

アセトンから放射される LIF を利用した MTV による超音速マイクロ噴流の計測法に関する研究

半田 太郎, 水田 倉右, 安藤 佑規, 三井 克仁
九州大学

近年, 工学の分野で超音速マイクロ噴流を利用することが試みられている. 例えば, MEMS の構成要素の冷却⁽¹⁾, マイクロスケールの燃料混合⁽²⁾, マイクロ衛星の推進装置⁽³⁾などへの利用が試みられている. これらの利用にあたって超音速マイクロ噴流を最適な条件で作動させるには, 個々の作動条件において流れを詳細に計測する必要があると考えられるが, これまでに 1mm より小さいスケールの超音速噴流の速度分布を計測した例はない. そこで, 本研究ではアセトン分子から放射される LIF を利用した MTV を出口高さ 500 μm の超音速ノズル(図 1)から発生する噴流に適用した. アセトン分子の流れにシードする場合, シーディング比が高いと作動気体の熱力学的特性が変化するので, 本実験では $\sim 0.1\%$ と低いシーディング比に設定して計測を行った. その結果, 低いシーディング比に設定したにも関わらず, 鮮明な MTV 画像(図 2)を取得することに成功し, 超音速マイクロ流れの速度分布を作動気体の熱力学的特性を変化させることなく高い空間分解能で計測できた(図 3). また, 測定の不確かさを, レーザー照射後から MTV 画像を取得するまでの時間について評価したところ, 本計測システムでは遅れ時間を $\sim 300\text{ns}$ 以上に設定することで, 超音速マイクロ噴流の速度を不確かさ $\sim 6\text{m/s}$ で計測できることが分かった(図 4).

- (1) Davy et al., "Surface flow measurements of micro-supersonic impinging jets", *AIAA Pap.*, 2002-3196 (2002).
(2) Fan et al., "Development of a large-entrainment-ratio axisymmetric supersonic ejector for micro butane combustor", *J. Micromech. Microeng.*, 16 (2006) S211-S219.
(3) Louisos et al., "Heat Transfer & Viscous Effect in 2D & 3D Micro-Nozzles", *AIAA Pap.*, 2007-3987 (2007).

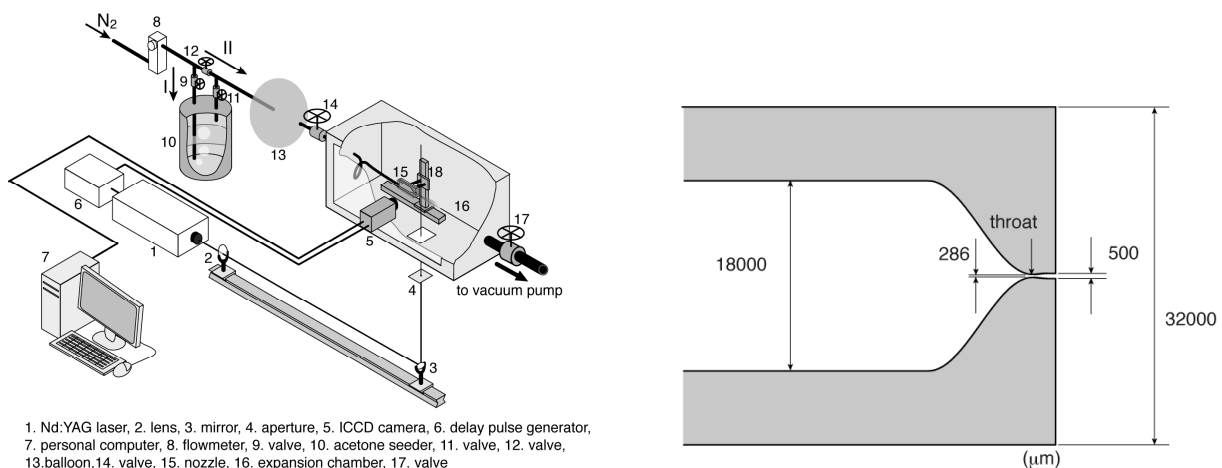


図 1 実験装置(左図)とマイクロ超音速ノズル(右図). 対象とする流れは出口高さ 500 μm の超音速ノズルから発生する超音速噴流. 上流よどみ室圧力 90.0kPa, 膨張室圧力 10.8kPa. 作動気体は窒素でアセトンのシーディング比は作動気体の熱力学的特性が変化しないように $\sim 0.1\%$ に設定した.

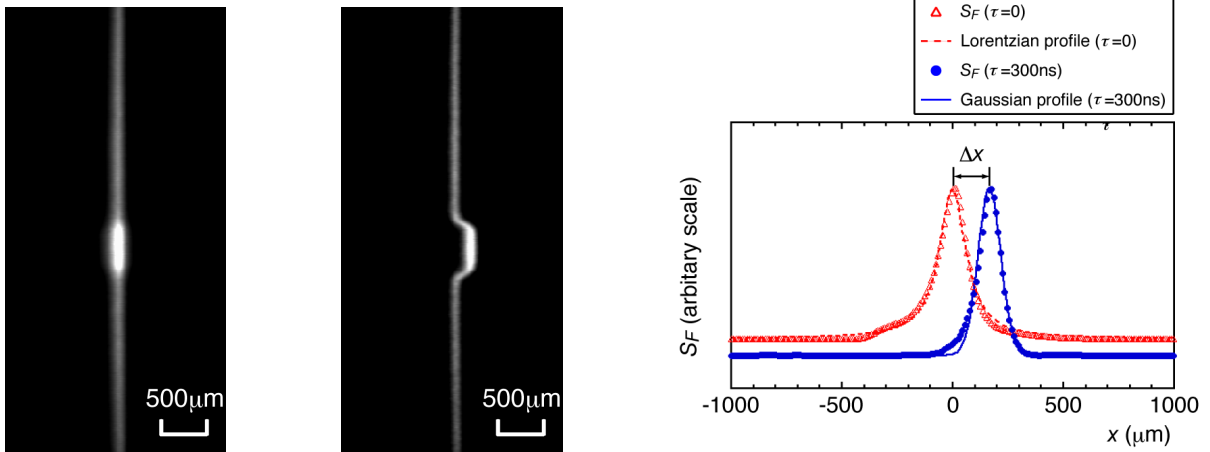


図 2 静止場の蛍光画像(画像左)と流れ場の蛍光画像(画像右). 噴流中心軸上の蛍光強度分布は $\tau=0$ のときはローレンツ分布で, $\tau=300\text{ns}$ のときはガウス分布でフィッティングできる(右図). フィッティングされた分布のピーク位置の差から速度を算出できる.

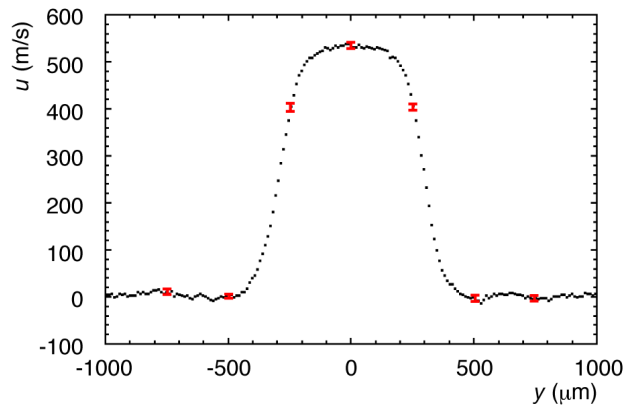


図 3 速度分布. 8回測定した平均値を結果として示している. 図のエラーバーは8回測定した結果から算出した速度の不確かさ 2σ (σ はばらつきの標準偏差).

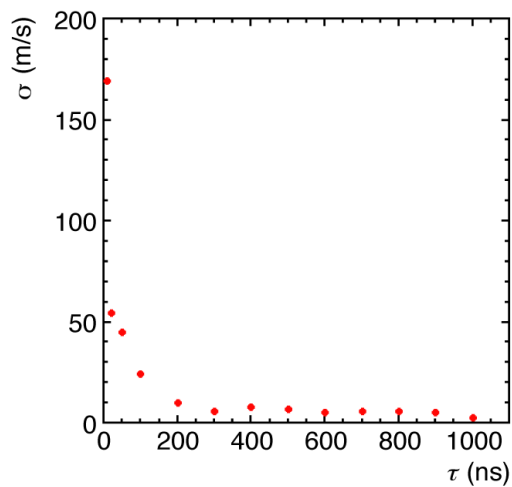


図 4 遅れ時間と計測した速度の不確かさ σ の関係. $\tau > \sim 300\text{ns}$ で不確かさは $\sim 6\text{m/s}$ とほぼ一定となる.