

令和 5 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04451

研究課題名（和文）X線シングルショット顕微分光イメージングの実証

研究課題名（英文）Demonstration of X-ray single-shot microspectroscopic imaging

研究代表者

木村 隆志（Kimura, Takashi）

東京大学・物性研究所・准教授

研究者番号：50531472

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、X線自由電子レーザーのフェムト秒パルスを活用したシングルショット顕微分光イメージングの実現を目指した。全反射光学素子であるウォルターミラーを用いた顕微システムの採用により、異なる波長のX線を同じ倍率で結像できるアクロマティック光学系を構築した。さらに、試料の拡大像を分光するためのX線用透過型回折格子を、電子ビーム描画を用いた微細加工技術で作製した。SACLA BL1に設置したシステムにより、フェムト秒X線シングルパルスを用いた顕微分光イメージングの実証に成功し、不均一材料中の超高速化学状態変化の可視化、またX線自由電子レーザーのビーム診断などへの応用が可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

X線を用いた物性分析技術は、元素分布や化学状態を知ることが出来るため、現代の科学技術に取って不可欠なものとなっている。しかし、従来の集光プローブを走査する手法では計測時間を要してしまうため、一般的にミリ秒程度でのイメージングが限界であった。本研究では、この限界を打破するため、X線アクロマティック結像素子と、独自開発の透過型回折格子を組み合わせた新たなシングルショット顕微分光イメージングシステムを構築し、フェムト秒での観察の実証に成功した。本成果により、微細化が進むデバイス内の電子状態解析や、不均一材料の化学反応解析など、X線物性分析技術の適用範囲が大きく広がると期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we realized single-shot microspectroscopic imaging using femtosecond pulses from an X-ray free-electron laser. Using a microscopic system with a total reflection mirror known as a Wolter mirror, we constructed an achromatic optical system capable of imaging X-rays of different wavelengths at the same magnification. We also fabricated an X-ray transmission diffraction grating for spectroscopic imaging of the magnified image of the sample using electron beam lithography. With the system installed at SACLA BL1, we successfully demonstrated microspectroscopic imaging using a single femtosecond X-ray pulse. This demonstration showed the potential for applications such as the visualization of ultrafast chemical state changes in heterogeneous materials and the beam diagnostics of X-ray free-electron lasers.

研究分野：X線光学

キーワード：X線顕微鏡 X線分光 X線自由電子レーザー X線ミラー 回折格子 電子ビームリソグラフィ ウォルターミラー 超精密加工

## 1. 研究開始当初の背景

X線を利用した分光分析技術は、元素分析や化学状態解析など、現代の物性研究において欠かせない存在となっている。特に SPring-8 などの先端光源登場以降の技術の発展は著しく、吸収分光や発光分光などの X 線分光分析技術の精密・高度化(K. Tamasaku et al., Nat, Photonics. 8(2014) 313)や、フェムト秒での時間分解分析(Y. Obara et al., Opt. Express 22 (2014) 1105)といった成果が、産業応用も含めて数多く報告されている。

しかし、電子デバイスやナノ材料が近年微細化・複雑化してきたことを鑑みると、試料構造と物性の関係を理解するために、こうした X 線分光分析技術を顕微イメージングと組み合わせることがますます重要となってきている。従来、X 線分光分析で顕微イメージングを行う際には、集光した X 線プローブを走査マッピングを行うか、入射波長を変化させながら二次元像を複数枚取得するといった手段が取られてきた。しかし、これらの手法では空間・波長的に走査を行う必要があり、時間分解能はスキャン速度によって大きく制限されてきた。

本研究では、二次元 X 線分光分析をフェムト秒・アト秒で行うことを可能にする、新たな X 線顕微分光イメージング手法である。図 1 に本提案の概略を示す。新たに開発する回折光学素子と、X 線拡大結像光学系を利用したシングルショットイメージングを組み合わせることにより、X 線自由電子レーザーや高次高調波などの先端 X 線光源の持つフェムト～アト秒のパルス幅での時間分解と、空間・波長分解を両立した分光計測の実現を目指した。

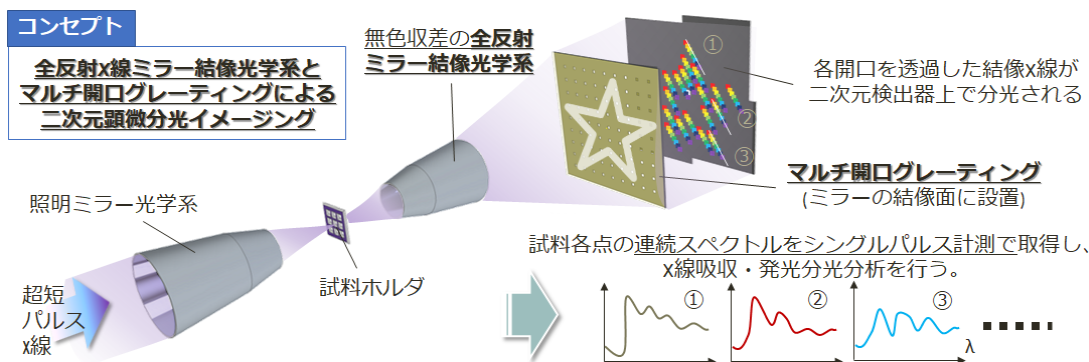


図 1 本研究提案で実現を目指す X 線シングルショット二次元顕微分光イメージングの概略

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、全反射 X 線ミラー結像光学系と、新規開発を行うマルチ開口グレーティングを組み合わせることにより、フェムト秒～アト秒に迫る超短パルス X 線光源を利用したシングルショット二次元顕微分光イメージングを実現することである。図 1 は一般的な拡大結像光学系を示しているが、色収差のない全反射 X 線ミラーを利用しているため、試料を透過したあるいは試料から吸収・発光したすべての波長の X 線が、収差なく結像面で拡大された試料像を結ぶ。この拡大結像面に新規に開発するマルチ開口グレーティングを設置する。マルチ開口グレーティング上の各開口に付与された回折格子を透過した X 線は分光され、下流に設置した二次元検出器上で波長毎に空間的に分離される。これにより、試料上各点での連続スペクトルをシングルショットにより取得することが可能となる。

申請者の所属していた東京大学三村研究室では、精密電鍍法を利用した高精度回転体 X 線ミラーの開発に取り組んでおり、図 2 に示すように、300 倍程度の拡大倍率を持つ結像用回転体 X 線ミラーを用いて、既に X 線自由電子レーザーによるフェムト秒シングルショット X 線イメージングを実現している (S. Egawa et. al., Opt. Express 27 (2019) 33889.) 全反射を利用する X 線ミラーの特性から、フェムト秒で入射した異なる波長の光に対しても、色収差なく 200 nm 程度の空間分解能でイメージング可能であることを確認している。

一般的に X 線領域での拡大結像イメージングには、ゾンプレートや屈折レンズが使用されることが多い。しかし、回折や屈折を利用したこれら X 線結像光学素子では、色収差が存在するため結像面が波長ごとに異なり、多波長同時イメージングを実現する光学系を構築することは困難である。そのため、提案した顕微分光イメージング光学系は、色収差がない X 線ミラー光学系でのみ実現可能であり、世界的にも極めて独自性の高い研究になる。

### 3. 研究の方法

以上の提案実現を目指すにあたって、大きく下記2点の研究項目を想定した。

(1) マルチ開口グレーティングの作製

(2) X線自由電子レーザーを利用したシングルショット二次元分光イメージングの実証

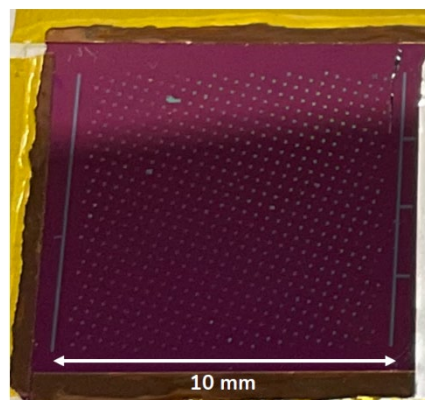
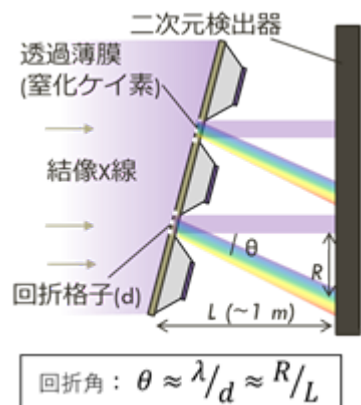
研究開始1年目において、本研究提案の核となるマルチ開口グレーティングの作製に取り組み、基本的な構造の作製手法を確立する。その後2年目から、作製したマルチ開口グレーティングを使用し、可視光レーザー光学系を用いた原理検証を行うとともに、マルチ開口グレーティングの構造および作製精度の改善を図る。また、可視光レーザーによる原理検証を行うのと並行して、超短パルスX線を利用した実験光学系の設計に取り組む。X線光源としては、兵庫県播磨のX線自由電子レーザー施設であるSACLA(SPring-8 Compact free-electron LAsEr)の利用を想定した。そして、研究開始3年目にSACLAに導入した結像用X線ミラー光学系を利用して、フェムト秒シングルパルスでのX線二次元分光イメージングの原理実証を目指した。

### 4. 研究成果

(1) マルチ開口グレーティングの作製

マルチ開口グレーティングの作製には、X線実験において試料支持用透過膜として広く利用される、窒化ケイ素薄膜構造を利用した。図2にマルチ開口グレーティングの基本構造とその外観を示す。シリコンチップ上に窒化ケイ素薄膜の付いた開口を多数作製し、各窒化ケイ素薄膜上にX線分光用の回折格子パターンを作製した。結像面で回折格子に入射するX線の収束角は1 mrad以下とほぼ平行光に近い。そのため、1 mrad以上に大きな回折角を確保可能なほど微細な回折格子を作製することで、下流に設置した二次元検出器上で空間的に分光されたX線を検出できるようになっている。

窒化ケイ素薄膜構造の作製には、フォトリソグラフィやドライエッチングなどの一般的なMEMS作製技術を用いた。作製には、東京大学浅野キャンパスの武田先端知スーパークリーンルーム施設所有の半導体製造プロセス装置群を活用した。回折格子パターンの描画には超高速に大面積露光化が可能な電子ビームリソグラフィ装置のF7000-VD02を利用し、二次元検出器上で検出可能な十分な回折角を確保することが可能な、およそ300 nmの格子間隔を持つマルチ開口回折格子の作製に成功した。



(a)

(b)

図2 作製したマルチ開口グレーティング (a)基本構造 (b)外観写真

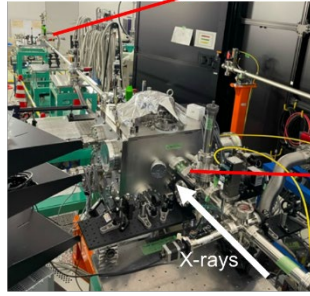
(2) X線自由電子レーザーを利用したシングルショット二次元分光イメージングの実証

上記のマルチ開口グレーティングを利用し、超短パルスX線光源を利用したシングルショット二次元分光イメージングの実証に取り組んだ。実験には、これまで申請者が研究を行ってきた兵庫県播磨のX線自由電子レーザー施設SACLAを利用した。

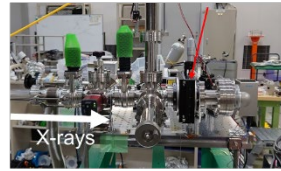
図3にSACLAの軟X線ビームラインであるBL1に構築したX線拡大結像光学システムを示す。照明光学系と結像光学系に二枚のウォルターミラーを利用した光学系になっており、それぞれの間で作動距離10 mmで試料ホルダを設置する構成となっている。また、全反射光学系の特徴を活かし、X線だけでなく可視光も同軸で光学系に導入可能となっており、試料位置のアライメントのほか、可視光での蛍光観察も可能としており、将来的なアプリケーションとして、生細胞などでの可視光蛍光・X線分光同時観察にも対応することを目指した。



### Optical system



### Soft X-ray CCD



### Twin Wolter mirrors

Objective mirror Specimen

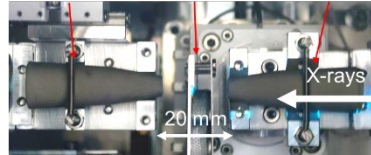


図3 SACLA BL1 に構築したシングルショット X 線顕微分光イメージングシステム。

後段の結像光学系の拡大倍率は 240 倍となっており、試料からおよそ 6 m 下流に検出器を設置している。検出器は真空対応の XY ステージに接続されており、センサー面から 238 mm 上流に設置したマルチ開口グレーティングからの回折 X 線に合わせて位置を調整することができる。SACLA BL1 から発振される軟 X 線レーザーのパルス幅はおよそ数十フェムト秒以下であり、この時間スケールでシングルショットの X 線顕微分光を行った例はこれまで報告されていない。

図4に 100 eV の軟 X 線を利用して計測したシングルショット X 線顕微分光像を示す。画像左側に見える明るい点群が回折格子を直進した 0 次回折光になる。それに対し、右側に見える少し横に伸びた点群が、試料面各点での分光スペクトルに対応している。SACLA での X 線レーザーの発振は自己増幅自発放射 (SASE) という方式を利用しており、ショット毎の発振波長に多少のブレが生じる。本手法で SACLA の X 線レーザーを観察することで、初めてこうした SASE 発振に伴うショット毎の波長のばらつきを二次元で捉えることに成功し、本手法の原理を検証することができた。こうした結果は、本研究が SACLA でのビーム診断にも利用可能であることを示した。

またこの他、半導体試料や細胞試料などの計測にも取り組んでおり、近日中に実験を取りまとめた論文の投稿を計画している。

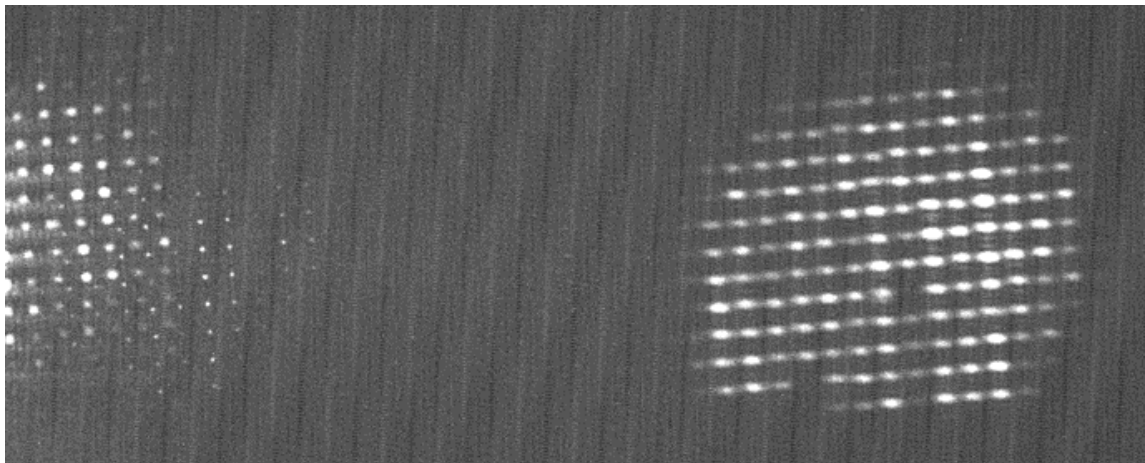


図4 SACLA BL1 での測定に成功したシングルショット X 線顕微分光画像。画像上で左側に見える点群が 0 次光、右側の点群が対応する分光スペクトルになる。

## 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 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kimura Takashi, Takeo Yoko, Sakurai Kai, Furuya Noboru, Egawa Satoru, Yamaguchi Gota, Matsuzawa Yusuke, Kume Takehiro, Mimura Hidekazu, Shimura Mari, Ohashi Haruhiko, Matsuda Iwao, Harada Yoshihisa	4. 巻 30
2. 論文標題 Soft X-ray ptychography system using a Wolter mirror for achromatic illumination optics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 26220 ~ 26220
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.462190	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 Ando Hiroshi, Horio Masafumi, Takeo Yoko, Niibe Masahito, Wada Tetsuya, Ando Yasunobu, Kondo Takahiro, Kimura Takashi, Matsuda Iwao	4. 巻 21
2. 論文標題 Developing a Simple Scanning Probe System for Soft X-ray Spectroscopy with a Nano-focusing Mirror	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 e-Journal of Surface Science and Nanotechnology	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1380/ejssnt.2023-020	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 Shimamura Takenori, Takeo Yoko, Moriya Fumika, Kimura Takashi, Shimura Mari, Senba Yasunori, Kishimoto Hikaru, Ohashi Haruhiko, Shimba Kenta, Jimbo Yasuhiko, Mimura Hidekazu	4. 巻 12240
2. 論文標題 Design of soft x-ray fluorescence microscopy beyond 100-nm spatial resolution with ultrashort Kirkpatrick-Baez mirror	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advances in X-Ray/EUV Optics and Components XVII	6. 最初と最後の頁 1224004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2632949	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 Shimamura Takenori, Takeo Yoko, Kimura Takashi, Perrin Francois, Vivo Amparo, Senba Yasunori, Kishimoto Hikaru, Ohashi Haruhiko, Mimura Hidekazu	4. 巻 94
2. 論文標題 Fabrication of ultrashort sub-meter-radius x-ray mirrors using dynamic stencil deposition with figure correction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 043102 ~ 043102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0135367	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 該当する

1. 著者名 木村隆志、竹尾陽子、櫻井快、古谷登、江川悟、山口豪太、松澤雄介、久米健大、三村秀和、志村まり、大橋治彦、松田巖、原田慈久	4. 巻 36
2. 論文標題 ウォルターミラーを利用した軟X線タイコグラフィ装置の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 放射光	6. 最初と最後の頁 10-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Matsumoto Yutaka, Takeo Yoko, Egawa Satoru, Yamaguchi Gota, Yokomae Shunya, Takei Masashi, Yumoto Hirokatsu, Koyama Takahisa, Ohashi Haruhiko, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Mimura Hidekazu, Kimura Takashi	4. 巻 29
2. 論文標題 An arrayed-window microfluidic device for observation of mixed nanoparticles with an X-ray free-electron laser	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optical Review	6. 最初と最後の頁 7~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10043-021-00716-x	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 Huang Chi-Feng, Chang Wei-Hau, Lee Ting-Kuo, Joti Yasumasa, Nishino Yoshinori, Kimura Takashi, Suzuki Akihiro, Bessho Yoshitaka, Lee Tsung-Tse, Chen Mei-Chun, Yang Shun-Min, Hwu Yeukuang, Huang Shih-Hsin, Li Po-Nan, Chen Peilin, Tseng Yung-Chieh, Ma Che, Hsu Tsui-Ling, Wong Chi-Huey, Tono Kensuke, Ishikawa Tetsuya	4. 巻 10
2. 論文標題 XFEL coherent diffraction imaging for weakly scattering particles using heterodyne interference	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 055219 ~ 055219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5129406	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 該当する

1. 著者名 Kimura Takashi, Suzuki Akihiro, Yang Ying, Niida Yoshiya, Nishioka Akiko, Takei Masashi, Wei Jinjian, Mitomo Hideyuki, Matsuo Yasutaka, Niikura Kenichi, Ijiro Kuniharu, Tono Kensuke, Yabashi Makina, Ishikawa Tetsuya, Oshima Tairo, Bessho Yoshitaka, Joti Yasumasa, Nishino Yoshinori	4. 巻 91
2. 論文標題 Micro-liquid enclosure array and its semi-automated assembling system for x-ray free-electron laser diffractive imaging of samples in solution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 083706 ~ 083706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0008398	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 該当する

1. 著者名 Takeo Yoko, Motoyama Hiroto, Shimamura Takenori, Kimura Takashi, Kume Takehiro, Matsuzawa Yusuke, Saito Takahiro, Imamura Yoichi, Miyashita Hiroaki, Hiraguri Kentaro, Hashizume Hirokazu, Senba Yasunori, Kishimoto Hikaru, Ohashi Haruhiko, Mimura Hidekazu	4. 巻 117
2. 論文標題 A highly efficient nanofocusing system for soft x rays	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 151104 ~ 151104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0027118	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20件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 石川卓門, 竹尾陽子, 木村隆志, 吉見一慶
2. 発表標題 深層学習を用いたコヒーレント回折パターンのノイズ除去
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 古谷 登, 竹尾 陽子, 江川 悟, 吉永 享太, 櫻井 快, 山口 豪太, 大和田 成起, 矢橋 牧名, 木村 隆志
2. 発表標題 超高速大面積電子ビーム露光装置を利用したXFEL用マルチ開口回折格子の作製と評価
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 櫻井快, 竹尾陽子, 古谷登, 江川悟, 寶本俊輝, 井上圭一, 志村まり, 木村隆志
2. 発表標題 軟X線XAFSタイコグラフィーによる細胞内化学状態解析
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉永享太, 竹尾陽子, 古谷登, 櫻井快, 江川悟, 木村隆志
2. 発表標題 軟X線結像型分光顕微鏡の構築に向けたウォルターミラーとマルチ開口グレーティングの開発
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Egawa, Y. Takeo, T. Kimura
2. 発表標題 Development of soft X-ray focusing and imaging systems using precise rotational mirrors
3. 学会等名 SACLA Users' Meeting 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村隆志
2. 発表標題 先端光源を活用したX線顕微イメージング技術
3. 学会等名 兵庫県マテリアルズ・インフォマティクス講演会(第9回)(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹尾陽子, 木村隆志, 三村秀和
2. 発表標題 筒形Wolterミラーを用いた軟X線顕微イメージング技術の開発
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 古谷 登, 竹尾 陽子, 江川 悟, 吉永 享太, 櫻井 快, 山口 豪太, 大和田 成起, 矢橋 牧名, 木村 隆志
2. 発表標題 SACLAによるシングルショット軟X線顕微分光 イメージング技術の開発
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 櫻井快, 竹尾陽子, 古谷登, 江川悟, 寶本俊輝, 井上圭一, 志村まり, 木村隆志
2. 発表標題 軟X線タイコグラフィを利用した細胞内化学状態イメージング技術の開発
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉永享太, 竹尾陽子, 古谷登, 櫻井快, 江川悟, 木村隆志
2. 発表標題 軟X線結像型分光顕微鏡用ウォルターミラーの設計
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Kimura, Takeo Yoko, Kai Sakurai, Noboru Furuya, Satoru Egawa, Gota Yamaguchi, Yusuke Matsuzawa, Takehiro Kume, Hidekazu Mimura, Mari Shimura and Haruhiko Ohashi
2. 発表標題 Development of Soft X-ray Ptychography System with Electroformed Wolter Mirror
3. 学会等名 15th International Conference on X-ray Microscopy (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoko Takeo, Satoru Egawa, Noboru Furuya, Kai Sakurai, Shigeki Owada, Makina Yabashi, Takashi Kimura
2. 発表標題 Multi-Aperture Grating for Spectroscopic and Microscopic Imaging with Single-Shot Pulse of X-ray Free-Electron Laser
3. 学会等名 15th International Conference on X-ray Microscopy (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi Kimura
2. 発表標題 In-Situ Observation of Nanoparticles in Solution by Combining X-ray Free-Electron Laser and Microfluidic Device Technology
3. 学会等名 Conference on Laser and Synchrotron Radiation Combination Experiment 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takashi Kimura
2. 発表標題 Direct Observation of Nanoparticle Structures in Microfluidic Device using Single Pulses of X-ray Free-Electron
3. 学会等名 International Conference on X-ray Optics and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kai Sakurai, Yoko Takeo, Noboru Furuya, Satoru Egawa, Mari Shimura, Masashi Takei, and Takashi Kimura
2. 発表標題 Soft X-ray imaging of living cells with a micro solution holder
3. 学会等名 International Conference on X-ray Optics and Applications (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古谷登、竹尾陽子、櫻井快、江川悟、木村隆志
2. 発表標題 X線顕微分光イメージングを実現するマルチ開口回折格子の作製
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 櫻井快、竹尾陽子、古谷登、江川悟、志村まり、木村隆志
2. 発表標題 ウォルターミラーを利用した軟X線タイコグラフィ装置の開発と細胞解析の試み
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 島村勇徳、竹尾陽子、木村隆志、仙波泰徳、岸本輝、大橋治彦、三村秀和
2. 発表標題 超小型KBミラーを用いた軟X線sub 50 nm集光システムの開発
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松本豊、山口豪太、横前俊也、三村秀和、竹尾陽子、江川悟、湯本博勝、小山貴久、大橋治彦、木村隆志
2. 発表標題 X線自由電子レーザーを用いたイメージングとデータ解析の高効率化
3. 学会等名 精密工学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松本豊, 竹尾陽子, 山口豪太, 横前俊也, 三村秀和, 江川悟, 湯本博勝, 小山貴久, 大橋治彦, 木村隆志
2. 発表標題 X線自由電子レーザーとマイクロ流路デバイスを用いた液中試料観察法の開発
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020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
研究分担者	三村 秀和  (Mimura Hidekazu)  (30362651)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授   (12601)	
研究分担者	志村 まり  (Shimura Mari)  (90226267)	国立研究開発法人国立国際医療研究センター・その他部局等・その他   (82610)	

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
---------	---------