

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 6 日現在

機関番号：82118

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19091

研究課題名（和文）巨大クラスターイオン慣性核融合シナリオ研究

研究課題名（英文）Scenario Study of Giant Cluster Ion Inertial Fusion

研究代表者

高山 健（Takayama, Ken）

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・研究員

研究者番号：20163321

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：巨大クラスターイオン慣性核融合シナリオが完成。イオン源開発に着手、低価数ながら実証できた。入射器である誘導加速マイクロトロン（主加速器）のビーム力学の理論化、永久磁石蓄積リングと双方向多重構成誘導加速シンクロトロン（主加速器）のLattice設計手法を確立。主加速器内複数の誘導加速セルに発生する電圧パルスのタイミングと幅を制御して実現するバンチ圧縮法をシミュレーションで示す。100個の圧縮バンチを同時に取り出し、中心部に位置する核融合標的への等方的照射式の具体案を示した。標的物質内の巨大クラスターイオンと崩壊イオンの伝搬シミュレーションにより、前頭部に位置する崩壊イオンの追加速と謂う新たな知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本独自の重イオン慣性核融合シナリオが存在していなかったため、国内の関連研究は全て、米・欧から提案されていたシナリオをベースにした周辺研究に限定されて来た。本研究で、日本で発明され発展して来た誘導加速技術を根幹とする独創的量子ビーム慣性核融合システムのシナリオが完成した。従来の重イオンに加え、巨大クラスターイオンをドライバービームとして想定できる汎用のシステムである。今後は米欧をも巻き込んだ共同開発の叩き台になり得る。

周辺技術として高価数巨大クラスターイオン源開発への道筋が得られた。一方、バンチ圧縮に伴う様々なビーム力学上の課題を実験的に探査する小型電子ビームシミュレーター技術が確立した。

研究成果の概要（英文）：A scheme of giant cluster ion inertial fusion has been established. R&D works on ion source have been initiated and it has been demonstrated, although the beam intensity and charge state are not enough. Beam dynamics for induction microtron of the injector has been fully formulated. A general procedure to design the stacking ring and two-way multiplex induction synchrotron (main accelerator) lattice has been achieved. It turns out that bunch compression crucial for inertial fusion is realized by acrobatic beam handling, where trigger timing and a length of the voltage pulse are controlled independently at multiple induction cells. Achromatic target irradiation of 100 compressed bunches has been envisaged, where 100 bunches are simultaneously extracted and guided to the vertical separator to hit the target with final focusing. A novel phenomena though target physics study that a fraction of decaying ions placed at the front is accelerated in material have been found.

研究分野：ビーム物理

キーワード：慣性核融合 巨大クラスターイオン イオン源 誘導加速マイクロトロン 双方向・多段構成誘導加速シンクロトロン バンチ圧縮 核融合標的

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

核融合研究の一つ大きなカテゴリーとして重イオン慣性核融合が知られていた。しかし、磁場閉じ込め核融合研究の遅延や、レーザー慣性核融合で期待された成果を得るに至っていなかった事が要因で、米国とヨーロッパそれぞれから 20 年以上前に提案されている線形誘導加速器をベースにしたシナリオ及び高周波シンクロトロンをベースにしたシナリオを含め大きな進捗もなく停滞していた。国内研究グループは、これら二つのシナリオに乗っかる形での要素研究・関連研究に終始して来た。この状況下、2000 年に KEK の発案で研究開発が始まった誘導加速シンクロトロンの実証を経て、重イオン慣性核融合の駆動加速器としての利用が俄かに注目されていた。その後、誘導加速マイクロトロンの設計研究が進行した。そして、日本独自の量子ビーム慣性核融合の完全なシナリオを描く機運が高まっていた。

2. 研究の目的

慣性核融合駆動量子ビームとしての巨大クラスターイオンや、低価数の鉛、ビスマスイオンのイオン源開発、駆動する主加速器としての誘導加速シンクロトロンの概念設計、それへの入射器として誘導加速マイクロトロンのビーム力学の確立、ビーム圧縮技術の考案、それを模擬した小型電子シミュレーター装置の開発、巨大クラスターイオン駆動を前提とした標的物理の展開を目的とした。

3. 研究の方法

国内の関連研究者をほぼ網羅して 4 つ研究グループを構築した。(1) 東工大と長岡技科大のメンバーからなるイオン源開発グループが既存の設備を用いて実証研究に取り組んだ。(2) KEK を中心として量研機構、長岡技科大チームが参加したチームで全部の加速器複合体の概念設計、ビーム圧縮方法について計算機シミュレーションと理論研究を組み合わせる事で実施した。(3) 長岡技科大と金沢大学チームはビーム圧縮の実験を既存の装置で実施、問題点の洗い出しに計算機シミュレーションを駆使した。(4) 宇都宮大と INP in Orsay との共同研究で巨大クラスターイオンと標的物質の相互作用が計算機シミュレーションに明らかにされていった。

4. 研究成果

(研究代表者：高山)

4-1 巨大クラスターイオン慣性核融合シナリオの根幹部分を確立した

巨大クラスターイオン源、入射器としての誘導加速マイクロトン、永久磁石蓄積リング、双方向多重構成誘導加速シンクロトロン(主加速器)、100 個の駆動ビームバンチを等方向から同時に核融合標的に照射する照射ラインから構成される駆動システムの全貌をあきらかにした。標的照射時の駆動ビームバンチに要求される 10 nsec 長を実現するために、主加速器に配置する複数誘導加速セルに発生する電圧パルスのトリガータイミングとパルス長を独立に制御する独創的方法を採用した。全体については以下で発表される。

K.Takayama, T.Adachi, T.Kawakubo, K.Okamura, Y.Yuri, J.Hasegawa, K.Horioka, T.Kikuchi, T.Sasaki, and K.Takahashi, "A Quantum Beam Driver for High-Energy-Density Physics and Future Inertial Fusion", submitted to *Phys. Lett. A* (2020).

4-2 入射器として誘導加速器マイクロトロンのビーム力学の体系化

これまで存在しなかった加速器のビーム力学を理論と計算機シミュレーションの手段で体系化した。今後、設計されるこのタイプの加速器の標準的テキストになる筈である。

(研究分担者：菊池)

4-3 クラスター効果を仮定した阻止能モデルによる標的ダイナミクスの検討

クラスターイオンとプラズマの相互作用について理論的な検討を進めた。クラスターイオン一つの作る高密度電子ガス中に生じる wake 場のクラスターを構成する個々のイオンの動きへの影響を調べた。wake 場がプラズマ中でクラスターを構成する個々のイオンの動きに影響し、クラスターの動きにどのような変化をもたらすかを調べた。クラスターの効果として従来提案されてきた物質の阻止能増加の効果は存在しないのではないかとの結果を得た。

4-4 ターゲット構造の再設計と爆縮温度、密度の最適化

慣性核融合炉への燃料標的の入射と配置を制御する方法を提案した。燃料標的をより安定に均一に爆縮する方法の考察を深め、その可能性を確認した。イオンビーム軸を振動させることで、爆縮がより安定により大きなエネルギーゲインが得られる事実を得た。また、出版論文でターゲット爆縮のシミュレーションに用いた空間 2 次元の爆縮コードも公表した。

4-5 慣性核融合加速器システム最終段のパルス圧縮過程ビーム動力学の検討

慣性核融合加速器システム最終段におけるパルス圧縮過程でのビーム動力学について、空間電荷効果が支配的なビームを模擬する小型実験装置を用いて検討を行った。高密度電子プラズマの軸方向圧縮実験をおこなうため、磁場強度最大 2.2T の超電導磁石を備えた電子プラズマ閉じ込め装置を京都大学から移設した。既存の電子プラズマ閉じ込め装置による基礎実験では、初期軸方向長さの 1/4 まで圧縮した電子プラズマの温度測定をおこなった。その結果、軸方向、径方向ともに圧縮後の温度が増大することを確認した。この結果は 3 次元粒子シミュレーション

の結果と定性的に一致する。

エネルギー分布関数の新たな計測法の開発をおこなった。従来、MalMBERG-PENNING トラップに捕捉した電子プラズマの磁場方向エネルギー分布計測は、観測側の電位障壁を様々なレベルに設定し、エネルギー選択をおこなうことによりおこなわれていた。しかし、従来の方法は、(1)計測対象である電子プラズマの再現性、(2)エネルギー選択した電子数データに対する障壁電位での微分操作、(3)エネルギー選択した電子数データ取得するための数十の実験ショット、以上の3点が必要であり、本研究で対象としている極端な非平衡状態にある電子プラズマのエネルギー分布関数の実験的な決定は上記(1)、(2)の観点から困難であることが分かった。そこで、電子プラズマが円筒導体壁に誘起する鏡像電荷に由来する電場と閉じ込め磁場によって電子プラズマがおこなう容器軸周りの ExB ドリフトを利用して、分布関数導出のための電子のエネルギー選択を1ショットで空間分解することにより取得する方法を試みた。従来の方法でも計測可能な電子プラズマ生成直後の対向する速度成分を有する状況を計測対象とした。初期実験の結果、今回開発した手法で得た分布関数は従来の方法によるものとよく一致した。

電子プラズマ生成直後の対向する速度成分を有する状況においてエネルギー分布関数の時間発展を計測し、shifted Maxwellian をベースとしたモデル関数を用いて実験データを解析する方法を開発した。さらに、マイクロ秒オーダーの速い時間スケールで、高速粒子生成を伴うエネルギー分布緩和を直接観測することに成功した。この速い緩和機構を解明するため、電子プラズマの1次元モデルによる数値計算により検討した結果、2流体不安定性により緩和が生じる可能性があることが示唆された。これら実験結果と比較し、メカニズムを明らかにするための数値シミュレーションを実施してきている。開発した計測手法によって新たに判明した現象を理解するための数値解析も行なっており、実験結果の説明やビーム物理現象の理解だけでなく、数値解析手法の発展にも寄与できる内容となっている。実験的に観測された高速粒子の発生について検討し、理論的に見積られる衝突や緩和過程とは異なる時間スケールであることを確認した。このような予期できない高速粒子は、粒子ビームにおいてはハロー粒子と呼ばれる粒子損失に繋がる原因となり得るため、発生原因の特定は重要な課題となる。開発した粒子シミュレーションコードを用いた解析により、実験結果を再現し、高速粒子の発生原因を絞り込むことができるようになっている。

4-6 イオンバンチのパルス圧縮と同時照射システム(delay line 方式)の提案

クラスターイオンビームを用いた慣性核融合システムの最終段におけるパルス圧縮をどのような加速器システムで実施するか検討を行い、線形誘導加速器を用いたドリフト圧縮の検討を行った。一方、100個のイオンバンチの同時照射の可能な方法の中から delay line 方式を提案・検討した。この方式が最終的には1-1に示す主加速器20か所からの前進・後進ビーム同時取り出しに繋がった。

(研究分担者：長谷川)

4-7 電子ビーム照射型フラージェンイオン源の開発

高エネルギー加速に適した高価数フラージェン(C60)イオンを効率的に生成し、加速器に高フラックスで供給するために、ソレノイド磁場を用いた電子ビーム照射型フラージェンイオン源を新たに開発し、動作特性及び性能について詳細に調べた。約500に加熱されたノズル付きルツボから噴出したフラージェン分子ビームを効率的に電離するために、ビーム進行方向と同軸に長さ120mmのパルスソレノイドコイルを配置し、最大15mTの磁場を約10msにわたり発生した。タングステンフィラメントから放出された熱電子を、コイルに印加した600Vのバイアス電圧により加速しながら集束し、電子ビームとしてコイル内部に導入することで、電子衝突によるフラージェン分子の逐次電離を高い確率で起こすことを目指した。パルス磁場によりガイドされた電子ビーム電流密度は磁場がない場合に比べて大幅に上昇し、最大で3.5mA/cm²を得た。またコイル内部のビーム軸上にほぼ一様な電子照射場が形成されていることを確認した。電子ビーム照射により生成されたフラージェンイオンのビーム電流はパルス磁場の発生と同期して上昇し、磁場強度とともに増加することが分かった。これは電子ビームがコイル内部でより集束され、フラージェンイオンとの衝突確率が上昇したことにより、より高価数のフラージェンイオンが生成されたことを示唆している。ウィーンフィルターによる質量分析の結果から、引き出されたフラージェンイオンビームには1価から3価までのイオンが含まれており、照射電子ビームのエネルギーを上げることで2価以上のフラージェンイオンの割合が大幅に増加することを確認した。以上から、本研究で新たに提案した電子ビーム照射型フラージェンイオン源は少なくとも10nA以上のフラージェンイオンビームを供給する能力を有し、フラージェン多価イオン源として有望であることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Taufik, T. Adachi, M. Wake, and K. Takayama	4. 巻 22
2. 論文標題 Beam dynamics of the racetrack-shape fixed field induction accelerator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Accelerators and Beams	6. 最初と最後の頁 044001-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1103/PhysRevAccelBeams.22.044001	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 S. Kawata, C. Deutsch, and Y. J. Gu	4. 巻 99
2. 論文標題 Peculiar behavior of Si cluster ions in a high-energy-density solid Al plasma	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 1-6
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 該当する

1. 著者名 Takeaki Kubo, Takahiro Karino, Hiroki Kato and Shigeo Kawata	4. 巻 230
2. 論文標題 Fuel Pellet Alignment in Heavy-Ion Inertial Fusion Reactor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Plasma Science	6. 最初と最後の頁 1-7
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 S. Kawata, T. Karino and Y. J. Gu	4. 巻 7
2. 論文標題 Dynamic stabilization of plasma instability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 High Power Laser Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1-10
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 該当する

1. 著者名 Youngsoo PARK, Yukihiro SOGA, Masayuki SATO, Nozomi SUZUTANI and Takashi KIKUCHI	4. 巻 14
2. 論文標題 A Single-Shot Method for Measuring the Energy Spectra of Pure Electron Plasmas Driven by E x B Rotation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research: Rapid Communications	6. 最初と最後の頁 1201046-
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 Kazumasa Takahashi, Keisuke Ikegami, Yuta Wada, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi	4. 巻 138
2. 論文標題 ransverse Ion Current Density Profile of Laser Ablation Plasma Propagating through Multicusp Magnetic Field	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamental and Materials	6. 最初と最後の頁 553-554
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 B. B. Xu, Y.Y. Ma, X.H. Yang, W.H. Tang, Z.Y. Ge, Y. Zhao, Y.Z. Ke, and S.Kawata	4. 巻 59
2. 論文標題 Effect of bromine-dopant on radiation-driven Rayleigh-Taylor instability in plastic foil	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Plasma Physics and Controlled Fusion	6. 最初と最後の頁 105012
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 該当する

1. 著者名 S. Kawata, Y. J. Gu, X. F. Li, T. Karino, H. Katoh, J. Limpouch, O. Klimo, D. Margarone, Q. Yu, Q. Kong, S. Weber, S. Bulanov, and A. Andreev:	4. 巻 25
2. 論文標題 Dynamic stabilization of filamentation instability	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 11601
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 該当する

1. 著者名 T. Kikuchi, Y. Sakai, J. Hasegawa, K. Horioka, K. Takahashi, T. Sasaki, Nob. Harada	4. 巻 137
2. 論文標題 Numerical Study on Particle Distribution in Longitudinal Phase Space and Beam Current Profile using Compact Electron Beam Simulator for Heavy Ion Inertial Fusion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 344-348
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 Taufik and K. Takayama	4. 巻 383
2. 論文標題 Beam-core evolution equation and space-charge limit	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics Letters A	6. 最初と最後の頁 125855-14
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 該当する

1. 著者名 K. Takahashi, M. Kuzumoto, Y. Matsumoto, T. Sasaki, and T. Kikuchi	4. 巻 90
2. 論文標題 Control of current wavrform of laser ion source using pulsed magnetic field	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 123311-1-4
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 K. Takahashi, M. Kuzumoto, Y. Matsumoto, T. Sasaki, and T. Kikuchi	4. 巻 90
2. 論文標題 Proton generation from hydrocarbon polymer targets for laser ion source	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Review of Scientific Instruments	6. 最初と最後の頁 123311-1-4
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 N. Ikoma, Y. Miyake, M. Takahashi, H. Okuno, S. Namba, K. Takahashi, T. Sasaki, and T. Kikuchi	4. 巻 14
2. 論文標題 Demonstration of plasma window with diameter of 20 mm and pressure separation for accelerator application	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 1206148-1-2
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 Y. Uchida, Y. Takaoka, S. Saito, T. Suzuki, K. Takahashi, T. Sasaki, and T. Kikuchi	4. 巻 13
2. 論文標題 Blister Formation on Tungsten Irradiated by 4 MeV Helium Ion Beam in Ordinary Temperature	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 1205084-1-3
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 N. Ikoma, T. Sasaki, H. Okuno, S. Namba, and T. Kikuchi	4. 巻 51
2. 論文標題 Measurement of electron density and temperature in plasma window with diameter of 10 mm	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 RIKEN Accelerator Progress Report	6. 最初と最後の頁 144
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27件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Taufik
2. 発表標題 Space-Charge Effects Evaluation in the Induction Microtron
3. 学会等名 2019年加速器学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Takayama
2. 発表標題 Study on the Main Driver for the Giant Cluster Ion Inertial Fusion (G-CLIF)
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taufik, T. Adachi, M. Wake, and K. Takayama
2. 発表標題 Study of an Injector (Induction Microtron) for Giant Cluster Ion Inertial Fusion (G-CLIF) Driver
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yi Liu, Katsuya Okamura, Ken Takayama
2. 発表標題 Improved Designs of the 4th Generation of Switching Power Supply for Circular Induction Accelerators
3. 学会等名 平成30年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「新世代パルスパワー技術で拓くプラズマ・ビーム物理と応用の新展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Kawata, Y. J. Gu, X. F. Li, T. Karino, H. Katoh, J. Limpouch, O. Klimo, D. Margarone, Q. Yu, Q. Kong, S. Weber, S. Bulanov and A. Andreev
2. 発表標題 Dynamics Mitigation of Filamentation Instability Growth
3. 学会等名 International symposium series on High Power Laser Science and Engineering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kawata, T. Karino, H. Katoh, R. Sato and A. I. Ogoyski
2. 発表標題 Robust Heavy Ion Inertial Fusion
3. 学会等名 3rd International Conference on Matter and Radiation at Extremes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Kawata, T. Karino, R. Sato and A. I. Ogoyski:
2. 発表標題 Fuel Target Uniform Imposition in Heavy Ion Inertial Fusion
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 曾我之泰, 朴英樹, 杉本啓介, 菊池崇志
2. 発表標題 ビーム速度成分を有する純電子プラズマの磁場方向エネルギー分布計測
3. 学会等名 日本物理学会2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池崇志, 鈴谷のぞみ, 朴英樹, 曾我之泰, 高橋一匡, 佐々木徹
2. 発表標題 軸方向印加磁束と静電ポテンシャルにより制限された空間へ入射した電子ビームの緩和過程
3. 学会等名 日本物理学会第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kikuchi
2. 発表標題 compact Beam Simulator for Beam Dynamics Study During Pulse Compression in Inertial Confinement Fusion Driven by Quantum Beam
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukihiro Soga, Youngsoo Park, Keisuke Sugimoto, Takashi Kikuchi,
2. 発表標題 Experimental study on axially compressed electron plasma for a simulator of space-charge dominated beam
3. 学会等名 22nd International Symposium on Heavy Ion Fusion and Beam-Driven High Energy Density Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池 崇志, 曾我 之泰, 高橋 一匡, 佐々木 徹, 高山 健
2. 発表標題 量子ビーム慣性核融合の複数イオンバンチのパルス圧縮と同時照射システム
3. 学会等名 平成30年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「新世代パルスパワー技術で拓くプラズマ・ビーム物理と応用の新展開」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本和也, 長谷川純, 堀岡一彦
2. 発表標題 誘導加速シンクロトロン用高価数フラージェンイオン源の開発
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木 徹, 高橋 一匡, 菊池 崇志, 川田 重夫, 堀岡 一彦, 高山 健
2. 発表標題 巨大クラスターイオン慣性核融合の燃料標的構造の理論的検討
3. 学会等名 Plasma Conference 2017 (PLASMA2017)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐々木徹, 高橋一匡, 菊池崇志, 川田重夫, 堀岡一彦, 高山健
2. 発表標題 巨大クラスターイオンビーム慣性核融合の燃料標的設計
3. 学会等名 核融合科学研究所共同研究形式研究会プログラム「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Youngsoo PARK , Yukihiro SOGA , Ryuma MATSUDA and Takashi KIKUCHI
2. 発表標題 Experimental study on longitudinal compression of electron plasma confined in Malmberg-Penning trap for compact simulator of energy driver in heavy ion fusion
3. 学会等名 10th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Youngsoo PARK, Yukihiro SOGA, Ryuma MATSUDA and Takashi KIKUCHI
2. 発表標題 Experimental study on axially compressed electron plasmas for compact simulator of energy driver in heavy ion fusion
3. 学会等名 26th International Toki Conference (ITC-26) & The 11th Asia Plasma and Fusion Association Conference(APFA-11) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Komori, Yasuo Sakai, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Takashi, Kikuchi, Kazuhiko Horioka
2. 発表標題 Numerical analysis for beam current profile in compact beam simulator for heavy-ion inertial fusion
3. 学会等名 10th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Kikuchi, Mayu Kitamura, Akie Inoue, Kazumasa Takahashi, Toru Sasaki, Kazuhiko Horioka, Ken Takayama
2. 発表標題 Longitudinal bunch compression in final stage of energy driver for inertial confinement fusion driven by cluster-ion beam
3. 学会等名 10th International Conference on Inertial Fusion Sciences and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 TAKASHI KIKUCHI, TAKUYA KOMORI, YASUO SAKAI, KAZUMASA TAKAHASHI, TORU SASAKI, KAZUHIKO HORIOKA
2. 発表標題 Beam Dynamics on Nonuniform Distribution of Applied Magnetic Flux Density in Compact Electron Beam Device for Heavy-Ion Inertial Fusion
3. 学会等名 10th Asia-Pacific International Symposium on the Basics and Applications of Plasma Technology (APSPT-10) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菊池崇志, 高橋一匡, 佐々木徹, 曾我之泰, 堀岡一彦, 高山健
2. 発表標題 巨大クラスタイオンビーム慣性核融合の最終段設計
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所 > 共同研究形式研究会プログラム「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその > 応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松田隆真、朴英樹、曾我之泰、高橋一匡、佐々木徹、菊池崇志
2. 発表標題 重イオン 慣性核融合のパルスビーム圧縮を模擬したMalmberg-Penningトラップ実験装置の 粒子挙動数値解析
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会プログラム「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菊池 崇志, 小森 拓弥, 酒井 泰雄, 堀岡 一彦, 高橋 一匡, 佐々木徹
2. 発表標題 重イオン慣性核融合の最終段パルス圧縮過程での非一様な印加磁束密度の影響
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高山健, 百合庸介, 川久保忠通
2. 発表標題 Giant Cluster Ion Inertial Fusion Driver設計概要
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Taufik, T. Adachi, M. Wake, and K. Takayama
2. 発表標題 Study of an Injector (Induction Microtron) for Giant Cluster Ion Inertial Fusion Driver
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡村勝也, 隈元大輝, 高山 健
2. 発表標題 大パワーSiC-MOSFET駆動の加速器用パルス電源
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 隈元大輝, 岡村勝也, 高山 健
2. 発表標題 13kV級高耐圧SiC-MOSFETを使用したパルス電圧発生方法の研究
3. 学会等名 平成29年度核融合科学研究所共同研究形式研究会「パルスパワーおよび高密度プラズマ生成とその応用」
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
研究分担者	菊池 崇志 (Kikuchi Takashi) (30375521)	長岡技術科学大学・工学研究科・准教授 (13102)	
研究分担者	長谷川 純 (Hasegawa Jun) (90302984)	東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授 (12608)	
研究協力者	安達 利一 (Adachi Toshikazu)		

6. 研究組織（つづき）

	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	川久保 忠通 (Kawakubo Tadamichi)		
研究協力者	岡村 勝也 (Okamura Katsuya)		
研究協力者	田吹 田吹 (Taufik Taufik)		
研究協力者	堀岡 一彦 (Horioka Kazuhiko)		
研究協力者	川田 重夫 (Kawata Shigeo)		
研究協力者	曾我 之泰 (Soga Yukiyasu)		
研究協力者	佐々木 徹 (Sasaki Toru)		
研究協力者	高橋 一匡 (Takahashi Kazumasa)		

6. 研究組織（つづき）

	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	百合 庸介 (Yuri Yosuke)		