

## 摩擦帶電センサ組込み軸受の開発

### Development of rolling bearing with triboelectric sensor

関西大・シス理工（正）\*谷 弘詞 関西大院（非）戸根 勇也

関西大（正）川田 将平（正）呂 仁国（非）小金沢 新治

Hiroshi Tani\*, Yuya Tone\*\*, Shohei Kawada\*, Renguo Lu\*, Shinji Koganezawa\*

\*Kansai University, \*\*Graduate School of Kansai University

#### 1. はじめに

転がり軸受は様々な機械で多く使用されているが、使用環境や使用状態によっては機械の故障原因になることがある。そのため軸受の状態をモニタリングして故障を未然に防ぐことが重要と考えられる。我々は摩擦帶電センサを用いて転がり軸受に組込み、軸受の状態モニタリングが可能であると考え、摩擦帶電センサ組込み軸受を行ってきた。摩擦帶電センサは摩擦時の帶電現象を利用して発電し、電圧を出力するセンサである。工作機械や自動車に用いられる軸受は比較的軸径の大きな軸受が用いられていると推定されるが、その場合は他のセンサ（加速度センサ、ホール素子など）を用いて軸受の状態モニタリングが可能である。しかし、近年その用途が拡大しつつあるドローンに用いられているようなモータでは回転軸の軸径が小さく、モータ内に他のセンサを取付けるスペースに余裕がないため、従来のセンサを用いた状態モニタリングが困難である。しかし、我々の摩擦帶電センサは薄型のフレキシブルプリント基板で作成可能なで非常に薄いセンサのため、既存の小径転がり軸受内にも組込み可能だと考えられ、小径転がり軸受に適用すれば有用であると考えている。この研究では、実際に内径 8mmΦ、外径 19mmΦ の転がり軸受内部に摩擦帶電センサを組込み、その出力を確認した。

#### 2. 実験方法

##### 2・1 摩擦帶電センサ組込み軸受の構造

摩擦帶電センサはステンレスシム板上にフレキシブル基板で作成したロータとステータ電極を接着し、電極面が対向するように、軸受に組んだ。ロータ電極シム板は内輪に段差を設け、ステータ電極シム板は外輪に段差を設けて固定した。これらのロータ電極・ステータ電極の対は Fig. 1 に示すように軸受の両側に取付けた。実際に作成した電極と軸受の写真を Fig. 2 に示す。ロータ電極・ステータ電極ともに軸受内に収まっており、ステータ電極から出力モニタ用のケーブルが出ている構造となっている。今回は、ステータ電極とロータ電極間にグリースは封入せずに、ステータ電極面に PTFE フィルムを積層した。また、電極は 9 分割パターンとした。

##### 2・2 評価方法

サンプル軸受は Fig. 3 に示すように Z ステージの上に取付けた 6 分力計に外輪を固定して、内輪をフライス盤の回転軸に固定して 1500rpm で回転させた。Z ステージの高さを変化させることでアキシャル荷重を変化させることができ、その荷重は 6 分力計で測定可能な構造となっている。



Fig. 1. Schematic structure of bearing with triboelectric sensors



Fig. 2. Photographs of stator and rotor electrodes

#### 3. 実験結果

##### 3・1 センサ出力波形

回転数 1500rpm、アキシャル荷重 60N の際の摩擦帶電センサの出力例を Fig. 4 に示す。センサは軸受の両側にそれぞれ組んでいるため、出力波形は同時に 2 つ得られる。内輪位置は固定で外輪を押し上げることで荷重を増やしたので、その際、上部センサの電極間隔は狭くなり、下部センサの電極間隔は広がる。Fig. 4 の電圧波形を見ると上部センサ出力が大きく、下部センサ出力が小さいが、これは電極間すき間の差が表れていると推定される。また、大きなうねり成分が見られるが、これはセンサ電極の回転中心がロータ電極、ステータ電極でずれていることに起因する。ま

た、各電極間の傾き要因も可能性として考えられる。次に Fig. 4 に示した下部センサ出力の FFT スペクトルを Fig. 5 に示す。1500rpm の回転数に同期した 25Hz とその回転数に電極分割数を乗じた 225Hz にピークが観察される。すなわちうねり成分は回転に同期した成分に主に起因すると考えられる。アキシャル荷重が変化すると電極間間隔が上部電極では小さくなり、下部電極では大きくなるため、アキシャル荷重でセンサ出力は変化する。そこで、アキシャル荷重と 225Hz のピーク電圧との関係を Fig. 6 に示す。アキシャル荷重が増加するにつれ上部センサ出力は増加し、下部センサ出力は低下している。この傾向をあらかじめ測定しておけば、アキシャル荷重のモニタリングが可能になるとを考えられる。

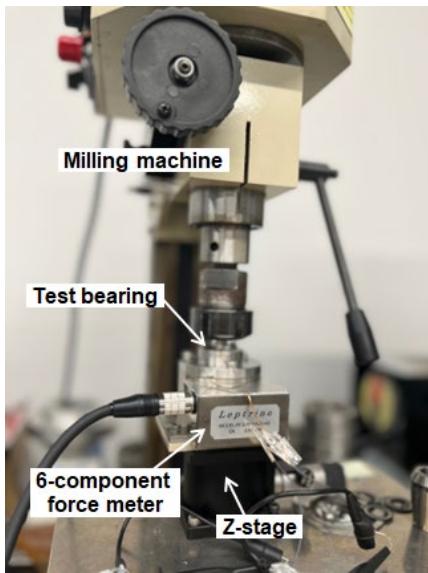


Fig. 3. Evaluation setup to measure outputs from triboelectric sensors.

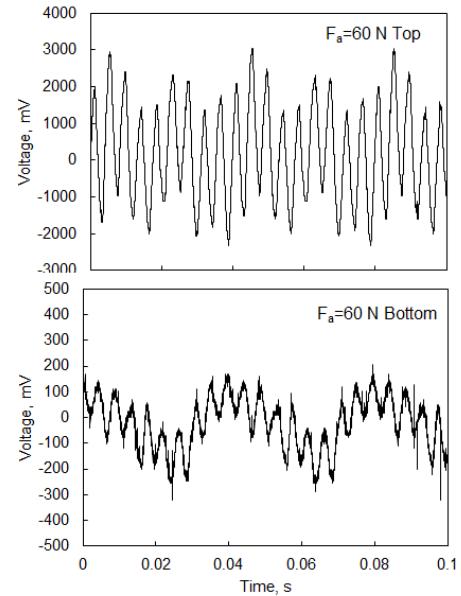


Fig. 4. Typical output from triboelectric sensors in bearing

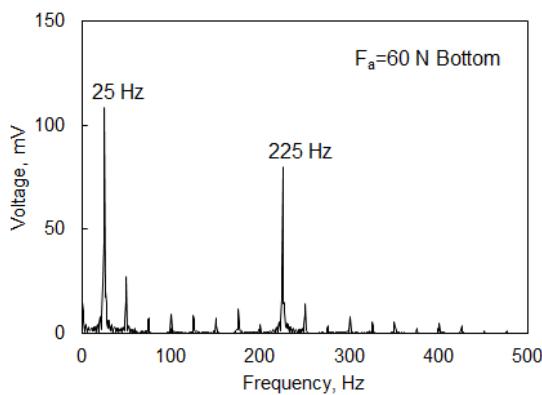


Fig. 5. FFT spectrum of output voltage from top sensor at the condition of 1500 rpm and 60 N axial load.

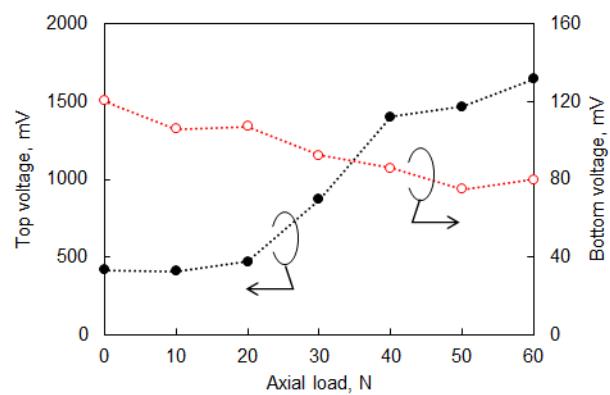


Fig. 6. dependence of output voltage at 225 Hz as a function of axial load.

#### 4. おわりに

本研究では、摩擦帶電センサを実際に軸受内に組込み、アキシャル荷重を変化させたときの出力変化を確認した。アキシャル荷重の変化により、センサ電極間のすき間が変化することで出力電圧も変化することが確認できた。

#### 文献

- 1) 谷 弘詞他, “摩擦帶電センサによる転がり軸受の回転速度と温度のモニタ”, Vol. 63 (2018), No. 6 pp. 426-433