

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2023

課題番号：18K03593

研究課題名(和文) 金属壁を持つ核融合炉でのエッジローカライズモード抑制に関する研究

研究課題名(英文) Research for ELM suppression in fusion reactors with metallic wall

研究代表者

相羽 信行 (AIBA, NOBUYUKI)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・那珂研究所 先進プラズマ研究部・グループリーダー

研究者番号：20414584

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：研究代表者が開発した線形拡張電磁流体不安定性解析コードを改良し、これを用いて「閉じ込め改善運転モードで発生する周辺局在不安定性(エッジローカライズモード)の抑制」を実現する運転モードであるQH-modeが得られる運転領域を世界で初めて同定した。また、同領域の拡大には「速いプラズマ回転」と「高いプラズマイオン温度」が重要であることを明らかにし、金属壁を持つ核融合炉でも、既存実験装置と同程度の回転速度とイオン温度が維持できればQH-modeによるエッジローカライズモードが抑制された高閉じ込め運転が実現していることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究での成果は、研究代表者らが独自に開発した数値解析コードを用いて、本研究期間の初期に従来の理解を覆す物理的性質、具体的にはQH-modeプラズマにおける周辺局在電磁流体不安定性はプラズマ回転により不安定化されるという従来の理解は、イオン反磁性ドリフト効果と呼ばれる別の物理効果を考慮した場合には正しくなく、むしろ回転は安定化に寄与するという発見からもたらされた。このような発見から、QH-modeによるトカマク型核融合炉の実現に必要なプラズマ条件を同定できたことの学術的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The linear extended magnetohydrodynamic instability analysis code developed by the principal investigator has been improved and used to experimentally identify the operation regime of the QH-mode, an operation mode that realizes suppression of edge localized modes (ELMs) that occur in the improved confinement operation mode (H-mode). The researchers also clarified that "fast plasma rotation" and "high plasma ion temperature" are important for expanding the QH-mode operation regime, and showed that the QH-mode can be realized in a fusion reactor with a metal wall if the high rotation speed and high ion temperature are maintained at the same level as those in existing experimental devices.

研究分野：磁場閉じ込め核融合プラズマ

キーワード：QH-mode 拡張MHDモデル プラズマ回転 エッジローカライズモード トカマク

### 1. 研究開始当初の背景

トカマクプラズマによる磁場閉じ込め核融合炉では、核融合熱出力および閉じ込め性能の観点から高閉じ込め運転 (Hモード) が有望視され、ITER での標準運転モードとされる。この Hモードでは、エッジローカライズドモード (ELM) により表面付近の高閉じ込め領域 (ペDESTアル) が間欠的に崩壊する現象がしばしば観測される。ITER や原型炉等の大型核融合炉では、振幅の大きい ELM による熱・粒子放出量が多く、ダイバータ等への熱負荷の増大が懸念されている。そのため、この ELM による熱・粒子放出量を減少 (ELM を抑制・小振幅化) させる方法の確立は、現在の炉心プラズマ研究開発における最大の課題である。

ELM を抑制・小振幅化する 1 つの方法は、そのように ELM の影響が緩和された状態でプラズマ分布が自発的に維持される運転を行うことであり、国内外の多くの装置でこのような運転領域を開拓する研究が進められている。しかし、その運転領域の多くは、ペDESTアル領域でプラズマ密度が高く、温度が低いことが必要条件となっており、ITER や原型炉、将来の発電炉で想定されている高温・低密度のプラズマで実現する可能性は低い [N. Oyama, J. Phys.: Conf. Ser. 123, 012002 (2008)] (図 1)。

この核融合炉相当のプラズマパラメータにおいて、ELM 抑制・小振幅化の見通しを最も得ている運転領域が米国 DIII-D 装置で初めて観測された QH-mode であり、その後国内外複数の装置でも実現している。QH-mode では、エッジハーモニクオシレーション (EHO) と呼ばれる、MHD モードがプラズマ表面近傍で発生・飽和して生じる高調波振動により、少ない熱・粒子が定常的に放出されて高閉じ込め性能と ELM 抑制が両立する [A. Garofalo Phys. Plasmas 22, 056116 (2015)]。さらに、核融合反応で生じるヘリウム灰も EHO による排気が可能である。

このように、QH-mode は理想的な運転領域であるが、ITER や原型炉での実現には課題も存在する。QH-mode は EHO の原因であるキンク・ピーリングモードと呼ばれる MHD モードが臨界安定状態にあるプラズマで、強い回転シアが生じた場合に同モードが不安定化して実現する。この回転シアはプラズマ表面ごく近傍にのみ存在すればよいから、原型炉等の大型炉でも実現する見込みはあるが、最大の課題は必要な回転シアの閾値が未解明なことである。また、QH-mode はプラズマを囲む真空容器が炭素タイルで覆われた実験装置でのみ観測され、ITER や原型炉等で想定されるような金属壁を持つ既存装置では未達成なことも大きな課題である。そのため、ITER や原型炉等での ELM 抑制を QH-mode 運転で実現するには、EHO の原因である MHD モードの安定性に対する回転 (シア) や壁からの不純物等の影響を自己無撞着に考慮した理論・シミュレーション研究により、同運転実験データを用いた定量解析や金属不純物の影響評価等を行い、QH-mode 物理を詳細に解明することで、ITER・原型炉等での同運転実現方法の検討を行うことが不可欠である。

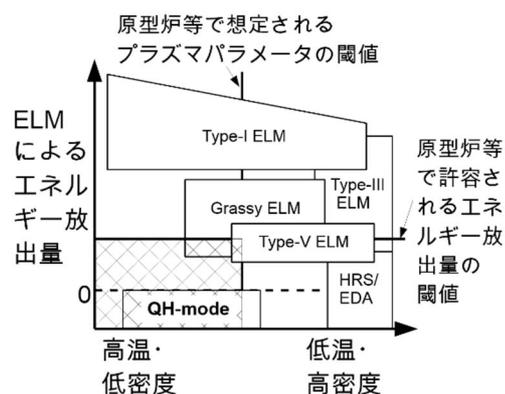


図 1: ELM のエネルギー放出量とプラズマパラメータ (温度・密度) の関係図。様々な運転モードがあるが、図中でハッチされた "原型炉で想定・許容される領域" には QH-mode が最も適合している。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、QH-mode の鍵である EHO を発生させる MHD モードに対する "プラズマ回転 (シア)" および "不純物" の影響を評価できる物理モデルを考案、数値解析コードを開発し、これらの影響が EHO 発生条件を変化させる物理機構を数値的に解明することで、ITER や原型炉等での ELM 抑制運転の実現に貢献することである。

### 3. 研究の方法

研究代表者は、これまでに回転を考慮した MHD 安定性解析が可能な線形拡張 MHD 安定性解析コード MINERVA-DI を開発しており、ELM 安定性解析等で多くの研究成果を上げている。また、不純物がプラズマ回転分布に与える影響は、新古典輸送理論に基づいて回転分布を評価する計算コード CHARROT を研究分担者が開発している。そこで本研究では、MINERVA-DI は CHARROT が評価した回転分布および粒子種の変更に伴うプラズマ質量の影響を考慮した計算を可能にし、回転・不純物の影響を同時に考慮した MHD 安定性解析を実現し、これを用いて QH-mode 実験の定量的な数値解析等を進めることで、上記目的の達成に資する。

#### 4. 研究成果

平成 30 年度は、研究代表者が開発したプラズマ回転およびイオン反磁性ドリフト効果を考慮した拡張 MHD 安定性解析コード MINERVA-DI において、不純物による線放射などの影響でイオン温度と電子温度が異なる状況においてこの違いが MHD 安定性に与える影響を考慮するためのモデル拡張およびコード開発を行った。その後、同コードを用いて、米国 DIII-D 装置における ELM 抑制運転時の MHD 安定性について数値解析を行った。これまでの理解では、同運転時にはプラズマ電流を主因として発生する MHD モード(ピーリングモード)が臨界安定状態にあり、これがプラズマ回転によって不安定化効果を受けることで周辺高調波振動 (Edge Harmonic Oscillation: EHO) が発生しているとされていた。しかし、今回の解析結果では、確かにピーリングモードが臨界安定状態にはあるものの、回転およびイオン反磁性ドリフト効果を同時に考慮した場合には同モードは回転によってむしろ安定化効果を受けることを明らかにした。図 2 はその一例を示しており、周辺ペDESTAL 領域の MHD 安定性解析結果を整理した安定性図を示している。上図は、イオン反磁性ドリフト効果を考慮していない(理想 MHD モデル) 場合の解析結果を示しているが、回転を考慮していない場合の安定限界線(赤)に比べて、考慮した場合の同線(緑)は限界線上の最大圧力勾配および最大電流密度量が少なく、つまり MHD モードが不安定化していることが分かる。これに対して、イオン反磁性ドリフト効果を考慮した場合(図 2 下図)、回転を考慮した場合の安定限界線(橙)は回転を考慮していない場合(青)に比べて最大電流密度量が高いところにあり、電流駆動型 MHD モード(ピーリングモード)が回転によって安定化されていることが分かる。

令和元年度は、この安定化の原因について解析を進め、その結果、プラズマ回転とイオン反磁性ドリフト効果が相互作用を起こすことで、回転が持つ MHD モードの不安定効果である動圧が変化し、逆に安定化に寄与することを明らかにした。さらに、この相互作用はプラズマ回転の向きによって安定化・不安定化どちらに作用するかが決まることを示し、実際にプラズマ回転の向きを反転させた場合には回転およびイオン反磁性ドリフト効果を同時に考慮してもピーリングモードは不安定化することを明らかにした。これらの結果は、第 17 回 H-mode と輸送障壁に関する国際ワークショップにおいて発表すると共に、これをまとめた論文を Nuclear Fusion 誌に投稿・受理された。

令和 2 年度は、米国 DIII-D 装置における ELM 抑制運転 (QH-mode) 時の MHD 安定性について数値解析を継続するとともに、JT-60 装置における QH-mode 時の MHD 安定性についての解析を行った。上記のように本研究課題を進めることで明らかにできた MHD 安定性とプラズマ回転・イオン反磁性ドリフトの相互作用に関する傾向が、複数の DIII-D および JT-60 における QH-mode でも同様であるかを評価した結果、すべての放電・装置において「QH-mode プラズマでは、イオン反磁性ドリフト効果を考慮した場合にはプラズマ回転はピーリングモードを安定化させる」ことを明らかにした。

令和 3 年度は、この安定化を引き起こすプラズマ回転として、昨年度までの解析で用いていた実験時に計測された不純物(炭素)イオンの回転ではなく、同回転およびイオン反磁性ドリフトにより生じる径電場は燃料(重水素)イオンにおいても同様であるという仮定を用いて、燃料・不純物両イオンの回転を考慮して見積もった一流体回転の影響について解析を行った。その結果、不純物イオンの回転を考慮した場合に比べて一流体回転を考慮した場合には安定化効果がより強く表れることを明らかにした。この傾向は、解析対象とした JT-60 の 1 放電および DIII-D の 3 放電のいずれにおいても同様であり、さらに同回転を考慮した計算で不安定になり得る MHD モードの波長は実験で観測された EHO の最も振幅の大きい磁場揺動の波長と一致することが確認できた。これらの結果は一流体回転が QH-mode の MHD 安定性・EHO 発生条件に重要な影響を与えることを示しており、本成果をまとめた論文が Nuclear Fusion 誌に掲載された。

令和 4 年度の解析は、上記のこれまでに得られた理解を基に、ELM が発生した ELMy H-mode 放

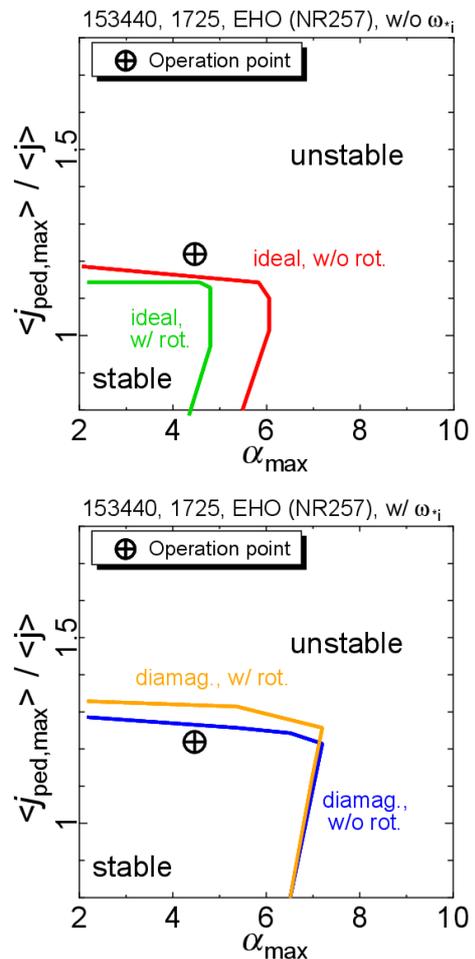


図 2 : DIII-D 装置の QH-mode 放電における周辺 MHD 安定性図(横軸・縦軸はペDESTAL 領域の最大圧力勾配・最大電流密度)。上図(下図)はイオン反磁性ドリフト効果を考慮していない(考慮した)場合の結果を示す。

電と発生しない QH-mode 放電の 2 つの条件における MHD 安定性解析を行った。その結果、QH-mode では EHO の原因となる K/PM、ELMy H-mode では ELM の原因となるピーリング・バルーニングモード (PBM) が不安定であることを確認した。次に、「イオン温度、電子密度分布の違い」、「圧力ペDESTAL分布の位置の違い」に着目して、MHD 安定性に対するこれらの影響について評価した。その結果、主にイオン温度が高いほど PBM が安定化されること、圧力ペDESTALの位置がプラズマ表面に近づくほど K/PM が不安定化されることを明らかにした。実際に、QH-mode は ELMy H-mode に比べて「ペDESTALイオン温度が約 2 倍」、「圧力ペDESTALがプラズマ表面に近い」分布を持っていたため ELM は発生しづらく EHO が発生しやすい状況であることを明らかにした。本成果は、JT-60SA や ITER、原型炉において QH-mode 運転を行うためのプラズマ分布制御に指針を示したものであり、結果をまとめた論文が Nuclear Fusion 誌に掲載された。

令和 5 年度の解析は、これまでの理解を総合的に踏まえて、QH-mode 状態が得られる運転領域の同定を目的として、DIII-D 装置での実験結果の数値解析を実施した。この実験では、QH-mode 状態となったプラズマにおいて回転速度を減少させて ELM が発生する状態に一旦遷移させたのちに回転を再び増加させることで QH-mode 状態が回復しており、解析は最初の QH-mode、ELM 発生時および 2 回目の QH-mode のそれぞれの状態に対して行った。その結果、MHD モードの安定性解析結果を示す安定性図において、高いイオン温度と速いプラズマ回転により、回転を考慮しない場合には安定であった MHD モードが安定化された領域が存在し、この領域内にプラズマの運転点が維持されることで QH-mode が実現していることを初めて定量的に示した。この結果により、上記の領域が QH-mode の運転領域であることを同定することができた(図 3)。この「QH-mode 運転領域」が広く得られることは QH-mode の実現に不可欠であり、例えば、令和 4 年度に明らかにした「圧力ペDESTALが表面近傍に存在すると QH-mode が得られやすい」という条件を満たしていても、イオン温度や回転速度の低下により同運転領域が狭くなり、プラズマ運転点がこの領域外に出た場合には ELM が発生することを示した。また、このように「QH-mode 運転領域の同定」に世界で初めて成功したことから、QH-mode 放電の実験結果を用いて、不純物種を既存装置で仮定している炭素から原型炉等で想定されるタングステンに変更して回転分布などを再評価した解析を行った。その結果、今回の解析のように高いイオン温度が維持できれば、不純物種が変わっても QH-mode 運転領域は広く維持できうることを示した。これらの成果は、第 29 回 IAEA 核融合エネルギー会議において口頭発表に選出されるなど高く評価された。

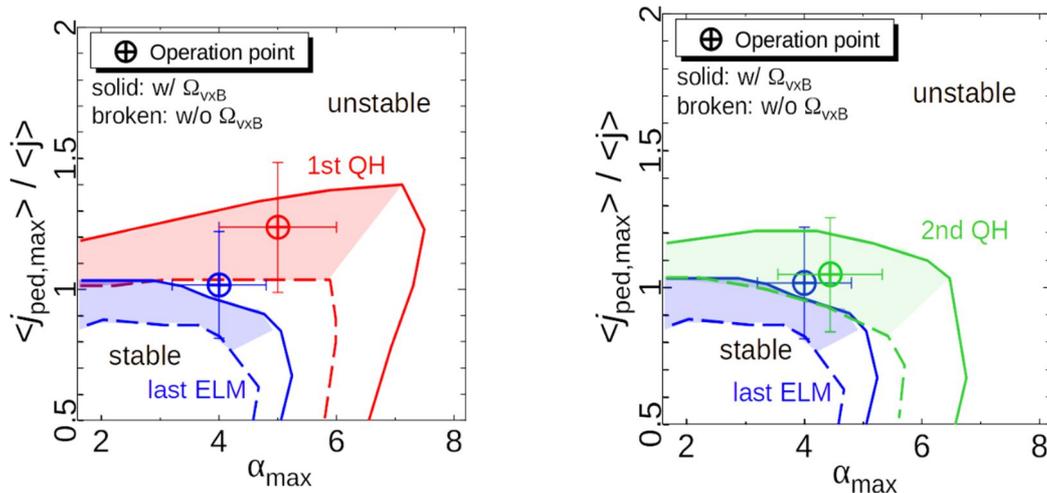


図 3 :DIII-D 装置での QH-mode 放電の異なる時間での安定性図の比較 (QH-mode => ELMy H-mode => QH-mode と変化)。右図中の色付けした領域が QH-mode 運転領域。(左) 放電初期の QH-mode と ELMy H-mode、(右) 放電後期の QH-mode と ELMy H-mode の比較。いずれの場合も、QH-mode では同領域内にプラズマ運転点が存在するが、ELMy H-mode ではこの領域を外れて MHD 不安定な領域に存在することが分かる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Aiba N., Chen X., Osborne T.H., Burrell K.H.	4. 巻 63
2. 論文標題 Comparison of MHD stability properties between QH-mode and ELMy H-mode plasmas by considering plasma rotation and ion diamagnetic drift effects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 042001 ~ 042001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/acbc35	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 Aiba N., Chen X., Kamiya K., Honda M., Osborne T.H., Burrell K.H., Snyder P.B.	4. 巻 61
2. 論文標題 Stabilization of kink/peeling modes by coupled rotation and ion diamagnetic drift effects in quiescent H-mode plasmas in DIII-D and JT-60U	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 126044 ~ 126044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac318e	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 Kamiya Kensaku, Itoh Kimitaka, Aiba Nobuyuki, Oyama Naoyuki, Honda Mitsuru, Isayama Akihiko	4. 巻 4
2. 論文標題 Unveiling the structure and dynamics of peeling mode in quiescent high-confinement tokamak plasmas	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Physics	6. 最初と最後の頁 141-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42005-021-00644-x	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 Garcia J., de la Luna E., Sertoli M., Casson F. J., Mazzi S., Stancar Z., Szepesi G., Frigione D., Garzotti L., Rimini F., van Eester D., Lomas P., Sozzi C., Aiba N., Dicorato M., Mariani A., Coelho R., Frasinetti L., Huijsmans G. T. A., Liu F., JET Contributors	4. 巻 29
2. 論文標題 New H-mode regimes with small ELMs and high thermal confinement in the Joint European Torus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics of Plasmas	6. 最初と最後の頁 032505 ~ 032505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0072236	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 Honda M., Aiba N., Seto H., Narita E., Hayashi N.	4. 巻 61
2. 論文標題 Development of a novel integrated model GOTRESS+ for predictions and assessment of JT-60SA operation scenarios including the pedestal	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 116029 ~ 116029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ac2639	査読の有無 無
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 Aiba N., Chen X., Osborne T.H., Honda M., Burrell K.H., Snyder P.B.	4. 巻 60
2. 論文標題 Impact of rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability at edge pedestal in quiescent H-mode plasmas	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Fusion	6. 最初と最後の頁 092005 ~ 092005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1741-4326/ab8c66	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

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, K. H. Burrell
2. 発表標題 Comparison of MHD Stability properties between QH-mode and ELMy H-mode plasmas by considering plasma rotation and ion diamagnetic drift effects
3. 学会等名 The 7th UNIST-Kyoto U. Workshop (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, K. H. Burrell
2. 発表標題 Comparison of MHD Stability properties between QH-mode and ELMy H-mode plasmas by considering plasma rotation and ion diamagnetic drift effects
3. 学会等名 NIFS共同研究 研究会 「核融合プラズマの運転制御に関するシミュレーション研究の進展」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, K. H. Burrell
2. 発表標題 QH-modeとELMy H-modeにおけるMHD安定性に対するプラズマ回転・近反磁性ドリフト効果の影響の比較
3. 学会等名 第39回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, K. H. Burrell
2. 発表標題 Comparison of MHD Stability properties between QH-mode and ELMy H-mode plasmas by considering plasma rotation and ion diamagnetic drift effects
3. 学会等名 JA-KO Workshop on Modeling and Simulation of Magnetic Fusion Plasma (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, K. H. Burrell
2. 発表標題 Comparison of MHD Stability property between QH-mode and ELMy H-mode plasmas by considering plasma rotation and ion diamagnetic drift effects
3. 学会等名 18th International Workshop on H-mode Physics and Transport Barriers (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相羽信行, 神谷健作, 本多充
2. 発表標題 Impact of plasma rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability in QH-mode plasmas
3. 学会等名 NIFS共同研究 研究会 核融合プラズマの運転制御に関するシミュレーション研究の進展
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aiba N., Chen X., Kamiya K., Honda M., Osborne T.H., Burrell K.H., Snyder P.B.
2. 発表標題 Stabilization of kink/peeling modes by coupled rotation and ion diamagnetic drift effects in QH-mode plasmas in DIII-D and JT-60U
3. 学会等名 プラズマ・核融合学会 第38回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aiba N., Kamiya K., Honda M.
2. 発表標題 Impact of rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability in QH-mode plasmas
3. 学会等名 15th Japan-Korea Workshop on "Modeling and Simulation of Magnetic Fusion Plasmas" (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aiba N., Chen X., Kamiya K., Honda M., Osborne T.H., Burrell K.H., Snyder P.B.
2. 発表標題 Stabilization of kink/peeling modes by coupled rotation and ion diamagnetic drift effects in QH-mode plasmas in DIII-D and JT-60U
3. 学会等名 IAEA Fusion Energy Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Honda M., Aiba N., Seto H., Narita E., Hayashi N.
2. 発表標題 Development of a novel integrated model GOTRESS+ for predictions and assessment of JT-60SA operation scenarios including the pedestal
3. 学会等名 IAEA Fusion Energy Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 相羽信行
2. 発表標題 プロジェクト"MHDRK"の進展
3. 学会等名 第10回IFERC-CSC研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本多充, 相羽信行, 瀬戸春樹, 成田絵美, 林伸彦
2. 発表標題 統合モデルGOTRESS+へのEPED1モデルの結合とJT-60SA運転シナリオ開発
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本多充, 相羽信行, 瀬戸春樹, 成田絵美, 林伸彦
2. 発表標題 統合モデルGOTRESS+へのEPED1モデルの結合とJT-60SA運転シナリオ開発
3. 学会等名 第18回核燃焼プラズマ統合コード研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nobuyuki Aiba
2. 発表標題 Sudden loss of edge transport barrier (ELMs, filamentary bursts) in tokamaks and stellarators
3. 学会等名 6th IAEA DEMO Programme Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, S. Haskey, M. Honda, K. H. Burrell, P. B. Snyder
2. 発表標題 Impact of rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability in quiescent H-mode plasmas
3. 学会等名 17th International Workshop on H-mode Physics and Transport Barriers (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, S. Haskey, M. Honda, K. H. Burrell, P. B. Snyder
2. 発表標題 Impact of rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability in quiescent H-mode plasmas
3. 学会等名 第17回核燃焼プラズマ統合コード研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相羽信行
2. 発表標題 プロジェクトMHDRKの成果報告
3. 学会等名 第9回IFERC-CSC研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Aiba, X. Chen, T. H. Osborne, S. Haskey, M. Honda, K. H. Burrell, P. B. Snyder
2. 発表標題 Impact of rotation and ion diamagnetic drift on MHD stability in quiescent H-mode Plasmas
3. 学会等名 第35回プラズマ・核融合学会年会
4. 発表年 2018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	本多 充  (Honda Mitsuru)  (90455296)	京都大学・工学研究科・教授    (14301)	

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
---------	---------