・磁気状態の有力なマイクロプローブである放射光 X 線と中性子による研究は、物性科学において必要不可欠なものとなってきた。しかしながら、40–50 T の超強磁場領域は、パルス超強磁場でしか実現できないこともあり、これらの手法を用いることは一部の実証実験を除けば皆無であった。このような背景のもとで、超強磁場と量子ビームを組み合わせた新しい研究領域の創成が世界各国で構想されていた。

本研究では、これを受けて、20 年前に日本で開拓されたパルス磁場下中性子回折という先進的な構想の経験を生かして、2004 年に世界に先駆けてパルス強磁場下の X 線回折実験を実現し、その可能性を示すと共に、この新分野に先鞭をつけた。同時に、2004 年度には、「調査研究”100 テスラ領域の強磁場スピン科学の構築”」；野尻浩之代表、を展開して、関係者の英知を集めた研究戦略を立案し、日本の物性及び強磁場コミュニティの目指すべき戦略として、超強磁場量子ビーム科学という新分野を含む研究領域を立ち上げることを提言した。本研究領域および研究項目は、このような背景によって提案され、2005 年度から発足したものである。

2. 研究の目的

本研究では、物質の電子状態・磁気状態の有力なマイクロプローブである放射光 X 線と中性子を超強磁場と組み合わせ、放射光 X 線による回折、吸収分光、磁気円二色性分光、共鳴回折および強磁場中性子回折等の様々な実験手法を開拓する。これらの手法を駆使して、強磁場によるスピン偏極と電子状態の相関をマイクロに調べ、スピンを用いた物質の相制御原理の解明に向け以下の 2 つの研究を行う。

(1) 超強磁場 X 線分光や磁気円二色性分光により、強相関電子系や磁性半導体における電子状態のスピン依存性を研究し、スピントロニクス基礎となる遍歴電子と局在電子の相関を解明する、(2) 超強磁場 X 線・中性子散乱を用いて、磁場誘起電子相転移・量子相転移の機構をマイクロな立場から明らかにする。

研究(1)では、50 T 超強磁場 X 線吸収分光や磁気円二色性分光を硬 X 線領域で実現すると共に、軟 X 線領域に広げる実証研究を行う。研究(2)では、強磁場 X 線回折によりスピン-格子相関をマイクロに明らかにすると共に、原子炉や J-PARC のパルス中性子を用いた超強磁場中性子散乱装置を構築し、磁場誘起相転移における原子とス

ピンの配列を直接見る事で、強相関系の磁場誘起電子相転移・量子相転移の機構を解き明かす。さらに、(1)と(2)を同時に用いて、強磁場中の相転移の秩序変数を直接決定し、かつその背景にある電子状態の変化を直接調べることを通して、これまでにない精密強磁場スピン科学研究を可能にする。具体的対象として、(a)価数揺動物質系、(b)マルチフェロイック系、(c)スピנקロスオーバー物質、(d)近藤絶縁体、(e)隠れた秩序を持つ URu₂Si₂ と関連化合物、(f)スピネル化合物、(g) SrCu₂(BO₃)₂ などの量子スピン系、(h)希土類硼化合物など多極子系、などへの研究展開を行う。

3. 研究の方法

本研究では、未踏の領域における困難な実験手法の確立をまず推進し、これを基盤として個々の物質系への展開を目指す。そのために、強磁場、X 線、中性子の専門家である若手・中堅が一体となって、学際的な研究の推進を図る必要がある。具体的な実験手法は以下の通りである。

(1) ミニパルス強磁場を用いた多目的 33 T X 線回折、(2) 長時間パルス強磁場と 2 次元検出器を用いた専用高精度 40 T X 線回折、(3) ミニパルス強磁場を用いた共鳴磁気 X 線回折と、X 線による磁気モーメントの偏極解析法の確立、(4) 硬 X 線領域における超強磁場 X 線吸収分光法、(5) 硬 X 線領域における超強磁場 X 線磁気円二色性分光法、(6) 軟 X 線領域における超強磁場 X 線磁気円二色性分光法の実証、(7) 原子炉中性子とミニパルス強磁場を用いた角度分散型 35 T 中性子回折、(8) J-PARC パルス中性子と長時間パルス強磁場を用いた 50 T 波数分解中性子回折装置開発と実証実験、(9) SNS: Spallation Neutron Source (アメリカ Oakridge 国立研究所) のパルス中性子とミニパルス強磁場を用いた 30 T 白色ラウエ法中性子回折。

これらの手法開発を、国内の SPring8、PF、原研 JRR3、J-PARC で推進すると共に、広範な研究者と連携して多様な物質への応用を推進する。さらに、理論研究者と連携して解析手法を確立する。本研究で開発された手法の APS: Advanced Photon Source (アメリカ Argonne 国立研究所)、ILL: Institute for Laue Langevin (フランス、グルノーブル)、SNS 等の国外の施設への導入を進め、国際的な主導権を確保する。このような多面的で総合的な研究開発により、超強磁場量子ビーム科学分野の基本的な枠組を、本領域の活動により定める。これらを通して、本分野における日本の主導的な地位を確立する。

4. 研究成果

本研究の柱の1つである実験手法開発においては、以下の諸項目が達成された。これは、全てが世界初かつ世界最高記録を有する成果であり、1つの研究チームでこれだけの新手法が短期間で達成されたことは画期的で、国際的な評価も高い。さらに、これらの実験技術の基盤により、これまで不可能であった超強磁場の量子ビーム利用実験が可能になった。

放射光 X 線実験において得られた成果を以下に列挙する。

(1) ミニパルス強磁場を用いた多目的 33 T X 線回折法を実現し、磁場誘起電荷秩序崩壊による構造変態、スピンヤンテラー転移による格子変形、価数転移による体積変化等を明らかにし、磁場誘起相転移における格子変形を X 線回折で直接決定する手法を世界で初めて確立した。

(2) 分光器を選ばないミニパルス強磁場のコンセプトは世界的に高く評価され、アメリカの第三世代放射光施設 APS へ導入された。この共同研究は、同研究所の優先 R&D プログラムへ選定され、その成果は *Rec. Sci. Instrum.* 誌の Cover Story に採用され、月間最高ダウンロード論文となった。また、同研究所の広報誌でハイライトとして取り上げられ東北方式の先進性を世界に示した。

(3) スプリット型長時間パルス強磁場と 2 次元検出器を用いた専用高精度 40 T X 線回折を開発し、世界最高磁場記録を更新した。マルチフェロイック CuFeO_2 の格子変形と磁性の相関を 40 T まで X 線で直接決定し、強誘電性の発現機構の解明に貢献した。また磁化プラトーを示す $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の磁場中磁歪を X 線で直接決定した。

(4) ミニパルス強磁場を用いた共鳴磁気 X 線回折法を開発し、共鳴散乱を利用することで磁気回折を行えることを示した。さらに偏光解析と組み合わせることで、偏極中性子回折と同様に、磁気モーメントの磁場に平行と垂直な成分を分離する手法を確立した。これを希土類硼素化合物 TbB_4 の多段階磁化過程に応用し、強磁性配列と容易面型配列が混在する非自明な磁気構造が存在することを示した。このような磁気構造の存在は、実験による直接的な観測で初めて明らかに出来た点で画期的である。

(5) 硬 X 線領域における超強磁場 X 線吸収分光を世界に先駆けて開発し、50 T の世界記録を樹立した。この手法を価数揺動の YbInCu_4 や $\text{EuNi}_2(\text{Si}, \text{Ge})_2$ などに適用し、磁場誘起価数転移における価数変化を初めて定量的に評価した。さらに、理論研究との連携により混成等の電子状態のパラメーターを抽出する手法を確立した。

(6) 上記の超強磁場硬 X 線吸収分光法を Ce 系近藤絶縁体化合物や URu_2Si_2 に適用し、磁場誘起電子相転移における電子状態への変化について、重要な情報を得た。今後、相補的な軟 X 線領域の測定が進めば、相転移の起源について全貌を明らかにすることが期待される。

(7) 硬 X 線領域における超強磁場下の X 線磁気

円二色性分光法: XMCD を開発し、40 T の世界記録を樹立した。同手法の応用は従来磁気偏極をもつ強磁性体にもみ限られていた限界を打ち破り、反強磁性体や常磁性体を含むあらゆる物質で、超強磁場により十分な偏極を誘導することにより、元素・軌道選択的に磁気偏極を決定出来ることを示した。この概念を示す” XMCD for Any Magnet” の先導性は国際的に高く評価されている。

(8) この手法を、価数揺動系 YbInCu_4 や $\text{EuNi}_2(\text{Si}, \text{Ge})_2$ などに適用し、価数状態により磁気偏極の磁場依存性が異なる事を初めて実験的に直接示した。価数揺動系の $\text{Eu}, \text{Yb}, \text{Ce}$ 系の比較実験を行い系統的な結果を得た。これは、伝導電子と局在電子の混成や励起状態による磁気偏極の増強などの、本質的な電子状態のパラメーターを抽出する理論的手法が探求される契機となり、関係者に大きなインパクトを与えた。

(9) 金属絶縁体転移を示すパイロクロア物質 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ の XMCD を行い、低温絶縁体相の起源となる軌道磁気モーメントの割合を定量的に評価することに成功した。

(10) 高輝度光科学研究センターの中村グループのプロジェクトと共同で、軟 X 線領域の X 線磁気円二色性分光法を、世界に先駆けて 25 T の強磁場で実現した。Fe, Co, Mn などの 3d 遷移金属の元素選択的な磁気偏極測定が実現したことは画期的である。

以上の放射光 X 線を用いた成果は、研究計画書で挑戦的課題として掲げていたものも含めて全てを実現し、また実際の実験を行うことで初めて明らかに出来る貴重な知見を得ている点でその達成度は高く評価される。

次に、中性子回折実験において得られた成果を以下に列挙する。

(11) 原子炉中性子とミニパルス強磁場を用いた角度分散型 35 T 中性子回折を原研 JRR3 において実現し、強磁場中性子回折の世界記録を樹立した。この手法をマルチフェロイック系物質 CuFeO_2 に適用し、磁場中の磁気構造を正確に決定した。同手法では、1つの散乱角における磁気反射強度の磁場依存性を連続的に測定することで、磁場誘起相転移における磁気構造の変化を直接的に観測する手法であり、磁性研究にとり画期的である。

(12) 同手法は国外でも高い評価を受け、世界の中性子研究の中心である ILL において、日仏の共同プロジェクトとして実施された。その成果として、フラストレーション磁性体 TbB_4 の非自明な磁場中磁気構造を明らかにした。また、スピンヤンテラー効果を示す CdCr_2O_4 のプラトー状態の磁気構造を直接決定し、普遍的なスピン-格子結合の存在を明らかにした。これらの成果は新聞報道されるとともに、ILL の研究ハイライトに選定され

るなど国際的に高く評価されている。また、この実験に使用した東北式マグネットが日本製としては初めて同研究所の展示コーナーに展示された。

(13) J-PARC パルス中性子と長時間パルス磁場を用いた波数分解型中性子回折装置を開発し、50 Tの磁場発生に成功した。出力 100 kW において、40 T までの実証実験を行い、ゼロ磁場と同等の分解能を発揮することを確認した。現状では測定に5時間程度を要するが、出力 600 kW においては1時間で強い反射を測定することが可能である。この手法では、ある磁場における波数分解した磁気散乱パターンを測定できるため、非整合構造等の複雑な磁気構造の磁場による変化を広い波数空間で決定するのに適しており、原子炉と相補的である。

(14) これらの手法は、国際的に高い評価を受け、SNS 側の強い要請により、パルス中性子とミニパルス磁場を用いた 30 T 白色ラウエ法中性子回折装置を同施設に導入した。SNS では強度は日本の8倍程度あり、より短時間で測定が可能である。この装置によりマルチフェロイック物質 $MnWO_4$ の磁場中の磁気構造を決定し、アメリカ中性子学会で招待講演を受けた。

強磁場中性子回折は磁性研究において20年来の課題であったが、コンパクトなパルス強磁場と長時間パルス強磁場、原子炉とパルス中性子を縦横に組み合わせて、相補的かつ総合的な実験系を開発し、その威力を検証したことは画期的な成果であり、他の追随を許さない。

中性子、X線とも本特定領域の研究成果は世界の先頭を走っており、実際、ESRF や APS 等の欧米の放射光施設では、我々の成功を見て強磁場計画を次期アップグレードの重要な柱と位置づけている。

結論として、本研究の最大の成果は、新分野”超強磁場量子ビーム科学”を世界に先駆けて切り開き、この分野での日本の主導権を確立したことである。またこれを通して、パルス超強磁場下の物性研究を精密な物質科学研究として開花させたことは大きな歴史的意義がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 95 件)

(1) 雑誌論文 (査読有り、計 83 件)

① Universal Magnetic Structure of the Half-Magnetization Phase in Cr-Based Spinel: M. Matsuda, K. Ohoyama, S. Yoshii, H. Nojiri, P. Frings, F. Duc, B. Vignolle, G. L. J. A. Rikken, L.-P. Regnault, S.-H. Lee, H. Ueda, Y. Ueda, Phys. Rev. Lett. **104**(2010)047201-1-4.

② High-Magnetic-Field XMCD as a Novel Tool for the Study of Valence Fluctuation Phenomena-Application to Eu-based Intermetallic Compounds: Y. H. Matsuda, J. L.

Her, T. Inami, K. Ohwada, Z. W. Ouyang, K. Okada, H. Nojiri, A. Mitsuda, H. Wada, N. Kawamura, M. Suzuki, J. Low Temp. Phys. **159**(2010)292-296.

③ A Portable High-Field Pulsed-Magnet System for Single-Crystal X-ray Scattering Studies: Z. Islam, J. P. C. Ruff, H. Nojiri, Y. H. Matsuda, K. A. Ross, B. D. Gaulin, Z. Qu, J. C. Lang, Rev. Sci. Instrum. **80**(2009)11392-1-5.

④ Neutron Diffraction Study on the Multiple Magnetization Plateaus in TbB_4 under Pulsed High Magnetic Field: S. Yoshii, K. Ohoyama, K. Kurosawa, H. Nojiri, M. Matsuda, P. Frings, F. Duc, B. Vignolle, G. L. J. A. Rikken, L.-P. Regnault, S. Michimura, F. Iga, Phys. Rev. Lett. **103**(2009)077203-1-4.

⑤ X-Ray Magnetic Circular Dichroism of a Valence Fluctuating State in Eu at High Magnetic Fields: Y. H. Matsuda, Z. W. Ouyang, H. Nojiri, T. Inami, K. Ohwada, M. Suzuki, N. Kawamura, A. Mitsuda, H. Wada, Phys. Rev. Lett. **103**(2009)046402-1-4.

⑥ Resonant Magnetic X-ray Diffraction Study on the Triangular Lattice Antiferromagnet $GdPd_2Al_3$: T. Inami, N. Terada, H. Kitazawa, O. Sakai, J. Phys. Soc. Jpn. **78**(2009)084713-1-5.

⑦ Field Induced Lattice Deformation in the Quantum Antiferromagnet $SrCu_2(BO_3)_2$: Y. Narumi, N. Terada, Y. Tanaka, M. Iwaki, K. Katsumata, K. Kindo, H. Kageyama, Y. Ueda, H. Toyokawa, T. Ishikawa, H. Kitamura, J. Phys. Soc. Jpn. **78**(2009)043702-1-4.

⑧ Resonant Magnetic X-ray Diffraction Study on Successive Metamagnetic Transitions in TbB_4 : T. Inami, K. Ohwada, Y. H. Matsuda, Z. W. Ouyang, H. Nojiri, T. Matsumura, D. Okuyama, Y. Murakami, J. Phys. Soc. Jpn. **78**(2009)033707-1-4.

⑨ High-Magnetic-Field X-ray Absorption Spectroscopy of Field-Induced Valence Transition in $EuNi_2(Si_{1-x}Ge_x)_2$: Y. H. Matsuda, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murata, H. Nojiri, Y. Murakami, A. Mitsuda, H. Wada, H. Miyazaki, I. Harada, J. Phys. Soc. Jpn. **77**(2008)054713-1-7.

⑩ Synchrotron X-ray Experiments in Pulsed High Magnetic Fields: Y. H. Matsuda, Anal. Sci. **24**(2008)3-10.

⑪ Direct Observation of Field-Induced Variant Transformation in Fe_3Pt using Pulsed Magnetic Field X-ray Diffraction: Z. W. Ouyang, Y. H. Matsuda, H. Nojiri, T. Inami, K. Ohwada, M. Tsubota, T. Sakon, T. Fukuda, T. Kakeshita, J. Appl. Phys. **102**(2007)113917-1-6.

⑫ Correlation Between Crystal Structure and Magnetism in the Frustrated Antiferromagnet $CuFeO_2$ under High Magnetic Fields: N. Terada, Y. Narumi, Y. Sawai, K. Katsumata, U. Staub, Y. Tanaka, A. Kikkawa, T. Fukui, K. Kindo, T. Yamamoto, R. Kammuri, M. Hagiwara, H. Toyokawa, T. Ishikawa, H. Kitamura, Phys. Rev. B

75(2007)224411-1-8.

③ Neutron Diffraction under 30 T Pulsed Magnetic Fields: K. Ohoyama, N. Katoh, H. Nojiri, Y. H. Matsuda, H. Hiraka, K. Ikeda, H. M. Shimizu, J. Magn. Mater. **310**(2007)974-976.

④ High-Magnetic-Field X-ray Absorption Spectroscopy of Field-Induced Valence Transition in YbInCu_4 : Y. H. Matsuda, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murata, H. Nojiri, Y. Murakami, H. Ohta, W. Zhang, K. Yoshimura, J. Phys. Soc. Jpn., **76**(2007)034702-1-6.

⑤ Field-induced Lattice Staircase in a Frustrated Antiferromagnet CuFeO_2 : N. Terada, Y. Narumi, K. Katsumata, T. Yamamoto, U. Staub, K. Kindo, M. Hagiwara, Y. Tanaka, A. Kikkawa, H. Toyokawa, T. Fukui, R. Kanmuri, T. Ishikawa, H. Kitamura, Phys. Rev. B **74**(2006)180404-1-4.

⑥ High Field X-ray Diffraction Study on a Magnetic-Field-Induced Valence Transition in YbInCu_4 : Y. H. Matsuda, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murata, H. Nojiri, Y. Murakami, H. Ohta, W. Zhang, K. Yoshimura, J. Phys. Soc. Jpn., **75** (2006) 024710-1-5.

⑦ Lattice Distortion in Antiferromagnetic CoO under High Magnetic Fields: Y. Narumi, K. Katsumata, U. Staub, K. Kindo, M. Kawachi, C. Broennimann, H. Toyokawa, Y. Tanaka, A. Kikkawa, T. Yamamoto, M. Hagiwara, T. Ishikawa, H. Kitamura, J. Phys. Soc. Jpn. **75**(2006) 075001-1-2.

⑧ X-ray Diffraction Experiments under Pulsed Magnetic under Pulsed Magnetic Fields above 30 T: T. Inami, K. Ohwada, Y. H. Matsuda, Y. Ueda, H. Nojiri, Y. Murakami, T. Arima, H. Ohta, W. Zhang, K. Yoshimura, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **238**(2005)233-236.

(2) プロシーディング (査読有り、計 11 件)

① Resonant X-ray Scattering Study of Hidden Order in URu_2Si_2 using a Low-Stress Single Crystal, H. Amitsuka, T. Inami, M. Yokoyama, S. Takayama, Y. Ikeda, I. Kawasaki, Y. Homma, H. Hidaka, T. Yanagisawa, J. Phys: Conf. Ser. **200** (2010)012007-1-4.

② XMCD Spectroscopy on Valence Fluctuating and Heavy Fermion Compounds in Very High Magnetic Fields up to 40 T, Y. H. Matsuda, J. L. Her, T. Inami, K. Ohwada, Z. W. Ouyang, K. Okada, H. Nojiri, A. Mitsuda, H. Wada, K. Yoshimura, H. Amitsuka, N. Kawamura, M. Suzuki, A. Kotani, J. Phys: Conf. Ser. **190**(2009)012019-1-6.

③ Neutron Diffraction Experiments with 40T Pulsed Magnets, K. Ohoyama, N. Katoh, H. Nojiri, Y. H. Matsuda, H. Hiraka, K. Ikeda, H. M. Shimizu, J. Phys: Conf. Ser. **51**(2006)506-509.

④ Neutron Scattering Studies of a Frustrated Spinel Antiferromagnet in Zero and High Magnetic Field, M. Matsuda, J. Phys: Conf. Ser. **51**(2006)483-489.

⑤ Application of Miniature Pulsed Magnets to Synchrotron X-ray Spectroscopy and Neutron Diffraction, Y. H. Matsuda, Y. Murata, T. Inami, K. Ohwada, H. Nojiri, K. Ohoyama, N. Katoh, Y.

Murakami, F. Iga, T. Takabatake, A. Mitsuda, H. Wada, J. Phys: Conf. Ser. **51**(2006)490-493.

(3) 紀要 (査読なし、1 件)

Can Japan make what they have planned?, 野尻浩之, 波紋 17(2007)29-32.

[学会発表] (計 247 件)

(1) 国際会議招待・基調講演 (以計 30 件)

① X-ray and Neutron Experiments in High Magnetic Fields, H. Nojiri, 9th International Conference on Research in High Magnetic Fields, 2009.7.22-25, Dresden, Germany.

② X-ray Absorption and Magnetic Circular Dichroism Spectroscopy in Pulsed High Magnetic Fields, Y. H. Matsuda, Gordon Research Conferences: X-Ray Science, 2009.8.2-7, Waterville, USA.

③ High Magnetic Field X-ray Spectroscopy by using a Mini-Coil System, H. Nojiri, APS Users Week 2008, 2008.5.5-8, Argonne, USA.

④ Neutron Diffraction in Ultra- Strong High Magnetic Fields -A Powerful Tool for Spin Science, H. Nojiri, J-PARC International Symposium on Pulsed Neutrons and Muons Science, 2008.3.5-8, Mito, Japan.

⑤ Application of MMW/THz ESR for High Magnetic Field Spin Sciences-Physics, Chemistry, and Material Science, H. Nojiri, Intrared and Millimeter Waves-THz2006, 2006.9.18-22, Shanghai, China.

(2) 国際会議一般講演 (計 49 件)

① XMCD Spectroscopy on Valence Fluctuating and Heavy Fermion Compounds in Very High Magnetic Fields up to 40 T, Y. H. Matsuda, The 14th International Conference on X-ray Absorption Fine Structure, 2009.7.26-31, Camerino, Italy.

② Dynamics and Magnetization Process of Triangle Based Low Dimensional Systems, Ring, Tube, Helix and Ball, H. Nojiri, ISSP International Workshop and Symposium on Computational Approaches to Quantum Critical Phenomena, 2006.9.23-26, Kashiwa, Japan.

③ X-Ray Diffraction Studies in Pulsed High Magnetic Fields, Y. Narumi, Yamada Conference LX on Research in High Magnetic Fields, 2006.8.16-19, Sendai, Japan.

(3) 国内会議招待・基調講演 (計 12 件)

① 強磁場下 XMCD の実験と磁気相転移, 松田康弘, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010. 3. 20-23, 岡山市.

② パルス中性子と超強磁場, 野尻浩之, 日本物理学会第 63 回年次大会, 2008. 3. 23-26, 東大阪市.

③ 高磁場 ESR 原理と応用, 野尻浩之, 分子磁性の新しい動向を探る研究会, 2005. 9. 5-6., 那須.

(4) 国内会議一般講演 (計 156 件)

① BaVS_3 の強磁場 X 線回折, 鳴海康雄, 日本物理

学会第 65 回年次大会, 2010. 3. 20-23, 岡山市.

②スピネル反強磁性体 CdCr_2O_4 のパルス強磁場中性子回折, 松田雅昌, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009. 9. 25-28, 熊本市.

③ TbB_4 の多段磁化過程に関する考察, 稲見俊哉, 日本物理学会第 62 回年次大会, 2007. 9. 21-24, 北海道大学.

[解説・図書・その他] [計 7 件]

①パルス強磁場下の中性子回折実験, 野尻浩之, 大山研司, 吉居俊輔, 鳴海康雄, 固体物理 **44**(2009)pp35-45, アグネ技術センター.

②野尻浩之, 繰り返しパルス磁場とその応用, 実験物理科学シリーズ 5, 2008, 共立出版, pp130-141, 160-180.

③超小型パルスマグネットを用いた放射光X線分光: 強磁場中の電子状態をみる新手法, 松田康弘, 稲見俊哉, 大和田謙二, 野尻浩之, 固体物理 **42**(2007)pp9-11, アグネ技術センター.

④ポータブル型パルス磁場による強磁場下での放射光X線回折実験, 松田康弘, 稲見俊哉, 大和田謙二, 野尻浩之, 固体物理 **40**(2005)pp882-890, アグネ技術センター.

[その他]

(1) ホームページ等

<http://spin100.imr.tohoku.ac.jp/>

(2) 受賞他 (計 5 件)

①強磁場X線分光法の開発と磁性研究への応用, 松田康弘, 第 30 回本多記念研究奨励賞, 2009. 5. 8.

②強磁場下における放射光X線回折の研究, 鳴海康雄, 第 1 回(2007 年)日本物理学会若手奨励賞.

③J. Phys. Soc. Jpn. Paper of Editor's choice, High-Magnetic-Field X-ray Absorption Spectroscopy of Field-Induced Valence Transition in YbInCu_4 , by Y. H. Matsuda 他 8 名, J. Phys. Soc. Jpn., Vol. **76**, (2007) 034702.

(3) 新聞報道 (計 5 件)

①「フラストレート磁性体スピンの並び方普遍-東北大、元素変え解明」, 日経産業新聞, 2010. 2. 3.

②強磁場で弱磁性体観測「XMCD法で成功」東北大など, 日刊工業新聞, 2009. 8. 26.

③「原子力機構: 強磁場と放射光 X 線組み合わせ新たな実験技術開発」, 科学新聞, 2007. 3. 30.

(4) その他(計 5 件)

①東北式コイル Rev. Sci. Instrum. 誌 Cover Story に採用, 2009. 10.

②特定領域方式の X 線マグネット Argonne 国立研究所: Argonne Today で紹介, 2009. 12.

③強磁場中性子回折実験 Institute for Laue-Langevin の 2008 年研究ハイライトに選定, 2009. 10.

④強磁場中性子世界記録樹立ミニコイル Institute for Laue-Langevin へ日本製で初めて展示, 2009. 7.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野尻 浩之 (NOJIRI HIROYUKI)
東北大学・金属材料研究所・教授
研究者番号: 80189399

(2) 研究分担者

稲見 俊哉 (INAMI TOSHIYA)
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用
研究部門・研究副主幹
研究者番号: 30354989

松田 康弘 (MATSUDA YASUHIRO)
東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号: 10292757
加倉井 和久 (KAKURAI KAZUHISA)

日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用
研究部門・研究主幹
研究者番号: 00204339

松田 雅昌 (MATSUDA MASAOKI)
日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用
研究部門・研究主幹
研究者番号: 90260190

大山 研司 (OHYAMA KENJI)
東北大学・金属材料研究所・准教授
研究者番号: 60241569

鳴海 康雄 (NARUMI YASUO)

東北大学・金属材料研究所・准教授
研究者番号: 50360615

中島 健次 (NAKAJIMA KENJI)

日本原子力研究開発機構・J-PARC センター・研究副主幹
研究者番号: 10272535

(3) 連携研究者

廣田 和馬 (HIROTA KAZUMA)
大阪大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号: 90272012

(2005-2007 年度研究分担者)

前川 藤夫 (MAEKAWA FUJIO)
日本原子力研究開発機構・J-PARC センター・研究主幹
研究者番号: 30354723

長谷川 勝一 (HASEGAWA SHOICHI)
日本原子力研究開発機構 J-PARC センター・研究員
研究者番号: 90391333

及川 健一 (OIKAWA KENICHI)

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター・研究員
研究者番号: 80391332