

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04406

研究課題名(和文) 平面波コヒーレントチェレンコフ放射に基づく高強度テラヘルツ光源の開発

研究課題名(英文) Development of an intense terahertz-wave source based on coherent Cherenkov radiation matched to circular plane wave

研究代表者

清 紀弘 (Sei, Norihiro)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・主任研究員

研究者番号：20357312

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)： 日本大学電子線利用研究施設LEBRAにて、高抵抗シリコン製の中空円錐管に相対論的電子ビームを通過させて高強度の平面波コヒーレントチェレンコフ放射源を開発した。発生したテラヘルツビームはトロイダル鏡を使用したテラヘルツビームラインにて実験室へ輸送され、乾燥空気環境下にて分析された。マイケルソン干渉計によってコヒーレントエッジ放射と分離され、中空円錐管にて発生したテラヘルツビームが平面波コヒーレントチェレンコフ放射であることが確認された。中空円錐管の改良を行い、放射強度の増大と縦偏光電場の特性解明を継続する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コヒーレントチェレンコフ放射の基本特性に関する研究は東北大学や京都大学にて20年ほど前に行われていたが、集光の困難さ故に光源としては普及しなかった。しかし、10年ほど前にUCLAが金属被覆の石英中空円錐管にて単色のコヒーレントチェレンコフ放射発生に成功し、再び脚光を浴びるようになった。この研究では0.01mJを超える出力が得られているが、単色化のためにパルス幅が長くなり、尖頭出力はMWには到達しない。本研究では、誘電体構造を工夫して円錐面で広がる放射を平面波に変換するため、従来にない高尖頭出力・高平均出力の広帯域テラヘルツ光を創生できる。加速器科学の発展とテラヘルツ応用の推進が期待される。

研究成果の概要(英文)： By passing a relativistic electron beam through a hollow conical tube made of a high-resistance silicon, an intense terahertz beam based on coherent Cherenkov radiation matched to a circular plane wave has been developed at Laboratory for Electron Beam Research and Application of Nihon University. The generated terahertz beam was transported to a laboratory by a terahertz beamline using a toroidal mirror and analyzed in a dry air environment. The terahertz beam separated from the coherent edge radiation by the Michelson interferometer was confirmed to be the coherent Cherenkov radiation matched to a circular plane wave. We plan to increase the intensity of the terahertz beam and elucidate the characteristics of the longitudinally polarized electric field by improving the hollow conical tube.

研究分野： 加速器科学

キーワード： 量子ビーム計測 コヒーレントチェレンコフ放射 テラヘルツ 縦偏光

1. 研究開始当初の背景

テラヘルツ帯は電波と光の中間の電磁波帯に位置し、高強度な光源や高感度な検出器を入手し難く、テラヘルツギャップと呼ばれていた。近年、フェムト秒レーザーと非線形光学結晶を利用した 1MW を超える高尖頭出力なテラヘルツ光源が開発されているが、フェムト秒レーザーを励起源とするテラヘルツ光源の繰り返しは数 kHz であり、平均出力は数 mW 程度と低い。しかし、非線形分光の研究が低エネルギー励起や光誘起相転移の観測に有用なテラヘルツ帯でも開拓されるようになり、尖頭出力および平均出力の高い広帯域光源の開発が希求されていた。

一方で電子加速器を使用した広帯域なテラヘルツ光源では、高い繰り返し周波数が可能な超伝導線形加速器を使用して、尖頭出力および平均出力ともにレーザー起源のテラヘルツ光源を上回るものが実現されている¹。しかし超伝導線形加速器は規模が大きく、大学に設置できる常伝導の小型加速器施設では、非線形分光に利用するのに十分な尖頭出力を得ることは困難であった。研究代表者は日本大学と共同して、常伝導線形加速器の広帯域テラヘルツ光源としては最高平均出力 (5 mW) のコヒーレント遷移放射源を開発したが²、尖頭出力は 100 kW 程度であり非線形光学現象を発現するには 1 桁強度が不足していた。常伝導の小型加速器施設でも非線形分光研究に資する高尖頭出力が得られ、かつレーザー起源のテラヘルツ光源よりも平均出力の高いテラヘルツ光を得るためには、既存の光源にはない斬新な発光方法が必要であった。

2. 研究の目的

学術的な課題に応え、コヒーレント遷移放射を超える広帯域テラヘルツ光源の実現が急務である。そこで研究代表者は、図 1 が示すような中空円錐管を用いた平面波コヒーレントチェレンコフ放射の原理を考案した³。中空内面にて発生するコヒーレントチェレンコフ放射を同位相で取り出すことのできる平面波コヒーレントチェレンコフ放射は、既存の加速器光源技術よりも 1 桁以上尖頭出力および平均出力の高い広帯域テラヘルツ光を得ることが可能になる。研究代表者は京都大学複合原子力科学研究所の協力を得て、世界で初めて平面波コヒーレントチェレンコフ放射の観測に成功し、コヒーレント遷移放射よりも高強度になることを実証した⁴。ただし平面波コヒーレントチェレンコフ放射にてより高強度のテラヘルツ光を発生するには、バンチ長の短い高品質な電子ビームが必要であった。本研究の目的は、日本大学の電子線利用研究施設 LEBRA にて平面波コヒーレントチェレンコフ放射を実現し、常伝導加速器利用としては尖頭出力および平均出力が最も高い広帯域テラヘルツ光源を開発することである。

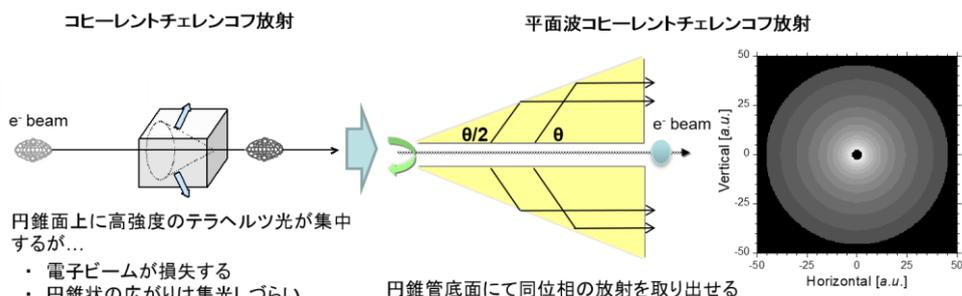


図 1 平面波コヒーレントチェレンコフ放射の原理

3. 研究の方法

平面波コヒーレントチェレンコフ放射の発生には、電子バンチ長が十分に短く、バンチあたりの電荷量が高い高品質な電子ビームが不可欠である。このため本研究は、常伝導の線形加速器を使用した広帯域テラヘルツ光源としては最も平均出力の高いコヒーレント遷移放射やコヒーレント放射光を開発した実績を有する日本大学の電子直線加速器施設を利用して実施した^{2,5}。既存の加速器コヒーレント放射源を凌駕することが可能な平面波コヒーレントチェレンコフ放射の特性を 3 年間の研究期間内に解明するため、以下に掲げる 3 つの項の要素技術開発を計画した。

(1) 平面波コヒーレントチェレンコフ放射源の開発

日本大学電子線利用研究施設 LEBRA のパラメトリック X 線直線部にて平面波コヒーレントチェレンコフ放射源を開発する。この放射源には、高強度テラヘルツ光を発生する誘電体中空円錐管と、その誘電体中空円錐管を電子ビーム軌道内にて制御する中空円錐管保持装置が不可欠である。誘電体中空円錐管にはテラヘルツ帯にて吸収を無視でき、屈折率変化がほとんどない高抵抗シリコンを使用する。中空円錐管保持装置はビーム位置計測のための遷移放射発生装置と交換して設置する。平面波コヒーレントチェレンコフ放射のスペクトルは誘電体中空円錐管の

中空直径に依存するため、設置位置における電子ビームサイズを計測し、放射強度が最大になるように光源要素の仕様を決定する。

(2) 平面波コヒーレントチェレンコフ放射の特性評価

パラメトリック X 線直線部にて発生した平面波コヒーレントチェレンコフ放射は、誘電体中空円錐管の下流にて発生するコヒーレントエッジ放射と共にパラメトリック X 線ビームラインを使用して、放射線の影響を受けない実験室へ輸送される。長距離を集光せずに輸送すると発散してしまうため、パラメトリック X 線ビームラインへ偏向する際に使用するトロイダル鏡を作成する。実験室へ輸送した平面波コヒーレントチェレンコフ放射について、2次元プロフィールや放射強度、放射スペクトルの計測を実施する。

(3) ラジアル偏光ビームが誘起する周期構造の研究

平面波コヒーレントチェレンコフ放射はコヒーレント遷移放射と同様にラジアル偏光である。ラジアル偏光ビームは開口数から評価されるスポットサイズよりも小さくなる異常集光することが知られている⁶。光軸上の特異点付近を精密に観測できる精密集光装置を構築し、ラジアル偏光ビームの光学特性解明に挑戦する。

4. 研究成果

日本大学電子線利用研究施設 LEBRA のパラメトリック X 線直線部に、常設の装置としては初めてとなる平面波コヒーレントチェレンコフ放射源を設置した。高抵抗シリコンから発生した平面波コヒーレントチェレンコフ放射源を観測し、その放射特性を測定した。さらにコヒーレントエッジ放射と共に利用できるテラヘルツビームラインを改良し、薬剤管理等の応用研究に利用できる環境を整備した。各要素技術に対する研究成果を以下に記す。

(1) 平面波コヒーレントチェレンコフ放射源の開発

放射強度の高い平面波コヒーレントチェレンコフ放射源となるように誘電体中空円錐管の仕様を決めるため、遷移放射発生装置における電子ビームサイズを測定した。パラメトリック X 線直線部の下流偏向磁石にて発生するコヒーレントエッジ放射の放射強度が最大となる電子ビーム加速条件において、ビーム直径は 2mm 以下であった。線形加速器の四重極電磁石の磁場を調整することでさらにビーム直径を小さくすることは可能であるが、誘電体中空円錐管における電子ビーム損失を確実に無視できるように、誘電体中空円錐管の中空直径は 10mm に設定した。発生した平面波コヒーレントチェレンコフ放射が下流偏向磁石の真空容器にて反射されることなく輸送できるように、中空円錐管の底面は曲率半径 1.58m の球面形状を採用した。こうして図 2 に示すような、高さ約 20mm、底面の直径 42mm の高抵抗シリコン製中空円錐管を作製した。

さらに、必要に応じて中空円錐管もしくは遷移放射用のアルミ蒸着シリコン基板を電子ビーム軌道内に配置し、中空円錐管の角度調整が可能な円錐管保持装置を作製し、既存の遷移放射発生装置と置換した⁷。この装置は中空円錐管の垂直位置を 10 μ m 以下の精度で遠隔制御でき、方位角及び仰角を 0.1mrad 以下の精度で遠隔制御できる。10m 離れた実験室においても、検出器を動かすことなく平面波コヒーレントチェレンコフ放射を観測することが可能である。

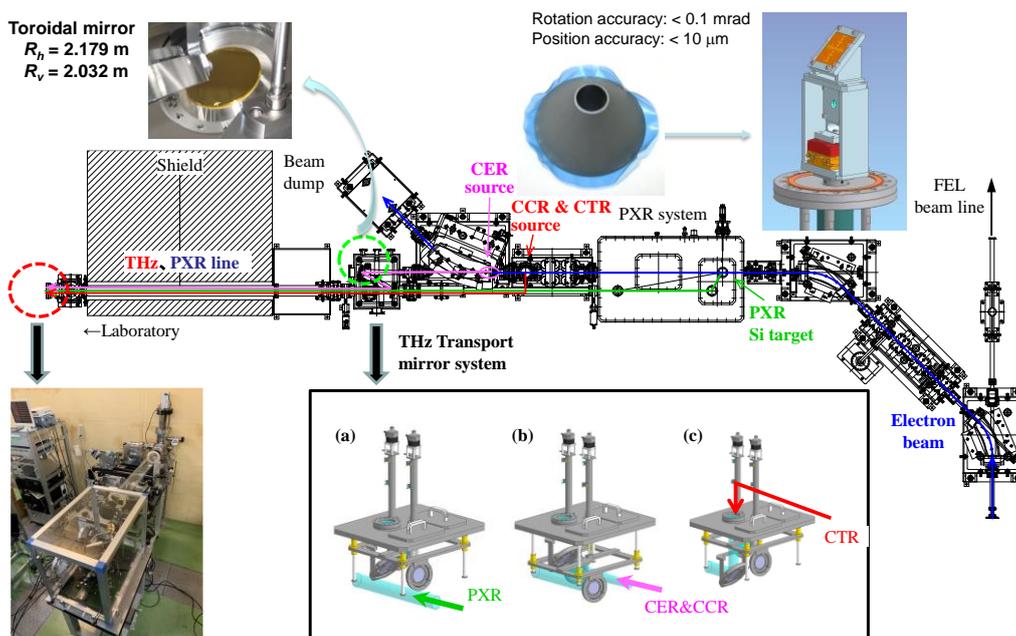


図2 LEBRA のパラメトリック X 線直線部におけるテラヘルツ光源及びビームライン

(2) テラヘルツ光応用研究に活用できるテラヘルツビームラインの改良

平面波コヒーレントチェレンコフ放射源の下流に設置された偏向磁石は 1mW 以上のコヒーレントエッジ放射を発生し、パラメトリック X 線ビームラインを使用して実験室へとテラヘルツ光を輸送していた。図 2 に示したように、両コヒーレント放射は同軸上に発生しているため、この輸送ルートを変更することで、平面波コヒーレントチェレンコフ放射も放射線の影響を受けない実験室にて観測することができる。既存の光学系はテラヘルツビームをパラメトリック X 線ビームラインへ偏向するのに凹面鏡を使用していたため、水平方向と垂直方向の集束点が一致せず、集焦点での電場強度が低減していた。そこで凹面鏡を 150 度偏向用のトロイダル鏡に更新し⁸、円形のプロファイルに成形することに成功した。

さらに、実験室にて分析装置をアクリル板で大気から隔離して相対湿度 1% 以下の乾燥空気環境下にて計測できるエンドステーションを構築した。これらのテラヘルツビームラインの改良によって、平面波コヒーレントチェレンコフ放射のビーム特性を精密に測定できるようになっただけでなく、両コヒーレント放射を使用したテラヘルツ分光分析やイメージング測定が可能になった⁷。

また、テラヘルツビームラインの整備によって、文献等の報告が少ないコヒーレントエッジ放射のビーム特性が明らかになり、自由電子レーザー発振が電子バンチ波形を歪めていることを観測することに世界で初めて成功した⁹。

(3) 平面波コヒーレントチェレンコフ放射の特性評価

高抵抗シリコン製中空円錐管の中心に電子エネルギー 100MeV の電子ビームを通過し、平面波コヒーレントチェレンコフ放射発生実験を実施した。改良したテラヘルツビームラインを使用して、輸送したテラヘルツビームをマイケルソン干渉計にて観測した。平面波コヒーレントチェレンコフ放射は下流偏向磁石にて発生するコヒーレントエッジ放射と空間的には分離できないが、干渉計のインターフェログラムに両コヒーレント放射の干渉波が現れる。干渉計の走査中心より約 52mm 離れた位置に位相の逆転した干渉波が観測され、その距離が中空円錐管を透過する平面波コヒーレントチェレンコフ放射の光学距離と一致していたことから、平面波コヒーレントチェレンコフ放射の発生を確認した (図 3)。

しかし放射強度はコヒーレントエッジ放射の 10% 程度しか輸送できておらず、トロイダル鏡に届くまでの間に放射エネルギーが拡散していると考えられる。輸送効率を増大するために円錐管底面を平面にし、反射波抑制のために材質を結晶石英に変更することを検討している。平面波コヒーレントチェレンコフ放射のプロファイルは同心的であることは確認できた。

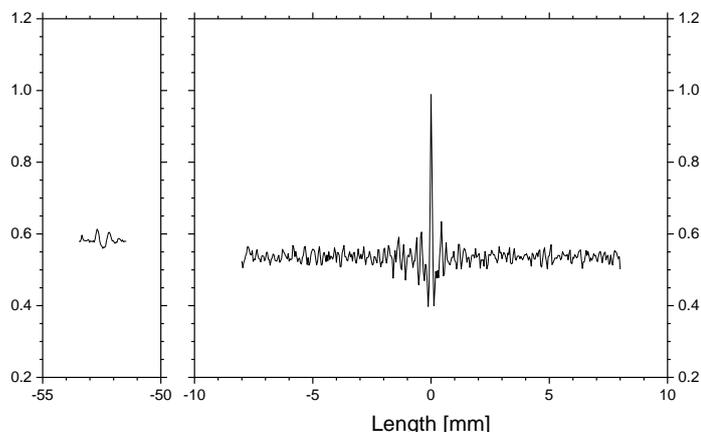


図 3 マイケルソン干渉計にて観測されたインターフェログラム

(4) ラジアル偏光ビームが誘起する周期構造の研究

観測された平面波コヒーレントチェレンコフ放射が想定よりも強度が低く、配賦を受けた経費が申請した額に満たなかったため、平面波コヒーレントチェレンコフ放射を利用したラジアル偏光ビームの集光特性の実験は実施できなかった。

しかしながら、平面波コヒーレントチェレンコフ放射と同様にラジアル偏光ビームであるコヒーレント遷移放射を集光した実験データを解析したところ、開口数から予想されるスポットサイズの半分以下であることが明らかになった。また、図 4 に示すように、縦偏光ビームに特徴的なモジュレーションを有するプロファイルも観測された。

平面波チェレンコフ放射を集光した場合の電場分布については Saint Petersburg 大学 (露) の研究グループが精力的に解析しており、スポット付近に強大な縦偏光電場が発生することが明らかになっている¹⁰。コヒーレント遷移放射よりもより強大な電場の発生が可能な平面波コヒーレントチェレンコフ放射を用いて実証実験を行うことが希求されている。

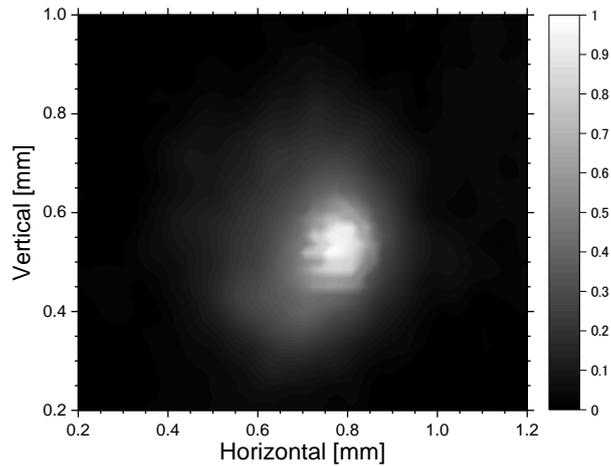


図4 集光したコヒーレント遷移放射の2次元プロフィール

以上である。コロナ禍の影響もあり十分な実験時間を確保することが困難であったが、ビームサイズの小さい相対論的電子ビームを使用して平面波コヒーレントチェレンコフ放射の観測に成功した。放射が拡散しにくい平面上の底面を有する結晶石英製の中空円錐管について検討しており、高強度テラヘルツ光の発生や縦偏光電場の観測といった研究の発展を今後期待できる。

また本研究は、自由電子レーザーが電子バンチ波形の歪みを世界で初めて発見したことや、高強度テラヘルツ光の応用研究に新たな扉を拓くなど、副次的な研究成果にも結びついた。科学研究費の課題として意義のある研究であったと総括する。

<引用文献>

- ① B. Green *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, (2016) 22256.
- ② N. Sei *et al.*, *JJAP* **56** (2017) 032401.
- ③ N. Sei *et al.*, *Phys. Lett. A* **379**, (2015) 2399.
- ④ N. Sei and T. Takahashi, *Sci. Rep.* **7**, (2017) 17440.
- ⑤ N. Sei *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **46** (2013) 045104.
- ⑥ R. Dorn *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **91** (2003) 233901.
- ⑦ N. Sei *et al.*, *Proc. 12th Int. Particle Accel. Conf., Campinas, Brazil* (2021) pp. 2751.
- ⑧ T. Sakai *et al.*, *Proc. 18th Annual Meet. Particle Accel. Soc. Japan, Takasaki, Japan* (2021) pp. 568.
- ⑨ N. Sei *et al.*, *Sci. Rep.* **11** (2021) 3433.
- ⑩ S. N. Galyamin *et al.*, *Phys. Rev. Accel. Beams* **23** (2020) 113001.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Sei Norihiro, Zen Heishun, Ohgaki Hideaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Peak Shift of Coherent Edge Radiation Spectrum Depending on Radio Frequency Field Phase of Accelerator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 626 ~ 626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12020626	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 境 武志、早川 恭史、住友 洋介、清 紀弘	4. 巻 31(2)
2. 論文標題 日本大学電子線利用研究施設におけるコヒーレントエッジ放射の光源開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本赤外線学会誌	6. 最初と最後の頁 76-83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 N. Sei, H. Ogawa, K. Hayakawa, Y. Hayakawa, K. Nogami, T. Sakai, Y. Sumitomo, Y. Takahashi, T. Tanaka, T. Takahashi	4. 巻 1
2. 論文標題 Design and Construction of an Intense Terahertz-Wave Source based on Coherent Cherenkov Radiation Matched to Circle Plane Wave	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Particle Accelerator Conference	6. 最初と最後の頁 2751-2754
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 清 紀弘	4. 巻 18
2. 論文標題 コヒーレントエッジ放射が紐とく電子パンチ形状	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 加速器	6. 最初と最後の頁 72 ~ 80
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.50868/pasj.18.2_72	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 Sei Norihiro, Takahashi Toshiharu	4. 巻 10
2. 論文標題 First demonstration of coherent resonant backward diffraction radiation for a quasi-monochromatic terahertz-light source	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7526 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-64426-1	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 Sakai Takeshi, Hayakawa Ken, Tanaka Toshinari, Hayakawa Yasushi, Nogami Kyoko, Sei Norihiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Evaluation of Bunch Length by Measuring Coherent Synchrotron Radiation with a Narrow-Band Detector at LEBRA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Condensed Matter	6. 最初と最後の頁 34 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/condmat5020034	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 Sei Norihiro, Sakai Takeshi, Hayakawa Yasushi, Sumitomo Yoske, Nogami Kyoko, Tanaka Toshinari, Hayakawa Ken	4. 巻 11
2. 論文標題 Observation of terahertz coherent edge radiation amplified by infrared free-electron laser oscillations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3433 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-82898-7	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 Sei N, Ogawa H, Tanaka T, Hayakawa Y, Sakai T, Sumitomo Y, Takahashi Y, Hayakawa K, Nogami K, Zen H, Ohgaki H	4. 巻 1350
2. 論文標題 Research of coherent edge radiation generated by electron beams oscillating free-electron lasers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012039 ~ 012039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1350/1/012039	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 Sei Norihiro, Ogawa Hiroshi, Jia QiKa	4. 巻 10
2. 論文標題 Multiple-Collision Free-Electron Laser Compton Backscattering for a High-Yield Gamma-Ray Source	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1418 ~ 1418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10041418	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 該当する

1. 著者名 清 紀弘、高橋 俊晴	4. 巻 29(2)
2. 論文標題 コヒーレント共鳴後方回折放射による準単色テラヘルツ光源の研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本赤外線学会誌	6. 最初と最後の頁 49 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Sakai, Y. Hayakawa, Y. Sumitomo, T. Tanaka, K. Hayakawa, K. Nogami, N. Sei, H. Ogawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Development of Coherent Terahertz Wave Sources and Transport Systems at LEBRA Linac	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. 10th Int. Particle Accelerator Conf.	6. 最初と最後の頁 1775 ~ 1777
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24件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 N. Sei, H. Ogawa, K. Hayakawa, Y. Hayakawa, K. Nogami, T. Sakai, Y. Sumitomo, Y. Takahashi, T. Tanaka, T. Takahashi
2. 発表標題 Design and Construction of an Intense Terahertz-Wave Source based on Coherent Cherenkov Radiation Matched to Circle Plane Wave
3. 学会等名 The 12th International Particle Accelerator Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Sumitomo, T. Sakai, K. Hayakawa, Y. Hayakawa, K. Nogami, T. Tanaka, N. Sei
2. 発表標題 Toward THz Coherent Undulator Radiation Experiment With a Combination of Velocity Bunchings
3. 学会等名 The 12th International Particle Accelerator Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Sumitomo, T. Asai, S. Kisaka, Y. Hayakawa, S. Inagaki, N. Kawanaka, D. Kobayashi, H. Koguchi, S. Kumagai, T. Sakai, N. Sei, T. Seki
2. 発表標題 An Experimental Challenge with Accelerator and Plasma to Astrophysical Fast Radio Bursts
3. 学会等名 Optics & Photonics International Congress 2021 / High Energy Density Sciences 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清 紀弘
2. 発表標題 赤外自由電子レーザー施設におけるTHz帯コヒーレントエッジ放射源の開発
3. 学会等名 2021年度ビーム物理研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清 紀弘、小川 博嗣、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、早川 建、高橋 由美子、野上 杏子、山添 亮、木下 耀、大谷 昭仁、川島 雄介、金田 隆、全 炳俊、大垣 英明
2. 発表標題 高強度コヒーレントエッジ放射光源の開発及び利用研究
3. 学会等名 第30回日本赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清 紀弘、小川 博嗣、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、早川 建、高橋 由美子、野上 杏子、高橋 俊晴
2. 発表標題 日本大学におけるテラヘルツ帯平面波コヒーレントチェレンコフ放射源の開発状況
3. 学会等名 第35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 2022年

1. 発表者名 境 武志、清 紀弘、早川 恭史、住友 洋介、早川 建、田中 俊成、野上 杏子、高橋 由美子、斉藤 広斗、廣原 匠
2. 発表標題 日本大学電子線利用研究施設PXRラインにおけるテラヘルツ光源の研究開発
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 山添 亮、木下 耀、清 紀弘、境 武志、大谷 昭仁
2. 発表標題 テラヘルツ波分光計測における水蒸気の吸収軽減および吸収補正に関する検討
3. 学会等名 2021年電気学会計測/知覚情報合同研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清 紀弘、小川 博嗣、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、早川 建、高橋 由美子、野上 杏子、全 炳俊、大垣 英明、高橋 俊晴
2. 発表標題 テラヘルツ帯コヒーレント放射源の新規開発と電子バンチ波形観測への応用
3. 学会等名 日本赤外線学会第29回研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Sei, H. Zen, H. Ohgaki
2. 発表標題 Observation of temporal evolution of coherent edge radiation during free-electron laser oscillations
3. 学会等名 The 11th International Symposium of Advanced Energy Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 清 紀弘、小川 博嗣、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、早川 建、高橋 由美子、野上 杏子、高橋 俊晴
2. 発表標題 日本大学におけるテラヘルツ帯平面波コヒーレントチェレンコフ放射源の開発計画
3. 学会等名 第34回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清 紀弘
2. 発表標題 コヒーレントエッジ放射のすすめ
3. 学会等名 第27回FELとHigh-Power Radiation 研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 境 武志、清 紀弘、早川 恭史、住友 洋介、早川 建、田中 俊成、野上 杏子、高橋 由美子、岡崎 大樹、黒澤 歩夢、齊藤 広斗、廣原 匠
2. 発表標題 日本大学LEBRAにおけるコヒーレントエッジ放射源の開発
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 野上 杏子, 早川 恭史, 境 武志, 住友 洋介, 高橋 由美子, 早川 建, 田中 俊成, 清 紀弘, 小川 博嗣, 古川 和朗, 道園 真一郎, 土屋 公央, 吉田 光宏, 諏訪田 剛, 福田 茂樹, 榎本 収志, 大澤 哲, 山本 樹, 新富 孝和
2. 発表標題 日本大学125MeV電子線形加速器および光源開発の現状報告
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 住友 洋介, 境 武志, 清 紀弘, 早川 建, 早川 恭史, 黒澤 歩夢, 野上 杏子, 岡崎 大樹, 田中 俊成
2. 発表標題 日大での準単色コヒーレントTHzアンジュレーター放射に向けた開発状況
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 N. Sei, H. Ogawa, T. Tanaka, Y. Hayakawa, T. Sakai, Y. Sumitomo, Y. Takahashi, K. Hayakawa, K. Nogami, H. Zen, H. Ohgaki
2. 発表標題 Research of coherent edge radiation generated by electron beams oscillating free-electron lasers
3. 学会等名 10th International Particle Accelerator Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Sakai, Y. Hayakawa, Y. Sumitomo, T. Tanaka, K. Hayakawa, K. Nogami, N. Sei, H. Ogawa
2. 発表標題 Development of Coherent Terahertz Wave Sources and Transport Systems at LEBRA Linac
3. 学会等名 10th International Particle Accelerator Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Sei, H. Zen, H. Ohgaki
2. 発表標題 Study of electron bunch shape for high-power FEL oscillations using coherent edge radiation
3. 学会等名 The 10th International Symposium of Advanced Energy Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kawashima, Norihiro Sei, Hiroshi Ogawa, Yasushi Hayakawa, Takashi Sakai, Kyoko Nogami, Toshinari Tanaka, Ken Hayakawa, Masaaki Suemitsu, Kayo Kuyama, Satoshi Tokunaga, Yoshinobu Hara, Hiroko Indo, Hideyuki J Majima, Takashi Kaneda
2. 発表標題 Intense Terahertz pulse images of the malignant tumor; a preliminary study using liver cancer
3. 学会等名 The 22nd International Congress of Dentomaxillo-facial Radiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清 紀弘、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、高橋 由美子、早川 建、野上 杏子、高橋 俊晴
2. 発表標題 日本大学における加速器テラヘルツ光源の開発および計画
3. 学会等名 第26回FELとHigh-Power Radiation研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清 紀弘、小川 博嗣、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、早川 建、高橋 由美子、野上 杏子、高橋 俊晴
2. 発表標題 平面波コヒーレントチェレンコフ放射に基づく高出力テラヘルツ光源の開発計画
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 境 武志、清 紀弘、早川 恭史、住友 洋介、田中 俊成、野上 杏子、高橋 由美子、早川 建、小川 博嗣
2. 発表標題 日本大学LEBRA FEL ビームラインにおけるコヒーレントエッジ放射源の開発
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 野上 杏子、早川 建、田中 俊成、境 武志、住友 洋介、高橋 由美子、清 紀弘、小川 博嗣、古川 和朗、道園 真一郎、土屋 公央、吉田 光宏、諏訪田 剛、福田 茂樹、榎本 収志、大澤 哲、新富 孝和、佐藤 勇
2. 発表標題 日本大学125MeV電子線形加速器の現状報告
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 清 紀弘、早川 恭史、境 武志、住友 洋介、田中 俊成、高橋 由美子、早川 建、野上 杏子、金田 隆、川島 雄介、高橋 俊晴
2. 発表標題 日本大学における加速器高出力テラヘルツ波源の開発計画
3. 学会等名 第28回日本赤外線学会研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

産総研 分析計測標準研究部門 放射線イメージング計測研究グループ https://unit.aist.go.jp/rima/ja/teams/rad-imag.html 日本大学電子線利用研究施設 http://www.lebra.nihon-u.ac.jp/ 産総研 放射線イメージング計測研究グループ https://unit.aist.go.jp/rima/rad-imag/group.html

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	境 武志 (Sakai Takeshi) (20409147)	日本大学・理工学部・准教授 (32665)	
研究分担者	田中 俊成 (Tanaka Toshinari) (30155147)	日本大学・理工学部・研究員 (32665)	
研究分担者	小川 博嗣 (Ogawa Hiroshi) (60356699)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・計量標準総合センター・主任研究員 (82626)	
研究分担者	住友 洋介 (Sumitomo Yoske) (70729243)	日本大学・理工学部・准教授 (32665)	

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