“機械の米” 転がり軸受の高性能・高信頼性を目指して

東京理科大学 理工学部機械工学科 野口研究室

Noguchi Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering,
Tokyo University of Science

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 教授 野口昭治

TEL : 04-7122-9596

FAX : 04-7123-9814

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

E-mail : nog@rs.tus.ac.jp

1. はじめに

東京理科大学は、1881 年創設の東京物理講習所から始まり、“物理学校”の名称で広く知られていた。現在は理系の総合大学として、学部・大学院を合わせて約 19000 人の学生が在籍している。創設以来、“実力主義”が教育理念として定着しており、かつては留年生が多いことで有名であったが、最近はそうでもないようである。

筆者が勤務する理工学部機械工学科は、千葉県野田市の広々としたキャンパスの中にあり、学部生約 550 名、大学院生約 140 名が在籍している（機械工学科は葛飾キャンパスの工学部にもあり、受験生から「どう違うのですか」という質問が常に多い）。

当学科では、1 年次に数学、物理、英語などの基礎・教養教育、2 年次に 4 力学をベースとした基礎専門教育、3 年次に応用専門教育を行った後に、4 年次に卒業研究を行うシステムである（研究室配属は 4 年次になってから）。必修科目がかなり多く、学生にとっては非常に厳しいカリキュラムになっている。現在、理工学部機械工学科には 14 の研究室があり、日夜、研究・教育に励んでいる。

2. 理工学部機械工学科野口研究室

本研究室の創設は 2002 年 4 月で、18 年が経過している。毎年卒業研究では 10 名強が配属されるので、200 人近い卒業生を送り出したことになる。2020 年度の研究室メンバー構成は、博士課程 3 名、修士課程 5 名、学部 4 年生 9 名であり、教員一人ですべて面倒を見ている（図 1）。筆者が軸受メーカーに 17 年勤務していた経緯もあり、学生の間では研究よりも“就職に強い研究室”としてイメージが定着しているようである。“少ない労力、大きな成果”をスローガンにして、転がり軸受、環境にやさしいトライボロジー、リニアガイド、ローラチェーン等の性能向上、

図 1 今年度の研究室メンバー（学部と修士）

精密計測等の研究を行っている。少ない労力で大きな成果を挙げることは、非常に虫がいい話であり、実際には難しいことである。これを実現するためには、“事前によく考えて、効率良く実験を行う”ことが重要であることを研究を通して理解（実感）させるようにしている。

当研究室の研究対象である転がり軸受は、“機械の米”と言われており、回転部がある機械には多数用いられている。しかし、外からは見えないこともあり、非常に地味な存在である。これを研究対象にしている大学教員も非常に少ないが、逆にそれが“希有な存在（別名、すきま）”のようで意外に需要はある（と思っている）。

3. 当研究室の研究紹介

転がり軸受は精密機械部品であり、精密工学会の範疇に含まれるが、機能（特に寿命）を十分に発揮させるには、トライボロジー（摩擦、摩耗、潤滑）の知識が不可欠である。当研究室では、精密工学とトライボロジーを組み合わせ、転がり軸受の性能を向上させる研究を行っており、精密工学につながるの深い研究を幾つか紹介する。

3.1 玉軸受の回転非同期振れに及ぼす潤滑の影響

転がり軸受にとって潤滑は長期間安定した回転を維持するために不可欠である。しかし、潤滑剤によるトルク変動が起こると回転精度に影響を与える懸念があった。工作機械主軸の回転精度に大きく関係してくる問題であるが、定量的に確認されてはいなかった。そこで、潤滑状態を変動させることができるように研究室所有の軸受単体回転精度測定装置を改良して、潤滑変動（トルク変動）と回転振れ精度の関係を実験的に検証した。

図 2 潤滑変動と回転精度の関係を実験する装置

図3 トルク変動と回転振れとの関連測定例

図4 軸受単体に傾斜誤差を与える方法

測定装置を図2に示す。シールを外した玉軸受の上部から潤滑油を滴下し、軸受内部の潤滑状態を変動させた状態でXYの2方向からの振れと回転トルクを同時に測定する。転がり軸受のトルクと転動体公転周期成分の振れの関係例を図3に示す。軸受内部の潤滑変動に起因するトルク変動と回転振れの上昇(悪化)は連動していることが分かる。転がり軸受の回転精度を高い状態に保つには、内部の潤滑変動を非常に小さくすることが重要であり、潤滑方法に工夫が必要であることを明らかにした。

3.2 転がり軸受の回転精度に及ぼす傾斜誤差の影響

転がり軸受1個ではモーメントを支えることができないので、軸を支えるには2個以上が必要になる。一般的には軸端に近い箇所に転がり軸受を配置する。この際、二つの軸受間の取り付け誤差(傾斜誤差)を小さくする必要があるが、この基準は疲労寿命の実験から決められており、回転振れの増大との関係については不明である。

そこで、外輪カバーに傾きを与えて(図4)、軸受単体の回転精度を測定し、傾斜誤差と軸振れの関係調べた。軸受の傾斜と転動体公転周期振れの関係例を図5に示す。軸受の傾斜が大きくなると回転振れも大きくなるが、疲労寿命の許容値(最大値で 0.17°)の範囲内の傾斜であっても、振れは大きくなっていることが分かる。工作機械のような用途においては、軸受の疲労寿命ではなく回転精度を小さく保つために軸受傾斜誤差(2軸受間の取り付け誤差)を厳しくする必要がある。

3.3 高温放置における転動体の幾何学的形状変化

近年、転がり軸受の使用環境は厳しくなっており、

図5 軸受傾斜誤差と転動体公転周期振れの関係

図6 高温放置時間と真円度変化の関係

高速、高温環境で使用されることが多くなってきた。転がり軸受の転動体は高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)であることが多いが、高温に放置されると内部の応力不均一や組織変化によって幾何学的な形状変化が起こり、回転振れや軸受振動に影響を与えることが懸念される。そこで、鋼球を台座に接着して恒温槽に入れて長期間高温に放置し、赤道面の真円度、直径の変化を1年間にわたって観察した。1/2インチ鋼球と窒化ケイ素球の結果を図6に示す。一般的な転がり軸受の使用温度の上限は 120°C とされているが、 90°C でも真円度、寸法の増大が観察された。 120°C の場合には製造時の精度等級の範囲を大きく超えてしまう結果となり、回転振れや振動の上昇をもたらすことが明らかとなった。

4. おわりに

このたびは研究室紹介の機会を与您にいただきまして、ありがとうございました。転がり軸受ですが、機械設計者としての仕事は“選定”であり、“研究”ではありません。しかし、用途によってはカタログどおりに選定しても性能を満たさない場合もあります。細々とですが、転がり軸受の研究を続け、社会へ貢献するとともに軸受技術者の育成にも努めたいと考えています。