

配布先: 文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会、大学記者会(東京大学)、兵庫県政記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ、西播磨県民局記者クラブ、中播磨県民センター記者クラブ

2026年4月8日

報道機関 各位

## 国産高解像度宇宙 X 線望遠鏡の開発に成功 ～天文学×放射光科学の融合で「激動の宇宙」を視る～

### 【本研究のポイント】

- ・天文学分野と放射光科学分野の技術を融合し、国産の高解像度宇宙 X 線望遠鏡<sup>注1)</sup>の開発と性能実証に成功した。
- ・大型放射光施設 SPring-8 <sup>注2)</sup>の約 1km 長尺ビームラインを活用し、高輝度かつ見かけ上ほぼ点光源となる X 線評価システム HBX-KLAEES <sup>注3)</sup>を構築した。
- ・性能評価の結果、FWHM <sup>注4)</sup> 0.7 秒角<sup>注5)</sup>、HPD <sup>注6)</sup> 14 秒角という高い解像度を達成した。
- ・開発した望遠鏡は太陽フレア観測ロケット FOXSI-4 に搭載され打ち上げられ、今後は超小型衛星や小型惑星探査機など小型飛翔体による高解像度宇宙 X 線観測の基盤技術となることが期待される。

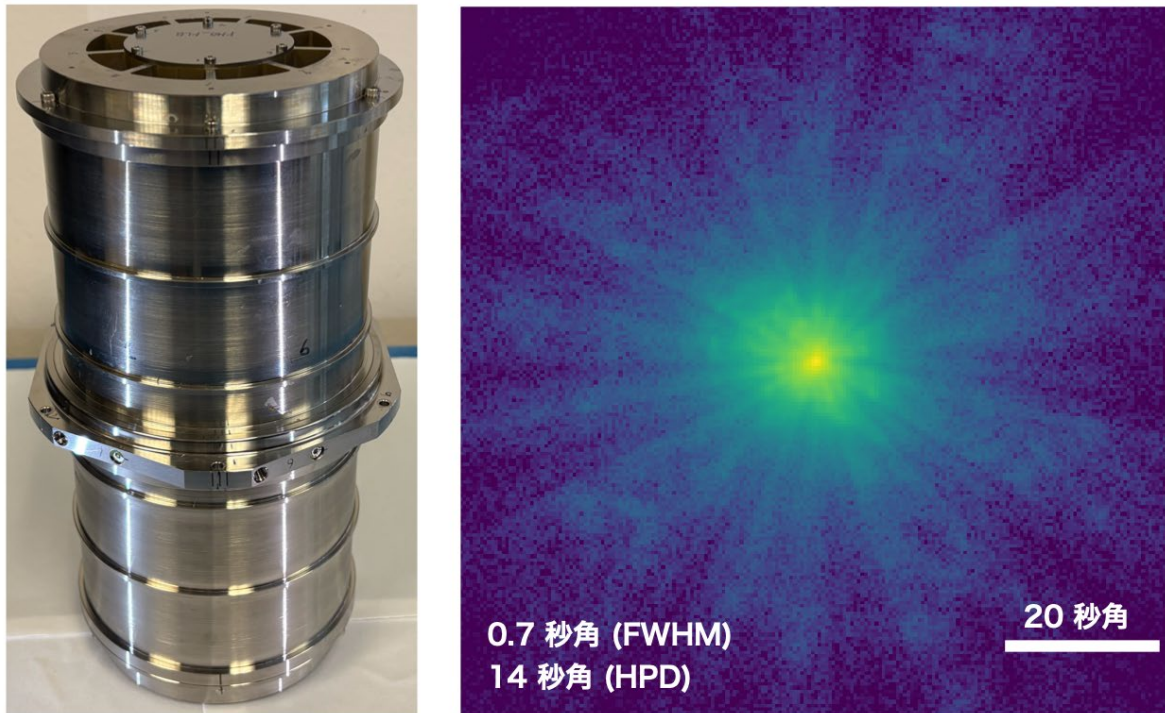
### 【研究概要】

名古屋大学大学院理学研究科の三石 郁之 講師、藤井 隆登 博士前期課程学生(研究当時)、作田 皓基 博士後期課程学生(研究当時、現 東北大学大学院理学研究科博士)、安福 千貴 博士後期課程学生、吉田 有佑 博士後期課程学生、吉原 諒 博士前期課程学生、東京大学先端科学技術研究センター 三村 秀和 教授、夏目光学株式会社 橋爪 寛和 取締役常務、名城大学理工学部 宮田 喜久子 准教授、ならびに理化学研究所放射光科学研究センター香村 芳樹 チームリーダーらによる研究グループは、天文学分野と放射光科学分野の技術を融合し、国産の高解像度宇宙 X 線望遠鏡の開発に成功しました。

本研究では、天文学分野において光学設計および反射鏡支持機構の設計・接着実装等の宇宙実装技術を担当し、放射光科学分野では超精密電鍍(ちゅう)法による X 線反射鏡作製と、SPring-8 の長尺ビームラインを利用した高輝度無限遠点光源模擬評価システム(HBX-KLAEES)の構築が行われました。これらの技術を組み合わせて性能評価を実施した結果、FWHM 0.7 秒角、HPD 14 秒角という高い解像度を達成しました。

開発した望遠鏡は、日米共同太陽フレア観測ロケット FOXSI-4 に搭載され、打ち上げに成功しました。本成果は、超小型衛星や小型惑星探査機など小型飛翔体による高解像度宇宙 X 線観測の実現に向けた重要な基盤技術となることが期待されます。

本研究成果は、2026年4月7日(日本時間)付で天文学分野の国際学術誌「Publications of the Astronomical Society of the Pacific」に掲載されます。



開発した宇宙 X 線望遠鏡の外観写真(左)と得られた結像イメージ(右)

## 【研究背景】

宇宙では、太陽フレアやブラックホール周辺、超新星爆発や銀河団衝突など、物質が激しく加熱・加速される高エネルギー現象が数多く起こっています。これらの現象では数百万から数億度に達する高温プラズマや相対論的エネルギーを持つ粒子が生成され、その結果として X 線が放射されます。そのため宇宙 X 線観測は、超高温・超強磁場・超高密度・超強重力などが作り出す極限環境で起こる宇宙の激動を直接的に捉える重要な手段となっています。しかし宇宙から飛来する X 線は地球大気によって吸収されてしまうため、地上から直接観測することはできません。そのため X 線観測は、人工衛星や観測ロケットなどの飛翔体による宇宙観測によって行われます。

X 線天文学では、主に天体からの微弱な X 線を効率よく集めるための高い集光力と、天体構造を細かく識別するための高い解像度という二つの性能が望遠鏡に求められます。しかし X 線は可視光のように通常の鏡では反射せず、極めて浅い角度でのみ反射するため、X 線望遠鏡にはナノメートルレベルの形状精度を持つ特殊な反射鏡が必要となります。特に高い解像度を実現するためには反射鏡の形状精度が決定的に重要であり、このような高精度反射鏡の製作と、その性能を維持しつつ宇宙環境に耐える望遠鏡として実装することは非常に難しい技術課題です。実際に、高い解像度を持つ宇宙 X 線望遠鏡の開発はこれまで主に欧米の研究機関が主導してきました。そのため、日本の X 線天文学分野において国産の高解像度宇宙 X 線望遠鏡を実現することは長年の重要な挑戦課題の一つとなっていました。

## 【研究成果】

本研究では、天文学分野と放射光科学分野の技術を融合することで国産の高解像度宇宙 X 線望遠鏡の開発に取り組みました。天文学分野では、宇宙観測に必要な光学設計に加え、反射鏡支持機構の設計や接着実装などの宇宙実装技術を担当しました。一方、放射

# Press Release

光科学分野では、放射光 X 線光学研究で培われた超精密電鍍技術による X 線反射鏡の作製と、SPring-8 の長尺ビームラインを利用した高輝度無限遠点光源模擬評価システム HBX-KLA EES ( High-Brilliance X-ray Kilometer-long Large-Area Expanded-beam Evaluation System) の構築が行われました。HBX-KLA EES は、高輝度 X 線を用いて宇宙の無限遠天体を模擬し、X 線望遠鏡の性能を精密に評価するために開発された評価システムです。

完成した望遠鏡(図 1 参照)の性能評価には、大型放射光施設 SPring-8 の約 1 km 長尺ビームライン BL29XUL(図 2 参照)を活用した HBX-KLA EES 図 3 参照)が用いられました。このシステムでは、約 10  $\mu\text{m}$  程度の微小 X 線光源を約 900 m 離れた位置に配置することで、天体から到来する X 線に近い極めて小さな発散角と、見かけ上ほぼ点光源となる光源サイズを同時に実現しています。さらに SPring-8 の高輝度放射光を利用することで、望遠鏡像の中心の鋭い構造から広い散乱成分まで、広いダイナミックレンジでの精密な PSF<sup>注 7)</sup>測定が可能となりました。このように高輝度硬 X 線を用いて無限遠天体を模擬し、高解像度 X 線望遠鏡の性能を精密に評価できる実験システムは世界的にも例がなく、HBX-KLA EES は宇宙 X 線光学系の性能評価のために開発された独自の研究基盤となっています。

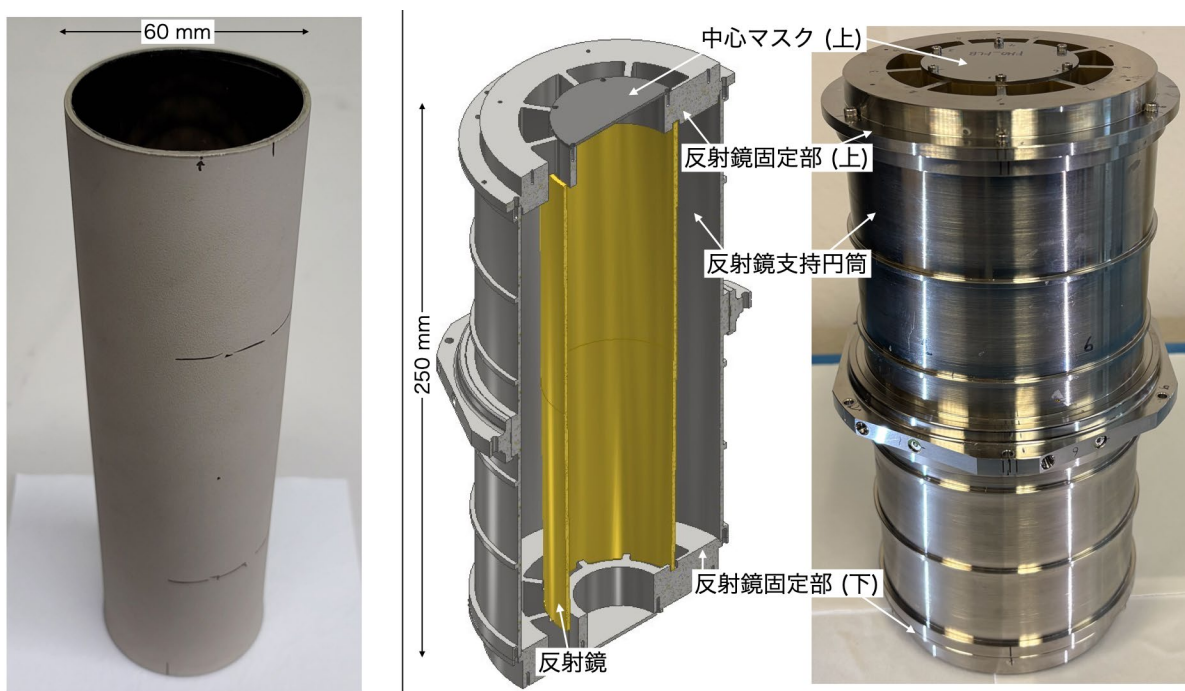


図 1:本研究で開発した X 線反射鏡(左)と、反射鏡を接着実装した X 線望遠鏡の組み立て構造(中央)および完成した望遠鏡の外観写真(右)

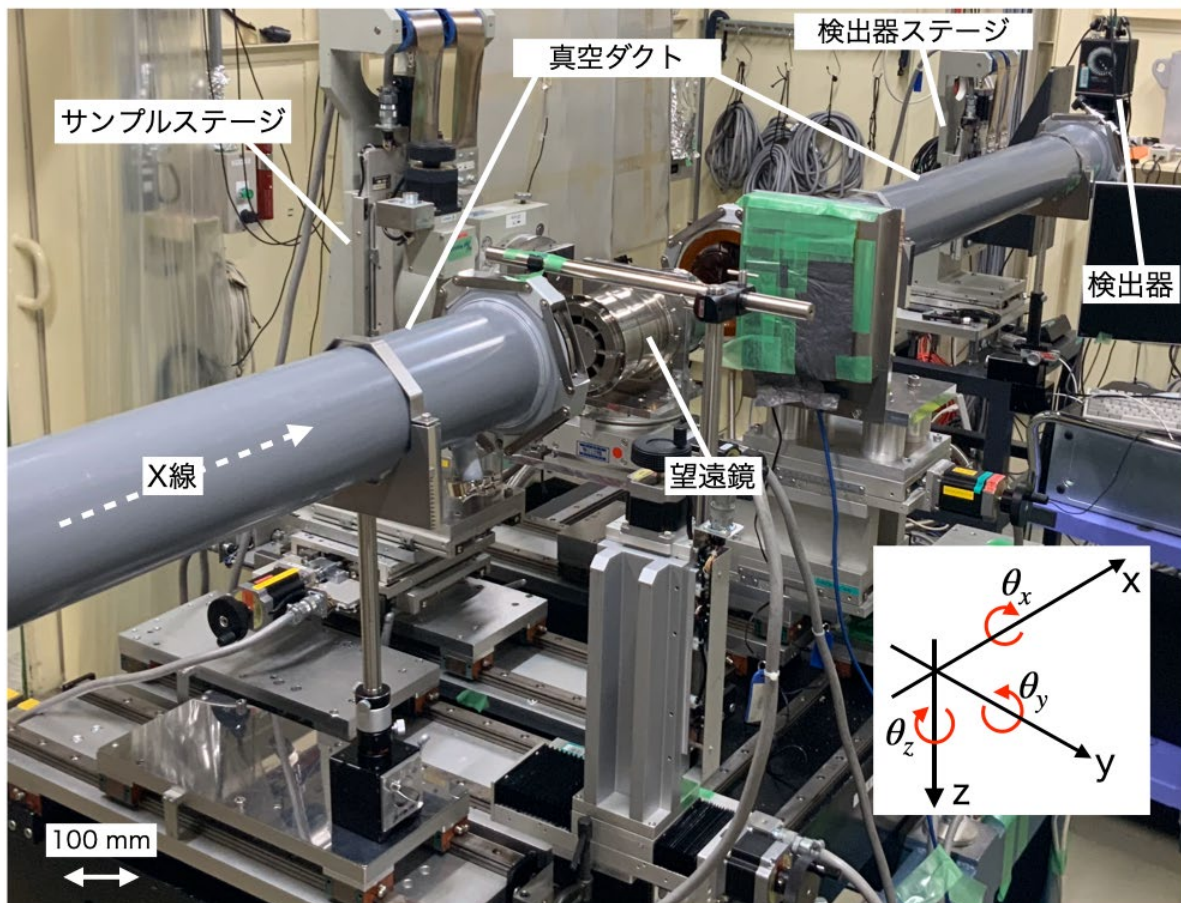


図 2:大型放射光施設 SPring-8 の長尺ビームライン BL29XUL における測定実験の様子。  
実験ハッチ内に設置された X 線望遠鏡と検出器を用いて、X 線解像度の評価を行った

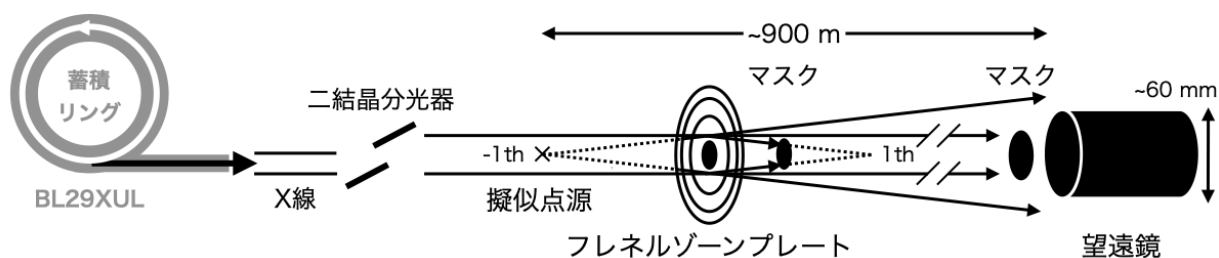


図 3:SPring-8 長尺ビームライン BL29XUL に構築した高輝度無限遠点光源模擬評価システム  
HBX-KLAES の概念図。フレネルゾーンプレートなどの X 線光学素子を用いて仮想的な点光源を  
生成し、約 1 km の長距離伝搬により天体から到来するほぼ平行な X 線を模擬する

### 【成果の意義】

この評価システムを用いた X 線性能評価の結果、本望遠鏡は FWHM 0.7 秒角、HPD 14 秒角という高い解像度を達成(図 4 参照)しました。さらに、反射鏡単体の局所的なスポットスキャン測定では 10 秒角を下回る解像度が確認され、反射鏡自体が非常に高い光学性能を有することが示されました。この高い光学性能を維持したまま、反射鏡を支持機構へ接着実装して望遠鏡として組み上げることに成功し、宇宙観測機器として必要な構造的安定性と光学性能の両立を実現しました。これは国産の宇宙 X 線望遠鏡として非常に高い性能を示すものであり、約 1 km 離れた場所にある数ミリメートル程度の物体を識別できることに相当する鋭い視力に例えられます。

# Press Release

本研究で開発した望遠鏡は、日米共同太陽フレア観測ロケット Focusing Optics X-ray Solar Imager 4号機(FOXSI-4) に搭載され、打ち上げに成功しました。本成果は、天文学と放射光科学という異なる分野の技術を融合することで国産の高解像度宇宙 X線望遠鏡を実現したものであり、今後、超小型衛星や小型惑星探査機など小型飛翔体による高解像度宇宙 X線観測の実現に向けた重要な基盤技術となることが期待されます。

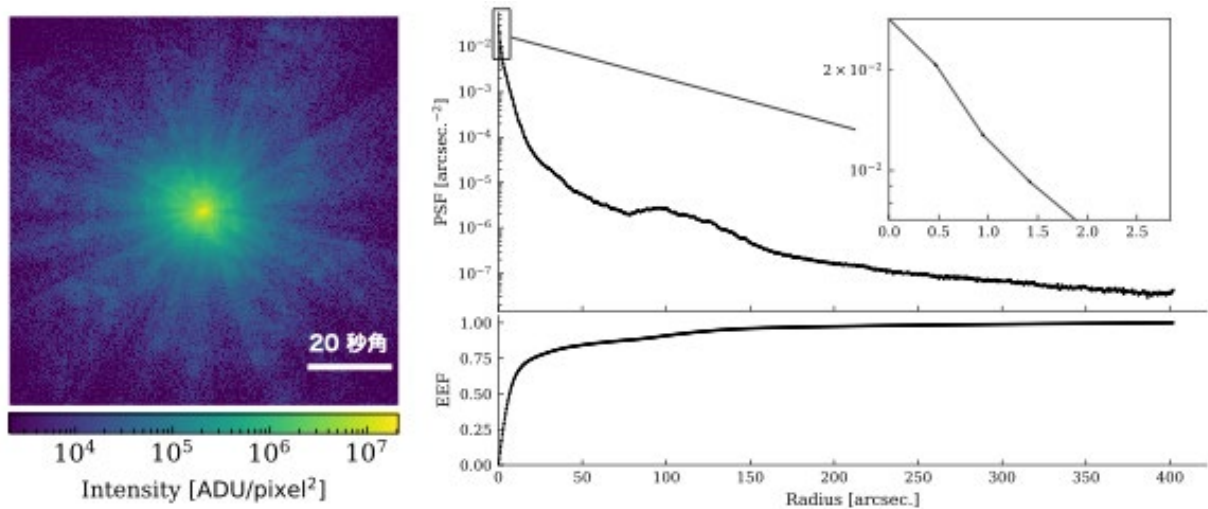


図 4: X線望遠鏡によって得られた結像イメージ(左)と、その点像分布関数 PSF(右上)および累積動径カウント関数 EEF(右下)。本研究では、FWHM 0.7 秒角、HPD 14 秒角の高い解像度を達成した

本研究は、名古屋大学全学技術センターの技術支援、日本学術振興会(JSPS)科学研究費助成事業(JP20K20920、JP21KK0052、JP22H00134、JP22K18274、JP23H00156)、宇宙航空研究開発機構(JAXA)宇宙科学研究所 小規模計画、科学技術振興機構(JST)次世代研究者挑戦的研究プログラム(JPMJSP2125)、東海国立大学機構「メイク・ニュー・スタンダード次世代研究事業」、公益財団法人岩垂奨学会および服部国際奨学財団の支援を受けて実施されました。

## 【用語説明】

### 注 1) X線望遠鏡:

宇宙から届く X線を集めて天体の像を作る望遠鏡。X線は通常の鏡では反射しないため、非常に浅い角度で反射させる特殊な反射鏡を用いて観測する。

### 注 2) SPring-8:

兵庫県にある世界有数の大型放射光施設。電子を高速で加速して発生させた非常に明るい X線(放射光)を用い、物質科学や生命科学など幅広い研究が行われている。

### 注 3) HBX-KLAEEES:

SPring-8の約 1 kmの長いビームライン BL29XUL を利用して構築された X線望遠鏡評価システム。宇宙の遠方天体から届くほぼ平行な硬 X線を地上で再現し、望遠鏡の性能を高精度に測定できる。

注4)FWHM (Full Width at Half Maximum):

X線望遠鏡の解像度を評価する代表的な尺度の一つ。PSFの中心の鋭さを表す指標で、望遠鏡がどれだけ細かい構造を識別できるかを示す。

注5)秒角 (arcsec):

天文学で用いられる角度の単位。1度の3600分の1に相当する非常に小さな角度で、望遠鏡の解像度を表す際に用いられる。例えば1秒角は、1km離れた場所にある約5mmの物体を識別する角度に相当する。

注6)HPD (Half Power Diameter):

X線望遠鏡の解像度を評価する代表的な尺度の一つ。像に含まれるX線の50%が収まる円の直径を表し、中心付近の鋭さだけでなく外側の散乱成分の寄与も含むため、点源天体だけでなく広がった天体の観測性能を評価する際にも用いられる。

注7)PSF (Point Spread Function:点像分布関数):

望遠鏡が点状の光源を観測したときに得られる像の広がりを表す分布。

## 【関連リンク】

◆高解像度宇宙X線反射鏡開発のプレスリリース:

[https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/upload\\_images/20231214\\_sci.pdf](https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/upload_images/20231214_sci.pdf)

◆FOXSI-4搭載宇宙X線望遠鏡開発のプレスリリース:

[www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/upload\\_images/20240410\\_sci.pdf](http://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/upload_images/20240410_sci.pdf)

◆太陽X線研究グループのFOXSIのウェブサイト:

<https://xray-sun.jp/foxsi>

◆ミネソタ大学のFOXSIのウェブサイト (英語):

<http://foxsi.umn.edu>

## 【論文情報】

雑誌名:Publications of the Astronomical Society of the Pacific

論文タイトル:Development of Electroformed X-ray Optics Bridging Synchrotron Radiation Technology and Space Astronomy

著者:Ryuto Fujii(名古屋大学), Koki Sakuta(名古屋大学), Kazuki Ampuku(名古屋大学), Yusuke Yoshida(名古屋大学), Makoto Yoshihara(名古屋大学), Ayumu Takigawa(名古屋大学), Keitoku Yoshihira(名古屋大学), Tetsuo Kano(名古屋大学), Naoki Ishida(名古屋大学), Noriyuki Narukage(国立天文台), Keisuke Tamura(NASAゴダード宇宙飛行センター / メリーランド大学), Kikuko Miyata(名城大学), Gota Yamaguchi(理化学研究所), Hidekazu Takano(理化学研究所), Yoshiaki Kohmura(理化学研究所), Shutaro Mohri(東京大学), Takehiro Kume(夏目光学株式会社), Yusuke Matsuzawa(夏目光学株式会社), Yoichi Imamura(夏目光学株式会社), Takahiro Saito(夏目光学株式会社), Kentaro Hiraguri(夏目光学株式会社), Hirokazu Hashizume(夏目光学株式会社), Hidekazu Mimura(東京大学 / 理化学研究所), and Ikuyuki Mitsuishi(名古屋大学)\*

(\*は責任著者)

# Press Release

---

DOI: 10.1088/1538-3873/ae3b74

## 【研究者連絡先】

名古屋大学大学院理学研究科

講師 三石 郁之(みついし いくゆき)

TEL:052-788-6194 FAX:052-789-2919

E-mail:[mitsuisi@u.phys.nagoya-u.ac.jp](mailto:mitsuisi@u.phys.nagoya-u.ac.jp)

東京大学先端科学技術研究センター

教授 三村 秀和(みむら ひでかず)

TEL:03-5452-5189

E-mail:[mimura@upm.rcast.u-tokyo.ac.jp](mailto:mimura@upm.rcast.u-tokyo.ac.jp)

夏目光学株式会社

取締役常務 橋爪 寛和(はしづめ ひろかず)

TEL:0265-27-5171 FAX:0265-27-6171

E-mail:[hirokazu.hashizume@natsume-optics.co.jp](mailto:hirokazu.hashizume@natsume-optics.co.jp)

理化学研究所放射光科学研究センター

チームリーダー 香村 芳樹(こうむら よしき)

TEL:0791-58-0803(内線 3823)

E-mail:[yoshiki.kohmura@riken.jp](mailto:yoshiki.kohmura@riken.jp)

名城大学理工学部

准教授 宮田 喜久子(みやた きくこ)

TEL:052-838-2634

E-mail:[kmiyata@meijo-u.ac.jp](mailto:kmiyata@meijo-u.ac.jp)

## 【報道連絡先】

名古屋大学総務部広報課

TEL:052-558-9735 FAX:052-788-6272

E-mail:[nu\\_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp](mailto:nu_research@t.mail.nagoya-u.ac.jp)

東京大学先端科学技術研究センター 広報公聴・情報支援室

TEL:03-5452-5424 FAX:03-5452-5398

E-mail:[press@rcast.u-tokyo.ac.jp](mailto:press@rcast.u-tokyo.ac.jp)

夏目光学株式会社 管理本部 本田英則(ほんだ ひでのり)

TEL:0265-22-2435 FAX:0265-22-2467

E-mail:[hidenori.honda@natsume-optics.co.jp](mailto:hidenori.honda@natsume-optics.co.jp)

# Press Release

---

理化学研究所 広報部 報道担当  
TEL:050-3495-0247  
E-mail:[ex-press@ml.riken.jp](mailto:ex-press@ml.riken.jp)

名城大学渉外部広報課  
TEL:052-838-2006 FAX:052-834-9494  
E-mail:[koho@ccml.meijo-u.ac.jp](mailto:koho@ccml.meijo-u.ac.jp)