

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04401

研究課題名(和文) 小型光源リングでの極短周期アンジュレータ実用化とそれに最適化した光源リングの設計

研究課題名(英文) Practical implementation of a very-short-period undulator in a compact storage ring as a light source and the light source design optimized for it

研究代表者

山本 樹 (Yamamoto, Shigeru)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特任教授

研究者番号：20191405

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)： 小型電子蓄積リングにおける極短周期アンジュレータの実用化を試みた。Aichi-SR(あいちシンクロトロン光センター)に於ける設置検討の結果、同施設に於いて極短周期アンジュレータの設置および光源性能評価が実施可能であることを確認し、Aichi-SRおよび同アンジュレータの改造・設置準備を行った。

しかし、COVID-19拡大の影響を大きく受け、アンジュレータの設置と評価試験実施が不可能であることが、研究期間最終年度後半に判明したため、小型リングとしての第二候補であったKEK先端加速器試験施設へのアンジュレータ設置を行い、評価試験の準備を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

放射光は今や先端研究のみならず、様々な分野の重要なツールとなったが、小型放射光施設では偏向電磁石放射の利用が主であり、アンジュレータ光の利用は限定的である。しかし、周期長を数mm程度とすれば、全長30cm程度でも100周期に達するアンジュレータを実現でき、放射光の高エネルギー化と施設建設の低コスト化を同時に期待できる。そのために、板状永久磁石に周期磁場を多極着磁する新手法を開発して、実用型極短周期アンジュレータを開発した。本研究では小型放射光施設に於ける、極短周期アンジュレータからの放射光スペクトルを計測・評価することにより、同アンジュレータが小型放射光施設で有用であることの実証を目指した。

研究成果の概要(英文)： We have explored possibility of practical implementation of a very-short-period undulator in a compact electron storage ring. After intensive investigation for the storage ring of Aichi Synchrotron Radiation Center (Aichi SR), we confirmed that a feasibility study of such a undulator at the Aichi SR can be fulfilled. Conversion of the undulator to be installed in Aichi SR was performed successfully. However, under the influence of COVID19, we finally concluded that the installation of the undulator and the feasibility study at the Aichi SR were not able to perform in time until the end of research period. We have converted our research plan and installed the undulator in the Accelerator Test Facility of KEK as a second best candidate for the present research at the final phase of FY2023 and prepared the feasibility study.

研究分野：放射光科学

キーワード：放射光光源 アンジュレータ 極短周期 自由電子レーザー

### 1. 研究開始当初の背景

今や放射光は最先端の研究開発だけのものではなく、産業、医学、芸術に至るまでの実に様々な分野のツールとして利用されるようになってきている。しかしながら、小型放射光施設では偏向電磁石の放射光利用が主であり、アンジュレータ光の利用は限定的なものとなっている。その理由として、通常は数 cm の周期長を持つアンジュレータから X 線領域の放射を得るには電子エネルギーを 6GeV 程度以上に設定する必要がある上に、アンジュレータ設置の直線部を多くすると施設が大型化するという事が上げられる。しかしながら、周期長を数 mm 程度とすることにより、全長 30cm 程度でも 100 周期に達するアンジュレータが実現可能になる。このために、板状の永久磁石に多極着磁法により周期磁場を書き込む手法を開発して(図 1 参照)、実際にギャップ駆動が出来る実用型の極短周期アンジュレータを製作して研究を進めてきた[1-10]。極短周期アンジュレータの光源としての利用は、線形加速器における我々の成果[11-14]にとどまっている。本研究では、未だ実現していない極短周期アンジュレータの電子蓄積リング設置による、X 線放射光の生成試験を行うことを目指している。また、必然的に狭ギャップとなる極短周期アンジュレータに最適化した光源リングの設計・検討も視野に入る。これにより、先端的な光源加速器の小型化、電子ビーム低エネルギー化、また、小型放射光施設においては硬 X 線領域を含めた多数のアンジュレータビームラインの建設を可能にする。これらは、未来の放射光源に新しいコンセプトをもたらすと考える。

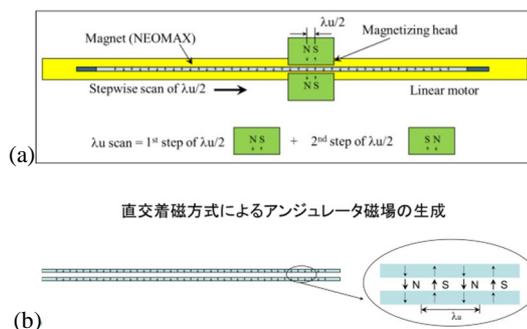


図 1. (a) 多極着磁法による磁場の“転写”, (b) 極短周期磁場の生成[1-11]

### 2. 研究の目的

本研究では、既存の小型電子蓄積リングに極短周期アンジュレータを設置して、実際に発生するアンジュレータ放射光のスペクトルを測定することにより、極短周期アンジュレータがこのような小型電子蓄積リングにおいて有用であることを実証することを目的として研究を遂行した。極短周期アンジュレータは磁場周期が極短であるが故に、電子ビームに与える磁場強度を高くするために狭ギャップが必然となる。電子蓄積リングに設置するためには、設置する直線部の垂直ベータatron関数を出来るだけ低くすることが重要となる。本研究において、極短周期アンジュレータの設置を計画している、あいちシンクロトロン光センター(Aichi SR)の電子蓄積リングは、周長 72.0m、電子ビームエネルギー 1.2GeV の小型光源リングであるが、4 極電磁石に補助コイルが取り付けられており、局所的に垂直ベータatron関数を制御する事が出来るなど、本研究に適した独自性を有している。

更には、小型光源リングに極短周期アンジュレータを複数台設置して、特色ある測定手法を幅広く実現するために、Aichi SR リングの改造、次の段階として将来の新たな光源リングの設計を検討する必要がある。本研究では、極短周期アンジュレータに最適化した直線部を多数設けた光源リングの設計・検討を行うことも視野に入れている。このような検討によって、極短周期アンジュレータの採用が、単なる汎用小型光源リングの実現だけでなく、低エミッタンス中型光源に匹敵する放射光施設を、周長 150m~200m 程度の規模で実現する可能性をもたらすと考える。



図 2. 光源性能評価試験に用いる極短周期アンジュレータ本体。面間 280mm のチェンバ内に見えるマグネット取付台に周期磁場を書き込んだ永久磁石を取付ける。

### 3. 研究の方法

(1) 既存の光源加速器における極短周期アンジュレータ実用化実証のための評価試験の実施

既存の光源加速器における極短周期アンジュレータの実用化実証のための検討と評価試験を行う。既存光源としての Aichi SR に於いて電子蓄積リングへの極短周期アンジュレータの設置と放射光発生を達成し、Aichi SR および極短周期アンジュレータを含めた光源全体の性能評価

試験を実施する。

具体的には、先行研究にて開発した極短周期アンジュレータ駆動架台(図2)に周期長4-8mmの磁石を装着して、Aichi SRの電子蓄積リングで放射光生成試験を行う。設置場所としては、Aichi SRに於いて挿入光源が設置されていない直線部を用いる。この直線部に全長280mmの極短周期アンジュレータ駆動装置に磁石列を取付けて導入・設置する。図3にAichi SRに極短周期アンジュレータを導入・設置した場合に期待される放射光スペクトルの輝度特性を、周期長6, 4, 2.7, 2mmの場合について示した。

電子蓄積リングにおいては、周回電子ビームと対面する真空槽内面の不連続を最小にしてRFインピーダンスによるビーム不安定を抑制することが必要不可欠である。これを達成して極短周期アンジュレータを導入・設置するためには、アンジュレータ部と他の加速器要素とのスムーズな形状変換を実現しなければならない。Aichi SRに於けるアンジュレータ設置予定場所にある、空きスペースを利用して、上記アンジュレータ架台に新たに形状変換部を設ける。また、上記磁石を含めたアンジュレータ本体に水冷システムを設置して、上流磁石からの放射光および周回電子のイメージ電流による発熱等の問題を防止する。狭小ギャップに対応できる局所オプティクス制御と、それに伴う蓄積リングビーム性能への影響評価およびその対応方法を確立する。同時に放射光利用実験等のAichi SR本来の運転に問題が生じないことを確認する。

一方で、磁石性能更に向上させるため、極短周期化技術を発展させ、磁場強度/精度の向上と板状磁石の連結による極短周期磁場の長尺化を図る。このために、従来の技術の延長線上での強磁場の追求と長尺化、新しい磁気回路の採用による追求の2通りを行う。そのために、効率的な磁束閉回路の形成等を検討する

#### (2) 高性能放射光源加速器の設計研究

極短周期アンジュレータに最適化した光源リングの設計を行う。非常に狭いギャップで動作する極短周期アンジュレータの実用性が証明されれば、更にそれに最適化した小型光源リングの設計に指針を得られる。ここでは、身近な放射光施設において多様な測定手法を展開することが出来ると考えている。更に、多数のアンジュレータの設置、必要な放射光フォトンエネルギーに対応した光源リングの電子エネルギーの選択、高い輝度を得るための長尺アンジュレータの設置の可能性などについても検討を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 既存の光源加速器への極短周期アンジュレータ導入のための改造

本研究で開発した、極短周期アンジュレータ磁石の着磁方式を模式的に示す(図1)。一対の着磁用電磁石(ヘッド)で挟まれた磁石素材板を長手方向に高精度リニアモータによってステップ状に送りながら着磁を行う方式を開発した。磁石板の送り幅は周期磁場の半周期分(周期長4mmならば2mm)とした。磁石板を送る際のステップ毎に着磁ヘッドに印加するパルス電流の方向を反転させ、磁石板中にN極とS極を交互に書き込み、極短周期磁場(周期長4mm以下まで)を達成できるようになった[1-11]。

研究開始後に着磁方式における問題点存在の可能性が判明したが、計画を延長して関連調査を行い当初の方式で問題無いことを確認した後、着磁器の製作を行った。着磁後、専用ホルダーに取付けた後、極短周期アンジュレータに装着した極短周期磁石を図4に、磁場測定の結果を図5に示した(長さ200mm, 周期長4mm)。

本研究では、先行研究(科研費挑戦的萌芽研究, 平成24-25年度, 24651107, 代表者: 山本および科研費 基盤研究(A), 平成26-29年度, 26246044, 代表者: 山本)によって開発した極短周期アンジュレータを改造して設置の準備を進めた。このために極短周期アンジュレータ部をAichi-SRのビームダクトの一部としてスムーズに接続してRFインピーダンスによる電子ビームの不安定を抑制するための形状変換部、およびアンジュレータ磁石の温度上昇を防ぐ水冷システム等、必要不可欠な技術開発および機器設計・製作を行った。

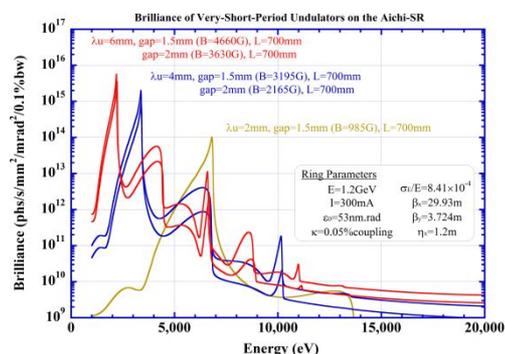


図3. Aichi SR に設置した極短周期アンジュレータからの放射光スペクトル計算例

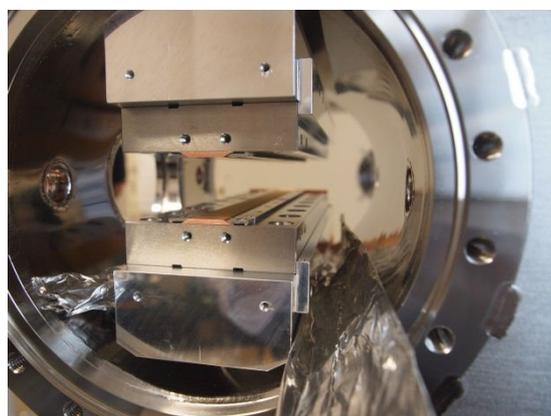


図4. 極短周期磁石のアンジュレータへの装着

一方で、磁石性能を更に向上させて極短周期化技術を進展させ、磁場強度 / 精度の向上と板状磁石の連結による極短周期磁場の長尺化を図るため、従来の板状磁石を用いた磁気回路周期構造において1周期を構成する磁区の数  $M$  を現状の2から4に増加させることによりアンジュレータ磁場増強を可能にする、新しい磁気回路の開発を行った。定性的には、1周期を構成する磁区数を増やすことにより、磁気回路中の磁気抵抗を減少させて、アンジュレータ磁場強度を増加させる。理想的には、50%程度の磁場増強を期待することができる。

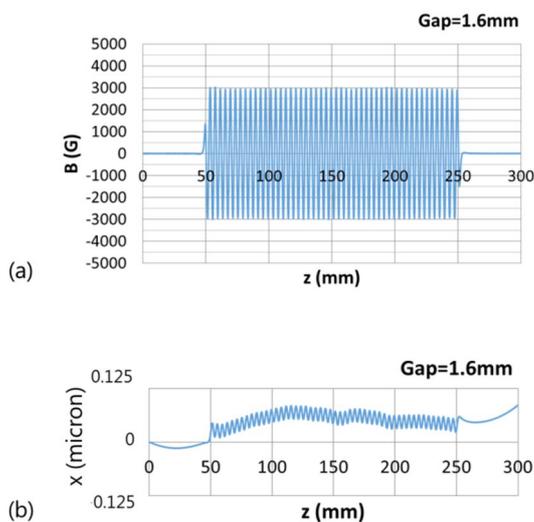


図 5. (a) 長さ 200mm, 周期長 4mm 極短周期磁石の磁場測定結果 (gap=1.6mm), (b) 電子ビームエネルギー 2.5GeV 時のアンジュレータ軌道

しかし、極短周期アンジュレータ磁場実現

のために  $M=2$  型式を選択し、板状磁石を用いた着磁方式を開発したのは、 $M=4$  型式（通常のアンジュレータ用磁気回路として広く採用されている）では、磁気回路を構成する磁石素材の精密小型化に於いて大きな困難に直面したからであった [1-8]。今回、 $M=4$  型式で極短周期磁場を実現するために、櫛歯状の板状磁石の開発を行った。図 6 に周期長 10 mm の場合の板状磁石の例を示した。ここでは、磁石板表面に垂直に磁石素材の容易磁化軸を設定し、周期条件を満たすように櫛歯を残留させることで、櫛歯状磁石の成形を行った。このようにして製作した  $M=4$  型式の磁気回路に対する磁場測定の結果を、周期長 10 mm かつ磁石ギャップ 2 mm の場合について図 7 に示した。 $M=2$  型式で同ギャップ 6400 G であった磁場強度を、 $M=4$  型式で 9200 G まで増強（44%）出来ることが判る[15]。

さらに、小型電子蓄積リングにおける極短周期アンジュレータの応用に関連して、開発した極短周期アンジュレータ磁場着磁方式を 25mm 程度の長周期側に延長することにより、より広いエネルギー範囲の放射を小型蓄積リングにおいて利用可能にするという重要性を新たに認識したので、新規の着磁器開発と着磁試験を行い、有効性を確認した[16]。

### (2) 既存光源への極短周期アンジュレータ導入と性能評価試験

2020 年 COVID-19 拡大の影響で、アンジュレータ設置検討に不可欠な Aichi-SR での現地調査の 1 年延長を余儀なくされたが、2021 年に現地調査と詳細な検討を行い、上述の先行研究によって開発した極短周期アンジュレータ（周期長 4mm）の設置とその光源性能評価試験実施が可能であることを確認し、同アンジュレータの改造準備を進めた。[17-19]

2022 年には更に COVID-19 の影響で、アンジュレータ設置と放射光評価が不可能となったが、計画の 1 年再延長によりアンジュレータ磁石関連の改造を完了し、設置に必要な真空要素の再検討・設計及び製作を行った。2023 年に設置と評価試験を目指したが、COVID-19 に対する対応策として Aichi-SR が利用者実験優先の運転方針を取ったため、年度内の設置と評価試験が最終的に不可能であることが判明した。年度後半に小型電子蓄積リングとしての第二候補であった KEK 先端加速器試験施設（KEK-ATF）へのアンジュレータ設置を行い、評価試験の準備を行った。図 8 に KEK-ATF 直線部に導入・設置した極短周期アンジュレータを示す。

### (3) 極短周期アンジュレータに最適化した高性能放射光源加速器の設計研究

極短周期アンジュレータを既存の蓄積リングに設置するには様々な障害があり、限られた利用しか出来ない。そこで、設計段階から周期長 2-6 mm の極短周期アンジュレータを 10 台以上設置することを前提としたリングの設計検討を行い、エネルギー 1.5 GeV, 周長 60.12 m, 自然エミッタンス  $23.9 \text{ nm} \cdot \text{rad}$  の蓄積リングを設計し[20], さらに深化させた[21]。

図 9 は、3 つの異なる周期長（=6, 4, 2 mm）の極短周期アンジュレータを設置した場合の輝度スペクトルを示している（アンジュレータ長 = 0.7 m）。蓄積電流 300 mA, xy カップリング 0.5% を仮定し、相対エネルギー拡がり 1.18%, 水平分散 0.423 m を考慮した。図の様に、周期

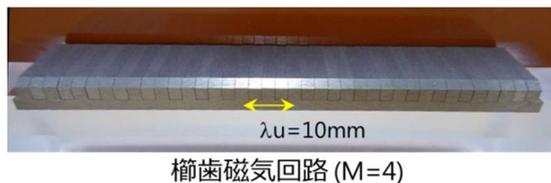


図 6. 櫛歯状磁石: 周期長 10mm ( $M=4$ ) [15]

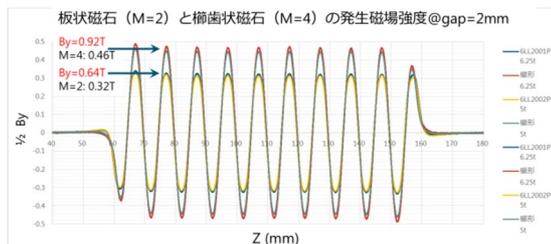


図 7. 板状磁石 ( $M=2$ ) と櫛歯状磁石 ( $M=4$ ) に対する磁場測定 (周期長 10mm, gap=2mm) [15]

長 6 mm では  $10^{18}$  phs/s/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0.1%bw に達する輝度が、光子エネルギー 3 keV で得られており、周期長 2 mm では 10 keV で  $10^{16}$  (同単位) を超える輝度が得られることが期待される。



図 8. KEK-ATF に導入・設置を完了した極短周期アンジュレータ

本研究において開発を進めてきた極短周期アンジュレータが、直線部のベータatron関数を十分に小さくすることにより、蓄積リングの性能を損ねること無く、そのようなリングと共存可能であり、アンジュレータビームライン主体の小型放射光源として十分な性能を持つことを示すことが出来た[20-21]。

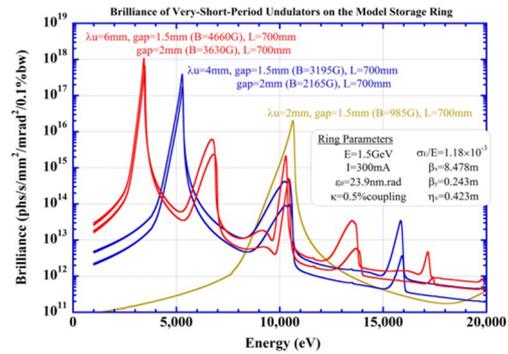


図 9. 極短周期アンジュレータに最適化した光源加速器に設置したアンジュレータからの放射光スペクトル計算例[20-21]

#### 参考文献

- [1] S. Yamamoto, Journal of Phys.: Conf. Ser. 425 032014, 2013.
- [2] 山本 樹, 第 10 回日本加速器学会年会プロシーディングス, SAOT11, 86-89, 2013.
- [3] S. Yamamoto, WEOAA02, Proc. IPAC2014, 1845-1857, Dresden, Germany, 2014.
- [4] S. Yamamoto, Synchrotron Radiation News Vol. 28 No.3, 19-22, 2015.
- [5] 山本 樹, 第 12 回日本加速器学会年会プロシーディングス, FROM04, 187-190, 2015.
- [6] S. Yamamoto, AIP Conf. Proc. 1741, 020029, 2015.
- [7] 山本 樹, 第 13 回日本加速器学会年会プロシーディングス, TUP066, 1035-1039, 2016.
- [8] 山本 樹, レーザー研究, Vol. 45 No.2, 82-86, 2016.
- [9] 山本 樹, 第 14 回日本加速器学会年会プロシーディングス, THOI11, 216-220, 2017
- [10] S. Yamamoto, WEXGBD1, Proc. IPAC2018, 1735-1739, Vancouver, BC, Canada, 2018.
- [11] 山本 樹, J. Plasma Fusion Res. 95, No.10, 509-513, 2019.
- [12] 山本 樹, 他, 第 16 回日本加速器学会年会プロシーディングス, THOI14, 170-174, 2019.
- [13] S. Yamamoto et al., J. Synchrotron Rad. 26, pp.1902-1910 (2019). doi:10.1107/S1600577519013031.
- [14] 山本 樹 他, 第 17 回日本加速器学会年会プロシーディングス, THOT10, 145-149, 2020.
- [15] 山本 樹, 第 19 回日本加速器学会年会プロシーディングス, THOA04, 118-122, 2022.
- [16] 山本 樹, 第 20 回日本加速器学会年会プロシーディングス, WEP24, 550-554, 2023.
- [17] 高嶋圭史, 大熊春夫, 他 11 名, 第 18 回日本加速器学会年会プロシーディングス, WEP054, 768-770, 2021.
- [18] 藤本将輝, 高嶋圭史, 大熊春夫, 他 8 名, 第 19 回日本加速器学会年会プロシーディングス, TFP014, 1158-1160, 2022.
- [19] 藤本将輝, 高嶋圭史, 大熊春夫, 他 9 名, 第 20 回日本加速器学会年会プロシーディングス, TFSP07, 1077-1079, 2023.
- [20] 大熊春夫, 山本 樹, 第 14 回日本加速器学会年会プロシーディングス, THOI12, 221-225, 2017
- [21] 大熊春夫, 第 8 回名古屋大学シンクロトロン光研究センターシンポジウム, 小型放射光源の現状と未来, 講演要旨, 2019/1/17

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 山本 樹, 益田伸一, 浜 広幸, 柏木 茂, 日出富士雄, 武藤俊哉, 南部健一	4. 巻 16
2. 論文標題 極短周期アンジュレータの開発と光源性能評価試験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 第16回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 170-174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山本 樹	4. 巻 95
2. 論文標題 極短周期アンジュレータの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 プラズマ・核融合学会誌	6. 最初と最後の頁 509-513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 S.Yamamoto, S.Kashiwagi, S.Masuda, N.Nakanii, T.Hosokai, M.Kando, T.Muto, K.Nanbu, F.Hinode and H.Hama	4. 巻 26
2. 論文標題 Light source based on a 100mm long monolithic undulator magnet with a very short 4-mm period length	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Synchrotron Radiation	6. 最初と最後の頁 1902-1910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S1600577519013031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山本 樹, 益田伸一, 細貝知直, 神門正城	4. 巻 17
2. 論文標題 極短周期アンジュレータの開発と光源性能評価試験 II	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第17回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 145-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 高嶋圭史, 石田孝司, 郭 磊, 藤本将輝, 保坂将人, 大熊春夫, 金木公孝, 鈴木遥太, 森里邦彦, 平山英之, 加藤政博, 竹田美和, 國枝秀世	4. 巻 18
2. 論文標題 あいち SR 光源加速器の現状	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 第18回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 768-770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本 樹	4. 巻 19
2. 論文標題 極短周期アンジュレータの開発における磁場増強と装置の小型軽量化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第19回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 118-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 藤本将輝, 石田孝司, 岡島康雄, 郭 磊, 高嶋圭史, 大熊春夫, 金木公孝, 鈴木遥太, 森里邦彦, 加藤政博, 國枝秀世	4. 巻 19
2. 論文標題 あいち SR 光源加速器の現状	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 第19回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 1158-1160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本 樹	4. 巻 20
2. 論文標題 極短周期アンジュレータ磁石技術に基づく, 小型・軽量アンジュレータ光源の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第20回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 550-554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 藤本将輝, 石田孝司, 岡島康雄, 郭 磊, 高嶋圭史, 金木公孝, 森里邦彦, 鈴木遥太, 大熊春夫, 堀米利夫, 加藤政博, 國枝秀世	4. 巻 20
2. 論文標題 あいち SR 光源加速器の現状	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第20回日本加速器学会年会プロシーディングス	6. 最初と最後の頁 1077-1079
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 大熊春夫
2. 発表標題 小型放射光源の現状と未来
3. 学会等名 第8回名古屋大学シンクロトン光研究センターシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 樹, 益田 伸一, 浜 広幸, 柏木 茂, 日出富士雄, 武藤俊哉, 南部健一
2. 発表標題 極短周期アンジュレータの開発と光源性能評価試験
3. 学会等名 第16回日本加速器学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 樹, 益田 伸一, 浜 広幸, 柏木 茂, 日出富士雄, 武藤俊哉, 南部健一, 細貝知直, 神門正城
2. 発表標題 極短周期アンジュレータによる放射光生成原理実証
3. 学会等名 第33回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本 樹, 益田 伸一, 細貝知直, 神門正城
2. 発表標題 極短周期アンジュレータの開発と光源性能評価試験 II
3. 学会等名 第17回日本加速器学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高嶋圭史, 石田孝司, 郭 磊, 藤本將輝, 保坂将人, 大熊春夫, 金木公孝, 鈴木遥太, 森里邦彦, 平山英之, 加藤政博, 竹田美和, 國枝秀世
2. 発表標題 あいち SR 光源加速器の現状
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会, QST高崎, Online開催
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本 樹
2. 発表標題 極短周期アンジュレータの開発における磁場増強と装置の小型軽量化
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会, 九州大学, Online開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本將輝, 石田孝司, 岡島康雄, 郭 磊, 高嶋圭史, 大熊春夫, 金木公孝, 鈴木遥太, 森里邦彦, 加藤政博, 國枝秀世
2. 発表標題 あいち SR 光源加速器の現状
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会, 九州大学, Online開催
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本 樹
2. 発表標題 極短周期アンジュレータの開発における架台装置の小型軽量化と生成磁場強度の増強
3. 学会等名 第36回日本放射光学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本 樹
2. 発表標題 極短周期アンジュレータ磁石技術に基づく、小型・軽量アンジュレータ光源の開発
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会，日本大学理工学部船橋校舎
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤本将輝，石田孝司，岡島康雄，郭 磊，高嶋圭史，金木公孝，森里邦彦，鈴木遥太，大熊春夫，堀米利夫，加藤政博，國枝秀世
2. 発表標題 あいち SR 光源加速器の現状
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会，日本大学理工学部船橋校舎
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本 樹，宮内洋司，武藤俊哉，佐藤新悟，雷臻哲，顧彦，A. Rondepierre, A. Zhidkov、 N. Pathak，金 展，細貝知直，大東 出，黄開， 中新信彦，神門正城
2. 発表標題 極短周期Undulator磁石技術に基づく、小型・軽量 Undulatorの開発とLaser Plasma加速電子Beamを用いたXUV-FEL実証試験に於けるFirst lightの観測
3. 学会等名 第37回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム，アクリエ姫路
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	高嶋 圭史  (Takashima Yoshihumi)  (40303664)	名古屋大学・シンクロトロン光研究センター・教授   (13901)	
研究 分担者	大熊 春夫  (Ohkuma Haruo)  (60194106)	大阪大学・核物理研究センター・特任教授   (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------