

位相ドップラ法のディーゼル噴霧への適応性に関する研究

Study on Adaptability to Phase Doppler Method for Diesel Spray

奥村 宜宗 (Norimune OKUMURA) 同志社大学大学院 (Doshisha Univ.)
 竹田 哲馬 (Tetsuma TAKEDA) 同志社大学大学院 (Doshisha Univ.)
 千田 二郎 (Jiro SENDA) 同志社大学 (Doshisha Univ.)

It is very significant to obtain the information of droplets in an unsteady spray, that is, a diesel spray, to find the countermeasure against very severe regulation relating to the exhaust gas through a CI engine. One of useful technique is to apply the Phase Doppler Anemometry (PDA) for this kind of spray. However, there are some limits to measure the droplet diameter and its velocity because the number of droplets passing through a unit volume is too much dense and their velocity is also too much fast near the nozzle outlet. This paper describes this kind of limit of PDA.

Keywords: Phase Doppler, Diesel, Spray, Droplet, Measurement point, Count number of droplet

1. 緒言

ディーゼル機関から排出される有害物質の低減のためには燃料噴射技術の改善が必要であり、そのためには噴霧構造や噴霧特性を把握することが重要である。その中で、本研究では粒径や液滴速度などの液滴レベルの微視的な特性に着目した。

現在用いられている液滴計測装置の一つとして、粒径と液滴速度の同時計測が可能な位相ドップラ流速計(Phase Doppler Anemometry: PDA)⁽¹⁾が挙げられる。PDAを用いた計測により、燃料液滴の粒径と液滴速度を定量的に比較・評価を行なうことが可能となれば、噴霧構造をより明確に把握することが可能となる。そこで、実際にディーゼル噴霧に対し高密

度場対応のPDAを用いて多点計測を行なった結果、図1に見られる計測粒子数が0の期間があることがわかった。つまり、これは計測不可能な期間が存在することを意味する。そのため本研究では、PDAを用いて噴霧を噴霧軸方向・半径方向に各4水準を取る計16点で計測し、PDAの計測限界点を実験的に把握することを目的とした。

また、噴射条件を実験パラメータとし噴射条件の変化と計測粒子数が0となる計測点の変化の関係、噴射条件の変化と同じ計測点に対する計測粒子数の変化の関係も確認したので併せて報告する。

2. 実験装置および原理

2.1 PDA システム

本研究では、PDA(DANTEC DYNAMICS, HiDense PDA System)をディーゼル噴霧に適応した。PDAの諸元を表1に示す。送光系には DANTEC60X41を用い、プローブ直径60mm、焦点距離310mmである。また、倍率1.98のビームエキスパンダを装着し、ビーム径は2.67mm、ビーム間隔は75.24mmとした。受光系は受光口径78mm、焦点距離310mmのディテクタを用いた。なお、受光器内部の空間フィルターは25 μ mのピンホールを用い、受光方式は3ディテクタ方式とした。信号処理ソフトはBSAFlowを用い、バーストスペクトラムアナライズ(FFT)方式で処理を行なった。なお、信号処理器のバンド幅は120MHzであり、これは流速計測レンジの最大260m/sに相当する。また、粒径計測レンジは最大54 μ mである。

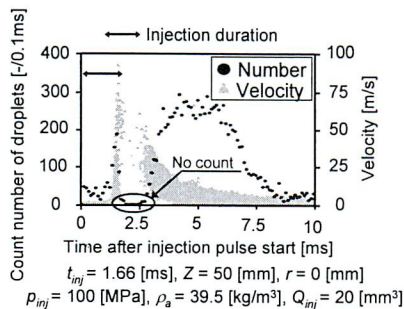


Fig.1 Example of time history of count number of droplets and their velocity

原稿受付:2006年1月23日

なお, PDA の原理の詳細は参考文献⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾に委ねる.

2.2 ディーゼル噴霧に対する PDA の最適化手順

本研究では, 高濃度領域を計測するため, 計測領域を最小限にすることで多重散乱の影響を限りなく小さくした. 計測領域の径を小さくしすぎると, レーザ光の Gaussian 特性の影響で計測値が異なるが, 本研究で用いた信号処理器では, 極端に大きい粒子でない限り, その影響は無視できる. また, 高濃度での計測を可能にするため, レーザ出力も装置上ほぼ最大値(各光線 200mW 出力)が得られるように信号処理器を設定した. このため, 干渉縞間隔が小さくなっているが, これに対応するため信号処理器のバンド幅は装置上最大値 120MHz (流速 260m/s に相当)を用いた. もしバンド幅が十分でない場合には, 干渉縞を少し大きくし, 速度レンジを大きくする必要があるが, 本研究でのディーゼル噴霧の場合, 上記の設定で速度計測が許容できた.

2.3 燃料噴射装置および供試ノズル

燃料噴射装置には噴射圧, 噴射量や噴射時期の制御が可能なコモンレール式燃料噴射装置⁽²⁾を用い, 噴射ノズルには単孔ノズルを使用した. ノズルの諸元を表 2 に示す. また, 供試燃料として JIS2 号軽油を用いた.

3. 実験方法および実験条件

3.1 実験方法

図 2 に PDA を用いた光学系および計測装置の概略図を示す. 光源として連続発振が可能である Ar⁺レーザー(波長 514[nm], Spectra-Physics)を用いた. Ar⁺レーザーはドライバボックス内で分光され, 光ファイバを介してトランスミッタより出射される. そして二本のレーザー(各光線 200mW 出力)を交差させることにより高圧定容容器内に計測体積を形成し, 粒径と液滴速度を計測した. また, ディテクタは粒子からの散乱光のうち表面反射光が減衰し, 一次屈折光が支配的となる位置に配置する必要があるため, レーザ入射方向から 30°の位置に設置した. また, ディテクタには 3 個のフォトマルチプライア(光電子倍増管)が設置されており, 位相差を検出する組み合わせを二種類持つことで, 1 つの粒子から 2 つの位相差を検出している.

3.2 実験条件

本研究では, 噴射量, 噴射圧および雰囲気密度を実験パラメータとし, 室温場の下で実験を行なった. 実験条件を表 3 に示す. また, それぞれの実験条件に対し, 図 3 に示すように噴霧軸方向・半径方向に各 4 水準を取る計 16 点で計測を行なった. なお, 噴射は 4 秒周期で行ない, 噴射回数 は 75 回とした.

Table 1 Main dimension of PDA

Diameter of measurement volume	D_m [mm]	76.0
Volume length of measurement	L_m [mm]	0.63
Fringe spacing	F_s [mm]	2.14
Laser crossing angle	L_a [deg.]	8.13
Receiver angle	R_a [deg.]	30.0

Table 2 Specification of injection nozzle

Number of holes	n	1
Diameter of nozzle hole	d [mm]	0.24
Length of nozzle hole	l [mm]	1.2
Max. needle lift	L_{max} [mm]	0.35
Injection angle	α [deg.]	160

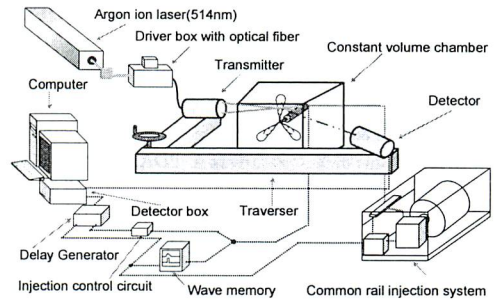


Fig.2 Schematic diagram of optics

Table 3 Experimental condition

Injection pressure P_{inj} [MPa]	60, 80, 100, 120	100	100
Ambient density ρ_a [kg/m ³]	39.5	39.5	1.17, 18.6, 39.5
Ambient pressure P_a [MPa]	2.0	2.0	0.10, 1.0, 2.0
Injection quantity Q_{inj} [mm ³]	20	5, 10, 15, 20	20
Injection duration t_{inj} [ms]	1.66	0.53, 0.88, 1.18, 1.66	1.66
Ambient gas	CO ₂	CO ₂	Air, CO ₂
Temperature T_a [K]	300	300	300
Fuel	JIS second class gas oil		

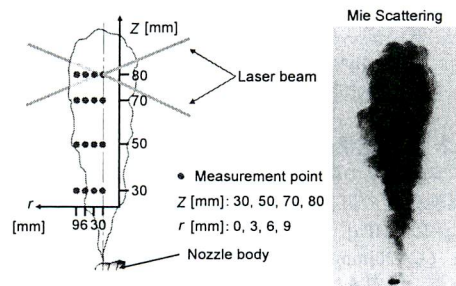


Fig.3 Measurement point and spray image

3.2.1 噴射量について

噴射量をパラメータとした実験では、 $Q_{inj}=5, 10, 15, 20[\text{mm}^3]$ とし、噴射圧は $p_{inj}=100[\text{MPa}]$ とした。なお、雰囲気密度は $\rho_a=39.5[\text{kg}/\text{m}^3]$ とし、雰囲気気体には CO_2 を用いた。

3.2.2 噴射圧について

噴射圧をパラメータとした実験では、 $p_{inj}=60, 80, 100, 120[\text{MPa}]$ とし、噴射量は $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ とした。なお、雰囲気密度は $\rho_a=39.5[\text{kg}/\text{m}^3]$ とし、雰囲気気体には CO_2 を用いた。

3.2.3 雰囲気密度について

雰囲気密度を実験パラメータとした実験では、 $\rho_a=1.17, 18.6, 39.5[\text{kg}/\text{m}^3]$ とし、噴射圧を $p_{inj}=100[\text{MPa}]$ とした。なお、雰囲気気体には CO_2 および Air を用い、 $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ とした。

4. PDA 計測の問題点および実験結果の定義

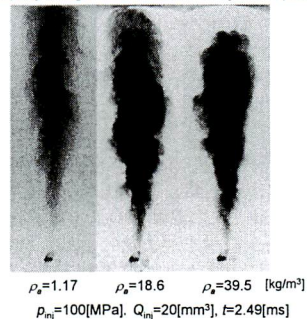
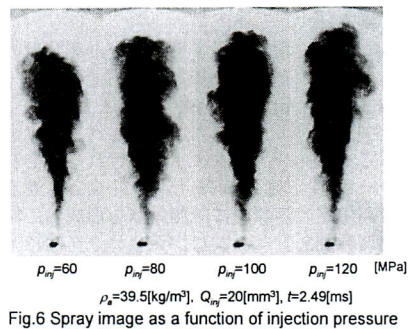
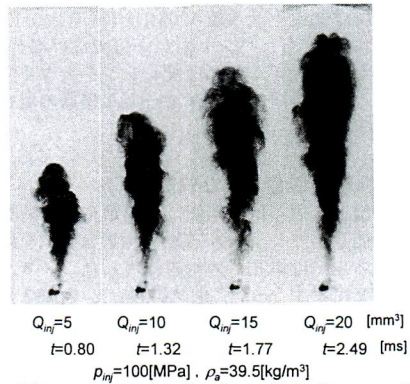
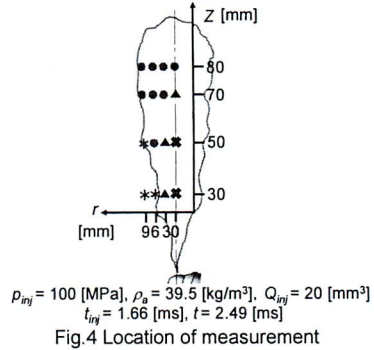
4.1 PDA 計測の問題点

高速かつ高密度である噴霧を PDA 計測するには、現在の計測装置では限界がある。そこで、計測が困難となると考えられる条件および理由を以下に記す。

- (1) 計測体積内を複数の粒子が通過した場合、複数の信号が重ね合わさり検出されるため、各粒子の位相差を認識することができない。その結果、位相差から粒径に変換することが不可能となるため計測が困難となる。
- (2) 液滴数密度が高い場合、レーザ光路上に存在する粒子により強度が減衰するため、計測体積内を追加する粒子の散乱光が弱くなる。その結果、散乱光の信号がノイズに埋もれてしまうため、計測が困難となる。
- (3) 高速噴霧の場合、粒子は雰囲気気体から加わる抗力により、非球形な粒子となる。非球形な粒子を計測すると、信号から検出された2つの位相差から計算される曲率に差が生じる。この非球形な粒子をデータとして取り込むと、精度の低いデータとなる。このため本研究では球形率が 22.14%以下となった粒子データは取り込まない設定とした。

4.2 実験結果の定義

実験結果の例として、図4に本実験で基準とした実験条件の計測結果を示す。実験条件は噴射圧を $p_{inj}=100[\text{MPa}]$ 、雰囲気密度を $\rho_a=39.5[\text{kg}/\text{m}^3]$ 、噴射量を $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ とした。図中●は計測に問題の無い位置、図中▲は1回の燃料噴射につき、0.1[ms]間に計測粒子数が平均2個以下、つまり噴射終了時まで



150 個以下の計測期間がある位置、図中×は高速かつ高密度場であるため、散乱光の減衰や、非球形な粒子が原因で、計測粒子数が 0 となる期間がある位置、図中*は噴霧外縁部付近、または噴霧が通過しない位置であるため、計測体積内を通過する粒子が少なくなり、計測に不適切な位置とした。

5. 実験結果および考察

5.1 対象としたディーゼル噴霧の噴霧構造

Mie 散乱法より得られた画像より、本研究で対象としたディーゼル噴霧の噴霧構造を説明する。画像撮影時期 t は、噴射期間 t_{inj} を 8 分割して噴射開始 $t/t_{inj}=1/8$ から噴射終了後 $t/t_{inj}=12/8$ まで撮影し、その 12 番目の画像 $t/t_{inj}=12/8$ を用いた。

ここで噴霧先端到達距離は、 $t/t_{inj}=12/8$ における噴孔から噴霧先端までの距離とする。噴霧角は、 $t/t_{inj}=12/8$ における噴孔から噴霧先端到達距離の 70[%]の位置での噴霧外縁部と噴孔を結ぶ直線の頂角とする。噴霧円錐角は噴孔から 1[mm]離れた位置での噴霧外縁と噴孔のエッジを通る直線を結ぶ頂角とする。

まず、噴射量変化における噴霧画像を図 5 に示す。 $Q_{inj}=5[\text{mm}^3]$ のとき、噴霧先端到達距離は 55.7[mm]、噴霧角は 21.6[deg.]、噴霧円錐角は 18.5[deg.]であった。 $Q_{inj}=10[\text{mm}^3]$ のとき、噴霧先端到達距離は 75.3[mm]、噴霧角は 20.1[deg.]、噴霧円錐角は 21.9[deg.]であった。 $Q_{inj}=15[\text{mm}^3]$ のとき、噴霧先端到達距離は 90.1[mm]、噴霧角は 19.0[deg.]、噴霧円錐角は 19.4[deg.]であった。 $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ のとき、噴霧先端到達距離は 104.8[mm]、噴霧角は 20.3[deg.]、噴霧円錐角は 19.2[deg.]であった。

噴射圧変化における噴霧画像を図 6 に示す。 $p_{inj}=60[\text{MPa}]$ のとき、噴霧先端到達距離は 100.6[mm]、噴霧角は 23.5[deg.]、噴霧円錐角は 18.3[deg.]であった。 $p_{inj}=80[\text{MPa}]$ のとき、噴霧先端到達距離は 103.4[mm]、噴霧角は 21.5[deg.]、噴霧円錐角は 19.5[deg.]であった。 $p_{inj}=120[\text{MPa}]$ のとき、噴霧先端到達距離は 108.2[mm]、噴霧角は 22.2[deg.]、噴霧円錐角は 19.2[deg.]であった。なお、 $p_{inj}=100[\text{MPa}]$ のときは上記噴射量変化 $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ と同等である。

雰囲気密度変化における噴霧画像を図 7 に示す。 $\rho_a=1.17[\text{kg/m}^3]$ の噴霧特性は、噴霧が撮影視野を超えたため正確な値を計測することは不可能であった。 $\rho_a=18.9[\text{kg/m}^3]$ のとき、噴霧先端到達距離は 114.7[mm]、噴霧角は 19.4[deg.]、噴霧円錐角は 18.7[deg.]であった。なお、 $\rho_a=39.5[\text{kg/m}^3]$ のときは上記噴射量変化 $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ と同等である。

5.2 計測点の変化による影響

5.2.1 噴霧軸方向距離の変化による影響

図 4 より計測結果は噴霧軸方向の距離

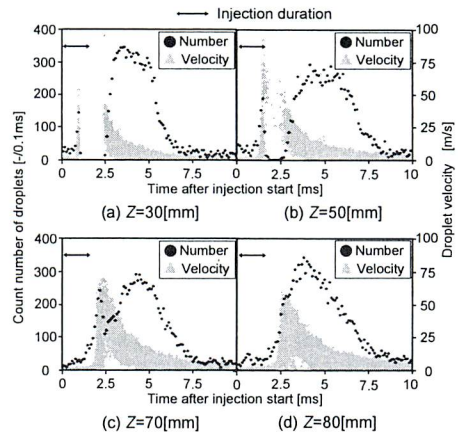


Fig.8 Temporal distribution of count number of droplets and their velocity at spray axis

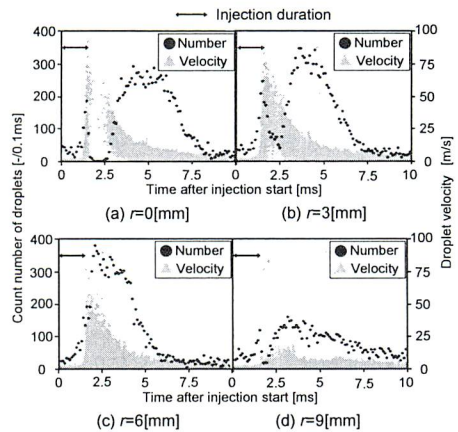


Fig.9 Temporal distribution of count number of droplets and their velocity in radial direction

$Z=30[\text{mm}]$: ×, $Z=50[\text{mm}]$: ×, $Z=70[\text{mm}]$: ▲, $Z=80[\text{mm}]$: ●であった。これらの結果が得られた詳細な原因を追究するため、図 8 に噴霧軸上で軸方向距離 Z を変化させて計測した計測粒子数および液滴速度の時間変化を示す。縦軸は 0.1[ms]あたりの計測粒子数および液滴速度、横軸は時間とした。

Z が増加するに伴い、計測が容易になる原因として、噴霧は噴孔からの距離が増加するほど微粒化および拡散が促進されると考えられる。このため、 Z が増加するに伴い、液滴数密度が減少するため、計測しやすくなることが考えられる。

また、図 8 より、各条件において計測された液滴速度を比較すると、 $Z=50, 70, 80 [\text{mm}]$ の順に遅くなっている。これより、計測点が噴孔から離れるにつれ、液滴速度が低下し非球形な粒子が減少するこ

とで、計測が容易になると考えられる。さらに、 $Z=30[\text{mm}]$ での液滴速度が最も低くなっているが、これは噴孔に最も近い条件であり、液滴数密度と液滴速度が高いため、計測不可能な期間が長く、液滴速度が低くなる時刻から液滴が計測され始めたためと考えられる。

5.2.2 噴霧半径方向距離の変化による影響

図 4 より、 $Z=50[\text{mm}]$ の位置での計測結果に $r=0[\text{mm}]$: \times , $r=3[\text{mm}]$: \blacktriangle , $r=6[\text{mm}]$: \bullet , $r=9[\text{mm}]$: $*$ となる変化が見られた。これらの結果が得られた詳細な原因を追究するため、図 9 に軸方向距離を $Z=50[\text{mm}]$ とし噴霧半径方向の距離 r を変化させて計測した計測粒子数および液滴速度分布の時間変化を示す。図 9 より、 $r=0 [\text{mm}]$ の場合、計測粒子数が 0 の期間があるが、 $r=3[\text{mm}]$ になると、計測粒子数が増加している。 $r=6[\text{mm}]$ は、計測粒子数の減少が見られなくなる。この原因として二つの理由が考えられる。まず、噴霧軸からの距離が増加すると噴霧は微粒化および拡散が促進されると考えられるため、噴霧軸から噴霧外縁部に近づくにつれ液滴数密度が減少するため計測が困難となる原因が緩和されたと推測される。次に、本実験では半径方向距離 r の移動方向をレーザー入射方向から垂直方向としているため、これにより、計測点までにレーザーが通過する噴霧領域が減少し、計測点へ入射するレーザー光の強度が減衰しにくくなる。このため、粒子の散乱光の計測が容易になったと考えられる。

また、 $r=9[\text{mm}]$ は計測粒子数が少なくなっている。この理由として、 $Z=50[\text{mm}]$ での噴霧幅を計測すると $21.4[\text{mm}]$ であったことから、 $r=9[\text{mm}]$ は噴霧外縁部付近の計測となっていたことがわかる。このため、計測体積内を通過する粒子が少なくなり、計測粒子数が少なくなると考えられる。

これらのことから、噴霧外縁部に到達しない範囲では r が増加するに伴い、計測が容易になると考えられる。

5.3 噴射量の影響

図 10 に、噴射量をパラメータに用いた場合の計測結果を示す。図 10 より、噴霧が通過しない位置以外で計測粒子数が 0 の期間があった位置は、噴射量 $Q_{inj}=20[\text{mm}^3]$ の時、 $Z=30, 50[\text{mm}]$: $r=0[\text{mm}]$ 、噴射量 $Q_{inj}=15, 10[\text{mm}^3]$ の時、 $Z=30[\text{mm}]$: $r=0[\text{mm}]$ の位置であった。これらの結果から、顕著に結果が異なった $Z=50[\text{mm}]$: $r=0[\text{mm}]$ の計測結果に着目する。図 11 に噴射量を変化させて計測した計測粒子数および液滴速度の時間変化を示す。図 11 より、噴射量を減少させると、計測粒子数の減少が見られなくなることがわかる。また、噴射量が減少すると、液滴数密度が低下し、レーザーの減衰がしにくくなるため計測が容易になると推測できる。

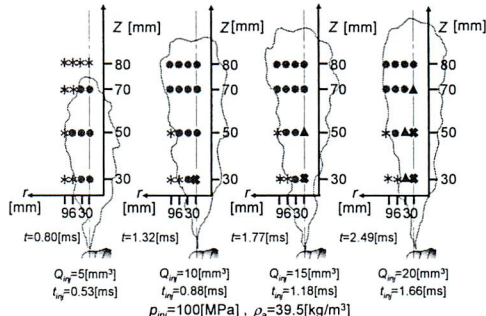


Fig.10 Effect of injection quantity on measuring capability

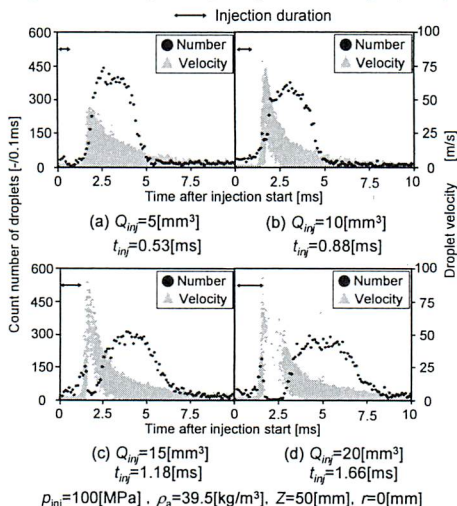


Fig.11 Temporal distribution of count number of droplets and their velocity as a function of injection quantity

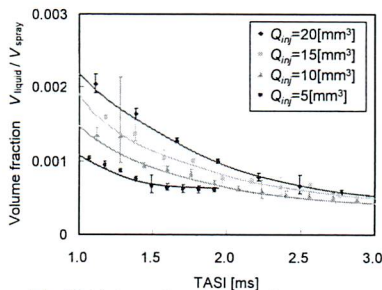


Fig.12 Volume fraction results at injection quantity changes

そこで詳細に議論するために、図 12 に各噴射量における、噴霧に対する燃料の体積割合の時間変化を示す。縦軸を噴霧と燃料の体積割合とし、横軸を時間とした。ここで、縦軸の V_{liquid} は噴霧モーメント法⁽⁶⁾によって得られた噴射率波形からその時刻における噴射量を求め、 V_{spray} は噴霧画像を図 13 のように 1pixel 厚さの円板の集合体と仮定して積算した値

である。図 12 より噴射量が減少すると、噴霧に対する燃料の体積割合が低下していることが確認できる。つまり、噴射量が減少するに伴い、噴霧内の液相の割合が低下し、液滴数密度が低下していると考えられるため、計測が容易となる傾向が見られたといえる。

これらのことより、噴射量を減少させると液滴数密度が低くなることから、計測粒子数が増加すると考えられる。

また噴射量が $5[\text{mm}^3]$ の場合、噴霧の運動量が小さく雰囲気気体から受ける抵抗により、 $Z=80[\text{mm}]$ の位置に噴霧が届かない。このため、 $Z=80[\text{mm}]$ の位置は計測に不適切な位置であることがわかる。

5.4 噴射圧の影響

図 14 に、噴射圧をパラメータに用いた計測結果を示す。図 14 より、噴霧が通過しない位置以外で計測粒子数が 0 となる期間があった位置は、すべての噴射圧において、 $Z=30, 50[\text{mm}] : r=0[\text{mm}]$ の位置であった。これらの位置は、高速かつ高密度場であるため、散乱光の減衰や、非球形な粒子などが原因となり、計測が困難になると考えられる。また、噴射圧の変化によって計測結果に変化の現れた計測点は $Z=70[\text{mm}] : r=0[\text{mm}]$ のみであり $p_{inj}=60[\text{MPa}]$, $p_{inj}=80[\text{MPa}] : \bullet$, $p_{inj}=100[\text{MPa}]$, $p_{inj}=120[\text{MPa}] : \blacktriangle$ となった。そこで図 15 に、 $Z=70[\text{mm}] : r=0[\text{mm}]$ において噴射圧を変化させて計測した計測粒子数および液滴速度の時間変化を示し、図 15 を用いてこの変化の原因を考察する。図 15 より、噴射圧を増加させると比較的液滴速度の速い期間において、計測粒子数が谷状に減少していくことがわかる。この原因として、液滴数密度が高くなる、レーザー光が減衰し、粒子の散乱光を検知できなくなることや、液滴速度が速くなるため非球形粒子となることが挙げられるが、主な原因が明確ではないと言える。

そこで、原因を追究するため、図 16 に各噴射圧における、噴霧に対する燃料の体積割合の時間変化を示す。縦軸を噴霧内の燃料の体積割合とし、横軸を時間とした。図 16 より、噴射圧を増加させると噴霧に対する燃料の体積割合が低下していることが確認できる。この結果から、噴射圧が増加すると噴霧内の液相の割合が低下し、液滴数密度が低下していると考えられるため、計測が容易な傾向になると推察される。しかし、実際の計測結果は噴射圧が増加すると計測粒子数が減少する傾向を示すため、計測が困難となる原因が液滴数密度の増加であるとは考えにくい。

そこで図 15 の速度分布に着目すると、液滴速度の最高値は噴射圧が増加するに伴い大きくなることがわかる。また、液滴速度は計測粒子数の減少が始まる付近で最高値を示すことが確認できる。この相関性から、噴射圧が増加すると液滴速度が速くなり、

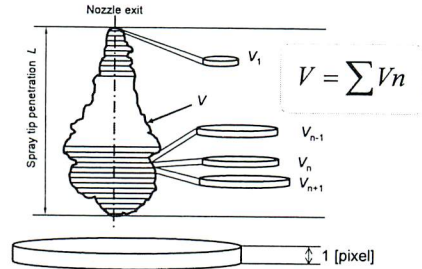


Fig.13 Calculation of spray volume

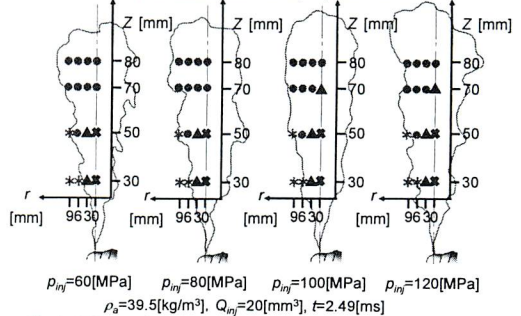


Fig.14 Effect of injection pressure on measuring capability

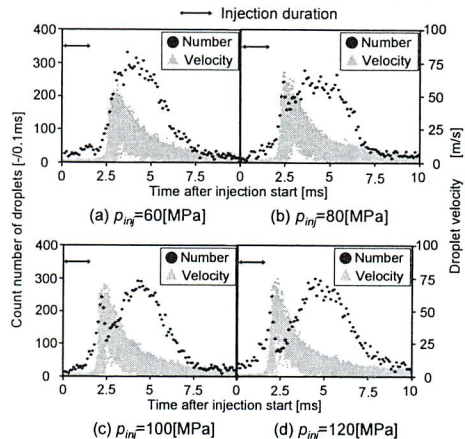


Fig.15 Temporal distribution of count number of droplets and their velocity as a function of injection pressure

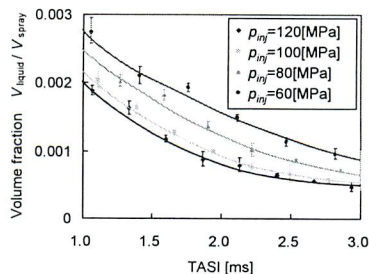


Fig.16 Volume fraction results at injection pressure changes

非球形粒子となりやすくなるため、計測粒子数の減少が生じると考えられる。

5.5 雰囲気気密度の影響

図 17 に、雰囲気気密度をパラメータに用いた計測結果を示す。図 17 より、噴霧が通過しない位置以外で計測粒子数が 0 である期間がある位置は、雰囲気気密度が 39.5, 18.6[kg/m³]の時 $r=0$ [mm]において、 $Z=30, 50$ [mm]の位置であった。また、雰囲気気密度が 1.17[kg/m³]の時、噴霧軸上のすべての位置で計測粒子数が 0 となる時間が存在した。また、 $r=3$ [mm]の位置においても雰囲気気密度が減少すると、計測粒子数が減少する傾向が予測できる。そこで、雰囲気気密度の影響を詳細に確認するため、計測結果が変化した $Z=70$ [mm] : $r=3$ [mm]において比較を行なった。

図 18 に $Z=70$ [mm] : $r=3$ [mm]での雰囲気気密度を変化させて計測した計測粒子数および液滴速度の時間変化を示した。図 18 より、雰囲気気密度を減少させると、計測粒子数が減少する現象が大きくなっていることがわかる。また、計測粒子数が減少している期間では、液滴速度が増加している。図 19 に雰囲気気密度を変化させ、時間に対する噴霧と燃料の体積割合を示す。図 19 より雰囲気気密度を減少させると噴霧と燃料の体積割合が小さくなっていることが確認できる。雰囲気気密度が減少すると、噴霧内の液相の割合が低くなり、計測が容易となる傾向が現れることが予想される。しかし、計測結果は逆に計測粒子数が低下する傾向を示した。このため、雰囲気気密度を変化させた場合の液相の体積割合の変化は計測に対し影響が小さいと考えられる。また図 18 より雰囲気気密度が低下するにつれて計測される液滴の最高速度が増加していることがわかる。このため、計測粒子数が減少する原因は、液滴速度が速くなることで非球形粒子となりやすくなるため、燃料が空気と十分混合せず非常に方向性の強い噴流が存在するための両者が考えられる。

また、図 20 に示すように雰囲気気密度が 1.17[kg/m³]の場合、 $Z=70$ [mm] : $r=0$ [mm]において、速度が一定の値以上計測できていないことがわかる。これは、計測可能な液滴速度の限界を上回っていることが原因である。

6. おわりに

本研究から、以下のような知見を得た。

- (1) 計測位置が噴孔に近づくとき、比較的高速な粒子が通過する期間において計測粒子数が減少する。
- (2) 噴霧半径方向距離の増加に伴い、噴霧外縁部に到達しない範囲で比較的高速な粒子が通過する期間において計測粒子数が増加する。
- (3) 噴射量を減少させると、比較的高速な粒子が通過する期間において噴霧軸距離が短い条件での

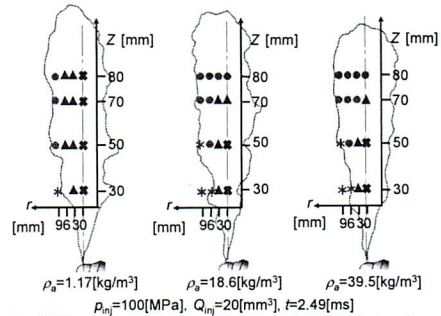


Fig.17 Measurement capability against ambient density

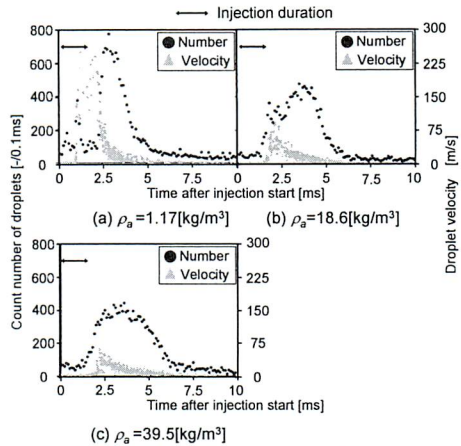


Fig.18 Temporal distribution of count number of droplets and their velocity against ambient density

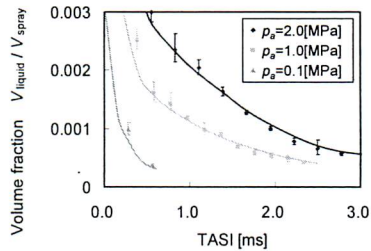


Fig.19 Volume fraction results at ambient pressure changes

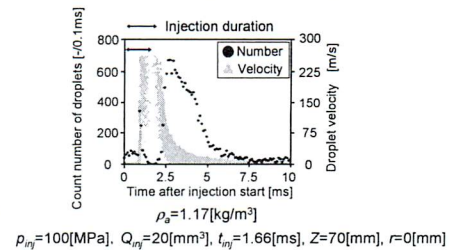


Fig.20 Example of the limit of measurement of droplets velocity

- 計測粒子数が増加する。
- (4) 噴射量が減少すると、同じ計測点で比較した場合、比較的高速な粒子が通過する期間において計測粒子数が増加する。
 - (5) 噴射圧が増加すると、噴霧軸上での計測点において、比較的高速な粒子が通過する期間において計測粒子数が減少する。
 - (6) 雰囲気密度が減少すると、噴霧軸上での計測において計測粒子数が減少する。
 - (7) 雰囲気密度が減少すると、噴霧外縁部から噴霧軸上に近づくに伴い、計測粒子数が減少する。


謝辞 本稿の執筆にあたり実験装置 PDA(DANTEC DYNAMICS, HiDense PDA System)を快くお貸しいただいた、ダンテック・ダイナミクス株式会社 代表取締役 松本雅則様に心より感謝いたします。また本稿で用いたデータの収集整理には、同志社大学 工学部 4 回生 北芝隆信君の協力を得たことをここに付記し、感謝の意を表する。

文 献


- (1) Julien Lacoste, “PDA Characterization of Dense Diesel Sprays Using a Common-Rail Injection System”, SAE paper, No.2003-01-3085, (2003).
- (2) 伊藤昇平, “コモンレール”, ENGINE TECHNOLOGY, Vol.1, No.4, (1999), pp.46-47.
- (3) LEE J, KANG S, RYO B, “二次元 PDPA を用いた間欠的多孔ディーゼル噴霧の乱流混合流れ特性の時間分解解析”, 日本機械学会論文集 B 編, Vol.46, No.3, pp.425-433, (2003).
- (4) JHO M, HUH K Y, YOO J-H, LAI M-C, “Numerical Prediction and Validation of Fuel Spray Behavior in a Gasoline Direct-Injection Engine”, SAE paper, No. 2001-01-3668, (2001).
- (5) LEE J, NISHIDA K, SONG K K, “多孔ディーゼル間欠噴霧の液滴-空気流れ特性の実験的研究”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No.61-01, pp.1-4, (2001)
- (6) J.M.Desantes, R.Paiyri, F.J.Salvador, J.Gimeno, “Measurement of Spray Momentum for the Study of Cavitation in Diesel Injection Nozzles”, SAE paper, No.2003-01-0703, (2003).



奥村 宜宗
同志社大学 大学院
工学研究科 機械工学専攻
博士課程前期課程 修了
〒610-0321
京都府京田辺市多々羅都谷1-3
Tel: 0774-65-7742
Fax: 0774-65-7743
略歴: 2006年 同志社大学大学院 工学研究科
博士課程前期課程 修了



竹田 哲馬
同志社大学 大学院
工学研究科 機械工学専攻
博士課程前期課程 在学
〒610-0321
京都府京田辺市多々羅都谷1-3
Tel: 0774-65-7742
Fax: 0774-65-7743
略歴: 2005年 同志社大学 工学部
機械システム工学科 卒業
現在 同志社大学大学院 工学研究科
博士課程前期課程 在学
非常ディーゼル噴霧の噴霧
特性に関する研究に従事。



千田 二郎
同志社大学 工学部 教授
〒610-0321
京都府京田辺市多々羅都谷1-3
Tel: 0774-65-7742
Fax: 0774-65-7743
略歴:
1985年 同志社大学大学院 工学研究科
機械工学専攻 博士課程後期課程 修了
同年 ヤンマーディーゼル(株)入社
1990年 同志社大学工学部機械系学科専任講師
1992年 同志社大学工学部機械系学科助教
1994年 米国ウィスコンシン大学客員助教授
1998年 同志社大学工学部機械系学科教授
非常噴霧や噴霧燃焼場の光学的
計測, モデリング, 燃料設計手法によ
る低エミッション燃焼法の提案, 水素
ディーゼル機関, バイオディーゼル燃
料に関する研究に従事。