

K3-45

同軸型 DBD プラズマアクチュエータを用いた噴流拡散制御 ～間欠制御が及ぼす噴流への影響～

Jet diffusion Control by a Coaxial Type DBD Plasma Actuator

～Influence of the jet by intermittent control～

○奥山航輝¹, 木村太郎¹, 佐用謙太郎², 大西真澄², 木村元昭³*Kouki Okuyama¹, Taro Kimura¹, Kentaro Sayo², Masazumi Onishi², Motoaki Kimura³

Abstract: Diffusion control of the jet is expected from raising the noise reduction of a jet engine, and engine combustor efficiency etc. In it, a dielectric barrier discharge (DBD) plasma actuator is lightweight, and attracts attention as a fluid control device which can induce a strong flow with a simple structure without a flexible region. In this research, the coaxial type DBD plasma actuator which generates an induced flow in a jet and the direction of the coaxial is studied. A synthesizer is used and intermittent control of plasma is performed. When changing duty by a synthesizer, it investigated what kind of influence appears in the main jet. As a result, high range diffusion of the jet was observed by the rise of duty.

1. 緒言

近年、大気圧放電により生成されるプラズマを利用した流体制御技術(プラズマアクチュエータ)が大きな注目を集めている^[1]。従来の実験は噴流の初期領域においてプラズマを発生させ、その誘起流れを用いて速度変化を生じさせ噴流の拡散制御を試みている^[2]。今回の実験では主噴流と同軸方向に誘起流れを発生させるプラズマアクチュエータを用いて、印加電圧の on, off 間欠制御を行う。その際 duty(間欠比)を変化させた場合、主噴流にどのような影響を及ぼすか実験を行い報告する。

2. 実験装置・方法

図 1 に主噴流と同方向にブローイング力が働くよう設計した DBD プラズマアクチュエータの寸法を示す。図 2 に円形ノズル出口に設置された DBD プラズマアクチュエータの断面と主噴流および誘起流れの全体図を示す。DBD プラズマアクチュエータを内径 $d=10\text{mm}$ のアクリル製軸対称速度均一絞リノズルの出口に配置し、電源(PSI 製:PSI-PG1040F)より印加電圧 5kV、周波数 15kHz の交流電圧をシンセサイザ(株式会社 NF 回路設計ブロック:WF1944)によって間欠制御する。この交流電圧を利用して図 2 のようにプラズマを発生させ、ノズルから噴出する噴流の拡散制御を試みた。

図 3 に実験装置概略図を示す。実験では圧縮機から空気を供給しデジタルマスフローコントローラー(山武:標準モデル CMQ0050)から $Re=2000(3.1\text{m/s})$ の条件でノズルから噴出させた。噴流の可視化には $1\mu\text{m}$ 程度のシード粒子(シェル:オンジナオイル 15)を空気に混

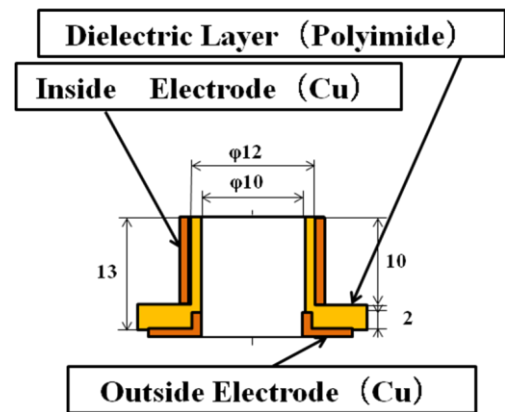


Figure 1. Size of electrode

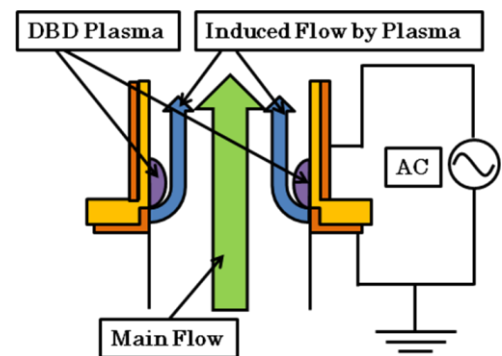


Figure 2. Overall view of induced flow

入してからノズルより大気中、鉛直上方に噴出し、Nd:YAG レーザ(Omicron:LA-D40-CW, $\lambda=532\text{nm}$ 最大出力 5.50W)を用いたレーザーライトシート法により噴流軸中心上を可視化し、ハイスピードカメラ(Photron:FASTCAMSA1.1)を用いて噴流への影響を撮影した。また、I 型熱線を用いた熱線流速計(MODEL 0251-T5:

5 $\mu\phi$ タングステン)で測定した出力からプラズマ発生によるノイズを除去する為にマルチファンクションフィルタ(株式会社 NF 回路設計ブロック : 3611)でフィルタリング(ローパスフィルター, 6Hz)し, その出力から主噴流の速度を求めた. 噴出方向を x として $x/d=1\sim 16$ を 1 刻みで測定した. 間欠制御の簡易図(duty=B/A)を図 4 に示す.

3. 実験結果および考察

本実験ではこの噴流のプリファード周波数である 160Hz の倍数であり, 変化が一番鮮明であった間欠周波数 $fd=320\text{Hz}$ を使用し, 印加周波数 15kHz, 電圧 4.8kV 付近で, duty を変化させ実験を行う.

図 5 に off, duty=10%, duty=50%, duty=90% の噴流の可視化画像を示す. この可視化画像から, duty が上昇するほど, $x/d>3$ における噴流の拡散範囲が広がることが確認できる. これは duty が上昇につれてプラズマの発生時間が伸び, 拡散幅に差がついたと考えられる.

図 5 と同条件でのノズル中心の速度分布図を図 6 に示す. duty が上昇するほど, プラズマアクチュエータの噴流出口付近($x/d=1$)の中心速度は減速した. この現象は, 図 5 において duty が上昇するほど噴流出口付近($x/d=1$)において噴流幅が周期的に拡大することが確認できるので, 噴流の流量は一定であることからその分平均速度が減速したと考えられる. また, $x/d=2$ 付近で duty にかかわらず速度が一定の値まで回復している. これは図 5 において $x/d=2$ 付近で渦輪の通過により噴流幅が縮小したことから, 速度が回復したと考えられる. さらに, プラズマアクチュエータを使用した場合, off の時より $x/d>3$ において速度が減速していることが確認できる. これはプラズマアクチュエータによって, 噴流が多方向に拡散し, 速度成分が x 方向に集中しなくなったため速度も下がったと考えられる.

4. 結論

今回, 間欠制御を用いた同軸型 DBD プラズマアクチュエータの噴流拡散制御を行い次の知見を得た.

- (1) プラズマを印加すると噴流出口付近の中心速度は, duty の上昇するに伴い速度が減速する.
- (2) $x/d=2$ 付近で duty にかかわらず速度が一定の値まで回復する.
- (3) プラズマアクチュエータ使用時は, 未使用時と比べて $x/d>3$ より速度が減速する,
- (4) duty が上昇するとともに, $x/d>3$ における噴流の拡散範囲が広がる.

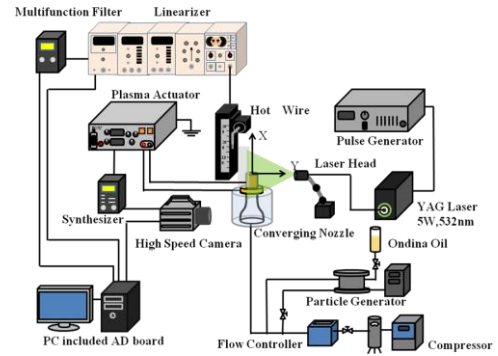


Figure 3. Experimental apparatus

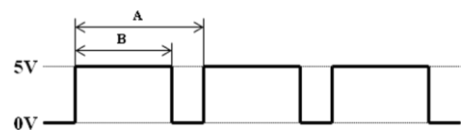


Figure 4. Explanation of a duty

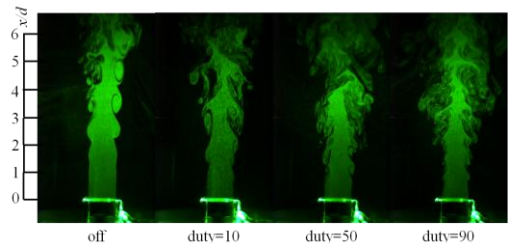


Figure 5. Visualization of flow duty change (4.8kV, 15kHz, 320Hz)

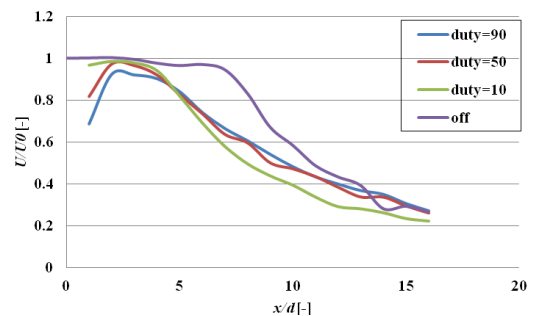


Figure 6. Main velocity distribution (4.8kV, 15kHz, 20Hz)

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号: 22560176)の助成を受けている.

5. 参考文献

- [1] 深瀧康二, 山田俊輔, 石川仁: ながれ 29(2010)245.
- [2] 高野智和, 金洪宇: 平成 21 年度卒業研究報告書, (2010)3.
- [3] 溝田祐樹, 永江剛典ら: 第 22 回数値流体力学シンポジウム, N3-5(2008)1.