

## K2-5

## 筒内可視化による圧縮比変化が HCCI 燃焼に与える影響

## A Effect of Compression Ratio on HCCI Combustion by Using In-Cylinder Flame Visualization

○伊藤直也<sup>1</sup>, 清水健<sup>1</sup>, 三浦大知<sup>1</sup>, 寺島昂<sup>2</sup>, 東條智也<sup>2</sup>, 須山謙太<sup>2</sup>, 飯島晃良<sup>3</sup>, 庄司秀夫<sup>3</sup>  
 \*Naoya Ito<sup>1</sup>, Ken Shimizu<sup>1</sup>, Taichi Miura<sup>1</sup>, Akira Terashima<sup>2</sup>, Tomoya Tojo<sup>2</sup>, Kenta Suyama<sup>2</sup>, Akira Iijima<sup>3</sup>, Hideo Shoji<sup>3</sup>

The Homogenous Charge Compression Ignition (HCCI) engine is positioned as a next-generation internal combustion engine and has been the focus of extensive research in recent years. The major issues of HCCI engines include the difficulty of controlling the ignition timing and the need to moderate the rapidity of combustion, and the characteristics of HCCI combustion under a condition of a high compression ratio have not been fully made clear. In this study, ignition and combustion of varying the compression ratio on HCCI engine processes were investigated in detail by using in-cylinder flame visualization.

## 1. 序論

近年、高効率かつ低公害な燃焼を実現し得る内燃機関として、予混合圧縮着火 (Homogeneous Charge Compression Ignition, 以下 HCCI) 機関が注目され、広く研究されている<sup>(1)(2)</sup>。過去の研究では、HCCI 燃焼の課題である着火時期の制御や燃焼の緩慢化に焦点を当てて解決を試みてきた。しかし、いずれも同一の圧縮比での試みであり、HCCI 機関における圧縮比の変化が燃焼に与える影響に関する知見は少ない。そこで著者は、圧縮比の変化が HCCI 燃焼に与える影響について、筒内の可視化撮影を用いて燃焼状態の詳細を調べた。

## 2. 実験方法

## 2. 1. 供試機関仕様及び実験条件

供試機関には、シュニーレ掃気方式の二ストローク空冷単気筒ガソリン機関を用いた。供試機関仕様を表 1 に示す。さらに、ピストンヘッドを分割し、スペーサーを間に挟み込むことで、ピストンヘッドの高さを変化させ、任意の圧縮比を設定した。本実験における実験条件を表 2 に示す。

## 2. 2. 測定項目及び測定位置

図 1 に実験装置の概要図を、図 2 にシリンダヘッドにおける筒内可視化における測定位置を示す。代表的な測定項目はシリンダ内圧力 ( $P$  [MPa]), 吸気温度 ( $T_{in}$  [K]), 掃気温度 ( $T_{sc}$  [K]), 排気温度 ( $T_{ex}$  [K]) である。筒内圧力はシリンダヘッド側部に取り付けた水晶圧力変換器を用いて測定した。吸気温度, 掃気温度, 排気温度は, 吸気管, 掃気ポート及び排気ポート出口部に K 型シース熱電対を取り付け測定した。筒内の可視化は, シリンダ内を全ボア領域で可視するため, シリンダヘッド上部にサファイア窓を設け, 高速度カメラでの撮影を行った。

Table 1 Specifications of test engine

2-Stroke Air Cooled Single Cylinder Gasoline Engine	
Bore × Stroke	72 × 60 mm
Displacement	244 cm <sup>3</sup>
Engine Speed	Ne = 1000 rpm
Throttle	WOT
Test Fuel	n-heptane (0 RON)

Table 2 Experimental condition

Case No.	Fuel Injected Heat Value [J/cycle]	Effective Compression Ratio [-]
	n-heptane	
Case 1	330	12.0
Case 2		18.0
Case 3		22.0

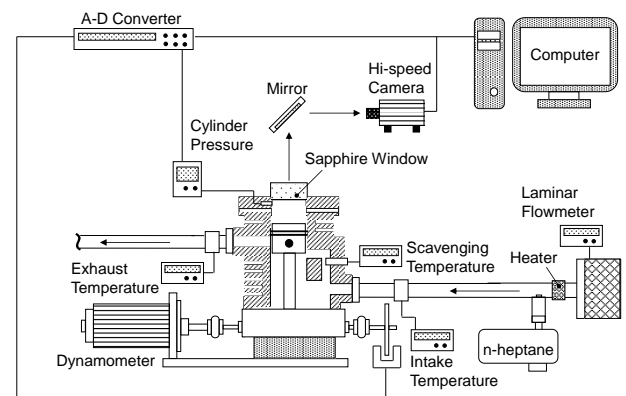


Fig. 1 Configuration of experimental equipment

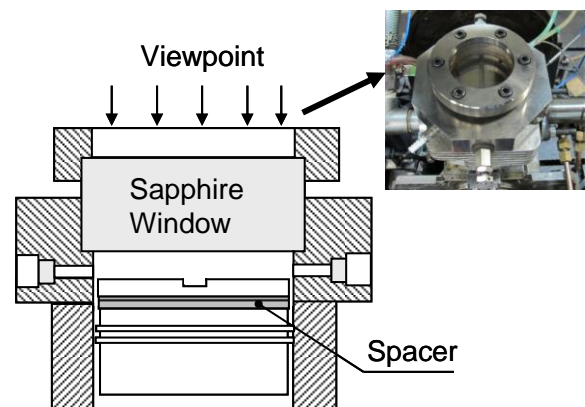


Fig. 2 Optical configuration engine

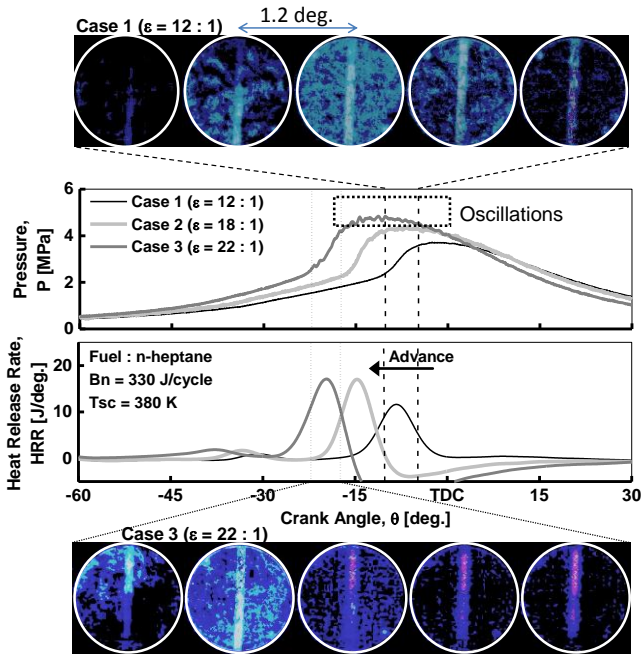


Fig. 3 Visualization results and measured waveforms (Change  $\epsilon$ , Constant  $T_{sc}$ )

### 3. 実験結果及び考察

図 3 は、掃気温度  $T_{sc} = 380 \text{ K}$  一定、実圧縮比  $\epsilon = 12 : 1, 18 : 1, 22 : 1$  (Case 1, Case 2, Case 3) と圧縮比を変化させた際の測定波形と自着火前後の筒内可視化画像である。図 3 の熱発生波形に着目すると、圧縮比の増加に伴い冷炎発生時期及び着火時期が進角しているのが見て取れる。これは、圧縮比の上昇によりピストン圧縮過程における圧力が増加し、混合気が自着火するために必要な条件が早期に整うためであると考えられる。

次に図 3 の圧力履歴に着目すると、圧縮比が最も高い Case 3 の条件では圧力振動を生じていることが分かる。その時の可視化画像を見ると、Case 1 に比べ Case 3 では掃気ポート付近から局所的に大型化した火炎が発生している。これは、掃気ポートが高温の燃焼室壁面と隣接していると共にその付近には比較的混合気が多く存在するためであると考えられる。ここで、圧縮比増加に伴い燃焼が急峻になることや、燃え方に違いが現れたのは圧縮比の増加の影響だけでなく、着火時期が進角したことも影響していることも考えられる。

そこで、着火時期の影響を除外するために、同一着火時期で圧縮比を変化させた実験を行った。図 4 は、同一の条件で着火時期  $\theta_{IT} = -18 \text{ deg.}$  前後一定とした場合の結果である。図 4 より、着火時期を遅角させたことで Case 3 における圧力振動は抑えられている。また、筒内可視化画像からも局所的な火炎が発生

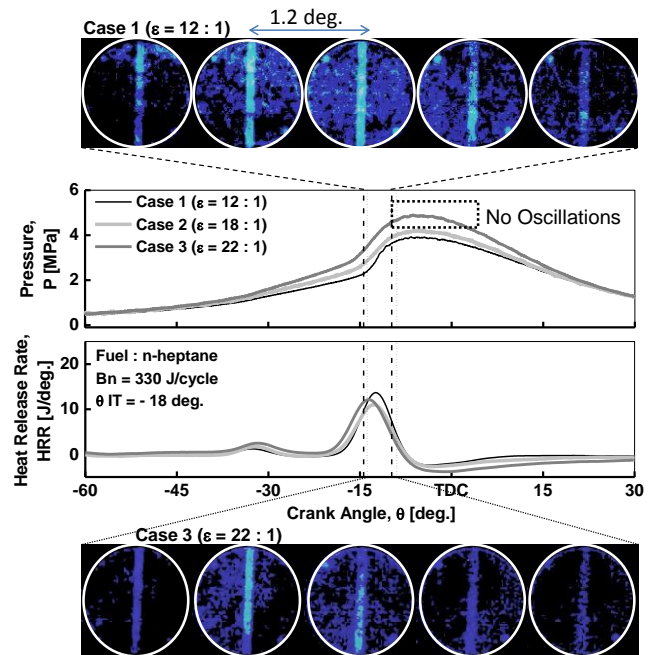


Fig. 4 Visualization results and measured waveforms (Change  $\epsilon$ , Constant  $\theta_{IT}$ )

している様子はなく、Case 1 と同様に筒内全域で自着火炎が発生していることが見て取れる。

従って、圧縮比の上昇時に発生する異常燃焼は、着火時期の進角が主な要因であると考えられる。以上より、高圧縮比条件下における着火時期の遅角は、最大圧力上昇率  $dP / d\theta \text{ max}$  の大幅な低減は難しいものの、自着火炎の急速な発生を緩和し異常燃焼を防ぐという観点では効果的な手法であると言える。

### 4. 結論

- (1) 掃気温度一定で、圧縮比を増加させた場合、冷炎発生時期、着火時期共に進角し燃焼が急峻になることがわかった。
- (2) 筒内可視化実験より、急峻な燃焼となる条件では大型化した火炎が発生していることが確認された。
- (3) 圧縮比の上昇による大幅な着火時期の進角は、圧力振動を伴った異常燃焼を生じる恐れがあるが、着火時期の遅角により抑制できることが分かった。

### 5. 参考文献

- [1] Takahashi, Y. "A Study of HCCI Combustion Using Spectroscopic Measurements and Chemical Kinetic Simulations", SAE paper 2011-32-0524, 2011
- [2] 須山謙太, 高橋勇介, 齋藤健児, 飯島晃良, 吉田幸司, 庄司秀夫, 「EGR を用いた HCCI 機関における冷炎及び自着火挙動に関する研究」, 自動車技術会論文集, Vol 43, No.2, pp357-362, 2012