

流動場における火花放電時の放電路の形状変化に及ぼす圧力の影響

日大生産工(院) ○文 鉦太

日大生産 今村 幸 岩田 和也 秋濱 一弘

1. まえがき

近年、環境問題や燃料の枯渇への不安といった問題から、自動車エンジンにおいては熱効率の向上が喫緊の課題である。現在のガソリンエンジンの熱効率は、ハイブリッド車用エンジンを中心に39%程度にまで高まってきており、採用されている技術としては、内燃機関の有効仕事を高めるための高膨張比化技術やノック改善と冷却損失低減を両立させるためのCooled EGR(Exhaust Gas Recirculation)技術、そして低摩擦化技術などがある。また作動ガスの比熱比を高める希薄燃焼運転においては、希薄燃焼限界を拡大させることで火炎温度が下がるため冷却損失の低減に繋がる。他方で、希薄燃焼では火炎伝播の低下や点火不良を起こすとされているため、安定した点火が必要とされている。特に希薄燃焼では燃焼速度の向上のために強い流動が加えられることがあり、進角化と相まって非常に強い流動場中における点火が要求される。以上のような背景から本研究では流動場における火花放電に着目した。特に流動場によって火花放電が引き伸ばされることが知られており、火花放電の引き伸ばし、放電時間、放電路の輝度、放電路の形状変化に及ぼす圧力の影響について検討を行った。

2. 実験装置および条件

実験の概要図をFig.1に示す。この図に示されるようにガスボンベからバッファタンクに混合気が一度貯められ、バッファタンクから定断面積の流路内に混合ガスを導入し、その流路内で火花放電を行える実験装置となっている。実験の開始は流路に挿入されている電磁弁の開閉で実施し、流路は直径25mmの円形断面積である。流量は点火プラグ前後にオリフィスを挿入することで流量の調整を行っている。温度や気体種が一定でオリフィスでチョークしていれば、質量流量は圧力に比例するため、体積流

量すなわち流速はオリフィス径によって決まる。本報では上流側にはオリフィスを挿入せず、下流側にのみオリフィスを挿入して実験を行った。本研究では、いずれの場合においても流路の断面積の中央に点火プラグのギャップが来るように調整されている。点火プラグから上230mmの定断面積区間が設けられている。イグニションコイルは文献[1]に示されているものと同様なものを用いており、10個のイグニションコイルを2直5並列に接続している。本報では、すべてのイグニションコイルに4msの充電時間を与えている。放電時の様子を高速度カメラ(Phantom M310)にて、35000fpsにてモノクロ撮影した。

実験の手法であるが、始めに気体をバッファタンクに貯める。本報では試験ガスは空気である。ディレイパルスジェネレーターからの信号をもとに電磁弁を開き、流動を生じさせる。その後、イグニションコイルに充電し、点火プラグに火花放電を生じさせる。放電の様子を高速度カメラで撮影するとともに、流路内の圧力変化を計測した。

3. 実験結果および考察

Fig. 2に典型的な放電写真を示す。図においては左方向から右方向に向かい空気流速が流れている。この図に示されるように空気流速によって放電路が空気流動の下流側に流れていることがわかる。放電路はある程度、流れ方向に延ばされていくと切断され、放電路長が短くなる。ここでは放電路が切断され、放電路が再形成されることをリストライク(再放電)として定義する。Fig.3は放電路の面積の時間履歴を示したものである。図に示されるように圧力が大きい方が放電路の面積は大きくなっており、リストライク回数も多いことが分かる。Fig.4は放電路の外周の時間履歴を示したものである。図に示されるようにFig.3ほど圧力による差は

Effect of Pressure on Shape Change of Discharge Path during Spark Discharge in Flow Field

Genta BUN, Osamu IMAMURA,
Kazuya IWATA, Kazuhiro AKIHAMA

ないことが分かる。ただし、リストライクのタイミングは同様に圧力が大きい方が早くなる傾向にあることが分かる。

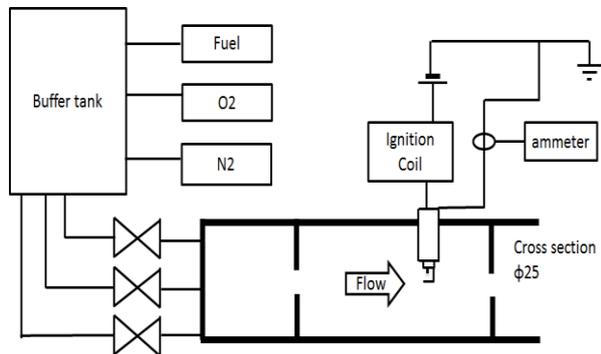


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

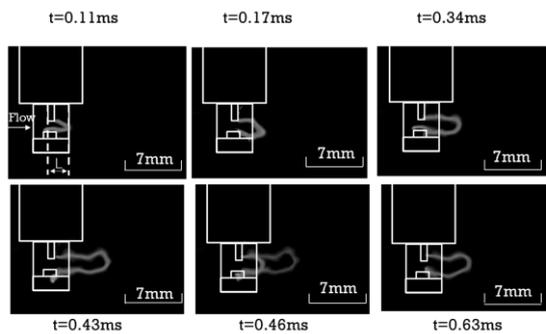


Fig.2 Typical image of discharge channels

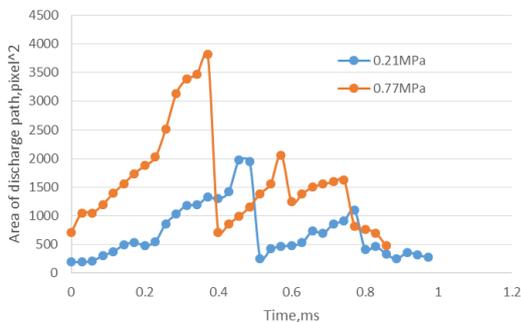


Fig.3 Time histories of area of discharge path in various pressure

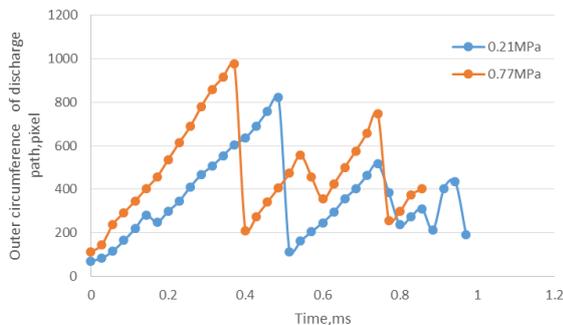


Fig.4 Time histories of outer circumference of discharge path in various pressure

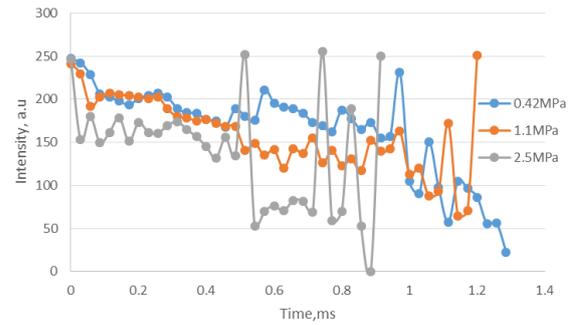


Fig.5 Time histories of the luminance of the discharge path in various pressure

Fig.5は放電路の輝度の時間履歴を示したものである。輝度は点火プラグの2点と放電路の最先端の計3点の平均としている。図に示されるように圧力が大きくなると放電路の輝度は小さくなる傾向にあることが分かる。また、圧力が大きくなるに伴い放電路の輝度の変化は大きくなる傾向にあることが分かる。Fig.3と同様にFig.5からも圧力が大きい方がリストライク回数が多くなる傾向にあることが分かる。さらにFig.3,4,5から分かるように圧力が大きい方が放電時間は短くなることが分かる。

4. まとめ

一様流速を生じさせることができる実験装置を用いて、空気流動中における火花放電の放電路の変形挙動について実験的に把握を行った。その結果として明らかになったことは以下のとおりである。

- ・流動による放電路の延伸に伴って、放電路の面積が大きくなる。放電路面積は圧力の上昇に伴い大きくなる傾向にある。
- ・流動による放電路の延伸に伴って放電路の外周は大きくなるが、圧力差による大きな差はない。
- ・流動による放電路の延伸に伴って、放電路の輝度は小さくなる。放電路輝度はリストライクに伴い大きくなる。
- ・流動による放電路は圧力の上昇に伴って、放電時間は短くなる傾向にある。

参考文献

1. 鄭棟元他, 第27回内燃機関シンポジウム講演予稿集, 講演番号6 (2016)