

## Team G-FD 直噴ガソリンエンジンにおける低熱損失燃焼実現のための噴霧形成に関する研究

担当者

酒井 雄大(M2) 松本 直樹(M1) 吉田 ゆうき(B4)

2017年度班紹介資料

## 1. 研究背景

近年、段階的に厳しくなる自動車の燃費規制に対応するため、ガソリンエンジンにおいては筒内直接噴射技術が導入され始めている。筒内直接噴射型ガソリンエンジン(直噴ガソリンエンジン)は従来のポート内噴射型ガソリンエンジン(PFI ガソリンエンジン)とは異なり、燃料をシリンダ内に直接噴射し、燃焼室内にて混合気の形成を行う。この技術により、燃料の気化熱による筒内冷却効果や混合気を層状にして少量の燃料で燃焼させる成層希薄燃焼によって高効率化が可能となる。しかしながら、直噴ガソリンエンジンにおいては混合気分布の制御が必要となり、非常に緻密な制御が求められる。

成層混合気の形成手法として、冷間始動時に触媒暖気のためにピストン冠面を利用するウォールガイド制御が行なわれているが、ピストンへの燃料付着およびそれに伴うPMの排出が問題視されている。そこで、噴霧自身の運動のみを利用したスプレーガイド手法による混合気の分布制御が着目されており、燃料加熱による噴霧性状の変化を用いた噴霧制御に関する研究がなされている。Min Xuらは減圧沸騰噴霧を利用することでピストン冠面への燃料付着を抑制しTHC, COおよびPNの低減を確認している。佐々木らは超臨界状態まで加圧および加熱された噴霧を利用することで、着火遅れ期間の短縮および燃焼率の改善を確認している。本研究においては、直噴ガソリンエンジンを対象とした混合気の時空間的な制

御の実現を目的とし、燃料加熱を利用した制御手法が空間成層混合気の形成に適用可能か評価する。

2. 本研究のコンセプト<sup>1)</sup>

本研究においては吸気行程における均質混合気の形成を目的とし、減圧沸騰を利用します。減圧沸騰とは、液体燃料が飽和蒸気圧以上の高圧場から、飽和蒸気圧以下の低圧場に噴射されることによって生じる液相から蒸気相への瞬時的な相変化のことを示します。図1に減圧沸騰の過程を示します。過去に同志社大学では、霧囲気の圧力を減圧させることにより減圧沸騰を生じさせ、その噴霧性状について調査した研究事例があります(図2)。減圧沸騰噴霧はその減圧度が大きくなるほど、瞬時に蒸発するだけでなく、均一な混合気形成が行われていることがわかります。しかしながら、実際のエンジンでは、霧囲気圧力が負圧となることは存在せず、霧囲気圧力を制御パラメータとして用いることは困難となります。そこで、今回目的とする噴霧コンセプトでは、減圧沸騰などの噴霧性状が変化する作用を、燃料温度をパラメータとすることにより、意図的に制御を行うものとなります。

## 3. 実験概要

## 3.1 定容容器を用いた噴霧特性の把握

研究の第一歩として、燃料加熱噴霧の特性を観察します。図3にシュリーレン法を用いて撮影した噴

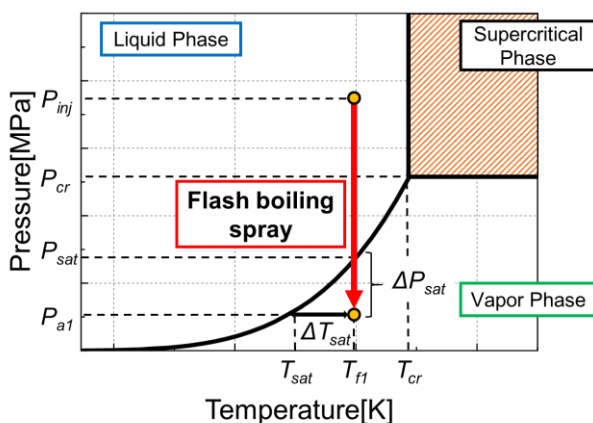


Fig. 1 Process of flash boiling

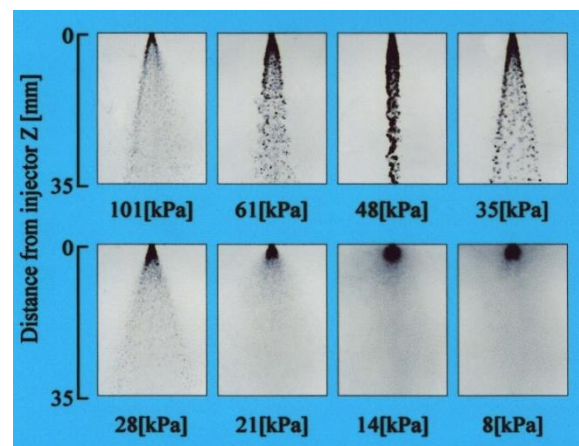


Fig. 2 Flash boiling spray

霧の画像, 表 1 に実験条件を示す. 図 3 より, 温度の変化によって噴霧特性も変化することがわかる. 温度が高くなるにつれて多数あった噴霧が一本の噴霧のようになる. 燃料温度 413K までの条件においては, 減圧沸騰の影響により噴霧先端到達距離が減少している. しかしながら, 473K においては噴霧間干渉の影響により噴霧先端到達距離が増加する傾向が確認された.

3.2 急速圧縮膨張機関を用いた燃焼特性の把握

燃料加熱が燃焼に与える影響を把握するためガソリン急速圧縮膨張装置 (RCEM) を用いてピストン燃焼の直接撮影を行なった. 表 2 に RCEM の諸元, 表 3 に実験条件を示す. 図 4 に底面窓より撮影した撮影画像を示す. 図 4 より, 燃料温度が高い条件ほど輝炎と推測される白く光る領域が減少する傾向が見られた. これは燃料温度が高いほど噴霧の蒸気化が促進され, 均質な混合気が形成されたからであると考えられる.

4. 今後の予定

噴霧実験においては, 混合気の濃度分布あるいは周囲気体の乱れといった項目に対して定量的な評価を行なうことが課題となります. 計測手段としてはレーザー誘起蛍光法の導入を検討しています.

急速圧縮膨張機関を用いた実験に関しては, 今後は蒸発特性や着火特性が異なる様々な燃料を用い

る予定となります. また, 化学種の発光を観測することで効率の評価のみならず, 耐ノッキング性やエミッションに対する評価も行なう予定です.

参考文献

- (1) 千田 二郎, 錦織 環, 北條 義之, 塚本 時弘, 藤本 元, “減圧沸騰噴霧の微粒化・蒸発過程のモデリング: 第 1 報, 噴霧特性の背圧による変化”, 日本機械学会論文集 B 編, Vol. 60 (1994) No. 578 pp. 3551-3555

Table 2 Specifications of RCEM

Bore x Stroke	[mm]	78.0 x 67.0
Displacement volume	[cc]	320
Compression ratio	[-]	6.68
Engine speed	[rpm]	600

Table 3 Experimental conditions for combustion experiment

Test fuel		iso-Octane
Lower calorific value of test fuel	[J/g]	47.7
Test nozzle		Multi hole nozzle (6 holes)
Injection pressure	$P_{inj}$ [MPa]	20.0
Fuel temperature	$T_f$ [K]	353, 393, 433, 453
Degree of superheat	$\Delta T_{sat}$ [deg.]	-19, +21, +61, +81
Injection quantity	$Q_{inj}$ [mg]	24.9, 24.2, 23.3, 23.0 ( $\lambda=1.0$ )
Injection duration	$t_{inj}$ [ms]	2.39, 2.34, 2.30, 2.25 (about 10 [CAD])
Initial ambient pressure	$P_1$ [MPa]	0.101
Initial ambient temperature	$T_0$ [K]	353
Injection timing	[CAD ATDC]	-270
Spark timing	[CAD ATDC]	-15.0
Valve close timing	[CAD ATDC]	-180

Table 1 Experimental conditions for schlieren photography

Test fuel		iso-Octane
Test nozzle		Multi hole nozzle(6 holes)
Ambient gas		$N_2$
Ambient pressure	$P_a$ [MPa]	0.101(1.15 [kg/m <sup>3</sup> ])
Ambient temperature	$T_a$ [K]	293
Injection pressure	$P_{inj}$ [MPa]	20.0
Fuel temperature	$T_f$ [K]	293, 353, 413, 473, 533, 573
Degree of superheat	$\Delta T_{sat}$ [deg.]	-79, -19, +41, +101, +161, +201
Injection quantity	$Q_{inj}$ [mg]	25.5
Injection duration	$t_{inj}$ [ms]	1.34
Photographing method		Schlieren method

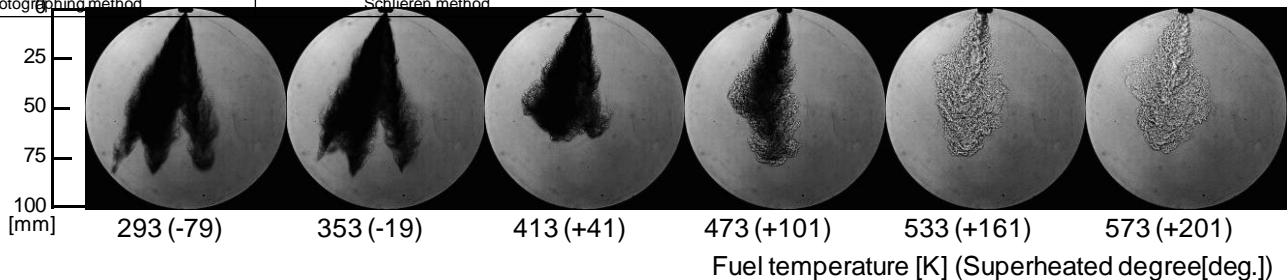


Fig. 3 Schlieren photography of side view of multi hole spray

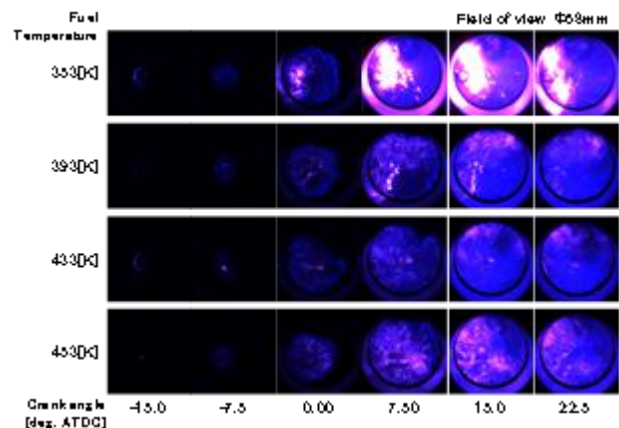


Fig. 4 Combustion images taken from the bottom view