

トモグラフィを用いた揺動計測データからの空間構造の抽出

九州大学応用力学研究所

山崎 広太郎

Extraction of the characteristics of the spatial structure from tomographic reconstruction image

RIAM, Kyushu Univ.,

K. Yamasaki

磁化プラズマ乱流の大域的性質を観測することを目的として、プラズマの発光二次元分布の時間発展を観測可能なトモグラフィ計測器を直線プラズマ装置 PANTA において開発している[1].トモグラフィにより得られた発光量二次元分布の時系列データを用いて揺動の空間構造が示す特徴を議論するためには、二次元データから空間構造の特徴を抽出し定量化する手法が必要になる。二次元データから空間構造の特徴を抽出することを目的として、Fourier-Bessel 級数を用いた手法[2]や、径方向に矩形関数を用いた手法の開発を行ってきた。本発表では、直線プラズマ装置 PANTA で生じる非線形振動をトモグラフィ計測で観測して得られたデータに対してこれらの手法を適用した例を紹介する。

トモグラフィ計測で観測された非線形振動の空間構造を図 1(a1-3)に示す。このとき、図に示したように揺動パターンが電子反磁性方向(時計回り)に回転していること、また、その構造は回転とともに変形していることが観測された。この変形の特徴を定量的に示すことを目的として、再構成画像に Fourier-Bessel 級数フィッティングを行い、得られた係数 $a_{m,n}$ を用いて $\langle m \rangle = \int (m a_{m,n} \phi_{m,n})^2 ds / \int (a_{m,n} \phi_{m,n})^2 ds$ という量を定義することで平均周方向モード数の時間変化を抽出した。ここで $\phi_{m,n}$ は Fourier-Bessel 級数の基底関数を示す。得られた $\langle m \rangle$ の時間発展を図 1(b)に示す。

一方、回転に伴う揺動パターンの変化を局所的に捉えるために、径方向の展開に矩形関数を用いる展開法を開発した。この方法では、発光分布 $\varepsilon(r, \theta)$ を径方向に矩形関数 $h_n(r)$ を用いることで $\varepsilon(r, \theta) = \sum_{m,n} (a_{m,n} h_n(r) \cos(m\theta) + b_{m,n} h_n(r) \sin(m\theta))$ のように展開する。このとき、係数 $a_{m,n}, b_{m,n}$ を用いて回転角

を $\theta_{m,n} = \frac{1}{m} \tan^{-1} \frac{b_{m,n}}{a_{m,n}}$ と定義できる。この操作により各周

方向モードの局所的な速度を評価することができる。また、異なる径方向位置での回転角の差を用いることで、空間構造の変形に伴うねじれあるいはシアを定量化することができる。ここで、周方向モード数 m の空間構造のねじれ(シア)は、異なる径方向位置 n_1, n_2 における回転角の差 $\Delta\theta = \theta_{m,n_1} - \theta_{m,n_2}$ と定義する。この方法を PANTA の非線形振動の $m=1$ 成分に対して適用した例として、ねじれの時間発展を図 1(c)に示す。この手法を用いることで揺動の空間構造のねじれが時間変化する様子を定量化することが可能になった。発表では、これらの解析手法の詳細および解析により得られる回転速度などの例についても紹介する。

[1] A. Fujisawa, *et al.*, PPCF **58**, 025005 (2016)

[2] K. Yamasaki, *et al.*, RSI **88**, 093507 (2017)

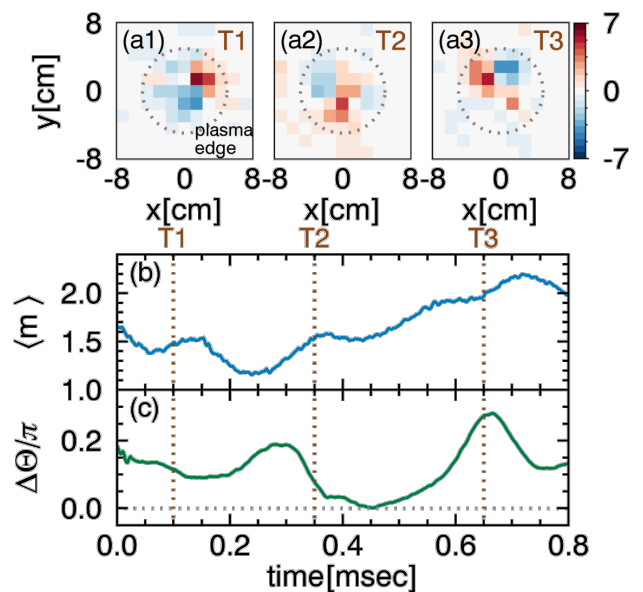


図 1 (a1-3)トモグラフィ計測で得られた揺動の空間構造および、(b)平均的な周方向波数と(c) $m=1$ 揺動が示す空間的なねじれの時間発展。