

## 23P-1F-19

### 乱流トモグラフィのための局所速度場推定法の開発

### Development of the local movement analysis for turbulence tomography

西村大輝<sup>1</sup>, 藤澤彰英<sup>2,3</sup>, 永島芳彦<sup>2,3</sup>, 文賛鎬<sup>2,3</sup>,  
 稲垣滋<sup>2,3</sup>, 山田琢磨<sup>3,4</sup>, 小菅佑輔<sup>2,3</sup>, 山崎広太郎<sup>5</sup>, 小林大輝<sup>1</sup>  
 D. Nishimura<sup>1</sup>, A. Fujisawa<sup>2,3</sup>, Y. Nagashima<sup>2,3</sup>, C. Moon<sup>2,3</sup>, *et al.*

<sup>1</sup>九大総理工, <sup>2</sup>九大応力研, <sup>3</sup>九大極限プラズマ研究連携セ, <sup>4</sup>九大基幹教育院, <sup>5</sup>九大先進理工  
<sup>1</sup>IGSES Kyushu Univ., <sup>2</sup>RIAM Kyushu Univ., <sup>3</sup>RCPT Kyushu Univ.,  
<sup>4</sup>FAS Kyushu Univ., <sup>5</sup>GSASE Hiroshima Univ.

直線装置PANTAにおいて乱流場のマルチスケール観測を目的としたトモグラフィ計測システムを整備し, 高時間分解能で局所発光量を得ることに成功している[1]. 本研究は得られたトモグラフィデータから速度場を推定する手法の開発を目的とする.

速度場の推定には時空間微分法を用いる. トモグラフィ画像上の着目点 $(x, y)$ 近傍の速度場を $(v_x, v_y)$ として, Lagrange微分を考える

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{\partial\varepsilon}{\partial t} + v_x \frac{\partial\varepsilon}{\partial x} + v_y \frac{\partial\varepsilon}{\partial y}. \quad (1)$$

すると,  $\Delta t$ 後の発光強度の予想値 $\hat{\varepsilon}(t + \Delta t)$ は次のように表される

$$\hat{\varepsilon}(t + \Delta t) = \varepsilon(t) + \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \Delta t - v_x \frac{\partial\varepsilon(t)}{\partial x} \Delta t - v_y \frac{\partial\varepsilon(t)}{\partial y} \Delta t. \quad (2)$$

実際に観測された発光強度 $\varepsilon(t + \Delta t)$ と(2)式の予想値との残差

$$\chi^2 = \sum (\hat{\varepsilon}(t + \Delta t) - \varepsilon(t + \Delta t))^2 \quad (3)$$

を最小にするような $v_x, v_y$ を推定する. 文献[2]では, 着目する領域で速度が一様であるとして, 複数の観測点の2つの時刻の測定値を用いて(3)式から速度場を推定している. 本研究では, 1つの観測点における複数の時刻での測定値から(3)式より局所的な速度場を求める手法を開発している.

テストデータを用いて推定精度を調査した. テストデータは図1(a)に示すような円筒プラズマ(半径1)中の揺動パターン(周方向波数 $m=2$ )が剛体回転しているとした. また, 角周波数 $\omega = 2\pi$ (すなわち周期 $T = 1.0$ )とし, 観測時間長さは $0-0.1T$ の間, 観測時間間隔 $\Delta t$ は $0.01T$

として10点の時刻での値を用いて速度場を推定した. 一辺が $-1\sim 1$ の領域を $21 \times 21, 41 \times 41, 61 \times 61$ グリッドで分割した3つの場合について各グリッドでの速度を推定した. 図1(b)に, ここで提案した方法によって推定した角周波数の径方向分布を示す. 結果として, 円筒中心付近及び周辺以外の点では良い推定結果を得ている. 中心付近及び周辺では発光値を0としていること, 中心付近ではグリッド数が少なくなることから推定精度の悪化が生じると考えられる. 本発表ではテストデータへの試行結果の詳細を報告し, 実験データへの適用結果及び適用限界について議論する.

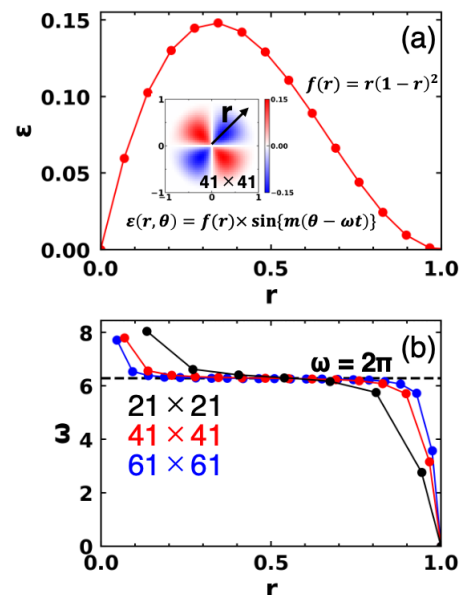


図 1. 使用したテストデータの発光値の径方向分布 (a). 各グリッド数の場合に推定された角周波数の径方向分布(b).

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

[2] J. K. Kearney *et al.*, IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. **2**, 229-244 (1987)