

高流動場における延伸した火花放電の線抵抗に関する研究

日大生産工(院) ○傳 建華 日大生産工 今村 宰
日大生産工 秋濱 一弘 日大生産工 山崎 博司

1. はじめに

近年, 社会基盤を支えているガソリンエンジンの利用においては, 世界的な二酸化炭素の低減方向性から, その熱効率の向上が厳しく求められ, 対策としてリーンバーンが期待されている. リーンバーンでは強い流動を加える上に点火時期が進角することから安定的な点火が困難となってくることもあり, 特に火花放電経路が強い流動によって延伸し三次元的に変形することが観察される[1]. 点火モデルにおける火花放電の電気的な特性を示すものとして1995年SAEでKimらによって発表された実験式 (Kim式とする) [2]がある. Kim式では, 電極間の放電路長を加味した以下のような電圧, 電流の関係式が用いられている.

$$V_{gc} = 40.46 l_{spk} i_s^{-0.32} p^{0.51} \quad (1)$$

V_{gc} , l_{spk} , i_s , p は, 各々, ギャップ間の電圧, 放電路長さ, 電流, 圧力を表す. 火花放電着火においては, 電気のエネルギーから着火へとエネルギーが輸送される過程を詳細に調査することが本質的な着火現象の解明につながるため, 高流動場における火花放電の電気的なモデルの高精度化が求められる. 特に電気的なモデルにおいては放電経路に依存するが, Kim式では簡易な放電路長さの見積もりを行っているため, 放電路長さの見積もりに起因する改善の余地があると思われる. 本報では, 直交二方向撮影により火花放電路の変形を三次元的に観察し, これによる放電路長さの計測の高精度化を基にKimらの研究との差異について検討したものである.

2. 実験装置および方法

本研究では, 放電路長さを計測するため2台のカメラを用い, 直交撮影で火花放電を撮影した. 実験装置の概略図をFig. 1に示す. 試験期間中に用いたカメラは Vision Research Inc. の高速カメラ Phantom M310 と Phantom v2512 の2機種である. Fig. 1に示すように, プラグ正面に設置した Camera (Front) とプラグ底面に設置した Camera (Bottom) はそれぞれ Phantom M310 と Phantom v2512 である. 2台のカメラを35000fpsで撮影し, その際の解像度は Phantom M310 が320x240, Phantom v2512 が640x480ピクセルであった. 本報では取り扱う2種類の作動流体は空気と窒素であり, 燃焼室上流に設置されたバ

ッファータンクに1MPaで充填された後, 電磁弁を開くことで各々の作動流体の流動を生じさせた. 燃焼室下流にはオリフィス径8mmのオリフィスを設置しており, これにより流量を制御している. 燃焼室にある点火プラグの付近での平均流速は18.5 m/sであり, 圧力は0.5 MPaである. 点火プラグはNGK社製のPSPEプラグであり, 点火プラグと接続しているイグニッションコイルに4 msで充電したのち, 放電を行った.

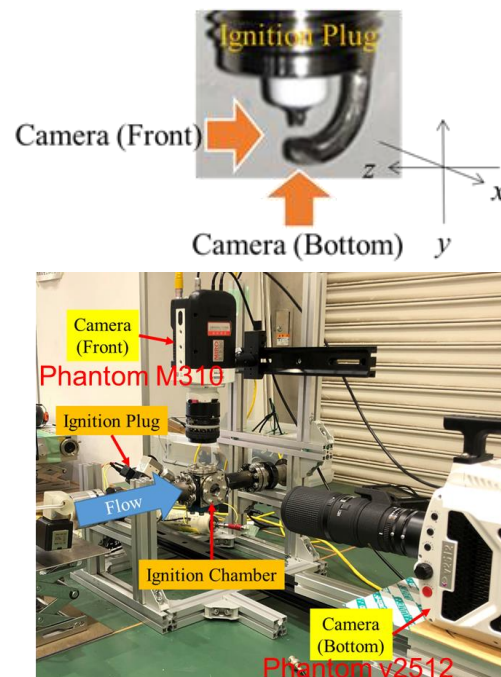


Fig. 1 The experimental apparatus of two orthogonal cameras

3. 実験結果および考察

2台のカメラを用いて典型的な火花放電路の挙動を観察したものを Fig. 2 に示す. 高流動場における火花放電は放電路が流動によって引き伸ばされ, 場合によって放電が維持できなくなり, 放電路が短絡したり, 再放電する現象が観察されている. 流動による延伸した火花放電経路の三次元変形の一例をFig. 2 に示す. 高速カメラ Phantom v2512 から撮影された画像により, 放電路が流動により点火プラグから大きく引き伸ばされるとともに, 放電路と電極の接触場所も大きく変形することが観察された. これにより放電路が流動とともに三次元的な変形があることが確認された.

A Study of Resistance of Elongated Spark Discharge Path in Flow Field

Chien-hua FU, Osamu IMAMURA, Kazuhiro AKIHAMA and Hiroshi YAMASAKI

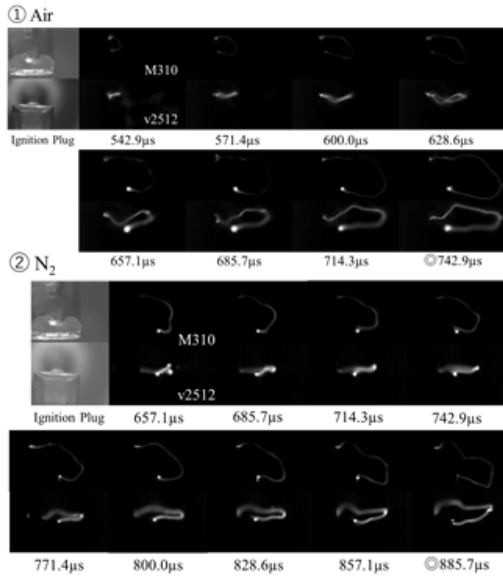


Fig. 2 The behavior of spark discharge (in flow field)

本報では、三次元変形 (x, y, z) を考慮して放電路長さを求めることで、Kim 式をベースにした実験式の高精度化の検討を行った。まず2枚の二次元の写真から三次元的な火花放電路長さの計測を試みた。Phantom M310（プラグ正面から見た画像）で得られた画像から原点（絶対座標）をプラグのカソード上に定め、絶対座標の流動 x 方向に対し、放電路を 0.2mm 間隔で (x, y) 座標をプロットする。プラグのギャップから最遠点の座標のみは直前の点との間 0.2mm 間隔となっていない。Phantom v2512（プラグの下方向からみた画像）に関しては、Phantom M310 で定められた原点から同じ流動の流れ方向 x 軸に対し、0.2mm 間隔で座標 (x, z) をプロットする。Z 軸は放電路の奥行方向を示す軸である。プロットされた両カメラの画像を座標系と共に Fig. 3 に示す。このようにして各点の三次元座標 (x, y, z) を求め、各点を折れ線で結ぶことで放電路長さを算出した。

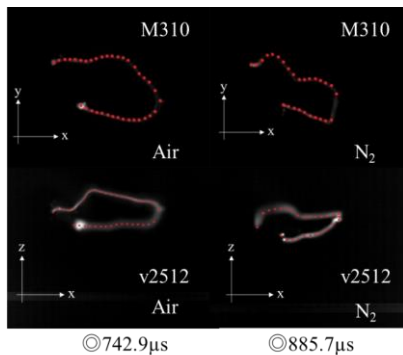


Fig. 3 The measurement of spark discharge path (at 0.2mm interval)

Phantom M310 (x, y) のみの情報, Phantom v2512 (x, z) のみの情報, 三次元座標 (x, y, z) および Kim

らの算出方法に基づき放電路長さを算出し、その時刻における電流電圧データから放電路の線抵抗を算出した。線抵抗と電流値との関係を Fig. 4 に示す。Kim らの研究では、放電路長さの算出はプラグのギャップから最遠点までを矩形の形で近似して長さを算出している。流動の流れ方向を x 軸とし、点火プラグのギャップから最遠点の x の距離を計測した放電経路である。各座標系が Kim 式に対して、それぞれ差異が見られる。空気の場合では、 (x, y, z) , (x, y) , (x, z) が Kim 式に対して凡そ 7.02%, 0.516%, 12.2% であった。窒素ガスの場合では、 (x, y, z) , (x, y) , (x, z) が Kim 式に対して凡そ 1.46%, 6.95%, 32.3% であった。

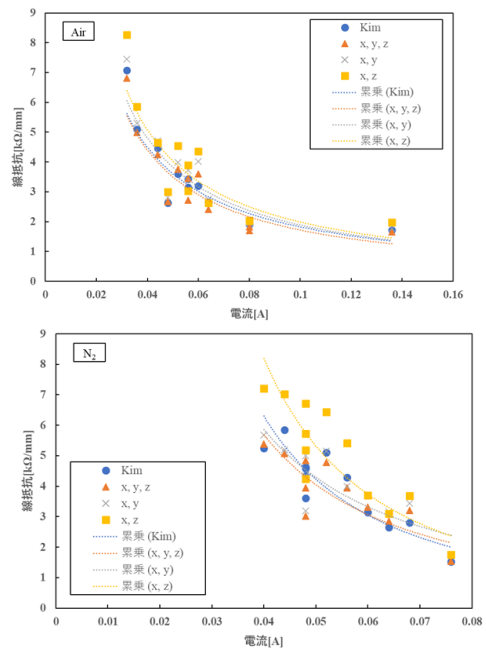


Fig. 4 The resistance of spark discharge path (in flow field)

4. まとめ

火花放電点火における点火モデルの高精度化を目指して、より高精度に放電路の電気抵抗を求める取り組みを行った。従来使われている二次元的なデータのみからの算出に対して、三次元的な情報を考慮することで、それらとの放電路長さおよびそれに伴う放電路の電気抵抗値に差異が見られた。

参考文献

- 1) 二方向撮影による流動により延伸した火花放電路長さの計測に関する研究, 傅建華, 今村幸, 秋濱一弘, 山崎博司, 第 53 回生産工学部学術講演会
- 2) Jaehong Kim and Richard W. Anderson, Spark Anemometry of Bulk Gas Velocity at the Plug Gas of a Firing Engine, SAE 952459 (1995)