

ベアリングの構造と特性に関する研究

システム科学技術学部 機械知能システム学科

1年 日景 海都

1年 中里 悠吾

1年 近藤 和輝

1年 田中 智也

指導教員 システム科学技術学部 機械知能システム学科

教授 水野 衛

助教 施 建

1. はじめに

元々機械を構成する機械部品に興味があり、機械部品の一つであるベアリングにも興味があった。ベアリングに関する本を読み、ベアリングにはその用途に応じて様々な構造があることが分かり、それぞれの特性について研究したいと考えた。

ベアリングとは機械部品の一つで、回転などの運動をする部品と接しその荷重を受けることで、その相手部品を支える部品である。身近な所では自転車の車軸



図1 ボールベアリング

や、椅子や台車のキャスターの中に使われ、大きな荷重を受けてもタイヤが滑らかに回るようになっている。図1は今回使用したボールベアリング（玉軸受）であり、円周上に配置されたボールが転がることにより、真ん中のリングに挿入する軸が滑らかに回る。図2にベアリングの分類を示す。円周上に配置されるのは主にボールと円柱状のころであり、その形と配置、荷重を受ける向きなどで細かく分類される。



図2 ベアリングの分類 (NTN ハンドブック^[1]から引用)

本研究では、ベアリ

ングの構造によるその特性の違いを科学的に明らかにすることを最終的な目標とし、今回はベアリングの性能を評価するための実験装置を製作した。実験装置は、速度が自由に設定できるモーターで軸を回し、その軸に評価したいベアリングを装着する。装着したベアリングには種々の荷重を負荷しながらベアリングの動的な特性を測定できるように設計し、実際に製作した。今回の研究では、図1に示すボールベアリングを購入し、実際に荷重を負荷しながら軸を回転させ、ベアリングが発熱の様子を赤外線サーモグラフィで測定した。

2. 実験方法

今回の実験には、NTN製のボールベアリング（深溝玉軸受）6005（開放形，内径： $d=25\text{mm}$ ，外径： $D=47\text{mm}$ ，幅： $B=12\text{mm}$ ）を使用した（図1）。

図3に製作した実験装置の外観を示す。モーターはオリエンタルモーター製のスピードコントロールモーター（US2-425JA）であり、減速比5のギヤヘッド（4GV5B）と組み合わせて使用した。モーターは付属のスピードコントローラーにより90～1400rpmの任意の回転速度に設定できる。

モーターとアルミニウム合金製の回転軸にはプーリーが装着されており、タイミングベルトを介してモーターの回転をアルミニウム合金の回転軸に伝える。アルミニウム合金の回転軸は、2つのNTN製のピロー形ベアリングユニットUCP205（軸径： 25mm ）で支え、木の板に固定した。

アルミニウム合金製の回転軸の先端には評価するベアリングを装着し、装着したベアリングには回転軸と直交する方向の荷重（ラジアル荷重）を負荷した。今回の実験では、水を入れたペットボトル12kgにより鉛直方向の荷重を負荷した。また、ベアリングをクランプで挟むことにより、より強力なラジアル荷重をベアリングに負荷した。

今回の実験では、無負荷と2種類のラジアル荷重を負荷した状態で回転軸を回転させたときのベアリングの発熱を、NEC Avio赤外線テクノロジー製の赤外線サーモグラフィInfReC R300で測定した。赤外線サーモグラフィは非接触で物体表面の温度を測定することが可能であり、機械や構造物の不具合や破壊を発熱により検出することができる。赤外線サーモグラフィ



図3 実験装置の外観



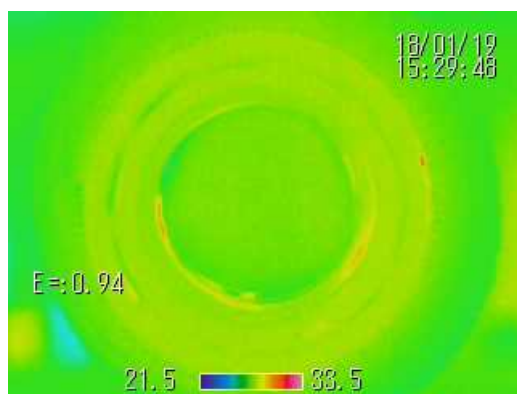
図4 黒体塗装したベアリング

ィで温度を測定する際には、物体表面のふく射率を設定する必要があり、今回は図4に示すように、ふく射率0.94の黒体塗料をベアリング表面に塗布した。

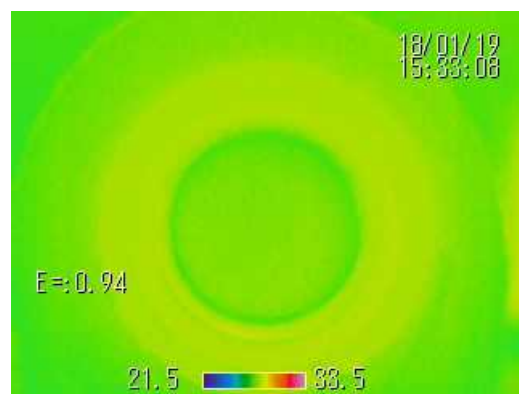
今回の実験では、アルミニウム合金製の回転軸を240rpmで回転させ、各負荷状態でベアリングを使用したときの時間経過による発熱温度の変化を測定した。

3. 実験結果

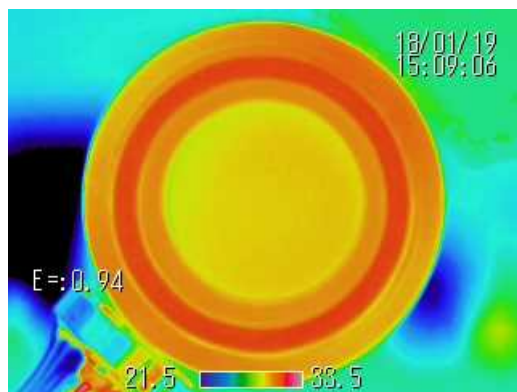
図5に赤外線サーモグラフィにより測定したベアリングの温度分布を示す。図5(a)は無負荷で回転させたとき、(b)は12kgの錘でラジアル荷重を鉛直方向に負荷しながら回転させたとき、(c)はベアリングを直径方向にクランプで締め付けて回転させたとき、(d)は(c)の状態が発熱した後、回転を静止したときの温度分布である。



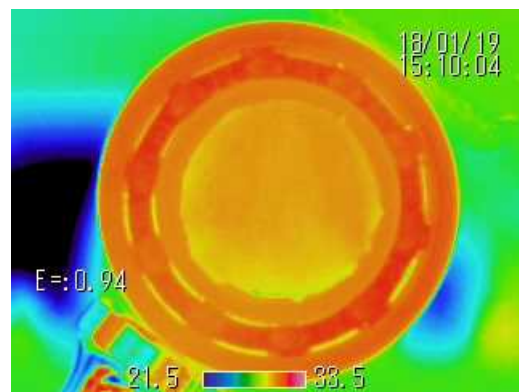
(a) 無負荷で回転



(b) 12kgの錘で負荷して回転



(c) クランプで締め付けて回転



(d) (c)の発熱後に静止した状態

図5 ベアリングの温度分布。(a)無負荷で回転させたとき、(b)12kgの錘による鉛直方向のラジアル荷重を負荷して回転させたとき、(c)クランプでベアリングを締め付けて回転させたとき、(d)(c)の状態が発熱後に回転を静止したとき。

図5(a),(b)から分かるように、無負荷と12kgの錘で鉛直方向にラジアル荷重を負荷した場合、回転軸は滑らかに回り、ベアリングに温度変化はまったく見られなかった。一方、クランプでベアリングを締め付けて回転させたとき、図5(c)に見られるように

ベアリング内の剛球部分が時間とともに発熱し、その保持器の部分にも発熱が見られた。その後、ベアリングの外輪と内輪にも発熱が見られた。発熱後、回転を止めたときの温度分布である図5(d)を見ると、ベアリング内の剛球、保持器、外輪、内輪の形状とともに、それぞれの温度とその温度の違いも確認することができる。したがって、今回の実験では、ベアリングをクランプで締め付けることにより剛球と外輪・内輪との摩擦が増し、それにより発熱することが確認できた。

4. おわりに

本研究では、まず、ベアリングに挿入した回転軸を任意の回転速度で回転させながらベアリングの性能を評価するための実験装置を製作した。次に、ベアリングをクランプで締め付けることにより大きなラジアル荷重を負荷すると、ベアリング内の鋼球が発熱し、その後、外輪と内輪の剛球と接する個所にも発熱が見られた。これらのことから、回転しているベアリングにラジアル荷重を負荷すると、内部の鋼球と外輪・内輪に負荷がかかり大きな摩擦により発熱したと考えられる。したがって、この状態を維持して回転を続ければ、剛球の摩耗やそれに伴う振動、焼き付きなど、発熱以外のベアリングの性能も評価することが可能であると考えられる。

今回製作した実験装置では、回転軸の直径が大きく、それに装着できるベアリングの耐荷重が大きいため、ラジアル荷重や回転数を変化させながら発熱の違いを測定することが難しかった。また、今回は発熱を赤外線サーモグラフィで測定したのみで、その後の振動や摩耗などベアリングの耐久性は評価することができなかった。さらに、ベアリングの種類によっては回転軸に装着してもラジアル荷重を適切に負荷することができず、性能評価をすることができなかった。今回は実験装置の製作に時間がかかり、1種類のベアリングで実験したのみで、種類の異なるベアリングでの実験やその結果の比較までは行うことができなかった。

今後は、回転軸の直径を小さくし、耐荷重の小さなベアリングも装着できるように実験装置を改良する必要がある。それにより、ラジアル荷重を変化させたり、回転速度を変化させた実験も可能になると考える。また、いろいろな種類のベアリングに対しても適切なラジアル荷重が負荷できるように、ラジアル荷重の与え方も工夫が必要である。このような耐荷重の小さなベアリングの性能試験ができるようになれば、長時間の耐久試験も可能になり、長時間使用することによる摩耗やそれに伴う振動などの評価も可能になる。また、構造の異なる各種ベアリングの性能の比較も可能になるので、これらの項目が今後の課題である。

参考文献

[1] NTN, 「転がり軸受入門ハンドブック」, CAT. No. 9012-VI/J.

謝 辞

本研究の遂行にあたり全般的に支援をいただいた機械知能システム学専攻1年の安部瑠之輔さんに感謝いたします。また、実験装置の設計と加工にあたり助言と製作の支援をいただいた加工工場の三浦茂男さんに感謝いたします。