

令和 6 年 6 月 11 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04459

研究課題名（和文）次世代放射光源で極低エミッタンスビームを実現するための革新的なバンチ伸長法の開発

研究課題名（英文）Development of an innovative bunch-lengthening technique for achieving ultra-low emittance beams in the next-generation synchrotron light sources

研究代表者

坂中 章悟（Sakanaka, Shogo）

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・教授

研究者番号：20178560

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 15,960,000円

研究成果の概要（和文）：物質の構造や機能をナノスケールで解明できる次世代の放射光源加速器では、極限まで細く絞った電子のビームを使って「放射光」と呼ばれる高輝度のX線や紫外線を発生させる。ここで電子ビームを極限まで絞る際に障害となるのが、電子ビームの中での電子同士の散乱である。本研究課題では、光源加速器を周回する電子の集団（バンチ）を進行方向に伸張することで、電子同士の散乱を抑えるための新たな手法を開発した。本研究では、電子のバンチを良好に伸張させる為に用いる新型の高調波加速空洞や高調波電圧変動を補償するシステムを開発した。この研究成果は、次世代放射光源で高性能のビームを実現する為に役立つ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物質の構造や機能をナノスケールで解明できる次世代の放射光源加速器では、電子のビームを極限まで細く絞ることが必要である。本研究課題では、電子のビームを極限まで絞るために役立つ技術の開発、および関連したビーム物理の研究を行った。本研究により、光源加速器を周回する電子の集団を進行方向に伸ばすために必要な技術が開発され、電子のビームを極限まで絞る目処がたった。この技術は、次世代の放射光源加速器におけるビームの性能を格段に向上させる為に役立つ。

研究成果の概要（英文）：In next-generation synchrotron light sources that can investigate the structures and functions of materials on nanoscale, brilliant synchrotron radiation (X-rays or ultraviolet) is produced using an extremely-focused electron beams. One of the essential limitations to produce extremely-focused beams is a collision of electrons within an electron beam. In this research project, we have developed a new technique to suppress the scattering of electrons by stretching a bunch of electrons along the beam direction. For this purpose, we have developed a novel harmonic cavity and a compensation system used to stabilize the transient variation of harmonic voltages. These results are useful for realizing high-performance beams in the next-generation light sources.

研究分野：加速器科学

キーワード：次世代放射光源 極低エミッタンス ビンチ伸長 高調波空洞 高周波加速 減衰空洞 過渡的電圧変動 加速器

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

物質の構造や機能をナノスケールで解明できる次世代の放射光源加速器では、蓄積リングを周回する電子ビームを極限まで細く絞り、極低エミッタンス()のビームを用いて高輝度の放射光を発生させる。電子ビームを極限まで絞る際に障害となるのが、リングを周回する電子の集団(バンチ)の中での電子同士の散乱である。この電子散乱を抑制し極低エミッタンスビームを実現する上で鍵となる技術が、高調波空洞を用いたバンチ伸長である。ビーム加速するための高周波電圧に、その整数倍の高調波電圧を加えることにより、電子のバンチをビーム進行方向に伸ばす(図1)。これによりバンチ内での電子密度が低下し、電子散乱の頻度を下げることができる。

しかし実際のリング型光源では、電子ビームへのイオン捕獲を避けるために、ビームの一部にバンチギャップ(図2)を導入するため、大きな問題が生ずる。バンチギャップが高調波空洞を通過するとき、空洞内の高調波電圧が大きく変動する(過渡的電圧変動)。これによりバンチの同期位相が大きくずれ、バンチがうまく伸張できなくなるのである。本研究課題では、この従来のバンチ伸長法の弱点を克服し、理想的なバンチ伸長を行うための新たな手法を開発する。

ビームエミッタンスとは、電子ビームの大きさと角度広がりとの積である

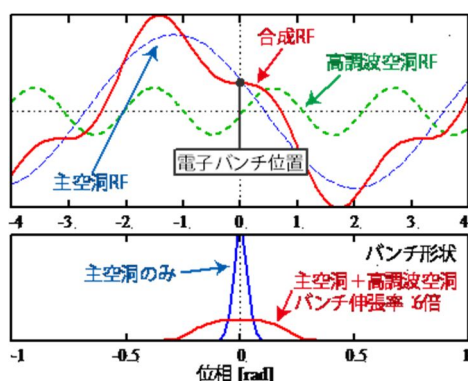


図1 高調波空洞を用いたバンチ伸長
(上) 高周波電圧、(下) 電子のバンチ長

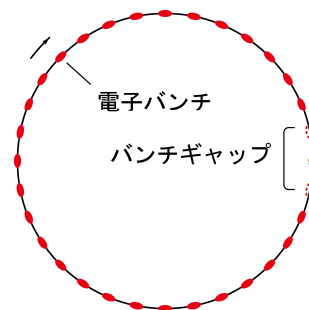


図2 蓄積リング内の電子バンチとバンチギャップ

2. 研究の目的

本研究課題では、次世代の放射光源加速器において蓄積される電子同士の散乱によるエミッタンスの増大を抑制し、極低エミッタンスビームを実現することを目的とし、研究代表者らが提案した新たなバンチ伸長手法(引用文献)を開発する。この目的のため、本研究では1) TM020型高調波空洞の開発、2) 過渡的電圧変動のアクティブ補償技術の開発、を行う。これらにより、次世代放射光源において電子のバンチを理想的に伸張し、極低エミッタンスビームを実現するための技術を確立する。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、以下の方法により研究を進める。

(1) TM020型高調波空洞の開発：

大きな電磁場エネルギーを内部に貯蔵できる高次の共振モード(TM020モード)を用いた高調波加速空洞を開発する。この空洞を高調波電圧の発生に用いることで、バンチギャップが通過した場合に生ずる高調波電圧の過渡的な変動を小さく抑え、良好なバンチ伸長性能を達成する。目標としては、共振周波数1.5GHzで空洞当たり170kVの加速電圧を発生でき、かつ高次モードによるビーム不安定性を起こさない空洞の基本設計を行い、実機の大電力空洞を製作できる直前の段階まで行って行く。

(2) 過渡的電圧変動のアクティブ補償技術の開発：

上記のTM020モード高調波空洞を用いた場合でも数%程度の過渡的電圧変動は残ってしまい、バンチ伸長性能を低下させる。この問題を解決するため、過渡的電圧変動をアクティブに補償する技術を開発する。アクティブ補償システムの概念図を図3に示す。このシステムでは、まずビームの信号を用いて蓄積された電子バンチの電荷と同期位相を検出する。これらの情報を用いて、過渡的電圧変動を補償するパターンを計算し、ローレベル系から補償信号を出力する。この信号で専用の補償空洞を駆動し、補償用の高周波電圧を発生する。これらを実現するため、

バンチ同期位相モニター、アクティブ補償が可能なデジタルローレベル系、広帯域の補償空洞、の3つを開発する。開発した装置はKEKのフォトン・ファクトリー2.5GeV電子蓄

積リング (PF リング) に設置し、実ビームを用いてその試験を行う。

以上の研究により、次世代放射光源において理想的にバンチを伸ばすための基盤技術を確認する。

4. 研究成果

(1) TM020 型高調波空洞の開発

バンチ伸長のための高調波電圧の発生に TM020 型高調波空洞を用いるというアイデアは、本課題の研究代表者らが引用文献で発表した。このコンセプトに基づいて行った先行研究では、高調波空洞の設計について次の2つの問題点があった: a) 高次モードのインピーダンスが高く、ビーム不安定性を起こす恐れがある、b) 入力カップラーと周波数チューナーを取り付けると加速用 TM020 モードの電磁場が高次モード吸収体に漏れ出してしまふ。

上記の問題を解決するため、本研究課題では、電磁場シミュレーションを駆使して高調波空洞の最適化を徹底的に行った。まず a) の高次モードのインピーダンスが高い問題については、空洞各部の内面形状をパラメータ化し、系統的な最適化を行った。その結果、加速用 TM020 モードの性能を最大にしつつ、高次モードを効果的に減衰できる最適解を見いだした。次に b) の加速用 TM020 モードの性能が劣化する問題については、通常は1台のみ付けるのが常識である周波数チューナーを複数台導入するという斬新なアイデアを考案した。入念な計算の結果、3台の周波数チューナーを 120° ごとに均等配置するという最適解を見出した。入力カップラーについても、軸対称性を保つ観点から、その先端部分の形状を工夫した。これらの工夫の結果、周波数チューナーと入力カップラーを付けた状態でも、TM020 モードの高周波吸収体での損失を全壁損失電力の 1.5% 以下にできる設計を見いだした。設計された空洞の 3 次元形状を図 4 に示す。

次に、電磁場シミュレーションの結果を検証するため、他の科研費課題 (課題番号: 17K05131) と共同でモデル空洞 (図 5) を製作した。このモデル空洞について高周波測定を行った結果、加速用 TM020 モードの特性や高次モードの減衰特性が、シミュレーション結果と良く一致することを実証した。これらにより、高調波空洞の高周波設計が確立した。

続いて、大電力を投入できる実機の設計を行った。3次元 CAD ソフトを用いて空洞の機械構造設計を行った後、熱構造解析ソフトウェア ANSYS を用いて機械構造に問題がないことを確認した。こうして完成した大電力空洞の設計を図 6 に示す。

以上に述べた系統的な研究により、バンチを伸張させるために最適な TM020 型の高調波空洞

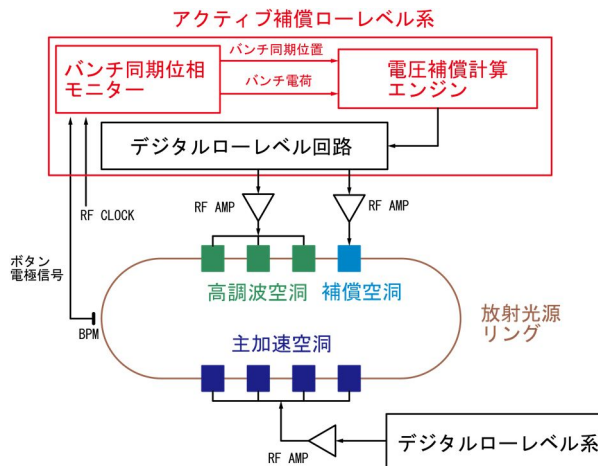


図 3 過渡的電圧変動のアクティブ補償システム

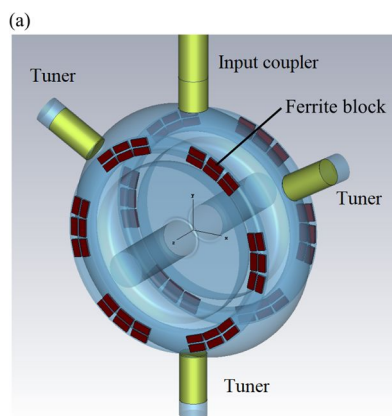


図 4 最適化された TM020 型高調波空洞の形状

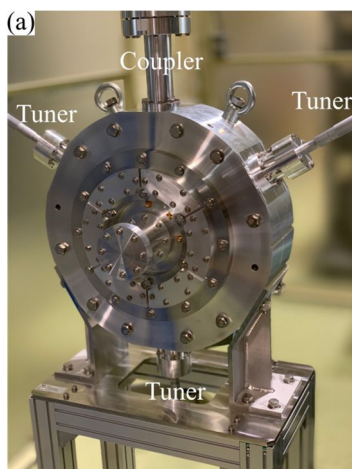


図 5 製作した低電力モデル空洞

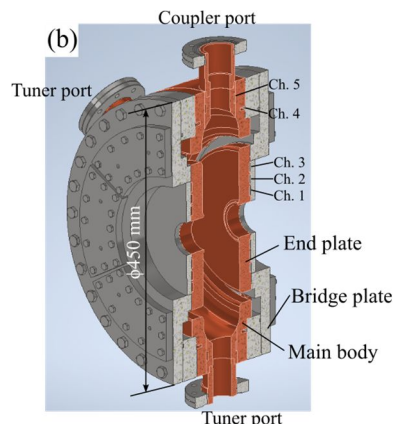


図 6 TM020 型高調波空洞の大電力モデルの設計

の高周波設計と機械構造設計を確立した。これらの成果を査読付き論文（参考文献）で発表した。本高調波空洞は大電力実機を製作できる段階にきており、現在、科研費以外の予算措置での実機製作を目指し予算要求を行っている。本研究の成果は、国内外の次世代光源加速器に幅広く適用できるため、それらの性能向上に役立つ。本研究は国際的にも高く評価されており、欧州の大型放射光施設 ESRF では本研究で採用されたのと同様の TM020 型高調波空洞の 2 セルモデルの開発が進められている。

また、高調波空洞の開発に付随した重要技術として、電波吸収体材料の開発がある。本研究では、大電力実機で電波吸収体として用いる候補であるフェライト HF70 について、よく知られた NRW 法を用いてその電波吸収特性を測定した。またこれとは別の特性測定法として「シミュレーションを援用した空洞共振器法」を考案した。この新たな測定法により NRW 法による測定結果を検証するとともに、考案した方法を査読付き論文（引用文献）で発表した。この研究成果は、電波吸収体の特性測定に幅広く用いる事ができるもので、学術的価値がある。

(2) 過渡的電圧変動のアクティブ補償技術の開発

電子ビームに導入するバンチギャップの影響で高調波空洞内に誘起される過渡的な電圧変動を補償し、良好なバンチ伸長性能を得るためのアクティブ補償技術を開発した。この技術は次の～の要素技術で構成され、実機では図 3 に示すように組み合わせられて動作する。

バンチ同期位相モニター

電極からのビーム信号をダイレクトサンプリングすることにより、バンチの同期位相を検出する手法を考案し、そのための装置を製作した。開発したシステムを図 7 に示す。PF リングにおいて、このモニターを用いてバンチの同期位相を検出できることを実証し、文献で発表した。これによりバンチ同期位相の検出技術を確立した。

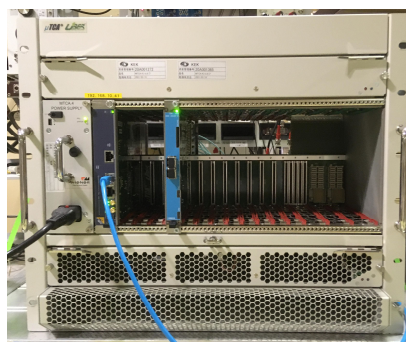


図 7 開発したバンチ同期位相モニター

アクティブ補償ローレベル系の開発

高調波空洞または補償空洞を用いて過渡的電圧変動を補償する機能を持ったデジタル・ローレベル RF 系を主に科研費以外の予算で製作した。このローレベル系では、RF 空洞を駆動する高周波信号を生成する。その際、ビームの周回と同期して RF 信号の位相や振幅を任意のパターンで変調することで、ビームの周回と同期して発生する過渡的電圧変動を補償することができる。製作したデジタル・ローレベル系を PF リングに組み込み、実際の運転で使用できるように調整し、ビーム運転で使用することに成功した。これらの成果を文献等で発表した。引き続き、アクティブ補償の試験を進めている。

電圧補償空洞の開発

過渡的電圧変動を補償するために使用できる広帯域の空洞共振器の開発を進めた。共振周波数 1.5 GHz で必要な帯域幅 5.1 MHz を実現するため、single mode cavity のコンセプトに基づく空洞共振器を採用し、電磁場シミュレーションを用いて設計の最適化を行った。設計した空洞では、ビームポートの径を 100 mm と大きくして高次モードをビームポートに逃がして減衰させると共に、2 本の導波管を大きな開口を通して空洞と結合させることで加速モードの広い帯域幅を実現した。これらの設計を実証するため、他の科研費課題（課題番号：21K17997）と共同でモデル空洞（図 8）を製作した。モデル空洞に対する高周波測定の結果、加速モードの性能や高次モードの減衰について、良好な特性を確認した。これらの成果により電圧補償空洞の設計を確立した。

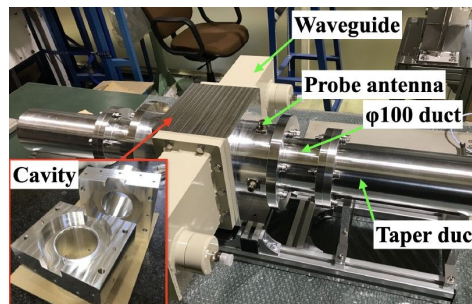


図 8 製作された広帯域電圧補償空洞の低電力モデル

総合的なシステム開発

上記の通り、バンチ同期位相モニターと電圧補償ローレベル系の単体での開発に成功し、ビームでの実証試験を行った。また、電圧補償空洞の設計を確立し、大電力空洞を製作できる前段階まで開発を進めた。次世代放射光源の実機では、図 3 に示すようにこれらを組み合わせたシステムを構築し、様々な運転条件の変化に追従して最適な電圧補償を行い、最高のバンチ伸長を達成できるシステムを構築する必要がある。そのためのシステム構築と最適な電圧補償を行うための高度な制御ソフトウェアについては、引き続き開発を進める予定である。

(3) バンチ伸長に関連したビーム物理研究

バンチを進行方法に伸ばすために高調波空洞を導入すると、リングを周回する電子の進行方向の運動が非線形になる。このような非線形性が導入された場合の進行方向のビーム力学、特にビーム不安定性については近年注目を集めており、活発に研究がなされている分野である。本研究課題では、ビーム不安定性のなかでも高調波空洞を導入する場合に重要となる静的ロビ

ンソン不安定性について、将来高調波空洞を導入する場合への発展性を念頭において、基礎的な研究を行った。静的ロビンソン不安定性は1960年代から知られている古典的な現象であり、理論的にも確立していると従来考えられてきたが、理論と実験とを定量的に比較した研究は意外にも少ない。そこで本研究では、高調波空洞を使用しない場合について、静的ロビンソン不安定性、および関連したコヒーレントな（全てのバンチが一斉に振動する場合の）シンクロトロン振動数をPFリングの様々な運転条件で測定し、理論に基づく計算結果と定量的に比較した。

PFリングの実験では、大電流の電子ビームを蓄積した状態で加速用RF電圧を下げ、静的ロビンソン不安定性が発生することを確認した。その際、ビームの位相信号を記録することで、ビームが不安定になってゆく過程の観測に成功した。その結果、静的ロビンソン不安定性のしきい値と成長率共に、従来の理論で説明できることを示した。

続いて、PFリングの様々な運転条件（ビーム電流、RF電圧）のもとで進行方向のコヒーレント振動の振動数を測定した。これらの測定の結果、ロビンソン限界に近い条件では、実験結果は理論的計算値と大きく異なることを見いだした。図9は横軸に加速用RF電圧、縦軸にコヒーレント振動数の実数部（上図）と虚数部（下図）を示したものである。実験では、理論的に説明できない新たな振動モード（図の赤色三角印）が観測された。また、測定された他の振動モード（図の黒色丸印）の振動数は、RF電圧が低い時には理論値（実線）と大きくずれる事も見いだした。この実験結果は予想を大きく覆すもので、ロビンソン限界の近くでは未知の現象が起きている事を示している。これらの結果を査読付き論文（参考文献）で発表し、同学術誌の編集者推薦記事に選ばれるなど、学術的に高い評価を得た。今後は、この未知の現象についてより詳しく調べるとともに、その原因を究明してゆきたい。また、高調波空洞を導入した場合についても、シミュレーションや理論により研究を進める予定である。これらの知見は、次世代放射光源の性能向上に役立つ。

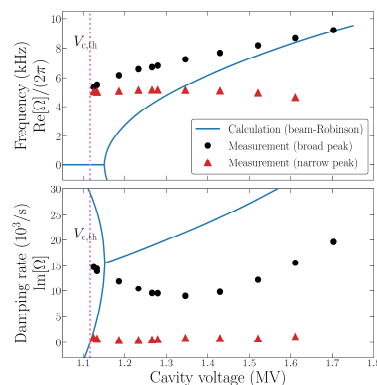


図9 PFリングで測定された進行方向のコヒーレント振動数。ビーム電流 350 mA

(4) 以上に述べたように、本研究課題では、次世代光源加速器において電子のバンチを進行方向にうまく伸ばすために必要な基盤技術の開発、および関連するビーム物理の研究を行った。バンチ伸長に使用する新型の高調波加速空洞の設計を確立し、実機が製作できる段階になった。また、バンチギャップの影響で高調波空洞内に発生する過渡的な電圧変動を補償するための基盤技術を開発し、実用化に近づけた。今後開発された基盤技術をシステムとしてまとめ、電圧補償空洞の実機を製作すれば、電圧補償システムを次世代光源で実用できることになる。バンチ伸長に関連したビーム物理研究においても、ビーム物理学の分野で学術的価値の高い成果を得た。

<引用文献>

N. Yamamoto, T. Takahashi, S. Sakanaka, “Reduction and compensation of the transient beam loading effect in a double rf system of synchrotron light sources”, *Phys. Rev. Accel. Beams* **21** (2018) 012001; DOI: 10.1103/PhysRevAccelBeams.21.012001

T. Yamaguchi, N. Yamamoto, D. Naito, T. Takahashi, S. Sakanaka, “Design and low-power measurement of 1.5 GHz TM020-type harmonic cavity for KEK future synchrotron light source”, *Nuclear Instrum. Methods in Phys. Res. A* **1053** (2023) 168362; DOI: 10.1016/j.nima.2023.168362

T. Yamaguchi, N. Yamamoto, D. Naito, T. Takahashi, S. Sakanaka, “Resonant cavity method based on RF measurement and simulation for measuring complex permittivity or permeability of RF absorbing materials”, *Nucl. Instrum. Methods in Phys. Res. A* **1064** (2024) 169449; DOI: 10.1016/j.nima.2024.169449

D. Naito, N. Yamamoto, T. Takahashi, A. Motomura, S. Sakanaka, “LLRF upgrade status at the KEK Photon Factory 2.5 GeV ring”, in *Proceedings of LLRF 2023*; <https://arxiv.org/pdf/2310.13970>

T. Yamaguchi, S. Sakanaka, N. Yamamoto, D. Naito, T. Takahashi, “Systematic study on the static Robinson instability in an electron storage ring”, *Phys. Rev. Accel. Beams* **26** (2023) 044401; DOI: 10.1103/PhysRevAccelBeams.26.044401

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Yamaguchi Takaaki, Sakanaka Shogo, Yamamoto Naoto, Naito Daichi, Takahashi Takeshi	4. 巻 26
2. 論文標題 Systematic study on the static Robinson instability in an electron storage ring	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review Accelerators and Beams	6. 最初と最後の頁 044401-1 ~ 19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevAccelBeams.26.044401	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 Yamaguchi Takaaki, Yamamoto Naoto, Naito Daichi, Takahashi Takeshi, Sakanaka Shogo	4. 巻 1053
2. 論文標題 Design and low-power measurement of 1.5-GHz TM020-type harmonic cavity for KEK future synchrotron light source	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 168362-1 ~ 19
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2023.168362	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 Yamaguchi Takaaki, Yamamoto Naoto, Naito Daichi, Takahashi Takeshi, Sakanaka Shogo	4. 巻 1064
2. 論文標題 Resonant cavity method based on RF measurement and simulation for measuring complex permittivity or permeability of RF absorbing materials	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 169449-1 ~ 11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2024.169449	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 -

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 0件/うち国際学会 9件）

1. 発表者名 山口孝明、坂中章悟、山本尚人、内藤大地、高橋毅
2. 発表標題 次世代放射光源用加速器のための1.5 GHz TM020 型高調波空洞の大電力実機に向けた設計研究
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 内藤大地、山本尚人、高橋毅、坂中章悟、岩城孝志、寺田晃、張替豊旗、漁師雅次
2. 発表標題 KEK-PF のローレベルRF 系更新の準備状況とプロトタイプ試験
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Yamamoto, S. Sakanaka, P. Marchand, A. Gamelin, R. Nagaoka
2. 発表標題 Feasibility study of an active harmonic cavity for bunch lengthening in an electron storage ring
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T. Yamaguchi, S. Sakanaka, N. Yamamoto, D. Naito, T. Takahashi
2. 発表標題 Optimization of the parasitic-mode damping on the 1.5 GHz TM020-type harmonic cavity
3. 学会等名 12th International Particle Accelerator Conference (IPAC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 D. Naito, N. Yamamoto, S. Sakanaka, T. Takahashi, T. Yamaguchi
2. 発表標題 Design consideration of a longitudinal kicker cavity for compensating transient beam loading effect in synchrotron light sources
3. 学会等名 12th International Particle Accelerator Conference (IPAC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口孝明、山本尚人、内藤大地、高橋毅、高富俊和、坂中章悟
2. 発表標題 次世代放射光源のための1.5 GHz TM020型高調波空洞の低電力測定
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内藤大地、山本尚人、坂中章悟、高橋毅、山口孝明
2. 発表標題 次世代放射光源における過渡的電圧補償のためのバンチ位相検出法の検討
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内藤大地、高橋毅、山本尚人、坂中章悟
2. 発表標題 KEK-PFのLLRF系更新の検討状況
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本尚人
2. 発表標題 回折限界光源における縦方向不安定性評価を目的としたMBTRACKコードへのDirect RF feedback機能の実装
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口孝明、坂中章悟、山本尚人、内藤大地、高橋毅
2. 発表標題 TM020型高調波空洞において寄生モード減衰機構が加速モードに与える影響
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 内藤大地、坂中章悟、山本尚人、高橋毅、山口孝明
2. 発表標題 次世代光源において過渡的ビーム負荷補償を行うためのキッカー空洞の検討
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 山本尚人、田中織雅、高井良太
2. 発表標題 PF2.5GeVリングのハイブリッド運転モードへの高調波空洞導入の可能性
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 山口孝明、坂中章悟、山本尚人、内藤大地、高橋毅
2. 発表標題 1.5 GHz TM020高調波空洞における寄生モード減衰のための内面形状の最適化
3. 学会等名 ビーム物理研究会・若手の会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内藤大地、坂中章悟、山本尚人、高橋毅、山口孝明
2. 発表標題 次世代光源における過渡的電圧補償のためのバンチ位相再構成手法の開発
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口孝明、山本尚人、内藤大地、高橋毅、坂中章悟
2. 発表標題 空洞摂動法と電磁場シミュレーションによる高周波吸収体の特性評価手法
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内藤大地、山本尚人、高橋毅、山口孝明、坂中章悟
2. 発表標題 次世代光源における過渡的電圧補償のための広帯域空洞低電力モデルHOM減衰性能の評価
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 坂中章悟、山口孝明、山本尚人
2. 発表標題 PF 2.5 GeVリングにおけるコヒーレント・シンクロトロン振動数の再測定
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会
4. 発表年 2023年

1 . 発表者名 T. Yamaguchi, N. Yamamoto, D. Naito, T. Takahashi, S. Sakanaka
2 . 発表標題 Basic high-power design of a 1.5-GHz TM020-type harmonic cavity for the KEK future light source
3 . 学会等名 14th International Particle Accelerator Conference (IPAC2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 D. Naito, N. Yamamoto, T. Yamaguchi, T. Takahashi, S. Sakanaka
2 . 発表標題 Low-power model tests of the wide-band cavity to compensate the transient beam loading in the next generation light source
3 . 学会等名 14th International Particle Accelerator Conference (IPAC2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 N. Yamamoto, T. Yamaguchi, P. Marchand, A. Gamelin, R. Nagaoka
2 . 発表標題 Stability survey of a double RF system with RF feedback loops for bunch lengthening in a low-emittance synchrotron rings
3 . 学会等名 14th International Particle Accelerator Conference (IPAC2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 N. Yamamoto, D. Naito, S. Sakanaka, T. Yamaguchi, A. Gamelin, P. Marchand
2 . 発表標題 Bunch-lengthening RF system using active normal-conducting cavities
3 . 学会等名 67th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Future Light Sources (FLS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 D. Naito, N. Yamamoto, T. Takahashi, A. Motomura, S. Sakanaka
2. 発表標題 LLRF upgrade status at the KEK Photon Factory 2.5 GeV ring
3. 学会等名 Low Level Radio Frequency Workshop 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoto Yamamoto, Shogo Sakanaka, Daichi Naito, Takeshi Takahashi
2. 発表標題 Status and development of harmonic-cavity project at KEK
3. 学会等名 HarmonLIP 2024 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 D. Naito, N. Yamamoto, T. Takahashi, A. Motomura, S. Sakanaka
2. 発表標題 Commissioning of the digital LLRF system at the KEK Photon Factory 2.5 GeV ring
3. 学会等名 15th International Particle Accelerator Conference (IPAC2024) (国際学会)
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	山本 尚人 (Yamamoto Naoto) (60377918)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器 研究施設・准教授 (82118)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	内藤 大地 (Naito Daichi) (30788237)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・助教 (82118)	
研究分担者	山口 孝明 (Yamaguchi Takaaki) (00981060)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・博士研究員 (82118)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	高橋 毅 (Takahashi Takashi)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・シニアフェロー (82118)	

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		
フランス	Synchrotron SOLEIL	European Synchrotron Radiation Facility	