

小型風洞を利用した点火プラグまわりの流動計測による 放電路変形の要因に関する考察

日大生産工(院) ○吉田 斗南
日本大学生産工 今村 宰 秋濱 一弘

1. 緒 言

地球温暖化への対応は喫緊の課題であり、脱炭素が強く叫ばれている。脱炭素社会においてもエネルギーの運搬や貯蔵の観点からは、再生可能エネルギー由来の燃料として一旦貯蔵し、必要に応じて熱、動力もしくは電力に変換して用いることが想定される。特に動力として用いる場合には、熱機関が利用されることも想定され、総合的なエネルギー効率の向上の観点からリーンバーンの利用が有望視される。特に筒内では20m/sにも達する流動が生じている場合⁽¹⁾もあり、リーンバーンでは安定した点火技術が必要であり、設計等において現象を捉えた点火モデルが求められていると言える。これに対して、主に小型風洞を用いて流動中における放電路の変形を捉え、点火モデルへ資する活動が実施されている⁽²⁾。この活動の中では放電路の大きな変形においては理解が進んだものの、実際の放電路は小さな曲率をもって複雑に変形し、その現象については十分な解析が進んでいない。そのため様々な波数を有する流れ場を作り出し、その中での放電路の変形を捉え、流れ場が放電路の変形に与える影響について調べることにした。本報告では、様々なパンチングメタルを用意して流動場の計測を実施したので、その概要について以下に報告する。

2. 実験装置と実験の方法

実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。実験装置は小型風洞になっており、一旦バッファタンクに高圧のガスを貯めておき、その後ソレノイドバルブを開放することで、テストセクション部に流動を生じさせる実験装置となっている。このテストセクション部に点火プラグを挿入しており、流動中における火花放電の変形の様子を観測窓から観察できるようになっている。

また本実験では後述のように測定用のプローブを差し込んで計測を行えるような仕様としている。この実験装置を用いて観察された典型的な放電路の変形の写真を Fig. 2 に示す。この図に示されるように放電路が流動によって引き延ばされるように変形し、特に非常に小さな曲率を持って複雑に変形している様子がわかる。この現象に対する考察を行うため、Fig. 3 に示すような穴付きのプレートを複数用意してテストセクションの上流部に挿入した。Fig. 3 においては、横幅 1mm の溝にて十字部分が構成されている。このようなプレートをテストセクションの上流に挿入することによって、特徴のある流れ場を生成し、それ流れ場内における放電路の変形の様子を確認する。ここでは点火プラグの代わりに熱線風速計 (7000Ser. KANOMAX 社製) を挿入して、点火プラグ付近における流れ場の計測を実施した。

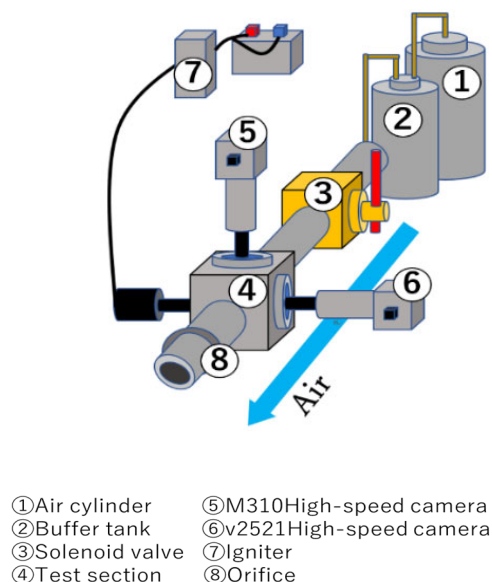


Fig. 1 Experimental apparatus

Analysis of Factors Affecting Discharge Path Deformation Through Flow Measurement Around Spark Plugs
Using a Small Wind Tunnel

Tonan YOSHIDA, Osamu IMAMURA, and Kazuhiro AKIHAMA

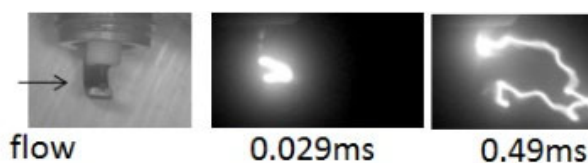


Fig. 2 Typical photograph of change of discharge path

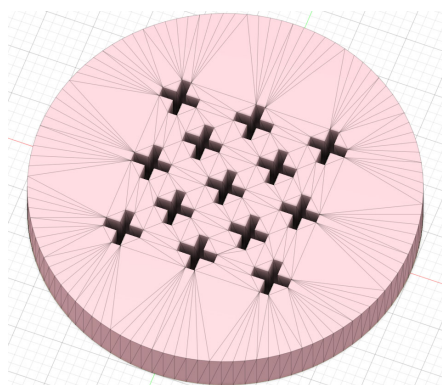


Fig. 3 typical perforated plate

3. 実験結果および考察

Fig.4 に熱線風速計にて計測された流れの時間変化を示す．本実験において穴付きプレートの前後における差圧は 0.2MPa であった．本実験セットアップでは差圧が 0.5MPa 程度を超えると動圧により熱線が破断し流速を計測することが困難であった．Fig.4 から、平均の流速が 13.0 m/s で乱れ強さ $\sqrt{u'^2}$ が 0.78 m/s と見積もられ、平均流速に対する乱れ強さはおよそ 6%であった．これらは、過去に PIV 計測にて得られた値と概ね一致した．このように得られた速度変動を周波数解析したものが Fig.5 である．Fig.5 においては 0.4ms のサンプリング間隔で 0.87s 間に計測したデータを用いて解析している．この図からおよそ 59Hz あたりにピークが認められ、その 2 倍、3 倍のところにもピークが認められる．周波数 f を 59Hz とし乱れからスケールを求める ($2\pi f / u'$) と、2mm 程度となる．2 倍の周波数では 1mm 程度の空間スケールとなることから、これらは穴あきプレートの溝幅に依存しているものではないかと推察される．さらに 18Hz 付近にもピークがあり、同様にスケールを求めると 6mm 程度となることから、これは溝の長手方向の長さに依存しているのではないかと推察される．以上から、挿入した穴付きプレートによって、特徴的な流れ場が生成されていることが推察されたと言える．今後は、この流れ場と Fig. 2 に示すような放電路の変形との相関について調査する予定である．

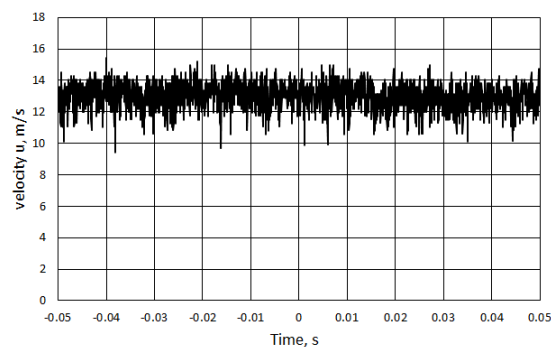


Fig. 4 Measured flow velocity ($\Delta P = 0.2 \text{ MPa}$)

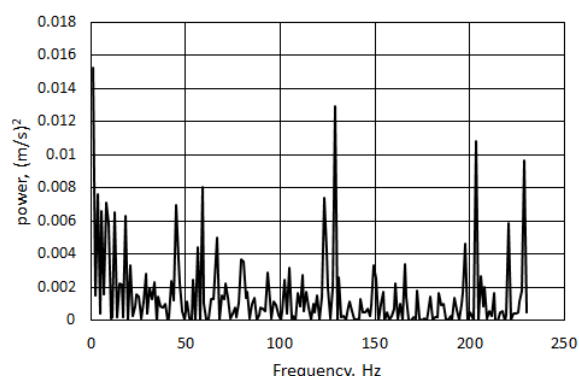


Fig. 5 Frequency analysis of measured velocity

4. 結論

流動中における火花放電路の複雑な変形の要因を明らかにするために、穴あきのプレートを製作して、それにより生じる流動場について熱線風速計を使って計測を実施した．得られた結果は以下のとおりである

- (1) 熱線風速計によって測定された流速、乱れ強さは、PIV 計測の値と概ね一致した．
- (2) 周波数解析の結果と乱れから推察される渦のスケールは、穴あきプレートによって生じたものと推察された．

文 献

- (1) 金子誠, ”内燃機関の筒内「ながれ」解析”, ながれ 35, 353-358 (2016)
- (2) 今村 宰, 文 鉉太, 岩田 和也, 秋濱 一弘, ”小型風洞を用いた高速気流中における火花放電の放電特性に関する研究”, 自動車技術会論文集 第 50 巻 3 号, 737-742, (2019), DOI : 10.11351/jsaeronbun.50.737