

ステッピングモータの低騒音化

栗原 祥吾 松村 信宏 岩原 光男 長松 昭男
法政大学工学部機械工学科

研究の目的はステッピングモータの低騒音化である。ステッピングモータはステップ毎に回転する構造によって簡単に位置制御が実現できるが、ローターは加減速を繰り返すことにより速度変動を行い振動が発生する要因となる。この振動を低減するために、ステータの構造最適化を行ったステッピングモータの騒音・振動の測定と、ステッピングモータ全体の構造最適化を行うために有限要素モデルの製作を試みた。

1. 結論

ステッピングモータは、高精度な多点位置決めが簡単にでき、小形で高トルクが得られる特徴をもっている。このため、機器の高性能化、小形ローコスト化の要求に適合し、非常に幅広い用途に使われるようになった。現在でも、トルクアップ、高応答性が要求され続けているが、最近では、低振動、低騒音という新しいニーズが要求されるようになった。振動は、画像処理や精密な作業に対する影響などが懸念され、騒音は、機器の使用環境の多様化や装置周辺への環境問題などから重要視されるようになった。

本研究の目的はステッピングモータの低騒音化である。この目的を基に昨年度はステッピングモータのステータ部の構造最適化を行いステータ部の静的剛性を向上させた。今年度は静的剛性を向上させたステータを組み込んだステッピングモータと、従来のステッピングモータとの騒音・振動特性の比較検討を行った。さらに今後のより高精度な解析、そして将来的にステッピングモータ全体の構造最適化を目指し、ステータだけでなくフランジ、ブラケットを合わせたステッピングモータの外殻構造の有限要素モデルの製作を行った。

2. ステッピングモータの騒音・振動測定

本研究では従来のステッピングモータ1個と、昨年度行った構造最適化を基にモータのステータ部を設計変更した改良品2個の騒音・振動特性の比較を行った。

実験装置は図1のように、モータを輪ゴムで懸架し自由支持状態にし、ステータ表面の表面振動・騒音を加速度ピックアップとマイクロフォンで測定する。一軸加速度ピックアップと温度計のサーミスタを接着し、ステータ表面から50mm離れたところにマイクロフォンを設置する。測定はステッピングモータに通電を開始し、ステータ表面の温度が40℃のところまでステッピングモータを360rpmで運転させ、運転から5秒後に行った。この作業を各ステッピングモータで10回ずつ繰り返す。

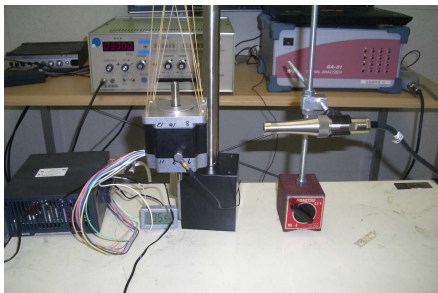


Fig.1 Picture of experiment

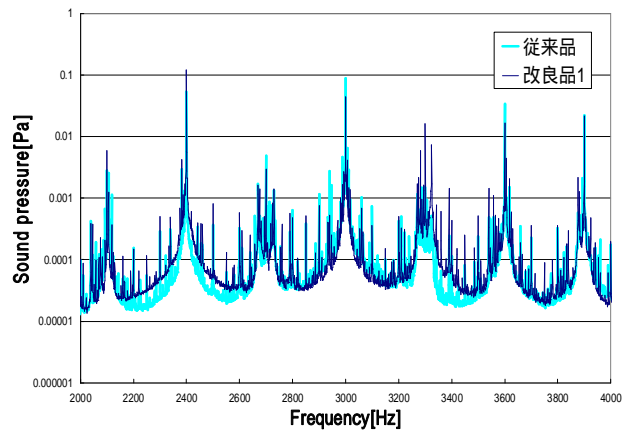


Fig.2 Comparison of sound pressure spectra of usual stepping motor and improved stepping motor1

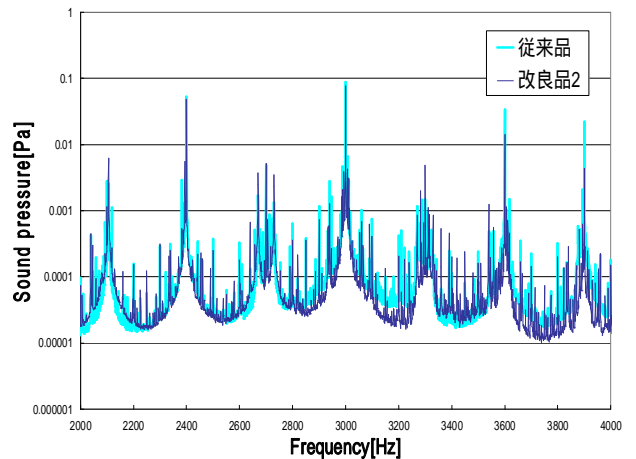


Fig.3 Comparison of sound pressure spectra of usual stepping motor and improved stepping motor2

図2,3に従来品と改良品1,2の騒音測定の結果の比較を示す。両図の縦軸は対数であり、最大音圧付近だけを示す。従来品と比べ改良品1は音圧が増加し、改良品2は低減している。

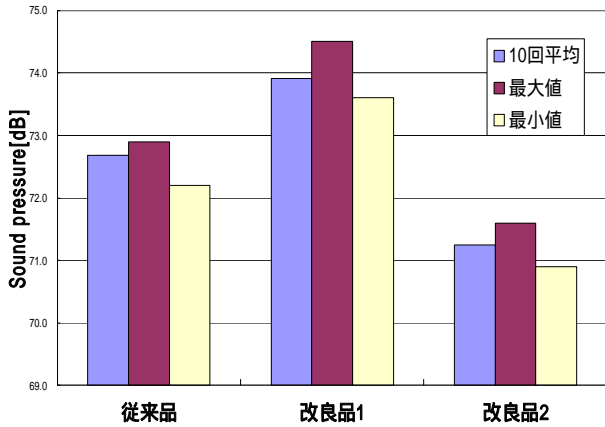


Fig.4 Noise comparison among usual stepping motor, improved stepping motor 1, and 2

図 4 は、騒音のオーバーオール値である。
 図 4 を見ると、図 2、3 と同様に改良品 1 は騒音が増加し、改良品 2 は騒音が減少している。

3. 有限要素による外殻構造体のモデル化

図 5 にステッピングモータの概観を示す。

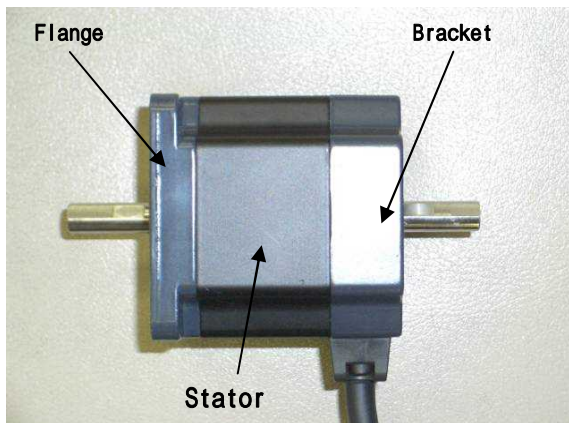


Fig.5 Externals of stepping motor

図 6 にステッピングモータの CAD データを基に作製した有限要素モデルを示す。モデル作成には Altair Hyper mesh を使用した。解析には MSC/NASTRAN を使用し、理論モード解析を行った。解析周波数は 0~10,000Hz で加速度ピックアップの収録可能な周波数範囲と合わせてある。

図 6 はステータ、フランジ、ブラケットの接触面を接点共有で結合することにより再現したモデルである。この 3 つの部品はネジの締め付けによる摩擦結合で結合されているが、使用範囲内ではずれは無いと判断し、接点共有を使用しモデル化を行った。図 7 は、図 6 のモデルから更にステータ磁極部とフランジ、ブラケットの接触点を剛体要素で結合したモデルである。

なお、実験モード解析により 1 次固有振動数は 7,920Hz であることがわかっていて、2 次固有振動数は加速度ピックアップの収録可能な周波数の範囲外ということがわかっていて。

表 2 は図 6 の、表 3 は図 7 のモデルの理論モード解析の結果である。表 3 で示すとおり実験値による固有振動数を再現する有限要素モデルの構築に成功した。

Table.1 Mass of structure of stator, flange, bracket and FEM model

Experiment [g]	FEM [g]	Error [%]
462.5	475.2	2.7

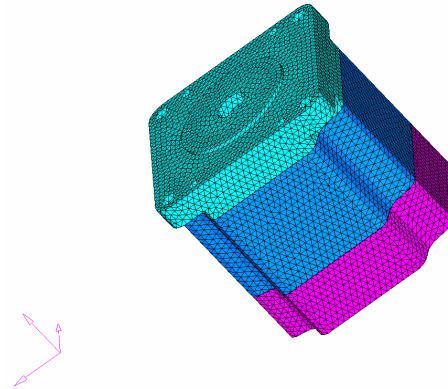


Fig.6 FEM model of stepping motor

Table.2 Result of eigenvalue analysis

	Experiment [Hz]	FEM [Hz]	Error [%]
The first natural frequency	7,920	4,613	41.8
The second natural frequency		5,460	

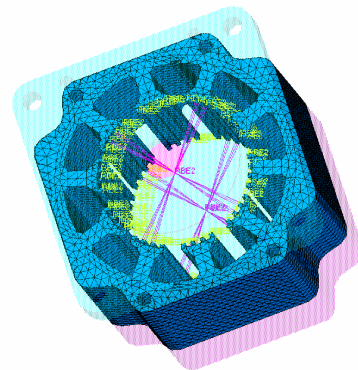


Fig.7 FEM model of stepping motor

Table3 Result of eigenvalue analysis

	Experiment [Hz]	FEM [Hz]	Error [%]
The first natural frequency	7,920	7,779	1.8

次に図 7 のモデルにおいて理論モード解析で求めた 1 次固有振動数のモード形状を図 8 に、実験モード解析で求めた 1 次固有振動数でのモード形状を図 9 に示す。

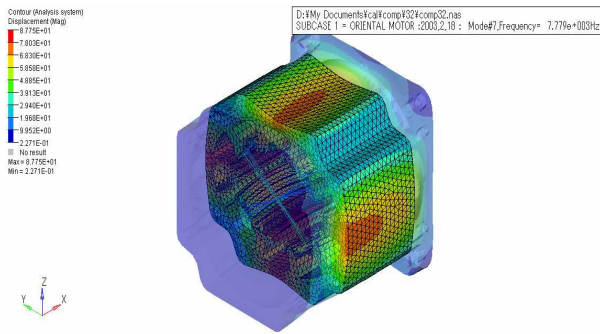


Fig.8 Mode shape of FEM model of first natural frequency.

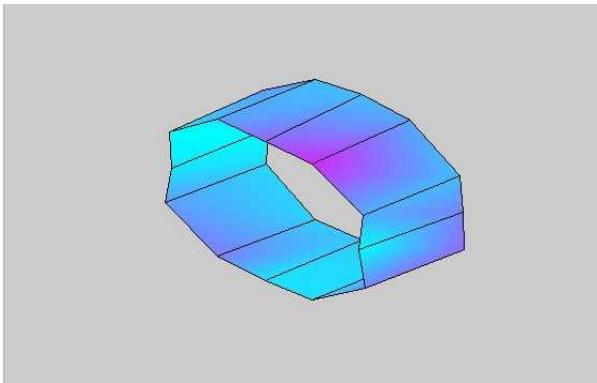


Fig.9 Mode shape of object of first natural frequency.

図 8、図 9 のモード形状を比較すると、同じモード形状をしていることがわかる。そのため図 7 のモデルは、実験値の 1 次固有振動数とそのモード形状を再現するモデルを構築することに成功したことがわかる。

4. 結論

1. ステッピングモータの騒音・振動特性の比較
 - 1) 改良品 1 は従来品に比べ騒音が増加し、改良品 2 は騒音が低減したのがわかった。
 - 2) 今後はステッピングモータの製品としてのばらつきを調べ実際に騒音が低減したのか調べていきたい。
2. 有限要素モデルの製作
 - 1) 実験値に近い固有振動数の FEM モデルを作ることができた。
 - 2) 今後は、NASTRAN を使い周波数応答解析を行いより精確な FEM モデルを作っていきたい。
 - 3) 低騒音化のために、外殻構造体の構造最適化を目指す。

参考文献

- 1) 長松昭男, モード解析入門, (1993), コロナ社
- 2) 三好俊郎, 有限要素法入門, (1978), 培風館
- 3) MSC NASTRAN 2001 日本語オンラインマニュアル, MSC Software 2001

キーワード.

騒音, モード解析, 有限要素法

Summary.

Noise reduction of stepping motor

Shogo Kurihara Nobuhiro Matsumura Mituo Iwahara Akio Nagamatsu
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Hosei University

The purpose of the research is a noise reduction of stepping motor. The stepping motor the structure which rotates every step can simply realize position control, and it has velocity fluctuation by repeating acceleration and deceleration, and this becomes a factor in which the vibration is generated rotor. For the noise reduction, measurement of noise and vibration of stepping motor that structural optimization of stator and production of finite element model is tried structural optimization of entire stepping motor.

Keywords.

Noise, Modal Analysis, Finite Element Method