

PIVによる翼上下面の流れ場の同時解析

Simultaneous analysis of flow field on upper and lower flow field on an airfoil by PIV

○近藤結花¹, 遠山巧¹, 大竹智久²*Yuka Kondo¹, Takumi Toyama¹, Tomohisa Otake²

Abstract: The purpose of this research is to clarify flow field when laser light was irradiated toward both upper and lower flow field on a NACA0012 wing model. Flow field around the wing model was measured by PIV method in Reynolds number of 10,000. Although we could acquire particle images around the airfoil simultaneously, the particle images were unclear because reflected light by a mirror was low brightness. And velocities under the airfoil had some errors, we need tuning our optical system for PIV measurements.

1. はじめに

低レイノルズ数領域の翼周りの流れ場において層流剥離した流れが再付着を起こすと層流剥離泡が形成される¹⁾。層流剥離泡の形成は空力特性や失速特性に大きく影響を与えることが知られているが、これらの特性に関してのメカニズムは、まだ解明されていない点も多い。また流れ場を計測する手法としてPIV(Particle image velocimetry)がある。PIVは熱線風速計やピトー管とは異なり逆流や非接触での計測が可能である。剥離泡内部には逆流流れが現れることや翼周りの流れ場は僅かな外乱でも影響を受やすいことからPIVによる計測・解析が必要であると考えられる。

これまでの研究では、翼模型の上面側か下面側のどちらか一方からレーザー光を照射しており、上面側と下面側の両方を同時にPIV計測・解析することができなかった。翼の上面側と下面側の両方の流れ場の様子を捉えるためには、上面側と下面側のPIV計測・解析を別々で行い解析結果を重ね合わせることで流れ場の様子を捉えるしかなかった。つまり、任意の瞬間の流れ場全体の様子を一度に捉えることができなかった。

本研究では、ミラーを測定部の下に設置し、レーザーの反射光を用いることで翼模型周り全体を同時にPIV計測・解析を行うことが可能になったことを報告する。

2. 実験装置及び実験方法

PIV計測に用いた装置の全体図をFigure 1に示す。使用した風洞の吹出し口寸法は150 mm×150 mmである。測定部には幅150 mmの間隔で300 mm×300 mmの亚克力製の側壁を設置した。使用した翼模型の翼型はNACA0012翼とし、翼弦長 $c = 65$ mm, 翼幅 $b = 150$ mmである。トレーサ粒子としてオリーブオイルを

シーディング装置で噴霧し、粒子画像の撮影にはハイスピードカメラ(SA-X2:Photoron)を用いた。使用したレンズの焦点距離は105 mmであり、開放F値は2.8である。シート光源には2 Wの連続発振レーザー(G2000K:カトウ光研(株))を使用した。翼模型の上下面のPIV計測・解析を行うためにミラー(シグマ光機株式会社)を翼模型の下側に設置して、レーザー光を反射させることで、翼模型の下面側の領域にも光を当てた。取得した画像の解析にはFlowExpert Ver1.2.12(カトウ光研(株))を用いた。

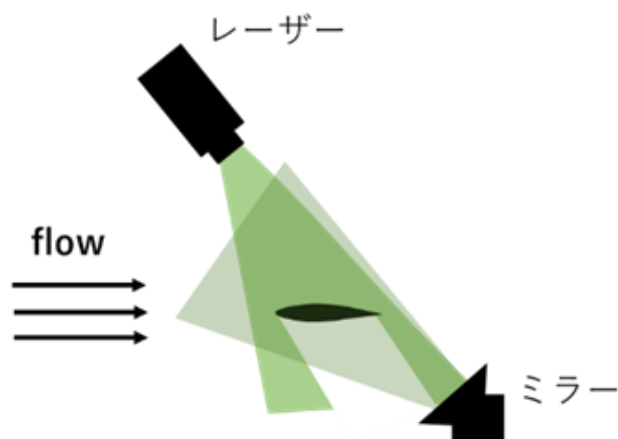


Figure 1 Experiment apparatus

3. 実験結果および考察

実験条件は $Re = 1.0 \times 10^4$ とし、ハイスピードカメラはフレームレートが5,000 fps, 露光時間が1/23,529 sの設定で撮影を行った。Figure 2にはミラーを設置していないときの粒子画像およびPIV解析の結果を、Figure 3にはミラーを設置したときの粒子画像およびPIV解析の結果を示す。また、Figure 4にはミラーを設置して露光時間を1/5,026 sにしたときの粒子画像およびPIV

解析の結果を示す。

Figure 2 と Figure 3 を比較するとミラーを設置してレーザー光を反射させたことにより、翼模型の下面側も PIV 解析が行えるようになったことがわかる。

翼模型の上下面を同時に PIV 解析できるようになったことで、今回の計測で用いた翼模型に限らず円弧翼のような翼型でも、任意の瞬間の翼周りの流れ場を一度に捉えられるようになった。

しかし、Figure 3 ではまだ粒子画像が暗く、PIV 解析にかけた際に誤ベクトルが多く現れてしまった (Figure 3(b)赤枠内)。粒子画像を明るくするために露光時間を 1/23,529 s の 4 倍である 1/5,026 s にして撮影したところ、Figure 4 のように粒子画像は明るくなったが粒子像が伸びてしまった。一般的に、粒子像の大きさは 2-3 pixel 程度が適切とされている²⁾のに対し、Figure 4 の(a)では 7-8 pixel 程度になってしまい、妥当な解析結果を得ることができなかった。したがって、今後は使用するレーザーの出力を上げるなど、適切な粒子像の大きさを保ったまま粒子画像を明るくする方法を検討する必要がある。

4. まとめ

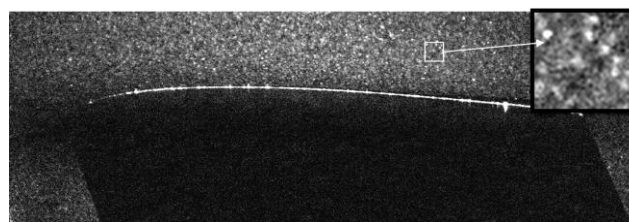
NACA0012 の翼周り全体の流れ場を解明するため、翼模型の上下面を明るくし、露光時間は 1/23,529 s と 1/5,026 s として PIV 計測・解析を行った。研究の結果、以下の知見が得られた。

- ・レーザーの反射光を用いることでこれまで影になっていて解析できなかった部分も一度に解析できるようになった。
- ・露光時間が短いと、粒子画像は暗くなり PIV 解析を行った際に誤ベクトルが生じ、露光時間が長いと、粒子画像は明るくなるが粒子像は伸びてしまう。

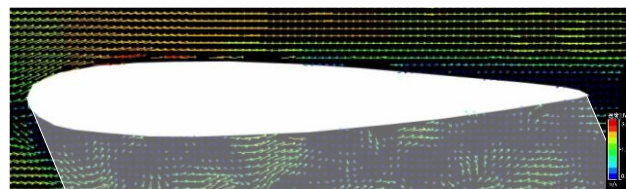
今後は、粒子画像を明るくするために、5W のレーザーを使用することで、翼模型の下面側の PIV 計測・解析をしやすくするとともに、流れ場に音波を入れ乱流境界層の促進を行う。

参考文献

- [1] 李家賢一：“翼型上に生ずる層流剥離泡”，ながれ，29(2010),pp.243-250
- [2] 可視化情報学会編：PIV ハンドブック，森北出版，pp 172-191，2002.
- [3] 堺裕也 他：“剥離を伴う NACA0012 翼まわり流れ場の PIV 解析”，日本大学理工学部航空宇宙工学科卒業論文，2016

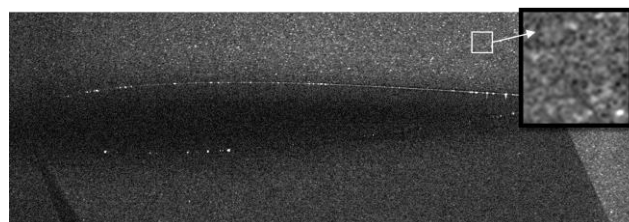


(a) Particle image

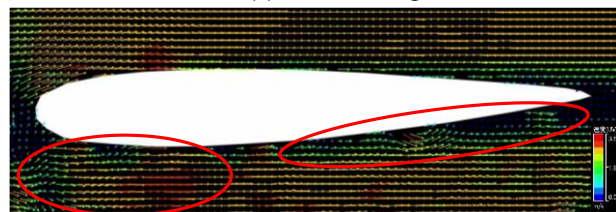


(b) Velocity distribution

Figure 2 Particle image and velocity distribution around NACA0012 without a mirror(Exposure time: 1/23,529 s)

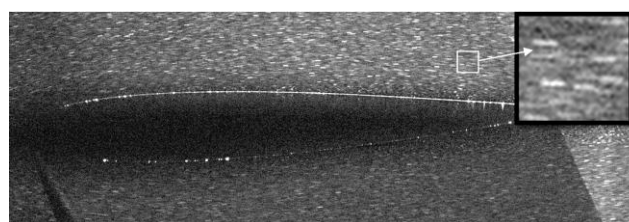


(a) Particle image



(b) Velocity distribution

Figure 3 Particle image and velocity distribution around NACA0012 with a mirror (Exposure time: 1/23,529 s)



(a) Particle image



(b) Velocity distribution

Figure 4 Particle image and velocity distribution around NACA0012 with a mirror (Exposure time: 1/5,026 s)