

PRESS RELEASE (2025/04/18)

磁場強度の変化が引き起こすプラズマ乱流遷移メカニズムの解明

— 乱流構造形成と相互作用の新たな視点 —

ポイント

- ① 核融合発電にはプラズマの安定制御が必要ですが、乱流がその制御を難しくしています。
- ② プラズマ中の「パフ」という渦の動きを解析し、磁場が強いと渦が増え、乱流が発展することを発見しました。
- ③ この研究は、核融合プラズマの安定制御に貢献し、エネルギー効率の向上や持続可能なエネルギー社会の実現に向けた新たな可能性を開きます。

概要

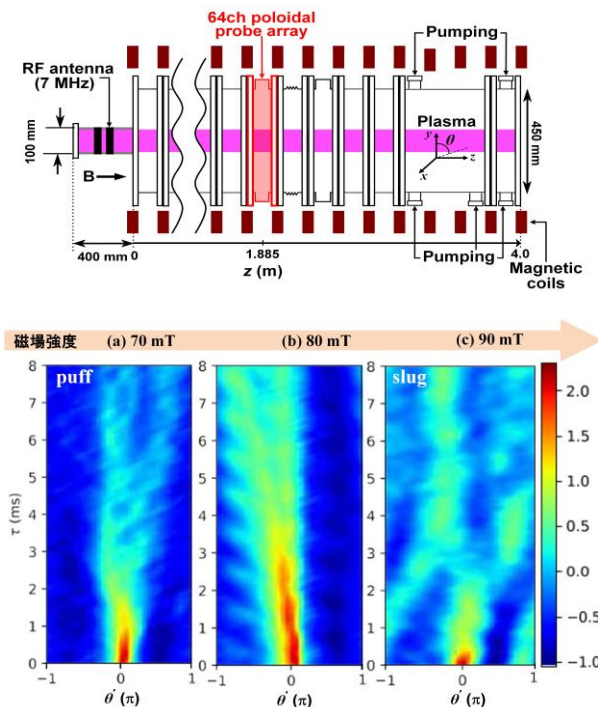
ドイツにあるグライフスヴァルト大学のプラズマ物理研究チーム（Prof. Peter グループ）と九州大学の極限プラズマ研究連携センターの国際共同研究によって行われた本研究は、直線装置 PANTA（※1）を用いて実施されました。本研究チームは、プラズマ内で発生する「パフ」と呼ばれる小さな渦の動きを詳細に解析し、その渦がどのようにして乱流へと発展するのかを解明しました。

研究の結果、磁場強度が強くなることで「パフ」の数が増加し、それらが相互干渉することにより乱流がより強く広がる現象が確認されました。特に、「パフ・ジャミング」という現象では、渦が狭い空間に圧縮されることにより、乱流が急速に発展することが観察されました。

この発見は、核融合プラズマの安定制御技術の向上に寄与し、エネルギー効率の向上や、持続可能なエネルギー社会の実現に向けた重要な一歩となります。

本研究の成果は、2025 年 4 月 8 日に米国の科学誌 *Physical Review E* にも掲載され、注目を集めています。

【参考図】



左図：

- （上）直線装置 PANTA。
- （下）実験プラズマの磁場強度変化に伴うドリフト乱流の変化（puff から slug への遷移）を示す。

研究者からひとこと：

この研究は、九州大学応用力学研究所の国際共同研究の支援を受け、PANTA 直線装置を使って進められました。本成果は国際共同研究の重要性を示しており、今後の発展が期待されます。

【研究の背景と経緯】

直線型磁化プラズマにおける乱流は、複雑な多スケール揺動間の非線形発展によって最終的に準定常状態に至る過程が知られています。本研究では、特にドリフト波揺動における乱流「パフ」の遷移過程に着目し、制御パラメータとして磁場強度を変化させながら、実験的にそのメカニズムを解明しました。実験では、64 チャンネルプローブ（※2）を用いて詳細なデータを収集し、磁場強度が増加することにより乱流パフの寿命時間が短くなる傾向にあることを観測しました。さらに、位相ロックされた準周期的な乱流パフ（ $B = 0.09\text{T}$ ）が崩壊する現象が明らかになりました。

【研究の内容と成果】

直線装置 PANTA を用いて、ドリフト波揺動における乱流パフの遷移過程を解析しました。磁場強度の増加に伴い、乱流パフの位相ロック領域が崩壊し、その寿命時間が短縮されることが確認されました。この結果、乱流の発展に対する磁場強度の影響を明確に示すことができました。特に、磁場強度が強くなることで「パフ・ジャミング現象」が引き起こされ、乱流の発展が急激に進行することが観察されました。

【今後の展開】

本研究は、乱流メカニズムの解明に向けた重要な基盤を提供します。今後は、低温プラズマの結果を高温プラズマや核融合装置に応用し、乱流制御技術の発展が期待されます。また、実験とシミュレーションを通じて、乱流遷移の詳細な仕組みを解明し、効率的なプラズマ制御技術の開発を目指します。この研究の成果は、核融合研究の進展とともに、持続可能なエネルギー社会の実現に向けた大きな一歩となるでしょう。

【用語解説】

(※1) PANTA (Plasma Assembly for Nonlinear Turbulence Analysis)：小型直線プラズマ乱流装置であり、ヘリコンソースを使用して長さ 4.0 m の環状プラズマを約 0.03T から 0.15T の直線磁場で閉じ込めます。

(※2) 64 チャンネルプローブ：円環状に 64 個並べられた静電プローブが PANTA には搭載されており、2次元乱流構造の計測が可能である。

【謝辞】

本研究は、九州大学応用力学研究所の共同利用研究の助成を受けたものです。

【論文情報】

掲載誌：Physical Review E (American Physical Society APS)

タイトル：Coherent puff and slugs in transitional drift-wave turbulence

著者名：P. Manz, S. Knauer, C. Moon, N. Fahrenkamp, D. Di Matteo, and A. Fujisawa

D O I：10.1103/PhysRevE.111.045203

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 応用力学研究所 核融合力学部門 准教授 文 賛鎬 (MOON CHANHO / むん ちゃんほ)

TEL：092-583-7722 FAX：092-583-7723

Mail：moon@riam.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

**Kyushu
University** **VISION 2030**
総合知で社会変革を牽引する大学へ