

# PANTAにおけるプラズマ非対称性が孤立波振動の揺らぎパターンに及ぼす影響

## Effect of plasma asymmetry on fluctuation pattern of solitary oscillation in PANTA

小林 大輝<sup>1)</sup>, 藤澤 彰英<sup>2)3)</sup>, 永島 芳彦<sup>2)3)</sup>, 文 贊鎬<sup>2)3)</sup>, 西澤 敬之<sup>2)3)</sup>, 稲垣 滋<sup>4)</sup>  
 山田 琢磨<sup>3)5)</sup>, 小菅 佑輔<sup>2)3)</sup>, 山崎 広太郎<sup>6)</sup>, 西村 大輝<sup>1)</sup>, 郭 又銘<sup>1)</sup>  
 T. Kobayashi<sup>1)</sup>, A. Fujisawa<sup>2)3)</sup>, Y. Nagashima<sup>2)3)</sup>, C. Moon<sup>2)3)</sup>, T. Nishizawa<sup>2)3)</sup>, S. Inagaki<sup>4)</sup>  
 T. Yamada<sup>3)5)</sup>, Y. Kosuga<sup>2)3)</sup>, K. Yamasaki<sup>6)</sup>, D. Nishimura<sup>1)</sup>, Y. Gou<sup>1)</sup>

(1)九大総理工, 2)九大応力研, 3)九大極限プラズマ研究連携センター, 4)京大エネ研  
 5)九大基幹教育院, 6)広大先進理工系科学研究科

(1) IGSES, Kyushu Univ., 2) RIAM, Kyushu Univ., 3) RCPT, Kyushu Univ., 4) IAE, Kyoto Univ.,  
 5) FAS, Kyushu Univ., 6) GSASE, Hiroshima Univ.

近年、プラズマ乱流は大域的性質を有していることが明らかとなり、その物理機構の実験的解明を目指した大域計測システムの開発が必要である。所属研究室では、トモグラフィーを用いて直線磁化プラズマを対象に大域計測システムを開発し、プラズマ乱流の研究が行っている。

これまでの研究において、トモグラフィーにて観測された孤立波振動現象から、条件付き平均法を用いて、決定論的な巨視的振動部分の抽出を行った。その際、解析に使用したアンサンブルを巨視的振動部分の平均値の誤差が最小になるよう最適化する手法を考案した[1]。抽出した巨視的振動部分は、1周期の間に振動パターンを歪めながら時間発展していることが確認されている。加えて、同時にトモグラフィーで観測されたプラズマ背景構造(時間平均成分)にも空間的に非対称性が存在していることが明らかになっており、振動パターンと背景構造の非対称性の関係が示唆された。そこで、プラズマ二次元画像から両者の関係を定量的に明らかにすべくパターン認識を応用した解析手法を提案・適用した[2]。その結果、振動パターン変化に伴う平均的な周方向モード数等の変化が定量化でき、背景構造との類似度の変化が示された。また、空間構造の歪みは偏光状態で表すことができ、直線偏光が支配的な場合に歪みが強く現れることが確認された。

そこで、背景構造と孤立波振動の非線形結合モデルを作成した。本研究で考えた非線形結合モデルでは、背景構造の周方向モード数 $m=1\sim m=4$ 成分と孤立波振動で最も支配的な $m=2$ 成分の高次の結合を考えた。以下にそのモデル式を示す。

$$\varphi(r, \theta, t) = (1 + B(r, \theta)) \times \tilde{\varepsilon}_2 \cos(2\theta + \omega t + \tilde{\delta}_2)$$

ここで、 $B(r, \theta)$ は $m=1\sim m=4$ までの背景構造の高

次成分を含んだ歪みを表すパラメータである。このパラメータ $B(r, \theta)$ は、等比級数であるため以下のように示すことができる。

$$B(r, \theta) = A(r, \theta)(1 + A(r, \theta) + A(r, \theta)^2 + \dots) \\ \approx \frac{A(r, \theta)}{1 - A(r, \theta)}$$

また、 $m=1\sim m=4$ を含む背景構造を表す $A(r, \theta)$ は、

$$A(r, \theta) = \varepsilon_1(r)/\varepsilon_0(r) \cos(\theta + \delta_1) \\ + \varepsilon_2(r)/\varepsilon_0(r) \cos(2\theta + \delta_2) \\ + \varepsilon_3(r)/\varepsilon_0(r) \cos(3\theta + \delta_3) \\ + \varepsilon_4(r)/\varepsilon_0(r) \cos(4\theta + \delta_4)$$

で表している。 $\varepsilon_1\sim\varepsilon_4$ は $m=1\sim m=4$ の背景構造の発光量であり $m=0$ の発光量 $\varepsilon_0$ で規格化している。以上に示す非線形結合モデルを用いて、巨視的振動部分と空間構造を比較した結果、図1に示すように両者に間に類似したパターンが見られた。

本講演では、非線形結合モデルを考えることで見えてきたプラズマ背景構造の非対称性による孤立波振動への影響について報告する。

本研究はJST次世代研究者挑戦的研究プログラムJPMJSP2136の支援を受けた。

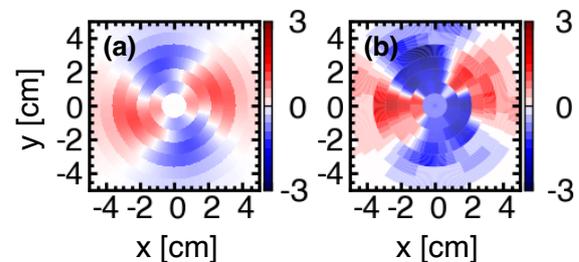


図1:(a)非線形結合モデルおよび(b)実験データの同時刻における空間構造のスナップショット。

—参考文献—

[1] T-K. Kobayashi *et al.*, Plasma Phys. Controlled Fusion, **63**, 032001 (2021).

[2] T-K. Kobayashi *et al.*, Plasma Fusion Res. **16**, 1201082 (2021).