C 2 1 2

自動車用排気管集合部での流れの可視化実験

芳賀健太^{*} (群馬大学大学院), 津田康裕 (坂本工業),
石間経章 (群馬大学), 松村修二 (群馬大学), 小保方富夫 (群馬大学)

Flow visualization in exhaust manifold for automobile engine

Kenta HAGA, Yasuhiro TSUDA, Tuneaki ISHIMA,
Shuuji MATSUMURA, Tomio OBOKATA

ABSTRACT

The flow pattern of exhaust manifold for exhaust pipe of automobile engine is visualized. The shape of the manifold is important for the effective use of the catalyst. The manifold is connecting each exhaust pipe from the engine cylinders and a catalyst. It has four inlet pipes and one exhaust pipe. The flow in the exhaust manifold is visualized by using high-speed video camera and measured by using PIV. The time series velocity data is also measured by a laser Doppler anemometer (LDA). Flow conditions are continuous flow with four pipes. The difference in the flow patterns with and without catalyst is discussed. The frequency analysis is also performed by using the time-series data by LDA. The result shows that the flow becomes flat shape when using the catalyst.

Keywords: Automobile Catalyst, Flow visualization, PIV, LDA

1. 結論

環境改善に対する一つの方策として、自動車用エンジンの排ガス低減への要求が高まっている。また、排ガス規制の強化に対応するためには触媒の早期活性化が必要不可欠である。そのためには、シリンダ、排気マニホールド、排気管集合部、触媒と続く排気流れを最適化し、効率を高めることが必要である。本研究では、粒子画像流速計(PIV)とレーザードップラ流速計(LDA)、高速度ビデオカメラ(high-speed video camera)を使用し、排気流れの挙動を把握することを目的とし、実験を行なった。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 試験用送風機

実験条件は触媒モデルの有りとなしの2条件とし、測定部上流の円管直線部で管中心速度が 28m/s となるようにした。Fig.1に排気管集合部の試験部と座標系を示す。主流方向を x 軸、平行方向を y 軸、それらと垂直な方向を z 軸とした。本研究では y の値が正の時に外側、負の値の時に内側と表記する。

2.2 高速度ビデオカメラによる可視化

排気管集合部での流れを観測するために、高速度ビデオカメラ(PHOTRON, FASTCAMAPX-RS)による可視化を行なった。光源には半導体レーザ(MITSUBISHI, Type ML 101 J21-01)を用いシリンダカルレンズにより厚さ約 1mm のシート光を作り、排気集合部での可視化を行なっ

た。高速度ビデオカメラは、10000fps にて計測し各フレームを静止画として PC に取り込んだ。

2.3 PIV(粒子画像流速計)による計測

PIV による速度計測を行なった。PIV 装置は CCD カメラ(Kodak, ES-1.0)、光源にダブルパルス Nd:YAG レーザ(New Wave Research, SOLO-III)及びコントローラ(Dantec, Flowmap 2000)で構成される。測定領域は 100mm×100mm、イントロゲーションエリアは 32pix×32pix とし、発光時間間隔を 24ms と設定した。PIV 計測では 50 枚のベクトル図を取得し平均化を行なった。

2.4 LDA(レーザードップラ流速計)による計測

LDA は、He-Ne レーザ(632.8nm、メレスグレオ)、ブラッグセル(HOYA, 080-AS, PR-D-092)信号処理器(DANTEC, BSA, 57N20)、PC で構成される。流れの方向を決定するためのブラッグセルは 2 組使用し、その差は 3MHz とした。

Fig.1 x-y-z coordinate system.

3. 結果及び考察

3.1 高速度ビデオカメラ実験結果

Fig.2 に高速度ビデオカメラで撮影した画像を示す。図は触媒がない場合である。目視による観察では触媒を付

Fig.2 without catalyst.

けた場合は、触媒全面にほぼ均等に流れが当たっているのに対して、触媒を付けていない時は Fig.2 のように流れが外側に偏り、内側には丸で囲まれた部分に淀んだ点があり、渦が成形されていることが分かった。

3.2 PIV 計測結果

Fig.3 に PIV によるベクトルマップを示す。Fig.3(a) は試験区間出口に触媒を付けた結果、Fig.3(b) は触媒を付けなかった結果である。Fig.3(a) では、外側のベクトルが触媒に向かうように出てベクトルの長さが均等になることが確認できる。一方 Fig.3(b) では外側のベクトルが大きく、外側の流速が速くなっていることが確認できた。また内側は Fig.3(a) では触媒手前で外側と同程度のベクトルの大きさであるのに対して、Fig.3(b) では、内側のベクトルは短くなっている。これらのことより、触媒が整流格子のような役割を果たし触媒に入る前の流れは整流されていると考えられる。

Fig.3 PIV result.

3.3 LDA 計測結果

Fig.4 に LDA 計測で得た時系列流速を示す。触媒装着時では、流速の変動の幅が 10m/s 程度と小さいのに対して触媒非装着時では変動の幅が 20m/s 程度と大きいことが分かる。時系列流速から、触媒装着時は乱れが不規則であるが、触媒非装着時はピークが規則正しくあるように見える。これは、組織渦形成によるものと考えられる。そこで本研究では、FFT 処理を行うことで渦放出周

Fig.4 Time-series data (-30,-10,10).

波数の解析を行い、本研究の組織渦の構造について調べた。

3.4 周波数解析結果

Fig.5 に周波数解析をした結果を示す。触媒を装着した場合には全体的に値が小さく、際立ったピークも確認できず、組織的な渦があるとは考えられない。一方、触媒を付けなかった場合では明確ではないが、150Hz 付近に小さなピークが確認できる。これは高速度ビデオカメラの実験でも確認ができた 4 本の排気管が集合することで生成された渦が関係していると考えられる。周波数解析の結果からも触媒が整流格子の役割をすることで流れを整流できると考えられる。

Fig.5 Frequency Analysis (x,y,z)=(-30,-10,10).

4. 結論

自動車用エンジンの排気マニホールドから触媒へとつながる集合部の流れの測定を行なった結果、排気集合管内の流れについて次のことが明らかになった。

- (1) 高速度カメラ、PIV の結果から触媒を付けなかった時、排気管集合部の内側では渦が発生していることが確認できた。
- (2) 排気集合管出口の流れは触媒が付いている時は触媒部分が整流格子となり流れに偏りは生じないが、触媒が付いていない時は外側の流速が速く、流れが偏っているということが確認できた。
- (3) 周波数解析から、触媒装着時に流れは整流され、触媒非装着時には内側に 150Hz 程度の渦が生じていることが予想された。