

逆流や二次流れを有する流れに適用可能なオイルフィルム干渉法の開発

日本大学理工学部機械工学科 鈴木 康方

厚みの薄い物体表面でも容易かつ高精度に壁面せん断応力と摩擦速度の計測が可能である、オイルフィルム干渉法 (Oil Film Interferometry : OFI) を曲面や逆流をともなう流れに適用可能な計測手法に発展させることを目的とする。具体的には、光源の強化と粒子画像流速計測 (PIV) 用解析手法を用いた OFI 解析手法の改良を行い、それを風洞実験により検証し、曲面の流れ、逆流や主流と直交する成分がある二次流れをともなう流れに対して、OFI 解析および壁面近傍流れの速度ベクトルや流線の算出、可視化を可能にすることである。

2次元翼模型を用いた風洞試験を用いた OFI 計測 (光源 : ナトリウムランプ) により、レイノルズ数が $Re=8.0 \times 10^4$ の高揚力状態にある翼負圧面の局所抗力係数の計測を行った。光源とカメラを固定した場合に翼面の位置により翼面の法線方向と光源およびカメラのなす角に大きく差が生じることがあるため、4つ領域 (図1参照。主流方向は左から右) に分けて翼面の法線方向と光源およびカメラのなす角を調整した。再付着点付近とみられる、 $X/C=0.17$ 付近の領域では干渉縞が大きく崩れて逆流の影響を受けて計測精度が低くなることが確認された。しかし、 $X/C=0.33$ より下流では干渉縞も一樣かつ鮮明にみられ、LES 解析値⁽¹⁾との一致が良かった。これは従来の順流を対象にした OFI 解析手法では逆流には対応できないためであると考えられる。

逆流の影響を顕著に受けている $X/C=0.17$ 付近の干渉縞画像に対して再帰的相関法による PIV 解析を行い、摩擦速度の速度ベクトルの算出を行った。干渉縞の発生から干渉縞間隔が一樣な範囲で平均して算出した速度ベクトルの分布を図2に示す。主流方向は紙面の上から下であり、波紋のような干渉縞の中心付近を境として速度ベクトルの方向が上下に分かれている様子が確認できる。これより、干渉縞の画像からも摩擦速度の速度ベクトルの算出が可能であることがわかった。この検出された速度ベクトルの情報に対して OFI 解析を適用すれば、逆流や2次流れを有する流れに対しても局所抗力係数の算出が可能になり適用範囲が広がるとみられる。これについては現在取り組んでいるところである。

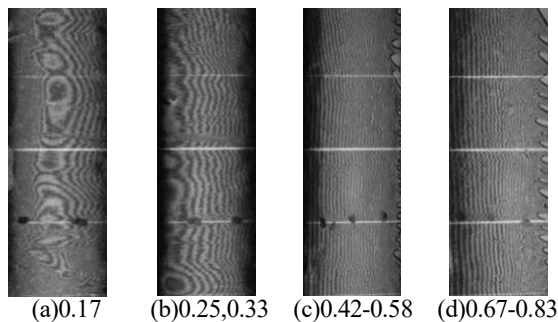
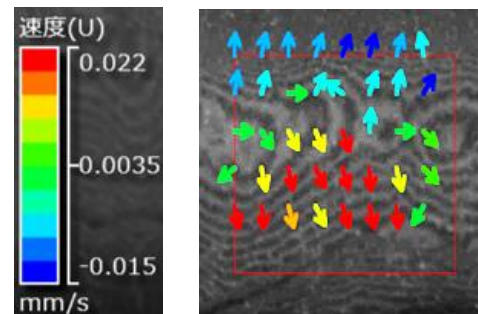


Fig. 1 The fringes image at each position for 300CS

Fig. 2 Velocity vector distribution at $X/C=0.17$ in 300CS

本研究では、ナトリウムランプによる光源では輝度の不足と照射範囲が狭いことによる各計測位置での光源の移動の必要などが課題となったため、光源を高輝度の LED に光源を変更しての性能の改善をはかった。この改善効果をチャンネル流路の風洞試験により確認した。オイルの粘度が 50CS~300CS の範囲での光源の違いによる OFI 解析での波長誤差の比較では、青色 LED はナトリウムランプに比べて波長誤差が 10 倍程度になったが、赤色 LED ではナトリウムランプと同程度となった。狭帯域フィルタの設置やカメラの設定の最適化などにより赤色 LED による計測結果には改善の余地があるとみられる。LED 光源を用いた上記の 2次元翼模型による風洞試験を実施したところ、ナトリウムランプでは干渉縞の発生が狭い領域であったが、LED 光源では翼表面の広範囲に渡って干渉縞が確認できた。このため、広範囲の干渉縞画像の取得が一挙に行うことができ、計測精度の高精度化が期待できる。

* (1) 宮澤真史ら、二次元翼周り非定常流の空力音響解析 (第1報、翼周りにはく離遷移流れの LES 解析と精度検証) 日本機械学会論文集 B 偏 Vol.72, No.721, pp.2140-2147 (2006)