

## 【論文】

## 2機種ユニバーサルモータに発生する整流火花の比較検討

花澤民雄\*・大坪広明\*\*・江頭虎夫\*

Comparison of Commutation Spark Generated  
in Universal Motor of Two Models

Tamio HANAZAWA・Hiroaki OTSUBO・Torao EGASHIRA

Abstract: Universal motor have characteristics such as small size, light and high-speed rotation. However, It gives communication interference, and abrasion of brush becomes terrible when it sparks. So, It is necessary to investigate outbreak mechanism of sparks. We analyzed commutation sparks by high-speed camera and oscilloscope. In this paper, we analyze spark position and brush spark voltage in the cases of one coil and two coils.

Keyword: Universal motor, One coil, Two coil, High-speed camera, Commutation spark

## 1. はじめに

ユニバーサルモータ(単相交流整流子電動機)は交直流運転が可能で、小型軽量、高速回転などの特徴を持っているので家庭用の掃除機、ジューサ、ミシン等に広く使用されている。基本構造は直流機とほとんど同じであるが、ユニバーサルモータでは補極や補償巻線を設けずブラシ位置を反回転方向にずらしこれを補っているが、直流機に比べて整流が悪く、火花が発生している。また、整流中に流れる整流電流による起磁力によって高調波磁束が発生し、高いリアクタンス電圧を伴うことになるため、整流子片がブラシと離れる瞬間に整流子片後端に火花が発生して、ブラシの磨耗や通信障害の原因となっている。

本論は、現在各メーカーにより電機子コイルが2コイルのモータAと1コイルのモータBの構造設計がなされているので、これら2タイプのモータを実験機として交流電源で電圧(100V)一定と電流(13A, 15A一定)における整流火花の発生の違いについて、高速度カメラを用いてそれぞれ撮影実験を行った。また、火花発生時の電機子端子間電圧を測定し、比較検討を行った。

表1に各モータの仕様を示す。

表1. 各モータの仕様

	モータ A	モータ B
電機子1スロット数	12[個]	22[個]
整流子片数	24[個]	22[個]
ブラシ幅	9.4[mm]	8[mm]

\* 電気工学科

\*\* 工学研究科電気工学専攻2年

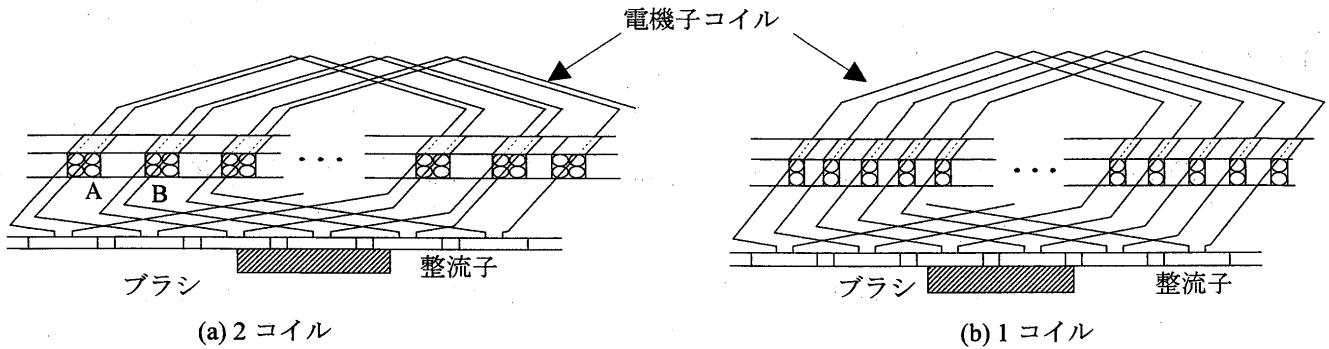


図1 電機子巻線2コイルと1コイル

## 2. 電機子巻線2コイルと1コイル

ユニバーサルモータは物理的構造の違う電機子スロット中の巻線が1コイルと2コイルのものがある。さらに、モータの電機子端子電圧を測定すると基本波60Hzにパルス電圧が重畳して現れる。図1よりこのパルス電圧を比較してみると、2コイルでは大小のパルス電圧が交互に現れ、1コイルでは中ぐらいのパルス電圧が現れる。なお、電機子スロットの巻線構造はメーカーの設計方針により異なる。

パルス電圧が異なる理由を以下に述べる。モータが回転中のときにブラシは、整流子片の2個と接触して整流が行われている。そこで、電機子の1スロット2コイルの場合は、図1(a)から整流終了時には同一電機子スロット中に2コイル(コイルA, コイルB)が存在する時と、別のスロットにそれぞれコイルA, Bが存在するところがあるために、相互インダクタンスと自己インダクタンスに大小が生じることになる。そして、整流中のコイルA, Bは整流終了時の回転位置が異なるため、両コイルが誘起する速度起電力にも差が生じる。このため、両コイルの整流状態を左右するリアクタンス電圧と速度起電力の和は差異を生じる。すなわち、リアクタンス電圧と速度起電力の和は後から整流を終えるコイルBの方が大きくなる。そのために大小のパルスが現れる<sup>1)</sup>。次に電機子スロット1コイルの場合は、1コイルでは上述の2コイルのように同一スロット中に2コイルが存在しないので、相互インダクタンスと自己インダクタンスに大小は生じない。1種類のパルスし

か発生しない。

## 3. 実験構成

図2に撮影実験装置構成図を示す。ブラシと整流子片のすり接触により整流火花が発生しているので、高速度カメラを用いて火花の撮影を行い可視化することにした<sup>2)~5)</sup>。ユニバーサルモータにHe-Neレーザ光が射出して反射シールで反射された光が光検出器に入り、外部トリガ信号としてパルスジェネレータ、同期信号装置を経て、高速度カメラに送られ撮影を行う。反射型外部トリガ法を用いた<sup>6)</sup>。オシロスコープには撮影を行った時の電機子端子電圧と外部トリガ信号を記録するように設定して、整流子片の整流火花をより詳細に検討ができるように構成している。

表2に撮影実験で用いた撮影条件の回転数と撮影速度を示す。モータAでは大小のパルスが発生するので、大パルスのみを撮影できるような撮影速度にしている。

表2. 回転数と撮影速度

	モータA			モータB		
	13A	15A	100V	13A	15A	100V
$N$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	34750	37950	38280	31650	34900	31650
撮影速度 [コマ/s]	6950	7590	7656	11606	12796	11606

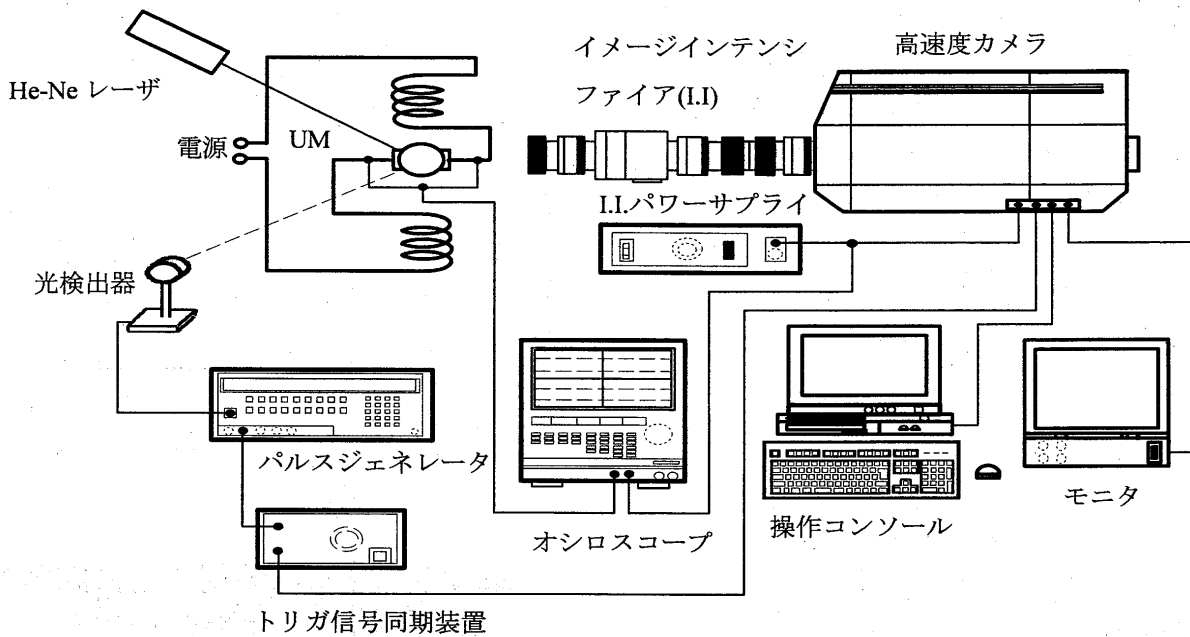


図2 撮影実験構成図

4. 測定方法

4・1 写真の見方

図3に撮影を行った写真の見方を説明する。1枚の写真に12コマの撮影が可能のように設定している。時間の流れは番号順に進んでいく。

4・2 整流火花発生位置の計測法

整流火花を測定する際には、1コマに火花が1つしかでない単発火花と、1コマに複数火花が発生する同時複数個火花がある。火花の発生位置を調べるために高速カメラにより撮影された写真をスキャナに取り込みデータとしてパソコンに入力し、LabVIEWを用いて作成したソフトウェアで火花の発生位置の画像解析(図4)を行った。

図4において、左側のバーと右側のバーをブラシの両端に合わせ、火花が発生した位置に中にあるバーを合わせると整流火花発生位置の計測をすることができる。ブラシの左端を零地点として、零地点より左側のものにはマイナスの値を与え、同時に複数個火花が発生した場合には、零地点に近いほうから1,2,3,...個目として位置を計測する。

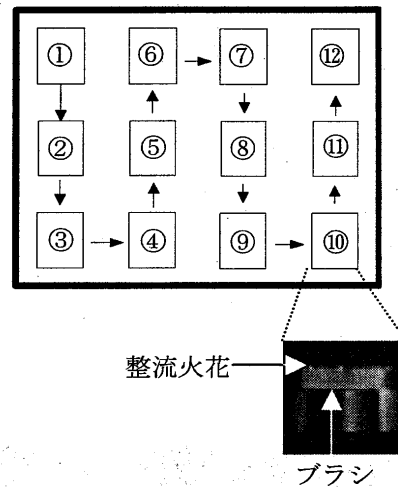


図3 写真の見方

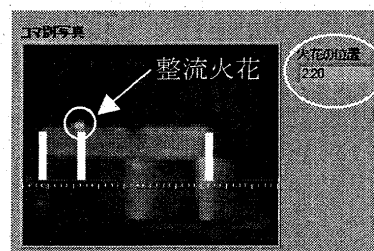


図4 LabVIEWによる火花発生位置の測定

#### 4・3 電機子端子電圧 $V_a$ の測定法

まず、モータ A における整流火花の画像解析例を説明する。図 5 はモータ A が交流電圧 100V 駆動時に撮影された写真を示す。写真から整流火花が 1 コマ目、3 コマ目に整流火花が発生している。この写真の撮影を行った時の電機子端子電圧  $V_a$  と撮影開始を示すトリガ信号  $T_s$  をオシロスコープにより記録し、その結果を図 6 に示す。この図よりモータ A は 2 コイルなので、大小のパルスが発生している。これまでの実験より大パルスの際に整流火花が発生しやすいことが分かっているので、大パルスのみを撮影できるようにし、合計 12 の大パルスを撮影した。☆印は火花が発生したことを示し、火花が撮影されたコマの電機子端子電圧  $V_a$  を測定した。そして、電流 13A、15A の時も同様に 20 回ずつ測定を行った。

次にモータ B の整流火花画像解析の例を説明する。図 7 はモータ B が交流電圧 100V 駆動時に撮影された写真を示し、9 コマ目に整流火花が発生している。モータ B は 1 コイルなので図 8 のように、大パルスよりも小さい中パルスが発生しており、中パルスを合計 12 個撮影を行い、モータ A と同様に電流 13A(100V と値が同じ)と電流 15A を 20 回ずつの撮影を行った。

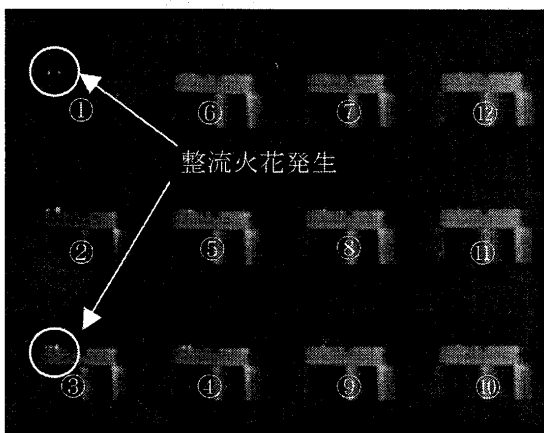


図 5 モータ A の整流火花撮影写真

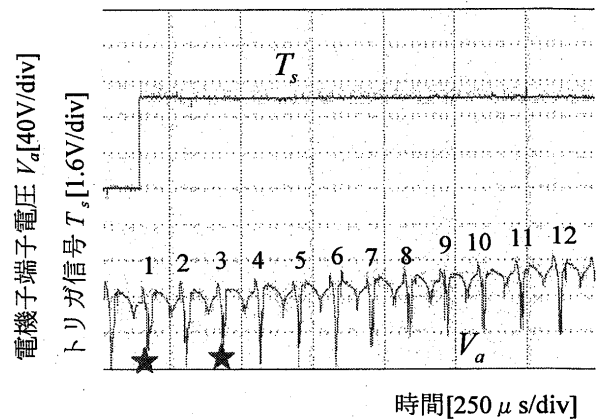


図 6 オシロスコープにより測定した電機子端子電圧 (モータ A)

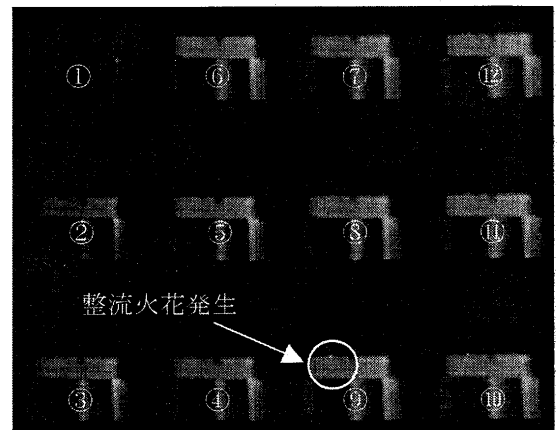


図 7 モータ B の整流火花撮影写真

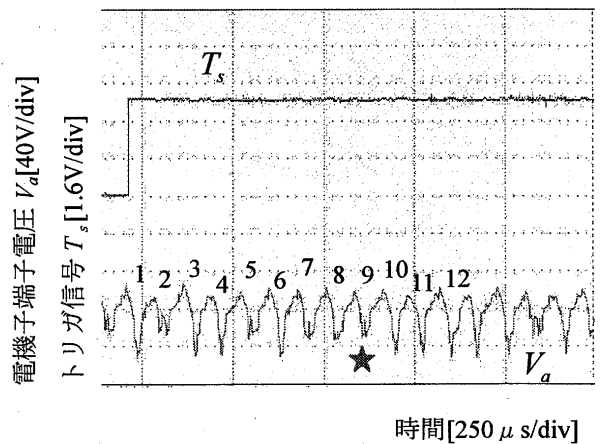


図 8 オシロスコープにより測定した電機子端子電圧 (モータ B)

## 5. 実験結果

## 5.1 火花発生位置

図9にモータAとモータBの電流13Aの時に発生した整流火花の発生位置を示した。モータAは火花発生位置が両端に多く発生しており、中央付近ではほとんど発生していない。モータBではモータAの結果と異なり、左側ではほとんど発生しなくて、右側に多く火花が発生している。

図10にモータAとモータBの電流15Aの時に発生した整流火花の発生位置を示すが、モータAでは電流13Aと同じように両端に火花が多く発生している。モータBでは13Aの時とは逆に左側で火花が多く発生している。

図11はモータAとモータBの電圧100Vの時に発生した整流火花の発生位置を示している。モータAでは、13A、15Aに比べて15A以上の電流が流れているのに、火花が急激に減少している。しかし、火花の発生位置は13A、15Aと同様に両端で多く発生している。モータBでは、電流13Aの時と結果と同様であった。

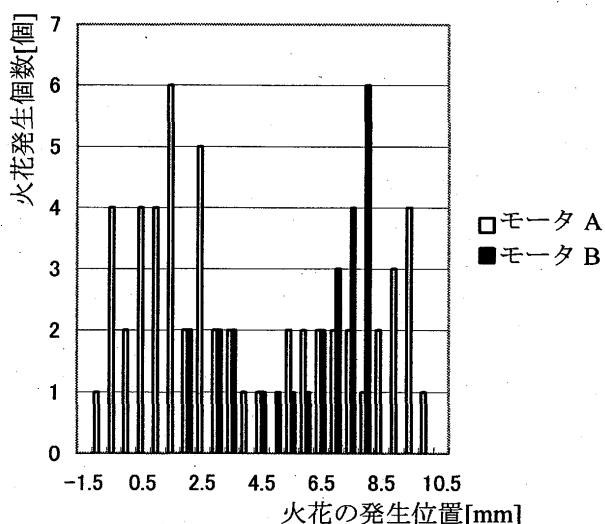


図9 各モータの交流電源駆動13A時の整流火花発生位置

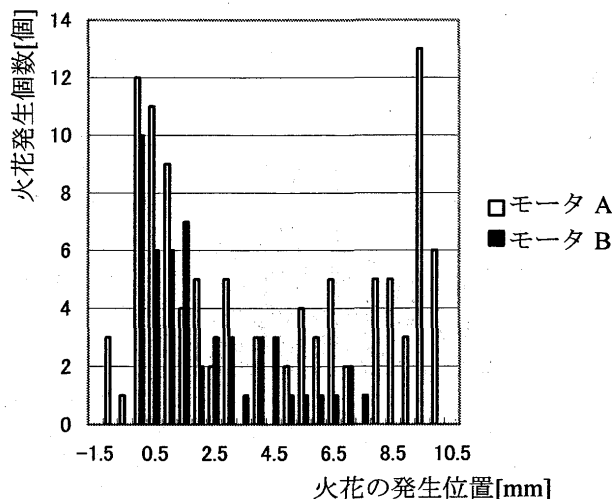


図10 各モータの交流電源駆動15A時の整流火花発生位置

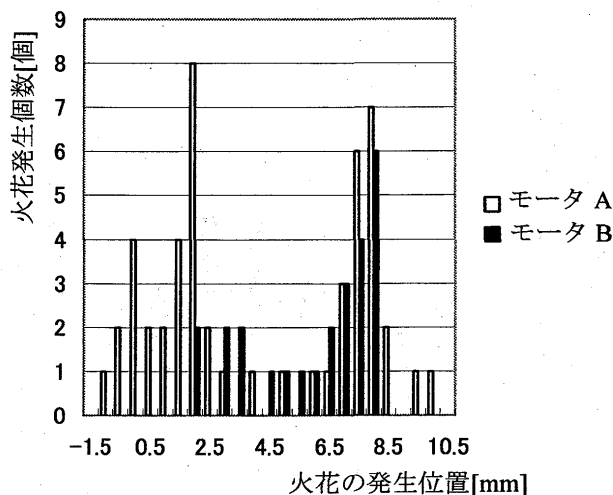


図11 各モータの交流電源駆動100V時の整流火花発生位置

5.2 電機子端子電圧  $V_a$  による整流火花の発生確率

交流電源駆動時において結果写真1枚に12コマが撮影され、それぞれ20枚づつ整流火花が撮影された写真を使用した。そこで、モータAにおいて交流で12コマ×60枚の720コマ、モータBについては12コマ×40枚(モータBは100Vと13Aが一緒なので)で480コマの電機子端子電圧  $V_a$  が測定される。

モータA、モータBのそれぞれのコマの電機子端子電圧  $V_a$  のうち火花が発生したコマ数をカウントし、火花発生率を算出した。

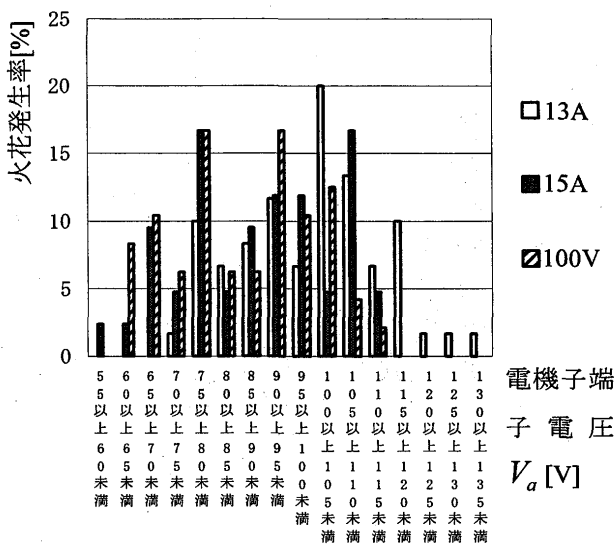


図 12 モータ A の電機端子電圧  $V_a$  の範囲別火花発生率

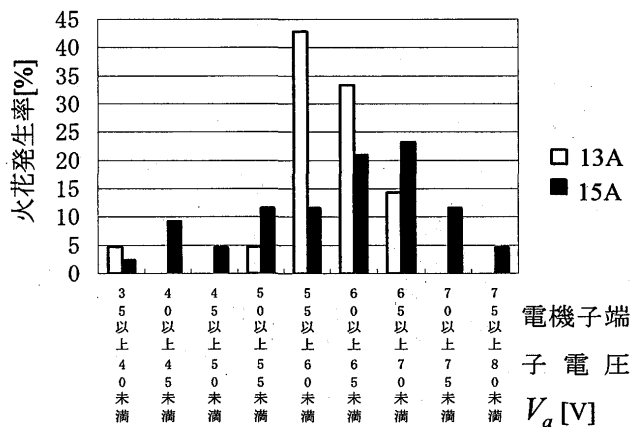


図 13 モータ B の電機端子電圧  $V_a$  の範囲別火花発生率

図 12 に示すように、モータ A は 70V~120V の間で広く火花が分布している。電流 13A の場合、70V~135V の間で火花が出ているが、電流 15A では 55V~115V の間で火花が出ている。電圧 100V では 60V~115V の間で火花が出ている。このことからモータ A は電機端子電圧が高くなるにつれて、火花の発生率が低下するということが分かる。

モータ B では図 13 の結果より、50V~70V の狭い範囲に集中して火花が発生している。13A の場合 35V~70V までの間で火花が出ているが、15A では 35V

~80V の間で火花が出ている。このことからこのモータ B は電圧が高くなるにつれて、火花の出る電圧領域が広くなることが分かる。

6. まとめ

我々は、ユニバーサルモータの整流火花の発生メカニズムを画像面より解析を行っている。今回の実験では、モータ A とモータ B の整流火花の発生を 12 コマで撮影された写真から整流火花の発生コマ数、火花発生率を調べ、比較検討を行った結果次のことが分かった。

- (1)整流火花の発生位置はモータ A では整流火花が両端のほうで発生しやすく、モータ B では電流の値によって発生位置が異なる。
- (2)モータ A は電圧が高くなるにつれて、火花の発生率が低下するということが分かった。
- (3)モータ B は電圧が高くなるにつれて、火花の出る電圧領域が広くなることが分かった。

今後はモータ A、モータ B を比較しやすく検討していきたい。

参考文献

- 1) 小原木, 田原, 石井, 鈴木: 電気学会論文誌, **115**, 4, pp.488-494 (1995).
- 2) 花澤,江頭: 電気学会論文誌 D,Vol.119,No.7,p.1018 (1999).
- 3) 花澤,江頭:レーザー研究, Vol.28,No.10,pp.701-704 (2000).
- 4) 花澤,江頭:電気学会論文誌 D,Vol.121,No.9,p.998 (2001.9).
- 5) 花澤,内村,緒方,江頭:電気学会回転機研究会,RM-02-22, pp.1-6 (2002.3).
- 6) 緒方:平成 15 年度修士論文 (2003).