

Team LIF レーザ誘起蛍光法およびレーザ散乱光法による微粒子粒径の定量計測法の開発

研究担当者 永野 恵行(M2) 小寺 克弥(B4) 横山 正則(B4)

2003 年ゼミ紹介資料

1. 研究背景・目的

直噴ディーゼル機関や筒内直接噴射式ガソリン機関では、燃焼室内の噴霧の微粒化などが燃焼、排気性能に直接的に影響を及ぼしている。このため、噴霧特性に関する詳細な情報が必要とされている。中でも、噴霧液滴粒径分布の情報は微粒化を評価する上で非常に重要な因子であり、これらの定量評価が強く望まれている。しかし、既存の粒径計測法は部分計測であり、非定常現象である噴霧において、粒径分布の情報を定量的に評価することは非常に困難である。そこで本研究では、噴霧中の任意の断面内における液滴群のザウタ平均粒径（SMD）の空間分布を計測できる光学式パタネータという計測法に着目し、本手法による噴霧液滴粒径の定量計測の実現を目的とする。

2. 計測原理

光学式パタネータの計測原理について簡単に示す。

蛍光物質を溶解した燃料噴霧に対して、レーザシート光を直行または平行に照射し、粒子からの蛍光と散乱光の画像を撮影する。

レーザシート照射面の単位面積あたりの蛍光強度を $i_f(r,z)$ 、散乱光強度を $i_s(r,z)$ とし、校正係数 K を用いると、 $D_{32}(r,z)$ は以下のように定義される。

$$D_{32}(r,z) = \frac{1}{K} \left(\frac{i_f(r,z)}{i_s(r,z)} \right)$$

なお、微小部分からの蛍光と散乱光は撮像装置の1画素に対応している。

このように、光学式パタネータは任意の2次元断面での蛍光強度と弾性散乱強度を測定し、校正係数 K を用いることにより、直接 D_{32} が計測可能となる計測手法である。

3. 昨年度の実験結果

本計測法の定量性を確立する上で校正係数 K の値を設定することが必要不可欠である。しかし、この K 値の特性に関しては把握されていない領域が多い。そこで、単一液滴列発生装置を用い、一定粒径の液滴に対して本手法を適用し、校正係数 K に影響を及ぼすパラメータに関して調査を行なった。

パタネータ計測

本計測法を用いて、粒径分布の定量計測を行なうには、同一被写体からの励起蛍光と弾性散乱光を同時計測する必要があるため、図1に示すように2台のI.I.付 CCD カメラを用いて撮影を行なった。

蛍光剤の濃度依存性

励起蛍光の強度は蛍光剤濃度に依存するため、 K 値の濃度依存性について調べた。ベース燃料として n-Tridecane を蛍光剤に Tetraline を用い、濃度範囲を 3, 4, 5 [vol%] に関して実験を行なった。表1に計測結果より算出した校正係数の値を示す。

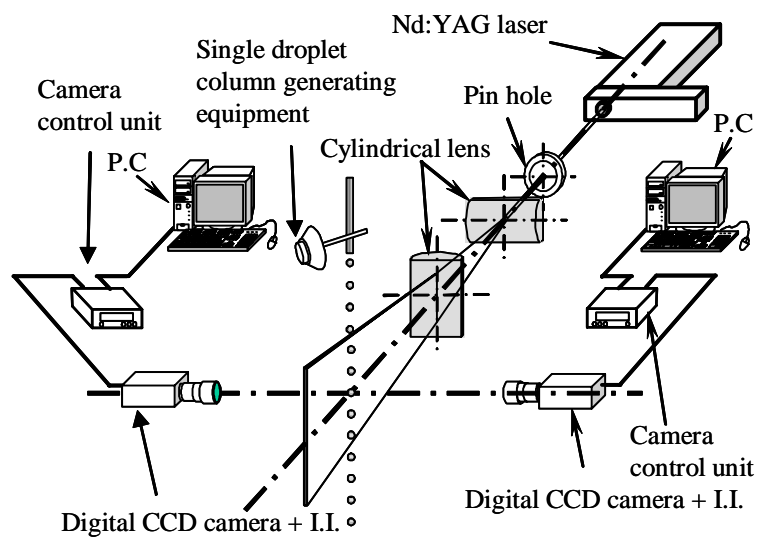


Fig.1 Optical Patternator system

本実験における濃度範囲では校正係数 K の値に関して、大きな差異は認められなかった。したがって、 K 値について蛍光剤濃度による影響はないものと考えられる。

粒径依存性

本計測法に関して不明な点の多い誤差要因として、本研究では K 値の粒径依存性に着目した。単一液滴列発生装置について内径 200, 500[μm]のノズルを用い、液滴粒径をパラメータとして実験を行なった。先と同様に表 2 に校正係数の算出結果を示す。

液滴粒径が変化すると、 K 値に関しても差異が生じる。したがって、 K 値には粒径による依存性があるものと考えられる。

4. 本年度の研究内容

昨年度の結果より、校正係数 K には粒径依存性があることが明らかとなった。そこで本年度は、 K 値の粒径依存に関する特性の把握を主眼とし、 K 値の定量性の確立を行なう。以下に、本年度における研究の流れを示す。

Step 1：燃料と蛍光剤の選択

校正係数 K の値は、燃料と蛍光剤の組み合わせに依存している。そこで、多種にわたる燃料・蛍光剤を用いて、その K 値を設定する必要がある。

Step 2：校正係数の設定

微小液滴の生成が可能である単分散液滴発生器を用いて、広範囲における K 値の調査を行なう。そして、校正係数 K の粒径依存に関する特性を把握する。

Step 3：噴霧計測実験

設定した校正係数を用い、室温大気圧場における噴霧計測を行なう。そして、既存の計測法と比較し、その定量性を検証する。

Table 1 Calibration coefficient (Optical Patternator : Injection pressure=constant)
nozzle:200 μm

Condition	Mixing ratio	3%	4%	5%
0.05 [MPa] ,0.95[kHz]		1.4	1.3	1.4

Unit[$10^{-6}/\text{mm}$]

nozzle:530 μm		Mixing ratio	Condition	3%	4%	5%
0.05 [MPa] ,0.35[kHz]		0.8	0.8	0.8	0.8	

Unit[$10^{-6}/\text{mm}$]

Table 2 Calibration coefficient (Optical Patternator : Mixing ratio =constant)
nozzle:200 μm

Mixing ratio	Condition	0.05[MPa]	0.10[MPa]	0.15[MPa]
5%		1.4	1.4	1.4

Unit[$10^{-6}/\text{mm}$]

nozzle:530 μm		Mixing ratio	Condition	0.04[MPa]	0.05[MPa]	0.06[MPa]
5%		0.9	0.8	0.8	0.8	

Unit[$10^{-6}/\text{mm}$]