

高ベータプラズマにおける電磁的不安定性の ジャイロ運動論シミュレーション

～核融合プラズマ発電に向けて～

シミュレーション学研究科 シミュレーション学専攻

やぎゆうみつよし ぬまたりゆうすけ
◎M2 柳生光義, 准教授 沼田龍介

キーワード

次世代エネルギー, 発電, プラズマ, 磁場閉じ込め, 電磁的不安定性

研究概要

次世代エネルギーとして、核融合反応を用いた核融合プラズマ発電が期待されている。プラズマは非常に不安定な状態であるため、強力な外力によって閉じ込める必要がある、その最も有力な候補として磁場閉じ込め方式が挙げられている。この方式では、印加する磁場とそれによって閉じ込められたプラズマの圧力の比（プラズマベータ）が高いほどプラズマ性能が良くなると考えられており、近年、科学技術の発展により、高ベータプラズマが実現されつつある。しかし、高ベータプラズマ中では、ベータ値が低い ($\beta \ll 1$) プラズマでは表面化しなかった電磁的な揺らぎが成長することによって駆動される不安定性が顕著に表れるようになった。そのような電磁的不安定性の一つとして、電子圧力勾配によって駆動されるマイクロテアリング (MT) 不安定性があり、この不安定性によって電子の異常輸送が発生し、プラズマ閉じ込め性能を悪化させることが示唆されている。静電的な不安定性である電子温度勾配不安定性のような電子スケールの乱流においては、電子密度勾配が安定化に寄与することが知られている。そこで、我々は、MT 不安定性における電子密度勾配の効果を調べるために、ジャイロ運動論モデルによる線形シミュレーションを行った。温度勾配を固定し、密度勾配の大きさを変えた場合の線形成長率を計算し、MT 不安定性における電子密度勾配の安定化効果を検証した。図 1 に本研究が対象とするプラズマ中の不安定性と電子密度勾配の効果の概略を示す。

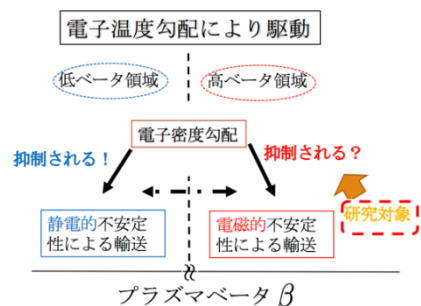


図1 電子温度勾配により駆動される不安定性。低ベータ領域と高ベータ領域のそれぞれにおける輸送現象に対する電子密度勾配の効果と研究対象を示している。

アピールポイント

本研究は核融合プラズマ発電を目指した基礎的な研究である。プラズマの磁場閉じ込めには未だ多くの課題が存在しているが、その中でも近年の高ベータな実験装置で多く観測されているマイクロテアリング不安定性に着目している。本研究のシミュレーションに使用しているコード AstroGK は、プラズマベータの効果を正しく取り扱っているため、現在稼働している実験装置の他、将来的な実験装置 ($\beta \sim 1$) におけるプラズマの電磁的な現象に関するシミュレーションも可能である。また、AstroGK はオープンソースコードなので、環境さえ整えれば誰にでもシミュレーションが可能である。