

担当者

藤井 辰則 (M2)

2013 年度班紹介資料

1. 緒言

ディーゼル機関では燃料を直接筒内に噴射するため、燃料の噴霧特性がエンジン性能に大きな影響を及ぼす⁽¹⁾。そのため、様々な計測手法を用いて噴霧計測が行われている。しかしながら、主流の計測手法では任意の点や面における計測しか行うことが出来ない。そのため、噴霧全域を高解像度で捉えるために新たな計測手法が必要となる。

そこで、著者らは特殊レンズ系を用いて任意の時刻において噴霧を広視野かつ高解像度で撮影可能な超高解像度計測手法を確立した。しかしながら、噴霧の液滴挙動を把握するためには時系列を含む計測が必要である。そこで本報では、2 台のレーザおよびカラーフィルタを用いることにより、任意の時刻及び時間間隔での噴霧撮影を可能とした計測手法を構築し、液滴の挙動を評価した。

2. 超高解像度撮影手法

図 1 に超高解像度レンズ系の概略および光路図を示す。本レンズ系は空間分解能が $5\mu\text{m}$ 、被写界深度が $100\mu\text{m}$ 程度であるため、噴霧断面を高精度で計

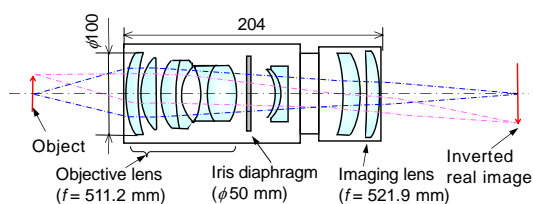


Fig.1 Schematic diagram of special lens system

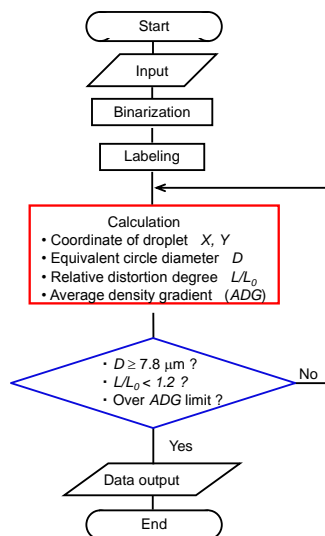


Fig.2 Flowchart of data analysis algorithm

測可能と考えられる。本レンズ系は光学設計によって収差の影響を最小限に抑えた上、各レンズに全波長対応のレンズコーティングが施されている。

本研究において開発した画像解析アルゴリズムのフローチャートを図 2 に示す。画像解析では、まずフィルムスキャナ (EPSON : GT - X970) を用いて噴霧画像を PC に取り込む。その後、粒子解析プログラム⁽²⁾により液滴の重心座標および粒径が求められる。

3. 実験装置および実験条件

3.1 撮影光学系

図 3 に本実験で用いた光学系を示す。光源には ns オーダの発光半値幅を有する Nd:YAG レーザを 2 台 (Spectra Physics : PIV400, Beam Lok, 発光半値幅:8ns/pulse) 使用した。各レーザはパルスジェネレータで接続されているため遅延時間を任意に設定可能である。使用する波長は、第 2 高調波 ($\lambda_L=532\text{nm}$) および第 3 高調波 ($\lambda_L=355\text{nm}$) とした。なお、カラーフィルムの分光感度を考慮し、355nm は波長変換素子 (Spectra Physics : OPO システム, basiScan/170) により 660nm へ変換した。それぞれの光源から発振されたレーザ光はビームスプリッタにより同軸光路とされ、スペckル低減装置 (ナノフォトン : SK-11)、3 枚の凸レンズ (光源側から $f=300, 200, 1000\text{mm}$) およびフレネルレンズ ($f=1000\text{mm}$) の順に通過する。その後、噴霧に照射された二色のレーザ光はビームスプリッタにより二経路に分光され、532nm および 660nm の波長それぞれに対応したカラーフィルタ

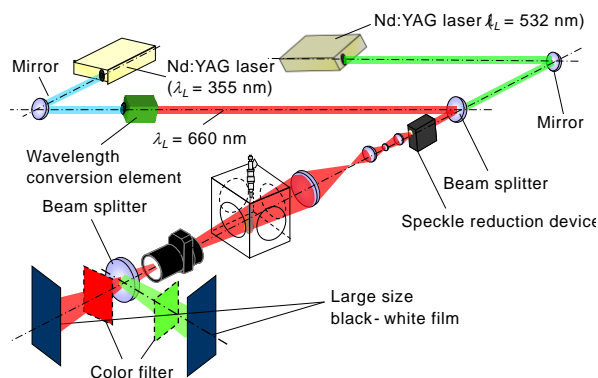


Fig.3 Optical setup for Two Wave-length Super High Resolution Photography

(Edmund Optics:プラスチックカラーフィルタ 緑・赤)を透過し、フィルム(Kodak:TMAX100, FUJIFILM:ACROS 100)面上に結像される。

3.2 実験条件

供試燃料に n-トリデカン、供試ノズルに単孔ノズル(噴孔径 $d_n=0.20\text{mm}$, 噴孔長 $l_n=0.80\text{mm}$)を使用した。また、パイロット噴霧を模擬するため、噴射圧力 $p_{inj}=87.5\text{MPa}$, 噴射量 $m_j=3.70\text{mg}$, 噴射期間 $t_{inj}=0.43\text{ms}$ に設定し、雰囲気気密度 $\rho_a=39.5\text{kg/m}^3$ の二酸化炭素、室温加圧場にて実験を行った。撮影時期は第1露光($\lambda_L=532\text{nm}$)を $t/t_{inj}=1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0$ の5条件とし、第2露光($\lambda_L=660\text{nm}$)は第1露光からそれぞれ $t/t_{inj}=1.0$ 遅延させた時期に行った。

4. 結果および考察

図4(i), (ii)に $t/t_{inj}=5.0, 6.0$ における噴霧画像および解析後の液滴散布図を示す。図4より、液滴を液滴数密度が低い噴霧外縁部において確認することが可能である。また、図5に図4中の実線で示した領域の拡大図を示す。この図より、 $t/t_{inj}=5.0$ において図示した領域全域に分布していた大粒径の液滴が $t/t_{inj}=6.0$ では渦の外縁部に集中していることが分かる。これは、個々の粒子が保持している運動量およ

び粒径の違いによって、流れ場への追従性が異なることに起因すると推察される。Crowら⁽¹³⁾によれば、自由せん断流における流れ場に対する液滴の応答時間 τ_a [s]は液滴径 D [m], 粒子の密度 ρ_p [kg/m³], 雰囲気気体の動粘性係数 μ [m²/s]を用いて下式で表される。

$$\tau_a = \frac{\rho_p D^2}{18\mu_g}$$

液滴の密度が一定であれば、液滴の径が小さいほど液滴の渦流動への追従性が良くなることが分かる。したがって、比較的流れ場への追従性が良い小さな液滴は渦の流れに巻込まれ、渦の内側に分布したと考えられる。一方、大粒径の液滴は流動場への応答速度が長いため、大規模渦構造の外縁部に分布するものと推察される。

5. 結言

2011年度の研究活動により以下の知見を得た。

- (1) 本撮影手法は液滴数密度が低い領域において液滴径を計測可能である。
- (2) 燃料液滴は渦流動によって分級され、大粒径のものは渦構造の外縁部に、小粒径の液滴は渦全域に分布する。

参考文献

- (1) 倉持大輔ら, "突起壁面に衝突するディーゼル噴霧の着火および燃焼特性", 日本機械学会論文集(B編)74 巻 738 号, pp.250-251, (2008).
- (2) 劉育民ら, "ディーゼル噴霧の液滴画像解析法に関する研究", 日本機械学会論文集(B編)61 巻 585 号, pp.360-366, (1995).
- (3) Crowe. C.T., Gore.R.A., Troutt. T.R., "Particle Dispersion by Coherent Structures in Free Shear Flows", Particulate and Science Technology, 3, 3-4, (1985), pp.149-158

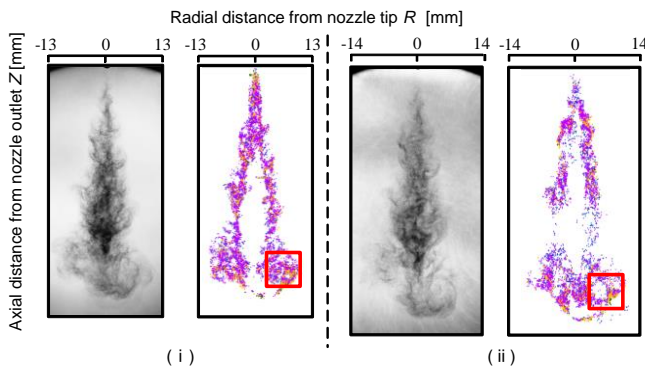


Fig.4 Spatial distributions of fuel droplets

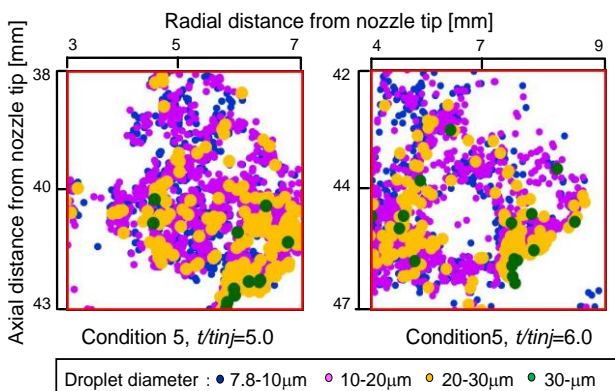


Fig.5 Enlarged images of the droplets distributions of vortex area