

# 1次コイル電流が火花特性に及ぼす影響について

阿 知 波 重 春

## 1 ま え が き

一般のバッテリー点火方式では、高速回転時に1次コイル電流が1次側の自己インダクタンスの影響により、充分大きくなならないうちに遮断されてしまい、点火コイルの無負荷最高電圧（火花放電が発生しないときの最高電圧）が低下する傾向にあることはよく知られている。しかし、火花放電が起きる通常の運転状態で、高速回転時における1次コイル電流の減少が火花特性に及ぼす影響について言及されることはあまりない。そこで、今回高速回転時の火花特性の変化について調べたので報告する。

## 2 実 験 方 法

図2-1は実験装置の概要を示している。現実のエンジンでの放電状態は、燃焼室内の圧力、温度、空燃比、混合気の流れなどの影響を直接受け、大きく変動するので測定が困難になる。そこで、今回は常温、大気圧の条件下で6mmの3針ギャップを使い、基本的な火花特性の変化傾向を調べることにした。しかし、3針ギャップを用いても放電開始時のギャップ付近の外的条件が起因する統計的火花遅れの影響による変動は残る。そこで、各々の測定を30回程度行ったところ、ほぼ正規分布に近いデータが得られることがわかったので、その平均値をもって測定値とした。

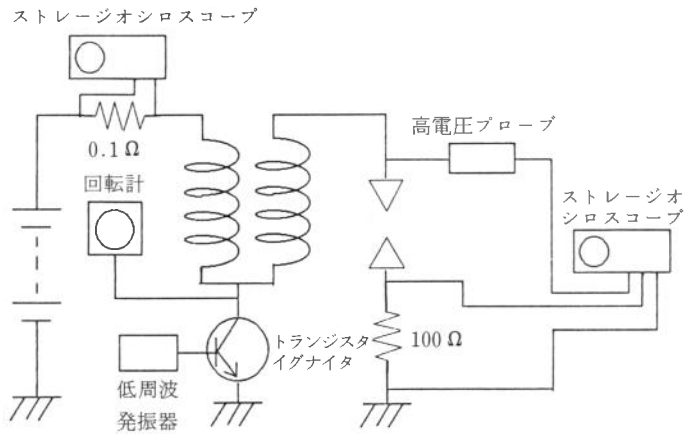


図2-1 実験装置

点火装置は、4気筒エンジン用のフルトランジスタ点火装置を用い、駆動回転数の変動を避けるため低周波発振器を信号源として使用した。

火花特性を表す測定項目は、図2-2に示されるSAE-J973a<sup>1)</sup>の規定にしたがい、ストレージ

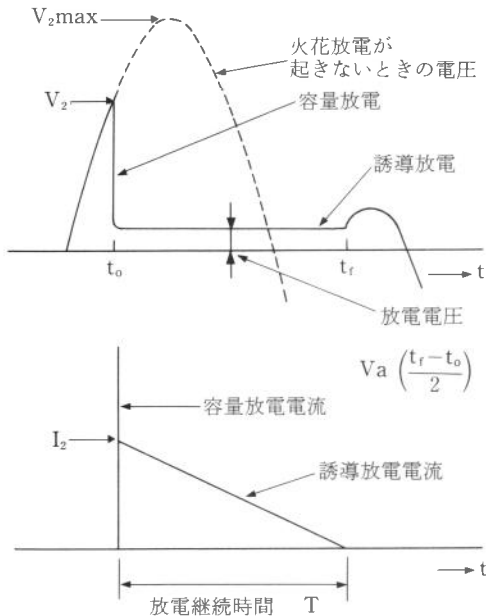


図2-2 放電電圧, 放電電流の波形

オシロスコープの波形から各々の値を求めた。

### 3 実験結果および検討

火花特性の測定に先立ち、エンジン回転数と1次コイル電流の遮断時の大きさについて、どのような関係があるか調べた。4サイクルエンジンの回転数をNとし、ドエル角をDとすれば、1次コイルに電流が流れる時間  $T_c$  は

$$T_c = D / 3N \quad (1)$$

となる。本実験に使用したような回転数が変化してもドエル角が変わらないタイプの点火装置であれば、1次コイルに電流が流れる時間は、回転数の上昇に反比例して減少していくことが推察される。図3-1のグラフはこのことを裏付けるような結果になっている。この  $T_c$  の減少ともなっていて、遮断時の1次コイルの電流値も、図3-2に示すように今回の実験範囲では、

ほぼ直線的に減少していくことがわかった。

図3-3の電流波形から明らかなように、1000r.p.m. のときの1次コイル電流は、ほとんど飽和していて定常電流になっていると考えられるので、これを基準として回転数を変化させたときの各測定値と比較検討をすることにする。

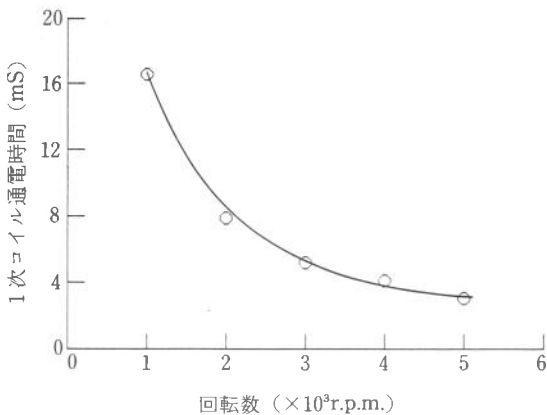


図3-1 回転数と1次コイルに電流が流れる時間

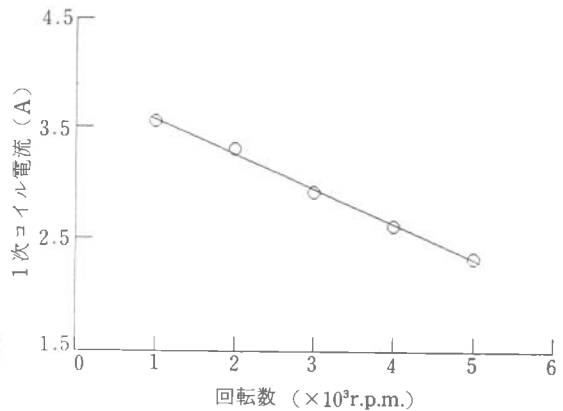


図3-2 回転数と遮断時の1次コイルの電流

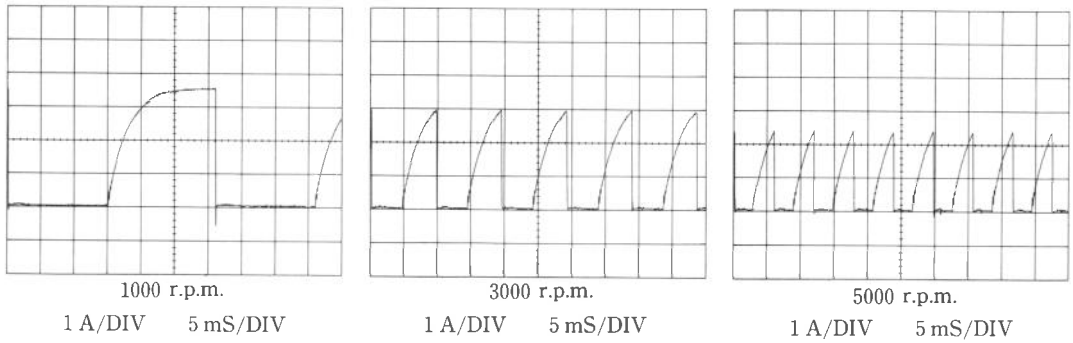


図3-3 1次コイルの電流波形

放電電流  $I_2$  (誘導放電開始時の2次電流)は、回転数を上昇させると減少していき、5000r.p.m. になると1000r.p.m. のときの値に対して約29.5%減っている。

ここで、1次側から供給される電気エネルギーを  $W_1$ 、2次回路の有する静電容量を  $C_2$ 、火花放電開始時の2次回路の電圧を  $V_2$ 、2次回路の自己インダクタンスを  $L_2$  として、適当な簡略化をすると、放電電流  $I_2$  の大きさは

$$I_2 = \sqrt{\frac{2W_1 - C_2 V_2^2}{L_2}} \quad (2)$$

と書き表される<sup>2)</sup>。 $W_1$  は、1次コイルの自己インダクタンスを  $L_1$ 、遮断時の1次コイル電流を  $I_1$  とすると、 $W_1 = (1/2) L_1 I_1^2$  となる。したがって、 $W_1$  は回転数の上昇によって1次コイル電流  $I_1$  の大きさが小さくなれば、それにもなって減少していく。また  $C_2 V_2^2$  の項は、今回の実験ではギャップ長を一定にしているので、この項は変化しないと考えることができ、さらに2次回路の自己インダクタンス  $L_2$  も一定と見なすことができる。これらのことから、放電電流  $I_2$  の大きさは(2)式にしたがって、1次コイルの電流  $I_1$  の減少による1次側の電気エネルギー  $W_1$  の変化にもなって、小さくなっていくことになると考えられる。

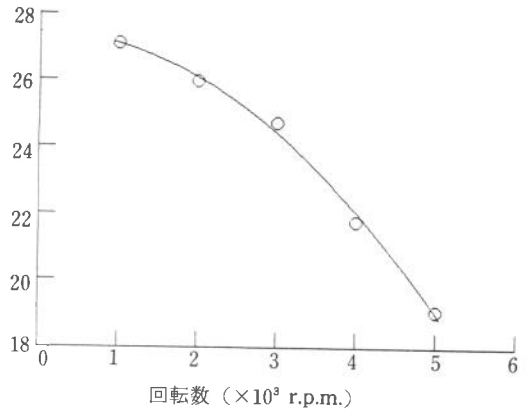


図3-4 回転数と放電電流

放電電圧  $V_a$  (誘導放電中の2次電圧)は、回転数の上昇とともに増大していき、5000r.p.m. になると1000r.p.m. のときの値に対して約12.4%増えている。

誘導放電中の電圧と電流の間には、次に示す Ayrton 夫人の実験式が成立するとされている<sup>3)</sup>。

$$V_a = a + bI + (c + dI) / I \quad (3)$$

ここで、a, b, c, dは電極材料, 気体の種類によって決まる定数であり, 1は火花の長さである。今回の実験では, ギャップの長さを変えていないので火花の長さ1は, 各々の放電では, ばらついていても平均的にみればほぼ一定と見なされる。したがって, (3)式の分子の項は一定となり放電電圧  $V_a$  は, その時点での2次回路の電流に反比例することになる。

SAE-J973aの規定では, 放電電圧  $V_a$  の測定は誘導放電が半分経過した時点で行うことにな

っているのので, 回転数を変化させたとき放電電圧測定時の2次回路の電流がどのようになるか考えてみる。誘導放電中の電流は適当な簡略化をすると

$$i_2 = -\frac{V_a}{L_2}t + I_2 \quad (4)$$

と書き表され<sup>2)</sup>, 図2-2に示されるように直線的に変化すると考えられるので, 各回転数毎に得られた放電電流  $I_2$  と放電継続時間  $T$  を直線で結んでみると図3-6のようになり, 放電電圧測定時の2次回路の電流が回転数の上昇とともに減少していくことがわかる。したがって, これに応じて反比例的に放電電圧  $V_a$  が上昇していくはずであるが, 実際には直線的にしか上昇していない。これは, Ayrton 夫人の実験式が, 元来数アンペアから数十アンペアの電流変化を与えて得られた式であるので<sup>4)</sup>, 大勢の傾向としては一致しても, 本実験のように電流変化の幅が小さいときにはその特徴が顕著に現れなかったものと推察される。

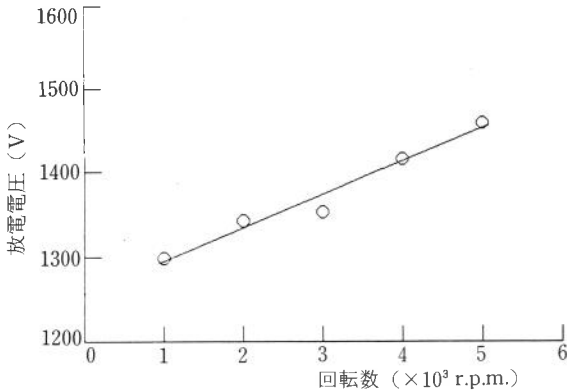


図3-5 回転数と放電電圧

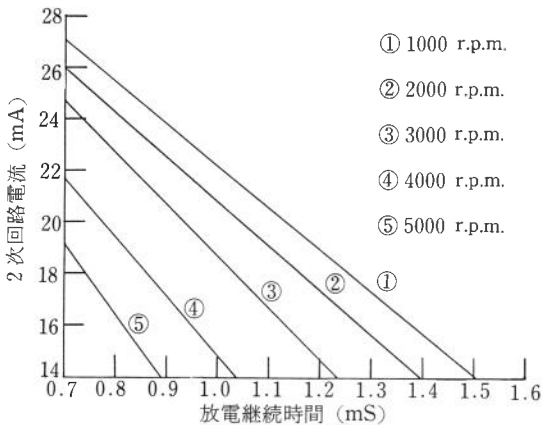


図3-6 各回転数における2次回路の電流波形

放電継続時間  $T$  は, 回転数を上昇させると減少していき, 5000r.p.m. になると1000r.p.m. のときの値に対して, 約40.8%と他の測定項目に比べて大幅に減っている。

放電継続時間  $T$  は, 適当な簡略化をすると

$$T = L_2 \frac{I_2}{V_a} = \frac{1}{V_a} \sqrt{L_2 (2W_1 - C_2 V_2^2)} \quad (5)$$

と書き表され<sup>2)</sup>, 放電電流  $I_2$  と放電電圧  $V_a$  の両方の影響を受けることがわかる。前述のように回転数が上昇して1次コイルの電流  $I_1$  が減少すると, 放電電流  $I_2$  はそれにつれて減少し, 逆に

放電電圧  $V_a$  は増加をする。その結果、(5)式から明らかなように放電継続時間  $T$  は、回転数の上昇とともに減少していくことになる。今回の実験結果では、5000r.p.m. まで回転数を上昇させたら、1000r.p.m. のときに比べ放電電流  $I_2$  は約29.5%減り、逆に放電電圧  $V_a$  は約12.4%増えているので、(5)式から考えると放電継続時間  $T$  は計算上37.3%程度減少することになる。実際の測定結果では約40.8%の減少となっており、かなり近い値であると思われるので、大勢の傾向は(5)式で説明できるものと考えられる。

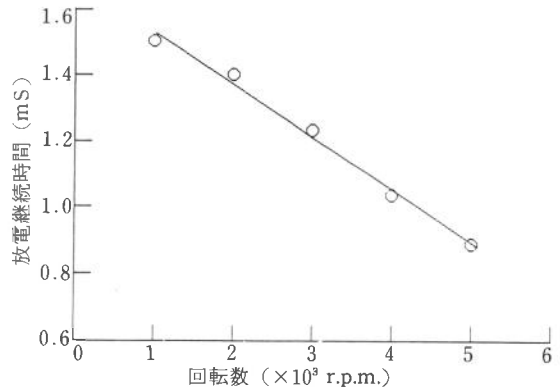


図3-7 回転数と放電継続時間

#### 4 ま と め

回転数を変化させて1次コイルの電流値を変えた結果、高速回転時の火花特性に次のような変化が起きることがわかった。

- (1) 1次コイルの電流値が高速回転になったとき減少し、その結果放電電流の値は減少する。
- (2) 1次コイルの電流値が高速回転になったとき減少し、その結果放電電圧の値は増加する。
- (3) 放電継続時間は、高速回転になって1次コイルの電流値が減少すると、それともなって減少する傾向があるが、放電電流と放電電圧の影響をともに受けるため減少する程度が大きい。

#### 参 考 文 献

- 1) SAE Handbook; Vol.2, P20.03, 1987
- 2) 阿知波重春；点火系統2次側静電容量が火花特性に及ぼす影響，中日本自動車短期大学論叢 No.20, P13, 1990
- 3) 松井憲紀；電気点火，有隣堂，P107, 1948
- 4) 安藤弘平他；溶接アーク現象，産報，P97, 1969