

通電時におけるベアリングの回転現象に関する基礎実験

青森職業能力開発短期大学校 佐々木 進・山内 和豊*

A Basic Experiment with Revolving Phenomena of Supply Current to Bearings

Susumu SASAKI, Kazutoyo YAMAUCHI

要約

現在、電気エネルギーを機械エネルギーに変換するモータは使用電源及び必要とする特性などから多くの種類のもものが考案され、あるものは製作、実用化されている。これらのモータと同じような回転現象を提示するものに、ボールベアリングモータと呼ぶものがある。このモータの構造は一本のシャフトと、これを両側から支える二個のボールベアリングだけで構成されている。これは通常のモータでシャフトと両端のベアリングだけを残し、他はすべてを取り払ったものと同一と見ることができる。このモータの回転はシャフトを通った両ボールベアリング間に通電するが、自己起動できず、シャフトに補助外力を与えるとその方向に得られる。このモータは電圧を加えると、短絡に近い状態となる大電流機器であり、このためかなりの発熱がある。

このモータと呼ぶものについて構造が特異なことと、まだ実用化されず研究段階であるとの情報を得て、追試と未知の部分を探るため、実験対象とした。この実験では、各種の回転実験装置を製作、実験した結果、放熱のフィンを取付けたものはトルクが微小だが約1000~3000[rpm]の高速回転を約50[分]間続けた。また、回転数の制御は電流の加減でできるのが解った。さらに、回転現象に影響を与えるのはシャフトに関係しないで、ボールベアリングだけに存在するのが明らかになった。これらの内容をモータの構造と現状、各種モータの製作、モータの形状、実験回路及び実験結果に分けて述べ、考察している。

1 はじめに

モータは電気エネルギーを機械エネルギーに変える、エネルギー変換機の一つである。二個のボールベアリングと一本のシャフトで構成する、きわめて構造が簡単なこの装置に電気を供給すると、普通のモータのような回転運動を得られるのが知られている。この装置はボールベアリングモータ(Ball Bearing Motor)と呼ばれている⁽¹⁾⁽²⁾(以下「BBM」という)ものであり、これは固定した両側二個のボールベアリングとフリーのシャフト間に直接通電するとシャフトに回転運動が得られる。BBMの回転は起動初期に補助の外力が必要であり、この外力の方向と同じ方向に得られる。BBM用の電源は直流でも交流でもよく、いずれでも大差なく回転する。すなわち、BBMは交

直両用である。

このBBMについて、構造、材料を変えて11種の形式のものを製作し、実験した結果、放熱のためにフィンを取付けたBBMからは約1000~3000[rpm]の高速回転で約50[分]間に及ぶ時間特性(経過時間-電圧、電流、回転数)が得られた。また、BBMの回転数制御は電流の加減でできると、回転に寄与するのは確実にベアリングだけに存在するのが解った。

普通のモータの回転原理はモータ内部の磁界と供給電流間に発生する電磁力作用で説明できるが、BBMの場合この内部磁界に相当する部分が直接見あたらない。このため、現在、従来の電磁気学では説明できないとされている⁽¹⁾⁽²⁾。

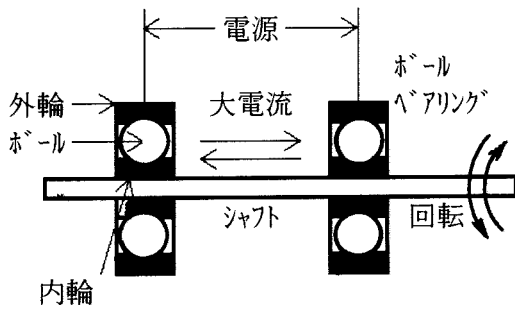


図1 BBMの構造

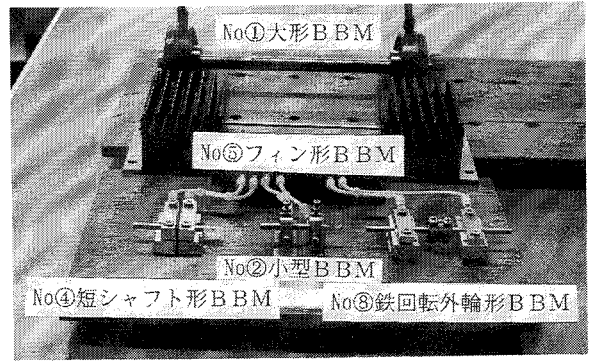


図2 製作した各種BBM (一部)

II BBMの構造と現状

図1によりBBMの構造を示す。BBMの構造は通常のモータにある磁気誘導部(鉄心及びコイル等)をすべて取り払い、鉄製のシャフトとこれを支える両端のボールベアリングが残されているだけで、きわめて簡単である。ボールベアリングの構造は回転部の内輪、固定部の外輪及びこの中間を転がる数個のボールからなっている。この数個のボールは等間隔を保つのに、両側から金属板で連結され数珠状になっている場合が多い。通常、BBMの電流はベアリングの外輪、ボール、内輪及びシャフト間を流れる。ただし、ボールの全数は連結金属板のため互いに導通状態にあり、内外輪間はボール数による点接触を通して電流が流れる。BBMは構造上、電圧を加えると短絡に近い状態となる大電流機器であり、このためかなりの発熱がある。

BBMは現在研究段階で実用に程遠いためか、関連する資料は余り多くない。BBMについて回転するのは知られているが、この回転原理に関しては従来の電磁気学では説明できない⁽¹⁾⁽²⁾とされ、特性など未知の部分が多い。

III BBMの製作及び実験回路

1 各種BBMの製作

図2により製作した中から、5種のBBMを示す。製作した全形式のBBMについて、使用ベアリング及びシャフトのデータと製作目的などを表1により示す。表1 No.①~No.⑪のいずれの形式も、有効な回転を得ると、回転の発生原因を探った結果からの製作である。

製作上の主な目的をつぎの(a)~(g)に述べる。

- (a) 有効な回転を得る: No.①大形ではベアリング自体の摩擦抵抗と発熱のため、有効な高速回転は期待できず、No.②小型と類似するものを多く製作した。
- (b) シャフトが回転に参与するか: シャフト間1[mm]としたNo.④短シャフト形、シャフトにステンレス材を使用したNo.⑥ステンレス形及び回転部分にアルミニウム材を使用した、No.⑨アルミ回転外輪形とを製作した。
- (c) 放熱対策: フィン(85×60×50溝付アルミニウムブロック)を取付けたNo.⑤フィン形を製作した。
- (d) 使用ベアリングの個数変化: 使用ベアリング数一個はNo.⑪ハーフ形、四個はNo.⑩ダブル形で

表1 製作したBBMの種類とデータ

No	BBMの形式	ベアリング					シャフト			外枠	特記事項	
		内径	外径	幅	玉数	型	外径	材質	長さ		材質	特徴
①	大形BBM	12	45	18	7	6201ZZ	12	軟鉄	160	鋳鉄	大型	有効回転の検討
②	小形	4	12	4	7	R1240	4	軟鉄	16	軟鉄	小型	有効回転の検討
③	長シャフト形	4	12	4	7	R1240	4	軟鉄	226	軟鉄	長シャフト	電気抵抗の検討
④	短シャフト形	4	12	4	7	R1240	4	軟鉄	1	アルミ	短シャフト	シャフトと回転の検討
⑤	フィン形	3	10	4	7	R1030	3	軟鉄	40	アルミ	放熱対策	継続時間の検討
⑥	ステンレス形	4	13	4	7	R1340	4	ステン	40	アルミ	ステンレスシャフト	非磁性と回転
⑦	ローラ形	5	13	4	8	RNA495	5	軟鉄	195	アルミ	ローラベアリング	ボール以外の検討
⑧	鉄回転外輪形	4	13	5	7	R1340	4	軟鉄	28	アルミ	軟鉄外輪が回転	有効回転
⑨	アルミ回転外輪形	4	13	4	7	R1340	4	軟鉄	34	アルミ	アルミ外輪が回転	有効回転
⑩	ダブル形	4	12	5	7	R1240	4	軟鉄	12	アルミ	4個のベアリング使用	有効回転
⑪	ハーフ形	4	12	4	7	R1240	4	軟鉄	12	アルミ	1個のベアリング使用	有効回転

ありこれら以外は二個である。(e)ボールベアリング以外での検討：No.⑦ローラ形は点接触であるボールベアリングを線接触のローラベアリングに替えた。(f)ベアリングの固定法の変化：No.⑧鉄回転外輪形及びNo.⑨アルミ回転外輪形はベアリングの内輪（シャフトに相当）を固定し、外輪を回転させた。なお、外輪同士の連絡筒には放熱のため風穴を開けてある。(g)電気抵抗と回転との関係：主にNo.③長シャフト形はこのためである。

2 各種BBMの形状

製作したBBMの一部について寸法などの形状を図3により示す。これから、図2に示したBBMについて、大きさなどの概略が解る。

3 BBMの実験回路と実験方法

BBMの実験回路はきわめて簡単である。使用した実験回路を図4により示す。実験方法はシャフトを手でいずれかの方向に軽く回転させながら、蓄電池電源では全電圧を初期から加え、他電源では電圧を徐々に上昇させて行き、回転に至らせる。回転を観測中、BBMが停止したらベアリングの焼損防止のためすばやく電源を切る。

IV BBMの実験結果と考察

1 BBMの運転特性と時間特性

各種BBM（表1のNo.①～⑪）の運転特性（電圧、電流、回転継続時間）を表2により示す。また、回転継続最長時間を記録したNo.⑤フィン形を例に、BBMの時間特性（経過時間－電圧、電流、回転数）を図5により示す。

2 実験結果と考察

表2の各形式別で各種BBMの実験結果を検討する。

No.①大形：蓄電池を電源としたもので、大電流（数百[A]以上）の割には数回転しか得られなかった。No.②小形：シャフト径を4 [mm]にして、初めてスムーズな高速回転が得られた。No.③長シャフト形：No.②小形に比較して大きな電圧と電流で回転する。これはシャフトによる電気抵抗の増加とたわみ（シャフト外径、スパン：4、226 [mm]）による。No.④短シャフト形：ベアリング間に絶縁物を挟み、シャフト長を1 [mm]にしても、高速で回転し、シャフトが回転に無関係であることを示している。No.⑤フィン形：放熱対策をし

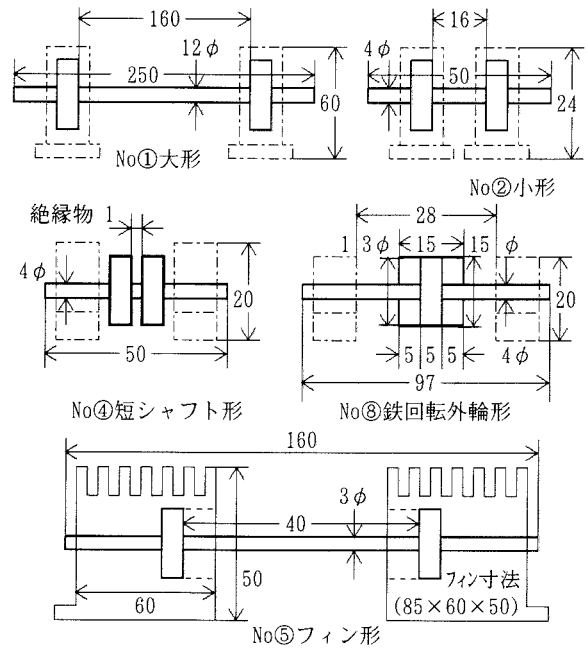


図3 各種BBMの形状（一部、正面）

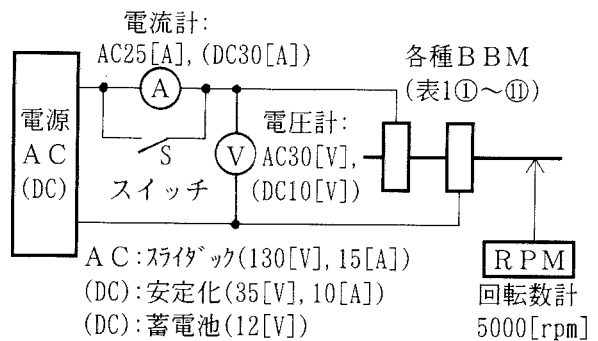


図4 BBMの実験回路

表2 各種BBMの運転特性

No	BBMの種類	電源種類	電圧 [V]	電流 [A]	回転継続時間 [s]
①	大形BBM	DC	12.2	数百	3
②	小形	AC	2.8	9.9	35
③	長シャフト形	AC	3.4	17.9	84
④	短シャフト形	AC	2.4	9.5	172
⑤	フィン形	AC	2.6	6.1	3051
⑥	ステンレス形	AC	2.4	25+*	20
⑦	ローラ形	AC	5.4	25+*	24
⑧	鉄回転外輪形	AC	3.2	22.0	65
⑨	アルミ回転外輪形	AC	5.0	25+*	6
⑩	ダブル形	AC	8.0	25+*	23
⑪	ハーフ形	AC	3.6	14.0	62

注. (安定回転時より), (Noは表1に同じ), (*印は図4でスイッチSを閉じて電流計Aを短絡)

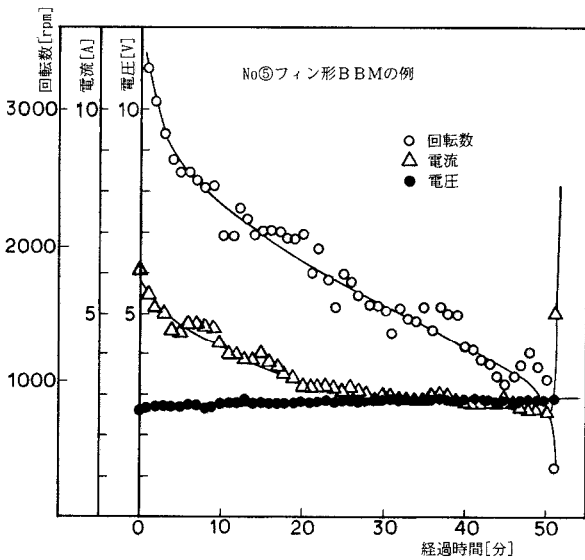


図5 BBMの時間特性 (No. ⑤フィン形の例)

たもので、回転継続時間が最長の3051[s](50.85[分])であった。これはBBMでは放熱が重要な問題の一つであることを示している。No.⑥ステンレス形：シャフトの材質を非磁性のステンレスにしたもので、シャフトが回転に関係しないのを示している。No.⑦ローラ形：線接触のローラベアリングでも電圧、電流ともに大きい、回転を確認できた。No.⑧鉄回転外輪形：シャフト(内輪)を固定し、外輪を回転させた。これは製作の寸法精度が問題で比較的大電流を要した。No.⑨アルミ回転外輪形：円筒の材質を非磁性のアルミニウムとしたもので、No.⑧鉄回転外輪形と同様である。No.⑩ダブル形：ベアリング数を四個にしての検討で、電圧、電流ともに大きい。No.⑪ハーフ形：ベアリング数を一個にしての検討で、一個でも回転する。

つぎに、図5で示したBBMの時間特性を検討する。図5からBBMの供給電流と回転数との比例関係が解る。時間経過に従い電流及び回転数が減少するのはベアリングが熱膨張し、ボールが外輪及び内輪から離れ、電気抵抗が増加するためと考えられる。これはBBMを冷却後、再回転が可能なることから解る。また、同一ベアリングで実験を重ねて行くとボールの表面が電食のため荒れてくるので、このための電気抵抗の増加も考えられる。

V おわりに

本研究での実験結果から次の①～⑯の事項が言える。

①BBMは回転する。②BBMの回転数は供給電流に比例する。つまり、回転数は供給電流の加減で制御

できる。③BBMのトルクは微小である。④初期の回転には補助外力が必要である。⑤BBMのシャフトの役目は電流の通路だけで、回転には無関係である。⑥BBMの回転原因はベアリングだけに存在する。⑦一定の通常回転を得るための供給電流は、ベアリング径の大きさにより異なる。大きい程大電流を要する。⑧ベアリングの径が大きくなると摩擦も大きくなり、起動には多くの供給電流と補助外力を必要とする。⑨大電流のためボールが電食する。⑩ボールベアリングだけではなく、ローラベアリングでも回転する。⑪発熱が多く、効率が非常に悪い。⑫回転継続時間を延ばすには、放熱が重要な問題である。⑬低供給電流では回転運動に至らない微振動及び往復運動の発生が時々あり、これが継続する。⑭BBMは交直両用である。⑮ベアリング数は二個に限らず四個及び一個でも回転する。⑯起動するとき歪音が発生する。

特に、この中の②⑤⑥⑦⑩⑫⑬⑮及び⑯は文献⁽¹⁾⁽²⁾にない新しい事項である。

本研究は汎用ベアリングを部品に使用して、BBMの実験をした。大電流の条件下で使用できる、耐熱、耐摩耗、耐電食を考慮したBBM専用ベアリングの開発が可能なら、BBMの発展につながる。また、BBMは今後、起動と放熱の問題が解決できれば、低電圧大電流の特殊電源環境下で、制御の速応性が良い慣性の少ないモータとしての利用などが期待できる。

参考文献

- (1) 多湖敬彦：フリーエネルギーの最先端(パワースペース第1号)、P40、福昌堂、1991
- (2) 多湖敬彦：未知のエネルギーフィールド、P127-128、世論時報社、1992