

ステッピングモータの振動・騒音解析

小比田 武

法政大学大学院工学研究科機械工学専攻

橋本 国定 岩原 光男 長松 昭男 御法川 学

法政大学機械工学科

ステッピングモータから発生される騒音を録音し、その音響解析を行った。実験はモータ表面から発生される騒音を、回転数を変えて録音した。同時に、表面振動を測定し、実験モード解析を用いて、ステッピングモータの振動特性を解明した。実験は、加速度ピックアップをモータ表面に固定して、24点の応答を得てモード特性を同定し、モータ稼働時の現象を説明する。また、有限要素法による理論モード解析を行い、実験との比較を行った。

1. 緒言

物を動かす原動力としてモータがあらゆる分野で使用され、中でも小型モータは近年著しい普及を示しており、現在でもより高トルク、高精度、低コストなどが求められ研究が続いている。しかし、モータから発生する騒音についてはあまり考えられておらず、騒音低減の方法について全く確立していない。

本研究では、小型モータの1つであるステッピングモータを対象に、モータから発生している騒音の解析をすると共に、モータの各部における振動を解析し、その関係を調べ、騒音の原因を有限要素法により解明することを目的とした。

2. 実験装置

本研究で使用したモータは、オリエンタルモータ(株)社製の5相ステッピングモータ(外形寸法60mm×60mm×60mm)である。供試モータの外観図、分解図をFig.1に示す。モータの外殻部はフランジ、ステータ、ブラケットと呼ばれる部品で構成されており、ここではこれら3つの部品の総称を外殻構造体と呼び、実験、解析を行った、外殻構造体の質量特性をTable.1に示す。

部品	材料	実測質量 (g)	計算質量 (g)
ステータ	硅素鋼板	326.2	343.0
フランジ	アルミ合金 ダイカスト	57.0	57.2
ブラケット	アルミ合金 ダイカスト	76.4	75.2
外殻構造体		475.1	459.6

Table.1 ステッピングモータの構成要素

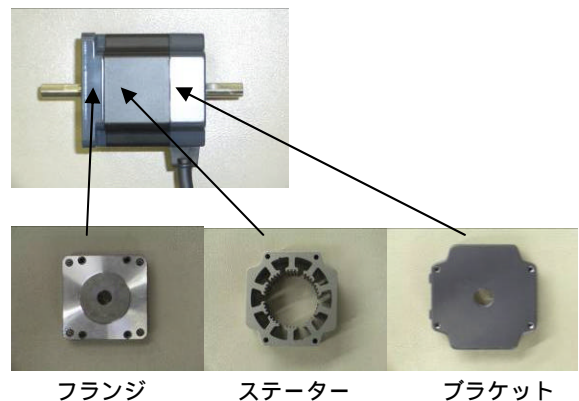


Fig.1 ステッピングモータ

3. 実験・解析

3.1 騒音解析

まず、モータから発生している騒音・振動の周波数成分を調べるために実験を行った。モータを地面から十分に離れた場所で吊りし、マイクロホンで騒音を計測し、加速度センサを貼り付けて振動加速度を計測した。240rpmと360rpmの時の音圧スペクトルと加速度スペクトルをそれぞれFig.2とFig.3に示す。

ステッピングモータはステータの磁極を切替えることで回転を制御しているため、相切替時の励磁パルスが加振力となって振動・騒音が発生すると考えられる、このステータの内部にはFig.1で示したように10個の枝があり、その先端にはそれぞれ5つずつ小歯が付いている。歯の総数は50であり、回転数を $n[\text{rpm}]$ とすると加振周波数 $f[\text{Hz}]$ は式(1)で表せる。

$$f = \frac{n}{60} \times 50 \times m \quad (m = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

Fig.2.3で見受けられるように、騒音・振動共に加振周波数とその高次成分が数多く発生しているのがわかる。

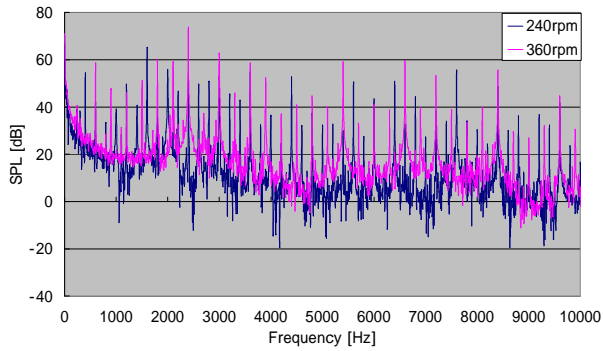


Fig.2 音圧スペクトル

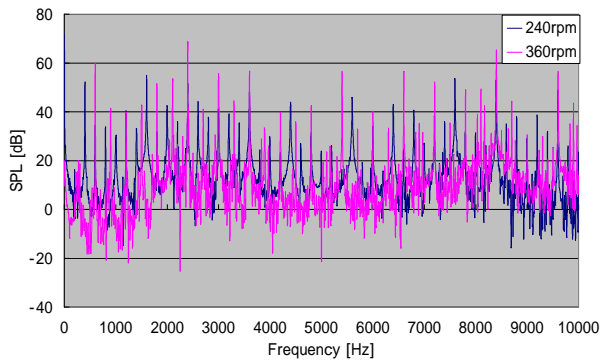


Fig.3 加速度スペクトル

3.2 実験モード解析

次に、筐体の振動特性を調べるため、実験モード解析を行った。インパルス・ハンマを用いた打撃加振で、加速度ピックアップを固定、ハンマを移動し、FFT 装置を用いて応答を得る加振点移動で行った。打撃試験は5回平均で行い、3軸加速度ピックアップによって3方向の応答を測定したが、X、Y方向の動きはほとんどないため、Z方向だけの応答を処理した。Fig.4に計測点と加振点を示す。これを用いてMATLABにより実験モード解析を行った。Fig.5に実験により得られた第1次の固有モード形状を示す。

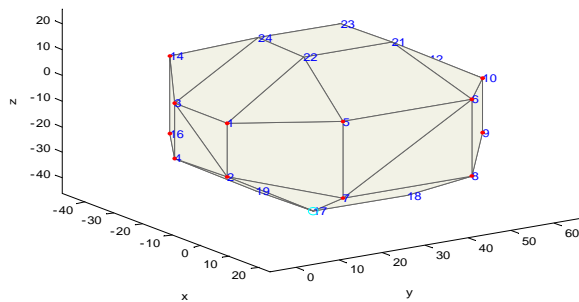


Fig.4 計測点と加振点

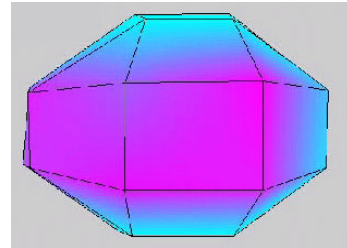
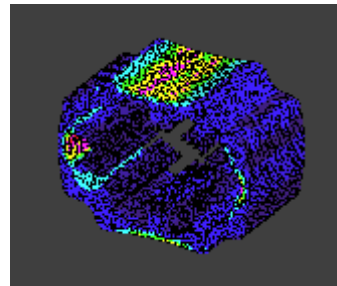


Fig.5 実験モード解析結果
(第1次モード)

3.3 理論モード解析

モーターのCADデータをSolidWorksにより作成し、それを元に有限要素モデルを作成、構造解析ソフト(NASTRAN)によって固有値解析を行った。またFig.6に計算により得られたステーターの第1次の固有モード形状を示した。



(ステーター 第1次モード)

Fig.6 理論モード解析結果

4. 考察

実験および理論解析モードにより得られた各部における固有振動数の比較をFig.7に示す。

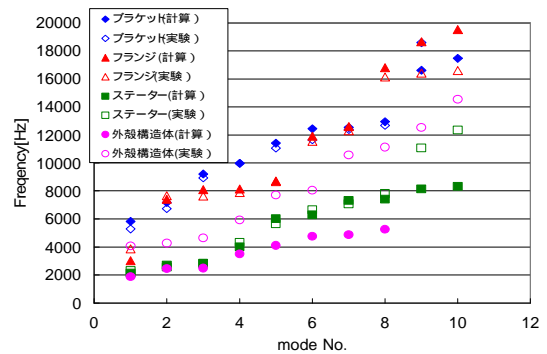


Fig.7 固有振動数の比較

固有振動数を比較した結果、実験と計算とで多少の誤差が生じた。この要因としてTable.1で示したように、実測質量と計算質量に誤差があることが挙げられる。特にステーターは積層構造になっており複雑な構造をしているため誤差も大きくなったと考えられる。また、外殻構造体では計算と実験とで大きな違いが表れた。これは計算を行う際の剛体部分におけるモデル作成(Meshの切り方)や、各部品との接合方法に問題があり、外殻構造体が1つの物体として成しておらず、それぞれの部品が運動していないために正確な値が算出できないのではないかと考えられる。

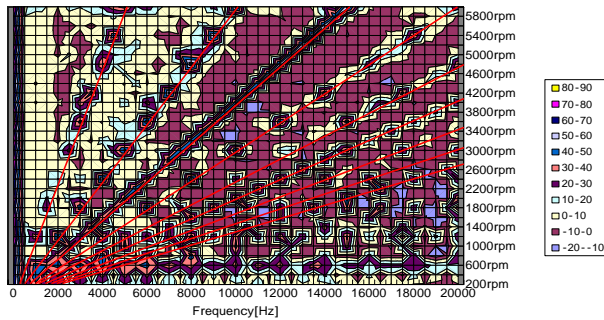


Fig.8 各回転数における騒音スペクトル

次に回転数と騒音スペクトルの関係を Fig.8 に示す。等高線上に騒音が大きくなっている部分は、加振周波数とその倍音の周波数が振動モードの周波数に一致しているためと考えられる。

5. 結論

ステッピングモーターの振動・騒音解析により、各部の振動モードと騒音の関係が把握できた。騒音の発生メカニズムは、モーター回転時の励磁における振動が、外殻構造体の表面振動を起こすことによると考えられる。

今後は、外殻構造体を組み立てた状態での理論モード解析の精度の向上を図っていきたい。さらに、振動・騒音を低減できるような外殻構造体や、ステーター内部の小歯の構造最適化も行っていきたい。

参考文献

- 1)長松昭男, モード解析入門, (2001), 10, コロナ社
- 2)百目鬼英雄, ステッピングモーターの使い方(1993), 15, 工業調査会

キーワード

ステッピングモーター, 振動, 騒音, モード解析

Summary.

The Analysis of Vibration and Noise Characteristic of Stepping Motor

Takeshi Kobita

Graduate School of Engineering, Hosei University

Kunisada Hashimoto Mitsuo Iwahara Akio Nagamatsu Gaku Minorikawa

Department of Mechanical Engineering, Hosei University

The noise generated from the stepping motor was recorded, and the acoustic analysis was done. By changing rotational frequency, the experiment recorded the noise generated from the motor surface. Simultaneously, measuring the surface vibration, vibration characteristic of stepping motor was clarified for the experimental modal analysis. The modal property is identified in experiment, fixing the acceleration pickup in the motor surface, by getting response of 24 points, and the phenomenon in the motor operation is explained.

Keywords.

Stepping motor, Vibration, Noise, Modal Analysis