

242 超音波駆動系要素の摩擦・摩耗に関する研究

Study on Tribology of Components in Ultrasonic Driving System

正 久米原宏之（群馬大・工）
斎藤淳一（ミツバ）

○ 小林俊介（群馬大・院）
津久井道夫（ミツバ）

山田健義（群馬大・院）
黒岩広樹（ミツバ）

Hiroyuki KUMEHARA, Shunsuke KOBAYASHI and Yasuyoshi YAMADA, Gunma University, Tenjin-cho 1-5-1, Kiryu, Gunma
Junichi SAITOU, Michio TUKUI and Hiroki KUROIWA, MITUBA Corporation

The Ultrasonic motor is driven by frictional force between stator and rotor in the motor. Therefore it is important to research the tribological characteristics between the contact surfaces in order to improve the performance of the motor. Then we researched the change of the tribological characteristics in the contact surfaces under testing, and considered the effect of contact state on the performance of the ultrasonic motor. As a result of this research, it is found that the roughness of rotor surface decreases with increasing in test time, and then the contact state is improving, therefore the driving performance of ultrasonic motor increases with increasing contact area between rotor and stator.

Key Words :Ultrasonic motor, tribology, surface profile

1 緒言

現在用いられている多くの機器の代表的なアクチュエータは電磁モータやボイスコイルなどの電磁アクチュエータである。しかし電磁アクチュエータは高速・低トルクであるため減速機構が必要となり、このため、要素が多くなり構造が複雑になる、小型化が困難、応答の遅れ、といったような問題が生じる。また、電磁波も発生するため、精密機器への影響も懸念される。

これらの問題を解決するための1つの方法として新しい駆動原理に基づくアクチュエータの開発が進められており、そのうちの1つとして超音波モータがある¹⁾。このモータは、圧電素子の大きな変位を適用することによって小型・軽量、低速・高トルク、高速な応答、静粛性、電磁波が発生しないなどの特徴があり、多くの機器への活用が期待されている。

しかし超音波モータを広く適用するためには時間経過による性能変化を解明することが重要な課題である。それは、超音波モータのステータとロータとの接触面間での摩擦力によって駆動力を生ずる機構から接合面の摩耗などによって摩擦特性が変化することが考えられ、モータの性能にも大きく影響すると考えられるので上述の課題を解明することは重要である。

よって本研究では超音波モータを構成しているステータとロータの接触面の時間経過による変化を観察し、その変化と性能との関係を検討し最適な平面の設計指針を確立することを目的とする。

2 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

超音波モータの略図を図1に示す。図のようにA相電圧、B相電圧をステータに入力することによりステータ表面に進行波を発生させ、ロータを回転させる。次にステータの諸特性を表1に、またロータの諸特性を表2にそれぞれ示す。

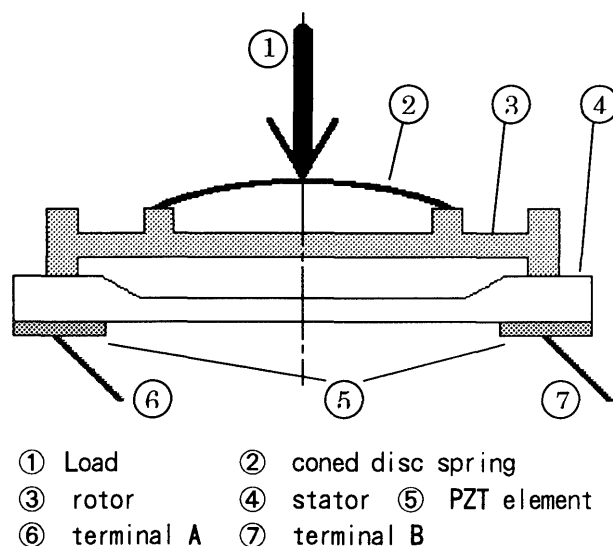


Fig. 1 Ultrasonic Motor

Table. 1 Characteristics of stator

Material	S45C
Young' s modulus [GPa]	206
Number of teeth	72
Diameter of stator [mm]	60

Table. 2 Characteristics of rotor

Material	Aluminum
Young' s modulus [GPa]	73
Diameter of rotor [mm]	58
Coating material	PTFE+MOS ₂ +carbon fiber

2.2 実験方法

実験はモータ実機を用いて行い、構成要素のステータを固定し、その上にロータを組み付ける。ロータの押し付け荷重を 150 [N] に調整する。A 相, B 相電圧の位相差を 90° , 電圧を 100 [V] に調整する。A 相, B 相電流の周波数はステータに 9 次の共振が起こるように設定し、進行波の全振幅を 3 [μm] となるように調整する。測定項目は回転数, 拘束トルク, 入力電流, 入力電圧と入力電流との位相差で、性能評価量として出力[W]及び機電変換効率 [%]とする。所定時間の実験後のステータ及びロータの接触面の断面曲線を測定し、さらに CCD カメラにより接触面を観察及び撮影を行い性能との関係を検討する。

3 実験結果及び考察

3.1 実験結果

ロータ表面の断面曲線を図 2 に、CCD カメラによる観察像を図 3 にそれぞれ示す。また、出力及び機電変換効率の時間的な変化を図 4 に示す。

3.2 考察

図 2 から、時間経過と共にロータ内側から外側に向かって凹凸の減少傾向がみられ、平滑化された面が成長し、それはほぼ一定の傾きを示していることがわかる。これはロータへの荷重荷重による変形が原因として推察される。また、平滑面が外側へ広がっていくに従って摩耗の進行が遅くなっている傾向がみられる。これは平滑面が広がるにつれて、平均圧力が低下したことで接触面での摩耗粉の移着現象の相乗作用により摩耗の進行が遅くなったものと考えられる。また、図 4 から効率、出力共に安定して増加している傾向が認められる。これは接触面の外側への拡大による摩擦トルク増加に起因した出力トルクの増大と面積増加による安定化が現れたものと考えられる。また、被膜の厚さの減少により内部損失が減少していることも影響していると考えられる。

以上のことから、超音波モータの駆動特性に影響する接合面の摩擦摩耗現象に注目し、長時間の特性観察から接触状態の変化過程と駆動特性との関係を明らかにすることができ、接合面の設計指針がある程度得られた。

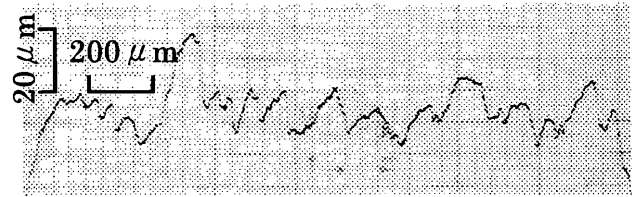
4. 結言

超音波モータを構成しているステータとロータの接触面の時間経過による変化を観察することにより、ロータ表面の摩耗現象は超音波モータのロータ押し付け機構に依存した接触圧分布の影響を大きく受けていることがわかった。

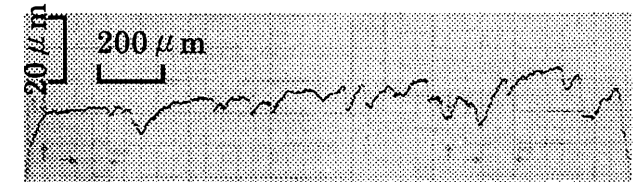
また時間経過による平滑化に伴う接触面の拡大が出力と効率を上昇させることが確認できモータの性能向上への指針が得られた。

参考文献

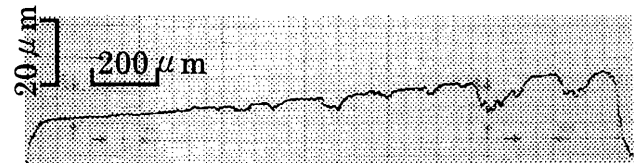
- 1) 川崎修 他：精密制御用ニューアクチュエータ便覧、



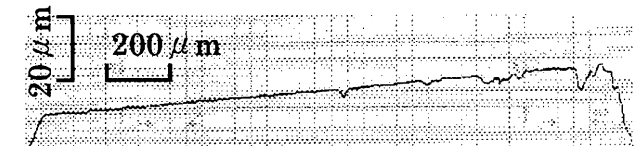
(a) Virgin surface profile



(b) After 2 hours



(c) After 120 hours



(d) After 800 hours

Fig. 2 Surface profiles of rotor



(a) Virgin surface profile



(b) After 800 hours

Fig. 3 CCD observations of rotor surface

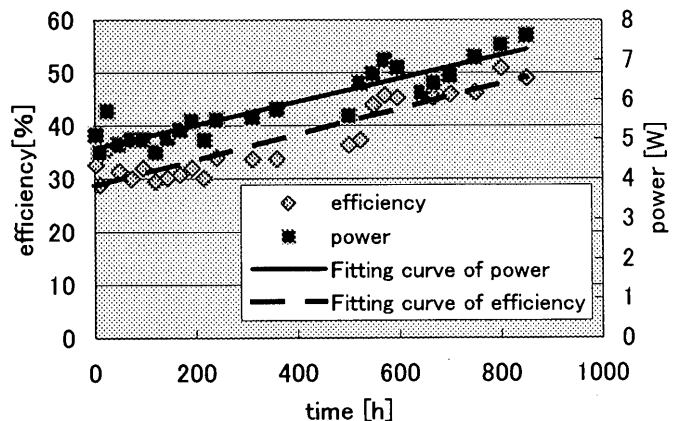


Fig. 4 Efficiency and power