

レーザー誘起蛍光法によるマイクロ超音速ノズル内流れの数密度測定法に関する研究

田中晃平*, 神原秀仁**, 半田太郎***

*九州大学 大学院総合理工学府

**九州大学工学部

***九州大学 大学院総合理工学研究院

本研究では、スロート高さ286 μm 、出口高さ500 μm の二次元マイクロ超音速ノズル内における流れの数密度分布を、アセトンシードとしたレーザー誘起蛍光法で測定した。本研究グループの過去の研究⁽¹⁾により波長266nmのNd:YAGレーザーで励起したアセトンの蛍光強度は温度にほとんど依存せず、流れの数密度のみの関数となることが分かっている(図1)。特性曲線法で設計したマイクロノズルの中心軸上にレーザービームを照射し、ビーム上の蛍光強度をイメージインテンシファイア付きのCCDカメラで取得した(図2)。蛍光強度分布を図1に示す蛍光強度と数密度の関係をを用いると流れの数密度分布が求まる(図3)。本測定結果をナビエ-ストークス方程式に基づく数値解析と比較すると、測定結果は数値解析と良く一致し、本測定法がマイクロノズル内部の流れの状態量を測定するのに極めて有効な手法であることが実証された。

(1) Handa, T., et al., "Measurement of Number Densities in Supersonic Flows using a Method Based on Laser-Induced Acetone Fluorescence", Experiments in Fluids 2011, vol. 50, pp.1685-1694.

$$S_F = \eta_{\text{opt}} \frac{I}{hc/\lambda} dV_c n_{\text{ac}} \sigma(\lambda, T) \phi(\lambda, T, n) \quad (1)$$

| | |
|------------------|----------------------------|
| S_F : 蛍光強度 | η_{opt} : 集光効率 |
| I : レーザー強度 | h : プランク定数 |
| c : 光速 | λ : レーザー波長 |
| dV_c : 検査体積 | n_{ac} : アセトンの数密度 |
| σ : 吸収断面積 | ϕ : 蛍光放出率 |
| n : 流れの数密度 | T : 温度 |

$$S_F = C n_{\text{ac}} \phi_{\lambda=266\text{nm}}(n, T) \quad (2)$$

$\phi_{\lambda=266\text{nm}}$: レーザー波長266nmにおける蛍光放出率

C: 定数

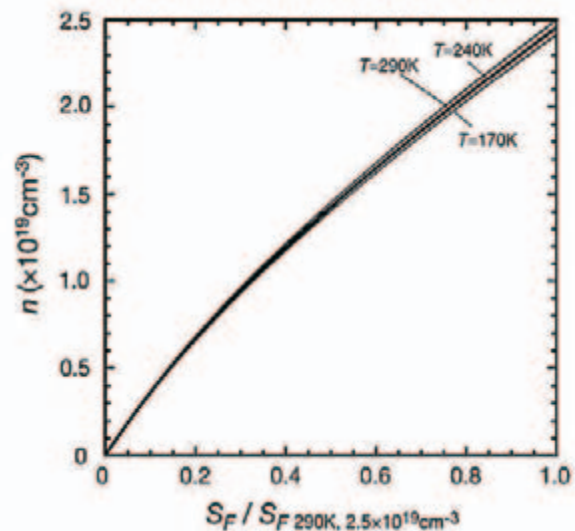
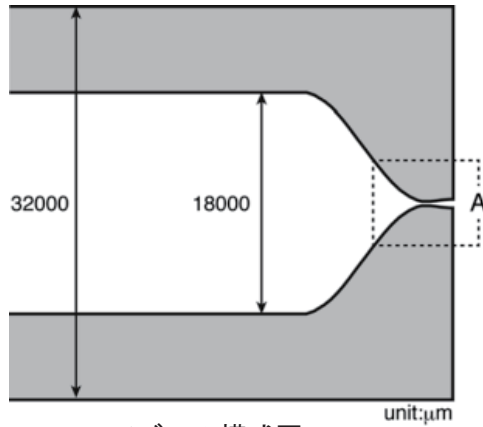


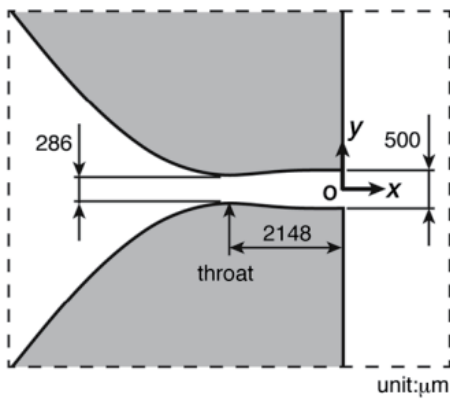
図1: アセトンの蛍光特性。式(1)はアセトンの蛍光強度を表す一般的な式。式(2)は波長266nmのレーザーで励起したときのアセトンの蛍光強度を表す式で、アセトンの蛍光強度は右図のように温度にほとんど依存せず、流れの数密度のみの関数とみなせる⁽¹⁾。



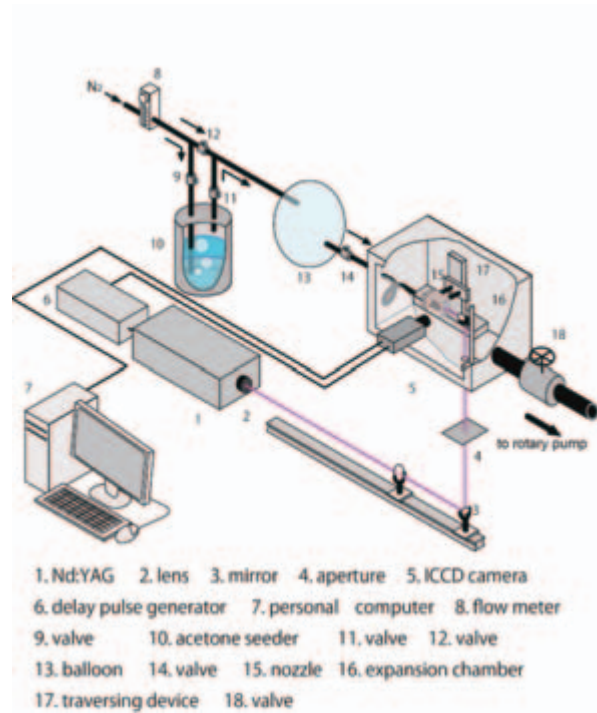
ノズルの模式図



マイクロノズルの写真



Aの拡大図



実験装置の模式図

図 2: マイクロノズルと実験装置の模式図. レーザーは流れの下流からノズル中心軸に沿って照射.

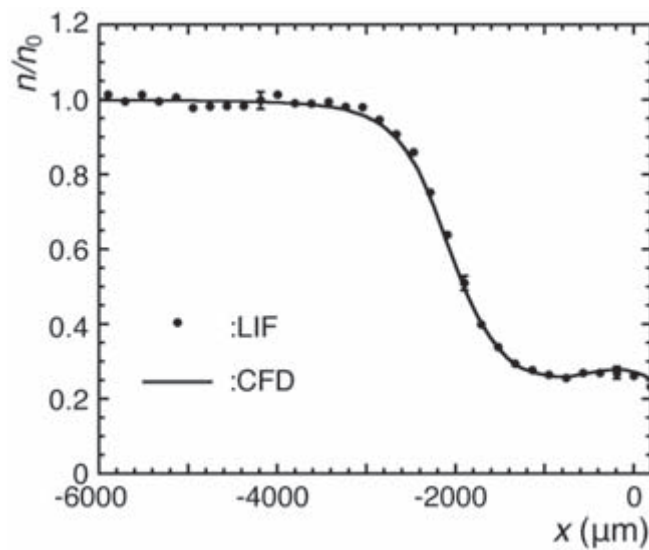


図 3: レーザー誘起蛍光法で測定したノズル中心軸上の数密度分布(測定結果と数値解析結果の比較).