

K3-59

プラズマアクチュエータの誘起流れが流れ場に与える影響

Effect of the induced flow on the boundary layer with the DBD plasma actuator operating.

○小川繭子¹, 鈴木貴大¹, 大竹智久², 村松旦典²Mayuko Ogawa¹, Takahiro Suzuki¹, Tomohisa Ohtake², Akinori Muramatsu²

Abstract: Visualization of flow field around a flat plate which transferred by DBD plasma actuator was carried out using smoke wire method. For the purpose of the suppression of boundary layer separation, we researched what changes in the boundary layer. The results of Visualization showed that the performance of the PA operating was not confirmed clearly when the PA was installed forward flow direction against uniform flow direction. However, the changes of effecting for the boundary layer were confirmed when the PA was installed with opposite flow direction against uniform flow direction.

1. はじめに

近年、剥離抑制の低減などを可能とする能動的流体制御装置の一つとして、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuator, 以下 PA) が注目されている¹⁾. PA の概略図を Fig.1 に示す. PA は 2 枚の電極間に薄い誘電体を挟むテープ状の構造をしており、片方の電極は大気に露出している. 作動原理は、この 2 枚の電極間に高周波の高電圧 (数 kHz、数 kV) を印加することであり、これにより露出電極から被覆電極へ向かう一方向へ流れを誘起することが可能となる. PA は、従来の能動的流体制御装置と比べて、稼働部がなく、薄く軽量であるなどの機械的なメリットがある. 誘起速度が 1.4 m/s ~ 1.8 m/s と低速なため、低レイノルズ数領域 ($Re = 10^4 \sim 10^5$ [-]) が主な適用対象である²⁾.

本研究では、境界層剥離の抑制を目的として、平板表面に取り付けた PA の誘起する流れが、境界層にどのような変化を与えるのか、スモークワイヤー法を用いた流れ場の可視化を行った. その結果より、境界層内での誘起流れの影響について考察したので報告する.

2. 実験装置および実験方法

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 (吹き出し口寸法 0.3 m×0.3 m) を使用した. 一様流速中で生じる境界層への変化を調べるため、平板を使用した. 平板は、長さ 1 m 幅 0.27 m 厚さ 0.003 m で、前縁部分は丸く加工してある. PA は平板の前縁より 0.5 m 位置に取り付けた. PA の作動に使用した電源装置は、ピー・エス・アイ社製の PSI-PG1040F である. PA の電極には厚さ 70 μm の銅テープを使用し、誘電体には厚さ 50 μm のポリイミドテープを 5 枚重ねたものを使用した. 表面電極の幅は 1

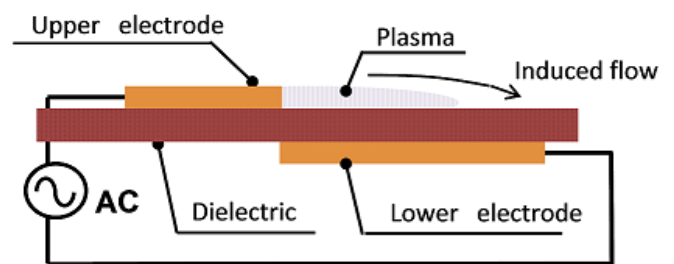


Fig. 1 Schematic diagram of DBD-PA

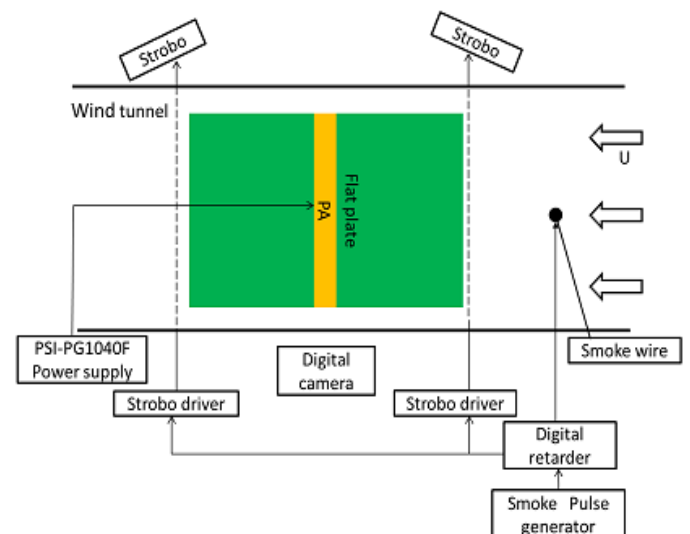


Fig. 2 Top view of experimental apparatus

mm, 裏面電極の幅は 10 mm とし、基本周波数 f を 8 kHz、印加電圧を ± 5 kV とした. PA の形状は、これまでの研究²⁾を参考に、誘起速度が最大となる形状を採用した³⁾. 本実験での一様流速は 1.4 m/s であり、使用した PA の最大誘起速度は 1.4 m/s である.

流れ場の可視化実験装置の概略図を Fig.2 に示す. 流れ場の可視化にはスモークワイヤー法を用いて、PA の

誘起速度と同様の一樣流速度で生じる境界層への影響を定性的にみることにした。ワイヤーには線径 0.05mm のニクロム線を 2 本縫り合せたものを使用した。トレーサーには流動パラフィンを塗布し、ワイヤーを通电させ、加熱した際に発生する煙を使用した。煙による流跡線の撮影には、デジタルカメラを使用した。また、PA の設置方向を誘起流れの方向を基準に、一樣流に対して順流れ方向、逆流れ方向と変更して設置位置の違いが境界層へ与える効果についても比較した。

3.実験結果および考察

可視化の結果を Fig. 3 と Fig.4 に示す。PA を作動させていない状態では、PA の厚みによる乱れの発生は確認できなかった(Fig.3(a),Fig.4(a))。従って PA 作動時に確認された乱れは PA の誘起速度による乱れであることがわかる(Fig.3(b),Fig.4(b))。PA を順流れ方向に設置して作動させた場合では、PA によって誘起された流れが境界層内に与える影響を確認することが出来なかった(Fig.3(b))。しかし、PA を逆流れ方向に設置して作動させた場合では、PA によって誘起された流れにより、境界層内で渦を伴う乱れの発生が確認され、下流側へ移流する過程を確認できた(Fig.4.(b))。

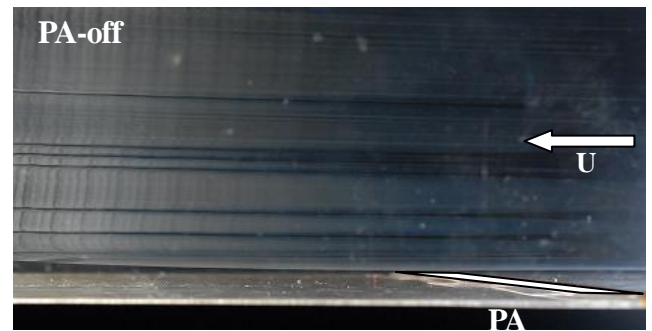
4.結論

PA 設置による境界層への厚みの影響は、順流れ方向、逆流れ方向のいずれに設置した場合でも影響は見られない。また、一樣流速度 1.4 m/s で PA を逆流れ方向に設置した場合において、PA の誘起速度が境界層に及ぼす影響について確認できた。

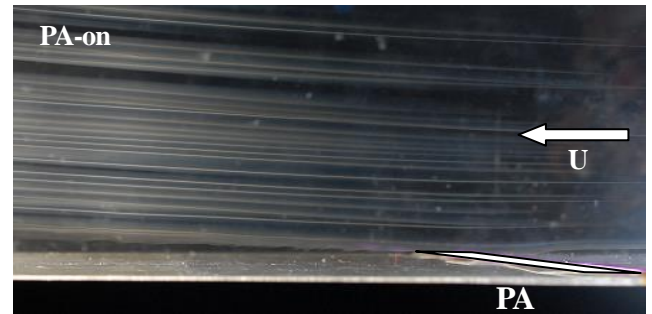
今後は、平板表面に取り付けた PA の誘起する流れが、境界層にどのような変化を与えるか、熱線風速計を用いて平板表面の速度分布の測定を行う。流れの可視化の結果と併せて、順流れ方向、逆流れ方向による境界層への効果を定量的に判断する。

参考文献

- [1] 深瀧康二, 他: “プラズマアクチュエータの基礎と研究動向”, 日本流体力学会 ながれ, 29 号(2010), pp. 243 - 250.
- [2] 築瀬裕太: “DBD プラズマアクチュエータによる境界層剥離の影響”, 平成 24 年度修士論文.
- [3] 鈴木佑輔, 他: “プラズマアクチュエータの電極形状について”, 第 46 回飛行機シンポジウム講演集(2008), pp. 84 - 88.

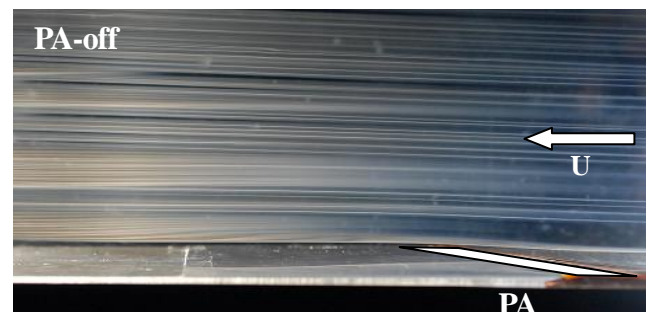


(a) PA not operating

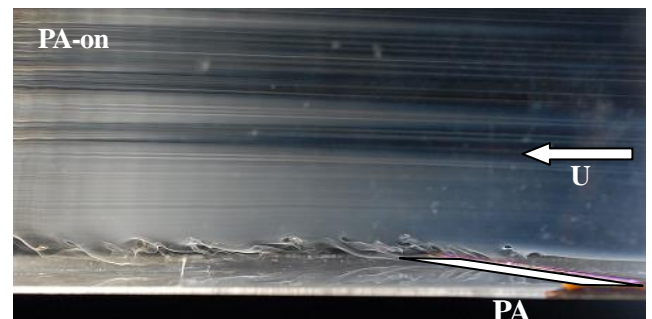


(b) PA operating

Fig. 3 Streakline around PA installed forward flow direction



(a) PA not operating



(b) PA operating

Fig. 4 Streakline around PA installed opposite flow direction