

火花追跡法のための小型火花発生装置の開発

岩 永 正 裕・山 岸 陽 一

Development of Small Size Spark Generating Device for Spark Tracing Method

Masahiro IWANAGA and Yōichi YAMAGISHI

Abstract

The commercial devices for spark tracing method have excellent performances, but they are too expensive and too heavy to be used for the demonstration of flow patterns in lectures.

Then we develop a cheap and portable spark generating device by assembling electrical parts for automobile. We use a storage battery, ignition coils and a spark advance system C.D.I. (Condenser Discharge Ignition).

The maximum generated voltage of our device is 60 kV and the maximum frequency is 4.5 kHz, and those performances seem to be enough for lecture demonstrations.

1. ま え が き

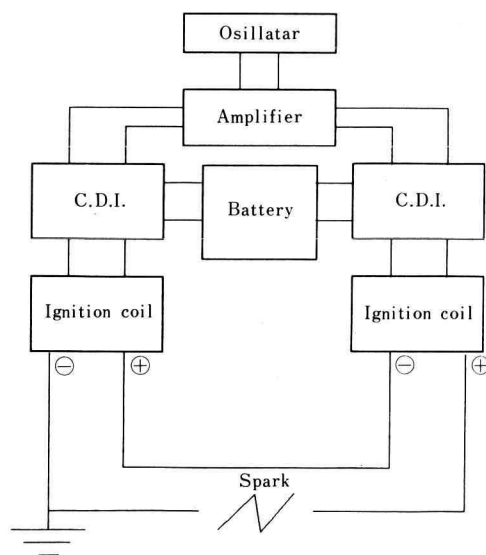
火花追跡法は気流の可視化の一つの方法であり、専用の火花発生装置が市販されている。しかしこれは非常に高価であり研究室単位でこれを購入することは難しく、また重量が重いので講義のデモンストレーション用に教室まで持ち運ぶことが困難である。

そこで自動車用イグニッションコイル、バッテリーと市販の点火促進回路(CDI)を用いた安価でポータブルな火花発生装置の開発を行う。

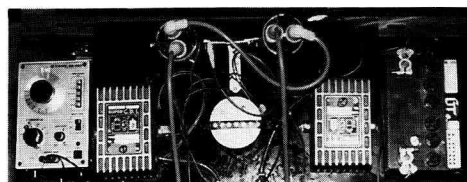
2. 火花発生装置

火花発生装置を安価で軽量なものとするために、市販の自動車部品を組み合わせて使用することを考えた。自動車のガソリンエンジンの点火スパークを強力にするための部品 CDI が市販されており、本研究では WAKO テクニカル(株)製の CDI を用いた。この CDI は DC-DC コンバータであり、12 V の電圧を 480 V に昇圧し、外部同期信号によりイグニッションコイルに強力な電流を供給する装置である。

火花発生装置の概略図を Fig. 1(a) に写真を Fig. 1(b) に示す。電源として自動車用バッテリー(直流 12 V)を使用し、CDI を介してイグニッションコイルにつなぐと、イグニッションコイルは約 100 倍の昇圧効果を持っており、1 組の CDI とイグニッションコイルで



(a) Block diagram.



(b) Photograph.

Fig. 1. Spark generating device.

約 48 kV の交流電圧を得ることができる。本研究ではこれを 2 組直列につないで 96 kV の電圧が得られるように設計した。外部同期信号としてオシレータと増幅器を使用し、5 kHz 以下の信号を与えて実験を行った。なおイグニッションコイルはコイル端子間での放電を防止するためシリコン油中に浸した。

3. 本装置の性能限界

本火花発生装置の発生電圧と周波数領域を知るために電極間距離と周波数を変化させて連続した火花が発生するかどうかを調べた。Fig. 2 は縦軸に周波数、横軸に電極間距離をとり、連続した火花が発生した範囲を実線で示す。電極間距離は約 60 mm まで連続した火花を得ることができたが、電極間距離が大きくなるに従い適用周波数領域は狭くなる。

空中の放電には電極間距離 10 mm 当り約 10 kV の電圧が必要であることから、本実験装置で得られる最大電圧は約 60 kV であり、周波数範囲は 1~4.5 kHz であることがわかった。最大電圧が設計値の 96 kV より下回ったのは高電圧のためコイルの内部等で絶縁不良を起こしたものと思われる。

4. 市販の火花発生装置との比較

市販の火花発生装置と本研究で開発した火花発生装置の比較を Table 1 に示す。重量は市販のものが約 200 kgf であるのに対して本装置は約 12 kgf (バッテ

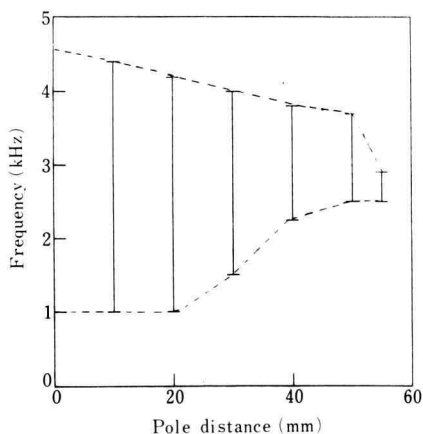


Fig. 2. Region of frequency and the pole distance, where a sequential spark can be obtained.

Table 1. Comparison between the developed device with a commercial device.

	Developed device	Commercial device
Maximum generated voltage	60 kV	250 kV
Maximum frequency	4.5 kHz	50 kHz
Weight	20 kgf	200 kgf
Price	¥400,000	¥10,000,000

リーを含めると約 20 kgf) であり非常に軽くコンパクトで持ち運びが容易であり、授業のデモンストレーション等にも手軽に利用できる。価格は市販のものが 1000 万円近くするが本装置は 40 万円程度である。出力電圧は市販のものが 250 kV であるのに対して本装置は 60 kV であり、発生可能周波数の上限は市販のものが 50 kHz であるのに対して本装置は 4.5 kHz である。

市販のものに較べて本装置の発生可能周波数が特に劣るが、これは自動車のエンジン回転数がせいぜい 10,000 rpm であり CDI 等がそれ以上の周波数に追従できなくなるためであると思われる。

5. 本装置を用いた火花追跡法の応用例

5.1 円管内流れ

Fig. 3 に示す内径 20 mm 長さ 1,750 mm の円管に空気を流して、本火花発生装置を用いて可視化した例を以下に示す。電極は約 0.06 mm のニクロム線を用い、その先端を壁面に固定した。撮影はナショナル製ビデオカメラ (AG-405) を用いて行った。

Fig. 4(a) はレイノルズ数約 720 の層流速度分布を

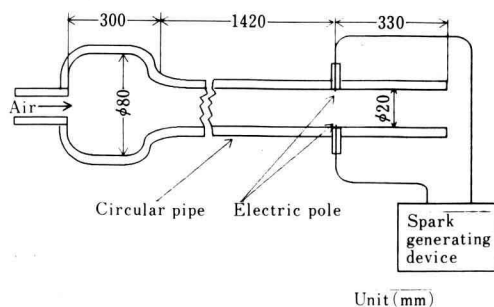
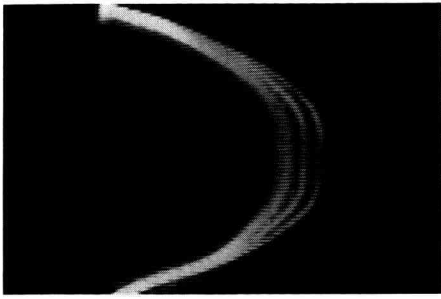
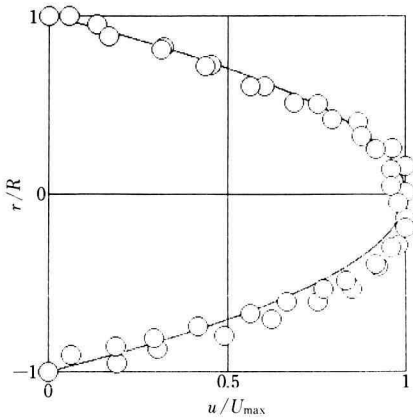


Fig. 3. Sketch of the circular pipe used for flow visualization.

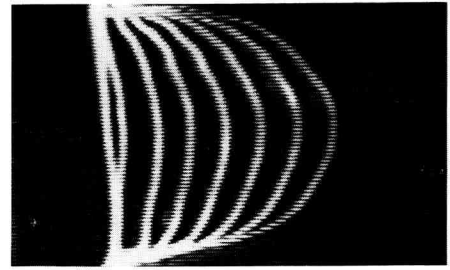


(a) Photograph under the following conditions. Reynolds number is 720, maximum velocity is 1.08 m/s, frequency of spark is 1.5 KHz and shutter speed is 1/250 s.

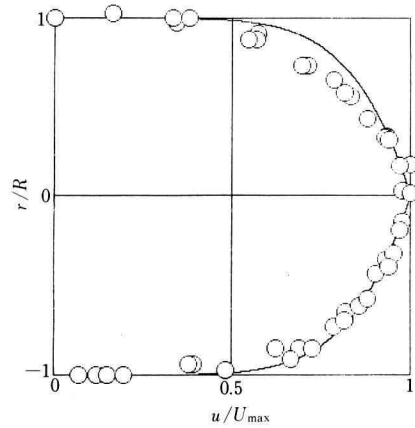


(b) Comparison between the velocity distribution obtained from the photograph and that from theory.

Fig. 4. Flow pattern of steady laminar flow by using spark tracing method.



(a) Photograph under the following conditions. Reynolds number is 6595, maximum velocity is 6.28 m/s, frequency of spark is 2.2 KHz and shutter speed is 1/250 s.



(b) Comparison between the velocity distribution obtained from the photograph and that from 1/n-th-power law ($n=6.37$).

Fig. 5. Flow pattern of turbulent flow by using spark tracing method.

表し, シャッタースピードは 1/250 s で印加電圧の周波数は 1.5 kHz であった。これより読み取った速度分布を放物線速度分布と比較したものが Fig. 4(b) であり, 比較的よく一致している。画像より読み取った最大流速は 1.08 m/s であり, 平均流速は 0.54 m/s である。ただし平均流速は放物線速度分布が適用できるものとして最大流速の 1/2 として求めた。

Fig. 5(a) はレイノルズ数約 6595 の乱流速度分布を表しシャッタースピードは 1/250 s で印加電圧の周波数は 2.2 kHz であった。これより読み取った速度分布を $1/n$ 乗法則の速度分布と比較したものが Fig. 5(b) であり, 比較的よく一致している。 n は板谷の式¹⁾ $n =$

$3.45 \times Re^{0.07}$ より見積り, 6.37 を使用した。最大流速は 6.28 m/s であり, 平均流速は 4.95 m/s である。ただし平均流速は $1/n$ 乗則が適用できるものとして最大流速から求めた。

5.2 エンジン吸入管内の流れ

Fig. 6 に示すようにエンジン吸入管として 30×30 mm の正方形管 (長さ 1,970 mm) を使用し, 正流, 逆流を明確に可視化するために Fig. 7 に示すような点状電極と線状電極を組み合わせたものを使用して, 吸入管内の流れを本火花発生装置を用いて可視化した。実験条件はエンジン回転数 750 rpm, 印可電圧の周波

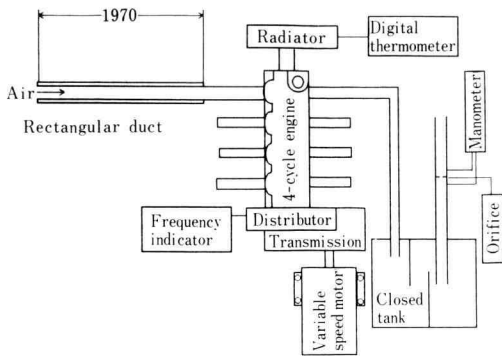


Fig. 6. Experimental apparatus of 4-cycle engine and inlet-pipe system.

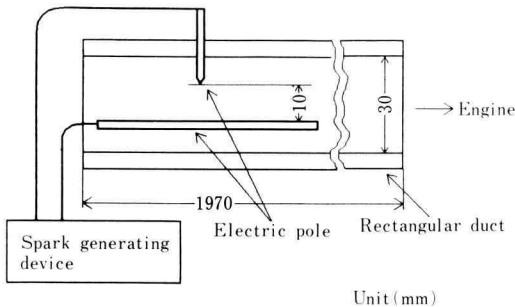


Fig. 7. Electric poles used for flow visualization of the inlet-pipe system of engine.

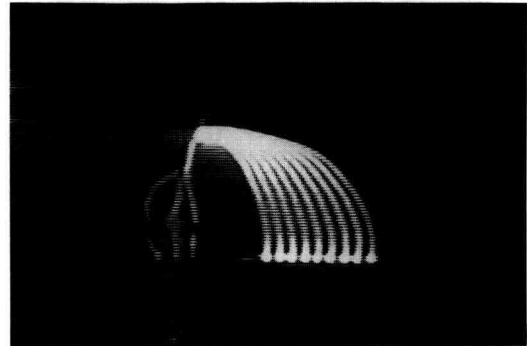
数 2 kHz である。撮影は上記ビデオカメラで行い、シャッタースピードは 1/250 s を使用した。

Fig. 8(a) は約 5.75 m/s の正流を示し、Fig. 8(b) は約 3.86 m/s の逆流を示しており、エンジン吸入管の中では正・逆の流れが交互に生じていることがわかる。

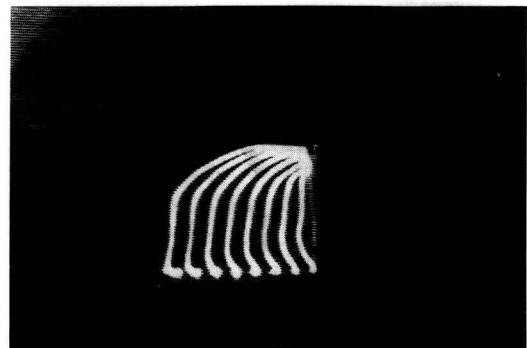
6. む す び

自動車用イグニッションコイルと点火促進回路 (CDI) を用いることにより、市販の火花追跡法専用の火花発生装置より格段に小型かつ安価な火花発生装置を開発した。

最大発生電圧は 60 kV、最高周波数は 4.5 kHz と専用の火花発生装置に比べ性能は劣るが、教育用、研究用としてある程度使用可能であると思われる。



(a) Forward flow, the speed of which is 5.75 m/s.



(b) Reverse flow, the speed of which is 3.86 m/s.

Fig. 8. Examples of flow pattern of non-steady flow in a inlet-pipe of 4-cycle engine. The experimental conditions are as follows.

Revolution of engine is 750 rpm,
frequency of spark is 2 kHz
and shutter speed is 1/250 s.

7. 謝 辞

本装置は WAKO テクニカル (株) 社長大和氏のご協力があったはじめて作製可能となったものであり、ここに深く謝意を表します。

また本研究は本学 4 年次卒業研究として行われたものであり、下記の諸君の協力を得た。ここに謝意を表します。

井坂 孝, 田中 和俊,
岡田 敏, 高田 寿, 渡邊 修

文 献

- 1) 板谷松樹, 日本機械学会論文集, 7 巻 26 号 (昭和 16-2)