

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K03549

研究課題名(和文) 高感度放射光メスbauer回折装置の開発とサイト選択的スペクトル測定への応用

研究課題名(英文) Development of a highly-sensitive synchrotron Mossbauer diffractometer and its application to measure a crystal-site-selective spectrum

研究代表者

中村 真一 (NAKAMURA, Shinichi)

帝京大学・理工学部・准教授

研究者番号：80217851

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)：SPring-8 BL11XUにおいて高感度放射光メスbauer回折装置を開発し、自然鉄試料でも結晶サイト選択的スペクトルの測定が可能になった。まず、 α -Fe₂O₃を用いて、初めて自然鉄試料で純核ブラッグ散乱の観測に成功した。次いで、鉄複サイト酸化物Fe₃B₀₆、Fe₃O₄、及び、Y₃Fe₅O₁₂で純核ブラッグ散乱法により、サイト選択的スペクトルの測定に成功した。純核ブラッグ散乱によるLuFe₂O₄の電荷秩序配列検証も試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

メスbauer分光は、ダイナミックかつミクロスコピックなプローブであり、鉄系化合物の磁性や電子状態の研究に極めて有効な測定手段である。しかし、多くの場合、試料が結晶学的に複数の鉄サイトを持つため、スペクトルが複雑化して解析が困難になる。これに対して、メスbauer回折を用いれば、結晶サイト選択的スペクトルが測定可能となり、高精度でサイト別の超微細構造を求めて、物性の起源をより深く知ることができる。

研究成果の概要(英文)：At SPring-8 BL11XU, we have developed highly sensitive synchrotron Mossbauer diffractometer, which enables us to measure the crystal-site-selective spectra of the natural iron specimens. With this apparatus, we have succeeded, for the first time, in observing the pure nuclear Bragg reflection from the natural iron α -Fe₂O₃ single crystal. Then we have succeeded in obtaining the crystal-site-selective spectra of the natural iron Fe₃B₀₆, Fe₃O₄, and Y₃Fe₅O₁₂ by using the pure nuclear Bragg reflections. We also have attempted to examine the charge order in LuFe₂O₄ by using the pure nuclear Bragg reflections.

研究分野：固体物性(磁性体の実験研究)

キーワード：放射光メスbauer回折 高感度化 核共鳴散乱 結晶サイト選択性 自然鉄試料 複鉄サイト酸化物 純核ブラッグ散乱

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。

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

メスbauer分光は、 10^{-8} s の観測時間と 10^{-9} eV のエネルギー分解能を有するダイナミックかつマイクロスコピックなプローブであり、特に鉄 (^{57}Fe) のメスbauer分光は、鉄系化合物の磁性や電子状態の研究に極めて有効な測定手段となっている。通常、 ^{57}Fe メスbauer分光の測定は ^{57}Co 密封線源を用いた透過法で行われる。スペクトルの解析から得られるアイソマーシフト、四重極分裂、内部磁場、半値幅と言った原子核の超微細構造から、それぞれ、鉄の電子状態、局所構造、磁気構造、緩和状態に関する知見が得られる。しかし、多くの鉄系化合物では、結晶学的に複数の鉄サイトを有するため、スペクトルは各サイトにある鉄に起因する成分が重なり合って複雑化し、解析が困難になる。これに対して、回折実験と組み合わせたメスbauer回折を用いれば、結晶サイトごとに選択的にスペクトルを測定することができ、高精度でサイト別の超微細構造を求めることができる。我々の研究グループでは、大型高輝度放射光施設 SPring-8 量子科学技術研究開発機構専用ビームライン BL11XU において、放射光メスbauer回折装置を開発し、構造因子に基づいた発光スペクトルを与える核共鳴散乱のみ取り出すために、3つの手法、45度法、偏光アナライザー法、及び、純核ブラッグ散乱法を考案した。そして、典型的な鉄複サイト化合物として Fe_3O_4 と Fe_3BO_6 を取り上げ、初めて結晶サイト選択的スペクトルの測定に成功した。しかしながら、一般に核共鳴散乱による回折線強度は弱く、 ^{57}Fe を 95% までエンリッチした単結晶試料を用いる他なく、多額の費用を要する点や多重散乱によるスペクトル形状の複雑化などの問題があった。そこで、放射光メスbauer回折装置の検出感度を現状の数十倍に上げることができれば、自然鉄試料 (^{57}Fe 含有量 2.2%) でも測定が可能となり、この手法を広く物性研究に適用できるようになると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、我々が SPring-8 BL11XU において開発した放射光メスbauer回折装置を高感度化し、自然鉄で合成した試料でも結晶サイト選択的スペクトルの測定を可能にすることを目的としている。このために、1バックグラウンドノイズの低減、2チョッパー・ロックインアンプシステムの導入、及び、3シリコンドリフト検出器の導入、の3点の改良を行い、高感度放射光メスbauer回折装置を開発する。そして、その物性研究への応用として、自然鉄で合成した鉄複サイト化合物、 Fe_3BO_6 、 Fe_3O_4 、及び、 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ の結晶サイト選択的発光スペクトルの測定を行い、スペクトルの解析手法を確立する。特に、禁制反射から生じる純核ブラッグ散乱はメスbauer回折の特徴的な現象であり、自然鉄試料を用いて、その発生原理や多重散乱の影響等を実験的に観測することは重要である。さらに、純核ブラッグ散乱を利用することで、混合原子価酸化物 LuFe_2O_4 等における電荷秩序配列の検証実験も視野に入れている。

3. 研究の方法

本研究は当初平成30年度から令和2年度までの3年間に渡る研究であったが、コロナ禍での SPring-8 一時閉鎖により実験計画の遅延が生じたため、1年間の延期申請を行って令和2年度までの4年間に渡る研究とした。その間に、SPring-8 に6回のマシンタイムを得て、放射光メスbauer回折装置の高感度化を行い、物性測定への応用として自然鉄試料の複鉄サイト酸化物の結晶サイト選択的スペクトル測定を行った。装置の改良としては、1バックグラウンドノイズの低減、2チョッパー・ロックインアンプシステムの導入、及び、3シリコンドリフト検出器の導入、の3点を順次検討し、Feメタルと自然鉄 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ を用いて検出感度向上への有効性を調べた。開発した高感度放射光メスbauer回折装置を用いて、純核ブラッグ散乱法によって自然鉄試料の Fe_3BO_6 、 Fe_3O_4 、及び、 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ の結晶サイト選択的発光スペクトルの測定を行った。さらに、純核ブラッグ散乱による混合原子価酸化物 LuFe_2O_4 の電荷秩序配列の検証実験も試みた。

4. 研究成果

(1) 高感度放射光メスbauer回折装置の開発

前述の3つの改良のうち、最も効果があったのは、極限までのバックグラウンドノイズの低減であった。以下、それぞれについて簡潔に述べる。

1バックグラウンドノイズの低減、

高分解能結晶下流を Pb 板で遮蔽、核モノクロメーター上流のビームラインをステンレスパイプのパスに通す、カウンター前にパスを付けてダブルスリットを置く、カウンター本体を Pb 板で覆う、SCA でメスbauer線以外を排除する、等を施して、バックグラウンドノイズを極限まで低減化した。その結果、従来数 10 cps 程度あったバックグラウンドノイズを 0.1 cps 程度まで減らすことができた。これにより、自然鉄試料からの弱い核共鳴散乱に対して、SN比が大幅に向上した。

2チョッパー・ロックインアンプシステムの導入

大きなビームフラックス中に微小の目的信号が載っている場合には、本システムによるロック

イン増幅は有効であった。しかし、本研究で対象とする自然鉄試料からの弱い核共鳴散乱に対しては、チョッパーでビームフラックスを半減してしまうと言うデメリットがあった。この点が増幅効果と相殺してしまい、実質的な感度向上には結びつかなかった。

3 シリコンドリフト検出器の導入

分担研究者・下村が所有するシリコンドリフト検出器を用いて予備的な検証を行った。その結果、検出器の受光部面積が小さく光軸調整が難しいこと、シリコン検出器が 14.4 keV のメスバウアー線に対して検出効率があまり良くないこと、が分かった。このため、当初計画を変更して、シリコンドリフト検出器の導入は行わなかった。

以上の改良検討の結果、開発した高感度放射光メスバウアー回折装置の概略図を図 1 に示す。高分解能結晶で分光された放射光 X 線は核モノクロメーター⁵⁷FeBO₃ に導入され、そこから発射されるメスバウアー線は、2 軸ゴニオメーターに設置された試料で回折され、NaI 検出器に導入される。検出信号はシングルチャンネル波高解析器 (SCA) を経て、マルチチャンネル波高解析器 (MCA) で積算され、回折スペクトルが得られる。

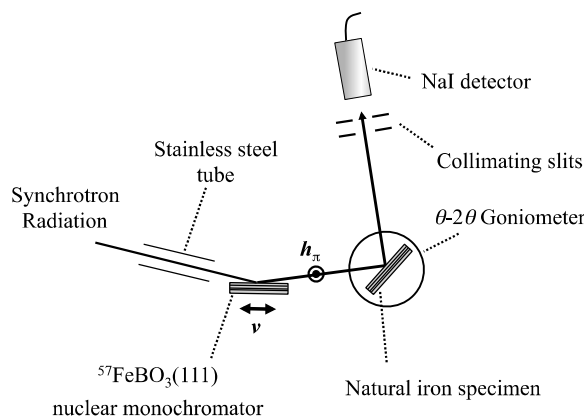


図 1. 高感度放射光メスバウアー回折装置の概要

(2) 自然鉄 α -Fe₂O₃ の純核ブラッグ散乱の観測

開発した装置を用いて、世界で初めて自然鉄試料で純核ブラッグ散乱の観測に成功した。自然鉄試料の α -Fe₂O₃ の禁制反射, 111 反射から純核ブラッグ散乱を用いた核共鳴発光スペクトルを得た。図 2 に 111 反射のロッキングカーブを、図 3 に 111 反射線によるメスバウアー回折スペクトルを示す。エンリッチ試料では、平行な回折面からの多重散乱により、スペクトル線形状が非対称になり、ブラッグ点近傍ではブロードニングが生じる。今回の自然鉄試料では、これらの現象はなく、ロレンチャンで解析することができる。図 2 のスペクトルはセンターシフトの異なる等価な 2 つのスペクトルから成っている。これは、2 つの異なる結晶粒からのスペクトルが重なっており、ブラッグ点からのずれにより共鳴エネルギーが高低に分かれたものと考えられる。

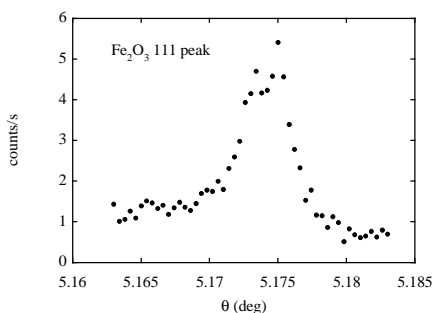


図 2. α -Fe₂O₃ 111 反射ロッキングカーブ

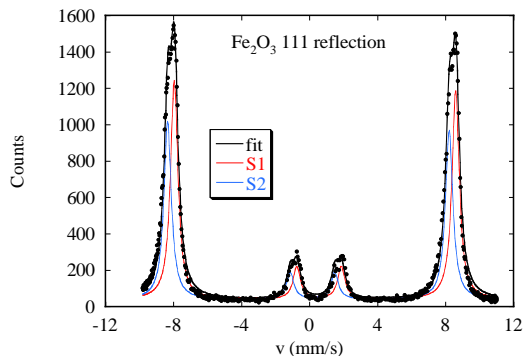


図 3. α -Fe₂O₃ 111 反射によるスペクトル

(3) 自然鉄 Fe₃BO₆ の結晶サイト選択的スペクトルの測定

Fe1, Fe2 の 2 種類の Fe サイトを有する Fe₃BO₆ の自然鉄試料を用いて、その禁制反射 300, 500, 及び 700 反射からの純核ブラッグ散乱による回折スペクトルの測定にも世界で初めて成功した。これらのスペクトルを解析することで、自然鉄試料における動力学的回折効果の有無を検討した。図 4 に、これらの回折スペクトルを示す。300 反射スペクトルは Fe1 サイトのみから成り、線形はローレンツ関数で良く記述できる。内側 3-4 ライン強度は小さく、核準位間の干渉効果が存在することが知れる。500 反射スペクトルは Fe1, Fe2 サイトの destructive な干渉効果により 3-4 ライン強度の弱まりが顕著であるが、700 反射スペクトルは両サイトの constructive な干渉効果で 3-4 ライン強度の弱まりは僅かである。また、線形は僅かに非対称になっている。一方、Fe1, Fe2 サイトの強度比は、およそ構造因子の 2 乗に一致しており、この点は動力学的回折効果から免れている。

(4) 自然鉄 Fe_3O_4 の結晶サイト選択的スペクトルの測定

自然鉄 Fe_3O_4 を用いて、新たに磁気相互作用と四重極相互作用の混合効果による純核ブラッグ散乱の測定を試みた。A サイト (8a) のみ許容の 10 10 0 反射 (ブラッグ角 46.2°) による回折スペクトルを、外部磁場の方向を変えて測定した。図 5 (a) には、外部磁場 800 Oe を散乱面内の $[\bar{1}11]$ 軸に印加した時の回折スペクトルを示す。この時、 $\langle 111 \rangle$ 軸が電場勾配の主軸である B サイト Fe (16d) は、四重極シフトの角度因子の違いにより 1:3 の比で 2 種類に分離して非等価となり、純核ブラッグ散乱を生じる。禁制である B サイトスペクトルが明瞭に見えている。A, B サイトスペクトルの発現機構が異なるため、非対称なスペクトル形状、近接核準位での強度の弱まり、ベースラインの傾き等の干渉効果が見られる。ファノ関数を用いて良くフィットできる。一方、スピンの向きが $[001]$ に向いた時、B サイト Fe は 線回折的にも 1 種類となり、B サイトスペクトルは生じない。図 5 (b) には、外部磁場 800 Oe を $[001]$ 軸に印加した時の回折スペクトルを示す。磁場の大きさが足りずに全てのスピンの向きが $[001]$ 軸に向いていないために、B サイトスペクトルが残っているが、図 5 (a) と比し、明らかにその強度は減少している。この手法は、フェリ磁性体などでも広く適用できるため、本装置の汎用化に繋がるものと考えられる。

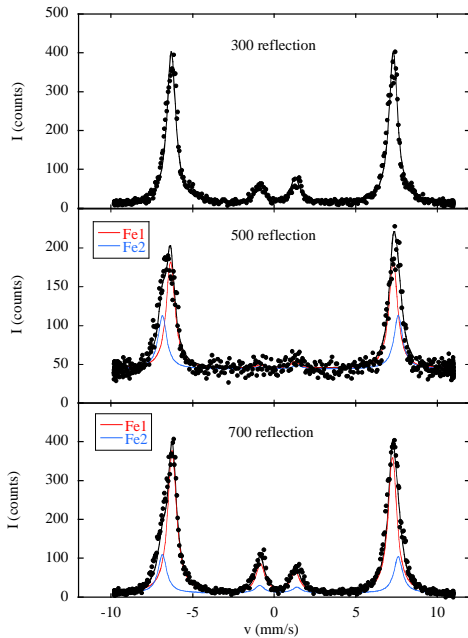


図 4 . Fe_3BO_6 の回折スペクトル

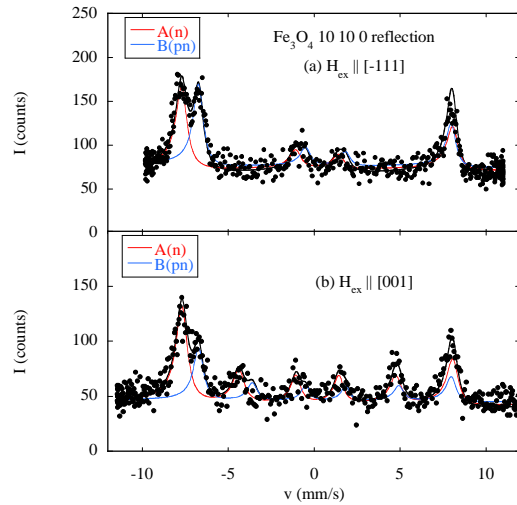


図 5 . Fe_3O_4 の 10 10 0 反射スペクトル

(5) 自然鉄 $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ の結晶サイト選択的スペクトルの測定

$\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ は、 Fe^{3+} が四面体位置 (24d) と八面体位置 (16a) を占有するフェリ磁性体であり、外部磁場方向を変えることにより、磁気相互作用と四重極相互作用の混合効果による純核ブラッグ散乱を用いて、それぞれのサイト選択的スペクトルを得ることが可能である。測定は、(100) 面単結晶を用い、面内の $[001]$ 軸を散乱面内に置き、これと平行に 0.21 (T) の外部磁場を印加した状態で、禁制 600 反射を用いて回折スペクトルを測定した。この条件では、四面体位置のスペクトルのみが得られる。図 6 には 28 時間積算測定した結果を示す。核共鳴散乱強度が弱くて解析ができないが、別途通常の透過法で決定した四面体位置 Fe のパラメーターを元にシミュレートした曲線を図中に示してある。1-6 ラインはシミュレーションと一致しており、四面体位置のみのスペクトルであることが分かる。BG ノイズは 0.05 (cps) 程度まで抑制されており、これ以上 SN を上げるにはシグナルを強くする他ない。希土類元素の存在が核共鳴散乱強度低下の主因と思われる。この問題に対しては、核共鳴散乱強度の強い反射を用いることで解決できる可能性がある。そのため

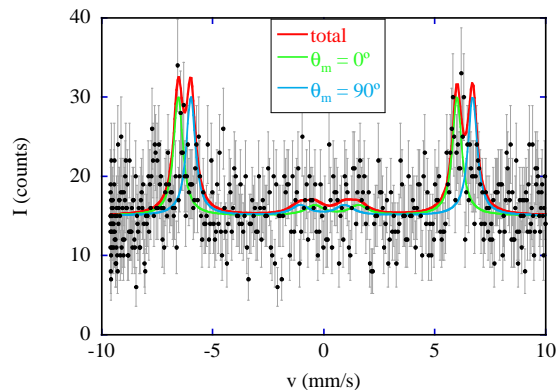


図 6 . $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ の 600 反射スペクトル

には、現状の2軸回折計から4軸回折計に変更して、様々な反射指数を取り扱えるようにすれば良いと考える。

(6) 純核ブラッグ散乱による LuFe_2O_4 の電荷秩序配列の検証

新たに LuFe_2O_4 の単結晶を用いて、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} の電荷秩序配列による純核ブラッグ散乱の測定を試みた。 LuFe_2O_4 は電子強誘電体として知られる混合原子価酸化物である。自然鉄 LuFe_2O_4 単結晶を用いて、 c 面内の禁制反射 005, 007, 及び、許容反射 006, 008 のロッキングカーブ測定とこれらの反射線を用いた回折スペクトルの測定を 300 K において行なった。図7に回折スペクトルを示す。許容反射からは通常の吸収スペクトルが観察された。一方、禁制反射からは明瞭な核共鳴発光スペクトルは観測できなかったが、若干発光側に盛り上がっている様子うかがえる。本物質では、希土類元素 Lu の存在により、核共鳴散乱が吸収されて極めて弱くなっており、さらに蛍光 X 線によるバックグラウンドノイズの増加も起こって観測が困難になっているものと思われる。このために、禁制反射からの純核ブラッグ散乱が検出できなかったものと考えている。このような特殊な測定の場合には、4軸回折計を導入して様々な反射指数を取り扱えるようにすることに加えて、 ^{57}Fe エンリッチ試料を用いることを検討していく。

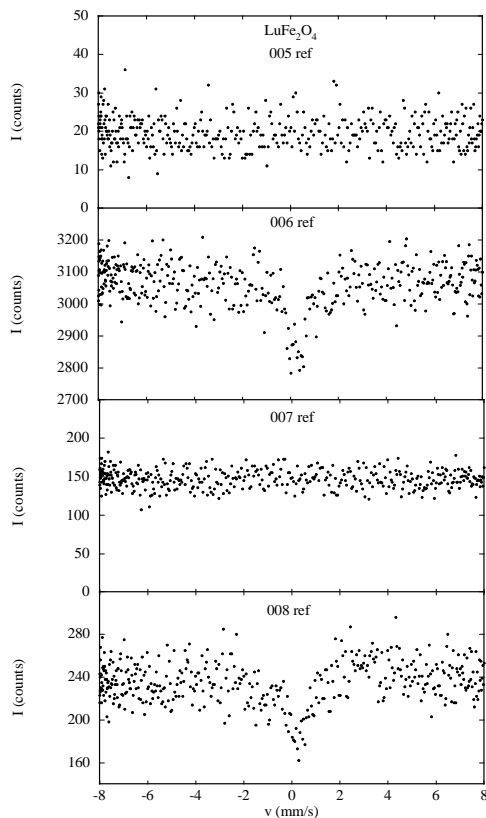


図7 LuFe_2O_4 の回折スペクトル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Manjo Taishun, Kitou Shunsuke, Katayama Naoyuki, Nakamura Shin, Katsufuji Takuro, Nii Yoichi, Arima Taka-hisa, Nasu Joji, Hasegawa Takumi, Sugimoto Kunihisa, Ishikawa Daisuke, Baron Alfred Q. R., Sawa Hiroshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Do electron distributions with orbital degree of freedom exhibit anisotropy?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 3192 ~ 3198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1MA01113H	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 Nakamura Shin, Mitsui Takaya, Kurokuzu Masayuki, Shimomura Susumu	4. 巻 90
2. 論文標題 Pure Nuclear Bragg Reflection due to Combined Magnetic and Quadrupole Interaction in Fe ₃ O ₄	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 104713 ~ 104713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.104713	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Katsufuji Takuro	4. 巻 90
2. 論文標題 Examination of Charge Order in Mixed Valence Oxide LuFe ₂ O ₄ by Mossbauer Quadrupole Effect	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 064702 ~ 064702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.90.064702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Mitsui Takaya, Kobayashi Yasuhiro, Kurokuzu Masayuki, Shimomura Susumu	4. 巻 89
2. 論文標題 Synchrotron Mossbauer Diffraction of Natural Iron Fe ₃ B ₀₆	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 125001 ~ 125001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.125001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Masuda Takatsugu, Ohgushi Kenya, Katsufuji Takuro	4. 巻 89
2. 論文標題 Mossbauer Study of Rare-earth Ferrobaborate NdFe ₃ (B ₀₃) ₄	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 084703 ~ 084703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.89.084703	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Mitsui Takaya, Kobayashi Yasuhiro, Shimomura Susumu	4. 巻 88
2. 論文標題 The First Observation of Pure Nuclear Bragg Reflection from Natural Iron -Fe ₂₀₃ by Synchrotron Mossbauer Diffraction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 103702 ~ 103702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.103702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Tasaki Kaito, Katsufuji Takuro	4. 巻 30
2. 論文標題 Competitive Local Structure in Mixed Vanadium Spinel Fe _{1-x} Mn _x V ₂ O ₄	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011142-1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.30.011142	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Yokota Hiroko, Kitao Shinji, Kobayashi Yasuhiro, Saito Makina, Masuda Ryo, Seto Makoto	4. 巻 240
2. 論文標題 Development of 166Er Mossbauer spectroscopy in KURNS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Hyperfine Interactions	6. 最初と最後の頁 75-1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10751-019-1623-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Shin, Katsufuji Takuro	4. 巻 88
2. 論文標題 Local Structure and Magnetic Structure of Spinel Oxide MnV ₂ O ₄ Observed by Mossbauer Spectroscopy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 064703 ~ 064703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.88.064703	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 中村真一, 藤原孝将, 三井隆也, 和氣達也, 川口裕介, 下村晋
2. 発表標題 放射光メスパウアー回折によるY3Fe5O12のサイト選択的スペクトル
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村真一, 勝藤拓郎
2. 発表標題 Fe2Mo3O8における局所的・動的ヤーン・テラー効果
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 萬條太駿, 鬼頭俊介, 片山尚幸, 中村真一, 勝藤拓郎, 新居陽一, 有馬孝尚, 長谷川巧, 石川大介, A. Q. R. Baron, 澤博
2. 発表標題 放射光X線非弾性散乱を用いたFeV2O4の低温相におけるフォノン分散の観測
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 萬條太駿, 鬼頭俊介, 片山尚幸, 長谷川巧, 石川大介, Alfred Q. R. Baron, 勝藤拓郎, 中村真一, 澤博
2. 発表標題 放射光X線非弾性散乱を用いたFeV ₂ O ₄ の特異なフォノン分散の観測
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村真一, 勝藤拓郎
2. 発表標題 メスパウアー四重極相互作用による混合原子価酸化物LuFe ₂ O ₄ の電荷秩序配列の検証
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村真一, 三井隆也, 黒葛真行, 下村晋
2. 発表標題 自然鉄Fe ₃₀ O ₄ の放射光メスパウアー回折
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村真一, 三井隆也, 小林康浩, 下村晋
2. 発表標題 放射光メスパウアー回折による自然鉄試料の純核ブラッグ散乱
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村真一, 三井隆也, 黒葛真行, 下村晋
2. 発表標題 放射光メスパワー回折による自然鉄試料のサイト選択的スペクトルの測定
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村真一, 三井隆也, 黒葛真行, 藤原孝将, 下村晋
2. 発表標題 高感度放射光メスパワー回折装置の開発
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Nakamura, Kaito Tasaki, and Takuro Katsufuji
2. 発表標題 Competitive Local Structure in Mixed Vanadium Spinel $Fe_{1-x}MnxV_2O_4$
3. 学会等名 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田寛人, 中村真一, 加藤優典, 原口祐哉, 香取浩子, 勝藤拓郎
2. 発表標題 遍歴電子強磁性体 $X_2Co_12P_7$ ($X = Zr, Hf$)のFe 置換効果と磁性の研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Nakamura, Hiroko Yokota, Shinji Kitao, Yasuhiro Kobayashi, Makina Saito, Ryo Masuda and Makoto Seto
2. 発表標題 Development of ^{166}Er Mossbauer Spectroscopy in KURNS
3. 学会等名 5th Mediterranean Conference on the Applications of the Mossbauer Effect and 41st Workshop of the French speaking Group of Mossbauer Spectroscopy (MECAME2019-GSFM) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田寛人, 中村真一, 加藤優典, 香取浩子, 勝藤拓郎
2. 発表標題 過渡電子強磁性体 $\text{Y}_2(\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x})_{12}\text{P}_7$ の ^{57}Fe メスバウアー分光による磁気秩序状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 太田寛人, 本田孝志, 中村真一, 濱住莉加, 香取浩子, 大友季哉, 勝藤拓郎
2. 発表標題 鉄梯子格子化合物 $\text{Ba}_6\text{Fe}_8\text{S}_{15}$ の磁気秩序状態における電子状態の研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村真一, 田崎海渡, 勝藤拓郎
2. 発表標題 スピネル型酸化物 $\text{FeV}_{204}\text{-MnV}_{204}$ 混晶系の局所構造・磁気構造
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田寛人, 中村真一, 加藤優典, 香取浩子, 勝藤拓郎
2. 発表標題 遍歴電子強磁性体Y ₂ (Fe,Co)12P ₇ のメスパウアー分光による構造と磁性の研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田寛人, 中村真一, 高田早紀, 香取浩子, 勝藤拓郎
2. 発表標題 多形化合物Fe ₂ -xAl _x Ge ₀₅ のメスパウアー分光を用いた構造と磁性の研究
3. 学会等名 日本物理学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

帝京大学理工学部 中村研究室ホームページ http://www.ase.teikyo-u.ac.jp/faculty/nakamura/

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	下村 晋 (SHIMOMURA Susumu) (00260216)	京都産業大学・理学部・教授 (34304)	

6. 研究組織（つづき）

	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	三井 隆也 (MITSUI Takaya) (20354988)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・関西光科学研究所 放射光科学研究センター・上席研究員 (82502)	

	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
研究協力者	小林 康浩 (KOBAYASHI Yasuhiro)		
研究協力者	黒葛 真行 (KUROKUZU Masayuki)		
研究協力者	藤原 孝将 (FUJIWARA Kosuke)		
研究協力者	和氣 達也 (WAKE Tatsuya)		
研究協力者	川口 裕介 (KAWAGUCHI Yusuke)		

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