

スモークワイヤ法における発煙状況の改善 ～塗布油が及ぼす影響について～

Improvement of smoke generation for flow visualization.

Influence of oil's property on smoke generation.

○長谷川岳¹, 大竹智久², 村松旦典²

*Gaku Hasegawa¹, Tomohisa Ohtake², Akinori Muramatsu²

Abstract: Smoke wire method is one of the techniques of flow visualization method. Smoke wire method has a disadvantage that smoke generating time also become short for using. The purpose of present paper was to improve the quality of smoke by increasing of density and quantity of the smoke. To improve oil's property, some additives was add to liquid paraffin and it was able to improve the density of smoke. From the above results, density of the smoke is improved by the addition of silicone oil to liquid paraffin.

1. はじめに

近年、翼面上の気流の剥離抑制や高揚力装置への応用を目的として、DBD プラズマアクチュエータ（以下 PA）の研究が盛んに行われている。PA は薄い誘電体を 2 枚の電極で挟んだ単純な構造で、可動部がなく非常に軽量であるといった利点が挙げられる。PA より制御された流れ場を可視化する方法としてスモークワイヤ法が用いられているが、その特性から大迎角時における翼表面付近の流れの可視化が困難である。過去の研究で流動パラフィンにアルミ粉を添加することで発煙状況を飛躍的に改善することができるという報告¹⁾がされているが、煙の発生時にアルミ粉が風洞内に飛沫されるおそれがあると考えられる。

本研究では、PA 作動時における翼周りの流れ場の可視化精度を向上させることを目的とし、煙の質を向上させる手段の一つとして流動パラフィンに添加剤を加えることで金属細線に塗布する流動パラフィンの特性を変化させた。また、流動パラフィン以外の油を使用した場合に発煙状況にどのような変化が起こるのかを調査した。それらの結果より、スモークワイヤ法の発煙状況の改善方法について考察を行ったので報告する。

2. 実験装置および実験方法

流れ場の可視化実験装置の概略図を Fig.1 に示す。本実験では、船橋校舎 3 号館 1 階に設置されている回流型低速風洞（測定部断面 0.3 m×0.3 m）を使用し、実験流速は 1.0 m/s とした。また、発煙装置に使用するワイヤは長さ 205 mm、線径 0.08 mm のニクロム線を 2 本より合わせ、風洞の測定部断面中央へ設置した。ワ

イヤーに通電するための電源として Pulse Generator を使用し、発煙時間は 1 s に設定した。また、ワイヤの抵抗を計測し、印加電圧に対する電流より発熱量を求め、ワイヤの質量、ニクロムの比熱、発熱量からワイヤの上昇温度を計算した。そして流動パラフィンの沸点より高く、ニクロムの融点よりも低い温度を得ることが出来る印加電圧を電圧の可変範囲とした（60～110 V）。煙による流跡線の撮影には、デジタルカメラを使用した。

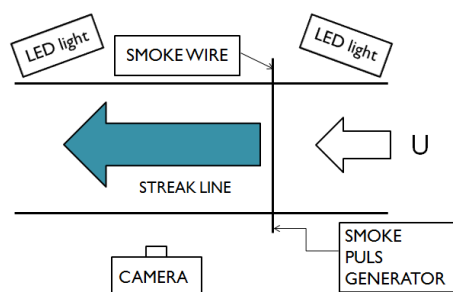


Fig.1 Schematic diagram of smoke wire method.

実験は、電圧を固定（90 V）し、4 種類の添加剤（シリコングリース、ワセリン、ベビーオイル、シリコンオイル）による発煙状況の変化を比較する実験（実験①）と、さらに最も発煙状況が良い添加剤を用いた場合に、より良い可視化結果を得るための印加電圧を調べる実験（実験②）を行った。また、実際に翼上面の流れ場を可視化することで、添加剤を加える方法が有用であるか確認した。

3. 実験結果および考察

各実験より得られた結果を Fig.2 から Fig.5 に示す。実

験①より、流動パラフィンに添加剤を加えることによって、発煙時間に変化が生じることが確認できた (Fig2)。ここで用いた T は全体の発煙時間、 T_m は発煙初期段階に比べて煙の密度の変化が少ない範囲の時間とした。最も発煙時間を延ばすことができた添加剤は、シリコンオイルであった (Fig2)。実験②については、流動パラフィンにシリコンオイルを添加した場合の印加電圧に対する発煙時間を計測したところ、印加電圧を上げていくにつれて発煙時間も伸びていくことが確認された。それに伴い発煙量も増えていき、良好な流れ場の可視化を行うことが出来ると予測できる (Fig3)。改善前後の発煙状態を比較してみると、流動パラフィンのみの場合はワイヤーに塗布油が十分に付着せず、油滴の生じ方にもばらつきが出る。その結果、発煙状態も可視化に有用な発煙時間は短く、数か所から紐状に煙が伸びている (Fig3(a))。シリコンオイルを添加した場合、油の塗布性が向上したためワイヤーに十分に付着し、可視化に適用可能な発煙時間が伸びている。また、油滴のできやすさも改善されたため、比較的均一な層状の煙を発生しやすくなった (Fig3(b))。翼上面の流れ場を可視化するため、ワイヤーを検査面内で縦に張った。実際に改善前後の塗布油を使用して可視化を行ったところ、添加剤を加えたことによって塗布油の性質が変化し、トレーサーがより層状になるため流れ場を細部まで観察することが可能となった (Fig4)。

4. 結論

スモークワイヤ法において、流動パラフィンにシリコンオイルを添加することで発煙状況を大幅に改善され、印加電圧を調節することにより発煙量を変化させることが可能となる。この手法は比較的簡単な方法で良好な可視化が可能となるため、極めて、有効な手段であると考えられる。今後の研究としては、今回の実験から得られたスモークワイヤ法の手法を用いて、翼上面にプラズマアクチュエータが設置された NACA0012 翼の大迎角時の翼周りの流れに対して、プラズマアクチュエータが誘起する流れがどのような影響を及ぼすのか観察していく。

参考文献

[1] 深町信尊, 他: “流れの可視化におけるスモークワイヤ法の一改良”, 九州大学応用力学研究所所報, 第 65 号 (1987 年), pp. 227 - 233.

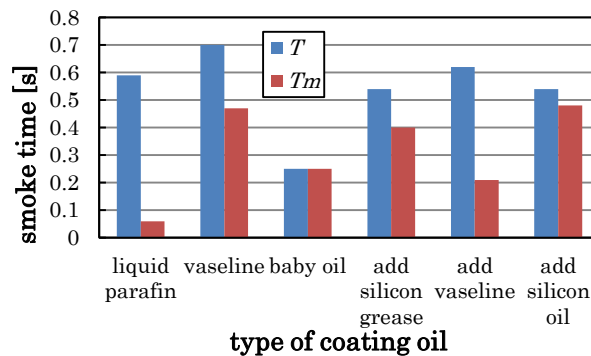
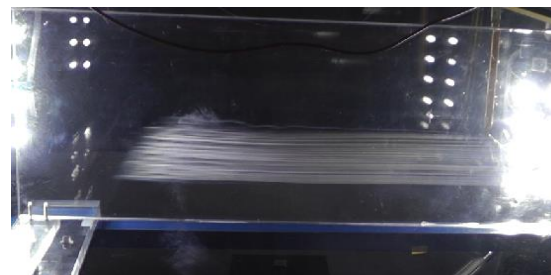


Fig. 2 Comparison of smoke time.

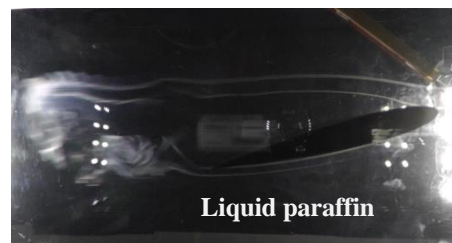


(a) Liquid paraffin

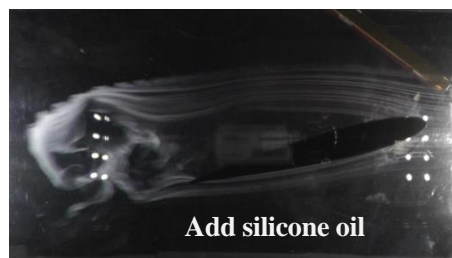


(b) Silicone oil in liquid paraffin

Fig. 3 Streak lines by two different oils.



Liquid paraffin



Add silicone oil

Fig. 4 Streak lines of around on airfoil model.