

蛍光リキッドフィルム法を用いた再付着点での流れのパターン Flow Visualization by Fluorescent Liquid Film Method at the Reattachment Point

○馬場琢麻¹, 大竹智久², 牛島正道², 村松旦典²*Takuma Baba¹, Tomohisa Ohtake², Masamichi Ushijima², Muramatsu Akinori²

Abstract: Fluorescent liquid film method can visualize the flow of the wall surface at low speed. This method use the aqueous solution which react to UV light. We reveal that this aqueous solution is flowed by air flow at the reattachment point which is made by backward-facing step. We could observe that the aqueous solution turn up forward and reverse flow at the reattachment point. From the experiment, the reattachment point is the point that the aqueous solution move the forward and reverse direction.

1. 緒言

近年,技術の発達により機械の小型化が可能となってきた。航空機分野においても小型化が可能となり,環境観測,災害時の状況把握・監視や軍事偵察などを利用目的とした無人の小型航空機(MAV; Micro Air Vehicles)が盛んに開発されている。

このような小型飛行機は,翼弦長を基準としたレイノルズ(Re)数が 100,000 以下となる飛行領域で飛んでいる。この低レイノルズ数領域では剥離泡ができる特殊な流れとなることが分かっている。この現象を解明するため翼周りや後流,翼面上の流れ場が観測されている¹⁾。しかし,翼面上の流れを観察するオイルフロー法を低速域で使用すると粘性の影響により,うまく可視化ができない²⁾。より詳しい翼面上の流れ場と空力データの関係が分かれば,小型飛行機の開発においてより良い機体設計が可能になるものと考えられる。

本研究では, NACA0012 翼型を用いて,翼面上の流れ場を蛍光リキッドフィルム法により観測する。そして,すでにある NACA0012 翼型の空力データ³⁾と翼面上の流れ場を比較し,空力データと流れ場の関係性を明らかにする。その前段階として,蛍光リキッドフィルム法で用いる液体が再付着点でどのような動きをするのかをステップ流れを用いて観測した。

2. 実験装置および方法

2-1 実験装置

実験は,図1のようなステップを作成して行った。ステップの高さ H を 2 mm,ステップの長さを 70 mm,幅は 300 mm である。また,使用した風洞は吹き出し口寸法 0.12 m×0.12 m,最大風速は約 3.6 m/s である。測定部は開放型となっている。

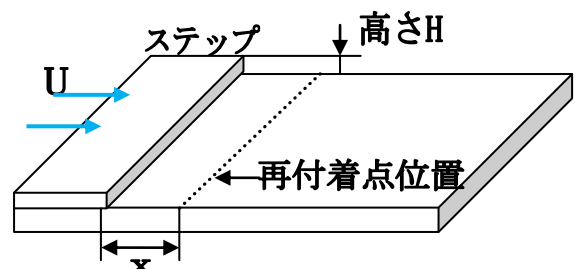


図1 実験装置

使用する水溶液は,手に入りやすくブラックライトに反応する洗濯洗剤(粉)と洗濯洗剤(液体),粉末蛍光増白剤の3種類を水に溶かしたものを用いた。表1に配合量を示す。

表1 各水溶液の水 100g に溶かした洗剤量

水溶液番号	1	2	3	4	5	6	7
粉洗剤[g]	2	6	10	0	0	0	2
液体洗剤[g]	0	0	0	0	0	0	8
蛍光増白剤[g]	0	0	0	2	6	10	0

2-2 実験方法

今回の測定には一様流速 U とステップ高さ H を基準としたレイノルズ数 Re を用いた。そして, Barton が実験から求めた x/H (再付着点位置/ステップ高さ) - Re の結果⁴⁾を参考にして,今回の Re 数とステップ高さより再付着点位置を得た。その結果,再付着点位置は約 20 mm と分かったので,試薬をステップ後方に塗り,ブラックライトを照射した状態で風を流してステップより 20 mm の位置で水溶液がどのような流れのパターンを作るのかを写真を撮って観察した。その時, Barton の実験結果での再付着点が起こる位置を見やすくするために 20 mm の基準棒を設置した。

1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

3. 実験結果および考察

3-1 発光強度の違い

図 3 に発光強度の違いを示す。粉洗剤の場合は、濃度が濃くなるほど発光強度は強くなっていった。これは、発光する物質が濃度を濃くしたことにより増えたためと思われる。蛍光増白剤の場合は、水溶液 4 と水溶液 5 の差は少しあり、図 3 では分かりにくい水溶液 5 と水溶液 6 の差はあまりなかった。水溶液 3 と水溶液 6 と水溶液 7 の濃度同じ水溶液は、発光の強さはほとんど同じであった。よって、今回使用した水溶液では、発光の強さは濃度にも依存すると分かった。

3-2 再付着点での流れのパターン

実際に水溶液を塗って液体の動き方を観察したところ、試薬 1・4 は濃度が薄すぎて綺麗に可視化できなかった。これは、蛍光能の量が足りなかったためと思われる。Barton による実験結果より得た再付着位置を観察したところ試薬 2・3・7 は順流方向への流れと逆流方向への流れが起きていることが観察できた。また、再付着点近傍が一番最初に水溶液が流れていくことも観測できた。また、試薬 5 は逆流と順流になるところが観測できなかったため、はじめに塗料が動いて薄くなる場所を再付着点とした。試薬 5 だけ逆流が観測できなかったのは、塗料を綺麗に塗れなかったので再付着点に十分な液体がなかったためと思われる。試薬 6 の再付着点が他のものより遠かったのは、塗料の不均等な塗り方・水溶液に大きな粒子が残っていたために空気が変わったからだと思われる。図 2 に試薬の違いによる再付着位置を、図 4 に見やすかった試薬 2・3・7 の可視化の写真を示す。

この結果から、蛍光増白剤以外の水溶液を使った蛍光リキッドフィルム法では試薬が逆流と順流の流れを起こす位置が再付着位置になっているということが言える。

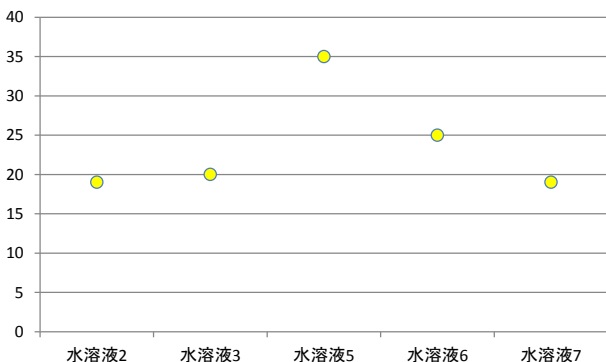
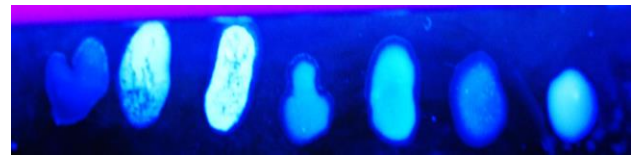


図 2 水溶液による再付着点位置の違い

図 3 水溶液の違いによる発光強度



(左から、水溶液 1・2・3・4・5・6・7)

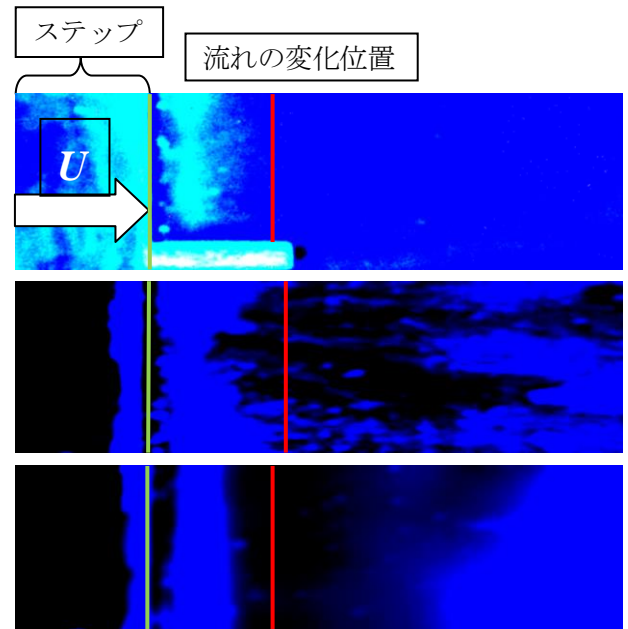


図 4 水溶液 2(上), 水溶液 3(中段), 水溶液 7(下)

4. 結論

今回の実験において以下の知見を得た。

- ・ 蛍光リキッドフィルム法では、水溶液が順流と逆流の流れを起こす境目が再付着位置になっている。
- ・ 発光強度は濃度にも依存している。

今後は、今回の実験結果を踏まえて、NACA0012 翼型の翼面上で起こる流れを見ていきたい。

参考文献

- (1)大竹智久, 本橋龍郎, 中江雄亮: 低い速度域における NACA0012 翼の空力特性と剥離泡の挙動について, 流体力学講演会 vol.38, 2006, pp.49-52.
- (2)神田翔, 互井梨絵, 本橋龍郎, 大竹智久: Ishii 翼型の空力特性と流れ場の研究, 日本大学理工学部航空宇宙工学科 24 年度卒業研究報告書.
- (3) 大竹智久, 中江雄亮, 本橋龍郎: 低 Re 数領域での NACA0012 翼の非線形空力特性, 日本航空宇宙学会論文集 vol.55, No.644, 2007, pp.439-445.
- (4)I.E.Barton: "Laminar flow over a backward-facing step with a stream of hot particles" Int. J.Heat and Fluid Flow 18, 1997, pp400-410.