

回転トカマクプラズマ中におけるエッジローカライズモードの安定性に対するイオン反磁性ドリフト効果

Ion diamagnetic drift effect on the stability of edge localized modes in rotating tokamak plasmas

相羽信行、本多充、神谷健作
N. Aiba, M. Honda, K. Kamiya

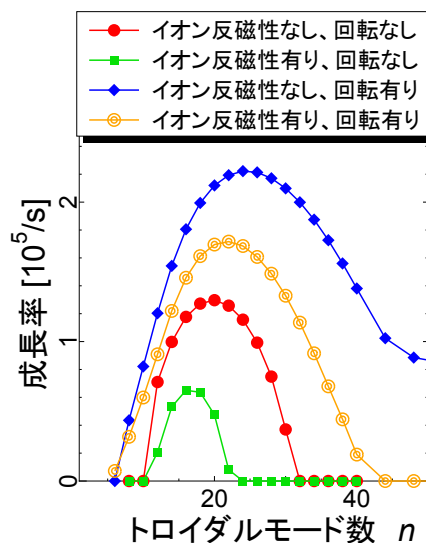
原子力機構
JAEA

ITERの標準運転として想定される高閉じ込め運転モード(H-モード)では、エッジローカライズモード(ELM)が発生し、ダイバータなどに間欠的に大きな熱負荷を与えることが問題視されている。そのため、この熱負荷を低減することを目的に、ELMの発生原因に関する物理研究を進めている。これまでの研究で、大きな熱負荷を与えるELM(type-I ELM)の原因は、プラズマ表面近傍で発生する理想MHD不安定性である可能性が非常に高いことが明らかになっている。

原子力機構で実験がされていたJT-60U装置におけるELMは、その他多くの実験装置で観測されるELMよりも波長が短いMHD不安定性であることはこれまでの数値解析により明らかになっている。一方、そのような波長の短いMHD不安定性は、イオン反磁性ドリフト効果と呼ばれる非理想効果により強く安定化されることが理論的に示されている。この安定化はプラズマが静止している場合の理論解析結果であるが、ELM安定性はプラズマ回転によって不安定化されうることも近年の解析結果で示しており、これらの非理想効果およびプラズマ回転効果の双方を自己無撞着に評価した安定性の再評価が不可欠であった。

今回、この非理想効果およびプラズマ回転効果がELM安定性に与える影響を定量的に評価可能にすることを目的に、拡張MHDモデルに基づいた線形MHD安定性解析コードMINERVA-DIを開発した。同コードを用いてELMが不安定なプラズマの数値安定性解析を行い、まず静止プラズマではイオン反磁性ドリフト効果によりELMが安定化される一方、同効果を見捨て(理想MHDモデルで)回転プラズマでの安定性を評価するとELMが不安定化されることを確認した(図2)。次に、これらの2

つの相反する効果を同時に考慮した数値解析を行った結果、プラズマの回転周波数がイオン反磁性ドリフト周波数と同程度以上になった場合には、ELMは回転およびイオンドリフト効果の両方を無視した結果に比べて不安定化することを明らかにした(図参照)。この結果は、イオン反磁性ドリフト効果による安定化効果はプラズマ回転によって影響が小さくなることを示しており、波長の短いELMの発生条件を評価する際にこれまで理論的に示されていたイオン反磁性ドリフト効果による安定化効果を単純に考慮すると、同安定化効果を過剰に評価することになる。このような波長の短いELMはJT-60Uの他、欧州JET装置でも観測されており、現在これらのプラズマにおけるELM安定性解析を開始し、今回明らかにした物理的性質の検証を進めている。



ELM安定性解析結果。回転を考慮しない場合はイオン反磁性効果により成長率が低下するが、プラズマ回転を考慮すると不安定化している。