

マイクロ流れの密度計測を目的としたレーザー干渉計の開発

国際環境工学部 機械システム工学科 准教授 小野 大輔

1. 研究背景

代表長さが1mm以下の超音速噴流を超音速マイクロ噴流といい、低騒音で、低速の噴流に比べ噴流の広がり小さく、高い質量流量で作動ガスを供給できるという特徴がある。近年、こうした超音速マイクロ噴流の利点に注目が集まっており、微細電子機械要素の冷却、堆積物や微粒子の除去、マイクロ衛星の推進装置などへの応用が試みられている。こうした背景から、マイクロ流れに適用可能なセンシング技術の開発が急務となっている。そこで本研究では、比較的安価で高精度で計測が可能なレーザー干渉計を用いたマイクロ流れの密度場計測システムを開発するとともに、実際の噴流計測に適用し、計測システムの有効性を検証した。

2. マイケルソン型干渉計

図1に本研究で開発したマイケルソン型干渉計の概略図を示す。干渉計の光源には、半導体レーザー[1]を用いた。レーザービームはビームエキスパンダー[2]によって直径約15mmの光束に広げられ、ビームスプリッター[3]によって参照光路L1と測定部を通過する試験光路L2に分割される。分割された光束はそれぞれミラー[4]で反射した後、再度ビームスプリッターで重ね合わせられ干渉し、C-MOSカメラ[5]に等間隔で平行な干渉縞として記録される。ここで、試験光路L2に噴流を発生させるとその密度分布に応じてL2の光路長が変化するため、噴流の領域で干渉縞が移動する。この縞の移動量を干渉縞写真から算出し解析することにより、流れ場の密度を得ることができる。本研究では干渉縞写真の画像解析はLabVIEWを用いてプログラムを作成し自動化した。

開発した計測システムの有効性を検証するため、出口内径500 μmの先細マイクロノズル[6]を用いて実験を行った。実験条件は、ノズル上流側圧力 p_0 と下流側圧力(大気圧) p_b との比 p_0/p_b を5.0とした。

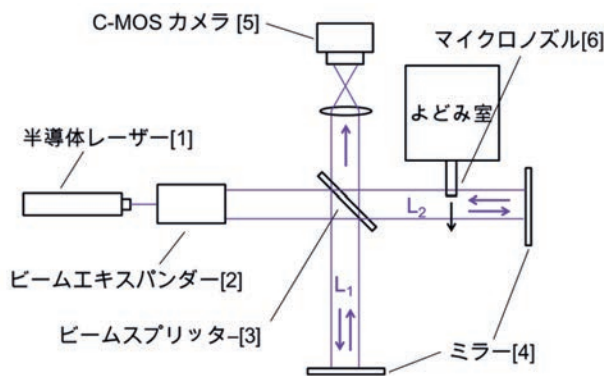


図1 マイケルソン型干渉計

3. 計測結果

本計測システムで計測した縞の移動量(密度)分布を図2(a)に示す。座標は、出口内径 $D(=500 \mu\text{m})$ で無次元化されており、 $x/D=0$ がノズル出口で噴流は左から右に流れている。図から、流れ方向に縞の移動量が増減を繰り返しているのが分かる。このような構造はショックセル構造と呼ばれ、先細ノズルの場合、作動圧力比 p_0/p_b が1.9より大きい場合(不足膨張状態)に観測される。数値シミュレーションにより得た縞の移動量(密度)分布(図2(b))と比較すると両者は定性的にも定量的にもよい一致を示しており、測定結果は妥当であることが分かる。

以上のように本研究では、マイクロ流れの計測に干渉計が有効であることが分かった。今後は、コンピュータ断層撮影法(CT法)による三次元計測や高速度カメラを用いた非定常計測などへの展開が期待される。

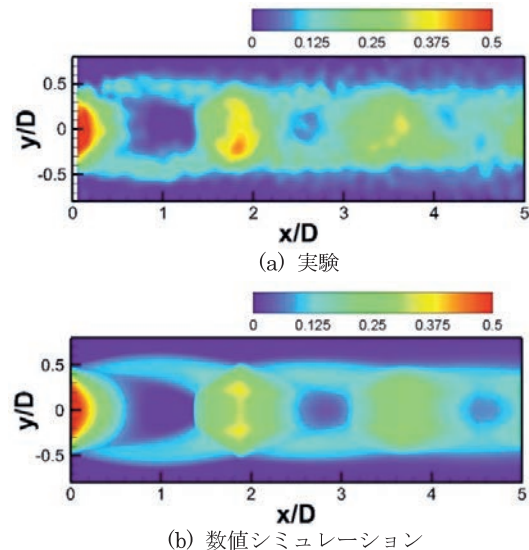


図2 縞の移動量(密度)分布

Profile

小野 大輔

Daisuke Ono

役職/准教授
学位/博士(工学)
学位授与機関/九州大学

<研究分野・専門>

圧縮性流体力学

<主要研究テーマ>

- ・レーザー干渉計を用いたマイクロ流れの密度場計測
- ・マッハツェンダー干渉計を用いた衝撃波を伴う流れ場の可視化

連絡先

TEL 093-695-3361

E-mail:d-ono@kitakyu-u.ac.jp