内燃機関における可視化撮影による燃焼画像解析装置の開発

Development of Combustion Image Analyzer

by Visualization Photography in Internal Combustion Engine

○ 邱 継波(日本工大・院) 川村 高英(日本工大・院) 小倉 勝(日本工大)

JiBo Qiu, Graduate School of Nippon Institute of Technology

Kawamura Takahede, Graduate School of Nippon Institute of Technology

Masaru Ogura, Nippon Institute of Technology

Key Words: Visible Engine, Spectrometer, Image Intensifiers, Alcohol Flame

1. 緒論

近年, 地球温暖化防止のため, 排出ガスおよび燃費低減が年々強化されている。

一方, 生産メーカーが商品力強化から出力向上の要求も強くなっている。これらの要求に応えるために種々の先進技術が開発されている。

低公害 高熱効率な燃焼方式として, 予混合圧縮自己着火(HCCI) 機関が注目されている¹⁻³⁾。これらのエンジン内現象を可視化解析することは, 複雑な燃焼過程を整理し最適化する上で必要不可欠である⁴⁻⁵⁾。本研究では, 高感度光電子像倍管と分光解析を用いた火炎分光撮影装置を構築し, その燃焼画像撮影結果について報告する。

2. 可視化エンジンシステム

本研究では, エンジンの燃焼現象を究明することを目的として, その燃焼画像撮影システムを開発する。

Fig.1 にその装置構成を示す。

Fig. 1 Visible Engine System

Fig.1 に示すブロック図は, CCD シャッターカメラを用いた可視化エンジンの撮影レイアウトである。エンジンのクランク角度のトリガー信号をカメラに送信し, そのタイミングにおける撮影画像を IEEE1394 インターフェースを介してパソコンの RAM メモリに記録する。

3. 光電子像倍管

燃焼火炎の中で, 青い炎は極めて暗い。この青い炎をカメラ撮影用スポットメータで輝度測定したところ EV4.5~7.5 という極めて照度の低い値を示した²⁾。

そこで, 本研究では, Fig. 2 示すように, 光電子像倍管にて画像を数千倍に増幅するシステムを構築した。

Fig.2 に示すように, 光電面上に結像された光は光電面により光電子へ変換され, このとき放出される光電子数は入射光量に比例する。この電子は光電面と光電子倍増管(イメー

Fig. 2 Image Intensifiers

ジンテンシファイア)の入力面間の電圧によって加速されて入射する。入射した電子はイメージンシファイア両端の電圧勾配により数十回の衝突を繰り返すことにより, 2次電子が増加して, イメージンシファイア出力端より多数の電子が放出される。イメージンシファイアによって増倍された電子群は, イメージンシファイア出力面と蛍光面間の電圧により加速されて蛍光面に衝突し, 蛍光面では衝突した電子量に応じた光が出力される。入射した光学像に対して, 約数千倍に増強された出力像が得られる。

4. 分光ミラー

Fig. 3 Spectrometer System

Fig.3 に, 特定スペクトルで分光するため, 分光ミラーを介して, 光電子像倍管に特定の波長領域の映像を分配する構

成を示す。撮影素子の前面には光学フィルタを装着し、火炎を分光撮影することで、同時に多数枚イメージを撮影できる。

5. カメラシステムテスト

本実験に用いたCCDカメラは市販品の30万画素、1/4インチ、カラーCCDカメラであり、IEEE139インターフェイスを備えている。シャッター速度は1/10000～30秒で自動露光することが可能である。露光制御はパルスの制御とパソコンの制御の2方法がある。今回のテストではパソコンよりカメラヘトリガー信号を送信し、撮像は自動露光する。

また、イメージインテンシファイアを用いて、分光ミラーを構築して、アルコールの火炎の画像撮影について検証する。

a) without image intensifier b) with image intensifier
Fig.4 Alcohol Flame

Fig.4 aはカラーCCDカメラで直接撮影したアルコール火炎の画像である。このカラー画像ではブルーフレーム上方に立ち上がる微弱な火炎を写し出すことができない。Fig.4 bではカラーCCDカメラの前面にイメージインテンシファイアを介して撮影したアルコール火炎の画像である。

この白黒写真は炎の上方に、ボリュームのある火炎イメージを撮影できた。

Fig.5は分光とイメージインテンシファイアを介して、撮影したブルーフレームの画像である。Fig.5 aは発光600nmの波長以上の画像写真である。Fig.5 bは発光500～600nmの波長の画像写真である。Fig.5 cは発光500nmの波長以下の画像写真である。Fig.5 dは前述の写真を合成したカラー画像である。Fig.5 eはFig.5 dを単色化した画像である。

Fig.5 Alcohol Flame (Image Intensifiers and Spectroscopic)

Fig.6 Red Flame (Image Intensifiers and Spectroscopic)

Fig.5 eは同じイメージインテンシファイアで撮影したが写真である。これはFig.4 b画像に比べてほぼ同じような画像である。ところが、分光法で撮影した画像は3つのスペクトルの写真を得ることができる。火炎の形と燃焼過程も細かい情報を再現できる。

Fig.6は分光法で撮った赤い火炎の画像である。

6. おわりに

本稿では、エンジン燃焼計測への分光撮影の適用について概説し、実際に解析事例について述べた。この分光を応用した可視化計測手法により、内燃機関の可視化撮影装置として、適用可能である。

- 1) 火炎の分光・合成によって燃焼画像のカラー写真撮影が可能となった。
- 2) 分光法より燃焼過程の詳細な情報を再現できた。
- 3) エンジンの燃焼過程の詳細な解析には、特定スペクトルで分光することによって適用可能である。

参考文献

- (1) 青山太郎：ガソリン予混合圧縮着火エンジンについて、自動車技術，Vol. 53, No. 9, p. 39-44 (1999)
- (2) 酒井学，飯田訓正：予混合圧縮着火エンジンにおけるn-Butane燃料の自己着火・燃焼過程（内部EGRが着火および燃焼に及ぼす影響）日本機械学会論文集B編，Vol. 67, No. 659, p. 234-240 (2001)
- (3) 佐々木富幸，小倉勝：吸排気連続可変バルブタイミング機構による予混合ディーゼル機関の圧縮着火制御，自動車技術会学術講演会前刷集，No. 60-04, 20045201 (2004)
- (4) 小森 正憲：ACE噴霧・燃焼写真集，株式会社新燃焼システム研究
- (5) 調 尚孝：エンジン分野における計測技術，デンソーテクニカルビューVol. 8 No. 2 (2003)