

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19560149

研究課題名 (和文) 小径玉軸受の電食に関する研究

研究課題名 (英文) A Study of Electrical Pitting for Small Ball Bearings

研究代表者

野口 昭治 (SHOJI NOGUCHI)

東京理科大学・理工学部・准教授

研究者番号：80349836

研究成果の概要：本研究では小径玉軸受を対象として、電流値と電圧値を細かく制御しながら直流電圧を印加して耐久回転試験を行い、①電食が発生する限界電流密度、②小径玉軸受に電流が流れ始める限界電圧値の実験的解明を行った。電食が発生する限界電流密度については、 $0.04\text{A}/\text{mm}^2$ 程度で電食が発生することを確認しており、従来の電食発生目安 ( $1.0\text{A}/\text{mm}^2$ ) が小径玉軸受には適用できないことを明らかにした。また、軸受内を通電する電圧については使用するグリースによって多少異なるが、 $1.3\sim 1.5\text{V}$ の範囲であり、小径玉軸受は微小な電圧、電流で電食を起こすことを明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
平成 20 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：トライボロジー

科研費の分科・細目：機械工学・トライボロジー

キーワード：機械要素, 転がり軸受, トライボロジー, 電食

## 1. 研究開始当初の背景

転がり軸受の電食については、鉄道車両用軸受を研究対象に 1960 年頃に研究が行われていた。電食が発生する電流密度に関する目安 (電流密度  $1\text{A}/\text{mm}^2$ 未満では電食は起こらない) も発表されており、これまではその目安に沿って軸受周辺の電氣的な設計を行ってきた。

しかし、最近では家電製品に組み込まれている小型モータにおいて、電食が発生しないとされている電流密度であっても電食と判断される軸受の損傷が起こるようになってきた。

電食発生の目安は鉄道車両用の中型、大型ころ軸受を対象としており、小径玉軸受に適用できるかの実験的な確認、および適用できないならば、小径玉軸受の電食発生電流密度を新たに確立する必要に迫られていた。

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、複数の小径玉軸受を用いて電流密度を細かく設定した直流電圧印加における回転試験を行ない、

- (1) 小径玉軸受に従来の電食発生電流密度の目安が適応できるかを確認する

(2) 従来の電食発生電流密度が適用できない場合には、小径玉軸受の新たな電食発生電流密度の限界値を実験的に求めることを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験装置

実験装置の写真を図1に示す。絶縁材として樹脂材料を各所に使用し、試験軸受以外に電流が漏れない構造にしてある。軸の先端に接着した鋼球にカーボンブラシを接触させて回転中の電圧印加を可能にしている（軸側が正、ハウジング側が負）。試験中の軸受状態監視として、軸方向に加速度ピックアップ（絶縁体を介して接続）、ハウジング外周に熱電対を設置して、振動と温度を測定する。

振動と温度、印加電圧は同時に記録計に記憶され、コンピュータで処理される（サンプリング間隔は5s）。試験効率を向上させるため、3軸を1ユニットとしてウレタン製丸ベルト、プーリを介して1台のモータで駆動させている。

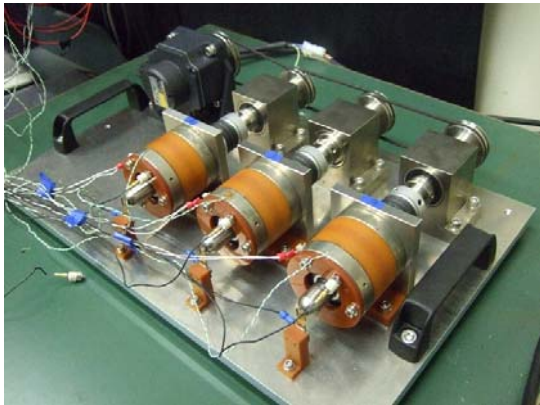


図1 実験装置写真

#### (2) 実験条件

試験に用いた軸受は608、6201、6203の3種類である（図2）。軸受の回転速度は $1800\text{min}^{-1}$ 、潤滑剤はグリースである。電流値を転動体/軌道輪の接触面積（ヘルツの接触理論を用いて計算）で除して求めた電流密度を変化させて、500時間の回転試験を行う。

回転試験は室温（ $20\sim 25^\circ\text{C}$ ）で行い、湿度については、制御を行っていない。

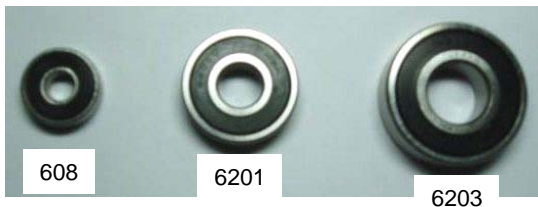


図2 試験に用いた小型玉軸受

### 4. 研究成果

(1) 従来からの電食発生目安が小径玉軸受に

も適用できるかの検証

従来の電食発生目安によれば、電流密度が $1\text{A}/\text{mm}^2$ 以下では電食は起こらないとされていた。608を用いて、電流密度を変化させた場合の振動加速度の変化を図3に示す。

従来の目安が適用できるならば、電流密度 $0.932\text{A}/\text{mm}^2$ では電食が起こらないはずであり、振動加速度の上昇は見られないはずである。しかし、20時間を過ぎたあたりから振動加速度は急激に上昇している。この現象は電流密度を小さくしても観察されており、 $0.042\text{A}/\text{mm}^2$ まで振動加速度の急激な上昇が起こっていた。

この結果より、従来の電食発生電流密度の

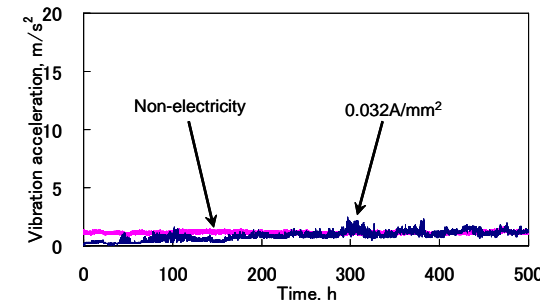
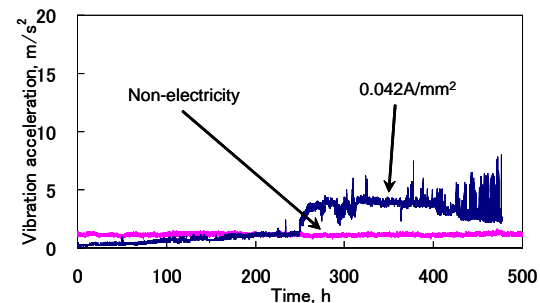
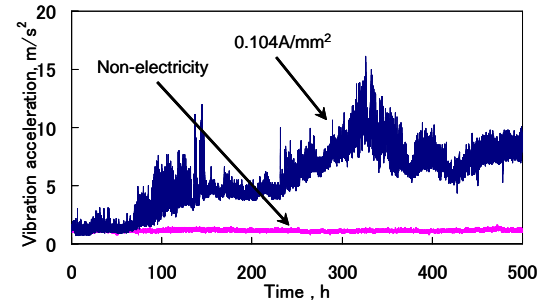
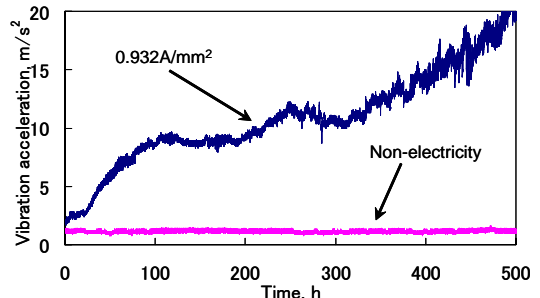


図3 各電流密度における振動加速度の上昇(608)

目安は小径玉軸受に適用できないことが明らかとなった。

(2) 小径玉軸受の電食発生電流密度の追求

図3に示した608の実験結果から従来の電食発生電流密度の目安が小径玉軸受に適用できないことが明らかとなったので、電流密度を小さくした実験を継続して、複数型番の軸受を用いて、500時間で電食が起こらない電流密度の追求を行った。

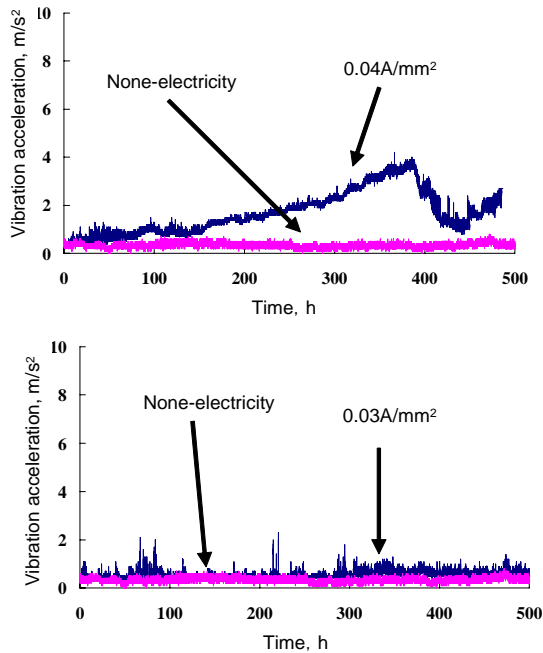


図4 6201における電食発生境界付近の振動加速度変化

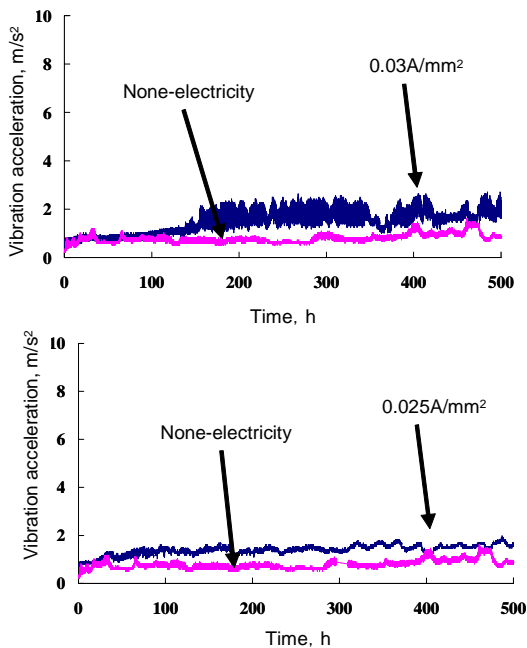


図5 6203における電食発生境界付近の振動加速度変化

608では図3に示した実験結果から電食が起こらない電流密度は0.032 A/mm<sup>2</sup>であることがわかる。6201、6203において電食が発生した、しないの境界付近の実験結果を図4、図5に示す。この結果から6201、6203において電食が発生しない電流密度は、0.03 A/mm<sup>2</sup>、0.025 A/mm<sup>2</sup>であることがわかる。

今回実験を行った小径玉軸受3型番において、電食が発生しない限界の電流密度はいずれも0.03 A/mm<sup>2</sup>付近であり、共通していると言っても過言ではない。従来の目安よりも2桁小さな値であり、電流値で表せば608で10mA、6203でも25mA程度と非常に小さな値である。わずかな漏れ電流でも小径玉軸受では電食が発生することが本研究によって実証された。

(3) 軸受の表面観察

転がり軸受に電食が発生すると軸受の表面にはリッジマークと呼ばれる縦縞模様が観察されることはよく知られている。また、電食の始まりは、内輪/外輪に電荷が蓄積されて、絶縁膜である潤滑膜を突き破る放電である。雷と同じような現象であり、放電が起こると軸受表面に微小な放電痕が形成される。

実験終了後の軸受表面を観察した結果を図6、図7に示す。図6は6201の転動体写真であるが、表面に縦縞のリッジマークが形成

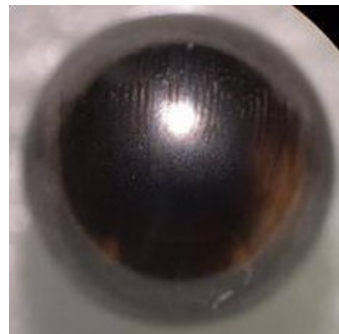


図6 6201 転動体表面観察写真



図7 6203 内輪軌道面観察写真(走査電子顕微鏡写真)

されていることがわかる。図7は6203の内輪軌道面の走査型電子顕微鏡写真である。表面に非常に小さなピット状の痕跡が多数形成されており、放電が起こっていたことが確認できる。

本研究においても従来転がり軸受に電食が発生すると観察される典型的な痕跡が観察されており、軸受の損傷としては電食であることが確認された。

#### (4) 小型玉軸受の耐電圧

(1)～(3)についての成果は、小型玉軸受に通電が起こった際に電食が発生する電流密度に関するものであったが、転がり軸受の内輪に電圧が負荷されても、通電を起こさなければ電食は発生しない。そこで、図1の装置を用いて、印加電圧を変化させて転がり軸受に通電が起こる電圧を調査した。

グリースの種類を変えた608を用いて実験を行った結果、表1に示すような通電開始電圧を得ることができた。グリースの基油粘度が大きいと通電開始電圧も大きくなるという結果となり、転動体/軌道面に形成される油膜厚さと関係があることがわかる。

しかし、グリースによって多少値に違いはあるが、一般的用途の小型玉軸受に封入されているグリースにおける通電開始電圧は1.3～1.5V程度であり、乾電池1本の電圧が印可されれば、軸受内を通電してしまうので、注意が必要である。

表1 608 通電開始直流電圧

グリース	基油粘度 cSt, 40°C	通電開始 電圧 V
A	15.0	1.3
B	26.0	1.3
C	53.0	1.4
D	76.9	1.5

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

①野口昭治、赤松洋孝、是永 敦、小型玉軸受の電食に関する研究(第1報)一直流電圧印加時の玉軸受608の電食発生限界電流密度一、トライボロジスト、52、622～628、2007、査読あり

②野口昭治、小林央佳、柿沼慎之右、是永 敦、小型玉軸受の電食に関する研究(第2報)一直流電圧における6201、6203の電食発生電流密度一、トライボロジスト、査読あり、掲載可

[学会発表] (計 6 件)

①野口昭治、和知恭平、玉軸受の電食発生の

限界直流電圧に関する研究、(社)日本設計工学会 平成19年度秋季学術講演会、2007.9.29、北海道大学

②野口昭治、和知恭平、小型玉軸受の直流通電時の電食に関する研究、(社)日本機械学会第14期関東支部総会講演会、2008.3.14、東京海洋大学

③野口昭治、和知恭平、小型玉軸受の電食発生限界電流密度に関する研究、(社)精密工学会2008年度春季大会学術講演会、2008.3.19、明治大学

④野口昭治、小型玉軸受の電食とその対策、2008 モーションエンジニアリングシンポジウム、2008.4.18、幕張メッセ国際会議場

⑤野口昭治、小径玉軸受の電食、第31回精密工学会転がり機械要素専門員会、2008.10.24、明治大学

⑥野口昭治、小型玉軸受の電食に関する研究、日本トライボロジー学会“超”を目指す軸受研究会、2007.10.6、関西大学

[その他]

研究成果掲載ホームページ

<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/nog/index.html>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

野口 昭治 (NOGUCHI SHOJI)

東京理科大学・理工学部・准教授

研究者番号：80349836