

マイクロプローブL2Fによるディーゼル噴霧計測

駒田 佳介

長崎大学 教育研究支援部 機械系技術室

1. 概要

ディーゼル機関の排気改善には燃料噴霧の微粒化が有効であり、さらなる燃焼改善には微細噴孔から高速で噴射される噴霧特性の詳細を把握する必要がある。特に噴孔出口部あるいはその近傍の噴霧特性は、ノズル設計ならびに噴射条件による制御パラメータ、噴霧分裂過程モデリングの基礎情報、および噴霧分裂シミュレーションの初期条件として注目されている。しかし、高数密度領域における液滴の速度とサイズのデータはほとんど報告されていない。

著者は 2 つの焦点の間を液滴が飛行する時間を計測して速度を求めるレーザ 2 焦点流速計 (L2F : Laser 2-Focus velocimeter) に散乱時間計測機能を付加することによって噴霧液滴の速度とサイズの同時計測を行った。本研究では、コモンレールインジェクタから大気中に噴射される燃料噴霧液滴の速度とサイズを計測し、噴孔出口下流 12mm における噴霧特性を調査した。

2. 実験方法および計測方法

液滴数密度が高い噴霧コア部のレーザ流速計を用いた計測では多重散乱を避けることが重要であり、測定体積をできるだけ縮小することが望まれる。図 1 は L2F の焦点構造を示す。本研究の L2F の特徴は焦点が回折限界近傍まで集光されていることであり、焦点直径 F は約 $3\mu\text{m}$ 、焦点間距離 S は $14\mu\text{m}$ であり測定体積をマイクロスケールとした。

液滴が 2 つの焦点間を飛行する時間 t_1 、上流焦点で液滴が焦点を通過する際の散乱時間 t_2 を周波数 160MHz のクロックで計数する。速度 u は 2 焦点間距離 S を飛行時間 t_1 で割ることにより求める。

$$u = \frac{S}{t_1} \quad (1)$$

また、液滴サイズ dp は、2 焦点間距離 s と液滴サイズ dp +焦点直径 F の比が飛行時間 t_1 と散乱時間 t_2 の比に対応することから、

$$dp = u \cdot t_2 - F \quad (2)$$

より求める。

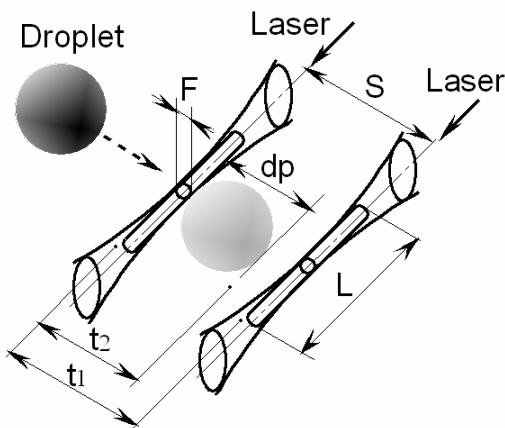


Fig1.Measurement prove of L2F

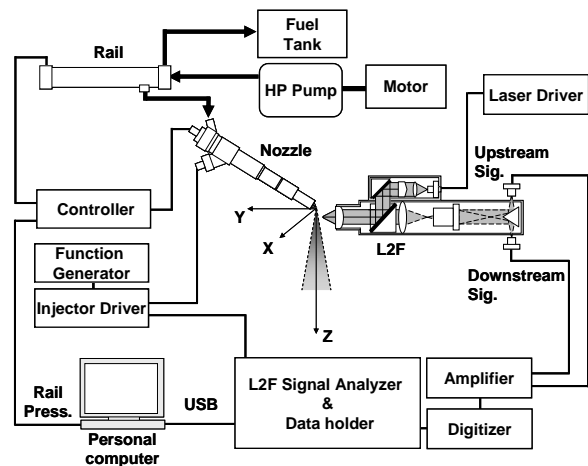


Fig2.Fuel spray measurement system

図 2 は L2F による噴霧計測システムを示す。噴霧計測では、コモンレールにより供給される燃料をレール圧 80MPa において噴孔径 0.113mm の 5 噴孔ノズルから大気中に間欠噴射した。ファンクションジェネレータからの噴射信号印加時間は 1ms である。また、測定位置を表記するために噴霧軸方向に z 軸を、L2F のレーザ光軸と垂直に x 軸を取り、計測は z=12mm で行った。測定点は噴霧中心(x=0mm)から±0.6mmを 0.1mm 間隔に 13 点とし、各測定点でそれぞれ 10,000 点の L2F データを取得した。

3. 結果および考察

図 3 は x=-0.1mm における液滴の速度データと、それらを時間窓 0.1ms 毎に算術平均した時間変化を示しており、横軸は噴射信号印加開始からの経過時間である。液滴間隔が 2 焦点間隔より狭い場合には、上流焦点を通過した液滴が下流焦点に達する前に異なる液滴が下流焦点を通過し測定結果は過大速度になる。本報告ではベルヌーイ速度より高速の場合、過大速度として除去した。図より噴霧は時刻約 0.75ms の時に測定位置に到達し、その時刻から、インジェクタへの噴射信号印加時間である 1ms の間に多くの液滴が計測されていることが分かる。また、液滴速度の時間平均については同様の時間幅において変化が少なく、ほぼ横ばいとなっており、その後、液滴の速度は急に減速している。

図 4 は各測定点における全有効データの液滴速度、液滴サイズおよびデータレートの算術平均を示す。液滴速度は噴霧中央部から外縁部に向かうにつれ減少しているのに対し、噴霧中心と外縁部においてはサイズの大きな液滴が測定点を通過している。また、x=0mm において液滴サイズが周りに比べ小さくなっているが、それぞれのデータは噴霧中央部近傍で最大になっており、ほぼ軸対称になっていることが分かる。

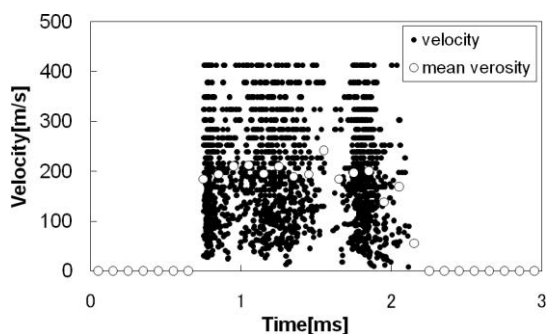


Fig.3 Plot of velocity data
(x=-0.1mm)

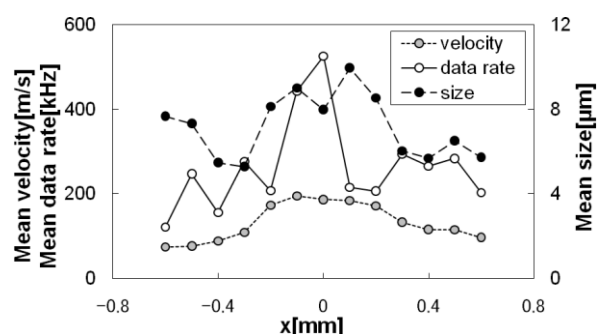


Fig.4 Spatial distributions of mean velocity ,
data rate and size

4. まとめ

マイクロスケールの測定体積を持つマイクロプローブ L2F を用いて、コモンレールインジェクタから大気中に間欠噴射された燃料噴霧を、噴霧軸に沿って噴孔出口から 12mm の噴霧コア部において計測した。レール圧 80MPa に設定し、液滴速度、液滴サイズおよびデータレートについて空間分布を調べ、以下のことを明らかにした。

- (1)噴霧先端が測定位置に達した時期から L2F のデータが取得できることを確認した。
- (2)噴霧コア部において液滴の速度、サイズ、データレートは噴霧の中心部最大となり、噴霧軸に対しほぼ軸対称になっている。