D 1 1 4

SDBDプラズマアクチュエータの誘起流れ — パルス変調駆動による流れ —

犬飼 康仁^{*}(岐阜大院), 小里 泰章(岐阜大), 菊地 聡(岐阜大), 今尾 茂樹(岐阜大)

Induced flow of the single dielectric barrier discharge plasma actuator — Flow by a pulse modulated drive —

Yasuhito INUKAI, Yasuaki KOZATO, Satoshi KIKUCHI and Shigeki IMAO

ABSTRACT

This study is concerned with the characteristics of the induced flow by a Single Dielectric Barrier Discharge (SDBD) plasma actuator that it is driven with the pulse modulated mode which is more effective for separation control. As an approach to clarify the mechanism, flow visualization and the PIV measurement of velocity field were carried out for the flow by only actuator. The induced flow by a pulse modulated drive spread narrower than the continuous mode and the position where get to the maximum velocity is located closer to the actuator. The lower the modulated frequency becomes, the closer the position that the induced flow accelerate becomes to the actuator.

Keywords : Plasma actuator, Pulse modulation, Induced flow, PIV

1. 結 論

近年, 弱電離プラズマを利用した流体制御技術に関する研究が盛んに行われており, なかでも誘電体を挟んだ電極間に交流電圧を印加し誘電体バリア放電を発生させ, 電気流体力学的効果により噴流を誘起する構成のプラズマアクチュエータが各種流体機器への適用性の高さから注目されている. プラズマアクチュエータは構造が単純で応答性に優れ, 消費エネルギーが小さい装置であるという特徴を備えているため, 更なる研究の進展が期待されている¹⁾.

現在, プラズマアクチュエータの研究では, 翼の剥離制御などへの応用を睨んだものが多く, 特にその制御手法に関しては, 放電を断続的に制御 (パルス変調駆動) することにより, 連続駆動に比べさらに効率的に剥離を抑制することが可能であることが報告されている^{2), 3)}. しかし, このメカニズムはまだ明らかにされていない.

本研究では, そのメカニズムを明らかにするためのアプローチとして, アクチュエータ単体による流れを対象に, 流れの可視化観察と PIV による速度分布の測定を行い, 流れ場の変化や特徴を明らかにした.

2. 実験装置および方法

Fig. 1 は, 実験に使用した装置の概略とアクチュエータの詳細を示す. アクチュエータは一对の電極 (銅テープ,

厚さ 50 μ m, 幅 15mm) と誘電体 (PTFE シート, 厚さ 200 μ m) から成っており, 被覆電極は誘電体とアクリル板に挟まれ大気にさらされていない. またバリア放電は, デジタルファンクションジェネレータ (NF 回路設計ブロック DF-1906) により生成された交流電圧波形を高速高圧電源 (松定プレジジョン HEOPT-10B10) で増幅し, 2 つの電極間に両極性の電圧を印加することにより生成された. なお, 印加する基本波形は実効値が $V_{rms}=3.0$ [kV], 周波数が $f_b=8000$ [Hz] の正弦波とした. この基本高周波に低周波のパルス変調を加え, プラズマを断続的に ON-OFF 制御 (パルス変調駆動) し, パル

Fig. 1 Experimental setup.

Fig. 2 Duty ratio and modulated frequency.

ス変調周期に対する ON 時間の割合 (Duty 比と呼ぶ: DR) と変調周波数 (f_M) を変化させて実験を行った。

Fig. 2 はパルス変調駆動の概念図を示す。

流れの可視化観察では、誘起流れが見やすいように、アクチュエータ上部に煙を溜め、吸い込まれた煙が噴出する様子をシート光を照射し、デジタルカメラ (CASIO EXILIM EX-F1) により撮影した。また速度場の測定には、岐阜大学生命科学総合研究支援センター所有の PIV 装置を用いた。

3. 実験結果と考察

Fig. 3 は、Duty 比および変調周波数を変化させた場合の誘起流れの可視化写真 (一例) を示す。図より、Duty 比が小さくなると、誘起流れはやや上方に偏向するとともに流下後の広がり小さくなるように見える。また、連続駆動 ($DR=100\%$) の場合には、誘起流れは流下にともない上下に千鳥配置されたような比較的スケールの大きな構造が現れるのに対して、パルス変調駆動の場合には、変調周波数の差に応じた間隔の異なる縞模様の構造とその幾つかが合体して生じるようなやや大きめの構造が現れる。

次に、上記のような流れの特徴が速度場にはどのように現れるかを調べるため、各条件について PIV 測定を行った。Fig. 4 は、各実験条件にて 100 回の測定データをアンサンブル平均して得られた平均速度ベクトルの分布を示す。図より、 $DR=100\%$ の場合には、流下にともない速度は増加するが、平均速度は一般的な噴流の分布とは異なり双頭型の分布形を示す。これに対し $DR=20\%$ の場合には、噴流的な速度分布を示す。しかし変調周波数が低い $f_M=100\text{[Hz]}$ の場合の方が、アクチュエータ近くで増速しその後の速度の減衰が早い。

以上のことから、アクチュエータのパルス変調駆動により、誘起流れの構造が変化し、それにより速度場が変えられることが明らかになった。

4. 結論

パルス変調駆動したプラズマアクチュエータによる誘起流れの可視化観察および PIV 測定を行い、以下の結論を得た。

- (1) パルス変調駆動により誘起流れは、広がり小さくなるとともに、最大流速に達する位置がアクチュエータに近くなる。
- (2) 変調周波数が低いほど、流れはアクチュエータに近い位置で増速し、その後の減衰が早くなる。

参考文献

- 1) 佐宗章弘, 日本機械学会誌, Vol.110, No.1061(2007), pp.58.
- 2) T.C.Corke, C.He and M.P.Patel(2004), Plasma Flaps and Slats: An Application of Weakly-Ionized Plasma Actuator, AIAA Paper, pp.2004-2127(2004)
- 3) 松田寿ら, 日本機械学会論文集(B 編), Vol.74, No.744(2008), pp.1667-1672.

Fig. 3 Visualization of induced flow

Fig. 4 Mean velocity vectors