38 車載用空調機ヒータユニット内流れの定量的可視化

(デュアルビームスイープ・レーザスペckル流速計による計測)

埼玉大学 川橋 正昭、細井 健司^{*}、田村 健一
ゼクセル 山本 勝一

Quantitative Visualization of Flows in a Heater Unit of Automobile Air Conditioning System

Masaaki KAWAHASHI^{*}, Kenji HOSOI^{*}, Ken-ichi TAMURA^{*}
and Katuichi YAMAMOTO^{**}

Experimental analysis of flows in a heater unit of automobile air conditioning system is very important for fundamental design, improvement of efficiency, noise control and so on. In this report, velocity measurements and visualization of flows in a heater unit produced by different operation modes are carried out by means of the dual-beam-sweep laser speckle velocimetry and laser-light-sheet method, respectively.

1. まえがき

最近の自動車室内空調機では、低騒音化、快適性評価などが求められている。そのためには、空調機ヒータユニット内の暖・冷気混合過程などの基本的な問題を改めて検討する必要がある。近年の数値解析法の発展により、ヒータユニット内三次元熱流体解析も可能になりつつある。しかし、数値解析には実験的検証が不可欠である。

流れ場の理解にとって、可視化、とくに流速情報も同時に得られる定量的可視化法は有用である。このような方法の一つにPIVがあり、流体中に混入された粒子群の像を記録し、その移動量から流速を求める。流速を求めるには、粒子群の移動を記録した像を光学的に処理する方法と、デジタル処理によるものがある。特に前者は、レーザスペckル写真法から発展してきた方法で、粒子像モードのスペckル流速計とも呼ばれている。

本研究では、車載用空調システムの基本設計に資するため、一部単純化したヒータユニットモデル内気流の可視化および流速分布計測を行なう。流速計測に用いた方法は、著者らによって提案されたデュアルビームスイープ照明によるスペckル流速計である。

2. 計測システム

スペckル流速計では、微小な光散乱粒子を混入した流体をシート状レーザパルス光で複数回照明し、その光シート内を移動する粒子群からの散乱光によるレーザスペckルパターン、あるいは粒子像パターンを写真フィルム上に二重または多重記録する。前者をスペckルモード、後者を粒子像モードと呼んで区別する。

最近著者等はCWレーザからのビームで流れ場をスイープ照明し、多重露光スペckル写真を得る方法⁽¹⁾を示したが、さらにこの方法はデュアルビームスイープ照明法(デュ

^{*} Faculty of Engineering, Saitama University, 255 Shimo-okubo, Urawa, Saitama

^{**} ZEXEL Co., Ltd.

アルビームスイープ・レーザスペckル流速計: DBS-LSV) に改良され⁽²⁾、より高速の気流計測にも適用が可能になった。本実験では、この照明法が用いられる。

DBS-LSVの基本光学系、およびヒータユニットの概略図が図1に示されている。連続発振レーザ(Arイオンレーザ; 4W)からのビーム光は、50%—50%のビームスプリッターで二本のビームに分離され、ミラーにより交差角が調整されてポリゴンミラービームスキャナ同一面のほぼ同一点に入射する。反射した二本のビームは、僅かな時間差で連続的に観測面をスイープ照明する。このような方法で照明された観測面内の粒子像パターンを記録したスペckル写真より、光学的手法を用いて局所流速分布が得られる⁽³⁾。

3. 計測例

計測に用いたヒータユニット実験装置の概要を、以下に述べる。図1に示されているように、ブローアによって供給され、整流チャンバ内で光散乱粒子が混入された空気が、ヒータユニットに流入する。使用する光散乱粒子はタルクパウダ(ベビーパウダ)であり、サイクロン型分離器で径の大きい粒子を取り除き、約 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子をチャンバ内に注入する。観測面は、連続する二本のビームによって繰り返しスイープ照明され、面に垂直な方向の散乱光により粒子像が撮影される。ビーム交差角、ポリゴンミラー・スキャナの回転数などは、観測面内の流速に基づき調整される。使用したポリゴンミラー・スキャナは直径73mmの10面体であり、スペckル写真撮影時の回転数は6.54 rps、入射ビームの交差角は 3.77° である。なお、撮影に使用したフィルムはKODAK T-MAX P3200(ASA3200)である。

はじめに、動作モードの違いによるヒータユニット内気流の可視化写真を図2に示す。(a)はベント、(b)はフット、(c)はバイレベルの各モードであり、それぞれフルコードから3/4ホットまでを示している。このときのヒータユニット流入部断面平均速度は、 2.5 m/s で、観測面は中央断面である。これらの結果は、各動作モードの特徴的な流動状態を示している。とくにバイレベルモードでは、ホット量の増加とともに流動状態が複雑になり、活発な暖・冷気混合が予想される。また、フットモードでは流れが出口付近まで二次元性を保ち、強い渦を形成して流出している。

つぎに、流速分布計測の結果について述べる。計測は、各モードの1/2ホットについてのみ行い、とくにヒータコア近傍における流速分布を求めた。図3はスペckル写真であり、図4はヤング縞法で得られた速度ベクトル線図である。このときの撮影条件は撮影倍率0.08、露光時間1/30秒である。この結果、各モードによるエアミックスドア上部の通過流速や、ヒータコア流入部流速の変化が明らかになった。また、フットモ

Fig.1 Experimental apparatus.

Fig.2 Flow visualization in heater unit.

(a)vent. mode.

(b)foot mode.

(c)bi-level mode.

Fig.3 Specklegrams of 1/2 hot flows.

(a)vent. mode.

(b)foot mode.

(c)bi-level mode.

Fig.4 Velocity vector diagrams of 1/2 hot flows.

ードでは出口近くまで二次元性が保たれ、広い領域で流速ベクトルが得られている。

4. あとがき

DBS-LSVを用いてヒータユニット内気流について、流れの可視化および流速分布計測を行い、今後のヒータユニット設計に資する有効な結果が得られた。

文 献 (1)M.Kawahashi & K.Hosoi; Beam-Sweep Laser Speckle Velocimetry, Exp. Fluids, 8, (1989)109. (2)M.Kawahashi & K.Hosoi; Dual-Beam-Sweep Laser Speckle Velocimetry, Exp. Fluids, (in press). (3)流れの可視化学会篇; 新版流れの可視化ハンドブック、朝倉書店(1986)334.