

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 23 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24246152

研究課題名(和文) 立体磁気軸ステラレータ装置による先進ヘリカルシステムの基盤研究

研究課題名(英文) Basic research for advanced helical systems by a spatial axis stellarator

研究代表者

北島 純男 (KITAJIMA, Sumio)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30161475

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,000,000円

研究成果の概要(和文)：立体磁気軸ステラレータ型のヘリアック型装置により、電極バイアス法を利用して、プラズマの高ベータ化条件の最適化の調査研究をし、閉じ込め改善モード遷移の鍵となる磁場構造依存性について小型ヘリカル型装置東北大学ヘリアック装置と国内の装置を網羅して調査することに成功した。また、先進的小型ヘリカル装置において高エネルギーイオン(アルファ粒子)閉じ込めの最適化条件を調査する為の水素吸蔵電極バイアス法による高エネルギーイオン注入法を提案し、高エネルギーイオン注入条件を実験的に調査した。水素吸蔵電極によるイオン加速の可能性を示唆する実験結果を取得するのに成功した。

研究成果の概要(英文)：We surveyed the condition for high beta plasma production by an electrode biasing in the spatial axis stellarator (Tohoku University Heliac). We can obtain transition conditions for the improved confinement mode in helical systems and we can successfully summarize the dependence between configuration of magnetic fields and the poloidal viscosity at a local maximum in Tohoku University Heliac and domestic helical systems. And we also proposed the evaluation method for the confinement performance of high energy particles (alpha particle) in advanced small helical devices and surveyed the condition for high energy particle injection by the hydrogen storage electrode. The experimental result suggests that hydrogen ions were accelerated by the hydrogen storage electrode biasing.

研究分野：工学

キーワード：プラズマ・核融合 高エネルギーイオン閉じ込め 高ベータプラズマ

1. 研究開始当初の背景

現在、核融合炉を目指した炉形はトカマク型であり、工学的に単純な炉形である。核燃焼の為の実験装置としては最適な選択であり、国際熱核融合炉 ITER として準備が進められている。ITER により熱核融合炉のための知見を得ることが出来ると考えられる。しかし、トカマク型が商用核融合炉として成立するかどうかの鍵は、(1) 定常電流の確保が商業的に成り立つか？ (2) 圧力駆動型、電流駆動型不安定性の回避が商業的に成り立つか？ (3) ディスラプションの回避が商業的に成り立つか？ (4) 低アスペクト比型において中心ソレノイドコイルに中性子遮蔽が出来るか？ という問題に対して明確な回答を示せるかどうかである。一方、ステラレータ型（ヘリカル型）は定常電流を本質的に必要とせず、従って、電流駆動型不安定性は無い。また、プラズマの密度にトカマク型で報告されているような密度限界はなく、非常に高密度のプラズマが生成できる。さらに、核融合炉の運転で前提となっている H モード遷移に必要とする加熱パワーの閾値はステラレータ型ではトカマク型の半分ですむとの報告例もある。以上の項目を踏まえて、ステラレータ型装置による商用核融合炉の可能性についての研究は非常に重要であり、核融合研究を進める上で急務であると考ええる。ステラレータ型装置の中でも、特に、工学的に単純な先進的炉形は立体磁気軸ステラレータ型（ヘリアック型ステラレータ装置）である。本研究では、立体磁気軸ステラレータ型により、単純なコイル形による磁場配位で高ベータ化と良好なアルファ粒子閉じ込めの両立の可能性を創世するための基礎研究を進めることが独創的な点である。さらに、ステラレータ型装置において密度崩壊現象の研究を進めることによりトカマク型で発生する ELM 現象の緩和に寄与できるものと考ええる。

2. 研究の目的

立体磁気軸ステラレータ型のヘリアック型装置において、運転領域を拡大することにより立体磁気軸ステラレータ型の磁場配位での最適化の調査研究をする。最適化の条件は、プラズマの高ベータ化である。また、高エネルギーイオン（アルファ粒子）閉じ込めを先進的小型ヘリカル装置で実施する為の手法を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、主に立体磁気軸系プラズマ閉じ込め装置である東北大学ヘリアック装置を使用して実験的研究を行うものである。ヘリアック型装置は単純な円形コイルだけで構成された3種類の各コイル間の電流比の自由度で配位に対する自由度は確保することが出来る特徴を有するステラレータ型磁場閉じ込め装置である。本研究は次のような項目に従って進めた。

- (1) 本学で開発された電極バイアス法を利用して、アルファ粒子閉じ込め性能の原理検証実験用のターゲットプラズマ生成の為に、閉じ込め改善モードへの遷移条件を実験的に調査し、高ベータ化する。
- (2) アルファ粒子閉じ込め性能の検証実験用に、水素吸蔵電極による逆電圧電極バイアス法を利用し、高エネルギーイオン注入条件を実験的に調査する。
- (3) 水素吸蔵電極による逆電圧電極バイアス法を利用した高エネルギー粒子（アルファ粒子模擬）閉じ込め性能の原理検証実験を行う為の単純化した磁場構造のターゲットプラズマ生成を行う。
- (4) 高磁場下での電極バイアス法の健全性、有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 本学で開発された電子注入式電極バイアス法、水素吸蔵電極による電極バイアス法を利用して、小型ヘリカル型装置の閉じ込め性能の向上（高ベータ化）を目指した。そのためには閉じ込め改善モードへの遷移条件を実験的に明らかにする必要があり、下記の様な成果が得られた。

- ① 閉じ込め改善モード時の密度崩壊とそれに伴う密度揺動との関係が世界で初めて小型ヘリカル型装置で明らかとなった。これは、トカマク型で発生する ELM 現象の理解に繋がる研究成果である。[論文 2]
- ② 閉じ込め改善モード時のイオン温度を分光法を用いて小型ヘリカル型装置で計測し、世界で例のない低温度での計測に成功した。イオン温度は電極バイアス時も低下しない事が明らかとなった。[論文 3]
- ③ 閉じ込め改善モード時の磁気揺動を高感度に計測するシステムの開発に成功し、その手法を提案した。[論文 4]
- ④ 放電で多数回閉じ込め改善モードへ遷移するバイアス条件が取得でき、この多数回遷移を利用して、閉じ込め改善モードへの遷移条件の高精度抽出法を提案し、遷移条件の高精度抽出に成功した。[論文 7]
- ⑤ 閉じ込め改善モードへの遷移条件の磁場構造依存性について世界で初めて調査整理

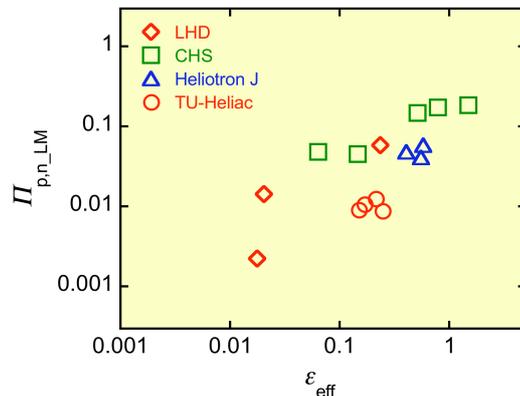


図1 ϵ_{eff} とポロイダル粘性との関係

する事に成功し、国内外の会議、学会で招待講演を行った。図1に示すように、磁場の特徴的な構造を示す指標 ϵ_{eff} と閉じ込め改善モード遷移の鍵となるプラズマのポロイダル粘性との関係を小型ヘリカル型装置東北大学ヘリアック装置と国内の装置を網羅して調査することが出来た。[招待講演 1, 8]

以上より、閉じ込め改善モードへの遷移条件を実験的に調査することにより、先進的小型ヘリカル型装置の高ベータターゲットプラズマ生成条件を取得できた。

(2) アルファ粒子閉じ込め性能の検証実験用に、水素吸蔵電極による逆電圧電極バイアス法を利用した高エネルギーイオン注入条件の実験的調査では下記の様な成果が得られた。

①アルファ粒子閉じ込め性能の原理検証実験用に、水素吸蔵電極による逆電圧電極バイアス法を利用し、高エネルギーイオン注入条件を実験的に調査した。図2(b)のように電極バイアス電圧 V_E をスロープ状に印加すると電極バイアス電圧 V_E がプラズマのポテンシャル V_s より高くなる時間帯 ($t > 5.5$ ms) で、プラズマの電子密度 n_e (図2(a)) がほぼ一定の値を維持しているにも関わらず、図2(c)から明らかなように水素の $H\alpha$ 光が増加する事が解る。これは、電極から水素が放出された事を示している。従って、水素吸蔵電極によるイオン加速の可能性を示唆する実験結果を取得する事に成功した。[論文 5, 6]

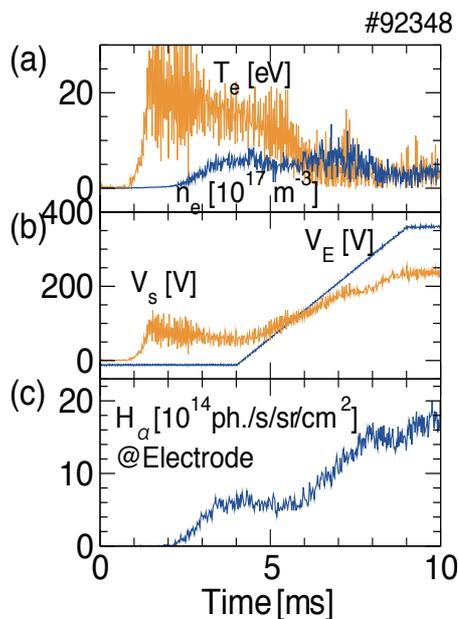


図2 電極バイアス時の(a)電子温度 T_e 、電子密度 n_e 、(b)電極電圧 V_E 、空間電位 V_s 、(c) $H\alpha$ 光の典型的な時間発展波形

②水素吸蔵電極表面上に現れるスポット状の輝点の詳細を調査する事が出来た。[論文

5、国際学会発表 11]

以上により、小型ヘリカル型装置でアルファ粒子閉じ込め模擬の為の高エネルギーイオン注入実験法の可能性を示す事が出来た。

(3) 水素吸蔵電極による逆電圧電極バイアス法を利用した高エネルギー粒子（アルファ粒子模擬）閉じ込め性能の原理検証実験を行う為の単純化した磁場構造のターゲットプラズマ生成実験では、下記の様な成果が得られた。

①小型閉じ込め装置と同等の温度、密度を持つ、単純化した磁場構造のターゲットプラズマを ECH プラズマ生成部と強磁場部とに分けて生成することに成功した。[国際学会発表 24]

②ターゲットプラズマの温度密度分布が古典的な輸送と磁場構造により説明できる事が解った。[学会発表 28]

以上より、小型閉じ込め装置と同等の温度、密度を持つ、ターゲットプラズマを使って、水素吸蔵電極による注入イオンのエネルギー分布直接計測が可能となった。

(4) 高磁場下での適用性の検証

高磁場、高温プラズマ中でのカーボン製電極によるバイアス実験に成功し、高磁場、高温プラズマ中でも水素吸蔵電極と同等なカーボン製電極でバイアス実験を安全に行う事が出来る事を検証する事に成功した。[論文 1, 7]

以上の本研究により、立体磁気軸ステラレータ型のヘリアック型装置を用いて、電極バイアス法を利用し、プラズマの高ベータ化条件の最適化に必要な閉じ込め改善モード遷移条件について計測手法の高度化により実験的に調査を進め、最終的に小型ヘリカル型装置および国内の装置を網羅して世界で初めて閉じ込め改善モード遷移条件について調査することに成功した。また、トカマク装置で観測される ELM 現象の物理的理解に繋がる実験結果を小型ヘリカル型装置において世界で初めて調査することが出来た。さらに、先進的小型ヘリカル装置において高エネルギーイオン（アルファ粒子）閉じ込めの最適化条件を調査する為の水素吸蔵電極バイアス法による高エネルギーイオン注入法を提案し、実験的に調査することに成功した。本研究で得られた各種条件、本研究で得られた提案手法を用いて、小型のヘリカル型装置を用いても、大型閉じ込め装置、中型閉じ込め装置と同等な先進的ヘリカル装置の物理研究を進展させる事が出来る展望を本研究により開く事が出来た。これは商用核融合炉を開発する上で戦略的に重要なことである。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ①. S. Kitajima, H. Takahashi, K. Ishii, Y. Sato, M. Kanno, J. Tachibana, A. Okamoto, M. Sasao, S. Inagaki, M. Takayama, S. Masuzaki, M. Shoji, N. Ashikawa, M. Tokitani, M. Yokoyama, Y. Suzuki, S. Satake, T. Ido, A. Shimizu, C. Suzuki, Y. Nagayama, T. Tokuzawa, K. Nishimura, T. Morisaki and the LHD Experiment Group Transition of poloidal viscosity by electrode biasing in the Large Helical Device 2014 *Nucl. Fusion* 53 073014-1 -6 DOI:10.1088/0029-5515/53/7/073014 査読有
- ②. Koike, Satoshi; Kitajima, Sumio; Okamoto, Atsushi; Ishii, Keiichi; Sato, Yu; Tachibana, Jo; Oku, Toshihiro; Shimizu, Kosuke; Inagaki, Shigeru; Suzuki, Yasuhiro; Takahashi, Hiromi; Takayama, Masakazu Bursting high frequency fluctuation observed in biased plasma on TU-Heliac 2014 *Nucl. Fusion* 54 114013 DOI: 10.1088/0029-5515/54/11/114013 査読有
- ③. Toshihiro OKU, Sumio KITAJIMA, Keiichi ISHII, Yu SATO, Jo TACHIBANA, Satoshi KOIKE, Kosuke SHIMIZU, Atsushi OKAMOTO, Hiromi TAKAHASHI, Masakazu TAKAYAMA and Shigeru INAGAKI Direct Measurement of Ion Temperature and Poloidal Rotation Velocity with Doppler Spectroscopy during Bifurcation in Tohoku University Helic Plasma and Fusion Research Volume 9, 3402051 (2014) DOI: 10.1585/pfr.9.3402051 査読有
- ④. Satoshi KOIKE, Sumio KITAJIMA, Atsushi OKAMOTO, Keiichi ISHII, Yu SATO, Jo TACHIBANA, Toshihiro OKU, Kosuke SHIMIZU, Shigeru INAGAKI, Yasuhiro SUZUKI, Hiromi TAKAHASHI and Masakazu TAKAYAMA Development of a High CMRR Magnetic Probe for the Biased Plasma in TU-Heliac Plasma and Fusion Research Volume 9, 1202053 (2014) DOI: 10.1585/pfr.9.1202053 査読有
- ⑤. A. Okamoto, T. Oku, S. Koike, Y. Sato, K. Ishii, and S. Kitajima Development of in situ energetic ion injector for magnetically confined plasmas using hydrogen storage electrode *Review of Scientific Instruments* 85 02B302-1 -3 (2014) <http://dx.doi.org/10.1063/1.4825162> 査読有
- ⑥. N. Tanaka, S. Kato, T. Miyamoto, M. Nishiura, K. Tsumori, Y. Matsumoto, T.

Kenmotsu, A. Okamoto, S. Kitajima, M. Sasao, M. Wada, and H. Yamaoka Effects of roughness and temperature on low-energy hydrogen positive and negative ion reflection from silicon and carbon surfaces *Review of Scientific Instruments* 85 02C311-1 -4 (2014) <http://dx.doi.org/10.1063/1.4855455> 査読有

- ⑦. Shimizu, S. Kitajima, A. Okamoto, Y. Sato, J. Tachibana, T. Oku, M. Takayama, F. Sano, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kado, S. Kobayashi, S. Yamamoto, S. Ohshima, Y. Suzuki, M. Yokoyama and H. Takahashi Observation of Intermittent Transition by Electrode Biasing in Heliotron J Plasma and Fusion Research Volume 10, 3402061 (2015) DOI: 10.1585/pfr.10.3402061 査読有

[学会発表] (計 28 件)

- ①. 北島純男 他 ヘリカル装置における電極バイアスによる閉じ込め改善モード遷移に対する磁場リップル構造依存性 プラズマ・核融合学会第 29 回年会 (招待講演) 2012 年 11 月 27 日~2012 年 11 月 30 日 クローバープラザ 福岡
- ②. 石井啓一 北島純男 他 東北大学ヘリアック装置におけるドップラー分光法を用いたポロイダルフロー分布計測 プラズマ・核融合学会第 29 回年会 (招待講演) 2012 年 11 月 27 日~2012 年 11 月 30 日 クローバープラザ 福岡
- ③. 石井啓一 北島純男 他 東北大学ヘリアック装置における閉じ込め改善モード遷移研究のためのドップラー分光計測 日本物理学会第68回年次大会 2013年3月26日~2013年3月29日 広島大学 東広島キャンパス 東広島
- ④. 佐藤優 北島純男 他 東北大学ヘリアック装置における多点マッハプローブによる電極バイアスプラズマ中のポロイダルフロー速度計測 日本物理学会第68回年次大会 2013年3月26日~2013年3月29日 広島大学 東広島キャンパス 東広島
- ⑤. 小池都司 北島純男 他 東北大学ヘリアック装置における電極バイアスプラズマの高感度磁気プローブを用いた磁場揺動計測 日本物理学会第 68 回年次大会 2013 年 3 月 26 日~2013 年 3 月 29 日 広島大学 東広島キャンパス 東広島
- ⑥. T. Oku, S. Kitajima, K. Ishii, Y. Sato, J. Tachibana, S. Koike, K. Shimizu, A. Okamoto, M. Takayama, S. Inagaki Bifurcation Phenomena in Poloidal Rotation in Tohoku University Helic 23rd International Toki Conference 2013 年 11 月 18 日~2013 年 11 月 21 日

- Ceratopia Toki, Toki, Japan
- ⑦. S. Koike, S. Kitajima, A. Okamoto, et al. Magnetic fluctuation measurement of biased plasma using high sensitive magnetic probe in TU-Heliac 14th International Workshop on H-mode Physics and Transport Barriers 2013年10月1日～2013年10月3日 Kyushu University, Kasuga, Japan
- ⑧. H. Takahashi, S. Kitajima, H. Utoh, et al. Study of transition phenomena based on poloidal ion viscosity using a biasing electrode in helical system 19th Int. Stellarator-Heliotron Workshop and 16th International RFP Workshop (招待講演) 2013年9月16日～2013年9月20日 Padova, Italy
- ⑨. S. Kitajima, A. Okamoto, K. Ishii, et al. Electrode Biasing Experiment in Tohoku University Heliac 19th Int. Stellarator-Heliotron Workshop and 16th International RFP Workshop 2013年9月16日～2013年9月20日 Padova, Italy
- ⑩. Y. Sato, S. Kitajima, K. Ishii, et al. Experimental Study of Interaction between Magnetic Island and Poloidal Flow in TU-Heliac 19th Int. Stellarator-Heliotron Workshop and 16th International RFP Workshop 2013年9月16日～2013年9月20日 Padova, Italy
- ⑪. Okamoto, T. Oku, S. Koike, Y. Sato, K. Ishii, and S. Kitajima Development of In-Situ Energetic Ion Injector for Magnetically Confined Plasmas using Hydrogen Storage Electrode 15th International Conference on Ion Sources 2013年9月09日～2013年9月13日 Makuhari Messe International Convention Complex, Chiba, Japan
- ⑫. Nozomi Tanaka, Shuichi Kato, Takahiro Miyamoto, Masaki Nishiura, Katsuyoshi Tsumori, Yoshikatsu Matsumoto, Takahiro. Kenmotsu, Atsushi Okamoto, Sumio Kitajima, Motoi Wada, Mamiko Sasao, and Hitoshi Yamaoka Effects of Roughness and Temperature on Low-energy Hydrogen Ion Reflection from Silicon and Graphite Surfaces 15th International Conference on Ion Sources 2013年9月9日～2013年9月13日 Makuhari Messe International Convention Complex, Chiba, Japan
- ⑬. 佐藤優, 北島純男, 石井啓一, 小池都司, 奥俊博, 岡本敦, 高山正和, 鈴木康浩, 横山雅之, 稲垣滋, 西村清彦, 高橋裕己 東北大学ヘリアック装置における磁気島とポロイダルフローの相互作用 日本物理学会第69回年次大会 2014年3月27日～2014年3月30日 東海大学 湘南キャンパス、平塚
- ⑭. 小池都司, 石井啓一, 清水洗佑, 稲垣滋, 佐藤優, 立花丈, 奥俊博, 鈴木康浩, 高橋裕己, 高山正和, 岡本敦, 北島純男 東北大学ヘリアック装置における電極バイアスプラズマ中での間欠的高周波揺動現象 日本物理学会第69回年次大会 2014年3月27日～2014年3月30日 東海大学 湘南キャンパス、平塚
- ⑮. 石井啓一, 奥俊博, 岡本敦, 佐藤優, 小池都司, 清水洗佑, 立花丈, 稲垣滋, 高橋裕己, 鈴木康浩, 横山雅之, 高山正和, 北島純男 東北大学ヘリアック装置におけるドップラー分光法を用いた閉じ込め改善モード遷移条件の調査 日本物理学会第69回年次大会 2014年3月27日～2014年3月30日 東海大学 湘南キャンパス、平塚
- ⑯. Okamoto, K. Shimizu, T. Oku, Y. Sato, S. Kitajima Electrode positive biasing experiment for ion acceleration study 24th International Toki Conference 2014年10月4日～2014年10月7日 Ceratopia Toki, Toki, Japan
- ⑰. K. Shimizu, S. Kitajima, A. Okamoto, Y. Sato, J. Tachibana, T. Oku, M. Takayama, F. Sano, T. Mizuuchi, K. Nagasaki, H. Okada, S. Kadob, S. Kobayashi, S. Yamamoto, S. Ohshima, Y. Suzuki, M. Yokoyama, H. Takahashi Observation of Intermittent Transition by Electrode Biasing in Heliotron J 24th International Toki Conference 2014年10月4日～2014年10月7日 Ceratopia Toki, Toki, Japan
- ⑱. 岡本敦, 清水洗佑, 奥俊博, 佐藤優, 板山晋, 坪田慎平, 立花丈, 北島純男 水素吸蔵金属を用いた高エネルギーイオン注入法の原理検証実験 日本物理学会第70回年次大会 2015年03月21日～2015年03月24日早稲田大学、東京
- ⑲. 奥俊博, 北島純男, 岡本敦, 佐藤優, 清水洗佑, 立花丈, 稲垣滋, 高橋裕己, 鈴木康浩, 横山雅之, 高山正和 東北大学ヘリアック装置におけるドップラー分光法を用いたイオン粘性の評価 日本物理学会 第70回年次大会 2015年3月21日～2015年3月24日早稲田大学、東京
- ⑳. 坪田慎平, 板山晋, 岡本敦, 北島純男 高エネルギーイオン注入法の原理検証に向けたターゲットプラズマ開発 日本物理学会(領域2)2014年秋季大会/応用物理学会第32回プラズマプロセッシング研究会/プラズマ・核融合学会第31回年会 2014年11月18日～2014年11月21日 朱鷺メッセ、新潟
- ㉑. 岡本敦, 清水洗佑, 坪田慎平, 奥俊博, 小池都司, 佐藤優, 石井啓一, 北島純男 小型環状装置における高エネルギーイオン閉じ込め実験のためのバイアス型イオン注入法の開発 第10回核融合エネルギー連合講演会 2014年6月19日～

- 2014年6月20日 つくば国際会議場, つくば
- ②② 清水洗佑, 小池都司, 石井啓一, 佐藤優, 奥俊博, 立花丈, 岡本敦, 北島純男 東北大学ヘリアック装置における揺動の相関解析 第10回核融合エネルギー連合講演会 2014年6月19日~2014年6月20日 つくば国際会議場, つくば
- ②③ 佐藤優, 北島純男, 奥俊博, 清水洗佑, 岡本敦, 高山正和, 鈴木康浩, 横山雅之, 稲垣滋, 西村清彦, 高橋裕己 東北大学ヘリアック装置におけるポロイダルフローと磁気島の相互作用第10回核融合エネルギー連合講演会 2014年6月19日~2014年6月20日 つくば国際会議場, つくば
- ②④ S. Tsubota, A. Okamoto, K. Shimizu, D. Nakamura, T. Kobayashi, H. Takahashi, S. Kitajima Development of linear plasma device for proof of principle of energetic ion injection 25th International Toki Conference (国際学会) 2015年11月3日~2015年11月6日 Ceratopia Toki, Toki, Japan
- ②⑤ 清水洗佑, 北島純男, 立花丈, 岡本敦, 高山正和, 佐野史道, 水内亨, 長崎百伸, 岡田浩之, 門信一郎, 南貴司, 小林進二, 山本聡, 大島慎介, G. Wir, 鈴木康浩, 横山雅之, 高橋裕己 ヘリオトロンJ装置における電極バイアス実験による間欠的な遷移現象の観測 日本物理学会秋季大会 2015年9月16日~2015年9月19日 関西大学 千里山キャンパス 大阪
- ②⑥ 岡本敦, 北島純男, 先砥達也, 下岡祐介, 伊藤宏真, 杉岡諒一, 村岡賢治, 安田幸平, 横山亮磨, 有本英樹, 藤田隆明 イオン温度揺動計測のための高速ドップラー計測分光器開発 第32回プラズマ・核融合学会 年会 2015年11月24日~2015年11月27日 名古屋大学 東山キャンパス 名古屋
- ②⑦ 清水洗佑, 北島純男, 坪田慎平, 立花丈, 中村大樹, 三浦隆嗣, 岡本敦, 高橋宏幸, 高山正和, 佐野史道, 水内亨, 長崎百伸, 岡田浩之, 門信一郎, 南貴司, 小林進二, 山本聡, 大島慎介, G. Wir, 鈴木康浩, 横山雅之, 高橋裕己 ヘリオトロンJ装置における電極バイアス実験による間欠的な遷移現象に伴ったプラズマ揺動の解析 日本物理学会 第71回年次大会 2016年3月19日~2016年3月22日 東北学院大学 泉キャンパス 仙台
- ②⑧ 坪田慎平, 岡本敦, 小林鷹彦, 中村大樹, 高橋宏幸, 北島純男 水素吸蔵電極を用いた高エネルギーイオン注入法の原理検証実験に向けた装置開発 日本物理学会 第71回年次大会 2016年3月19日~2016年3月22日 東北学院大学 泉キャンパス 仙台

6. 研究組織

(1)研究代表者

北島 純男 (KITAJIMA Sumio)

東北大学・工学研究科・准教授

研究者番号：30161475

(2)研究分担者

岡本 敦 (OKAMOTO Atsushi)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50396793

谷池 晃 (TANIIKE Akira)

神戸大学・海洋科学研究科・准教授

研究者番号：50283916

(3)研究協力者

磯部 光孝 (ISOBE Mitsutaka)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：00300731

高橋 裕己 (TAKAHASHI Hiromi)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教

研究者番号：00462193

高橋 宏幸 (TAKAHASHI Hiroyuki)

東北大学・工学研究科・助教

研究者番号：30768982