

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域
「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」
研究課題
「コヒーレントX線による走査透過X線顕微鏡システム
の構築と分析科学への応用」

研究終了報告書

研究期間 平成22年10月～平成28年3月

研究代表者：山内 和人
(大阪大学大学院工学研究科、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

アップグレードされた第3世代放射光施設では、輝度が100倍以上向上する。これによってX線顕微鏡の観察時間が大幅に短縮され、これまでと同等の時間内に、試料の複合分析が可能になると期待されている。このためには、測定法に応じたサイズの集光ビームを提供することが求められる。本研究は、回折限界性能をもつアダプティブな集光光学系を世界に先駆けて開発し、X線顕微鏡システムの高機能化を目指した。提案する光学系は、4枚の形状可変鏡から成り、X線のビームサイズを μm からnmレベルまで自在に変えることができる。これを用いて構築される走査・透過X線顕微鏡システムによって、電子密度分布のナノスケール分析と、元素・化学結合状態の分析機能を併せ持つイメージングを実現し、放射光を用いたX線分析技術の高度化に貢献することを目標とした。

CRESTによって、高精度形状可変鏡の提案と開発(阪大)、オンサイトでの形状制御のためのAt-wavelength波面計測技術の確立(阪大、北大)、形状可変鏡を高精度に制御する方法の開発(阪大)、4枚の形状可変鏡から成るアダプティブ集光光学系の実現(上流ミラーは開口数(NA)の変換、下流ミラーは最終集光)(阪大・北大)、非孤立試料の回折イメージングを可能にする新規像回復アルゴリズムの開発(北大)といった研究開発項目をほぼ計画通り完了した。この成果により、4枚のミラーを連動させながら形状可変鏡を誤差PV2nm以下で形状制御し、回折限界条件の下にビームサイズを100~1000nmにほぼ完全に制御することに世界で初めて成功した。さらに、4枚の形状可変鏡を使った集光光学系の特徴である中間焦点に空間フィルタを配置し、アポダイズド集光ビームの形成にも挑戦し、sinc関数のテイルをカットして照明領域を空間的に制限することにより、非孤立試料のコヒーレントX線回折イメージングを可能にした。試料の特定領域の構造をタイコグラフィーを用いることなく簡便に調査することが可能となり、高分解能な走査型観察が求められる有意な領域の発見に極めて有効な手段となる。この様に、複合分析を目指す走査・透過X線顕微鏡システムとしての基本性能を確認し、更なる高機能化に向けた研究を継続している。一方、共通焦点を有する2段集光システムとしてSACLAの50nm集光を目指したプロジェクトとも連携した。上流ミラーは所定のワーキングディスタンスを得るための開口調整の役割を果たしている。集光によって、X線領域での可飽和吸収や2光子吸収、原子レーザー発振などにつながっている。

応用面では、生命科学への放射光顕微鏡技術の応用を先導することを目的に、国立遺伝学研究所と国立国際医療研究センター研究所が加わり、白金(Pt)製剤の主作用・副作用機序解明、新規白金製剤の作用機序解明を、既存生化学的手法やX線顕微鏡、新規手法を組み合わせることで強力に押し進めた。大きな流れとして、①Pt製剤が作用するDNAの分析に関連する染色体の構造解明、②細胞内標的法として、Pt製剤(作用機序はDNA障害)の効果的な核への輸送、③新規Pt製剤として有望視されている5-H-Yの作用機序の解明を目指した。①では、染色体構造への影響をできる限り排除した試料調整法を用いることによって、従来考えられていた高次構造はなく、DNAはランダムに折りたたまれていることをX線小角散乱から明らかにし、関係分野に極めて重要な情報を提供した。②では、JST国際強化支援により、無機化学専門の研究者と共同研究を行い、1例としてNiイオンを核へ運搬し、DNA障害を効率的に導入する新規化合物を開発した。その運搬過程を走査型X線蛍光分析法によって確認し、細胞内標的法に基づいた薬剤の設計指針を得た。③では5-H-Yについて走査型蛍光X線顕微鏡によって細胞内局在を詳細に調べ、従来のシスプラチンと作用機序が異なっていることを突き止め、その詳細を解明した。さらに、Pt製剤の分子標的を明らかにする過程で、電気泳動ゲル(独自開発)と走査型X線蛍光顕微鏡を組み合わせた蛋白質含有元素の可視手法を開発している。Pt結合分子のHPLC蛋白質精製画分からの精製分離を格段に改善することに成功するなど、Pt製剤の研究を大きく前進させた。

このように、X線顕微鏡開発と医学応用研究がうまく組み合わせられ、相乗効果を発揮した。新しいX線顕微鏡が所定通りに完成し、その応用を進めつつある状況である。今後、放射光科学の医学応用が着実に進展するものと期待される。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. (論文) Nearly diffraction-limited X-ray focusing with variable-numerical-aperture focusing optical system based on four deformable mirrors (Scientific Reports **6** (2016) 24801)

被引用件数: 0 件

4枚のアダプティブ鏡を使った開口数可変な硬X線用のアダプティブ集光光学系を開発し、世界で初めて回折限界での集光を実現した。4枚のミラー形状を最適な変形させることで、約100nm～1500nmまで自由自在に集光径を変化させることに成功した。本成果は、ミラー光学系に関する国際ワークショップ(IWXM2015)でも組織委員メンバーとして発表し、ビームサイズ可変光学系を世界で初めて回折限界条件で実現したものとして、極めて高い評価を得ている。

2. (論文) Coherent x-ray zoom condenser lens for diffractive and scanning microscopy (Optics Express **21** (2013) 9267–9276)

被引用件数: 5 件

本プロジェクトで開発を進めている4枚のアダプティブ鏡で構成された集光光学系の特性を、計算機シミュレーションによって明らかにした。集光位置固定の条件のもとで、回折限界集光ビームサイズを、1μm～数十nmの範囲で任意に変更可能であることを示した。この特性は、走査型や回折型の顕微鏡に極めて有用である。さらに、元来のコヒーレントX線回折イメージングは、孤立した試料にしか適用できなかったが、中間焦点位置に空間フィルターを配置することによって、非孤立試料観察にも適用範囲を拡張できることを示した。実証実験の論文が投稿準備中である。

3. (論文) Human mitotic chromosomes consist predominantly of irregularly folded nucleosome fibres without a 30-nm chromatin structure (The EMBO Journal **31** (2012) 1644–1653)

被引用件数: 124 件

ゲノムDNAの収納については、教科書ではDNAがヒストンに巻かれてヌクレオソームとなり、これが規則正しく束ねられてクロマチン線維やさらなる階層構造ができる様子が定説として図示されている。しかし、本研究では定説のような規則正しいクロマチン線維は存在せず、ヌクレオソームが不規則(かなりいい加減)に細胞内に収められていることを突き止めた。この不規則な収納は、束縛がない分ヌクレオソームの動きやすさにつながると考える。

<科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

1. (特許) 集光径可変なX線集光システム(特願 2012-150245)

コヒーレントX線の波面を4枚の形状可変鏡で制御することで、損失無しに自由自在にX線のビームサイズをμmから数十nmレベルまで変えることが可能となる新しい集光光学系を考案した。ベースとなる形状可変鏡に関する理論と実証実験は、出願後に論文として発表した。放射光光源の高輝度化に伴い、集光光学系に多機能性が求められるのは必至であり、これに大きく寄与する。現在、形状可変鏡とその周辺技術の開発において企業と共同開発を進めている段階である。

2. (特許) タンパク質結合元素の分析のための電気泳動用部材及びその分析方法(特願 2013-003994)

タンパク質に結合した元素を選択的に検出できる分析システムを考案した。電気泳動法と蛍光X線分析法を組み合わせたシステムを構築すると共に、本手法に最適な泳動ゲルを開発した。実証実験として、タンパク質に結合した白金製剤を、LA-ICP-MSと同等以上の検出限界(80ng)で検出することに成功し、出願後に論文(S. Matsuyama *et al.*, Metallomics 2013)として発表した。本手法は、タンパク質に結合する元素に着目している点が独創的であり、生体内の元素機能解明に有効だけでなく、診断、病態解明への応用が期待されている。

3. (論文) A novel branched Tat 47-57 peptide for selective Ni²⁺ introduction into the human fibrosarcoma cell nucleus (Metallomics 7(7) (2015) 1155-62, 2015)

被引用件数: 2 件

新規細胞内標的 Tat-branch peptide を確立し, 異物である Ni を標的細胞内小器官の核へ運搬放出し, DNA 障害を高率に得られることを示した. 新規細胞内標的法の提案と共に, 金属(元素)の細胞内小器官毎の生体影響が評価可能となった. 本手法とその概念は基礎科学への貢献だけでなく, 応用研究においても重要な成果である. 現在, 確立した技術を製薬へ応用するために, 2社の製薬会社から共同研究開発の依頼を受け検討中である.

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「山内」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山内 和人	大阪大学 大学院工学研究科	教授	H22.10～
三村 秀和	同上	助教	H22.10～H23.03
松山 智至	同上	助教	H22.10～
中森 紘基	同上	M1～D3, 招聘研究員	H22.10～
木村 隆志	同上	D3	H22.10～H23.03 (北海道大学へ)

研究項目

- ・アダプティブ鏡の開発
- ・アダプティブ集光光学系の開発
- ・走査透過X線顕微鏡システムの開発

②西野グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
西野 吉則	北海道大学 電子科学研究所	教授	H22.10～
木村 隆志	同上	助教	H23.4～
ニュートン マーカス	同上	助教	H23.4～H25.8
カクレル クリシュナ	同上	D1～	H25.4～

研究項目

- ・集光ユニットの開発
- ・コヒーレントX線回折イメージングシステムの開発

③「志村」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
志村 まり	国立国際医療研究センター研究所	室長	H22.10～
松永 章弘	同上	上級研究員	H24.4～
尾山 千夏	同上	技術支援	H23.7～H26.3
平井 悠吾	同上	研究員	H23.8～H24.3
外處 侑	同上	技術支援	H26.10～
Lukas Szyliwiel	フランス国立研究所 CNRS	招聘研究員	H27.1～

研究項目

- ・走査型蛍光X線分析による電気泳動ゲルでの蛋白質含有元素の可視化
- ・走査型蛍光X線顕微鏡(SXFM)による白金製剤の細胞内局在分析
- ・Pt 製剤の副作用機序の解明および副作用を低減するいくつかの新規 Pt 製剤の提案

④「前島」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
前島 一博	国立遺伝学研究所構造 遺伝学研究センター	教授	H22.10～
井手 聖	同上	助教	H26.4～
日比野 佳代	同上	助教	H27.4～
野崎 慎	同上	D1～	H25.4～
今井 亮輔	同上	M1～	H25.4～
平谷 伊智朗	同上	助教	H22.10～H25.9
高田 英昭	同上	研究員	H22.10～H24.2

研究項目

- ・X 線顕微鏡観察に適したヒト安定発現細胞の作製
- ・白金製剤の細胞内局在の解明
- ・白金製剤を処理した細胞の効果検定
- ・既存 X 線顕微鏡と蛍光顕微鏡をもちいた白金製剤によるクロマチン・染色体構造異常の多角的解析
- ・新規開発顕微鏡による白金製剤取り込み部位の詳細な解析

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

山内グループ

- ・ ビームライン開発や光学素子開発の連携: 石川哲也センター長(理化学研究所光科学総合研究センター)
- ・ ビームライン開発や光学素子開発の連携: 光源光学部門(大橋治彦, 高輝度光科学研究センター)
- ・ X 線ミラー開発の連携: 津村尚史社長(株式会社ジェイテック)
- ・ X 線ミラー開発の連携: 三村秀和准教授(東京大学)
- ・ X 線回折格子を用いた波面計測の連携: 百生敦教授(東北大学)
- ・ 形状可変ミラー開発の連携: Dr. Lahsen Assoufid (Argonne National Lab.)
- ・ X 線集光光学系開発の連携: Dr. Ali Khounsary (Illinois Institute of Technology)
- ・ X 線ミラーの形状計測法開発の連帯: Dr. Frank Seiwert (BESSY)

西野グループ

- ・ SACLA 測定試料の調製: 別所義隆博士(理化学研究所)
- ・ SACLA データ解析: 城地保昌博士(高輝度光科学研究センター)
- ・ 開発中のX線顕微鏡の普及に向けた試料探索: 附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト, 物質・デバイス領域共同研究拠点(ネットワーク型共同利用・共同研究拠点)
- ・ 微生物への応用: 大島泰朗博士(共和化工株式会社環境微生物学研究所所長, 東京工業大学名誉教授)
- ・ ATP 合成酵素への応用: 久堀徹教授(東京工業大学)
- ・ 高分子材料への応用: 高原淳教授(九州大学)

- ・ ナノ無機材料への応用: Dr. Marcus Newton (University of Southampton)

志村グループ

- ・ 臨床試料および臨床データの提供: 国立国際医療研究センター病院
- ・ 抗がん剤開発: Dr. Stephan Lippard (マサチューセッツ工科大学)
- ・ 無機化学および質量分析: Dr. Lukasz Szylwiel (フランス国立科学研究所)
- ・ 電気泳動ゲルメーカーの支援: 坂本慎一 (ディー・アール・シー(株))
- ・ 抗がん剤結合蛋白質吸着ビーズ体作成支援: 国島直樹博士 (理化学研究所)
- ・ ICP-MS と LA-ICP-MS を用いた元素濃度測定: 東レリサーチ無機分析化学部
- ・ HPLC-ICL-MS の支援: 小椋康光教授 (昭和薬科大学)
- ・ HPLC-ICP-MS と ICP-MS の支援: 鈴木美成准教授 (島根大学)

前島グループ

- ・ 新規白金製剤の増殖阻害メカニズムの解明: 米田誠治博士 (鈴鹿医療科学大学)
- ・ ガンマー線照射の支援: 森利明准教授 (大阪府立大学)
- ・ ICP-MS 測定の支援: 飯田豊研究員 (東レリサーチセンター)
- ・ 重粒子線照射の支援: 石川颯一研究員 (放射線医学総合研究所), 吉川研一教授 (同志社大学), 吉川裕子客員教授 (立命館大学)

§ 3 研究実施内容及び成果

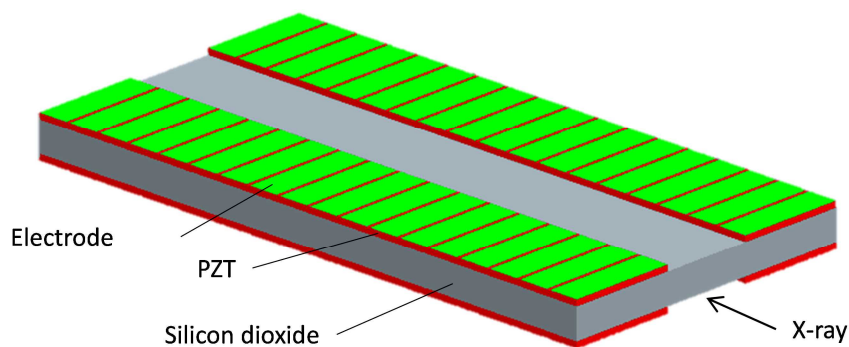
3. 1 走査透過X線顕微鏡システムの実現と分析科学への応用 (大阪大学 山内グループ)

3. 1. 1 光学素子開発

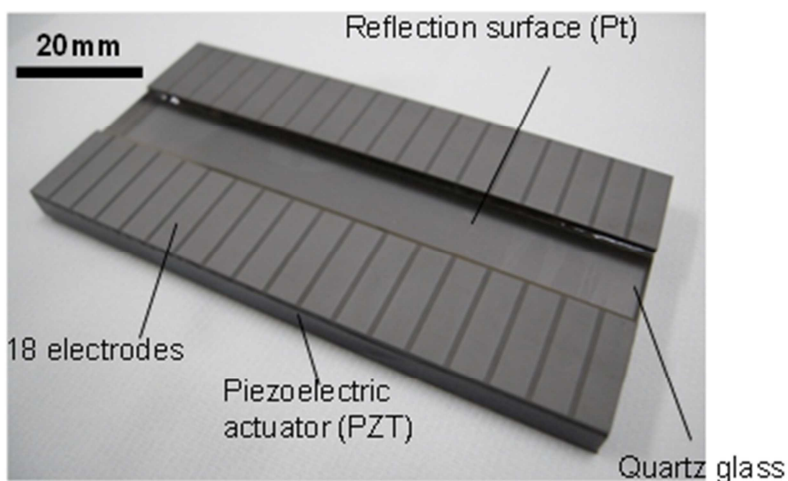
アダプティブ集光光学系実現のためには、誤差 2nm 以下で所望する形状へと変形できる形状可変鏡が必要であり、この変形を極めて短時間で達成できる高精度な形状可変鏡を設計・開発することを目指した。

必要な変形量の実現、電極間の隙間に起因する制御不能な変形誤差の抑制、自由曲面(例えば、楕円形状)創成に必要な電極数などを中心に詳しく調べ、得られた設計指針のもと形状可変鏡を試作した。実験室の干渉計で変形の挙動を評価し、有限要素法による計算結果との一致を確認した。最終的な評価として、SPring-8 において集光性能の確認を行った。

電極隙間に起因する制御不能な変形誤差を抑制するために、一体型圧電素子の導入と、ミラー領域を挟んで左右 2 列に電極を配置する構造を新たに提案した。得られた設計指針のもとに形状可変鏡を試作し(図1)、干渉計によって変形性能を評価したところ、有限要素法で予想された結果とよい一致を得た(図2)。また、電極隙間の影響を安全に取り除けることを確認し、反射光内のスペックルの除去に成功した(H. Nakamori *et al.*, RSI 2012)。SPring-8 にて 10keV の X 線を使った集光実験を行ったところ、形状可変鏡として世界最小の 65nm の集光径が得られた(図8参照、詳細は後述)(T. Goto *et al.*, RSI 2015)。光学系の開口数と波長によって決まる回折限界の集光径であり、形状可変鏡を用いて実現した世界初の例である。また、上記の成果は 2 次元集光において確認でき、上流ミラー光学系において、目標とする形状可変鏡の実現に成功した。



模式図



(b) 写真

図1 試作したバイモルフ型形状可変鏡

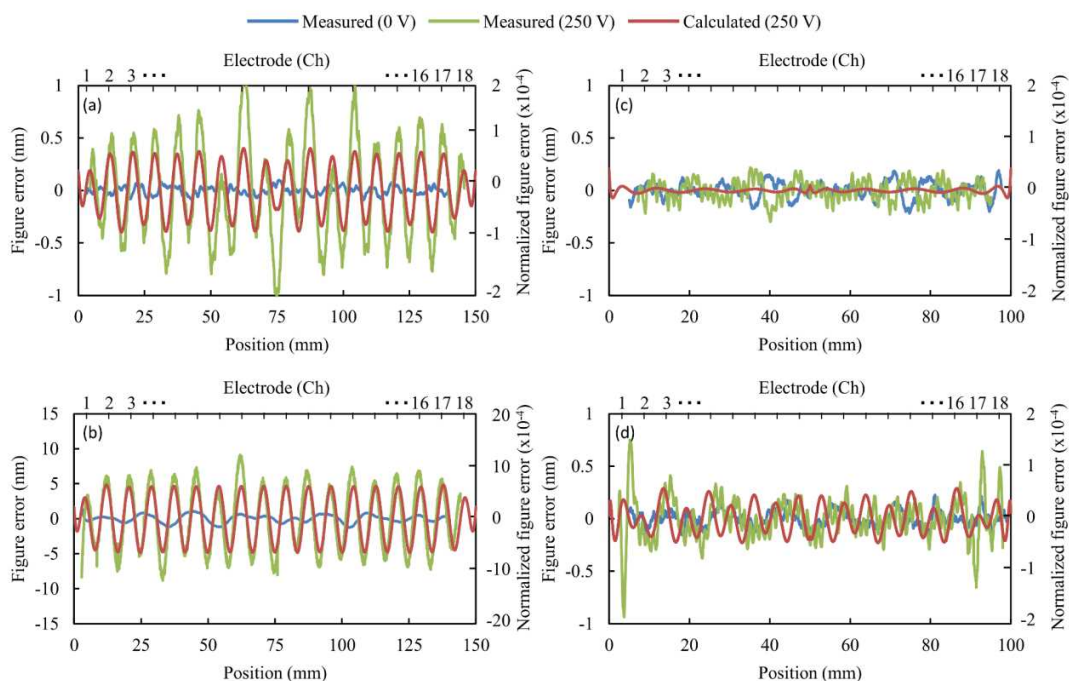


図2 計算と実験によって得られた高空間周波数成分の変形誤差. (a) (b) 従来型形状可変ミラー, (c) (d) 新しく開発した形状可変ミラー (一体型圧電素子とミラー上での圧電素子配置の最適化をおこなっている). (a) (c) 基板中央, (b) (d) 圧電素子直上. 新しく開発したミラーの基板

中央部では変形誤差は生じていない(c).

3. 1. 2 光学系の診断と制御技術の開発

・オンライン形状創成法

形状可変鏡を高精度に制御するためには、波面収差の計測が必要不可欠である。上述のように、干渉計による形状モニターは煩雑であり、本研究の成果の幅広い展開には不利であり、実用性を著しく低下させる。このため、使用する X 線による At-wavelength 波面計測法として X 線グレーチング干渉計とペンシルビーム法の確立を目指した。目標精度は、レーリー基準である $\lambda/4$ 以下とし、形状可変鏡上の変形誤差にして PV 2nm に相当する。

X 線グレーチング干渉計ではタルボ効果を利用し、拡大光学系であることから位相グレーチングのみで構成し、自己像は X 線 CCD によって直接取得するものとした。SPring-8 BL29XUL に波面補正光学系を備えた集光光学系を組み、この光学系の波面収差を本グレーチング干渉計によって測定した(図4)。ここでは、波面補正光学系によって意図的に導入した λ 程度の波面誤差が、本グレーチング干渉計によってどの程度正確に計測できるかを調べた。実験の結果、約 0.5rad ($=\lambda/10$)の精度での波面収差の測定に成功した(図5)(S. Matsuyama *et al.*, Opt. Exp. 2012)。

ペンシルビーム法では、測定精度を決めるビーム重心計測において、YAG セラミックスと CMOS で構成されたビームモニターを開発した(図6)。本手法の性能は、測定された波面誤差を修正するように形状可変鏡を変形させ、最終的に得られる集光特性によって判断した。SPring-8 にて性能を評価し、10~20nm の精度でビーム重心が計測できることを確認した(図7)。これを形状可変鏡の変形調整に用いて、スロープ測定において ± 25 nrad の再現性を確認し、約 PV 30nm 存在した変形誤差を PV 2nm 以下まで抑え込むことができた(図7, 8)。また、この調整を行った形状可変鏡によって、ほぼ回折限界となる 65nm 集光を達成した(図8) (T. Goto *et al.*, RSI 2015)。

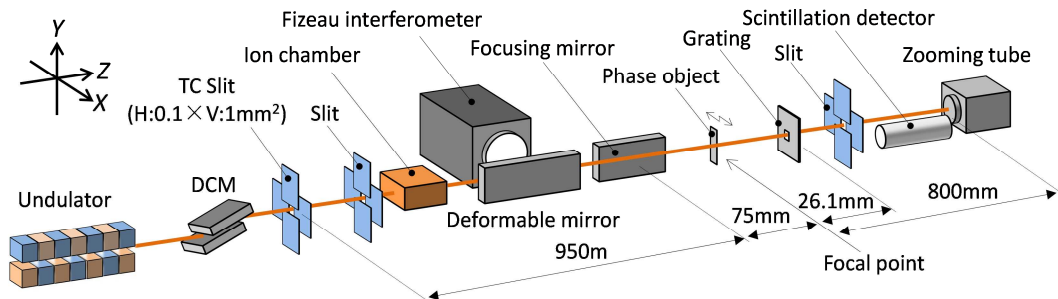


図4 波面計測実験のセットアップ. 形状可変鏡によって意図的に波面収差を導入し、全反射集光鏡によって集光した。形状可変鏡の形状はフィゾー型干渉計によって常にモニターされている。

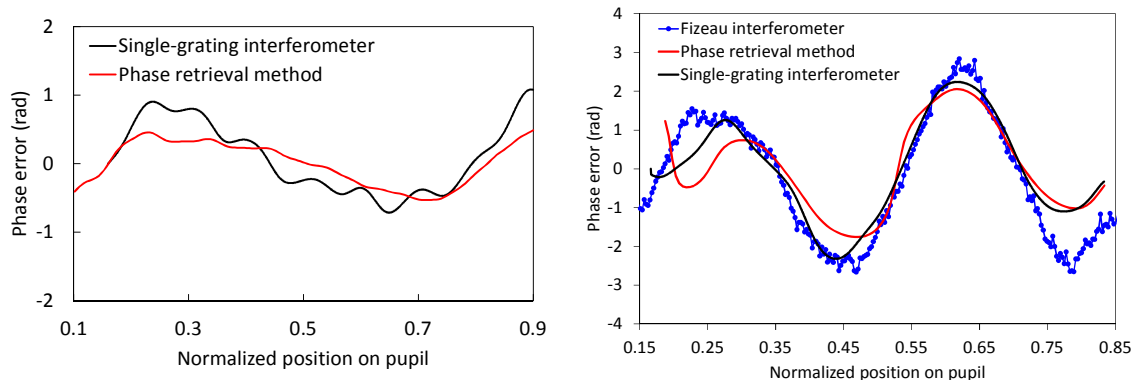


図5 (左)形状可変鏡をフラットにして波面収差を計測した結果。(右)形状可変鏡に意図的に波面収差を導入した結果。どちらも、クロスチェックとして位相回復法によって得られた結果と比較している。これらにおいて、位相回復法との一致度は $\lambda/10$ 以上であり、本手法の有用性を確認した。

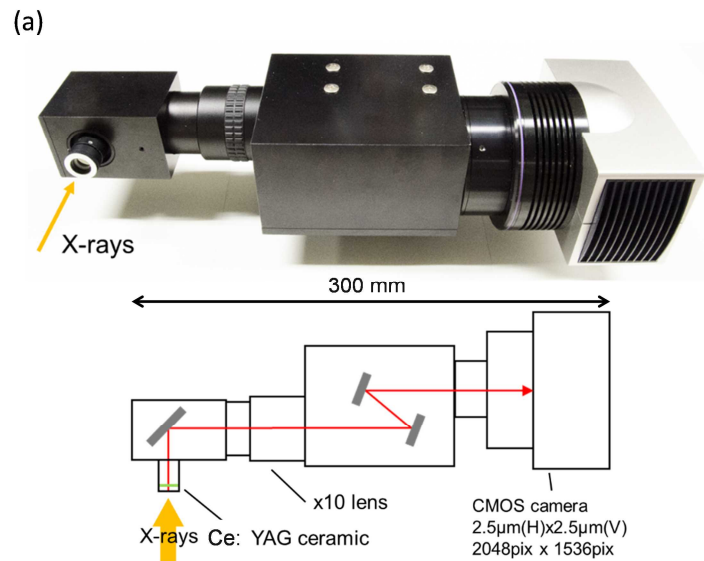


図6 開発したビームモニターの外観写真

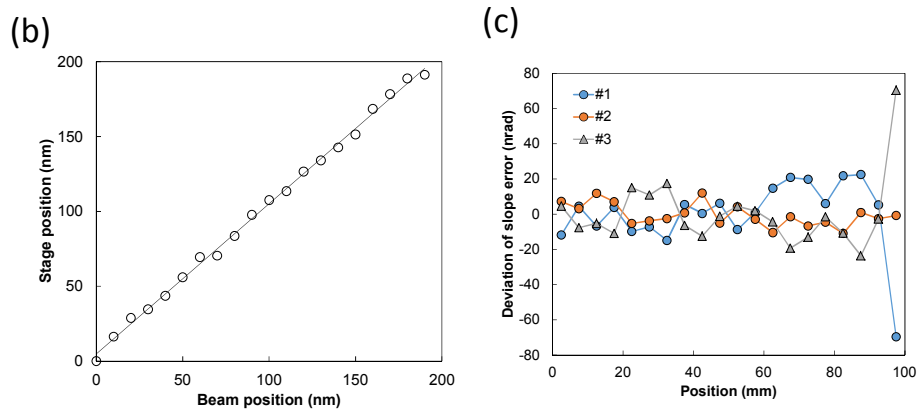


図7 (左)ビームを 12.5nm ピッチで走査した際のビームモニター上での重心位置変化. (右)形状可変鏡を使ってテストされたペンシルビーム法の測定再現性. $\pm 25\text{nrad}$ の精度で形状可変鏡上に存在するスロープエラーを検出することに成功した.

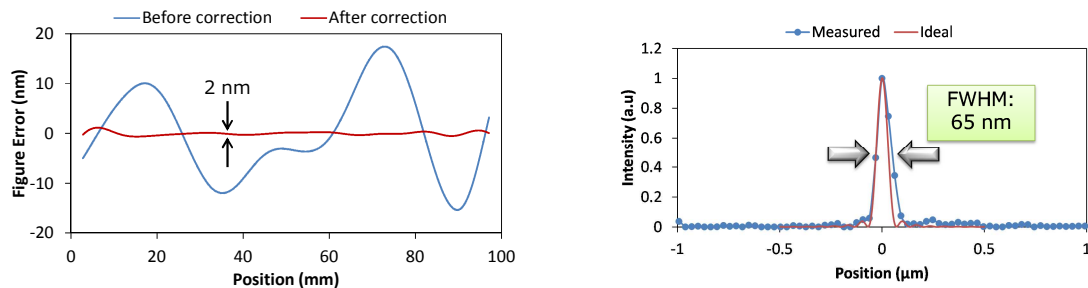


図8 (左)ペンシルビーム法を使って形状可変鏡の形状を調整した際の調整前後のミラー形状誤差の変化. 変形誤差は 30nm から 2nm まで修正することに成功した. (右)この形状可変鏡を使って X 線を集光させたところほぼ回折限界である 65nm の半値幅まで集光させることに成功した.

3. 1. 3 アダプティブ集光光学系の開発

開発した形状可変鏡を用いてアダプティブ集光光学系を構築し, 約 100~1000nm の範囲でビーム径可変な集光光学系の開発を目指した. 本課題で開発を進めている 4 回反射のミラー光学系では, ミラーアライメント, 光学系の振動, 形状可変鏡のハンドリングが非常に重要となる. ミラーア

ライメントの検討には、波動光学に基づく数値シミュレーションが不可欠であり、448 コアをもつグラフィックカードを 2 基搭載した並列計算機を導入した。これを用いて、アライメント精度の検討を行い、その結果をもとに、ミラーマニピュレータや、ミラーへの給電機能を備えたキネマティックマウントモジュールを開発した(図9)。

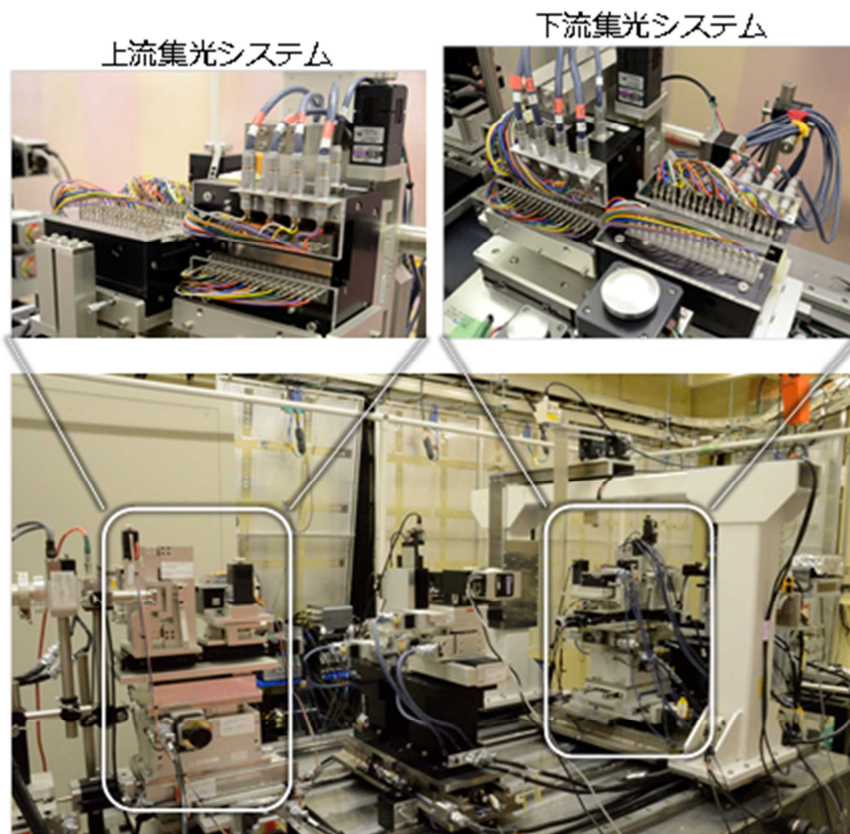


図9 構築した実験セットアップ。振動を抑えるために石定盤上にすべての光学機器を配置した。様々な集光光学系が構築できるように、高剛性リニアガイドが設置されている。門型の可動式ユニット上にオートコリメータや各種検査機器が設置できるようになっており、光学素子の高精度かつ迅速なアライメントが可能である。

開発した 4 枚の形状可変鏡から成るアダプティブ集光光学系の性能を評価するために、SPRing-8 BL29XUL にて 10keV の X 線を使って集光実験を行った。本実験では、4 枚の形状可変鏡を連動して変形させることによって、最終焦点位置(試料位置)を固定しながら開口数を変化させた(図10)。ミラーの形状は上述のペンシルビーム法によってモニターし、形状創成の精度は 2nm を実現した(図11)。集光実験の結果を図12に示す。Type I から III は、Type I は後段のミラーが全開口の条件であり、Type II は開口が Type I に比べて、垂直方向集光が 0.4、水平方向集光が 0.5 である。Type III はそれぞれ 0.2 と 0.1 である。開口を 10 倍の範囲で変更し、その結果、それぞれの NA に応じた集光径になっていることが見て取れる。また、ビームプロファイルも非常に対称でサイドローブの無いものが得られている。この結果は、開口数の精密制御によってビームサイズを自由に制御することができたことを意味し、アダプティブ集光光学系として世界で初めて達成された成果である(S. Matsuyama *et al.*, Sci. Rep. 2016)。

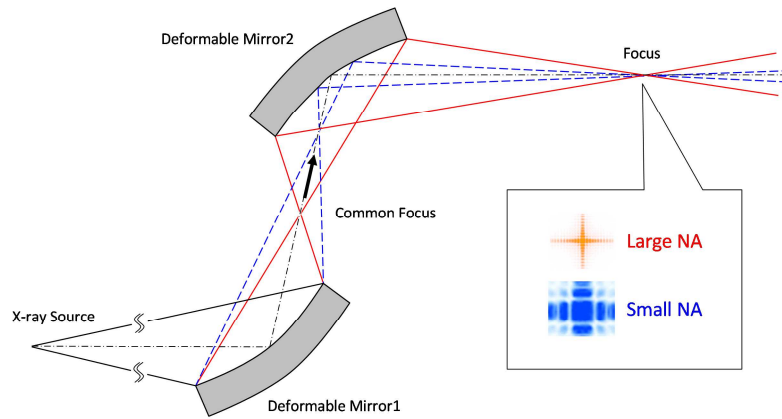


図10 開口数を自由に制御できるアダプティブ集光光学系の概略図.

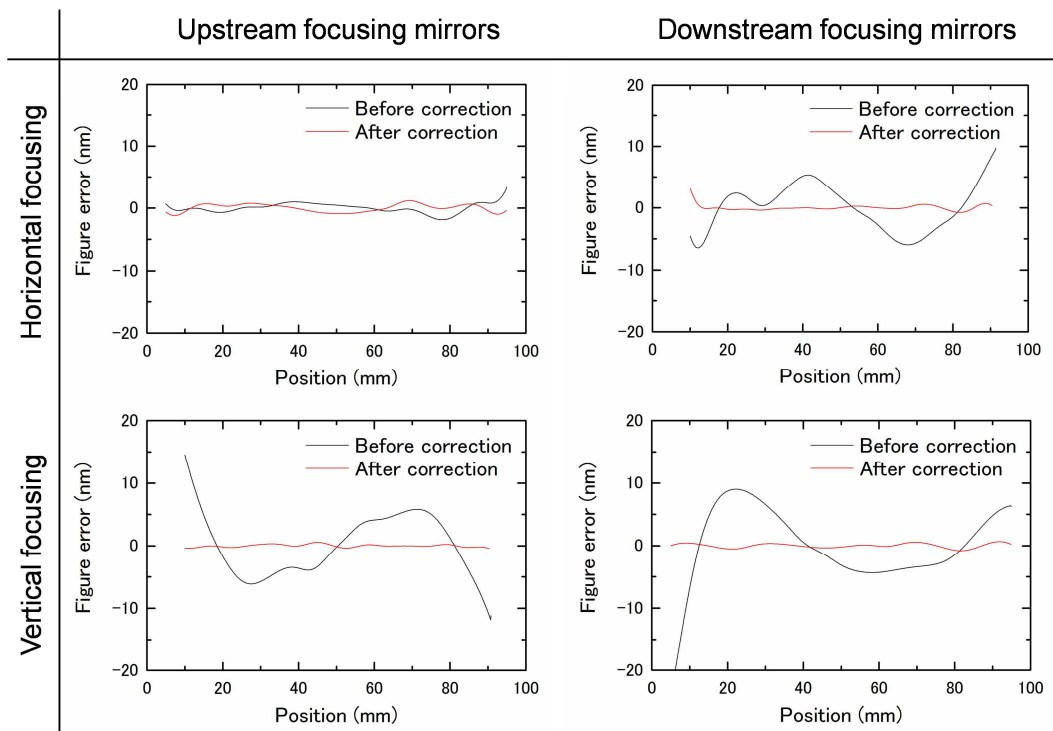


図11 ペンシルビーム法を用いて調整された形状可変鏡の典型的な変形誤差

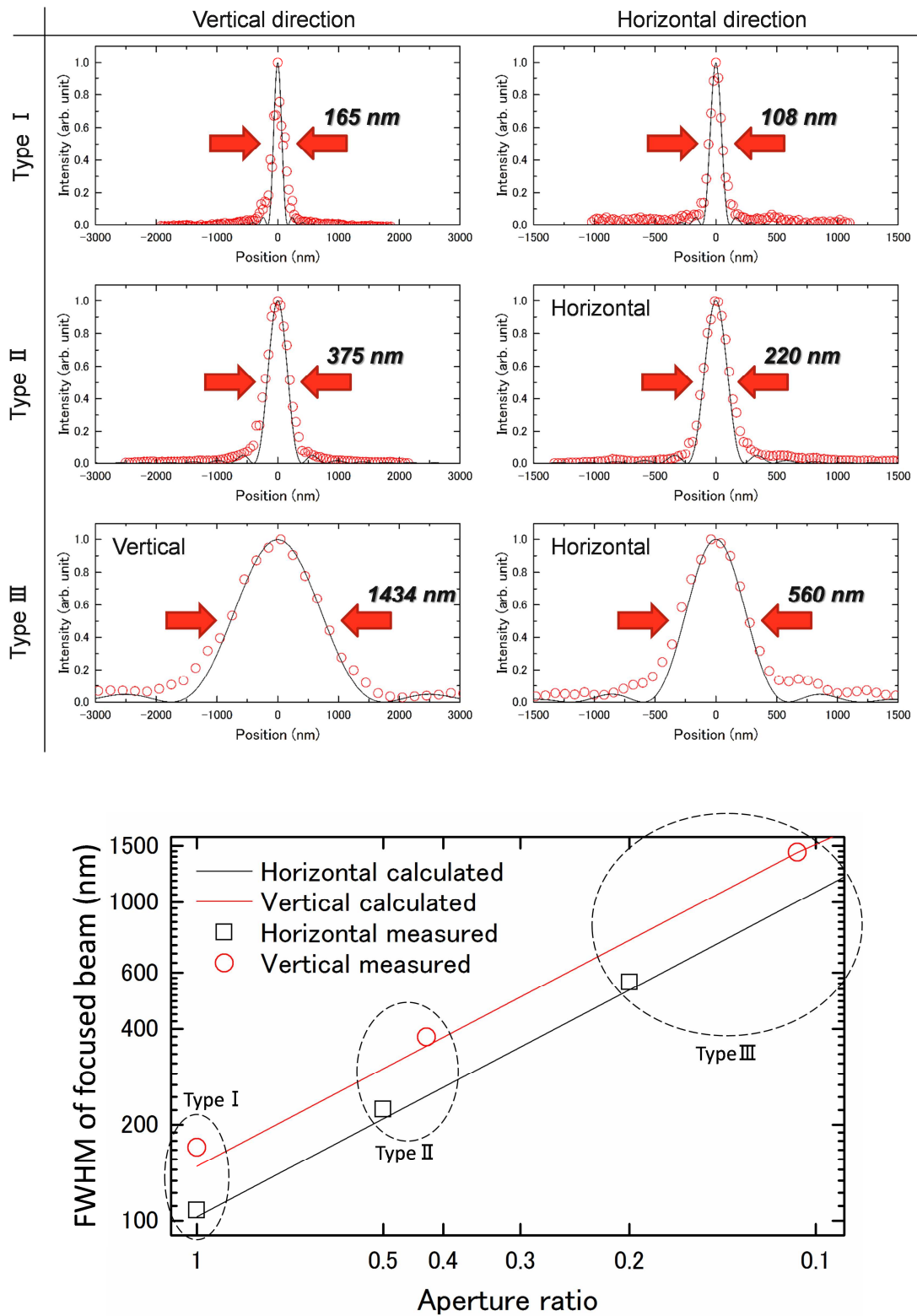


図12 開口数制御によって得られたビームプロファイル(上)と開口数のビーム半値幅の関係(下). Type I ~ IIIは設定した開口数によるタイプ分けを意味する(下グラフに対応). Aperture ratio は実現できる最大開口数に対する比率を意味する. つまり 1 は最大開口数の光学系の場合である.

本光学系は共通焦点を有する 2stage の集光光学系であり、他の補助金との連携により SACLA での 50nm にも成功している。今後、本研究の成果を発展させることによって、XFEL でのアダプティブ光学系の実現へと進めていきたいと考えている。我々は、SACLA において $1\mu\text{m}$ と 50nm の集光ビームを提供しているが、ビームサイズが固定されているため、光学系に合わせた試料での実験を余儀なくされている。今後、広く SACLA が利用されるためには、ビームサイズの制御が求められる。

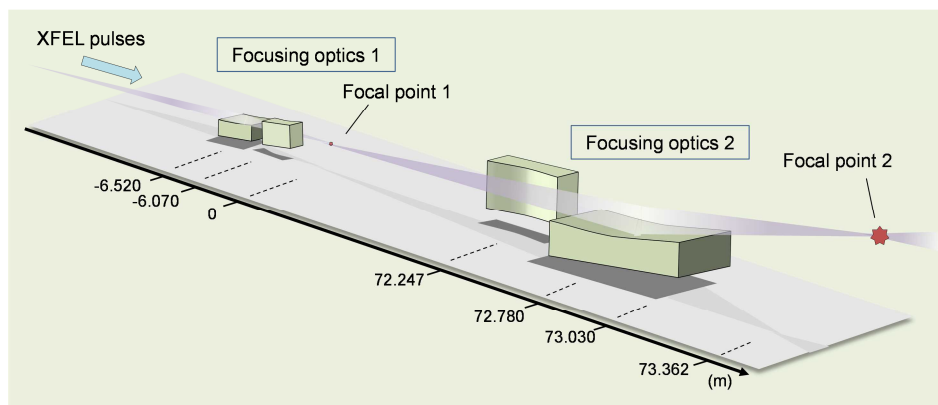


図13 SACLA にて構築された sub-50nm 集光光学系。2 段の Kirkpatrick-Baez ミラー光学系から成る。数値は第一焦点からの距離を表す。

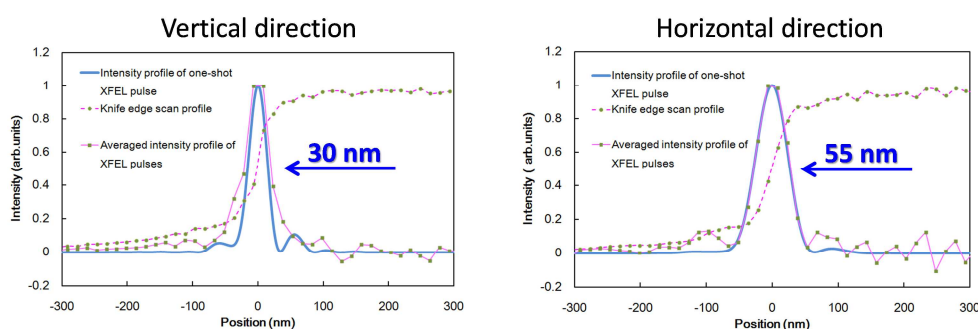


図14 焦点面における集光ビームの強度プロファイル

3. 2 コヒーレントX線イメージングアルゴリズム開発と走査・透過X線顕微鏡システムの構築 (北海道大学 西野グループ)

3. 2. 1 コヒーレント X 線イメージングアルゴリズムの開発

アダプティブ集光光学系により実現される X 線ビームを用いたコヒーレント X 線回折イメージングの新規アルゴリズムを開発した。コヒーレント X 線回折イメージングでは、一般的には孤立した試料以外は像回復が困難である。空間的に広がりを持った非孤立試料であっても、1つのコヒーレント X 線回折パターンから試料像を再構成可能な新規像回復アルゴリズムを検討した。

新規アルゴリズムでは、2 個の集光点を持つアダプティブ集光光学系の特徴を利用した。第一焦点に 4 象限スリットを設置し、X 線集光ビームのメインピークのみが通過可能のようにアポダイズすることによって、第二焦点の X 線集光ビームの強度プロファイルを制御し、試料を擬似的に孤立状態にして問題の解決を試みた。計算機シミュレーションによる検討結果を図15に示す。想定した試料は空間的に広がりを持ったため、従来手法では試料像を再構成することはできない。一方、新規像回復アルゴリズムでは、X 線集光ビームをアポダイズし、さらに第二焦点における集光ビームの強度プロファイルを実空間拘束のためのサポートとして利用した位相回復計算を行うことによって、試料像を再構成することに成功した。これら計算機シミュレーションに基づく新規アルゴリズムの研究内容を論文にまとめ、Optics Express 誌に掲載された。(T. Kimura *et al.*, Opt. Express 21(7), 9267–9276 (2013)).

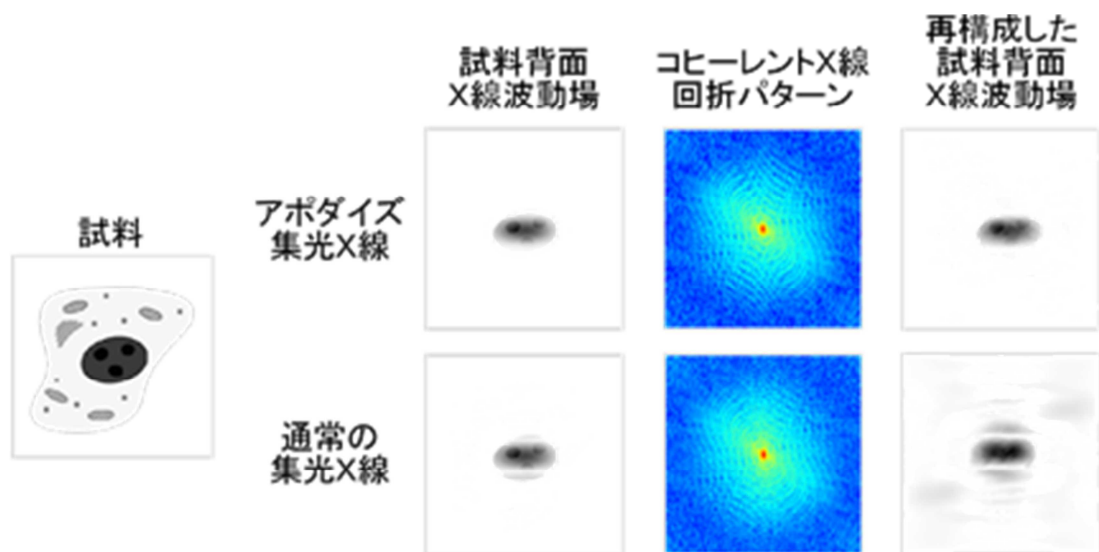


図 15 空間的に広がりを持った試料のコヒーレント X 線回折イメージングの計算機シミュレーション結果.

また、可視光レーザーを用いて本アルゴリズムの実証にも取り組んだ。複数のレンズと四象限スリットを組み合わせた光学系(図16(a))を構築し、アポダイズビームの形成を試みた。第一焦点に設置した空間フィルターを調整したところ、周囲のサテライトピークの強度をメインピークと比較して 1/1000 程度に低減でき、アポダイズ照明を実現することに成功した(図16(b))。集光ビームをテストパターン(図17(a))に照射し、計測したコヒーレント回折パターンから、アポダイズ照明された部分の試料像の再構成を試みた。従来の非アポダイズ集光ビームを用いた再構成像(図17(d))は、ライン&スペースを含め全体的に不明瞭である。これに対し、新たに開発したアポダイズ集光ビームを用いた再構成像(図17(e))では、大幅な改善がみられ、ライン&スペースのみならず”4”の文字も判別可能である。可視光域の位相差顕微鏡として用いた場合、位相差を定量的にイメージングすることが可能であり、このような機能を有する顕微鏡は未だにない。生物試料などの位相差の小さい試料であっても鮮明に位相情報を可視化できる可能性があり、非常に重要な CREST の成果と位置づけている。本光学系による実験成果をまとめ、Optics Express 誌に掲載された。(K. P. Khakurel *et al.*, Opt. Express 23(22), 28182–28190 (2015)) .

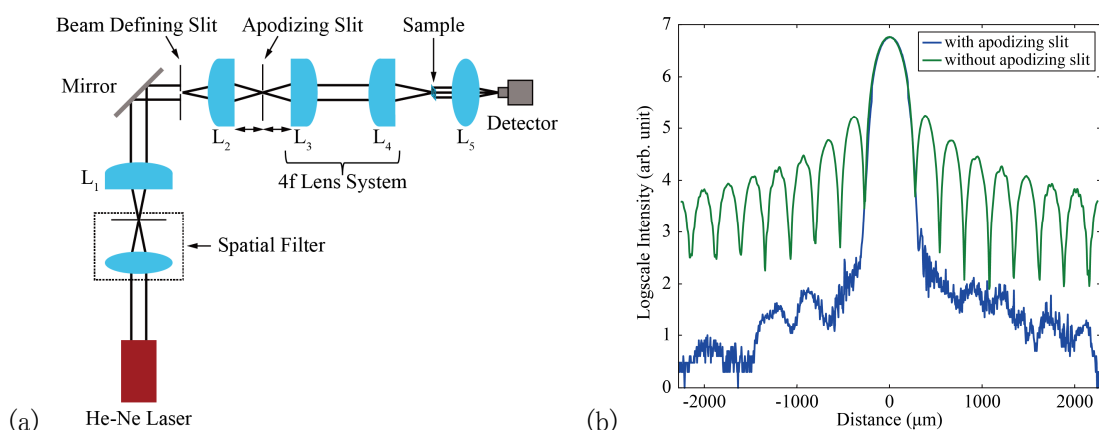


図16 可視光レーザーによるアポダイズ照明形成実験.

(a) 構築した光学系の概略図.

(b) 第二焦点での集光強度プロファイル(緑線:空間フィルターなし, 青線:空間フィルターあり)

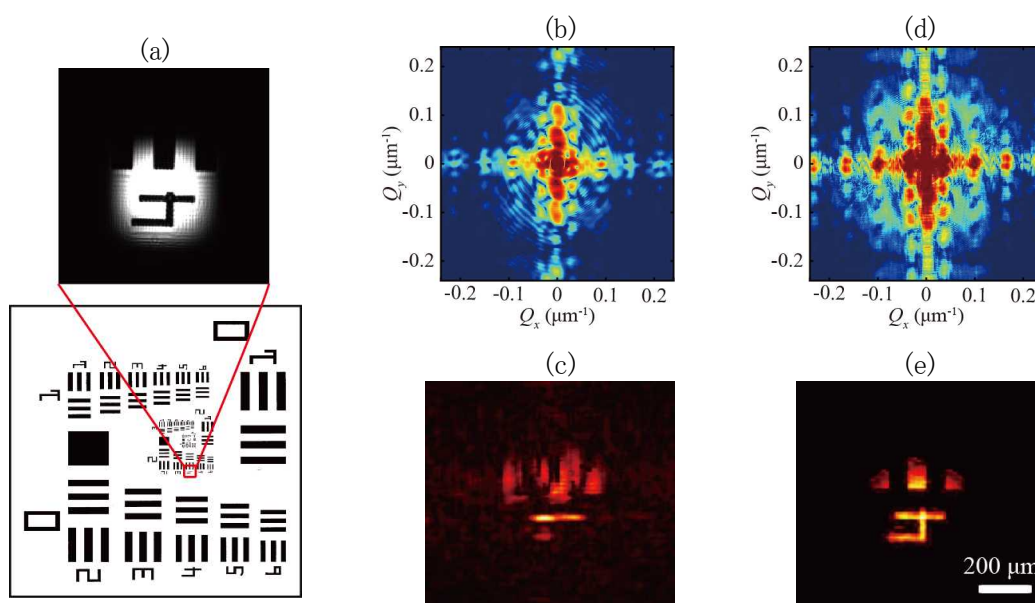


図17 可視光レーザーを用いた非孤立試料のコヒーレント回折イメージングの実証実験。
 (a) 測定したテストパターン. 従来の非アポダイズ集光ビーム照明における(b)コヒーレント回折パターンと(c)再構成試料像. 新規開発したアポダイズ集光ビーム照明における(d)コヒーレント回折パターンと(e)再構成試料像.

3. 2. 2 硬 X 線アポダイゼーションスリットの作製と評価

硬 X 線アダプティブ集光光学系用のアポダイゼーションスリットの開発を行った. 第一焦点におけるビームウエストの光軸方向の長さ(焦点深度に対応)はおよそ1 mm である. このビームウエスト中に 4 象限スリットを置けるよう, 直径 200 μm の金ワイヤ4本から構成されたアポダイゼーションスリットを作製した(図18(a)). 4 本の金ワイヤのうち 2 本を XZ ピエゾステージに据え付け, スリットの開口を 1 nm 精度で制御可能な機構とした. 作製したアポダイゼーションスリットを硬 X 線アダプティブ集光光学系に組み込み, SPring-8 において性能評価実験を行った. 第一焦点のアポダイゼーションスリットを制御することにより, 第二焦点の集光ビームプロファイルのサテライトピークを低減でき, アポダイズの効果を確認することができる. このスリットを組み込んだ硬 X 線アダプティブ集光光学系を用いて, 走査型蛍光 X 線顕微鏡実験を行った(図19(a)). アダプティブ集光光学系を用いて形成した硬X線集光ビームを, クロム製のライン&スペース(5 μm 幅,

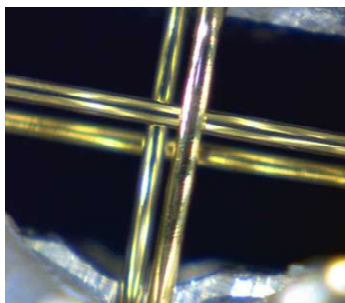


図18 硬 X 線集光ビームのアポダイゼーション実験.
 4本の金ワイヤで構成された矩形の開口をもつアポダイゼーションスリットの写真.

5 nm 厚)のテストパターンに照射し、アポダイゼーションスリットの有無による測定結果の違いを調べた。テストパターンは、北大の電子ビーム描画装置(エリオニクス ELS-F125-U)を利用して、200 nm の窒化ケイ素薄膜上に作製した。アポダイズ集光ビーム照明によって蛍光 X 線シグナルのバックグラウンドが低減し、ライン&スペースの S/N 比が非アポダイズ集光ビーム照明時と比較しておよそ 4 倍向上することを確認した。本成果をまとめた論文を現在準備中である。

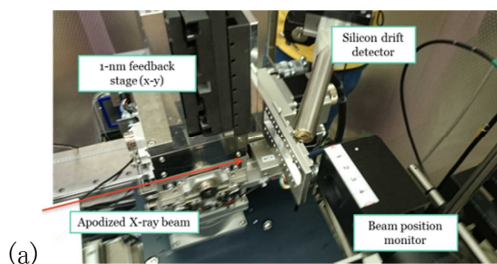


図19 硬 X 線アポダイズ集光ビームを用いた X 線顕微鏡実験。
構築した走査型蛍光 X 線顕微鏡ユニット。

3. 2. 3 コヒーレント X 線回折イメージングシステムの開発

アダプティブ集光光学系を利用してコヒーレント X 線イメージング実験を行うためのシステムを、SPring-8 の BL29 に大阪大学グループと北海道大学グループが共同で構築した(図20)。試料ユニットは、走査型蛍光 X 線計測とコヒーレント X 線回折パターン計測、X 線集光ビーム評価をシームレスに実施可能な設計となっている。コヒーレント X 線回折イメージング実験では照射 X 線の波面状態が重要になるが、最適な集光条件を保って実験を行うことができる。試料ユニットには粗調節用の光学顕微鏡が併置されており、試料に対する X 線の照射位置を数 μm 分解能で確認可能である。また、試料ユニット背面には回折 X 線通過用の真空配管(2.4 m)を設置し、回折 X 線の大気による散乱・吸収の低減を図った。この際、真空ポンプを実験ハッチ外に置くなどの工夫によって、試料ユニットへの振動の影響を低減させた。

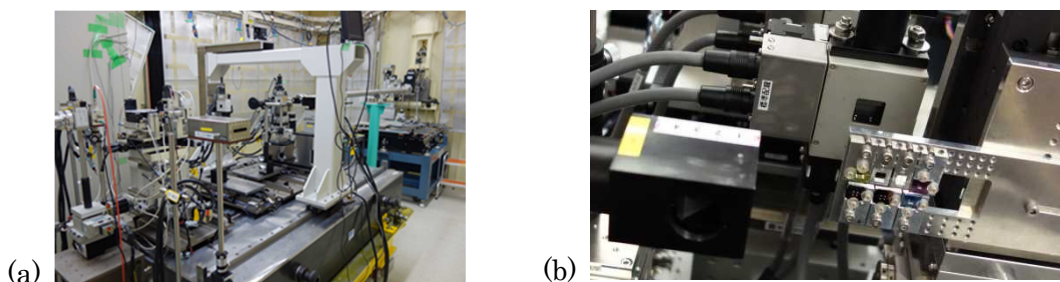
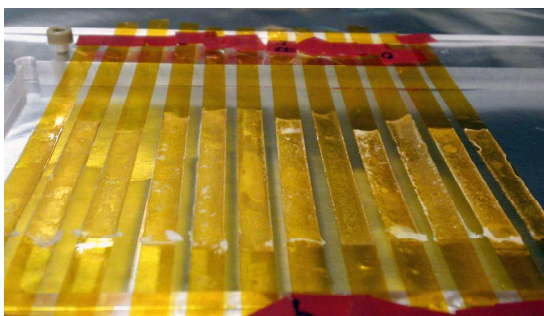


図20 コヒーレント X 線イメージング試料ユニット
(a) 装置外観。(b) 試料ユニット近傍

3. 3 Pt 製剤の細胞内局在と標的分子の同定、および Pt 製剤の細胞致死および副作用機序の解明(国立国際医療研究センター(志村グループ))

3. 3. 1 走査型蛍光X線分析による電気泳動ゲルでの蛋白質含有元素の可視化

等電点或いは native-gel 電気泳動ゲルを用いた Scanning protein analysis of electrofocusing gels using X-ray fluorescence (SPAX)を確立した(図24)。SPAX は、元素(特に金属)結合タンパク質の結合元素を選択的に検出することができ、白金製剤の動態を効率的に解明できる。開発は、本手法に最適なゲルを開発することから始めた。ゲルの厚みや泳動後の処理、支持膜の種類や厚さ・構造の異なる複数の試作品を試すことで最適化した(図24)。最適な native-gel フィルムを用い



Pt 製剤の副作用機序の解明および副作用を低減するいくつかの新規 Pt 製剤の開発

Pt 製剤の細胞内標的の解明は、Pt 製剤各種の主作用、副作用機序を明らかにすると考える。理想の Pt 製剤は、DNA(核内)のみ標的し、DNA 複製を阻止することから、分裂が激しい癌細胞のみを致死するものである。そこで、DNA(核内)標的可能な運搬システムの開発について、JST 国際強化策により、フランス国立科学研究所(CMRS)との共同研究を開始した。本共同研究において、新たに合成した核標的型運搬システムで、生体には異物である Ni (抗がん剤モデルとして、簡易な Ni イオンをまず用いた)が細胞にどのように取り込まれるか、走査型蛍光 X 線顕微法で調べた。細胞に本剤を投与し、その細胞内分布を元素分布として測定した。図 25 に示すようにニッケルが細胞核に集中していることが分かった。また、細胞分画し、ICP-MS でも測定したところ、同様の傾向を得ている。開発した化合物は、核選択的に金属(Ni)を運ぶことが示唆された (Ł. Szyrwił et al., Metallomics, 2015)。本運搬システムは、既に報告されているような共有結合を介して核へ運ばれるものではない。

く、血清が入っている培養液中でも、安定に Ni がペプチドポケットに結合できるように設計されている。核指向性ペプチド(CPP)により核へ運搬され、核において、ポケットから Ni イオンが遊離するシステムである。新規運搬法として注目されている。

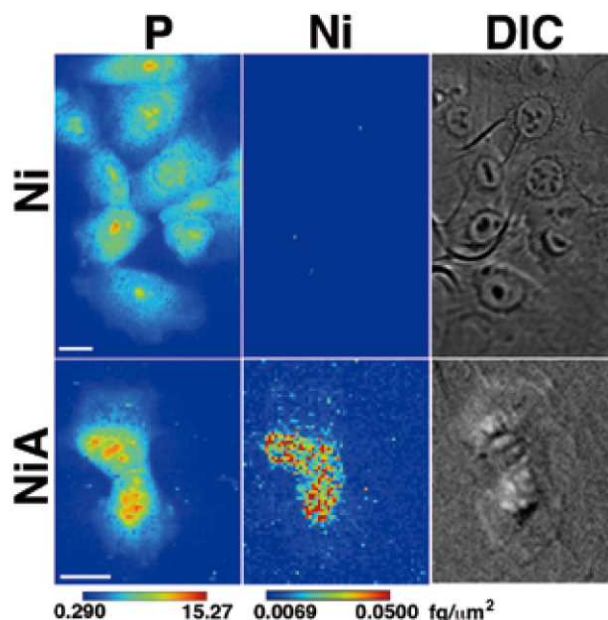


図 2 5 走査型蛍光 X 線顕微鏡による細胞内元素分布(リン, ニッケル)と DIC 像。

Ni : Ni イオンのみ培養液に添加。

NiA : 新規開発した核標的運搬 Ni 複合体を培養液に添加。

Bar: 10 μ m

3. 3 X 線顕微鏡を用いた細胞及び染色体の観察 (国立遺伝研 前島グループ)

3. 3. 1 シスプラチンと新規白金製剤の作用機序の解明

白金製剤シスプラチン (図27) は DNA 二重鎖を架橋してゲノム DNA の複製を阻害する、臨床で最も多用されている抗がん剤である。しかし、重篤な副作用を引き起こす耐性がん細胞が出現するなどの問題があり、代替薬剤の開発が待たれていた。近年、5-H-Y (図27) と呼ばれる新しい白金含有化合物が開発され、高い細胞増殖抑制能を持つことが示された。この 5-H-Y はプラス電荷を持つため、マイナス電荷を持つ DNA と相互作用するなど、電気的に中性なシスプラチンとは異なった性質をもつと考えられた。そこで本研究では、5-H-Y がもつ抗がん作用およびそのメカニズムについて、シスプラチンと比較しながら研究を行った。

はじめに、ヒト培養細胞株 (HeLa, U2OS, PC9) に対して薬剤を与え、5-H-Y がシスプラチンと同等の細胞増殖抑制能を持つことを示した。このことから、5-H-Y は既存の抗がん剤と同等の抗がん作用をもつことが示唆された。

5-H-Y のもつ抗がん作用のメカニズムを解明するためには、5-H-Y が細胞内の何を標的にしているかという点が非常に重要である。これを明らかにするため、放射光を用いた走査型蛍光 X 線顕微鏡により白金原子に由来する蛍光を観察し、5-H-Y が細胞内のどこに集積しているかを観察した。白金原子は通常細胞内には存在しないため、薬剤に由来する白金の蛍光 X 線のみを検出できる。これにより、薬剤の細胞内局在を非常に特異的に検出することに成功した。その結果、5-H-Y は細胞全体に分布するが、特に核において強いシグナルを検出した (図28)。これにより、5-H-Y は核内の DNA を標的としている可能性が示唆された。

この知見より、5-H-Y が DNA に対してどのような作用を引き起こしているかを調べるため、

DNA の複製に対する 5-H-Y の影響を調べた。その結果、シスプラチンと同様、5-H-Y の添加により、DNA 複製期 (S 期) における細胞の DNA 複製が阻害されていた。すなわち、5-H-Y は DNA 複製を阻害することで、抗がん作用をあらわすと考えられた。

一方、シスプラチンのように DNA に対して架橋を引き起こす作用が 5-H-Y では非常に小さいことを、生化学的実験により明らかにした。これにより、5-H-Y は、シスプラチンの作用機序である DNA の架橋とは異なる方法によって DNA 複製を阻害していることが強く示唆された。

それでは 5-H-Y はどのようにして DNA 複製を阻害しているのだろうか。クロマチン高次構造に対する 5-H-Y の影響を調べた結果、5-H-Y がシスプラチンとは異なり、試験管内で再構成したクロマチンを高度に凝縮させることを見いだした。さらに、細胞に対して 5-H-Y を与えても、核膜や核小体周辺といったヘテロクロマチン領域でのクロマチン凝集が観察できた。すなわち、5-H-Y は細胞内で DNA と相互作用し、クロマチンを凝縮させていることが示唆された。クロマチンの凝縮は核内の環境を強制的に変化させる作用のため、このクロマチンの凝縮が 5-H-Y の DNA 複製阻害作用に関与していることが考えられる(図 29)。

以上より、5-H-Y はシスプラチンのような既存の抗がん剤とは異なる作用によって、同等の抗がん効果をもつ薬剤であると示唆された。実際に、シスプラチンに耐性を獲得したヒト乳がん細胞に対しても、5-H-Y は十分な増殖抑制作用を示すことを明らかにしている。そのため、5-H-Y はシスプラチンなどの白金含有薬剤のオルタナティブとして有望な新規白金含有化合物であると考えられ、社会的に大きなインパクトが期待できる。

また、これまでに、クロマチンを凝集させることによって DNA 複製阻害作用をあらわす薬剤は知られていなかった。そのため、クロマチンの凝縮状態などの環境と DNA 複製とがどのように関係しているかという問題は生物学的に非常に根本的な問題であるにも関わらず、未だ理解が進んでいない。5-H-Y はこの根本的な問題を解明するために非常に有望な化合物であると期待される。

以上に関する報告が、Scientific Reports 誌に掲載された(R. Imai et al., Scientific Reports 2016)。本論文は本 CREST の全メンバーが連名となっている。放射光科学の医学生物学応用において、抗がん剤の作用機序の解明に位置づけられ、本研究の重要な成果である。

さらに、シスプラチンを始めとする既存の白金製剤の DNA 架橋作用とクロマチン構造との関係についても明らかにすることに成功した。クロマチン構造がシスプラチンの DNA 架橋にどのような影響をおよぼすのかは、DNA ダメージの研究においてとても重要である。このため、クロマチンを凝縮・脱凝縮させた状態でシスプラチンと反応させ、シスプラチンの DNA 結合量の変化を ICP-MS を用いて定量した(H. Takata et al., PLOS ONE 2013)。その結果、クロマチンが脱凝縮するとシスプラチンの結合量が有意に増加した。このことは、クロマチンが脱凝縮し、オープンになるにつれ、シスプラチンが DNA にアタックしやすくなることを意味する(図 30)。この知見は、シスプラチンの抗ガン作用を高めるためには、クロマチンを脱凝縮させるのが効果的であることを示している。実際の治療においても、HDAC 阻害剤など、クロマチンを脱凝縮させる薬剤との併用が有効である可能性が示唆された。また、このようなクロマチンが凝縮している場合、シスプラチンなどの薬剤だけでなく、放射線に対しても耐性が生み出されることがわかった(H. Takata et al., PLOS ONE 2013)。

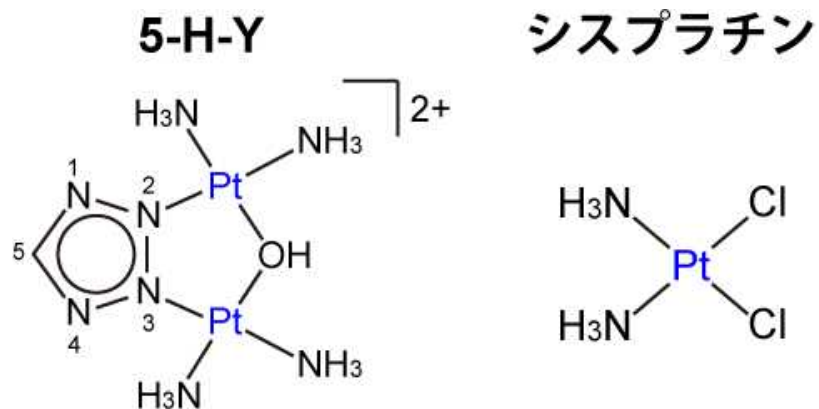


図 27 新規白金薬剤 5-H-Y(左)とシスプラチン(右)の構造式. 白金原子を青色で示す.

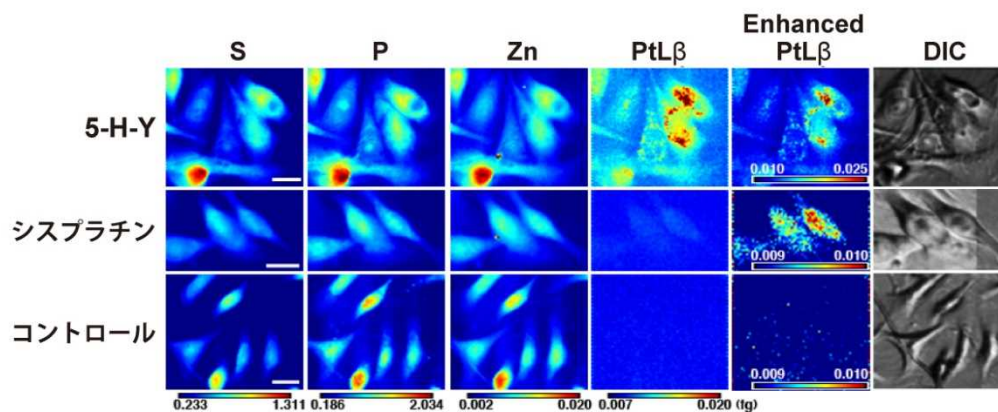


図 28 蛍光 X 線顕微鏡による各種元素の観察. 志村グループとの共同実施. 白金の蛍光 (PtLβ)が, 薬剤を添加した細胞でのみ主に核内で検出された.

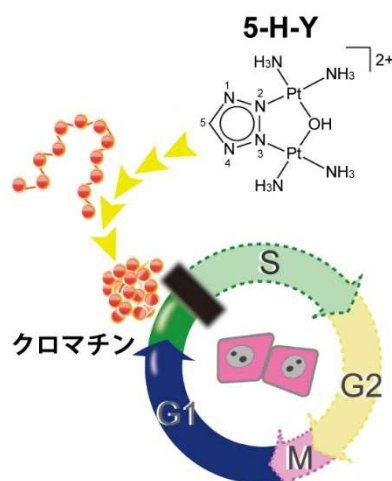


図 29 5-H-Y のクロマチンへの作用 (模式図). 5-H-Y はクロマチンの凝縮を引き起こし, それにより DNA 複製期 (S 期)の DNA 複製が阻害されると考えられる.

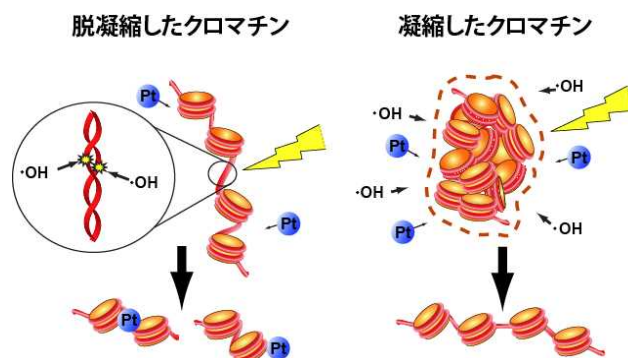


図 30 クロマチン構造とシスプラチンによる DNA 架橋の模式図. 脱凝縮したクロマチンでは、より多くの薬剤の攻撃を受ける。

3. 3. 2 X 線顕微鏡を用いた細胞及び染色体の観察

SXFM, XDM, 蛍光顕微鏡をもちいた白金製剤によるクロマチン・染色体構造異常の多角的解析に関連して、染色体構造解析を SPring-8 で X 線散乱解析をおこなった結果、以下のことが明らかになった。

長いゲノム DNA がどのようにして細胞中に収納されているのかはまだ不明であり、生物学の重要課題である。ゲノム DNA の収納については、教科書では、DNA がヒストンに巻かれてヌクレオソームとなり、これが規則正しく束ねられて 30-nm クロマチン線維や、さらなる階層構造ができる様子が、定説として図示されている。私たちは放射光を用いた X 線散乱解析をヒト分裂期染色体に対しておこない、ヒト染色体は、30-nm クロマチン線維よりもむしろヌクレオソーム線維の不規則な折り畳みによって構築されていることを示した(図31)(Y. Nishino *et al.*, EMBO J. 2012)。

また、放射光でのX線散乱解析により、このような不規則な構造は細胞の間期クロマチンにおいても存在していることが分かった(Y. Joti *et al.*, Nucleus 2012)。この結果は、間期と分裂期細胞のクロマチン構造の類似性を示している。このような不規則な収納は、物理的な束縛が少ないため、個々のヌクレオソームが動ける余地も増え、遺伝情報の検索にとっては便利なが多いと考えられる。実際、私たちは生きた細胞の中で、このヌクレオソームの動き(ゆらぎ)を観察することに成功し (T. Nozaki *et al.*, Nucleus 2013, S. Hirai *et al.*, Cell Reports 2012, K. Maeshima *et al.*, Curr Opin Genet Dev. 2016), 細胞内のヌクレオソームのゆらぎは、タンパク質の運動と DNA へのアクセスの両面において重要であることがわかった。

さらに、人工的に合成した連結ヌクレオソームを用いて、放射光でのX線散乱解析をおこなった結果、ヌクレオソームは染色体のような大きな構造をつくるため、不規則に折り畳まれる性質をもともと持っていることを示した(K. Maeshima *et al.*, EMBO J. 2016)。

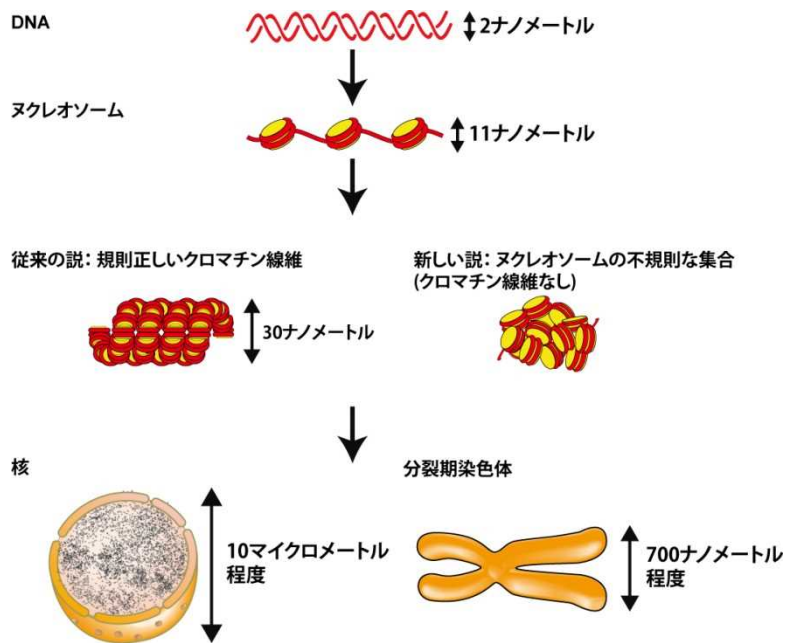


図 3 1 染色体中の DNA の階層構造
(左：これまでの教科書，右：新しく得られた構造)

§ 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 1 件、国際(欧文)誌 57 件)

1. S. Matsuyama, H. Nakamori, T. Goto, T. Kimura, K. P. Khakurel, Y. Kohmura, Y. Sano, M. Yabashi, T. Ishikawa, Y. Nishino and K. Yamauchi, “Nearly diffraction-limited X-ray focusing with variable-numerical-aperture focusing optical system based on four deformable mirrors”, *Sci. Rep.* 6 (2016), 24801. (DOI: 10.1038/srep24801)
2. K. Maeshima, R. Rogge, S. Tamura, Y. Joti, T. Hikima, H. Szerlong, C. Krause, J. Herman, J. DeLuca, T. Ishikawa, J. C. Hansen, “Nucleosomal arrays self-assemble into supramolecular globular structures lacking 30-nm fibers”, *EMBO J.* 35 (2016) 1115–1132. (DOI: 10.15252/embj.201592660)
3. R. Imai, S. Komeda, M. Shimura, S. Tamura, S. Matsuyama, K. Nishimura, R. Rogge, A. Matsunaga, I. Hiratani, H. Takata, M. Ueda, Y. Iida, Y. Yoshikawa, J. C. Hansen, K. Yamauchi, M. T. Kanemaki, and K. Maeshima, “Chromatin folding and DNA replication inhibition mediated by a highly antitumor-active tetrazolato-bridged dinuclear platinum(II) complex.”, *Sci. Rep.* 6 (2016) 24712. (DOI: 10.1038/srep24712)
4. K. Maeshima, S. Ide, K. Hibino, M. Sasai, “Liquid-like behavior of chromatin.” *Current Opinion in Genetics and Development.* 37 (2016) 36–45. (DOI: 10.1016/j.gde.2015.11.006)
5. J. Wei, K. Niikura, T. Higuchi, T. Kimura, H. Mitomo, H. Jinnai, Y. Joti, Y. Bessho, Y. Nishino, Yasutaka Matsuo, and Kuniharu Ijro, “Yolk/Shell Assembly of Gold Nanoparticles by Size Segregation in Solution”, *J. Am. Chem. Soc.* 138 (2016) 3274–3277. (DOI: 10.1021/jacs.5b12456)
6. R. Yoshida, H. Yamashige, M. Miura, T. Kimura, Y. Joti, Y. Bessho, M. Kuramoto, J. Yu, K. Khakurel, K. Tono, M. Yabashi, T. Ishikawa, and Y. Nishino, “Extending the potential of x-ray free-electron lasers to industrial applications – an initiatory attempt at coherent diffractive imaging on car-related nanomaterials”, *J. Phys. B* 48 (2015) 244008. (DOI: 10.1088/0953-4075/48/24/244008)
7. K. P. Khakurel, T. Kimura, Y. Joti, S. Matsuyama, K. Yamauchi, and Y. Nishino, “Coherent diffraction imaging of non-isolated object with apodized illumination”, *Opt. Express* 23 (2015) 28182–28190. (DOI: 10.1364/OE.23.028182)
8. S. Matsuyama, H. Kino, S. Yasuda, Y. Kohmura, H. Okada, T. Ishikawa and K. Yamauchi, “Development of achromatic full-field hard x-ray microscopy with two monolithic imaging mirrors”, *Proc. SPIE* 9592 (2015) 959208. (DOI: 10.1117/12.2188583)
9. T. Goto, H. Nakamori, T. Kimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, and S. Matsuyama, “Hard X-ray nanofocusing using adaptive focusing optics based on piezoelectric deformable mirrors,” *Rev. Sci. Instrum.*, 86 (2015) 043102. (DOI: 10.1063/1.4916617)
10. K. Yamauchi, M. Yabashi, H. Ohashi, T. Koyama, and T. Ishikawa, “Nanofocusing of X-ray free-electron lasers by grazing-incidence reflective optics”, *J. Synchrotron Radiat.* 22 (2015) 592–598. (DOI: 10.1107/S1600577515005093)
11. S. Matsuyama, Y. Emi, H. Kino, Y. Kohmura, T. Ishikawa, and K. Yamauchi, “Achromatic and high-resolution full-field X-ray microscopy based on total-reflection mirrors,” *Opt. Express*, 23 (2015) 9746–9752. (DOI: 10.1364/OE.23.009746)
12. J. Yamada, Matsuyama, Y. Sano, and K. Yamauchi, “Development of ion beam figuring system with electrostatic deflection for ultraprecise X-ray reflective optics”, *Rev. Sci. Instrum.* 86 (2015) 093103. (DOI: 10.1063/1.4929323)
13. Ł. Szyrwił, M. Shimura, J. Shirataki, S. Matsuyama, A. Matsunaga, B. Setner, Ł. Szczukowski, Z. Szewczuk, K. Yamauchi, W. Malinka, L. Chavatte, and R. Łobinski, “A novel branched Tat 47–57 peptide for selective Ni²⁺ introduction into the human fibrosarcoma cell nucleus.”

- Metallomics, 7 (2015) 1155–1162. (DOI: 10.1039/C5MT00021A)
14. Z. Liang, D. Zickler, M. Prentiss, F.S. Chang, G. Witz, K. Maeshima, and N. Kleckner, “Chromosomes progress to metaphase in multiple discrete steps via global compaction/expansion (stress) cycles”, *Cell*, 161 (2015) 1124–1137. (DOI: 10.1016/j.cell.2015.04.030)
 15. Ł. Szyrwił, M. Shimura, J. Shirataki, J. S. Pap, Ł. Szczukowski, B. Setner, Z. Szewczuk, W. Malinka, L. Chavatte, and R. Łobinski, “The Cu (II) and Ni (II) binding properties of de novo branched peptides based on 2,3-diaminopropionic acid and their in vitro metal ions cellular trafficking features.” *J of Biological Inorganic Chemistry* 19 (2015) S777.
 16. R. Iida, H. Kawamura, K. Niikura, T. Kimura, S. Sekiguchi, Y. Joti, Y. Bessho, H. Mitomo, Y. Nishino and K. Ijro, “Synthesis of Amphiphilic Janus-like Gold Nanoparticles by Surface Ligand Exchange and their Self-Assembly Behavior in Water”, *Langmuir* 31 (2015) 4054–4062 (DOI: 10.1021/la504647z)
 17. K. Maeshima, K. Kaizu, S. Tamura, T. Nozaki, T. Kokubo, and K. Takahashi, “The physical size of transcription factors is key to transcriptional regulation in the chromatin domains”, *Journal of Physics: condensed matters*, 27 (2015) 064116 (10 pp). (DOI:10.1088/0953-8984/27/6/064116)
 18. Y. Kawamoto, A. Sasaki, K. Hashiya, S. Ide, T. Bando, K. Maeshima, H. Sugiyama, “Tandem trimer pyrrole-imidazole polyamide probes targeting 18 base pairs in human telomere sequences”, *Chemical Science* 6 (2015) 2307–2312. (DOI: 10.1039/c4sc03755c).
 19. H. Mimura, H. Yumoto, S. Matsuyama, T. Koyama, K. Tono, Y. Inubushi, T. Togashi, T. Sato, J. Kim, R. Fukui, Y. Sano, M. Yabashi, H. Ohashi, T. Ishikawa, and K. Yamauchi, “Generation of 10(20) W cm⁽⁻²⁾ hard X-ray laser pulses with two-stage reflective focusing system.,” *Nat. Commun.*, 5 (2014), 3539. (DOI: 10.1038/ncomms4539)
 20. T. Goto, S. Matsuyama, H. Nakamori, T. Kimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, and K. Yamauchi, “Development of a one-dimensional two-stage focusing system with two deformable mirrors,” *Proc. SPIE*, 9208 (2014) 920802. (DOI: 10.1117/12.2061821)
 21. M. Yabashi, K. Tono, H. Mimura, S. Matsuyama, K. Yamauchi, T. Tanaka, H. Tanaka, K. Tamasaku, H. Ohashi, S. Goto, and T. Ishikawa, “Optics for coherent X-ray applications.,” *J. Synchrotron Radiat.*, 21 (2014) 976–85. (DOI: 10.1107/S1600577514016415)
 22. S. Matsuyama, Y. Emi, H. Kino, Y. Kohmura, M. Yabashi, T. Ishikawa, and K. Yamauchi, “Development of achromatic full-field hard x-ray microscopy and its application to x-ray absorption near edge structure spectromicroscopy,” *Proc. SPIE*, 9207 (2014), 92070Q. (DOI: 10.1117/12.2060783)
 23. K. Maeshima, R. Imai, T. Hikima, and Y. Joti, “Chromatin Structures Revealed by Small-angle X-ray Scattering Analysis and Computational Modeling”, *Methods*, 70 (2014) 154–161. (DOI: 10.1016/j.ymeth.2014.08.008)
 24. S. Hagiwara, Y. Suzuki, A. Nakayama, A. Matusnaga, Y. Iida, and M. Shimura, “Multiple Element classification Hematological malignancies from healthy population.” *Blood* 124 (2014) 5959.
 25. A. Hirata, K. Nokihara, Y. Kawamoto, T. Bando, A. Sasaki, S. Ide, K. Maeshima, T. Kasama, and H. Sugiyama, “Structural Evaluation of Tandem Hairpin Pyrrole–Imidazole Polyamides Recognizing Human Telomeres” *Journal of the American Chemical Society* 136 (2014) 11546–11554. (DOI: 10.1021/ja506058e)
 26. T. Kimura, Y. Joti, A. Shibuya, C. Song, S. Kim, K. Tono, M. Yabashi, M. Tamakoshi, T. Moriya, T. Oshima, T. Ishikawa, Y. Bessho, and Y. Nishino, “Imaging live cell in micro-liquid enclosure by X-ray laser diffraction”, *Nature Communications*, 5 (2014) 3052 (DOI: 10.1038/ncomms4052)

27. T. Nozaki, K. Kaizu, C.G. Pack, S. Tamura, T. Tani, S. Hihara, T. Nagai, K. Takahashi, K. Maeshim. "Flexible and dynamic nucleosome fiber in living mammalian cells." *Nucleus*, 4 (2013) 349–356. (DOI: 10.4161/nucl.26053)
28. R. Fukui, J. Kim, S. Matsuyama, H. Yumoto, Y. Inubushi, K. Tono, T. Koyama, T. Kimura, H. Mimura, H. Ohashi, M. Yabashi, T. Ishikawa, and K. Yamauchi, "A precision grazing-incidence angle error measurement of a hard x-ray condenser mirror using single-grating interferometry", *Synchrotron Radiation News*, 26 (2013) 13–16. (DOI: 10.1080/08940886.2013.832585)
29. H. Takata, T. Hanafusa, T. Mori, M. Shimura, Y. Iida, K. Ishikawa, K. Yoshikawa, Y. Yoshikawa, K. Maeshima. "Chromatin compaction protects genomic DNA from radiation damage." *PLOS ONE* (2013) e75622. (DOI: 10.1371/journal.pone.0075622)
30. T. Nozaki, K. Kaizu, C.G. Pack, S. Tamura, T. Tani, S. Hihara, T. Nagai, K. Takahashi, K. Maeshim. "Flexible and dynamic nucleosome fiber in living mammalian cells." *Nucleus* 4 (2013), 349–356. (DOI: 10.4161/nucl.26053)
31. S. Matsuyama, A. Matsunaga, S. Sakamoto, Y. Iida, Y. Suzuki, Y. Ishizaka, K. Yamauchi, T. Ishikawa, M. Shimura, "Scanning protein analysis of electrofocusing gels using X-ray fluorescence", *Metallomics*, 5 (2013) 492–500. (DOI: 10.1039/c3mt20266f)
32. T. Kimura, S. Matsuyama, K. Yamauchi, Y. Nishino, "Coherent x-ray zoom condenser lens for diffractive and scanning microscopy", *Optics Express*, 21 (2013) 9267–9276. (DOI: 10.1364/OE.21.009267)
33. H. Nakamori, S. Matsuyama, S. Imai, T. Kimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, "X-ray nanofocusing using a piezoelectric deformable mirror and at-wavelength metrology methods", *Nucl. Instrum. Methods. Phys. Res. A*, 710 (2013) 93–97. (DOI: 10.1016/j.nima.2012.11.059)
34. W.H. Shang, T. Hori, N.M. Martins, A. Toyoda, S. Misu, N. Monma, I. Hiratani, K. Maeshima, K. Ikeo, A. Fujiyama, H. Kimura, W.C. Earnshaw, T. Fukagawa, (2013). "Chromosome Engineering Allows the Efficient Isolation of Vertebrate Neocentromeres", *Dev Cell*. 25 (2013) 635–648. (DOI: 10.1016/j.devcel.2013.02.009)
35. S. Matsuyama, H. Yokoyama, R. Fukui, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, W. Yashiro, A. Momose, T. Ishikawa, K. Yamauchi, Wavefront measurement for a hard-X-ray nanobeam using single-grating interferometry, *Optics Express*, 20 (2012) 24977–24986. (DOI: 10.1364/OE.20.024977)
36. S. Matsuyama, T. Kimura, H. Nakamori, S. Imai, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, "Development of piezoelectric deformable mirror for hard X-ray nanofocusing", *Proc. SPIE* 8503 (2012) 850303. (DOI: 10.1117/12.930276)
37. H. Yumoto, H. Mimura, T. Koyama, S. Matsuyama, K. Tono, T. Togashi, Y. Inubushi, T. Sato, T. Tanaka, T. Kimura, H. Yokoyama, J. Kim, Y. Sano, Y. Hachisu, M. Yabashi, H. Ohashi, H. Ohmori, T. Ishikawa, K. Yamauchi, "Focusing of X-ray free-electron laser pulses with reflective optics", *Nature Photonics*, 7 (2012) 43–47. (DOI: 10.1038/nphoton.2012.306)
38. H. Nakamori, S. Matsuyama, S. Imai, T. Kimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, "Development of an ultraprecise piezoelectric deformable mirror for adaptive X-ray optics", *Key Engineering Materials*, 523–524 (2012) 50–53. (DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.523–524.50)
39. Y. Joti, T. Hikima, Y. Nishino, F. Kamada, S. Hihara, H. Takata, T. Ishikawa, K. Maeshima, "Chromosomes without a 30-nm chromatin fiber", *Nucleus* 3 (2012) 404–410. (DOI: 10.4161/nucl.21222)
40. J. Pérez, Y. Nishino, "Advances in X-ray scattering: from solution SAXS to achievements with coherent beams", *Curr. Opin. Struct. Biol.* 22 (2012) 670–678. (DOI: 10.1016/j.sbi.2012.07.014)
41. S. Hihara, C.G. Pack, K. Kaizu, T. Tani, T. Hanafusa, T. Nozaki, S. Takemoto, T. Yoshimi, H.

- Yokota, N. Imamoto, Y. Sako, M. Kinjo, K. Takahashi, T. Nagai, K. Maeshima, “Local Nucleosome Dynamics Facilitate Chromatin Accessibility in Living Mammalian Cells”, *Cell Reports* 2 (2012) 1645–1656. (DOI: 10.1016/j.celrep.2012.11.008)
42. H. Nakamori, S. Matsuyama, S. Imai, T. Kimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “Experimental and simulation study of undesirable short-period deformation in piezoelectric deformable X-ray mirrors”, *Review of Scientific Instruments*, 83 (2012) 053701. (DOI: 10.1063/1.4709499)
 43. Y. Nishino, M. Eltsov, Y. Joti, K. Ito, H. Takata, Y. Takahashi, S. Hihara, A. S. Frangakis, N. Imamoto, T. Ishikawa, K. Maeshima, “Human mitotic chromosomes consist predominantly of irregularly folded nucleosome fibres without a 30-nm chromatin structure”, *EMBO J.*, 31(7) (2012) 1644–1653. (DOI: 10.1038/emboj.2012.35)
 44. S. Matsuyama, N. Kidani, H. Mimura, Y. Sano, Y. Kohmura, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “Hard-X-ray imaging optics based on four aspherical mirrors with 50 nm resolution”, *Optics Express*, 20 (2012) 10310–10319. (DOI: 10.1364/OE.20.010310)
 45. H. Takata, K. Maeshima, “Irregular folding of nucleosomes in the cell”, *Physics of Life Reviews*, 8 (2011) 51–52. (DOI: 10.1016/j.plrev.2011.01.005)
 46. K. Maeshima, S. Hihara, H. Takata, “New insight into the mitotic chromosome structure: irregular folding of nucleosome fibers?” *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 75 (2011) 439–444. (DOI: 10.1101/sqb.2010.75.034)
 47. Y. Takahashi, A. Suzuki, N. Zettsu, Y. Kohmura, Y. Senba, H. Ohashi, K. Yamauchi, T. Ishikawa, “Towards High-Resolution Ptychographic X-ray Diffraction Microscopy”, *Physical Review B*, 83 (2011) 214109. (DOI: 10.1103/PhysRevB.83.214109)
 48. Y. Takahashi, A. Suzuki, N. Zettsu, Y. Kohmura, K. Yamauchi, T. Ishikawa, “Multiscale element mapping of buried structures by ptychographic x-ray diffraction microscopy using anomalous scattering”, *Applied Physics Letters*, 99 (2011) 131905. (DOI: 10.1063/1.3644396)
 49. K. Yamauchi, H. Mimura, T. Kimura, H. Yumoto, S. Handa, S. Matsuyama, K. Arima, Y. Sano, K. Yamamura, K. Inagaki, H. Nakamori, J. Kim, K. Tamasaku, Y. Nishino, M. Yabashi, T. Ishikawa, “Single-nanometer focusing of hard x-rays by Kirkpatrick-Baez mirrors”, *Journal of Physics: Condensed Matter*, 23 (2011) 394206. (DOI: 10.1088/0953-8984/23/39/394206)
 50. R. Xu, S. Salha, K. S. Raines, H. Jiang, C.-Chun Chen, Y. Takahashi, Y. Kohmura, Y. Nishino, C. Song, T. Ishikawa, J. Miao, “Coherent diffraction microscopy at SPring-8: instrumentation, data acquisition and data analysis”, *Journal of Synchrotron Radiation*, 18 (2011) 293–298. (DOI: 10.1107/S0909049510051733)
 51. H. Takata, K. Maeshima, “Irregular folding of nucleosomes in the cell (Comment)”, *Physics of Life Reviews*, 8 (2011) 51–52. (DOI: 10.1016/j.plrev.2011.01.004.)
 52. H. Mimura, T. Kimura, H. Yumoto, H. Yokoyama, H. Nakamori, S. Matsuyama, K. Tamasaku, Y. Nishino, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “One-dimensional sub-10-nm hard X-ray focusing using laterally graded multilayer mirror” *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 635(1) (2011) S16–S18. (DOI: 10.1016/j.nima.2010.11.047)
 53. Y. Nishino, Y. Tanaka, M. Okada, M. Okaya, Y. Uozaki, K. Nozaki, M. Yabashi, M. Nagasono, K. Tono, H. Kimura, H. Ohashi, S. Matsui, T. Ishikawa, E. Matsubara, “Femtosecond Snapshot Holography with Extended Reference Using Extreme Ultraviolet Free-Electron Laser”, *Applied Physics Express*, 3 (2010) 102701. (DOI: 10.1143/APEX.3.102701)
 54. S. Matsuyama, T. Wakioka, N. Kidani, T. Kimura, H. Mimura, Y. Sano, Y. Nishino, M. Yabashi, K. Tamasaku, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “One-dimensional Wolter optics with a sub-50 nm spatial resolution”, *Optics Letters*, 35 (2010) 3583–3585. (DOI: 10.1364/OL.35.003583)
 55. T. Kimura, H. Mimura, S. Handa, H. Yumoto, H. Yokoyama, S. Imai, S. Matsuyama, Y. Sano, K. Tamasaku, Y. Komura, Y. Nishino, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “Wavefield characterization of nearly diffraction-limited focused hard x-ray beam with size less than 10

- nm”, Review of Scientific Instruments, 81 (2010) 123704. (DOI: 10.1063/1.3509384)
56. Y. Takahashi, Y. Nishino, R. Tsutsumi, N. Zettsu, E. Matsubara, K. Yamauchi, T. Ishikawa, “High-resolution projection image reconstruction of thick objects by hard x-ray diffraction microscopy”, Physical Review B, 82 (2010) 214102. (DOI: 10.1103/PhysRevB.82.214102)
 57. S. Matsuyama, T. Wakioka, H. Mimura, T. Kimura, N. Kidani, Y. Sano, Y. Nishino, K. Tamasaku, M. Yabashi, T. Ishikawa, K. Yamauchi, “Development of a one-dimensional Wolter mirror for an advanced Kirkpatrick-Baez mirror”, Proc. SPIE, 7802 (2010) 780202. (DOI:10.1117/12.860405)
 58. 三村秀和, 湯本博勝, 松山智至, 佐野泰久, 山内和人, “X線ミラー用ナノ精度表面創成法の開発-形状修正加工の高分解能化とX線集光ミラーへの適応”, 精密工学会誌, 76 (2010) 338-342. (DOI:10.2493/jjspe.76.338)

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 山内和人, 松山智至, 「X線顕微鏡」, 病理と臨床, 33, (2015) 1257-1266.
2. 西野吉則, 木村 隆志, 城地 保昌, 別所 義隆, 「X線レーザー回折による生きた細胞のナノイメージング」, オプトロニクス 35(1) (2016) 48-52.
3. Y. Nishino, T. Kimura, Y. Joti, and Y. Bessho, “Imaging live cells by X-ray laser diffraction” SPring-8 Research Frontiers 2014 (2015) 126-127.
4. 西野吉則, 「X線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング-フェムト秒の発光時間のX線で生きた細胞の一瞬の姿を映し出す」, 化学と工業 68 (2015) 1018-1020.
5. 西野吉則, 「X線自由電子レーザーが拓く生きた細胞のナノレベル観察」, 科学(岩波書店) 85(1) (2015) 76-78.
6. 木村 隆志, 城地 保昌, 別所 義隆, 西野 吉則, 松尾 保孝, 大西 広, 「パルス状コヒーレントX線溶液散乱法のための溶液試料ホルダの開発」, NanotechJapan Bulletin 8(3) (2015).
7. 松山智至, 志村まり, 「細胞内微量元素イメージングと生物医学応用」, ぶんせき, 展望, 8 (2015) 328-334.
8. 志村まり, 松山智至, 「走査型蛍光X線顕微鏡による細胞内元素局在一細胞生物, 医学への応用」, X線分析の進歩, 総説, 46 (2015) 133-144.
9. 西野吉則, 木村隆志, 城地保昌, 別所義隆, 「X線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」, SPring8/SACLA 利用者情報, 20(3) (2015) 237-240.
10. 西野吉則, 「コヒーレントX線回折イメージング」, ATI NEWS, 18 (2015) 2-7.
11. 西野吉則, 木村隆志, 城地保昌, 別所義隆, 「X線自由電子レーザーによる生きた細胞のナノイメージング」, 放射光, 28(1) (2015) 18-24.
12. 西野吉則, 「X線・軟X線顕微鏡技術開発の最前線と生命科学への応用」, 強光子場の化学分子の超高速ダイナミクス(CSJ カレントレビュー18), 化学同人, 日本化学会編 (2015) 129-133.
13. 山内和人, 「X線光学」, 光学, 43(4) (2014) 147-148.
14. K. Maeshima, Y. Nishino, and Y. Joti, “Irregular organization in the human chromosomes revealed by X-ray scattering”, SPring-8 Research Frontiers 2013, (2014) 32-33.
15. K. Maeshima, R. Imai, S. Tamura, and T. Nozaki, “Chromatin as dynamic 10-nm fibers”, Chromosoma, 123 (2014) 225-237. (DOI: 10.1007/s00412-014-0460-2)
16. 西野吉則, 「X線・放射光利用による分析」, マイクロビームアナリシス・ハンドブック, オーム社, 日本学術振興会 マイクロビームアナリシス第141委員会 編 (2014) 476-482.
17. 西野吉則, 木村隆志, 城地保昌, 別所義隆, 「X線レーザーによるナノレベルでの生きた細胞内部の観察」, Isotope News 723 (2014) 2-4.
18. 木村隆志, 城地保昌, 別所義隆, 西野吉則, 「フェムト秒X線レーザーによる溶液中の生きた細胞観察」, 応用物理, 83(10) (2014) 830-833.
19. 前島一博, 「柔軟に収納されている生命の設計図」 共済だよりレター (2014) 11月号, 14.

20. 今井亮輔, 海津一成, 野崎 慎, 前島一博, 高橋恒一, 「定量的 1 分子蛍光イメージングと計算機シミュレーションを用いたゲノムダイナミクスの解析」, 生化学(2014) 86-2, 192-200.
21. 前島一博, 「DNA 収納のなぞ: DNA は細胞内でどのように折り畳まれているのか?」, 『遺伝子が語る生命 38 億年の謎—なぜ, ゴウはネズミより長生きか?』, 悠書館 (2014) 134-144 平成 26 年 6 月 27 日
22. 前島一博, 「教科書の染色体構造が変わる? !」, 『はっきりわかる現代サイエンスの常識事典』, 成美堂出版 (2014) 80-81 平成 26 年 9 月 5 日
23. 高田英, 前島一博, 「クロマチンの凝縮が生み出す放射線耐性」, 日本アイソトープ協会広報誌 「Isotope News」 (2014) 3 月号, 2-6.
24. 前島一博, 「不規則な収納が生む自由—DNA 収納の基本を問い直す—」, 『変わる』生命誌年刊号, 発行: JT 生命誌研究館 発売: 新曜社 (2014) 111-117.
25. 前島一博, 「放射光によるヒト染色体の構造解析」放射光 (2013) 26, 206-213 平成 25 年 7 月 1 日
26. 西野吉則, 「コヒーレント X 線回折が拓く新境地」, 光学 42, 309 (2013)
27. H. Takata, S. Matsunaga, K. Maeshima, “The organisation of genomic DNA in mitotic chromosomes: a novel view“, In Greilhuber, J., Leitch, I., Wendel, J., Dolezel, J.(Eds.), Plant Genome Diversity Volume 2 (2013) 33-34, Springer Verlag, Germany.
28. 山内和人, 「X 線自由電子レーザー集光技術の現状と将来」, 高圧力の科学と技術 23 220-226, (2013)
29. 松山智至, 「色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発」, X 線結像光学ニューズレター, 38 (2013), 1-4.
30. 松山智至, 「高分解能 X 線顕微鏡の実現を目指して」, 生産と技術 65, 49-51 平成 25 年 4 月 10 日
31. 志村まり, 松山智至, 「蛍光 X 線顕微鏡システムを用いた細胞イメージング」, 月刊メディカルテクノロジー 41, 203-206 平成 25 年 2 月 15 日
32. 野崎慎, 前島一博, 「30nm クロマチン線維は存在しない!」, 化学と生物 (2013) 51, 177-182 平成 25 年 3 月 1 日
33. 前島一博, 城地保昌, 西野吉則, 高田英昭, 鎌田福美, 日原さえら, 「ヒトゲノム DNA の不規則で柔軟な収納原理」, 生物物理(2013) 53, 4-10 平成 25 年 1 月 25 日
34. 西野吉則, 「コヒーレント X 線イメージング」, 計測と制御, 計測自動制御学会, 50(5) (2011) 314-319.
35. Y. Nishino, “Coherent X-Ray Diffraction for High-Contrast Bioimaging“ in “Synchrotron Radiation and Structural Proteomics” (Pan Stanford Series on Nanobiotechnology Vol.3), Pan Stanford Publishing, E. Pechkova, C. Riedel, Eds., (2011) 105-124.
36. 西野吉則, 「細胞の中の染色体を立体的に映し出す技術とは?」, ブルーボックス「放射光が解き明かす驚異のナノ世界 -魔法の光が拓く物質世界の可能性-」, 講談社 (2011) 108-110.
37. 石川哲也, 北村英男, 矢橋牧名, 西野吉則, 足立伸一, 「世界を変えるX線レーザー」, ブルーボックス「放射光が解き明かす驚異のナノ世界 -魔法の光が拓く物質世界の可能性-」, 講談社 (2011) 251-267.
38. 西野吉則, “X-ray Diffraction Limit Workshop Series Workshop 1 - Diffraction Microscopy, Holography and Ptychography using Coherent Beams 報告”, 放射光, 日本放射光学会 24(5) (2011) 273-274.
39. S. Matsuyama, K. Yamauchi, “Trace element mapping of a single cell using a hard X-ray nanobeam focused by a Kirkpatrick-Baez mirror system”, SPring-8 Research Frontiers 2010 (2011) 44-45 ISSN: 1349-0087).
40. 松山智至, 三村秀和, 山内和人, 「3-2-3 収束放射光を用いたナノ計測」, 知識ベース, オーム社 (2011).
41. 志村まり, 松山智至, 「走査型蛍光エックス線顕微鏡による細胞内元素マッピングの医学応

用」, 日本放射光学会, 解説, 第 23 巻 No4 (2010) 230-237.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 85 件、国際会議 79 件)

〈国内〉

1. 西野吉則, 「コヒーレント X 線イメージング」, 平成 27 年度ソフトマター中性子散乱研究会, エッサム神田ホール, 2016 年 3 月 22 日
2. 西野吉則, 「X線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」, ISSP ワークショップ「SPRING-8 BL07LSU の現状 -X 線分光と回折の協奏へ-」, 東京大学物性研究所, 2016 年 3 月 1 日
3. 西野吉則, 「X 線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」, 日本顕微鏡学会第 40 回関東支部講演会, 顕微鏡が切り拓く最先端科学—Leading edge of science advanced by microscopy, 帝京大学板橋キャンパス, 2016 年 2 月 27 日
4. 西野吉則, 「エックス線レーザーで観た, 生きた細胞」, 「国民との科学・技術対話推進事業」藤女子中学校・高等学校出張講義, 藤女子中学校・高等学校, 2016 年 2 月 16 日
5. 西野吉則, 「X線レーザーで観た, 生きた細胞」, 第 53 回北海道高等学校教育研究会(高教研)理科部会物理分科会, 札幌市立札幌大通高校, 2016 年 1 月 8 日
6. 西野吉則他, “Live cell nano-imaging free from radiation damage by using X-ray free-electron laser”, 第 38 回分子生物学会年会・第 88 回生化学会大会合同大会(BMB2015), 神戸ポートアイランド, 2015 年 12 月 1-4 日
7. 西野吉則他, 「X 線自由電子レーザーを用いた環境制御ナノイメージング」, 第 13 回 X 線結像光学シンポジウム, 名古屋大学, 2015 年 11 月 17-18 日
8. 西野吉則, 「X 線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」, 平成 27 年度第 1 回生物構造学研究会, エッサム神田ホール, 2015 年 11 月 17 日
9. 木村隆志他, 「コヒーレント回折イメージングによる液中試料の動的構造計測に向けた取り組み」, 平成 27 年度アライнс G3分科会, 大阪大学中之島センター, 2015 年 11 月 12-13 日
10. 西野吉則, 「X線顕微鏡」, 大阪大学ナノサイエンス・ナノテクノロジー高度学際教育研究プログラム, 2015 年 10 月 29 日
11. 西野吉則他, 「X 線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」, 第 110 回日本医学物理学会学術大会, 北海道大学, 2015 年 9 月 18-20 日
12. 西野吉則他, 「X線自由電子レーザーを用いた環境を制御したナノイメージング」, 第 64 回高分子討論会, 東北大学 川内キャンパス, 2015 年 9 月 15-17 日
13. 西野吉則他, “Imaging live cells by X-ray laser diffraction”, 日本生物物理学会, 金沢大学角間キャンパス, 2015 年 9 月 13-15 日
14. 西野吉則, 「エックス線レーザーで観た, 生きた細胞」, 北海道大学電子科学研究所一般公開, 北海道大学電子科学研究所, 2015 年 6 月 4 日
15. 山内和人, 「放射光 X 線ナノ集光技術の現状と将来展望」, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会, 神奈川, 2015 年 3 月
16. 山内和人, 「X 線顕微鏡開発の最前線」, 日本顕微鏡学会第 71 回学術講演会, 京都, 2015 年 05 月
17. 山内和人, 「放射光ミラーの原子レベル平坦化技術」, 第 8 回トライボコーティング・ドライコーティング合同技術研究会, 兵庫, 2015 年 08 月
18. *西野吉則他, 「X線自由電子レーザーによる生きた細胞のナノイメージング」, 第 15 回蛋白質科学会年会, あわぎんホール, 徳島市, 2015 年 6 月 24-26 日
19. 西野吉則, 「X線レーザーで観た, 生きた細胞」, 「北海道札幌西高等学校スーパーサイエンスハイスクール事業」, 出張講義, 北海道札幌西高等学校, 2015 年 7 月 24 日
20. 前島一博, 「細胞の中の DNA の収納とそのダイナミクス」, 第 67 回日本細胞生物学会シンポジウム・S7 核・クロマチンの構造と機能, 東京, 2015 年 7 月

21. 前島一博,「細胞の中の DNA の収納とそのダイナミクス」, 新学術「少数性生物学」・さががけ「細胞構成」合同シンポジウム, 北海道, 2015 年 2 月
22. *西野吉則, "Live cell nano-imaging free from radiation damage by using X-ray free-electron laser", 文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム第 13 回ナノテクノロジー総合シンポジウム開催(JAPAN NANO 2015), 東京ビッグサイト, 2015 年 1 月 30 日
23. 西野吉則,「X線自由電子レーザーによる環境制御ナノイメージング」, 2014 年度第 2 回バイオ単分子研究会, 軽井沢, 2014 年 12 月 6-7 日
24. 西野吉則,「X線レーザーで観た, 生きた細胞」,「国民との科学・技術対話推進事業」北海道立札幌西校等学校出張講義, 北海道立札幌西校等学校, 2014 年 10 月 9 日
25. 西野吉則,「X線レーザーで観た, 生きた細胞」,「国民との科学・技術対話推進事業」北海道立札幌西校等学校出張講義, 北海道立札幌西校等学校, 2014 年 10 月 7 日
26. 西野吉則他,「X線レーザー回折による生きた細胞のスナップショットイメージング」, 第 63 回高分子討論会, 長崎大学文教キャンパス, 2014 年 9 月 24-26 日
27. 木村隆志他,「X 線自由電子レーザーを用いた溶液中試料イメージング法の開発」, JSPS マイクロビームアナリシス第 141 委員会第 157 回研究会, 名城大学 名駅サテライト, 2014 年 9 月 11-12 日
28. 西野吉則,「X線レーザーで観た, 生きた細胞」,「SPring-8 施設公開」科学講演会, SPring-8, 2014 年 4 月 27 日
29. 西野吉則,「X線レーザーで観た, 生きた細胞」,「北海道札幌西高等学校スーパーサイエンスハイスクール事業」出張講義, 北海道札幌西高等学校, 2014 年 7 月 24 日
30. 山内和人,「光を集める結晶精密加工:OSAKA-Mirror のこれから」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島, 2014 年 1 月
31. 山内和人,「X 線顕微鏡開発の最前線」, 日本物理学会大阪支部公開シンポジウム, 大阪, 2014 年 12 月
32. *前島一博他,「細胞核内の凝縮したクロマチンドメイン構造と放射線耐性」, 第 37 回日本分子生物学会年会・ワークショップ DNA 修復プロセッシングとゲノムダイナミクス, 兵庫, 2014 年 11 月
33. 前島一博,「少数の遺伝子が, 転写因子によって, 一体どのように 検索されるのか? -細胞のなかの「ゆらぐ」クロマチン」, 第三回少数性生物学トレーニングコース セミナー, 大阪大学吹田キャンパス, 2014 年 8 月
34. 前島一博,「細胞のなかでゆらぐクロマチン」, 第 66 回日本細胞生物学会大会シンポジウム「遺伝情報を司る DNA のふるまい」シンポジウムオーガナイザー・演者, 奈良, 2014 年 6 月
35. 前島一博,「細胞のなかでゆらぐクロマチン」, 第 1 回 新学術領域「植物環境感覚」「少数性生物学」ジョイントシンポジウム, 大阪, 2013 年 12 月
36. 志村まり,「放射光を利用した生体試料マッピングー生物医学研究ー」, プラズマ分光分析研究会, 筑波, 2014 年 7 月.
37. 志村まり,「走査型蛍光 X 線顕微鏡による細胞内元素と医学応用」, 第 25 回日本微量元素学会, 岡山, 7 月, 2014.
38. 志村まり,「走査型蛍光エックス線顕微鏡による細胞内元素と医学応用」, 日本分析化学会 X 線分析研究懇談会第 134 回例会, 東京, 2014 年 1 月
39. 西野吉則,「X線自由電子レーザーによる環境制御ナノイメージング」, 先導物質化学研究所講演会, 九州大学先導物質化学研究所, 2014 年 1 月 22 日
40. 西野吉則,「X線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のイメージング」, 大阪大学蛋白質研究所セミナー「量子ビームの連携利用に向けた新しいタンパク質結晶学」, 大阪大学蛋白質研究所, 2013 年 12 月 17-18 日
41. 西野吉則,「X線レーザーで観た, 生きた細胞」, 生物物理若手の会北海道支部セミナー, 北海道大学, 2013 年 12 月 3 日
42. 西野吉則,「X線自由電子レーザーによる液中ナノイメージング」, 第 6 回 CIMoS セミナー, 分子科学研究所, 岡崎, 愛知, 2013 年 10 月 2 日

43. 西野吉則他,「X線自由電子レーザーによる生きた試料のイメージング」, 第 62 回高分子討論会, 金沢大学角間キャンパス, 2013 年 9 月 11-13 日
44. 西野吉則,「X線レーザーによる生細胞のナノイメージング」, 第 5 回「レーザーバイオ医療」技術専門委員会, 北海道大学, 2013 年 6 月 21 日
45. *西野吉則,「X 線自由電子レーザーによる先端のイメージング」, 日本顕微鏡学会第 69 回学術講演会, ホテル阪急エキスポパーク, 大阪, 2013 年 5 月 20-22 日
46. 山内和人,「原子スケールの形状精度と平滑度の実現を目指して」, 2014 年度関西地方定期学術講演会, 近畿大学, 大阪, 2014 年 7 月 4 日
47. 山内和人,「放射光 X 線のナノ集光技術とその応用」, 2013 年度精密工学会秋季大会シンポジウム, 大阪, 2013 年 9 月
48. 金章雨他,「硬 X 線ナノ集光ミラー用 Pt/C 多層膜の作製と評価」, X 線ナノ集光技術研究会 2013, 大阪, 2013 年 11 月
49. 前島一博他,「細胞のなかの「ゆらぐ」クロマチン」, 第 65 回日本細胞生物学会 シンポジウム「少数要素の分子反応的視点から細胞生物学的現象を理解する試み」, 名古屋, 2013 年 6 月
50. 山内和人,「集光 X 線が拓くナノイメージング」, 光科学技術合同シンポジウム, 東京, 2013 年 6 月
51. 前島一博,「細胞のなかの「ゆらぐ」クロマチン」日本顕微鏡学会第 69 回学術講演会 シンポジウム「最先端バイオイメージングによる生命システムの動作原理解明にむけて」, 大阪(ホテル阪急エキスポパーク), 2013 年 5 月
52. 前島一博,「細胞のなかでゆらぐクロマチン」, 第 36 回日本分子生物学会年会 ワークショップ オーガナイザー・講演「遺伝子発現のゆらぎ・学習の動作原理を測る・導く」, 兵庫, 2013 年 12 月
53. 高田英昭他,「クロマチン凝縮による放射線耐性」, 第 31 回染色体ワークショップ・第 12 回核ダイナミクス研究会, 神奈川, 2013 年 11 月
54. 志村まり,「走査型蛍光 X 線顕微鏡による細胞内元素の解析」, 日本第 87 回プラズマ分光分析学会, 東京, 2013 年 3 月.
55. 西野吉則,「X 線自由電子レーザー施設 SACLA がついに指導～X線イメージングの最前線～」, 第 23 回生物試料分析科学会, 大阪, 2013 年 2 月.
56. 山内和人,「XFEL の高精度集光鏡の開発」, レーザー学会年次大会, 姫路商工会議所, 2013 年 1 月
57. 山内和人,「放射光施設における硬 X 線ナノビーム形成の現状と将来」, 日本学術振興会荷電粒子ビームの工業への応用第132委員会, 東京理科大学, 2012 年 12 月
58. 西野吉則,「コヒーレントX線を用いた自然の階層をまたいだイメージング」, 第 2 回複雑系数理とその応用に関するシンポジウム, 北海道大学, 2012 年 11 月.
59. 山内和人,「放射光 X 線のナノ集光」, 第 55 回高压討論会・シンポジウム, 大阪大学, 2012 年 11 月
60. 山内和人,「硬 X 線ナノビーム形成技術」, 第 168 回X線材料強度部門委員会, 浜松アクティ, 2012 年 10 月
61. *前島一博, “Human genome organization and dynamics”, 第 50 回日本生物物理学会年会 シンポジウム 名古屋 2012 年 9 月.
62. 前島一博,「分裂期染色体におけるDNAの収納」, 日本人類遺伝学会 第 19 回臨床細胞遺伝学セミナー, 東京慈恵会医科大学, 2012 年 8 月.
63. 山内和人,「ミラー光学系による X 線ナノ集光技術」, SPring-8 シンポジウム 2012, 大阪大学, 2012 年 8 月
64. 志村まり,「X 線顕微鏡を用いた病態へのアプローチ」, 教育講演, 日本第53回日本臨床細胞生物学会, 幕張, 2012 年 6 月.
65. 西野 吉則,「コヒーレントイメージング」, 日本学術振興会回折構造生物第 169 委員会第 38 回研究会, ゆうぽうと(東京), 2012 年 02 月.

66. 西野 吉則,「コヒーレントX線イメージング」,平成 23 年度日本顕微鏡学会北海道支部学術講演会,北海道大学,2011 年 12 月
67. 西野吉則,「コヒーレント X 線が拓く新たなナノイメージング」,東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンターセミナー,東北大学サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター,2010 年 11 月.
68. 松山智至,「Advanced KB ミラーによる結像光学系の構築」,第 11 回 X 線結像光学シンポジウム,東北大学,2011 年 11 月.
69. 西野吉則,「コヒーレント光イメージング」,第 11 回X線結像光学シンポジウム,東北大学,片平さくらホール,2011 年 11 月.
70. M. Shimura, S. Matsuyama, “Visualization of intracellular elements by scanning X-ray Fluorescence Microscopy”, 第 59 回生物物理学学会シンポジウム, 姫路, 2011 年 9 月.
71. *西野吉則,「極端紫外線自由電子レーザーを用いたフェムト秒ホログラフィー」,日本物理学会 2011 年秋季大会,富山大学(五福キャンパス),2011 年 09 月.
72. 西野吉則,「コヒーレント X 線を利用したバイオイメージング」,日本学術振興会マイクロビームアナリシス第 141 委員会第 145 回研究会,名城大学(名駅サテライト),2011 年 09 月.
73. 西野吉則,「WS1 “Diffraction Microscopy, Holography and Ptychography using Coherent Beams” の報告」,XDL2011 ワークショップ報告会,研究交流センター国際会議場(つくば),2011 年 07 月.
74. 西野吉則,「コヒーレント X 線を活用したナノイメージング」,レーザ顕微鏡研究会第 37 回講演会,理化学研究所(和光),2011 年 07 月.
75. 西野吉則,「XFEL を用いた超高速現象のコヒーレントイメージングに向けて」,日本学術振興会 アモルファス・ナノ材料第 147 委員会 第 112 回研究会,弘済会館(東京),2011 年 05 月.
76. 西野吉則,「コヒーレントX線が拓く構造可視化の新手法」,強光子場科学研究懇談会平成 22 年度第 2 回懇談会,パシフィコ横浜,2011 年 04 月.
77. 西野吉則,「コヒーレントX線が拓くナノ世界」,東京大学理学部化学教室第 1395 回 雑誌会セミナー,東京大学本郷キャンパス,2011 年 04 月.
78. 山内和人,「X線ナノ集光技術の展望」,PF 研究会 ERL サイエンスワークショップⅡ,高エネルギー加速器研究機構,2011 年 4 月.
79. 西野吉則,「コヒーレントX線が拓く構造可視化の新手法」,第3回超高速時間分解光計測研究会,ホテルクラウンパレス浜松,2011 年 3 月.
80. *西野吉則,「極端紫外線自由電子レーザーを用いたフェムト秒ホログラフィー」,日本物理学会第 66 回年次大会,新潟大学,2011 年 3 月.
81. 松山智至,「ミラー光学素子による硬X線顕微鏡の現状と 4 枚の非球面ミラーを用いた結像光学系の実現」,第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,つくば国際会議場,2011 年 1 月.
82. 西野吉則,「コヒーレントイメージングの現状と展望」,第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,つくば国際会議場,2011 年 1 月.
83. 西野吉則,「コヒーレントX線が拓く構造可視化の新手法」,北海道大学電子科学研究所平成 22 年度研究交流会,北海道大学電子科学研究所,2011 年 1 月.
84. 西野吉則,「コヒーレントX線が拓く構造可視化の新手法」,東京大学物性研究所セミナー,東京大学物性研究所,2010 年 12 月.

〈国際〉

1. Y. Nishino, “Frontiers in high-contrast nano-imaging opened up by coherent X-rays”, International Forum on Detectors for Photon Science (IFDEPS), Fuji View Hotel, Japan, February 28-March, 2016.
2. Y. Nishino, *et al.*, “Live cell nano-imaging free from radiation damage by using X-ray free-electron laser”, The 9th Asia Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research

- (AOFSSR 2015), National Centre for Synchrotron Science, Melbourne, Australia, November 25–27, 2015
3. *K. Yamauchi, “Mirror-based optical system for the 3rd and 4th generation synchrotron radiation sources”, 23rd International Congress on X-ray Optics and Microanalysis (ICXOM23), Brookhaven National Laboratory, NY, USA, September, 2015
 4. K. Yamauchi, “X-ray focusing optics at SACLA”, HeKKSaGOn University Consortium The 4th Japanese–German University Presidents’ Conference, Japan, April 2015
 5. K. Maeshima, “Chromatin Structure and Dynamics in Live Mammalian Cells”, 2nd Symposium on Complex Biodynamics & Networks, Yamagata, Japan, May 2015
 6. *Y. Nishino, “Chromosome structure as revealed by X-ray scattering”, 2nd UK–Japan Chromosome Workshop, Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 1 May, 2015
 7. K. Yamauchi, “Recent progress on mirror–based optical system for the 3rd and 4th generation synchrotron radiation sources”, Beijing, China, Jan. 2014
 8. S. Matsuyama, “Development of Achromatic Full-field X-ray Microscopy Based on Total Reflection Mirrors”, Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR 2014), South Korea, June 2014
 9. K. Maeshima *et al.*, “Chromatin fluctuation in live mammalian cells”, The 4D Nucleosome 2014, Hiroshima, Japan, December 2014
 10. *K. Maeshima, “Chromatin fluctuation in live mammalian cells”, Royal Society workshop “Chromosome Dynamics: Computational Models and Experimental Data”, Chicheley Hall, UK, November 2014
 11. K. Yamauchi, “Atomically controlled surfacing of single crystalline SiC and GaN by catalyst referred etching”, 2014 International Conference on Planarization/CMP Technology (ICPT2014), Kobe, Japan, November 2014
 12. *K. Maeshima, “Chromatin fluctuation in live mammalian cells”, The 14th DNA Transactions Workshop, Oléron, France, September 2014
 13. Y. Nishino, “Coherent imaging by x-ray laser diffraction”, The 2nd international Science at FELs Conference, Villigen, Switzerland, 15–17 September, 2014
 14. *Y. Nishino, *et al.*, “Imaging live cells by X-ray laser diffraction”, the 18th International Microscopy Congress (IMC 2014), Prague, Czech Republic, 8–12 September, 2014
 15. Y. Nishino, “Controlled environment nano imaging using X-ray free–electron laser”, Workshop on Advanced Bio–structure Imaging, Institute of Physics, Academia Sinica, Taiwan, 12 May, 2014
 16. K. Maeshima *et al.*, “Chromatin structure and dynamics in live mammalian cells” Wellcome Trust Meeting Chromatin: from nucleosomes to chromosomes, Cambridge, UK, May 2014
 17. K. Maeshima, “Chromatin structure and dynamics in live mammalian cells”, 2nd International Symposium of the Mathematics on Chromatin Live Dynamics, Hiroshima, Japan, March 2014
 18. K. Maeshima, “Chromatin behavior in live mammalian cells” The 17th SANKEN International Symposium 2014, Osaka, Japan, January 2014
 19. K. Maeshima, “Chromatin Structure and Dynamics in Living Mammalian Cells”, Workshop on “modeling of biomolecular systems in cellular environments”, Kyoto, Japan, October 2013.
 20. *Mari Shimura, “Visualization of Intracellular Elements by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy.” Seminar, CNRS, Pau, France, Sep 2014
 21. *Mari Shimura, “Visualization of Intracellular Elements by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy–Application for Cell Biology and Medicine.” Metallomics 2015, Sep. Beijing, 2015.
 22. M. Shimura, “Visualization of Intracellular Elements by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy.” International Franco–Japanese Workshop on Metallomics, Pau, France, July 2013
 23. Y. Nishino *et al.*, “Coherent Imaging with X-ray Free–electron Lasers”, 2013 RIES–CIS

- Symposium, National Chiao Tung University, Taiwan, 5-6 December, 2013.
24. Y. Nishino *et al.*, “Coherent imaging using X-ray free-electron laser”, The 12th Symposium on X-ray Imaging Optics, Oasaka, Japan, 18-20 November, 2013.
 25. Y. Nishino *et al.*, “Bioimaging Using X-ray Free-Electron Lasers”, Technologies for Medical Diagnosis and Therapy Symposium, Academia Sinica, Taiwan, 21-22 October, 2013.
 26. Y. Nishino *et al.*, “Coherent imaging with X-ray free-electron lasers”, Light and Particle Beams in Materials Science 2013 (LPBMS2013), Tsukuba, Japan, 29-31 August, 2013.
 27. *Y. Nishino *et al.*, “Coherent imaging with X-ray free-electron lasers”, 4th International Symposium on Diffraction Structural Biology (ISDSB2013), Nagoya, Japan, 26-29 May, 2013.
 28. *Y. Nishino *et al.*, “Coherent X-ray Zoom Condenser Lens for Diffractive and Scanning Microscopy”, International workshop on the state and the future of ptychography (Ptycho 2013), Hohenkammer Castle, Bavaria, Germany, 4-7 May, 2013.
 29. K. Yamauchi, “Recent process of the K-B nano-focusing system”, The 236th Eastern Forum of Science & Technology, Shanghai, China, Dec. 2013
 30. K. Yamauchi, “Plasma Chemical Vaporization Machining of Silicon Carbide Wafer Using Flat-bar Electrode with Multiple Gas Nozzles”, The 8th CHINA-JAPAN Conference on Ultra-Precision Machining, Hangzhou, China, Nov. 2013
 31. K. Yamauchi, “Development of full-field hard x-ray microscopy with four aspherical mirrors”, SPIE Optics+Photonics, Technical Program, San Diego, USA, Aug. 2013
 32. K. Yamauchi, “Progress on mirror-based optical systems for XFEL science”, Pohang, Korea, Aug. 2013
 33. K. Yamauchi, “Nanofocusing of Hard X-rays for the next generation synchrotron radiation science”, International Workshop on synchrotron radiation beamline related technology, Taipei, Taiwan, April 2013
 34. K. Yamauchi *et al.*, “Nanofocusing and single shot wavefront diagnosis of SACLA”, SPIE Optics+Optoelectronics, Prague, Czech, April 2013
 35. S. Matsuyama *et al.*, “Development of full-field hard x-ray microscopy with four aspherical mirrors”, SPIE Optics+Photonics, USA, August 2013
 36. *K. Yamauchi, “Nanofocusing of X-ray free electron laser for coherent X-ray science”, X-ray lasers in biology, London, UK, Oct 2013
 37. S. Matsuyama, “Development of achromatic full-field hard X-ray microscopy using four total-reflection mirrors”, The 12th symposium on X-ray Imaging Optics, Japan, Nov 2013
 38. K. Yamauchi, “Recent progress of the K-B nano-focusing system”, ALBA-SSRF Bilateral Workshop, China, Dec. 2013
 39. K. Maeshima, “Flexible and dynamic nucleosome fiber in living mammalian cells” Workshop on the 4D Nucleome: Functional Nuclear Organization in Space and Time, Mainz, Germany, June 2013,
 40. K. Yamauchi, “Mirror optics of beam delivery & spectrometers”, European XFEL User’s Meeting 2013, Hamburg, Germany, January 2013
 41. K. Yamauchi, “Recent progress on mirror-based optics for the 3rd and 4th generation synchrotron radiation sources”, 5th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, Oct. 2012
 42. K. Yamauchi, “10KeV mirror project, XTS – Breakout Meeting”, National Astronomical Observatory of Japan, Tokyo, Japan, Sep. 2012.
 43. K. Yamauchi, “Nanofocusing optics for hard x-ray free electron laser”, SPIE Optical Engineering + Applications, SanDiego, USA, August 2012
 44. K. Yamauchi, “Recent progress on mirror-based optical systems for coherent hard-x-ray science”, 11th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2012), Lyon, France, July 2012

45. K. Yamauchi, "Progress of Mirror-based Focusing Optics for X-ray Free Electron Laser", 5th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (5th AWCXR), Chiba, Japan, June 2012
46. K. Yamauchi, "Hard X-ray nanofocusing and wavefront diagnosis", 4th international workshop on Metrology for X-ray Optics, Mirror Design, and Fabrication, Barcelona, Spain, June 2012
47. K. Yamauchi, "High-resolution X-ray ptychography using focused hard X-ray beam", Coherence 2012, Hilton Fukuoka Sea Hawk, Fukuoka, Japan, June. 2012
48. K. Yamauchi, "Nanofocusing and wavefront analysis of SACLA", Coherence 2012, Fukuoka, Japan, June 2012
49. K. Yamauchi, "Surface processing of Crystal", Discussion Meeting on Education of Crystal Technologists, Arcadia, Greece, May 2012
50. K. Yamauchi, "Current status of mirror-based optics for coherent x-ray science", 3rd Ringberg Workshop on Science with FELs, Bavaria, Germany, Feb. 2012
51. Y. Nishino *et al.*, "Exploring the Nanoworld using Coherent X-rays", Korean Physical Society Meeting (KPS2012-Spring), Daejeon, Korea, April, 2012
52. Y. Nishino *et al.*, "Coherent Imaging with XFEL", The 17th Sagamore Conference -IUCr Commission on Charge, Spin and Momentum Densities-, Kitayuzawa, Hokkaido, Japan, July, 2012
53. Y. Nishino *et al.*, "Coherent Imaging with XFEL", International workshop on 3D atomic imaging at nano-scale active sites in materials (3D-AINAS 2012), Kashiwa, Japan, August, 2012
54. Y. Nishino *et al.*, "Coherent Imaging with XFEL", The 5th International Workshop on FEL Science: Creation of New Science, Gyeongju, Korea, October, 2012
55. M.C. Newton *et al.*, "Time-Resolved Imaging with Coherent X-ray Diffraction (TRICXD):Applications to Ultra-fast Strain Dynamics at the Nanoscale", The 5th International Workshop on FEL Science: Creation of New Science, Gyeongju, Korea, October, 2012
56. K. Maeshima "How is a long strand of DNA organized in the cells?" Lorentz Center Workshop "Genome Mechanics at the Nuclear Scale", Leiden, Netherlands, December, 2012
57. K. Maeshima "Human genome organization and dynamics", Paradigm Innovation in Biology, Academia Sinica, Taipei, October, 2012
58. K. Yamauchi, "X-ray nanofocusing by mirror optical systems", JSPS-DFG, Kyoto University, Kyoto, Japan, Oct. 2011
59. K. Yamauchi, "Hard X-ray Sub-10nm Focusing Using adaptive Optical System, Symposium on Surface Science and Nanotechnology", Shizukuishi, Iwate, Japan, Jun. 2011
60. K. Yamauchi, "Current status of precision mirror development for coherent X-rays", SPIE Optics + Optoelectronics, Prague, Czech Republic, April 2011
61. K. Yamauchi *et al.*, "Single-nanometer focusing of hard x-rays using novel adaptive optical system", ACTOP11, Oxfordshire, UK, April 2011
62. K. Yamauchi, "Deterministic fabrication process for precision X-ray mirrors", EOSMOC2011, Munich, Germany, September 2011
63. K. Yamauchi, "Mirror-based optical systems for nanofocusing and nanoimaging of hard x-rays", The 4th International Workshop on FEL Science, Cairns, Queensland, Australia, September 2011
64. Y. Nishino *et al.*, "Exploring the Nanoworld using Coherent X-rays", The 12th RIES-Hokudai International Symposium, Chateraise Gateaux Kingdom Sapporo, November 2011
65. Y. Nishino, "Toward Coherent X-ray Diffraction using XFEL", JSPS-DFG Bilateral Seminar on "Use of X-ray Free-Electron Lasers for Nano- and Life-Sciences", Kyoto University, October 2011
66. Y. Nishino, "Toward Coherent Imaging Using XFEL", The 4th International Workshop on FEL

- Science, Palm Cove, Cairns, Queensland, Australia, August 2011
67. *Y. Nishino, “Imaging Cellular Organelles”, X-ray Diffraction Limit Workshop Series Workshop 1 – Diffraction Microscopy, Holography and Ptychography using Coherent Beams, Cornell University, Ithaca, New York, USA, June 2011
 68. K. Maeshima “Mitotic chromosome structure: irregular folding of nucleosome fibers without the 30-nm chromatin fiber” Bauer Forum, FAS Center for Systems Biology, Harvard University, Cambridge, MA, USA, June 2011
 69. K. Maeshima “How is a Long Strand of DNA Compacted into a Chromosome?”, Albany 2011: 17th Conversation, Albany, SUNY, NY, USA, June 2011
 70. K. Maeshima “Mitotic chromosome structure: irregular folding of nucleosome fibers without the 30-nm chromatin fiber” Seminar at The Rockefeller University, NY, USA, June 2011
 71. Y. Nishino, Coherent Imaging with X-rays & EUV-FEL, The 3rd Workshop on FEL Science: “Emerging X-ray Applications in Biological Systems-II”, Kitayuzawa, Hokkaido, Japan, October 2010
 72. *K. Maeshima, How is a long strand of DNA compacted into a chromosome? IUBS International workshop Structural and functional diversity of the eukaryotic genome, Brno, Czech Republic, October, 2010
 73. Y. Takahashi, Development and application of high-resolution X-ray diffraction microscopy using advanced mirror optics, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Nakanoshima Center, Osaka, Japan, November 2010
 74. Y. Nishino, Coherent Imaging using Synchrotron Radiation and FEL, The 9th International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science, Maui, Hawaii, USA, December 2010
 75. *Y. Nishino, Coherent Imaging using Synchrotron Radiation and FEL, Biology with FELs: Toward the Molecular Movie, Lawrence Berkeley National Laboratory, California, USA, January 2011
 76. K. Yamauchi, “Recent Achievement in Mirror Optics for Coherent X-rays”, 3rd Workshop on FEL Science, Kitayuzawa, Hokkaido, Japan, Sep. 2010
 77. K. Yamauchi, “Fabrication Engineering in Osaka University”, Young Researcher’s Meeting of Japan Society for Precision Engineering, Suita, Osaka, Japan, Dec. 2010
 78. K. Yamauchi, “Progress on Hard X-ray optics”, KOTI, Gwangju, Korea, Nov. 2010
 79. K. Yamauchi, “Sub10nm Focusing of Hard X-rays Using Mirror Optics”, 10th International Conference on X-ray Microscopy (XRM), Chicago, Illinois, US, Aug, 2010

② 口頭発表 (国内会議 66 件、国際会議 39 件)

〈国内〉

1. 後藤拓実他, 「二段アダプティブ KB ミラー光学系を用いた硬 X 線平行ビームの形成」, 2016 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2016 年 3 月
2. 山田純平他, 「小型かつ高拡大倍率が実現可能な X 線結像光学系の開発-幾何・波動光学シミュレーションを用いた結像特性の考察-」, 2016 年度精密工学会春季大会学術講演会, 東京理科大学野田キャンパス, 2016 年 3 月
3. 後藤拓実他, Krishna Prasad Khakurel, 佐野泰久, 香村芳樹, 西野吉則, 石川哲也, 山内和人, 「形状可変ミラーによる二段 KB ミラー集光光学系を用いた任意サイズ硬 X 線集光ビームの形成」, 第 29 回放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス, 2016 年 1 月
4. 安田周平他, 「一次元結像ミラーを用いた色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発」, 第 29 回放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス, 2016 年 1 月
5. 後藤拓実他, 「形状可変ミラーを用いた二段 Kirkpatrick-Baez ミラー集光光学系による硬 X 線集光ビームの形成・開口数制御による任意集光ビーム径の実現」, 2015 年度精

- 密工学会秋季大会学術講演会，東北大学川内北キャンパス，2015年9月
6. 西原明彦他，「多層膜 KB ミラーを用いた X 線自由電子レーザーのナノ集光一位相回折格子を用いた波面計測法によるビーム評価」，2015 年度精密工学会秋季大会学術講演会，東北大学川内北キャンパス，2015 年 9 月
 7. 松山智至他，「色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発と XAFS イメージングへの応用」，第 51 回 X 線分析討論会，姫路・西はりま地場産業センター，2015 年 9 月
 8. 安田周平他，「モノリシックな一次元 Wolter mirror を用いた結像型 X 線顕微鏡の開発」，2015 年度精密工学会秋季大会学術講演会，東北大学川内北キャンパス，2015 年 9 月
 9. 松山智至，「高分解能かつ色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発」，SPRING-8 シンポジウム 2015，九州大学伊都キャンパス，2015 年 9 月
 10. 木村隆志他，「X 線自由電子レーザーによる溶液中試料ダイナミクス計測の試み」，第 29 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム，東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト他，2016 年 1 月 9-11 日
 11. 木村隆志他，「高輝度 X 線光源を利用した X 線顕微イメージング技術の開発」，平成 27 年度研究交流会，北海道大学電子科学研究所，2016 年 1 月 8 日
 12. 西野吉則，「コヒーレント X 線が照らすナノ世界」，CREST「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」領域公開研究報告会，JST 東京本部別館，2015 年 12 月 19 日
 13. 西野吉則，「X 線自由電子レーザーを用いた生きた細胞のナノイメージング」，2015 年度第 1 回バイオ単分子研究会，(公財)新世代研究所，東京，2015 年 8 月 26 日
 14. 後藤拓実他，「硬 X 線集光用形状可変ミラーによる二段 KB ミラー集光光学系の開発」，2015 年度精密工学会春季大会学術講演会，東洋大学白山キャンパス，2015 年 3 月
 15. 安田周平他，「モノリシックな一次元 Wolter mirror を用いた結像型硬 X 線顕微鏡の開発」，2015 年度精密工学会春季大会学術講演会，東洋大学白山キャンパス，2015 年 3 月
 16. 松山智至他，「2 回反射型 X 線ミラーのための X 線スローププロファイラの開発」，2015 年度精密工学会春季大会学術講演会，東洋大学白山キャンパス，2015 年 3 月
 17. 金章雨他，「X 線集光ミラー形状測定のための姿勢補正機構を有する三次元測定機の開発」，2015 年度精密工学会春季大会学術講演会，東洋大学白山キャンパス，2015 年 3 月
 18. 山田純平他，「Ion Beam Figuring を用いた高精度 X 線ミラーの作製（第 7 報）—静電偏向制御による非球面形状の作製と評価—」，2015 年度精密工学会春季大会学術講演会，東洋大学白山キャンパス，2015 年 3 月
 19. 木村隆志他，「パルス状コヒーレント X 線溶液散乱法のための溶液試料ホルダの開発」，文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム第 13 回ナノテクノロジー総合シンポジウム開催 (JAPAN NANO 2015)，東京ビッグサイト，2015 年 1 月 30 日
 20. 木村隆志他，「パルス状コヒーレント X 線溶液散乱法による SACLA での溶液試料イメージング実験」，第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム，立命館大学びわこくさつキャンパス，2015 年 1 月 10-12 日
 21. 西原明彦他，「二次元位相回折格子を用いた XFEL ナノビームのシングルショット波面計測」，2014 年度精密工学会春季大会学術講演会，東京大学，2014 年 03 月
 22. 中森紘基他，「圧電駆動型形状可変 X 線ミラーを用いたアダプティブ集光光学系の開発」，2014 年度精密工学会春季大会学術講演会，東京大学，2014 年 03 月
 23. 松山智至他，「Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系を用いた高分解能かつ色収差のない硬 X 線顕微鏡の開発」，2014 年度精密工学会春季大会学術講演会，東京大学，2014 年 03 月
 24. 木村隆志他，「X 線自由電子レーザーによる液中試料のコヒーレント X 線回折イメージング」，第 10 回励起ナノプロセス研究会，ホテルニセコいこいの村，2014 年 9 月 20-22 日
 25. 木村隆志他，「超短パルス X 線レーザーによる溶液中試料構造の可視化と応用」，放射光

- 学会第六回若手研究会, SPring-8 キャンパス SACLA 実験棟 2 階大会議室, 2014 年 8 月 22-24 日
26. 西原明彦他, 「位相回折格子を用いた X 線レーザーナノビームの高精度波面計測」, 2014 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 鳥取大学, 2014 年 09 月
 27. 山田純平他, 「Ion Beam Figuring を用いた高精度 X 線ミラーの作製 (第 6 報) ~ 静電偏向制御による数値制御加工 ~」, 2014 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 鳥取大学, 2014 年 09 月
 28. 志村まり, 「細胞内微量元素イメージングと生物医学応用」, 第 38 回分子生物学会ワークショップ, 神戸, 2015 年 12 月.
 29. 志村まり, 「走査型蛍光 X 線顕微鏡による細胞内元素と医学応用」, 第 25 回日本微量元素学会, 岡山, 2014 年 7 月
 30. 木村隆志等, 「パルス状コヒーレント X 線溶液散乱法による SACLA での溶液試料イメージング実験」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 01 月 11-13 日
 31. 木村隆志, 「超短パルス X 線レーザーによる溶液中試料イメージング法の開発」, 北海道大学電子科学研究所平成25年度研究交流会, 2014 年 01 月 10 日
 32. 木村隆志, 「XFEL 集光ビームを用いた溶液中試料構造解析法の開発」, X線ナノ集光技術研究会 2013, 大阪大学中之島センター, 2013 年 11 月 17 日
 33. 松山智至他, 「Ion Beam Figuring を用いた高精度 X 線ミラーの作製 第 5 報-X 線集光ミラーの作製」, 2013 年度精密工学会春季大会学術講演会, 2013 3/13-3/15, 東京, 東京工業大学
 34. 恵美陽治他, 「Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系を用いた結像型硬 X 線顕微鏡の開発」 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2013/09/12-14, 大阪, 関西大学
 35. 長平良綾香他, 「硬 X 線用多層膜集光ミラーの反射率向上に関する研究」2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2013/09/12-14, 大阪, 関西大学
 36. 金章雨他, 「X 線自由電子レーザーを用いた硬 X 線集光用 Pt/C 多層膜の特性評価」2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2013/09/12-14, 大阪, 関西大学
 37. 福井亮介他, 「X 線回折格子を用いた X 線自由電子レーザーのシングルショット波面計測」 2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2013/09/12-14, 大阪, 関西大学
 38. 木目歩美他, 「X 線望遠鏡用 Wolter ミラーのための X 線スローププロファイラの開発-幾何光学と波動光学シミュレーションによる検討-」2013 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 2013/09/12-14, 大阪, 関西大学
 39. 中森紘基他, 「硬 X 線集光用形状可変ミラーの開発 - 変形最適化手法の検討 -」, 2013 年度精密工学会秋季大会, 関西大学, 2013 年 9 月
 40. 後藤拓実他, 「形状可変ミラーを用いた光学パラメータ可変な硬 X 線集光光学系の開発 - ペンシルビーム法による形状可変ミラーの in-situ 形状修正 -」, 2013 年度精密工学会秋季大会, 関西大学, 2013 年 9 月
 41. 後藤拓実他, 「大変形可能な硬 X 線集光用形状可変ミラーの開発 - シミュレーションによる設計指針の検討 -」, 2013 年度精密工学会春季大会, 東京工業大学, 2013 年 3 月
 42. 中森紘基他, 「アダプティブ集光光学系のための高精度形状可変ミラーの開発」, 第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 名古屋大学, 2013 年 1 月
 43. 中森紘基他, 「硬 X 線集光用形状可変ミラーの開発 - 形状可変ミラー変形性能の評価 -」, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012 年 9 月
 44. 福井亮介他, 「X 線回折格子を用いた XFEL ナノビームのワンショット波面計測」, 第 26 回日本放射光学会年会, 名古屋大学, 2013 年 1 月
 45. 今井将太他, 「形状可変ミラーを用いた硬 X 線アダプティブ集光光学系の開発」, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012 年 9 月
 46. 中森紘基他, 「硬 X 線集光用形状可変ミラーの開発 - 形状可変ミラー変形性能の評価 -」, 2012 年度精密工学会秋季大会学術講演会, 九州工業大学, 2012 年 9 月

47. 木村隆志他,「パルス状X線溶液散乱法による溶液中試料構造の解析」,第26回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム,名古屋大学,2013年1月12-14日.
48. 西野吉則,「X線自由電子レーザーによる先端的イメージング」,物質・デバイス領域共同研究拠点」[B-1]公開シンポジウム,北海道大学,2013年2月
49. 西野吉則他,「コヒーレントX線イメージング」,北海道大学電子科学研究所平成23年度研究交流会,北海道大学(電子科学研究所),2012年01月.
50. K. Maeshima *et al.*, Mikhail Eltsov, Tetsuya Ishikawa, "How is a long strand of genomic DNA organized into chromosome?", 第49回日本生物物理学会年会,姫路,2011年9月
51. 松山智至他,「高密度X線ナノビーム形成のための並列型 Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の開発」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
52. 中森紘基他,「シミュレーションを用いた硬X線用形状可変ミラー設計に関する研究」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
53. 今井将太他,「硬X線集光用ナノ精度形状可変ミラーの開発(第2報)」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月.
54. 北村真一他,「高能率高精度X線ミラー加工のための IBF(Ion Beam Figuring)システムの開発」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
55. 北村真一他,「IBF(Ion Beam Figuring)を用いた高精度X線ミラーの作製 ―シリコン表面の加工特性とビームの安定性の評価―」,2011年度精密工学会 秋季大会学術講演会,金沢大学,2011年9月
56. 金章雨他,「硬X線集光用多層膜ミラーの開発」,2011年度精密工学会 秋季大会学術講演会,金沢大学,2011年9月
57. 中森紘基他,「硬X線集光用形状可変ミラーの開発 ―変形再現性の評価―」,2011年度精密工学会 秋季大会学術講演会,金沢大学,2011年9月
58. 松山智至他,「4枚の非球面ミラーを用いた硬X線結像光学系の開発」,2011年度精密工学会 秋季大会学術講演会,金沢大学,2011年9月.
59. 松山智至他,「回折限界下で集光径可変なミラー集光光学系の開発」,第25回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,鳥栖市民文化会館,2012年1月
60. 西野吉則,「放射光や自由電子レーザーを用いたコヒーレントイメージング」,原子分解能ホログラフィー研究会ワークショップ「原子分解能ホログラフィーによる中距離局所構造のサイエンス」,東北大学金属材料研究所,2010年11月
61. 高橋幸生他,「試料厚さの効果を考慮した高分解能コヒーレントX線回折顕微法」,第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,つくば国際会議場,2011年1月
62. 西野吉則,「XFELを用いた生体分子の溶液散乱」,「XFELを用いた生体分子の溶液散乱」ミニワークショップ,SPRING-8,2011年1月
63. 北村真一他,「高能率高精度X線ミラー加工のための IBF(Ion Beam Figuring)システムの開発」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
64. 松山智至他,「高密度X線ナノビーム形成のための並列型 Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の開発」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
65. 今井将太他,「硬X線集光用ナノ精度形状可変ミラーの開発(第2報)」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月
66. 中森紘基他,「シミュレーションを用いた硬X線用形状可変ミラー設計に関する研究」,2011年度精密工学会春季大会学術講演会,東洋大学,2011年3月

〈国際〉

1. T. Goto *et al.*, "Development of an adaptive K-B mirror for hard x-ray nanofocusing using piezoelectric deformable mirrors", SPIE Optics+Photonics2015, 9-13 August, San Diego, CA, US
2. S. Matsuyama *et al.*, "Development of achromatic full-field hard x-ray microscopy with two monolithic imaging mirrors", SPIE Optics+Photonics2015, 9-13 August, San Diego, CA, US

3. T. Hirano *et al.*, “Development of split-delay optics with wide range of photon energy for XFEL pump/XFEL probe experiments”, SPIE Optics+Photonics2015, 9–13 August, San Diego, CA, US
4. J. Yamada *et al.*, “Fabrication of X-ray mirror with a shape accuracy of 1 nm using ion beam figuring system with electrostatic deflection”, 6th International Conference on Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology (ASPEN2015), 15–19 August, Harbin, P. R. China
5. Y. Nishino, “High-contrast nano-imaging of unstained biological samples opened up by coherent X-rays”, the 1st international seminar on synchrotron X-ray bioimaging, 27 January, 2016, Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan
6. Y. Nishino *et al.*, “Live cell nano-imaging free from radiation damage by using X-ray free-electron laser”, The 13th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA 2015), 5–8 December, 2015, Kolkata, India
7. K. Yamauchi, “High precision multilayer mirror for nanofocusing X-ray free electron laser”, The 2nd FELs of Europe Workshop on FEL Photon Diagnostics, Instrumentation, and Beamlines Design (PhotonDiag2015), 8–10 June 2015, Torieste, Italy
8. S. Matsuyama, *et al.*, “Achromatic X-ray Imaging Optics Based on Advanced Kirkpatrick-Baez Mirrors”, The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015), 6–10 July 2015, Marriott Marquis, New York, US
9. K. Yamauchi, *et al.*, “Challenges Toward Single Nanometer Focusing of X-ray Free Electron Laser”, The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015), 6–10 July 2015, Marriott Marquis, New York, US
10. T. Osaka, *et al.*, “Demonstration of Feasibility of X-ray Pump-X-ray Probe Experiments Using Hard X-ray Split-and-Delay Optics Combined with Focusing Mirrors”, The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015), 6–10 July 2015, Marriott Marquis, New York, US
11. H. Nakamori, *et al.*, “Development of a two-stage adaptive X-ray focusing system using piezoelectric deformable mirrors”, International Workshop on X-Ray Optics and Metrology (IWXM2015), 13–16 July 2015, Berkeley, CA, US
12. K. Yamauchi, “Challenges in ultimate focusing of X-ray free electron laser”, International Workshop on X-Ray Optics and Metrology (IWXM2015), 13–16 July 2015, Berkeley, CA, USM.
13. Shimura, *et al.*, “Visualization of Intracellular Metals by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy– Application for Cell Biology and Medicine”, ISMEC Acta, volume 5, ISEMC 2015, June 24028, Wroclaw, 2015
14. Y. Nishino, “Nano Imaging Under Controlled Environment Using X-ray Free-Electron Lasers”, The 1st Joint Workshop between Institute of Physics(IOP), Academia Sinica & Research Institute for Electronic Science(RIES), Hokkaido University (The 1st IOP-RIES Joint Workshop), Hokkaido University, 23 March, 2015.
15. J. Kim, *et al.*, “Development of high-precision figure measurement system for x-ray optics using laser focus microscope”, SPIE Optics+Photonics2014, 17–21 August 2014, San Diego, CA, US
16. S. Matsuyama, *et al.*, “Development of achromatic full-field hard X-ray microscopy and its application to X-ray absorption near edge structure spectromicroscopy”, SPIE Optics+Photonics2014, 17–21 August 2014, San Diego, CA, US
17. T. Goto, *et al.*, “Development of a two-stage x-ray focusing system with ultraprecise deformable mirrors”, SPIE Optics+Photonics2014, 17–21 August 2014, San Diego, CA, US
18. S. Matsuyama, *et al.*, “Achromatic full-field X-ray microscopy using four total-reflection mirror”, International Conference on X-ray Microscopy (XRM2014) 26–31 October 2014,

Melbourne, Australia

19. Y. Nishino *et al.*, “Imaging live cell by X-ray laser diffraction”, Seminar, Paul Scherrer Institute, Switzerland, 11 March, 2014.
20. H. Kawamura *et al.*, “Observing gold nanoparticles in solution for drug delivery with X-ray free-electron laser”, International Life-Science Symposium (ILSS), Hokkaido University, Japan, 3 March, 2014.
21. T. Kimura *et al.*, “Development of coherent x-ray zoom condenser lens for diffractive and scanning imaging”, SPIE Optics + Photonics, San Diego Convention Centre, USA, 29 August, 2013.
22. J. Kim *et al.*, “Damage characteristics of platinum/carbon multilayers under focused x-ray free-electron laser irradiation”, SPIE Optics+Photonics, 8848-26, 26-29 Aug 2013, San Diego, USA
23. Y. Emi, “Development of a full-field hard X-ray imaging microscope based on Advanced Kirkpatrick-Baez mirror optics”, The MEADOW 2013 (MEtrology, Astronomy, Diagnostics and Optics Workshop), 28-30 Oct 2013, Trieste, Italy
24. K. Yamauchi, “Adaptive focusing optics of hard X-rays with piezoelectric deformable KB mirrors”, The MEADOW 2013 (MEtrology, Astronomy, Diagnostics and Optics Workshop), 28-30 Oct 2013, Trieste, Italy
25. H. Nakamori *et al.*, Development of ultra-precise piezoelectric deformable mirrors for x-ray nanofocusing, SPIE Optics+Photonics, Technical Program, SanDiego, USA, August 2013
26. M. Shimura, “Visualization of Intracellular Elements by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy.” International Franco-Japanese Workshop on Metallomics, Pau, France, July 2013
27. M. Shimura, “Visualization of Intracellular Elements by Scanning X-ray Fluorescence Microscopy.” 4thInternational symposium on Metallomics, Oviedo, Spain, July. 2013
28. H. Nakamori *et al.*, “Development of an ultraprecise piezoelectric deformable mirror for adaptive X-ray optics”, 14th International Conference on Precision Engineering (ICPE2012), Hyogo, Japan, 8-10 Nov 2012
29. H. Nakamori *et al.*, “Development of an ultra-precise deformable mirror for x-ray focusing”, 4th international workshop on Metrology for X-ray Optics, Mirror Design and Fabrication, Barcelona, Spain, July 2012
30. S. Matsuyama *et al.*, “Development of piezoelectric deformable mirror for hard X-ray nanofocusing”, SPIE Optics+Photonics, Technical Program, SanDiego, USA, August 2012
31. M.C. Newton *et al.*, “Time-resolved coherent X-ray diffraction imaging of ultra-fast strain dynamics at the nanoscale“, The 6th International Workshop on Phase Retrieval and Coherent Scattering (Coherence 2012), Fukuoka, Japan, 18-21 June, 2012.
32. T. Kimura *et al.*, “Computational study of novel X-ray focusing optics with zooming function for X-ray diffraction microscopy“, The 6th International Workshop on Phase Retrieval and Coherent Scattering (Coherence 2012), Fukuoka, Japan , 18-21 June, 2012.
33. M.C. Newton *et al.*, “Coherent X-ray Diffraction Using X-ray Free-Electron Laser“, The joint workshop of the 5th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (5th AWCXR) and the ISSP International Workshop on Coherent Soft X-ray Sciences, Kashiwa, Japan, 27-29 June, 2012.
34. T. Kimura *et al.*, “Development of wavefront characterization method for nearly diffraction-limited focused hard X-ray nanobeam“, 4th international workshop on Metrology for X-ray Optics, Mirror Design, and Fabrication, Barcelona, Spain, 4-6 July, 2012.
35. T. Kimura *et al.*, “Development of deformable mirror for hard X-rays diffraction limited focusing with controllable spot size“, the 11th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI 2012), Lyon, France, 9-13 July, 2012

36. Y. Nishino, "Photonics / Optics Research in RIES, Hokkaido University", Discussion meetings at ENS de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, France, 2011 年 10 月
37. K. Maeshima, "Mitotic chromosome structure: irregular folding of nucleosome fibers without the 30-nm chromatin fiber", Gordon Research Conference: Chromosome Dynamics, Mount Snow Resort, VT, USA, 2011 年 7 月.
38. S. Matsuyama *et al.*, "Development of hard x-ray imaging optics with four aspherical mirrors", SPIE Optics+Photonics, Technical Program, San Diego, USA, 2011 年 8 月.
39. T. Kimura *et al.*, Development of Wavefront Measurement Method for Hard X-ray Adaptive Optics System, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日

③ ポスター発表 (国内会議 67 件、国際会議 46 件)

〈国内〉

1. 川合蕉吾他, 「多層膜集光ミラーを用いた X 線自由電子レーザー sub10nm 集光の実現証」, 第 29 回放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス, 2016 年 1 月
2. 山田純平他, 「WolterⅢ型に基づいた Advanced KB ミラー結像光学系の理論的検証」, 第 29 回放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス, 2016 年 1 月
3. 後藤遼平他, 「生物試料イメージング実験における測定効率の向上」, 第 29 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト他, 2016 年 1 月 9-11 日
4. 丸岡篤史他, 「X 線レーザー回折イメージングによる溶液中試料の反応解析に向けたサンプルホルダーの改良」第 29 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト他, 2016 年 1 月 9-11 日
5. Y. Nishino *et al.*, "Nano Imaging Under Controlled Environment Using X-ray Free-Electron Lasers", 平成 27 年度アラインス G3 分科会, 大阪大学中之島センター, 2015 年 11 月 12-13 日
6. J. Yu *et al.*, "XFEL diffraction pattern simulation and image reconstruction of biomolecular complexes for pulsed coherent X-ray solution scattering", 平成 26 年度アライアンス成果報告会, 九州大学伊都地区カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所, 2015 年 4 月 21 日
7. 山田純平他, 「静電偏向制御を用いたイオンビーム加工法による X 線全反射ミラーの作製」, 精密工学会関西支部 2015 年度関西地方定期学術講演会, 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス, 2015 年 6 月
8. 安田周平他, 「モノリシックな一次元 Wolter mirror を用いた結像型 X 線顕微鏡の開発」, 精密工学会関西支部 2015 年度関西地方定期学術講演会, 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス, 2015 年 6 月
9. J. Yu *et al.*, "Simulating XFEL diffraction patterns of biomolecular complexes for pulsed coherent X-ray solution scattering", 第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 2015 年 1 月 10-12 日
10. K. Prasad Khakurel *et al.*, "Development of non-interferometric, single-shot quantitative phase imaging", 第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 2015 年 1 月 10-12 日
11. 佐々木智也他, 「多様な溶液内生物試料イメージングに向けたパルス状コヒーレント X 線溶液散乱法の高度化」, 第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 2015 年 1 月 10-12 日
12. 高島雄輝他, 「グラフェン隔膜環境セルを用いたコヒーレント X 線イメージング」, 第 28 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 2015 年 1 月 10-12 日

13. 長平良綾香他,「XFEL 用集光ミラー用 Pt/C 多層膜の性能評価」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
14. 西原明彦他,「位相回折格子を用いた X 線自由電子レーザーナノビームの集光波面計測」第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
15. 金章雨他,「Sub-10 nm 集光用 X 線ミラーのための高精度形状計測装置の開発」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
16. 山田純平他,「X 線ミラー作製のためのビーム偏向制御を用いた数値制御イオンビーム加工装置の開発」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
17. 後藤拓実他,「形状可変ミラーによる二段集光光学系の開発」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
18. 木野英俊他,「1 次元 Wolter ミラー (Monolithic 型)を用いた色収差のない結像型 X 線顕微鏡の開発」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
19. 木目歩美他,「2 回反射型結像ミラーのための X 線スローププロファイラの開発」,第 28 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,立命館大学 BKC,2015 年 1 月
20. 于健他,「Simulating XFEL diffraction patterns of biomolecular complexes for pulsed coherent X-ray solution scattering」,「附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト」医療材料・デバイス・システムグループ G3 分科会,九州大学 西新プラザ,2014 年 11 月 21-22 日
21. 西野吉則他,「コヒーレント X 線イメージング」,「附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト」平成 25 年度成果報告会,大阪大学 大学会館,2014 年 5 月 30 日
22. 西原明彦他,「位相回折格子を用いた X 線レーザーナノビームの波面計測法の研究—フーリエ変換法と縞走査法の 2 つの解析法の検討—」,精密工学会関西支部 2014 年度関西地方定期学術講演会,近畿大学東大阪キャンパス,2014 年 07 月
23. 山田純平他,「X 線ミラー作製のためのビーム偏向制御用いた数値制御イオンビーム加工装置の開発」,精密工学会関西支部 2014 年度関西地方定期学術講演会,近畿大学東大阪キャンパス,2014 年 07 月
24. 川村仁志他,「溶液試料の構造解析のための環境セルアレイの開発」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 01 月 11-13 日
25. 佐尾真佑他,「金ナノ結晶中の制御されたひずみのコヒーレント X 線回折イメージングに向けた検討」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 01 月 11-13 日
26. 藤澤勇太他,「VO₂ナノワイヤにおける超高速相転移の X 線レーザー回折イメージングに向けた検討」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 01 月 11-13 日
27. K.P. Khakurel,「Lensless Imaging of Non-isolated Objects by Apodized Coherent Diffraction Imaging」,2013 年北大情報系若手連携シンポジウム,北海道大学,2013 年 11 月 28-29 日
28. 松山智至他,「Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系を用いた結像型硬 X 線顕微鏡の開発」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 1 月
29. 中森紘基他,「形状可変 X 線ミラーを用いた二次元集光光学系の開発」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 1 月
30. 金章雨他,「硬 X 線自由電子レーザーシングルナノ集光用 Pt/C 多層膜の破壊特性評価」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 1 月
31. 大坂泰斗他,「XFEL 用オートコリレータの開発;チャンネルカット結晶内壁部の無歪み・平滑化」,第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム,広島国際会議場,2014 年 1 月
32. 山田純平他,「Ion Beam Figuring を用いた高精度 X 線集光ミラーの作製」,第 27 回日本放射

- 光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
33. 西原明彦他, 「チェス盤回折格子を用いた XFEL ナノビームのシングルショット波面計測」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 34. 後藤拓実他, 「アダプティブ集光光学系のための高精度形状可変ミラーの開発」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 35. 長平良綾香他, 「硬 X 線用多層膜集光ミラーの表面平滑化による反射率向上に関する研究」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 36. 木目歩美他, 「X 線望遠鏡用ウォルターミラーのための X 線スローププロファイラの開発」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 37. 木野英俊他, 「1 枚の基板上に作製された 1 次元ウォルターミラーの開発」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 38. 恵美陽治他, 「結像型硬 X 線顕微鏡のためのコンパクトな Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の開発」, 第 27 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 広島国際会議場, 2014 年 1 月
 39. 福井亮介他, 「X 線回折格子を用いた XFEL ナノビームのワンショット波面計測」第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013 1/12-1/14, 愛知, 名古屋
 40. 松山智至他, 「1 枚の基板上に作製された 1 次元 Wolter ミラーの開発」第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013 1/12-1/14, 愛知, 名古屋
 41. 恵美陽治他, 「Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系を用いた色収差のない結像型硬 X 線顕微鏡の開発」第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013 1/12-1/14, 愛知, 名古屋
 42. 中森紘基他, 「アダプティブ集光光学系のための高精度形状可変ミラーの開発」第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013 1/12-1/14, 愛知, 名古屋
 43. 金章雨他, 「X 線自由電子レーザー集光用 Pt/C 多層膜の性能評価」第 26 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2013 1/12-1/14, 愛知, 名古屋
 44. 長平良綾香他, 「硬 X 線用多層膜集光ミラーの反射率向上に関する研究」精密工学会 2013 年度関西地方定期学術講演会, 2013/06/14, 大阪, 大阪工業大学
 45. 後藤拓実他, 「ペンシルビームを用いた形状可変ミラー in-situ 形状計測法の開発」精密工学会 2013 年度関西地方定期学術講演会, 2013/06/14, 大阪, 大阪工業大学
 46. 木目歩美他, 「X 線望遠鏡用ウォルターミラーのための X 線スローププロファイラの開発」精密工学会 2013 年度関西地方定期学術講演会, 2013/06/14, 大阪, 大阪工業大学
 47. 中森紘基他, 「硬 X 線集光用形状可変ミラーの開発 –変形最適化手法の検討–」, 2013 年度精密工学会秋季大会, 関西大学, 2013 年 9 月
 48. 後藤拓実他, 「形状可変ミラーを用いた光学パラメータ可変な硬 X 線集光光学系の開発 –ペンシルビーム法による形状可変ミラーの in-situ 形状修正–」, 2013 年度精密工学会秋季大会, 関西大学, 2013 年 9 月
 49. 福井亮介他, 「波動光学シミュレーションによる Shearing 干渉計を用いた At-wavelength 波面計測法の検討」, 精密工学会 2012 年度関西地方学術講演会, 立命館大学, 2012 年 6 月
 50. 山内和人, 「コヒーレント X 線による走査透過 X 線顕微鏡システムの構築と分析科学への応用」, 第 5 回「文部科学省 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム」シンポジウム, 東京, 2013 年 1 月 11
 51. 西野吉則他, 「コヒーレント X 線イメージング」, 附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト 平成 23 年度 成果報告会, 東京工業大学, 2012 年 4 月 24 日
 52. 中森紘基他, 「アダプティブ集光光学系のための高精度形状可変ミラーの作成と評価」, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖市民文化会館, 2012 年 1 月.
 53. 金章雨他, 「PtC/C 多層膜を用いた X 線集光用ミラーの反射率改善」, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖市民文化会館, 2012 年 1 月.
 54. 恵美陽治他, 「Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系を用いた結像型硬 X 線顕微鏡の開

- 発」, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖市民文化会館, 2012 年 1 月.
55. 横山光他, 「開口シフトを用いた位相回復計算による硬 X 線集光光学素子の波面収差算出法の開発」, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖市民文化会館, 2012 年 1 月.
 56. 松山智至他, 「4 枚の高精度形状可変ミラーを用いたアダプティブ集光光学系の開発」, 第 11 回 X 線結像光学シンポジウム, 東北大学, 2011 年 11 月.
 57. 横山光他, 「KB ミラー光学系を用いた硬 X 線二次元 Sub-10nm 集光システムの開発」, 第 11 回 X 線結像光学シンポジウム, 東北大学, 2011 年 11 月.
 58. 鈴木明大他, 「高分解能走査型コヒーレント X 線回折顕微鏡の開発と金属材料のナノ組織解析への応用」, 日本金属学会秋期大会, 沖縄コンベンションセンター, 2011 年 11 月.
 59. 鈴木明大他, 「高分解能 X 線タイコグラフィーの開発と元素識別イメージング」, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 鳥栖中央公民館, 2012 年 1 月.
 60. 堤 良輔他, 「高分解能コヒーレント X 線回折顕微鏡による金銀ナノボックスの三次元電子密度マッピング」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 61. 鈴木明大他, 「KB ミラー集光 X 線を用いた高分解能走査型回折顕微鏡の開発」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 62. 脇岡敏之他, 「高密度 X 線ナノビーム形成のための並列型 Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の開発」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 63. 木谷直隆他, 「色収差のない結像型硬 X 線顕微鏡構築のための Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の開発」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 64. 中森紘基他, 「波動光学シミュレーションを用いた Advanced Kirkpatrick-Baez ミラー光学系の検討」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 65. 今井将太他, 「硬 X 線集光用高精度形状可変ミラーの作製と評価」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 66. 横山光他, 「硬 X 線集光用多層膜ミラーの開発」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日
 67. 木村隆志他, 「二次元硬 X 線 Sub-10nm 集光システムの構築」, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, つくば国際会議場, 2011 年 1 月 8 日

〈国際〉

1. T. Goto *et al.*, “Development of a two-stage adaptive Kirkpatrick-Baez mirror system for hard x-ray focusing using piezoelectric deformable mirrors”, The 13th Symposium on X-ray Imaging Optics, 17-18 November, Nagoya, Japan
2. A. Nishihara *et al.*, “Wavefront measurement of x-ray laser nanobeam using phase diffraction grating”, The 13th Symposium on X-ray Imaging Optics, 17-18 November, Nagoya, Japan
3. J. Yamada *et al.*, “Simulation study of full-field x-ray microscope utilizing advanced Kirkpatrick-Baez mirror based on the Wolter type III optics”, The 13th Symposium on X-ray Imaging Optics, 17-18 November, Nagoya, Japan
4. S. Yaduda *et al.*, “Development of a full-field X-ray microscope with two monolithic imaging mirrors”, The 13th Symposium on X-ray Imaging Optics, 17-18 November, Nagoya, Japan
5. J. Yu *et al.*, “Numerical simulation of XFEL diffraction patterns of biological macromolecules in solution for PCXSS”, The 16th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 10-11 November, 2015.
6. Y. Takabatake *et al.*, “X-ray Laser Diffraction In-Solution Imaging Using Environmental Cell

- Array Chips with Graphene Windows”, The 16th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 10-11 November, 2015.
7. T. Sasaki *et al.*, “Nano-patterning of organic samples for signal enhancement Using in X-ray laser diffraction imaging”, The 16th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 10-11 November, 2015.
 8. T. Kimura *et al.*, “Damage Free Imaging of Samples in Solution by X-ray Free-Electron Laser Diffraction”, The 16th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 10-11 November, 2015.
 9. J. Kim, *et al.*, “X-ray mirror surface metrology using optical and at-wavelength techniques for hard XFEL single-nanometer focusing”, The 12th International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation (SRI2015), 6-10 July 2015, Marriott Marquis, New York, US
 10. T. Kimura *et al.*, “Development of Micro-Liquid Enclosure Array for Imaging of Samples in Solution by X-ray Laser Diffraction”, The 15th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 16-17, December, 2014.
 11. K. Prasad Khakurel *et al.*, “Development of non-interferometric single-shot quantitative phase imaging”, The 15th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 16-17, December, 2014.
 12. M. Sao *et al.*, “Injection of Live Cells by Superfine Inkjet Printer and its Application to X-ray Laser Diffraction Imaging”, The 15th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 16-17, December, 2014.
 13. J. Yu *et al.*, Yoshitaka Bessho, and Yoshinori Nishino, “Simulating XFEL diffraction patterns of biomolecular complexes for pulsed coherent X-ray solution scattering” , The 15th RIES-Hokudai International Symposium, Châteraisé Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 16-17, December, 2014.
 14. T. Kimura, *et al.*, “Development of Structure analysis method for non-crystalized sample in solution using Focused X-ray free-electron laser”, Coherence 2014, Northwestern University in Evanston, Illinois, 2-5 September, 2014.
 15. T. Kimura, *et al.*, “Development of Pulsed Coherent X-ray Solution Scattering for Measurement of Specimens in Solution”, 17th SANKEN International Symposium, Icho-kaikan Osaka, Japan, 21-22 January, 2014.
 16. T. Kimura, *et al.*, “Development of Structure Analysis Method for Non-crystallized Sample using Focused X-ray Free Electron Laser”, 14th RIES-Hokudai International Symposium, CHÂTERAISÉ Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 11-12 December, 2013.
 17. K. P. Khakurel, *et al.*, “Single Particle Three-Dimensional Structural Modeling by Pulsed Coherent X-ray Solution Scattering”, 14th RIES-Hokudai International Symposium, CHÂTERAISÉ Gateaux Kingdom Sapporo, Japan, 11-12 December, 2013.
 18. A. Kime “Development of an X-ray slope profiler for Wolter type telescope mirrors – Performance evaluation using geometric and wave-optical simulator”, The MEADOW 2013 (MEtrology, Astronomy, Diagnostics and Optics Workshop), 28-30 Oct 2013, Trieste, Italy
 19. Y. Emi *et al.*, “Development of a High-resolution Full-field Hard X-ray Imaging Microscope with Compact AKB Mirror Optics”, The 12th symposium on X-ray Imaging Optics, 18-20 Nov 2013, Osaka, Japan
 20. H. Kino *et al.*, “Development of one-dimensional Wolter Mirror figured on a single substrate for full-field X-ray microscopy”, The 12th symposium on X-ray Imaging Optics, 18-20 Nov 2013, Osaka, Japan
 21. R. Fukui *et al.*, “Single-shot wavefront measurement of XFEL nanobeam”, The 12th symposium on X-ray Imaging Optics, 18-20 Nov 2013, Osaka, Japan
 22. H. Nakamori *et al.*, “Two-dimensional X-ray nanofocusing using piezoelectric deformable mirrors”, The 12th symposium on X-ray Imaging Optics, 18-20 Nov 2013, Osaka, Japan

23. S. Imai *et al.*, “Development of an adaptive hard X-ray focusing system with deformable mirrors”, 5th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 22–24 Oct 2012
24. H. Nakamori *et al.*, “Development of ultraprecise piezoelectric deformable mirror for adaptive X-ray focusing”, 5th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 22–24 Oct 2012
25. R. Fukui *et al.*, “Wavefront measurement for a hard-X-ray nanobeam using single-grating interferometry based on a phase grating and Fourier transform method”, International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 22–24 Oct 2012
26. H. Nakamori *et al.*, “Development of piezoelectric deformable mirrors for X-ray focusing”, Coherence 2012 workshop, Fukuoka, Japan, 2012 年 6 月
27. K. Soeda *et al.*, “Observing Ultra-Fast Phase Transitions by Time-Resolved Coherent Diffraction Imaging using SACLA“, The 6th International Workshop on Phase Retrieval and Coherent Scattering (Coherence 2012), Fukuoka, Japan, 18-21 June, 2012.
28. K. Soeda *et al.*, “Observing Ultra-Fast Phase Transitions by Time-Resolved Coherent Diffraction Imaging using SACLA X-ray Free Electron Laser“, The joint workshop of the 5th Asian Workshop on Generation and Application of Coherent XUV and X-ray Radiation (5th AWCXR) and the ISSP International Workshop on Coherent Soft X-ray Sciences, Kashiwa, Japan, 27-29 June, 2012.
29. T. Kimura *et al.*, “Development of Structure Analysis Method for Non-crystallized Sample using Focused X-ray Free Electron Laser“, The 13th RIES-Hokudai International Symposium, Sapporo, Japan, 13-14 December, 2012.
30. M.C. Newton *et al.*, “Time Resolved Imaging with Coherent X-ray Diffraction (TRICXD)“, The 13th RIES-Hokudai International Symposium, Sapporo, Japan, 13-14 December, 2012.
31. T. Kimura *et al.*, “Development of Pulsed Coherent X-ray Solution Scattering using Focused X-ray Free-Electron Laser“, The 12th RIES-Hokudai International Symposium, Chateraise Gateaux Kingdom Sapporo, 2011 年 11 月.
32. Y. Nishino *et al.*, “Laboratory of Coherent X-ray Optics“, The France-Japan workshop “Bio-inspired approaches : Micro- and Nano- Architectures, Materials & Imaging“, Institut Européen de Chimie et Biologie, Bordeaux, France, 2011 年 10 月.
33. J. Kim *et al.*, “Reflectivity improvement using PtC/C multilayers for X-ray mirrors“, Extended Abstracts of 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
34. H. Nakamori *et al.*, “Simulation Study of Adaptive Mirror for Hard X-ray Focusing“, Programme of ACTOP11, Osaka, Japan, 2011 年 4 月.
35. H. Nakamori *et al.*, “Development of an Adaptive X-Ray Focusing Mirror with Large NA -Evaluation of Reproducibility of Deformable Mirror-“, Extended Abstracts of 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
36. H. Nakamori *et al.*, “Development of an ultra-precise deformable mirror for hard X-ray nanofocusing“, Program of 7th Handai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
37. S. Matsuyama *et al.*, “Development of Hard X-ray Imaging Optics for Achromatic Full-Field X-ray Microscopy“, Extended Abstracts of 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
38. S. Imai *et al.*, “Development of an adaptive hard X-ray focusing system with adaptive mirrors“, Extended Abstracts of 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
39. H. Yokoyama *et al.*, “Determination of Hard X-ray Focusing Mirror Aberration using Phase

- Retrieval with Transverse Translation Diversity”, Extended Abstracts of 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
40. A. Suzuki *et al.*, ”Development of High-Resolution Ptychographic X-ray Diffraction Microscopy using Focused Hard X-ray Beam”, Extended Abstracts of Fourth International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
 41. Y. Takahashi *et al.*, ”Element-Specific Ptychographic X-ray Diffraction Microscopy using Anomalous Scattering”, Extended Abstracts of Fourth International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Osaka, Japan, 2011 年 11 月.
 42. R. Tsutsumi *et al.*, ”Development of high-resolution X-ray diffraction microscopy using Kirkpatrick and Baez mirrors”, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日
 43. S. Matsuyama *et al.*, ”One-Dimensional Wolter Mirror for Achromatic Hard X-ray Microscopy”, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日
 44. T. Wakioka *et al.*, ”Development of Side-By-Side Kirkpatrick-Baez mirror for high-density X-ray nanobeam”, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日
 45. N. Kidani *et al.*, ”Development of Advanced Kirkpatrick-Baez mirror for achromatic hard X-ray microscopy”, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日
 46. H. Yokoyama *et al.*, ”Ray-tracing Analysis of a Graded Multilayer Mirror”, Third International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, 中之島センター(大阪), 2010 年 11 月 24 日

(4)知財出願

①国内出願 (3件)

1. タンパク質結合元素の分析のための電気泳動用部材及びその分析方法, 志村まり, 松山智至, 松永章弘, 国立国際医療研究センター研究所, 2013 年 1 月 11 日, 特願 2013-003994
2. 形状可変X線ミラーシステム, 松山智至, 中森紘基, 山内和人, 岡田浩巳, 株式会社ジェイテック, 国立大学法人大阪大学, 2012 年 10 月 23 日, 特願 2012-233471
3. 集光径可変な X 線集光システム, 松山智至, 山内和人, 岡田浩巳, 株式会社ジェイテック, 国立大学法人大阪大学, 2012 年 7 月 4 日, 特願 2012-150245

(5)受賞・報道等

①受賞

1. *山内和人, 平成 28 年度 文部科学大臣表彰科学技術賞, 2016 年 4 月
2. 前島一博, 第 24 回(平成 27 年度)木原記念財団学術賞, 2016 年 5 月
3. 西野吉則, 北海道大学研究総長賞奨励賞, 2016 年 3 月
4. 松山智至, SPRing-8 ユーザー協同体, SPRUC 2015 Young Scientist Award, 2015 年 9 月
5. 松山智至, 第四回大阪大学総長奨励賞, 2015 年 7 月
6. 山田純平, 精密工学会関西支部 2015 年度関西地方定期学術講演会, ベストポスタープレゼンテーション賞, 2015 年 6 月
7. 西野吉則, 北海道大学研究総長賞奨励賞, 2015 年 3 月
8. *木村隆志, 城地保昌, 別所義隆, 西野吉則, 文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム平成 25 年度秀でた利用成果, 2015 年 1 月
9. Mayu Sao, Takashi Kimura, Yasuamasa Joti, Yasutaka Bessho, and Yoshinori Nishino, Poster Award, The 15th Ries-Hokudai International Symposium, 2014 年 12 月

10. 山内和人, 第三回大阪大学総長表彰, 2014 年 7 月
11. 松山智至, 第三回大阪大学総長奨励賞, 2014 年 7 月
12. 木村隆志, 第 43 回 松本・羽鳥奨学賞, 2014 年 3 月 26 日
13. 中森紘基, 2014 年度精密工学会春季大会学術講演会, ベストプレゼンテーション賞, 2014 年 3 月
14. 山内和人, 第二回大阪大学総長表彰, 2013 年 7 月
15. 後藤拓実, 2013 年度精密工学会秋季大会 ベストポスタープレゼンテーション賞, 2013 年 9 月
16. 木目歩美, 精密工学会 2013 年度関西地方定期学術講演会, ベストポスタープレゼンテーション賞, 2013 年 6 月
17. *山内和人, 佐野泰久, 有馬健太, 日本表面科学会, 日本表面科学界 会誌賞, 2013 年 11 月
18. H. Nakamori, 5th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Best Poster Award, 2012 年 10 月
19. 松山智至, 精密工学会, 精密工学会技術奨励賞, 2012 年 9 月
20. 恵美陽治, 精密工学会 2012 年度関西地方学術講演会, ベストポスタープレゼンテーション賞, 2012 年 6 月
21. 中森紘基, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム 学生発表賞, 第 25 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, 2012 年 1 月
22. 木村隆志, 第 24 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム, JSR11 学生発表賞, 2011 年 1 月
23. 横山光, 4th International Symposium on Atomically Controlled Fabrication Technology, Best Poster Award, 2011 年 11 月
24. 脇岡敏之, 2010 年秋季精密工学会, ベストプレゼンテーション賞, 2010 年 11 月

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 日経電子版, 「阪大と北大と理研、ビームサイズを自由自在に制御できる X 線ナノビーム形成に成功」, 2016 年 4 月 22 日
2. プレスリリース, 「世界初! ビームサイズを自由自在に制御できる X 線ナノビームの形成に成功ー多機能型 X 線顕微鏡の実現に 1 歩近づくー」, 2016 年 4 月 20 日
3. プレスリリース, 「生命の設計図 DNA は、不規則に折り畳まれる性質をもつ!」, 2016 年 4 月 12 日
4. プレスリリース, 「世界最短波長の原子準位レーザーを実現」, 2015 年 8 月 27 日
5. 日刊工業新聞, 「世界最短波長 0.15 ナノメートル 原子準位レーザー開発」, 2015 年 8 月 27 日
6. 科学新聞, 「自動車排ガス浄化用触媒材料 放射線損傷なくナノレベルで観察 産学連携研究」, 2015 年 11 月 20 日
7. 日経産業新聞, 「触媒の劣化過程解明 トヨタと北大 理研のレーザー活用」, 2015 年 11 月 18 日
8. 日刊自動車新聞, 「放射線での損傷なし 排ガス浄化触媒観察 ナノレベルで トヨタなど」, 2015 年 11 月 12 日
9. Security Online News, 「SACLA 産学連携プログラムで、自動車排ガス浄化用触媒材料を放射線損傷なくナノレベル観察することに成功」, 2015 年 11 月 12 日
10. OPTRONICS ONLINE, 「北大ら、産学連携で排ガス用触媒を XFEL 観察」, 2015 年 11 月 11 日
11. Response, 「北大とトヨタなど、自動車排ガス浄化用触媒材料のナノレベルでの観察に成功」, 2015 年 11 月 11 日
12. 財経新聞, 「北大ら、自動車排ガス浄化材料をナノレベル観察」, 2015 年 11 月 11 日
13. Car Watch, 「X線自由電子レーザー(XFEL)施設「SACLA」を用いて、自動車排ガス浄化用

- 触媒材料を放射線損傷なくナノレベルで観察することに成功」, 2015 年 11 月 11 日
14. 北海道新聞, 「Academic Fantasia」, 2015 年 8 月 9 日
 15. 放送大学, 「分子分光学」, 2015 年 7 月 2 日
 16. nano2biz, 「結晶中の超高速構造変化を X 線レーザーで捉えることに成功」, 2014 年 06 月 13 日
 17. Laser Focus World, 「ナノ結晶中の超高速構造変化を X 線レーザーで捉えることに成功」, 2014 年 05 月 20 日
 18. プレスリリース, 「国際学術雑誌の自由電子レーザー特集号に SACLA に関する 4 本の論文が一挙掲載」, 2015 年 5 月 13 日
 19. プレスリリース, 「X 線可飽和吸収を世界で初めて観測 – SACLA の世界最強 X 線レーザーが切り拓く新たな世界 –」, 2014 年 10 月 1 日
 20. マイナビニュース, 「X 線可飽和吸収を観測, X 線光学事始め」, 2014 年 10 月 3 日
 21. サイエンスポータル, 「X 線可飽和吸収を観測, X 線光学事始め」, 2014 年 10 月 2 日
 22. プレスリリース, 「X 線レーザーの集光強度を 100 倍以上向上 – 4 枚の超高精度ミラーを駆使し 50 ナノメートル集光に成功 –」, 2014 年 4 月 28 日
 23. 阪大 NOW, 「大型放射光施設 SPring-8, X 線自由電子レーザー施設 SACLA を訪問」, 2014 年 4 月
 24. プレスリリース, 「X 線の 2 光子吸収の観測に成功 – 数百zept秒の間にほぼ同時に原子を 2 度打ち –」, 2014 年 2 月 17 日
 25. マイナビニュース, 「理研など, X 線光子が 1 原子に 2 個同時に吸収される「2 光子吸収」過程を観測」, 2014 年 2 月 18 日
 26. ライブドアニュース, 「理研など, X 線光子が 1 原子に 2 個同時に吸収される「2 光子吸収」過程を観測」, 2014 年 2 月 18 日
 27. 放送大学, 「授業科目案内～大学の窓」, 2015 年 2 月 9 日
 28. 北海道新聞, 「Academic Fantasia 2043 – エルムの知から, 世界を知る –」, 2014 年 9 月 6 日
 29. JST サイエンスニュース, 「生きた細胞をみる SACLA の挑戦」, 2014 年 7 月 17 日
 30. 日経産業新聞, 「構造変化, 原子レベルで 北大が観察手法 X 線レーザー使用」, 2014 年 5 月 22 日
 31. 日刊工業新聞, 「ナノ結晶中の構造変化 超高速撮影に成功 北大」, 2014 年 5 月 22 日
 32. マイナビニュース, 「北大など, ナノ結晶中の超高速構造変化を X 線レーザーで捉えることに成功」, 2014 年 5 月 20 日
 33. NHK 放送「サイエンス zero」, 「原子の動きが見える!? 究極の“顕微鏡”SACLA (サクラ)」, 2014 年 4 月 13 日
 34. 読売新聞 朝刊「DNA の集まり実は乱雑?」, 2014 年 5 月 11 日
 35. 小学館 ジャパンナレッジ, 注目的人物, 西野吉則, 2014 年 3 月 24 日
 36. 北海道新聞 朝刊 2 面, ひと 2014「西野 吉則(にしの よしのり)さん – 生きた細胞の観察に成功した北大教授 –」, 2014 年 2 月 12 日
 37. TBS, 「情報 7days ニュースキャスター」, 2014 年 2 月 1 日
 38. 時評 2014 年 2 月号((株)時評社), 「X線レーザーを工夫, 細胞内部の画像化に成功 – 北海道大学 電子科学研究所教授 西野吉則氏 –」, 2014 年 2 月 1 日
 39. 北海道新聞 小樽・後志版朝刊 30 面, 「三面鏡-ナノ単位の計測紹介-」, 2014 年 1 月 24 日
 40. 科学新聞 4 面, 「X 線レーザーで生きた細胞をナノレベルで観察-北大など 高コントラスト可視化に成功-」, 2014 年 1 月 17 日
 41. QLifePro 医療ニュース, 「北大らの研究グループ 生きた細胞のナノレベルでの観察に成功」, 2014 年 1 月 16 日
 42. ナノテクジャパン, 「X 線レーザーで生きた細胞をナノレベルで観察することに成功～生きた細胞を, ナノメートルの分解能で定量的に観察できる手法を世界で初めて確立～」, 2014 年 1 月 16 日
 43. 日経産業新聞 6 面, 「生きた細胞の内部ナノレベルで観察-北大など X 線レーザーで-」,

2014 年 1 月 15 日

44. 朝日新聞 朝刊 7 面, 「生きた細胞の内部, 初めて見た北大, 最先端エックス線装置で成功」, 2014 年 1 月 8 日
45. 北海道新聞 朝刊 1 面, 「生きた細胞の微細構造観察」, 29 面「生きた細胞 細部「撮影」-北大などグループ 新薬開発へ応用期待-」, 2014 年 1 月 8 日
46. 日刊工業新聞 19 面, 「生きた細胞ナノ観察 X 線自由電子レーザーで-北大・理研・JASRI-」, 2014 年 1 月 8 日
47. 北海道テレビ, イチオシ! モーニング, 2014 年 1 月 8 日
48. マイナビニュース, 「北大など, XFEL を用いて生きた細胞のナノレベルでの観察に成功」, 2014 年 1 月 8 日
49. OPTRONICS, 「北大など, X 線レーザで生きた細胞をナノレベルで観察することに成功」, 2014 年 1 月 8 日
50. 時事通信社, 生きた細胞の微細構造観察=X線レーザーで「撮影」-世界初, 応用期待・北大や理研, 2014 年 1 月 8 日, 2014 年 1 月 7 日
51. 時事通信社, フォトニュース:細胞の内部構造, 2014 年 1 月 8 日, 2014 年 1 月 7 日
52. 時事通信社, フォトニュース:細胞「撮影」用のチップ, 2014 年 1 月 8 日, 2014 年 1 月 7 日
53. 新聞赤旗, 「DNAの収納 実は「いい加減」」, 2013 年 1 月 28 日
54. 日刊工業新聞, 「DNA, 常時小刻みに揺らぎ-遺伝学研が収納状態解析」, 2012 年 12 月 18 日
55. プレスリリース, 「世界最強 X 線レーザービームが誕生 -原子レベルの精度を持つ鏡により, 1マイクロメートルの集光ビームを実現-(プレスリリース)」, 2012 年 12 月 17 日
56. 日刊工業新聞, 「世界最高強度のX線レーザー実現」, 2012 年 12 月 17 日
57. マイナビニュース, 「X 線自由電子レーザー施設「SACLA」の XFEL の密度を 4 万倍に強化」, 2012 年 12 月 17 日 (<http://news.mynavi.jp/news/2012/12/17/171/index.html>)
58. マイナビニュース, 「生命の設計図であるゲノム DNA は細胞の中で小刻みに動いていた -遺伝研など」, 2012 年 12 月 14 日 (<http://news.mynavi.jp/news/2012/12/14/179/index.html>)
59. 科学新聞, 「DNA は染色体内に “適当に “収まっていた」, 2012 年 2 月 24 日
60. 日本経済新聞, 「染色体の束ね方実はいいかげん」, 2012 年 2 月 20 日
61. 日経産業新聞, 「染色体の束ね方不規則」, 2012 年 2 月 20 日
62. 中日新聞, 「DNA ぐしゃっと集合」, 2012 年 2 月 18 日
63. 静岡新聞, 「DNA “ぐしゃっと “収納」, 2012 年 2 月 18 日
64. 信濃毎日新聞, 「ヒト DNA 不規則に凝縮」, 2012 年 2 月 18 日
65. 京都新聞, 「DNA 実は不規則にぐしゃっと集合」, 2012 年 2 月 18 日
66. 茨城新聞, 「人の染色体 DNA, 実は不規則 遺伝研教授ら発表 生命設計図の定説覆す」, 2012 年 2 月 18 日
67. 読売新聞, 「原子見分ける顕微鏡 阪大・理研など開発」, 2011 年 9 月 26 日
68. 日刊工業新聞, 「大視野で高分解能 阪大などがX線顕微鏡」, 2011 年 10 月 3 日
69. 化学工業日報, 「元素識別が可能に 大視野, 高分解能X線顕微鏡を開発 阪大など」, 2011 年 10 月 3 日
70. 科学新聞, 「物質中の電子密度や特定元素の分布観察 大視野・高分解能X線顕微鏡 阪大, 名大, 理研の研究グループ開発」, 2011 年 10 月 14 日
71. 日刊工業新聞, 「ホログラムで試料撮影 北大など 極端紫外線レーザーで」, 2010 年 10 月 11 日
72. 科学新聞「試料像をフェムト秒で捕捉 -ホログラフィー手法確立-」, 2010 年 10 月 22 日
73. X線自由電子レーザーニュース, 「試料像をフェムト秒で捉える極紫外線ホログラフィーに成功」, 2010 年 12 月 12 日
74. RikaTan(文一総合出版), 「ジェットコースターで瞬間を切り取る! ?」, 2011 年 1 月 1 日

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- 開発した形状可変鏡とその周辺技術について、株式会社ジェイテックと共同で実用化を進めている。なお、本共同開発は、経産省「ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金」に採択された。実用化に向けて着実に進められている。
- 開発したX線シングルグレーチング干渉計システムを理化学研究所と共同でX線自由電子レーザー(SACLA)のX線集光システムに導入予定。
- 開発したペンシルビーム法を発展させた方法を用いて、JAXA で開発中の太陽観測のためのX線望遠鏡用 Wolter ミラーの波面収差評価を進めている。
- SACLA に導入されている MAXIC (汎用コヒーレントイメージング装置)の共同開発。
- SACLA に導入されている MPCCD 検出器の共同開発。

②社会還元的な展開活動

- SPring-8 のアップグレード計画をまとめた「SPring-8 II デザインレポート」(<http://rsc.riken.jp/pdf/SPring-8-II.pdf>)にて、本アダプティブ集光システムの有用性が示された。
- International Workshop on X-ray Mirror Design, Fabrication and Metrology (IWXM2015)にて、次世代集光光学系として、本アダプティブ集光システムを提案した。
- SPIE Optics&Photonics 2010～2015(San Diego で開催)にて、Program Committee として Advances in X-ray/EUV Optics and Components のセッションを企画し、X線集光やX線顕微鏡の普及に努めた。
- SPring-8 ユーザー共同体(SPRUC)の研究会において、Upgraded SPring-8 における複合分析技術の有用性とそれを可能にするアダプティブ集光光学系の活用について提言を行った。
- The US Department of Energy (DOE)主催の Adaptive Optics Working Group に参加し、高精度 X 線用形状可変鏡実現のために、現状の精度と問題点について提言をまとめた。
- 内閣府「国民との科学・技術対話」推進に関する研究支援事業(北海道大学、北海道新聞)に参加し、高校での出張授業を行う予定(北大から計 13 名の研究者が参加)。本事業に関して、北海道新聞に全面広告(2 面)が掲載された。
- SPring-8 ユーザー協同体(SPRUC)企画委員会「放射光科学将来ビジョン」作業部会において、SPring-8 将来計画では、開発中の顕微鏡が重要な役割を果たすことについて提言を行った。
- 白金製剤に関して得られた知見を学会・国際会議で発表することで、抗がん剤開発に寄与した。
- 元素結合タンパク質を分析できる新手法(SPAX)を開発し、この手法を学会や国際会議で公開した。これによって、本手法の普及に努めた。本手法は元素結合タンパク質の異常で起こる疾患のメカニズム解明に非常に有用である。
- ゲノム DNA の収納については、教科書では DNA が規則正しく束ねられている様子が定説として図示されているが、そのような規則正しい構造は存在せず、ヌクレオソームが不規則(かなりのいい加減)に細胞内に収められていることを突き止めた。本結果を新聞等で広く公開した。

§ 5 研究期間中の活動

5. 1 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2016 年 3 月 10 日	班会議(非公開)	北海道大学 電子科学研 究所	7 人	CREST プロジェクトのまとめ と今後の共同研究について
2016 年 2 月 16 日	「国民との科学・技術対 話推進事業」(北海道大 学・北海道新聞)	藤女子中学 校・高等学 校	約 30 人	出張講義(西野吉則)
2016 年 1 月 27 日	The 1st international seminar on synchrotron X-ray bioimaging	北海道大学 電子科学研 究所	12 人	開発した光学系を生物医学 イメージングに応用展開す るためのミーティング
2015 年 7 月 27 日	班会議(非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	12 人	研究進捗報告のためのミー ティングと他 CREST チームと のブレインストーミング
2015 年 7 月 24 日	北海道札幌西高等学校 スーパーサイエンスハイ スクール事業	北海道札幌 西高等学校	16 人	出張講義(西野吉則)
2015 年 6 月 29 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	7 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2015 年 6 月 6 日	北海道大学電子科学研 究所一般公開	北海道大学 電子科学研 究所		サイエンストーク(西野吉則)
2015 年 5 月 29 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	4 人	SXFM のためのミーティング
2015 年 5 月 13 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	6 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2015 年 3 月 29 日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	7 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2015 年 3 月 24 日	サイトビジット(非公開)	大阪大学	7 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2015 年 3 月 14 日	班会議(非公開)	大阪大学	10 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2015 年 1 月 11 日	チーム内ミーティング (非公開)	立命館大学	7 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2014 年 12 月 26 日	チーム内小ミーティング (非公開)	北海道大学	5 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 12 月 3 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	5 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 11 月 21 日	異分野研究者との意見 交換会(非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	6 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 11 月 5 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	5 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング

2014 年 10 月 9 日	「国民との科学・技術対 話推進事業」(北海道大 学・北海道新聞)	北海道札幌 西高等学校	40 人	出張講義(西野吉則)
2014 年 10 月 7 日	「国民との科学・技術対 話推進事業」(北海道大 学・北海道新聞)	北海道札幌 西高等学校	11 人	出張講義(西野吉則)
2014 年 10 月 3 日	班会議(非公開)	北大東京オ フィス	8 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2014 年 8 月 17 日	SPIE Optics&Photonics 「Adaptive X-ray Optics」	San Diego Convention center	約 30 人	アダプティブ集光光学系の 普及を目指し, NASA とイリノ イ工科大学の研究者らと共 同開催した.
2014 年 7 月 24 日	北海道札幌西高等学校 スーパーサイエンスハイ スクール事業	北海道札幌 西高等学校	19 人	出張講義(西野吉則)
2014 年 7 月 7 日	班会議(非公開)	大阪大学	11 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2014 年 7 月 2 日	チーム内小ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	3 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 5 月 26 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	4 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 5 月 9 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	5 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2014 年 4 月 27 日	第 22 回 SPing-8 施設 公開	SPring-8		科学講演会(西野吉則)
2014 年 3 月 5 日	札幌市立琴似中央小学 校出張講義	札幌市立琴 似中央小学 校	30 人	出張講義(西野吉則)
2014 年 2 月 1 日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	4 人	SXFM のためのミーティング
2014 年 2 月 1 日	チーム内ミーティング (非公開)	北海道大学	9 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2014 年 1 月 23 日	「国民との科学・技術対 話推進事業」(北海道大 学・北海道新聞)	北海道小樽 潮陵高等学 校	19 人	出張講義(西野吉則)
2014 年 1 月 12 日	チーム内小ミーティング (非公開)	広島国際会 議場	6 人	アダプティブ集光光学系開 発のためのミーティング
2013 年 12 月 20 日	「国民との科学・技術対 話推進事業」(北海道大 学・北海道新聞)	北海道札幌 西高等学校	10 人	出張講義(西野吉則)
2013 年 10 月 26 日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	5 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2013 年 11 月 22 日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	10 人	研究進捗報告のためのミー ティング

2013 年 10 月 23 日	チーム内ミーティング小 (非公開)	SPring-8	4 人	SXFM のためのミーティング
2013 年 7 月 19 日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	11 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2013 年 5 月 31 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	5 人	形状可変ミラーを用いた CDI のためのミーティング
2013 年 2 月 3 日	チーム内ミーティング (非公開)	北海道大学	6 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2013 年 1 月 13 日	チーム内小ミーティング (非公開)	名古屋大学	5 人	SPAX 開発のためのミーティ ング
2012 年 11 月 1 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SPAX 開発のためのミーティ ング
2012 年 10 月 26 日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	5 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2012 年 10 月 8 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SPAX 開発のためのミーティ ング
2012 年 9 月 29 日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療研究セン ター研究所	6 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2012 年 8 月 27 日	SPIE Optics&Photonics 「Adaptive X-ray Optics」	San Diego Convention center	約 30 人	アダプティブ集光光学系の 普及を目指し, NASA とイリノ イ工科大学の研究者らと共 同開催した.
2012 年 6 月 16 日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	5 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2012 年 5 月 22 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SXFM 開発のためのミーティ ング
2012 年 4 月 21 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	4 人	形状可変ミラー開発のため のミーティング
2012 年 4 月 6 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SXFM 開発のためのミーティ ング
2012 年 2 月 25 日	チーム内ミーティング (非公開)	遺伝学研究 所	8 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2012 年 1 月 9 日	チーム内小ミーティング (非公開)	鳥栖市民文 化会館	5 人	SPring-8 実験のためのミー ティング
2011 年 12 月 6 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	8 人	SPring-8 実験のためのミー ティング
2011 年 10 月 25 日	チーム内ミーティング (非公開)	品川駅某所	5 人	研究進捗報告のためのミー ティング
2011 年 10 月 20 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SPring-8 実験のためのミー ティング
2011 年 10 月 8 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SPring-8 実験のためのミー ティング
2011 年 9 月 9 日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	3 人	SPring-8 実験のためのミー ティング

2011年8月6日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	8人	研究進捗報告のためのミー ティング
2011年7月3日	チーム内小ミーティング (非公開)	SPring-8	5人	SPring-8 実験のためのミー ティング
2011年5月 14-15日	チーム内ミーティング (非公開)	北海道大学	6人	研究進捗報告のためのミー ティング
2011年4月 14日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	5人	研究進捗報告のためのミー ティング
2011年3月 13日 (地震のため 開催延期)	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療センター 研究所		研究進捗報告のためのミー ティング
2011年1月7日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療センター 研究所	10人	研究進捗報告のためのミー ティング
2010年12月 18日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療センター 研究所	6人	研究進捗報告のためのミー ティング
2010年11月 19日	チーム内ミーティング (非公開)	国立国際医 療センター 研究所	5人	研究進捗報告のためのミー ティング
2010年10月 20日	チーム内ミーティング (非公開)	大阪大学	4人	研究進捗報告のためのミー ティング

§ 6 最後に

まずは、本 CREST プロジェクトを推進させていただき心から感謝を申し上げます。

現在の100倍以上の高輝度化が実現する次世代の放射光施設の状況から、本研究では光学系の高機能化に挑戦しました。複合分析がビームタイム内で可能になるものと考えられ、分析法や試料サイズに合わせたビームサイズの可変機能は極めて有効になります。

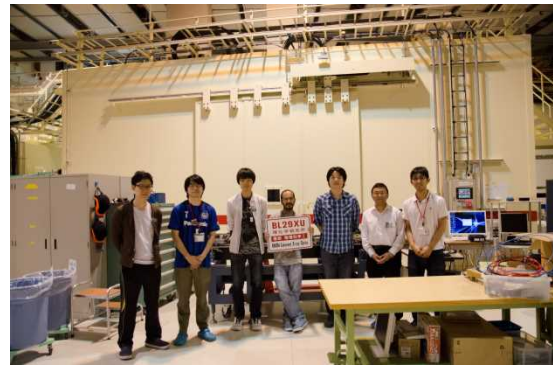
我々(特に阪大チーム)は、超精密加工・計測技術をベースに第3世代放射光以降の高輝度光源に対して、ナノ集光のための光学系開発を行い、世界初の回折限界での集光や、Sub-10nm 集光、X線顕微鏡光学系における補償光学の展開、SACLAの集光技術の確立などを行ってきました。まさに、第3世代放射光がアップグレードされるこのタイミングで、ある意味の使命感を持ってCRESTプロジェクトをやらせていただいたと思っています。この中で、ビームサイズ可変光学系を世界で初めて回折限界条件のもとに実現でき、アダプティブ光学系の駆動に用いるピエゾ素子のドリフト制御、オンサイトでの波面計測法など、実用化に必要な要素技術を含めて目処を得ることのできる成果を出せたことは、非常に大きな喜びです。顕微鏡システムとしての完成度においても、無機材料やテストパターンを用いた試験において、これを確認できたことは、非常に大きな成果であったと考えています。

医学生物学応用の更なる発展への貢献を目指した抗がん剤作用機序の解明では、ここで開発した光学系ではなく、我々がこれまでに実現した光学系を用いた観察ではありましたが、多くの新しい知見が放射光実験によって得られたと思っています。最終目標である、本CRESTで開発した顕微鏡システムによる観察には至らなかったことは非常に残念ですが、今後の課題としたいと思います。今回のチームは、10年以上にわたって、放射光の医学生物学応用に関する研究を推進してきた仲間であり、チーム全体を見ても、非常に大きなステップアップにつながったと考えています。今後も一丸となって、最終目標に向けてまい進いたします。

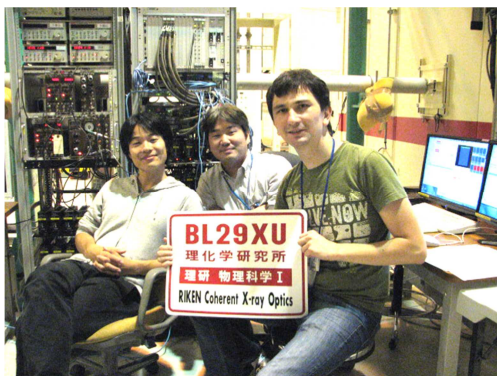
なお、本研究全体は今後も継続していきますが、特に形状可変鏡とX線顕微鏡のテーマにおいては、科研費 基盤(s)【高精度形状可変ミラー光学系の構築とX線自由電子レーザーのアダプティブ集光, 研究代表者: 山内和人, 期間: 2016~2020 年度】と基盤(s)【X線レーザー回折による生細胞ダイナミクス, 研究代表者: 西野吉則, 期間: 2015~2019 年度】によってさらに発展させていく所存です。



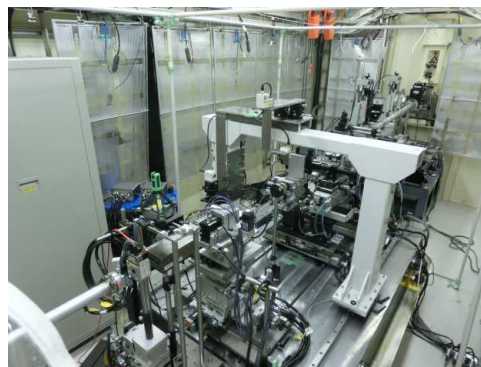
懇親会にて



SPRING-8にて



SPRING-8 にて



開発した実験装置