

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17876

研究課題名(和文) 固体飛跡検出器CR-39を用いたレーザー加速イオンの価数評価手法の開発

研究課題名(英文) Evaluation method of the charge number of laser-accelerated ion

研究代表者

金崎 真聡 (Masato, Kanasaki)

神戸大学・海事科学研究科・助教

研究者番号：90767336

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー加速イオンの価数分布を、固体飛跡検出器CR-39を用いて明らかにする手法の開発を目的とし、タンデム加速器で加速された酸素イオンをトムソンパラボラシステムで価数とエネルギーごとに分光しCR-39に照射した。エッチング後の試料を光学顕微鏡下で解析したところ、エッチピット形状の価数による優位な差は観測されなかった。すなわち、通常のレーザー駆動イオン加速実験で用いられるCR-39の解析条件では、価数分布を計測することは難しく、また、CR-39をトムソンパラボラ等の装置に組み合わせ、電場によって価数を弁別することが重要であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーザー駆動イオン加速は、がん治療や様々な物理実験に用いられる加速器の小型化が期待されている。高エネルギーかつ高品質なイオン加速のためには、イオンの加速メカニズムを明らかにすることが重要であり、その中でもイオンの価数分布は、加速されるイオンのエネルギーに大きく影響する。すなわち本研究で得られたCR-39のみでは価数分布を明らかにすることが難しいという結果は、電場および磁場によるイオンの分光が重要であり、現状の計測体系の高度化を必要としていることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：In order to reveal the charge distributions of laser-accelerated ions, the evaluation method of the charge number of ion has been examined using CR-39 track detectors. Multiply charged oxygen ions from tandem accelerator irradiated to the CR-39 samples through the Thomson parabola system. The charge number dependence of the etch pit size has not been observed by the normal analysis under the optical microscope. Though the size of etch pits with nano-meter size by very short etching duration slightly depended on the ion charge, such small etch pits can not be applied for the measurements of laser-accelerated ions. Through the whole study, measurement systems with the electric field such as Thomson parabola is important to understand the charge distribution of laser-accelerated ions.

研究分野：放射線計測学

キーワード：CR-39 レーザー駆動イオン加速 高強度レーザー イオン価数 固体飛跡検出器 エッチピット トムソンパラボラ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高強度レーザーを用いたレーザー駆動イオン加速実験が世界各地の高強度レーザー施設にて盛んに行われるようになってきた。集光強度の増加とともに発生するイオンのエネルギーも増加しており、近年、国内では量子科学技術研究開発機構関西光科学研究(以下、量研機構関西研)の高強度レーザーJ-KARENを用いた実験で、40 MeVを超えるプロトンや50 MeV/nのHeイオンの発生が確認されている。また、世界では100 MeV級のプロトンが加速されたという報告もある。このような高強度レーザーを用いたイオン加速では、その加速電場が最大でTV/mにまでも達するということが提唱されており、既存の高周波加速器に比べて短い距離で高いエネルギーのイオンを発生させることができる。さらには、高周波加速器のような大型電源・冷却設備を必要としないため、粒子線加速器の大幅な小型化が可能とされている。これにより、レーザー駆動型がん治療用小型粒子線加速器の開発が期待されており、外科的手術に比べてQOL(Quality of life)が高いとされる粒子線がん治療をより多くの患者に提供することが可能になるとして注目を集めている。

このような状況の下、レーザー駆動イオン加速実験では、医療応用可能な高エネルギーかつ安定した高品質なイオンビームを発生させることが課題とされている。そのためには、発生するイオンビームを高い精度で評価し、イオンの加速メカニズム明らかにすることが重要であるが、レーザー駆動イオン加速では、X線や電子線が高エネルギーイオンと同時に発生する複雑な混成放射線場を形成するため、イオンを選択的に検出することが困難である。そこで、X線や電子線に不感で、かつ、一つ一つのイオンを高精度に計測可能な固体飛跡検出器CR-39を用いたイオン計測が行われており、特に、加速されたイオンのエネルギーや空間分布の計測にはその能力を発揮している。一方で、レーザープラズマ中のイオンが有するもう一つの情報である価数については、トムソンパラボラを用いて、ピンホール通過する一部のイオンのみを電場と磁場で分光することで計測が行われてきた。価数の高いイオンほど高強度レーザーによって誘起される加速電場の影響を受けて加速されやすいため、イオン価数分布を明らかにすることは、加速メカニズムを明らかにし、加速効率を向上させるために重要な情報となる。しかしながら、ピンホールを通過しない、即ち、レーザープラズマ中のイオンの全体的な価数分布を把握するような二次元的な計測はこれまでに行われておらず、世界の高強度レーザー施設においてもレーザープラズマの状態を明らかにするには至っていない。

2. 研究の目的

レーザー駆動イオン加速において、イオンの加速メカニズムを解明する上で極めて重要となるレーザープラズマの状態を現す一つの指標である『イオンの価数分布』を計測する手法の開発を本研究課題の目的とした。具体的には、イオン検出器であるCR-39を用いて、加速された重イオンの価数分布に関する情報を引き出す可能性について検討を行う。さらには、CR-39を用いたイオン計測という特徴を利用し、重イオンの価数分布を空間分布と合わせて同時計測することで、他の計測手法では実現できないレーザープラズマの評価手法の開発を目指し、加速メカニズムの解明に貢献する。

3. 研究の方法

CR-39を用いてイオンの価数分布が計測可能であるかどうかを確かめるためには、様々な価数で既知のエネルギーの重イオンを照射して、エッチング処理後に形成されるエッチピット形状を調べる必要がある。そこで、本研究では、神戸大学大学院海事科学研究科のタンデム静電加速器にトムソンパラボラを設置してCR-39にイオン照射する手法を整備した。また、イオン照射後のCR-39は、エッチングと顕微鏡観察を繰り返す多段階エッチング法を適用した。

まず、イオン照射については、タンデム静電加速器のイオン源のカソードは金ターゲットとし、金イオンの他に、不純物として含まれる他の金属イオンや、プロトン、炭素イオン、酸素イオンを加速した。タンデム静電加速器の特性上、例えば、イオン源から酸素イオンを引き出して加速すれば、様々な価数の酸素イオンとともに、中性粒子が加速器正面方向のビームポートで観測される。これらをCR-39に照射するため、加速器正面方向の0度ビームポートにトムソンパラボラシステムを設置した。トムソンパラボラは、ピンホール、電極と磁石、イオン検出部から構成されており、ピンホール通過後のイオンは、同じ方向にかけられた磁石の磁場によってエネルギー分解され、さらに同じ方向にかけられた電場によって価数ごとに分光された後、検出器に入射する。本研究で使用したトムソンパラボラシステムは、レーザー駆動イオン加速実験において、レーザーショットごとのイオン計測を行うために開発されたもので、Micro Channel Plate(MCP)と蛍光体を組み合わせたイオン検出器ユニットを有しており、イオンの入射した位置が発光する。この発光をCCDカメラで撮像することで、イオンの入射位置、即ち、中性粒子から磁場及び電場方向に偏向された量からイオンのエネルギー及び価数をリアルタイムで知ることができる。本研究では、MCPと同じ位置にCR-39を設置して様々な価数の酸素イオンの照射を行なった。リアルタイム検出器ユニットによって得られた画像と、CR-39上に形成されたエッチピットの位置を比較することで、CR-39に入射した酸素イオンの価数とエネルギーを確定することができる。次に、イオン照射後のCR-39の解析は、70℃に保持した6 mol/Lの水酸化カリウム水溶液を用いて30分間エッチングし、現れたエッチピットの形状を光学顕微鏡にて観察した後、再び30分間のエッチングと顕微鏡観察を繰り返し、エッチピットの成長挙動を追跡した。

4. 研究成果

タンデム静電加速器によって酸素イオンを照射した際に、MCPを用いたリアルタイムイオン検出器ユニットによって得られた発光を図1に示す。図1はタンデム静電加速器のターミナル電圧を0.5, 0.75, 1.0, 1.5 MVに設定して酸素イオンを入射させた画像を合成したものである。画像下部に、トムソンパラボラの磁場と電場の影響を受けない中性粒子が入射している。中性粒子の入射位置を原点として、磁場と電場によって変更された酸素イオンが入射していることがわかる。酸素イオンは価数ごとに1価から4価まで観測されている。価数ごとにみると、原点に近い側が最も高エネルギーのイオンで、1価から4価までそれぞれ、3, 4.5, 6, 7.5 MeVの酸素イオンである。このように、同じターミナル電圧でも価数によってトータルのエネルギーが異なる。CR-39によって価数が判別可能であるかを調べる際には、エネルギーが同じで価数のみが異なるイオンを照射する必要がある。そこで、CR-39にイオン照射を行う場合には、ターミナル電圧を細かく調整し、価数が異なる場合にも、イオンが同じエネルギーになるように調整した。

酸素イオン照射後のCR-39上に形成されたエッチピットについて、エッチング時間に対してエッチピット開口部の径をプロットしたところ、従来から知られているエネルギー依存性は確認されたが、同じエネルギーに対する価数依存性について、明確なものは確認できなかった。これは、イオン計測で通常用いられているエッチング条件を適用するだけでは、CR-39の極表面で電子が引き剥がされるため、イオン価数の情報が失われていることが原因と考えられる。そこで、エッチング時間を数十秒から数分までに短縮し、CR-39の表面に形成されるナノメートルオーダーのエッチピットについて原子間力顕微鏡を用いた解析を行ったところ、エッチピット径が価数にわずかに依存していることが示唆されているが、明確な依存性を解明するには至っていない。継続して同様の解析を行ってさらなる分析を進める必要がある。エッチング時間を短縮すると価数を判別できる可能性があるが、一方で、エッチピットが通常の光学顕微鏡で観測可能なほどの大きさに達していないため、レーザー加速イオン計測に適したエッチング条件ではない。即ち、レーザー加速イオン計測で用いられている通常のエッチング条件では、CR-39を用いてイオンの価数を明らかにすることは困難であることがわかった。

CR-39を用いてイオン価数を明らかにする手法の開発を目的として、タンデム静電加速器とトムソンパラボラシステムを組み合わせた実験体系を構築した。トムソンパラボラでは、磁場と電場でイオンを偏向するが、その偏向量は、理論式により求めることが可能である。レーザー駆動イオン加速実験では、それぞれの実験グループで独自のトムソンパラボラを開発しているが、そのほとんどが、計算によって求められた入射位置からイオンのエネルギーや価数を求めている。既知のエネルギーや価数のイオンによって、入射位置が校正されたトムソンパラボラは少なく、計測の精度が問題になることがある。本研究を進める上で構築した実験体系では、タンデム静電加速器によって加速されたイオンをトムソンパラボラに入射することで、トムソンパラボラ自体の校正を行うことができ、理論通りに動作していることが確認できた。一方で、タンデム静電加速器のイオン源には金ターゲットを用いたが、金イオン以外のイオン種も発生していることがわかった。代表的なものとしては、プロトン、炭素、酸素、ケイ素、アルミニウム、硫黄、鉄、コバルト、ニッケルが観測された。本研究で使用したトムソンパラボラシステムは、これらのイオン種についても、検出器上において計算で求められる理論通りの位置に入射することがわかった。即ち、本研究において整備した実験体系は、トムソンパラボラシステムの校正実験に有用であることが示された。

<引用文献>

- K. Ogura et al., Opt. Lett. 37 (2012) pp.2868-2870
- I. Jong Kim et al., Phys. Plasmas 23 (2016) 070701

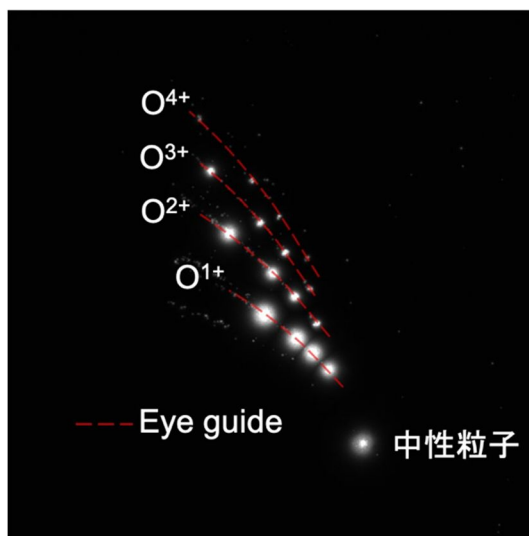


図1 酸素イオンを照射したトムソンパラボラのリアルタイム検出器上に現れた発光。(ターミナル電圧0.5, 0.75, 1.0, 1.5 MVの画像を合成)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 金崎真聡、小田啓二、山内知也、福田祐仁	4. 巻 104
2. 論文標題 固体飛跡検出器CR-39を用いたレーザー加速イオンのエネルギースペクトル及び空間分布の高精度計測	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 放射線化学	6. 最初と最後の頁 35 ~ 39
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 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 10件）

1. 発表者名 金崎真聡、森井厚作、坂本深太、高野雄太、浅井孝文、清水和輝、山内知也、小田啓二、神野智史、福田祐仁
2. 発表標題 CR-39を用いた水素クラスターターゲットから発生するレーザー加速陽子線の計測
3. 学会等名 第33回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水和輝、金崎真聡、神野智史、浅井孝文、坂本深太、小田啓二、山内知也、古山雄一、谷池 晃、福田祐仁
2. 発表標題 レーザー加速イオン計測用リアルタイムトムソンパラボラスペクトロメータの校正
3. 学会等名 第33回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅井孝文、金崎真聡、森島邦博、神野智史、小平 聡、首藤信通、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 原子核乾板を用いた100 MeV級レーザー加速プロトン計測手法の開発
3. 学会等名 第33回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本溪太、金崎真聡、森井厚作、神野智史、小平 聡、山内知也、小田啓二、福田祐仁
2. 発表標題 固体飛跡検出器CR-39を用いたレーザー加速陽子線エネルギースペクトルの高精度計測
3. 学会等名 第33回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水和輝、金崎真聡、神野智史、浅井孝文、坂本溪太、小田啓二、山内知也、古山雄一、谷池 晃、福田祐仁
2. 発表標題 レーザー加速イオン計測用リアルタイムトムソンパラボラスペクトロメータの特性評価
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅井孝文、金崎真聡、森島邦博、神野智史、小平 聡、首藤信通、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 原子核乾板を用いた100 MeV級レーザー加速陽子線計測手法の開発
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂本溪太、金崎真聡、森井厚作、神野智史、小平 聡、山内知也、小田啓二、福田祐仁
2. 発表標題 固体飛跡検出器CR-39を用いたレーザー加速陽子線エネルギースペクトル計測の高精度化
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名	Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Kunihiro Morishima, Satoshi Kodaira, Yuta Takano, Kousaku Morii, Takafumi Asai, Keita Sakamoto, Kazuki Shimizu, Keiji Oda, Tomoya Yamauchi, Hiromitsu Kiriya, Yuji Fukuda
2. 発表標題	Characterization of laser-accelerated protons from micron-sized hydrogen cluster targets using track detectors
3. 学会等名	The 14th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Takafumi Asai, Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Nobumichi Shutoh, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Kunihiro Morishima, Yuji Fukuda
2. 発表標題	Application of a nuclear emulsion to laser-driven ion acceleration experiment using micron-sized hydrogen cluster target
3. 学会等名	The 14th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Keita Sakamoto, Takafumi Asai, Satoshi Jinno, Yuji Fukuda, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Satoshi Kodaira, Masato Kanasaki
2. 発表標題	Development of the passive energy spectrometer for laser-accelerated protons
3. 学会等名	The 14th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Kazuki Shimizu, Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Yuta Takano, Kousaku Morii, Takafumi Asai, Keita Sakamoto, Keiji Oda, Tomoya Yamauchi, Yuichi Furuyama, Akira Taniike, Hiromitsu Kiriya, Yuji Fukuda
2. 発表標題	A calibration study of a real-time Thomson parabola spectrometer using tandem accelerator
3. 学会等名	The 14th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 Kousaku Morii, Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Yuta Takano, Takafumi Asai, Keita Sakamoto, Kazuki Shimizu, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Yuji Fukuda
2. 発表標題 Measurement of laser-accelerated MeV-class protons from hydrogen clusters using CR-39 track detectors
3. 学会等名 The 14th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takafumi Asai, Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Nobumichi Shutoh, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Kunihiro Morishima, Yuji Fukuda
2. 発表標題 Energy measurement of laser-accelerated protons by using a nuclear emulsion
3. 学会等名 The 2nd QST International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keita Sakamoto, Takafumi Asai, Satoshi Jinno, Yuji Fukuda, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Satoshi Kodaira, Masato Kanasaki
2. 発表標題 Development of the passive energy spectrometer using CR-39 track detector
3. 学会等名 The 2nd QST International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Shimizu, Satoshi Jinno, Yuta Takano, Kousaku Morii, Takafumi Asai, Keita Sakamoto, Keiji Oda, Tomoya Yamauchi, Yuichi Furuyama, Akira Taniike, Hiromitsu Kiriya, Yuji Fukuda, Masato Kanasaki
2. 発表標題 A calibration study of a real-time Thomson parabola system by using tandem accelerator
3. 学会等名 The 2nd QST International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kousaku Morii, Masato Kanasaki, Satoshi Jinno, Yuta Takano, Takafumi Asai, Keita Sakamoto, Kazuki Shimizu, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda, Yuji Fukuda
2. 発表標題 Measurement of laser-accelerated MeV-class protons using CR-39 track detectors
3. 学会等名 The 2nd QST International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森井厚作、坂本溪太、浅井孝文、清水和輝、宇野雅貴、山内知也、小田啓二、神野智史、桐山博光、福田祐仁、金崎真聡
2. 発表標題 固体飛跡検出器CR-39を用いた水素クラスターのクーロン爆発で加速されるMeV級陽子線の計測
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅井孝文、森島邦博、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、坂本溪太、清水和輝、神野智史、小平 聡、首藤信通、小田啓二、山内知也、福田祐二、桐山博光、金崎真聡
2. 発表標題 原子核乾板を用いたレーザー加速陽子線の計測
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本溪太、宇野雅貴、浅井孝文、神野智史、福田祐仁、山内知也、小田啓二、小平 聡、金崎真聡
2. 発表標題 レーザー加速陽子線用受動型エネルギー spektrometa の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水和輝、神野智史、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、小田啓二、山内知也、古山雄一、谷池 晃、福田祐二、桐山博光、金崎真聡
2. 発表標題 タンデム加速器を用いたリアルタイムトムソンパラボラスペクトロメータの校正
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金崎真聡、神野智史、森島邦博、小平 聡、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、清水和輝、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 飛跡検出器を駆使したレーザー加速陽子線の計測
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森井厚作、宇野雅貴、浅井孝文、坂本溪太、清水和輝、小田啓二、山内知也、福田祐仁、神野智史、金崎真聡
2. 発表標題 固体飛跡検出器CR-39を用いた水素クラスターのクーロン爆発によるMeV級陽子線のエネルギースペクトル計測
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅井孝文、森島邦博、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、坂本溪太、清水和輝、神野智史、小平 聡、首藤信通、小田啓二、山内知也、福田祐二、金崎真聡
2. 発表標題 レーザー加速イオン計測における原子核乾板の適用可能性の検討
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂本溪太、宇野雅貴、浅井孝文、神野智史、福田祐仁、山内知也、小田啓二、小平 聡、金崎真聡
2. 発表標題 固体飛跡検出器CR-39を用いた レーザー加速陽子線用エネルギー spektrometaの開発
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水和輝、神野智史、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、小田啓二、山内知也、古山雄一、谷池 晃、福田祐二、金崎真聡
2. 発表標題 リアルタイムトムソンパラボラシステムの校正
3. 学会等名 光・量子ビーム科学合同シンポジウム 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金崎真聡、神野智史、森島邦博、小平聡、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、清水和輝、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 受動型検出器を用いたレーザー加速陽子線の計測
3. 学会等名 第32回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水和輝、神野智史、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、古山雄一、谷池晃、小田啓二、山内知也、福田祐仁、金崎真聡
2. 発表標題 レーザー加速イオン計測用リアルタイムトムソンパラボラシステムの校正
3. 学会等名 第32回固体飛跡検出器研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金崎真聡、神野智史、森島邦博、小平聡、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、清水和輝、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 受動型検出器を用いた水素クラスターから発生するレーザー加速陽子線の計測
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金崎真聡、神野智史、森島邦博、小平聡、宇野雅貴、高野雄太、森井厚作、浅井孝文、坂本溪太、清水和輝、小田啓二、山内知也、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 受動型検出器を用いたレーザー加速イオンの計測手法開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神野智史、金崎真聡、清水和輝、上坂充、桐山博光、福田祐仁
2. 発表標題 リアルタイムトムソンパラボラの開発とレーザー駆動multi-MeV純プロトンビームの0.1 Hz高繰り返し計測
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金崎真聡
2. 発表標題 CR-39を用いたレーザー加速MeV級イオンの高精度計測
3. 学会等名 第60回放射線化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masato Kanasaki, Masataka Uno, Yuji Fukuda, Tomoya Yamauchi, Keiji Oda
2. 発表標題 Design of the stacked CR-39 energy spectrometer for laser-accelerated protons exceeding 100 MeV from micron-size hydrogen cluster targets
3. 学会等名 27th International Conference on Nuclear Tracks and Radiation Measurements (国際学会)
4. 発表年 2017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