

球状トカマクにおけるキंक・バルーニング不安定の発生領域の検証

56202 今中 平造
 (指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : Edge Localized mode, ballooning mode, plasma merging, stability analysis, observation of plasma image

1. 研究要旨

周辺局在化モード(Edge Localized Mode: ELM)の研究は磁場閉じ込め核融合の分野で現在最も注目されている分野の一つである。そこで本研究ではELM(特にType ELM)に関係が深いと考えられる圧力駆動型不安定(バルーニング不安定)をプラズマ合体による加熱、高ベータ化により誘発し、その検証を行った。

2. 実験装置・計測系

2-1 TS-4装置

図2.1はTS-4装置の概要図である。この装置の特徴は左右1対のコイル群によってトラスプラズマを同時に2つ生成し合体させることが出来る点である。

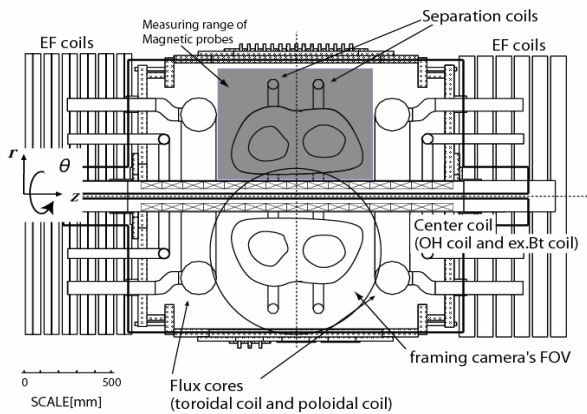


図2.1 TS-4概要図

2-2 磁場計測系

従来の磁場計測系は図2.1に示した領域にピックアップコイル(外径5mm,200turn)をほぼ等間隔にz方向9点、r方向10点、2成分(B_z, B_r)計180点で計測している。

不安定を磁場計測で直接計測するため、 $z=0$ 周辺に計測点を追加した。この改良により、計測点間隔がz方向9.2cm、r方向8.4cmになった。

2-3 高速プラズマ光計測システム

磁場計測と同時にプラズマ全体を撮影することによりトロイダル方向の不安定計測を行う。このシステムの視野は図2.1に示したようにプラズマの半球を視野に納めている。このシステムは広角レンズ、リ

レーンズ、フレーミングカメラ(浜松ホトニクス C4187,連続撮影最大8コマ,シャッター時間50ns~,フレームレート300ns~)、デジタルCCDカメラ(浜松ホトニクスC4742-95-10,1280×1024画素,10ビットデジタル出力)、データ解析プログラム(c3610)、からなる

3. バルーニングモード安定解析

合体STでバルーニング不安定を誘発できるか理想バルーニング安定解析コード(BALLOO)を用いて分析した。一般的な合体STのプロファイルから圧力関数、電流関数、総プラズマ電流、三角度、ポロイダルベータを固定して、外部トロイダル磁場コイル電流値 I_{tfc} と楕円度 ϵ を変えた場合の安定性の変化を分析した。

I_{tfc} のみを変えた場合は I_{tfc} が高いほど安定であるという結果を得た。また、 ϵ のみを変化させた場合は ϵ が高いほど安定であるという結果を得た。

図3.1は I_{tfc} と ϵ を二次元的に変化させた場合の結果である。この結果から、合体STでバルーニング不安定を誘発できる可能性が示された。

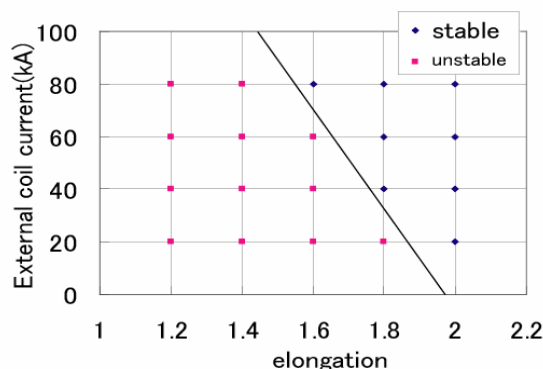


図3.1 I_{tfc} と ϵ の組み合わせによる安定性の変化

4. バルーニング不安定計測実験

解析結果を参考に、実際に合体STによりバルーニング不安定の誘発を試みた。

$I_{tfc}=60$ kAの場合は図4.1に示すように光計測結果に曲率の悪い場所に若干の発光があるが、他に不安定を示す結果は得られなかった。

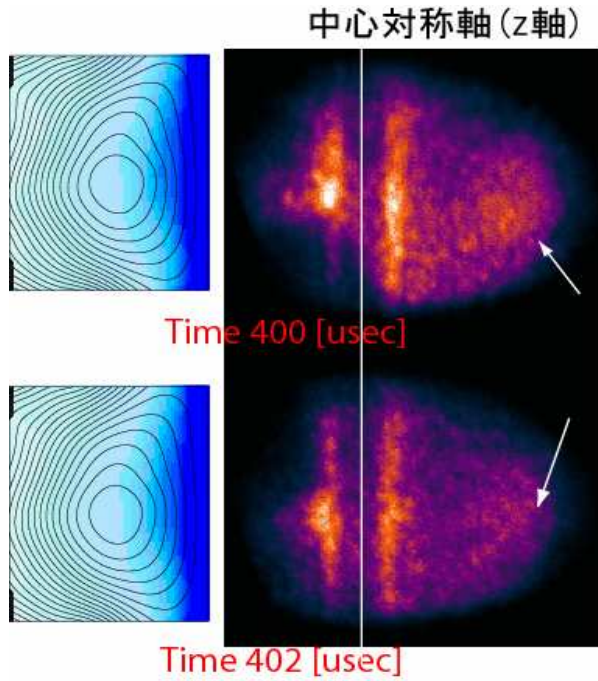


図4.1 $I_{tfc}=60\text{kA}$ での計測結果

一方 $I_{tfc}=80\text{kA}$ の場合は図4.2に示す通り、プラズマ光計測にフィラメント状の強い発光が計測された。

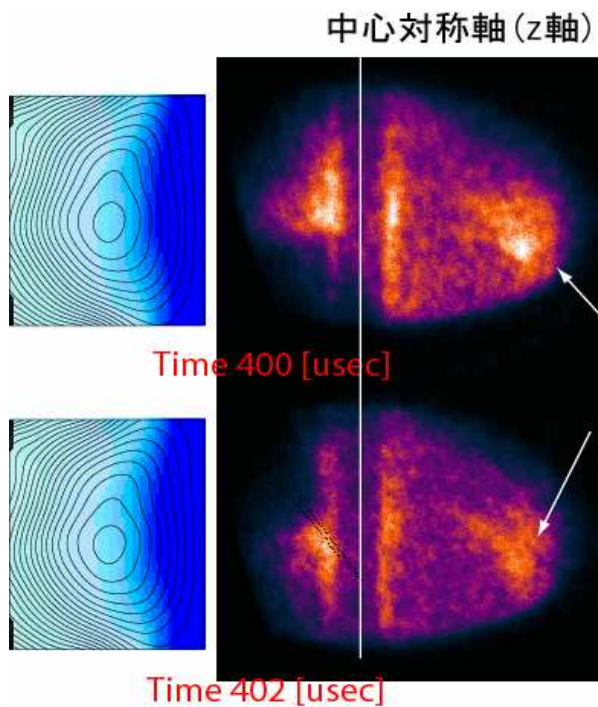


図4.2 $I_{tfc}=80\text{kA}$ での計測結果

磁場計測結果をもとに実験条件ごとに詳細に安定解析を行ったところ、図4.3に示すように光計測結果と良く一致する解析結果が得られた。図のunstableは解析結果から、明らかに不安定な状態であり、marginalは安定・不安定の境界な状態を指す。

ここで、 I_{tfc} を変化させた場合の数値解析と、実験結果をもとにした再解析の結果は反対の傾向を示しているが、これは数値解析で一定とした圧力関数が実

際の実験では I_{tfc} の値により大きく変わったため。また、 I_{tfc} による大きな変化は観測されなかったが、これは実際にはそれほど大きく楕円度を振れなかったためと考えられる。

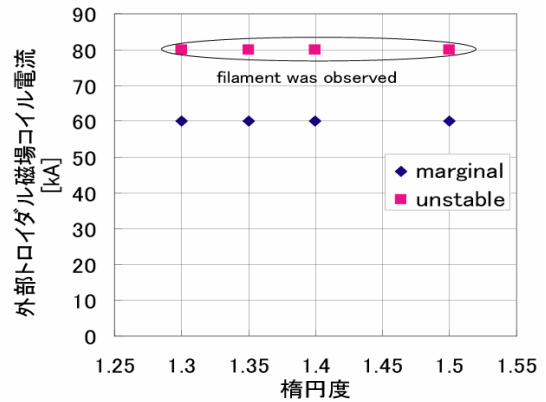


図4.3 再解析結果とプラズマ光計測結果

フィラメント状の発光とプラズマ表面の磁力線の向きを比較したところELMの特徴ELMの特徴でもあるプラズマ表面の磁力線と同じ向きにフィラメントが伸びていることを確認した。図4.4に示すようにトロイダル磁場の向きによりフィラメントの向きが変わっているのが分かる。

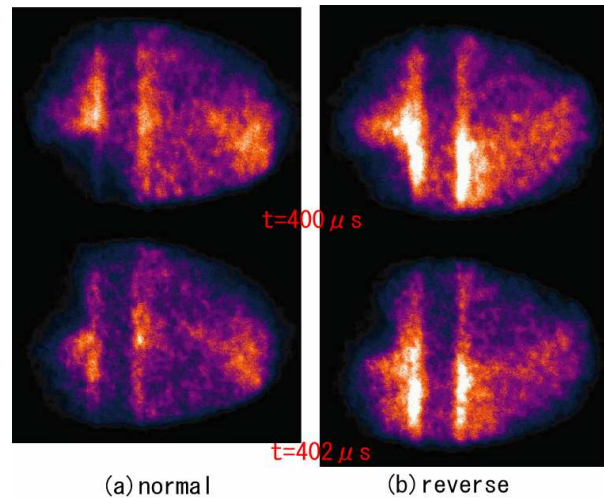


図4.4 トロイダル磁場によるフィラメントの変化

5. 結論

数値解析の結果より、合体STによりバルーニング不安定を誘発できる可能性が示された。

解析結果をもとに実際にバルーニング不安定の誘発と検証を試みた。結果として $I_{tfc}=80\text{kA}$ の場合でバルーニング不安定によると思われるフィラメント状の発光を確認し、磁場計測結果をもとに行った安定解析の結果とも良い一致を得た。しかし、磁場計測で期待した不安定の直接計測は出来なかった。

よって、今回観測されたフィラメントはバルーニング不安定である可能性が高いが、断言は出来ない。断定するためには高 n モードまで計測できるような磁場計測系の導入が必要である。