

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K03843

研究課題名（和文）ゼーベック効果と均質回路の法則による転がり軸受内外軌道輪表面温度評価法の開発

研究課題名（英文）Development of surface temperature evaluation method of rolling bearing inner and outer raceway by the Seebeck effect and law of homogeneous

研究代表者

東崎 康嘉 (Tozaki, Yasuyoshi)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：60610540

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：深溝玉軸受は様々な分野で使用されており、高効率化のため、低粘度油の使用が進められており、軌道面温度上昇の危険性がある。本研究では軸受の軌道面温度を測定し、温度上昇の原因を得ることを目的とした。前年度研究より軸受隙間が広くかつ不均一になることで転動体が滑り、軸受軌道面の温度が上昇することを見出した。従って、真円度が軸受隙間を変動させる要因であり、転がり軸受軌道面の精度が温度上昇に対して影響を与えると結論付けた。今年度試験では軸受の材質を変えることで真円度の精度を確保し、軸受精度の良い状態では隙間が安定しているため滑りが無くなり、温度上昇も小さくなることを確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

転がり軸受の軌道面温度は、熱電対を用いる方法が主流で計測されてきた。熱電対法であると、真の軌道面では困難であり、また、熱電対を取り付けた位置でのみの計測となり、温度の連続的評価は困難となる。本研究のように、内輪、外輪、転動体の一つを異種金属とする動的熱電対法であれば、真の軌道面の温度を計測することが可能となり、また、転動体の公転に従い、連続的に変化する軌道面温度の計測が可能となり、熱電対法より細かく温度分布や変化を計測することができるため、温度予測手法の高精度化が可能となる。また、世の中の高効率化に伴い、軸受使用環境も厳しくなっており、厳しい状態での温度状態を正確に知ることが可能となる。

研究成果の概要（英文）：Deep groove ball bearings are used in a variety of fields, and to improve efficiency, the use of low viscosity oil is progressing, which poses the risk of an increase in raceway surface temperature. The purpose of this study was to measure the bearing raceway surface temperature and find the cause of the temperature rise. From the previous year's research, we found that when the bearing gap becomes wide and uneven, the rolling element slips and the temperature of the bearing raceway surface increases. Therefore, it was concluded that the roundness is a big factor that changes the bearing clearance, and that the precision of the rolling bearing raceway surface affects the temperature rise. In this year's tests, we were able to ensure roundness accuracy by changing the material of the bearing, and we were able to confirm that when the bearing has good accuracy, the gap is stable, so there is no slippage, and the temperature rise is also small.

研究分野：機械要素 トライボロジー

キーワード：転がり軸受 温度計測 動的熱電対法 軌道面 真円度 軸受隙間 滑り

様式 C - 19 , F - 19 - 1 , Z - 19 (共通)

1 . 研究開始当初の背景

自動車等の燃費向上要求から装置の小型・軽量化や低粘度油の使用などで、高面圧でかつ油膜が薄い状態となり、転がり軸受の温度が上昇しやすい傾向にある⁽¹⁾。温度上昇による損傷は軌道輪面で発生するが、最も一般的な温度計測は内外輪の背面に熱電対を押し当てる方法であり、軌道輪に異物を装着かつ軌道面直接の温度計測は不可能である。よって軌道面温度を計測する必要がある。

2 . 研究の目的

- (1) 軸受運転時の、連続的な軌道面温度計測。
- (2) 軸受材質の加工精度の違いによる軌道面温度の比較。

3 . 研究の方法

- (1) 異種金属を接続し接続部に温度差を設けると熱起電力が発生する現象であるゼーベック効果を、軸受に応用した動的熱電対法と呼ばれる軸受軌道面温度計測方法を用いて、内輪と転動体の材質を SUJ2、外輪を SUS440C に組み合わせ、軌道面温度を計測した。しかし、動的熱電対法を用いて軌道面温度を計測する場合、転がり軸受は内輪-転動体間と外輪-転動体間の2箇所が発熱するため、均質回路の法則を利用した。均質回路の法則とは、異なる2種類の金属が閉回路で組み立てられている際、途中に加熱した場合でも熱起電力は接触点の温度差のみの影響を受け、途中の加熱の影響を受けない⁽²⁾。よって内輪軌道面の温度測定をする際、外輪軌道面の発熱の影響を受けないと考えた。以下の図1に軸受材質と温度計測箇所を示す。

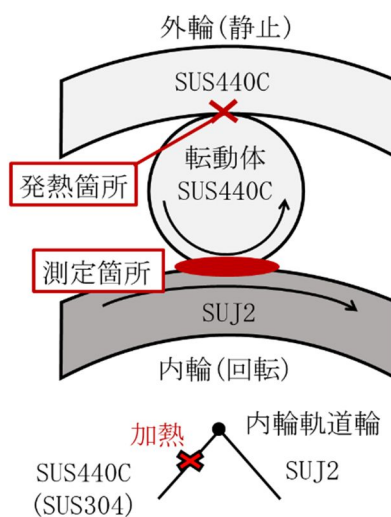


図1 内輪軌道面の計測

- (2) しかし、動的熱電対法では異種金属の接触点の平均値が熱起電力となるため、転動体が複数存在する転がり軸受では、温度上昇箇所が不明確である。そこで転がり軸受の転動体1個を SUS440C で構成し、他の転動体は市販のセラミックス転動体とする(図2)。これにより、SUS440C 転動体が公転することで発生する軌道輪表面の温度変化を荷重点中心に連続的に計測し、明らかにすることが可能となる。

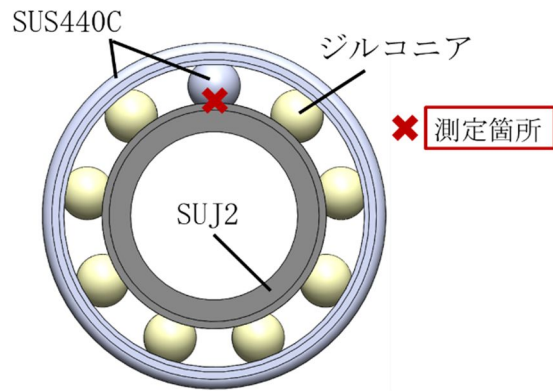


図2 ジルコニア球を用いた転がり軸受

- (3) 従来は外輪に SUS304 を使用したが、SUS304 は粘度が高く難削材であるため図 3 のように軌道面の真円度が悪く軸受精度が悪い状態であった。本研究の試験軸受を産業用機械など広く普及している高精度の SUJ2 と、SUS440C 製の規格品を使用することで軸受の精度を良いものとした。そこで従来との結果と比較することで、軸受の精度違いでの温度上昇の比較を行った。

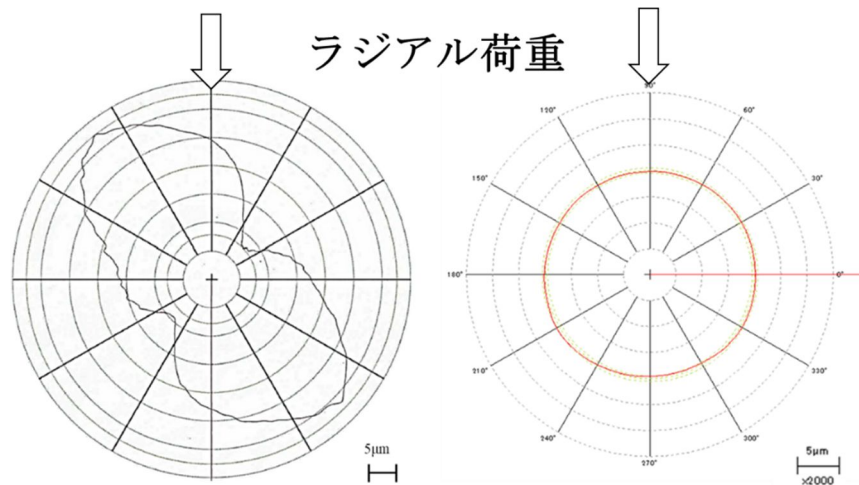


図3 外輪軌道面真円度 (左：従来軸受 右：本研究の軸受)

4. 研究成果

- (1) 試験条件は図 4 のように軸受の 0° 点にラジアル荷重 100N、60rpm 時の SUS440C 球の -100° から 100° の範囲の試験結果を以下の図 5 に示す。ここで、Topmark は SUS440C 球が荷重点(0°)に到達したとき、荷重域は SUS440C 球にかかっている荷重の範囲を示す。

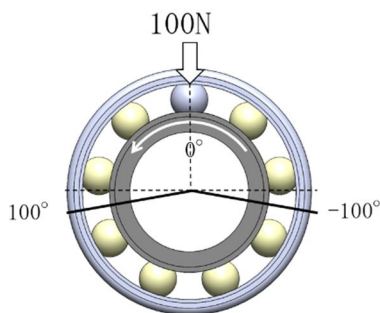


図4 転がり軸受測定範囲

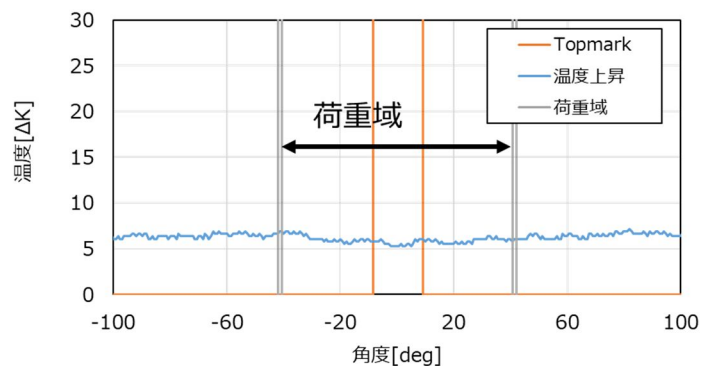


図5 試験結果 (100N, 60rpm)

この結果より、負荷圏、非負荷圏の両方で軌道面の温度が一定であった。

- (2) 従来と軸受軌道面の精度違いによる温度上昇の比較を行うため、試験条件が同じである従来の軌道面温度を図6に示す。

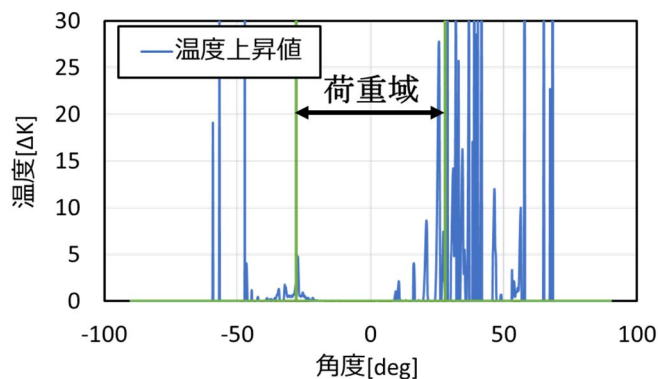


図6 従来の試験結果 (100N, 60rpm)

この結果より、従来では精度が悪いことから、一部の隙間違いによる局所的な温度上昇が発生していた。温度上昇の原因を調査するため、高速度カメラで転動体の挙動を確認すると、軸受精度の悪い従来の軸受では転動体が転がりのほか、滑りも発生しており、挙動が一定ではなかった。よって転がり摩擦の他に滑り摩擦も大きく発生し、局所的な温度上昇が起こりやすくなった。対して軸受精度の良い本研究の軸受では軸受隙間が小さく非負荷圏でも球と内輪が接触しており、隙間が安定しているため回転方向が一定となる。よって接触点の温度も検出され、温度が一定であったと考えた。

参考文献

- (1) 藤掛泰人, 石川貴則, NTN, テクニカルレビュー, 低昇温・低トルク円すいころ軸受, p.71-76.
- (2) 計測自動制御学会温度計測部会編温度計測基礎と応用, コロナ社, p.161-163.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 東崎康嘉 松本峻資 植田奈央子	4. 巻 51
2. 論文標題 [展望・解説]動的熱電対法による歯車・転がり軸受の表面温度計測	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ターボ機械協会	6. 最初と最後の頁 3-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 樽谷和希、東崎康嘉
2. 発表標題 転がり軸受の軌道面温度測定に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会 第21回機素潤滑設計部門部門講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 植田奈央子，東崎康嘉，尾藤駿哉，樽谷和希
2. 発表標題 転がり軸受の軌道面温度測定に関する基礎研究
3. 学会等名 日本機械学会関西学生会2021年度学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------