
大連理工大学（中国） 研修報告書

ディーゼル噴霧の特性について実験、シミュレーションの研究

工学研究科 機械システム工学専攻 香川 啓太

1. はじめに

2017年8月19日から9月18日までの間、中国の大連理工大学で行った共同研究の報告を以下に示す。

2. 共同研究課題の決定

私は燃焼室内現象解明の更なる解明のため、トレーサ添加2波長レーザ吸収散乱法(Tracer-LAS法)を用いてディーゼル噴霧の蒸発過程における混合気特性に及ぼす影響を調べている。また、CFDソフトFIRE(AVL)を用いて実験で得られる噴霧の再現を目指している。そのうえで実験と計算の両面から考察を行っている。しかし本研究室ではCFDソフトを用いた研究に関する知見が少ない。そこで長年FIREを使用して研究を続けてきている大連理工大学での知見やノウハウを取り入れ、ひろしま大学で得られた実験結果の再現を試みた。

3. 共同研究スケジュール

8月19日	出国
8月19～20日	現地での準備
8月21日	研究開始
9月9日	報告会
9月18日	帰国

当初は9月17日に帰国する予定だったが台風の影響で帰国日が延びた。

4. 共同研究派遣先の概要

大学名：大連理工大学
所在地：中国 大連市
指導教員：田 江平

5. 共同研究内容

5.1 概要

直噴ディーゼル機関の高効率化と低公害化という社会的要求にこたえるため、燃焼室内の現象解明が進められており運転条件に応じた適切噴霧混合気を燃料噴射制御により形成して、着火性確保や燃焼改善が行われている。

また近年エンジン開発においてCAE(シミュレーション)が取り入れられている。CAEの活用により実験による評価回数の削減、開発費、実験費の削減というような利点がたくさんある。しかし現状エンジン全体の計算結果は実際の実機エンジン試験の結果と比べて傾向すらあっていない。そこで私は高速度ビデオカメラ撮影や独自のレーザ計測法を用いてディーゼル噴霧の様子を観察してきたこれまでの結果をシミュレーションで再現しエンジン全体のシミュレーションの精度を向上させることが大きな目標である。そのために大連理工大学でのシミュレーションに関する知見を参考にしながら実験結果を再現することが共同研究の主な内容である。

5.2 実験

広島大学ではディーゼル噴霧を観察する手段としてLAS法を用いている。私達はディーゼル用インジェクターの基礎である単噴孔ノズルを用いて噴射量、噴射圧力などの条件を変えて噴霧を観察してきた。LAS法の原理を図1に簡単に示す。図1のように図2に得られた結果を簡単に示す。

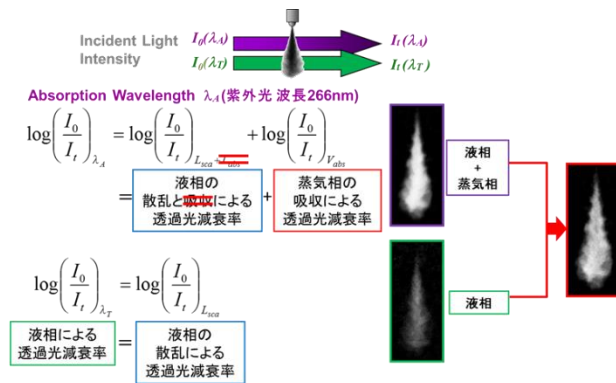


図1 LAS法の原理

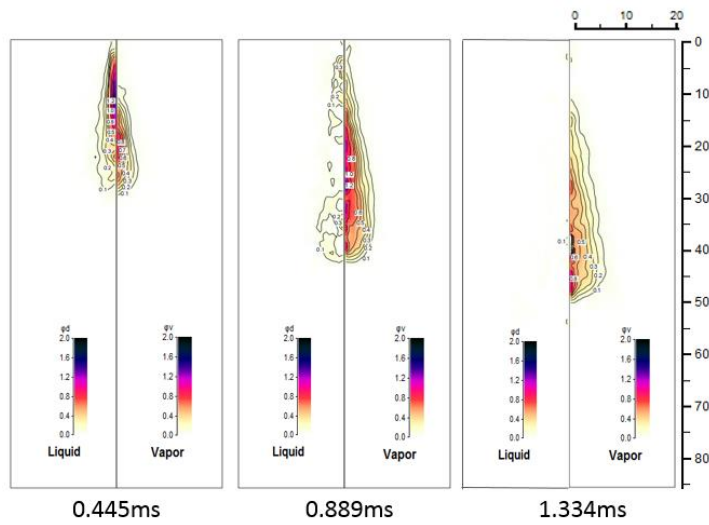


図2 噴霧の時系列変化(LAS)

5.3 計算

実験で得られた結果を再現するためにCFDソフト(FIRE)を使用して噴霧の計算を行う。本計算で用いられる基礎方程式(支配方程式)は圧縮性を考慮した連続の式、運動方程式(運動量保存式、ナビエーストックス方程式)、エネルギーの式である。以下に詳細を示す。

連続の式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \mathbf{v}) = 0$$

ナビエーストックス方程式

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \text{grad}) \mathbf{v} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{F}$$

エネルギーの式

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \text{grad}) T = \alpha \nabla^2 T + \frac{Q_v}{c_p}$$

また、図3に広島大学で得られた計算の結果を簡単に示す。

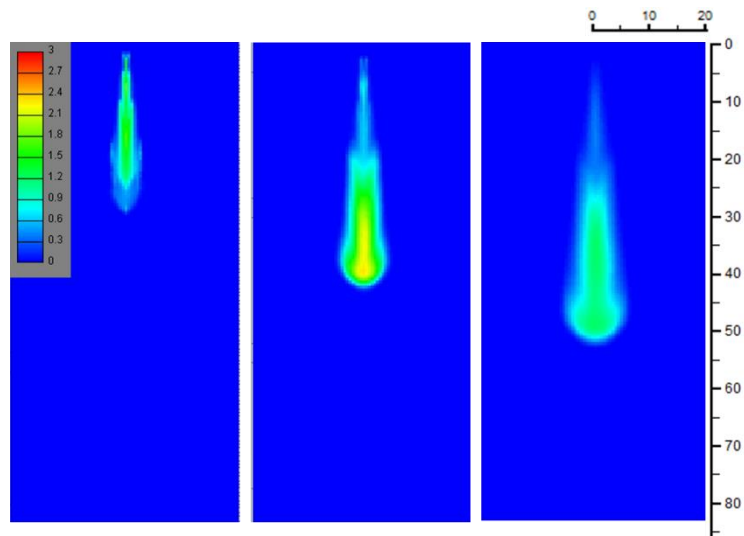


図3 噴霧の時系列変化

5.4 計算条件

大連理工大学で行った計算条件を表1に示す。噴射の条件や霧囲気の状態は広島大学で行った実験条件と同じである。また、図4に計算に用いたメッシュモデルを示す。この際用いたメッシュサイズは0.5(mm)だが今回の計算条件では十分細かいメッシュサイズであることが以前の研究からわかっている。今回の計算では主に初期粒径の大きさを変えた。

表1. 計算条件

Fuel	Tridecane : α -MN = 97.5 : 2.5
Ambient gas	Nitrogen
Ambient temperature (K)	750
Ambient pressure (MPa)	4
Nozzle hole diameter (mm)	0.112
Injection pressure (MPa)	65
Break up model	WAVE
Initial particle size (mm)	0.02~0.112

5.5 計算結果

計算結果をまとめたグラフを図4、5に示す。図の凡例にある case3-PDF は図6のように粒径に分布を与えた形を示す。

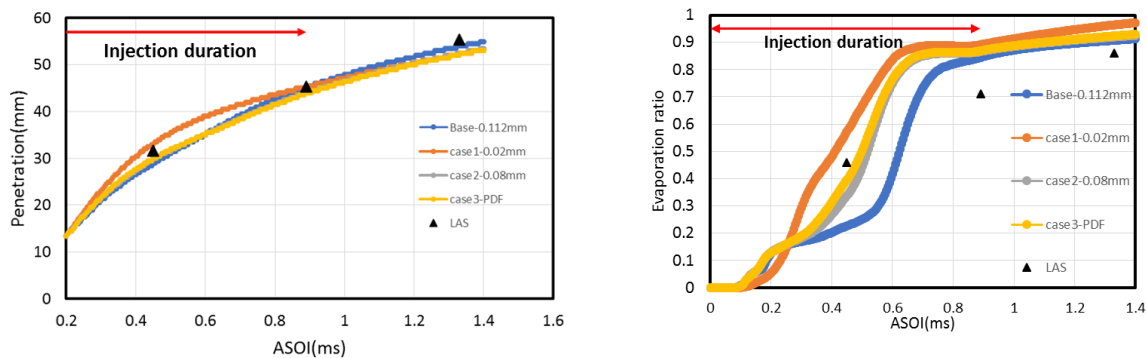


図 4 初期粒径の違いによる噴霧先端到達距離の影響

図 5 初期粒径の違いによる蒸発率の影響

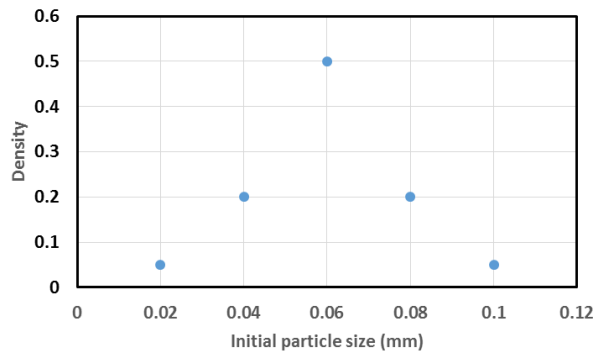


図 6 初期粒径分布

今回の計算結果より噴霧初期粒径は噴霧到達距離には大きく影響を与えないが、蒸発割合には大きく影響を与えることがわかった。また、今回の条件では PDF の条件が最も実験結果に近い県産結果となった。他にも分裂モデルを変更させたり蒸発モデルの係数を変化させたり様々な条件で計算を回したが結果は割愛した。

今後はより実機に近い条件で計算を行うため内部流れ＋一次分裂を考慮した噴霧の計算や多噴孔インジェクターから噴射された噴霧を実験及び計算していく必要がある。

6. まとめ

今回の共同研究を通してたくさんの方を学んだ。初めて一人で海外に行くことで自分に少し自信がつけました。英語で私生活から研究までいろいろなコミュニケーションとることが楽しいと感じることもあった。

研究では派遣先の田先生との数回のミーティングで FIRE に関する様々なアドバイスをもらいシミュレーション精度を向上させることができた。

この一か月の経験を広島大学でも活かしこれからの研究を続け新たな発見ができるように努めていきたい。

7. 謝辞

海外共同研究にあたりたくさんの方に感謝したいです。プログラムを開催して下さった工学研究科の方々、西田教授、田教授、教職員の方々たいへんありがとうございました。また派遣先にお世話になった現地の学生の方々のおかげでスムーズに生活を送り研究を行うことができ大変貴重な経験をさせていただきました。大変ありがとうございました。今回の経験を今後も研究に役立てていきたいです。本当にありがとうございました。