K2-33

## 急速圧縮装置における高速イメージング分光システムの開発

Development of high-speed imaging spectroscopy for Rapid Compression Machine

○倉橋 和也<sup>1</sup>, 今井 幸代<sup>1</sup>, 細田 奈々日<sup>1</sup>, 本多 浩詩<sup>1</sup>, 宮内 佑輔<sup>1</sup>, 渡邉 直哉<sup>2</sup>, 田辺 光昭<sup>3</sup> \*Kazuya Kurahashi<sup>1</sup>, Sachiyo Imai<sup>1</sup>, Nanaka Hosoda<sup>1</sup>, Kouhei Honda<sup>1</sup>, Yusuke Miyauchi<sup>1</sup>, Naoya Watanabe<sup>2</sup>, Mitsuaki Tanabe<sup>3</sup>

Abstract: High-speed imaging spectroscopy system for a rapid compression machine was developed for obtaining the khowldge about the spontaneous ignition process under SI combustion when in-cylinder turbulent flow field was generated. The in-cylinder flow field was generated by setting a perforated plate in the cylinder. *Normal* -heptane/*iso*-octane/air mixture is fuel employed. The emission light intensity of CH and OH of spontaneous ignition was detected. The generation position of spontaneous ignition was observed by the height of emission light of CH.

#### 1. 諸言

環境負荷や燃料枯渇問題により内燃機関には熱効率 の向上が求められている.火花点火機関では高圧縮比 化が有効であるがノッキングの発生により妨げられて いる. ノッキングとは、火炎伝播により圧縮された未 燃ガスが高温高圧となり自発点火することで圧力振動 を生じさせる現象のこと[1]であり、機関破壊の原因と なる. ノッキングを抑制・回避するために筒内流動場 を自発点火の制御因子とすることが考えてられる. Hibi et al.[2]は超急速圧縮装置(SRCM)の燃焼室内に多 孔板を挿入し, 強い筒内流動場を発生させ乱れ強さを 変化させることで、ノッキング強度の支配要因を調査 した. Watanabe et al.[3]は乱れ強さを一定にして渦スケ ールを変化させ、渦スケールが自発点火後の圧力上昇 率とノッキングマージンに影響を及ぼすことを報告し た.しかし、自発点火過程がノッキング強度に影響を 及ぼす可能性があるにも関わらず,その影響を考慮し た研究されていない. そこで本開発では,筒内流動場を 発生させた時の自発点火過程を空間的分解能に優れた 分光測定により調査する有効な手段として高速イメー ジング分光分析を SRCM に適用した.確認として現象 分析した.

#### 2. 実験装置及び実験条件

実験では実機相当の短い圧縮時間を模擬できる超急 速圧縮装置 SRCM[2,3]を使用した.SRCM は実機の1 回の圧縮燃焼行程を模擬する装置である.圧縮時間は 約5 ms.燃焼室の全面可視化可能である.実験条件は 初期圧力 0.1 MPa,初期温度 336.15 K,高速度カメラの 撮影速度は 20000 fps, 圧縮比は 15.3 である.燃料は *n*heptane(10% vol.)と *iso*-octane(90% vol.)の混合燃料を用 いオクタン価 90 とした.当量比は 0.7 である.筒内の 可視化のためにシリンダヘッドに取り付けたサファイ ア窓から約 15 mm の高さに穴の配置が 60 度千鳥型の 多孔板を挿入した. 圧縮行程において, 圧縮ピストン により押し出された混合気が多孔板を通過することで 筒内流動場を発生させている[2,3]. 自発点火過程をよ り詳細に観察するため時間分解能、空間分解能に優れ る高速イメージング分光測定を試みた.分光する波長 をおよそ 200~600 nm とし、自発点火時の発光強度の 時間変化を測定した. Figure 1 に示すように分光器, 高速度カメラを配置した. Figure 2 に多孔板を挿入 した時の燃焼室の図を示す. 測定範囲は Fig. 2 にお ける黒線部(幅0.1nm)である.SI燃焼実験では燃焼 室下部に設置された点火プラグで点火し上部へ火炎伝 播する.よって、自発点火は燃焼室上部のエンドガス から発生することが予想されるため燃焼室中心付近か ら上部壁面までを測定範囲とした.



1:日大理工・学部・航宇 2:日大理工・院(前)・航宇 3:日大理工・教員・航宇



Figure 2 Measurement area of the spectroscope

#### 3. 実験結果及び考察

Figure 3 左側の画像は同時刻の燃焼画像である. 圧縮開始を 0 ms とした.燃焼画像は燃焼室の斜め前 から撮影したものである.黄線は火炎面である. 13.50 ms 時点は自発点火による発光が確認される 1 フ レーム前の時間であり,15.05 ms 時点で自発点火によ る燃焼が終了した.自発点火が燃焼室中心付近から 上部壁面付近へ徐々に発生していることが確認でき る.右側の画像は,横軸が波長で縦軸が測定範囲内 の高さを示す分光画像である.約 250 nm から約 550 nm の波長の発光が燃焼室中心付近(Fig.3 右側 No. 2)から上部壁面(Fig.3 右側 No. 3)にかけて発生 している.これは自発点火の発光を捉えたものであ る.燃焼画像同様,燃焼室中心付近から上部壁面に向 かって自発点火が発生している.



Figure 3 End spectrum image at compression and experimentation combustion image

Figure 4 は各波長における発光強度の時間履歴であ り、圧縮開始時間を0msとした. 横軸は時間,縦軸は 波長である.約6.5msにおいて火花点火による発光 が確認できた.約12msにおいて自発点火によるも のと思われる発光の強度が増加し始めた.CHの発光 波長である431.5mm[3]付近,OHの発光波長である 306.4mm[3]付近にピークを確認できた.Figure 5 は CHの測定範囲における,燃焼室中心付近から上部 壁面までの高さごとの発光強度の時間履歴である. 圧縮開始時間を0msとした,横軸は時間,縦軸は測 定範囲内の空間的な位置を示したグラフである.自 発点火の過程を観測するために CH の発光波長を含む約 420~440 nm を抽出した. CH は燃焼室中心付近から発光が始まり,時間が経過してから燃焼室上部壁面にて発光することを確認出来た. Fig. 3 の自発点火の挙動と一致したことから, CH の発光を用いて自発点火の発生位置を観測することができた.



# Figure 4 Time history of emission intensity with each wavelength



Figure 5 Time history of emission height of CH

### 4. 結言

自発点火時に発生する CH, OH の波長を観測する事 が出来た. 1 度の実験で燃焼映像と分光映像の 2 種 類のデータが計測可能となった. 各波長における発 光強度の時間履歴より, CH, OH のピークを計測で きた. CH の測定範囲における, 燃焼室中心付近から 上部壁面までの高さごとの発光強度の時間履歴より 自発点火の挙動を CH の発光を用いて観測すること ができた.

#### 5.参考文献

[1]樺山紘一ほか,火の百科事典,丸善株式会社, 449(1999)

[2] Hibi. T et al : Study on Knocking Intensity under Incylinder flow Field in Si engines Using a Rapid Compression Machine, Journal of Thermal Science and Technology, (2013)

[3] Watanabe, N et al : Influence of Initial Turbulence in RCM on Spontaneous Ignition of End Gas under SI Combustion, SAE paper 2015-01-1876 (2015)

[4] Gaydon, A. G : The Spectroscopy of Flame, Champion and Hall Ltd (1974)