

二次元位相コントラストイメージングによる揺動絶対値計測  
**Determination of absolute fluctuation amplitude  
 by using a two dimensional phase contrast imaging**

牧拓未<sup>1</sup>, 田中謙治<sup>1,2</sup>, 木下稔基<sup>1</sup>, Clive Michael<sup>3</sup>, Leonid Vyacheslavov<sup>4</sup>, Andrei Sanin<sup>4</sup>  
 Takumi Maki<sup>1</sup>, Kenji Tanaka<sup>1,2</sup>, Kinoshita Toshiki<sup>1</sup>, Clive Michael<sup>3</sup>,  
 Leonid Vyacheslavov<sup>4</sup>, Andrei Sanin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>九大総理工, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>オーストラリア国立大学, <sup>4</sup>ブドカー核物理研究所  
<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>Australian National Univ., <sup>4</sup>Budker Institute of nuclear physics

高温高密度プラズマ中の乱流の物理的機構を理解するため、核融合科学研究所にある大型ヘリカル装置(LHD)において、電子密度の乱流揺動をCO<sub>2</sub>レーザーを用いた二次元位相コントラストイメージング(2D-PCI)により計測している[1]。これまでの研究では揺動振幅については相対値で評価してきたが、シミュレーションとの定量的な比較を行うために本研究では音波による空気の屈折率の揺動を計測することにより絶対値較正をすることにした。既に稼働しているLHDに設置した装置では、真空容器内部に音波を設置することができない為、ベンチトップでLHDの光学系を再現して較正実験を行った。図1に実験するシステムを示す。プラズマ中心に相当する位置にスピーカを設置した。PCIは計測した振幅とレーザー光の強度の比から音波による屈折率の変動を計測できる。音波中にレーザー光が入射され、音波による屈折率の変動で入射光は透過光と散乱光に分離する。双方を凹面鏡で集光し、集光位置に位相差板を設置し散乱光と透過光の間にπ/2の位相差を与えることで、微小な位相変動を強度変動に変換して計測できる。検出器に用いた液体窒素冷却のMCTは、高感度であるが出力に較正が必要であるため、パワーメーターの電圧値をもとに感度較正係数を計算した。これにより、PCIの絶対値較正は以下の式で求めることができる。

$$2\Delta\tilde{\phi} = \frac{V_{AC}}{V_{DC}} \times \frac{R_{DC}}{R_{AC}}$$

Δφ̃ : 空気中の揺動の位相差 [rad]

V<sub>AC</sub> : 交流電圧 [V]

V<sub>DC</sub> : 直流電圧 [V]

R<sub>AC</sub> : 交流感度較正係数

R<sub>DC</sub> : 直流感度較正係数

一方マイクロフォンを用いることにより、屈折率の変動は別途評価できる。よって、両者を比

較することで、PCIの絶対値の計測精度を評価することが可能となる。図2に検出器をビーム中心から0.5mmずつ移動させて合計15点計測した結果を示す。(a)に示すように、16kHzの音波で予測される位相変化とほぼ一致しており、音波を結像して計測できていることが分かる。また、絶対値の較正においてはビーム軸の沿った方向の位相変化も計測し、それを考慮した上で音圧の積分値を評価した。その結果、(b)に示すようにビーム中心付近で20%程度の誤差で一致した。今後はビーム軸と垂直方向にマイクロフォンで音波の構造を計測し、計測全領域で絶対値の計測精度の評価を行う予定である。

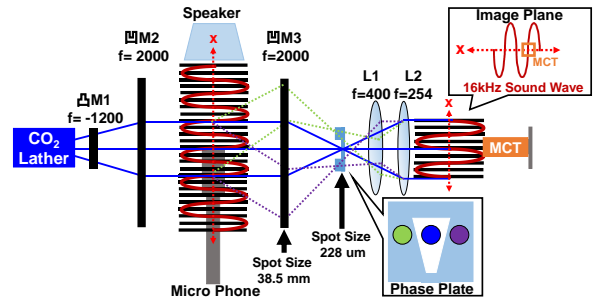


図1 絶対値較正用CO<sub>2</sub>レーザーPCIシステム

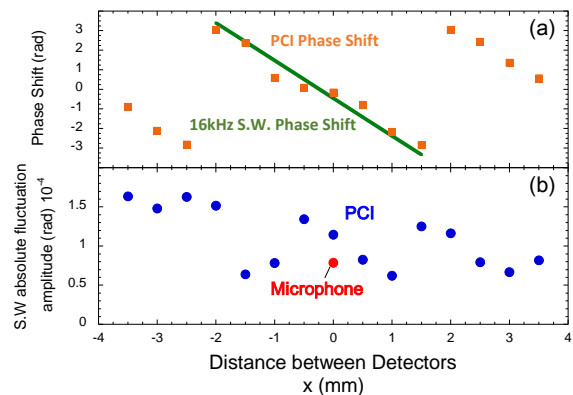


図2 (a) 検出器面上での音波の位相変化  
 (b) 音波による屈折率の変動

[1] K. Tanaka et al, Rev. Sci. Instrum.79, 10E702,(2008)