

PIVを用いた流体可視化技術の構築

村田 顕彦*1

Construction of Fluid Flow Visualization Techniques using PIV

Akihiko Murata

多くの産業分野で、装置内外や、室内の流体の挙動把握のニーズが高まっている。特に近年においては感染症対策や、熱中症対策のための効率的かつ効果的な空気の流れを作るために、可視化が重要視されている。流体の挙動を把握する手段として、CAE (Computer Aided Engineering) を用いる方法があるが、解析結果の妥当性を確認するためには実計測が必要である。そこで当所に導入された熱流体可視化システムを用いて、物体の外部に形成される流れの可視化について粒子画像流速測定 (PIV: Particle Image Velocimetry) を実施し、解析結果と比較し、実験において流れの可視化が可能であることを確認した。

1 はじめに

多くの産業分野で、装置内外や、室内の流体の挙動把握のニーズが高まっている。特に近年においては感染症対策や、熱中症対策のための効率的かつ効果的な空気の流れを作るために、可視化が重要視されている。

流体の挙動を把握する手段として、CAE用いる方法がある。これにより、流れの流速を三次元分布で得ることができるが、解析結果の妥当性を確認するためには実計測を行う必要がある。機械電子研究所では、これまで、熱線流速計、位相レーザードップラ粒子分析計を用いて、流体の速度や温度の計測を行ってきたが、いずれの計測器も単一点における局所値しか計測できず、三次元空間のCAE解析結果と比較するための速度の空間分布を得ることができないため、県内中小企業の要望に応えることができていなかった。

そこで、機械電子研究所では、機械装置の周囲または内部に形成される流れ場を、レーザー光源及びカメラを用いたPIVにより、可視化する「熱流体可視化システム」を導入した。

本研究では、風洞実験や流体解析での再現が容易な自動車を単純化したモデルである簡易車体モデル Ahmed Body¹⁾を参考事例とし、熱流体可視化システムを用いて実験による可視化を実施し、CAEを用いた解析結果と比較評価した。

2 実験、解析方法

2-1 PIVを用いた実験方法

本研究で用いる簡易車体モデルの1/10形状を図1に、図2にPIVによる実験装置の模式図を示す。

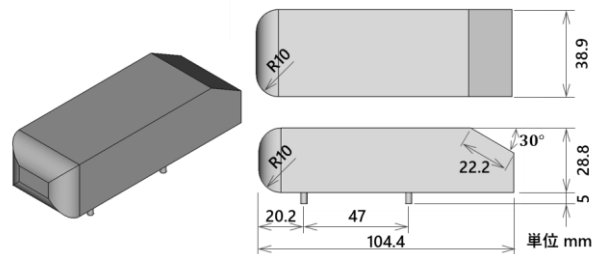


図1 簡易車体モデルの1/10形状

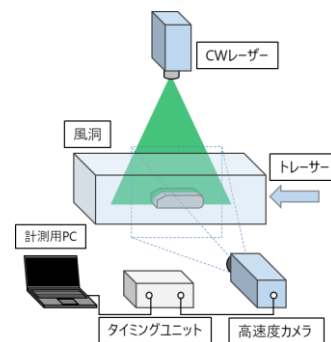


図2 PIV実験装置の模式図

まず、簡易車体を風洞内に設置し、ファンによって車体周囲に気流を発生させた状態で、風洞内にトレーサーを投入する。CWレーザーによってレーザーシートを風洞の上部から照射する。これにより、車体周囲の気流が可視化されるので、その様子を高速カメラを用いて撮影する。撮影は少なくとも2時刻行う必要がある。ここで撮影した画像上の連続する2時刻のトレーサー粒子像からその変位を求め、これと画像記録の時間間隔から、流れ場の局所の速度を求める。これがPIVの速度計測の基本原則である²⁾。

*1 機械電子研究所

本測定ではレーザー光源にはCWレーザー（DPSS532-3W-CW）を用いてレーザーシート光を照射し、図3の撮影には高速度カメラ（フォトロン製：FASTCAM Nova S6, 1000 fps）を使用した。また、ANTARI製Z-1000II フォグマシンとフォグリキッドFLR5を使用してトレーサーを発生させた。可視化ソフトウェアとしてはDaVis10を使用した。

2-2 流体解析方法

解析範囲は、実験にて用いた風洞と同サイズのH:100 mm×W:100 mm×D:430 mm とし、乱流モデルには SST $k-\omega$ モデルを使用した。入口と出口以外の壁は風洞を模擬するために、全て滑りなしの壁とした。入口流速は実験と同等の 0.59 m/s とし、解析ソフトウェアには scFLOW を使用した。

3 結果と考察

簡易車体周りの空気の流れの様子を撮影した画像を図3に、PIVの結果を図4に、scFLOWの解析結果を図5に示す。

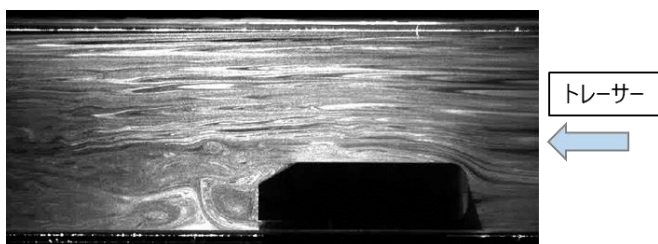


図3 高速度カメラ撮影画像

今回の測定によって、車体底面を通った流れが、車体後部から出てきたところで巻き上がり、車体後部に流速の遅い領域を形成していることが確認できた。scFLOWの結果においても車体後部において流速の遅い領域を確認でき、また、速度オーダーもどちらも1.0 m/s程度であることを確認できた。しかし、車体上方においては、scFLOWではほぼ速度が一様であるのに対して、PIVにおいては速度のムラが見受けられた。これは、風洞の整流部や、トレーサーを一旦充填するチャンパー等の影響で、トレーサーが一様には流れていないことが原因だと思われる。現状は風洞の整流にはハニカムのみを使用しているが、メッシュの追加や、チャンパーを大型化することによって、トレーサーの偏りを低減する必要があると考えられる。

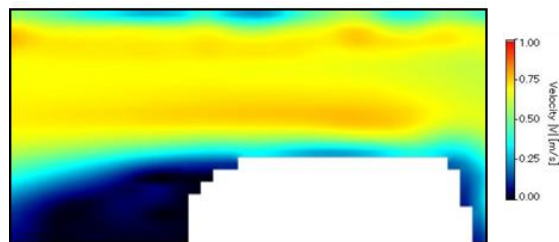


図4 PIVの速度コンター

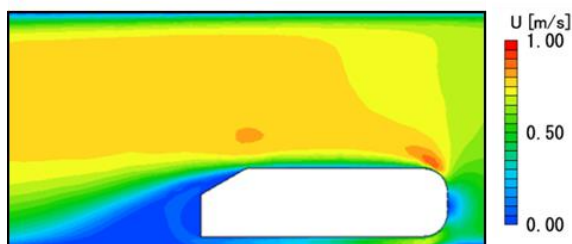


図5 scFLOWの速度コンター

4 まとめ

簡易車体周りの流れについて、熱流体可視化システムを用いて可視化し、PIVによって速度の空間分布も得ることができた。しかし、トレーサーを一様に、目的の箇所に流す技術については現状構築できていないため、引き続き実験を継続し、流体解析の結果との比較を行いながら、実製品への適用を進めていく。

5 謝辞

本研究は、R1年度(公財)JKA補助物品熱流体可視化システムを用いて行った。

6 参考文献

- 1) S.R. Ahmed, G. Ramm : Some Salient Features of the Time-Averaged Ground Vehicle Wake, SAE-Paper 840300, 1984
- 2) 一般社団法人可視化情報学会：PIVハンドブック（第2版），pp. 5-6（2018）