

新人育成研修

－装置製作を通して－

磯谷俊史、中西幸弘、白木尚康、立花一志、森木義隆、川崎竜馬、足立勇太
工学系技術支援室 装置開発技術系

概要

平成 24 年 4 月、私は装置開発技術系に主として装置開発業務を行う職員として採用されました。採用初年度には業務を行う上で必要な、基礎知識・技術を習得することを主目的とした新人育成研修（以降研修）を修了し、引き続き本年度も、知識・技術の更なる向上を目的とした研修を重ねています。研修の概要は、業務依頼により行われた装置の設計・製作を、共同研修者の指導のもとに行う実践的な試みですが、当技術系では本年度も新たに 1 名の新規採用者を迎え、本研修は私を含め 2 名を主対象者（以降新人）として実施されています。本稿では、5 月より週 1 回の午前（基本的には木曜日）、およそ半年間にわたり行われた装置製作を通して、経験したこと学んだことについて報告します。

1 習得課題について

装置製作で行われる一連の作業には、ものづくりに必要な要素が多様に含まれています。その工程は、機械設計・機械製図・機械加工・組付調整・性能評価に分けることができますが、本研修では工程毎に重点を置いて習得する課題が設けられました。課題は新人 2 名それぞれ内容が異なりますが、私が取り組んだ内容を表 1 に示します。なお、性能評価については研究室が主体となって行うので、本研修の課題対象からは省かれています。

表 1. 研修日程と重点習得課題

期間	工程	重点習得課題
5～8月中旬	機械設計	・ SolidWorks の 3 次元 CAD 操作・知識を向上させる ・ 機械設計の流れを習得する
8月中旬～	機械製図	・ JIS 製図法を学び、製図技術を向上させる ・ SolidWorks の 2 次元 CAD 操作・知識を向上させる
9月～11月	機械加工	・ 放電加工の操作技術を習得する
11月～	組付調整	・ 装置組付け手法を習得する

2 機械設計

2-1 3次元 CAD 操作

これまで、当技術系では CAD 室で共用した Autodesk Inventor が主要な 3 次元設計ツールでしたが、昨年度より個人管理のパソコンで SolidWorks を使用できる環境が整い、私と新規採用者を含む多数に使用されるようになりました。本研修においては SolidWorks を使用して設計・製図を行うことに決め、研修者全員がそれぞれのレベルに応じて操作技術を習得することが課題に挙げられました。SolidWorks については、私は前年度に学外講習会を受講した経験があり、また業務でも使用していたことで既に基礎操作は習得していました。そこで、講習会の講師としてモデリ



図 1. SolidWorks 講習会風景

ング及びアセンブリ（組付け）作業を行う題材を考え、研修者全員が演習を行う形式で基礎操作を教えました。講習会に備えた自主学习では、これまで養ってきた基礎操作を再確認でき、また設計の実作業においては形状モデリングの実践を行ったことで操作技術を更に向上させることができました。

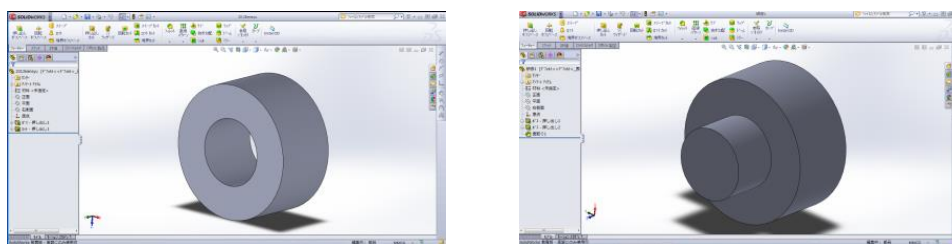


図 2. はめ合わせができるモデリング演習題材

2-2 機械設計の流れ

一般に機械設計は、概念設計・基本設計・詳細設計の三段階を経て行われます。今回研修で製作を試みた実験装置の概要は、アキシヤル（重力方向）電磁石とラジアル（水平方向）電磁石、そして制御用位置センサの組み合わせで主要部が構成される、回転体の非接触磁気軸受機構です。

概念設計

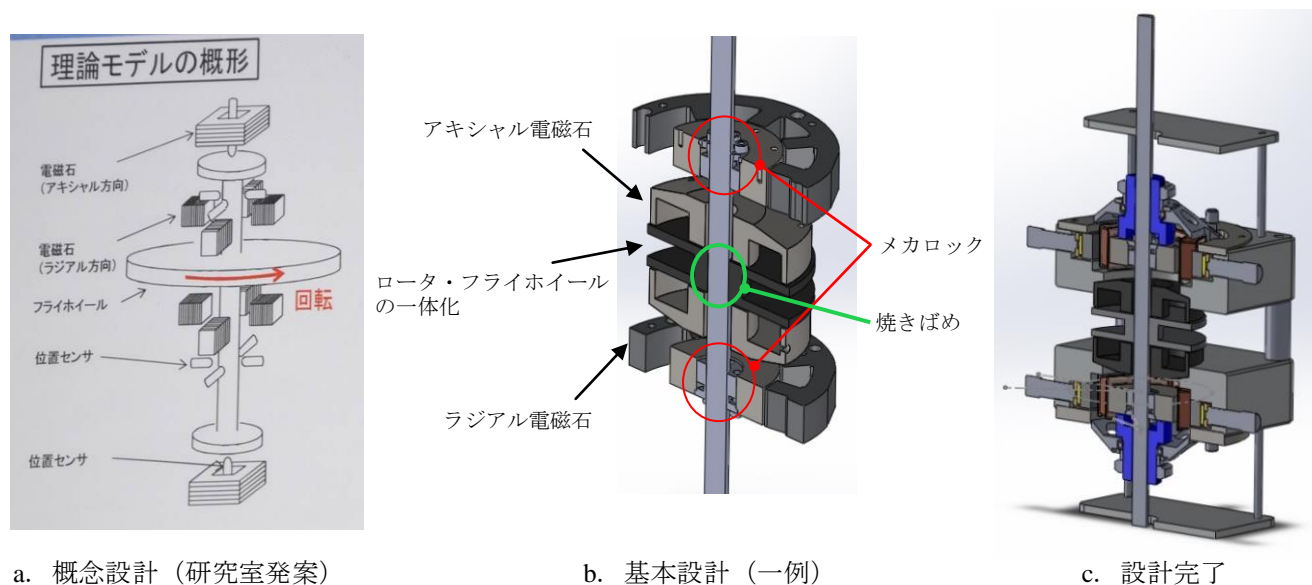
製作を試みる実験装置の機能・仕様を考えてまとめ、簡単な概略図で装置を表す機械設計の初期段階をいいます（図 3. a）。製作した実験装置は研究室によって企画発案されました。

基本設計

基本設計以降、研究室との連携を図りながら、研修が主体になって装置設計を進めました。図 3. b に基本設計で行った一例を示しますが、概念設計に従い、装置の構造、各部品の形状・配列・材質、軸と回転体の固定方法、既製品の使用などを検討し決定しました。また、軸と回転体の固定方法についてメカロック及び焼きばめを選定しましたが、軸が回転体に及ぼす回転トルクを算出し、耐力試験値との比較検討を行うような検証作業もこの基本設計で行いました。

詳細設計

部品の詳細な形状・寸法を決定します。この詳細設計は、加工方法から組付け方法まで、製作が行える全ての情報が備わった状態にあります（図 3. c）。



a. 概念設計（研究室発案）

b. 基本設計（一例）

c. 設計完了

図 3. 設計の変遷

2-3 機械設計の要点

業務依頼で行われる装置製作は、通常、概念設計は研究室により行われます。要求される性能を十分に満たし、シンプルでコストバランスの良い装置製作を行うためには研究室との連携を図り、実験目的を理解することが重要です。本研修では、研究内容についてはじめに研究室の先生から研究概要の説明を受け（図 4）、以降も設計全般にわたり研究室との打ち合わせを数多く行い作業を進めました。



図 4. 研究概要の説明

3 機械製図

機械製図工程では、始めに製図教本^[4]をもとに研修者全員で勉強会を行い、JIS（日本工業規格）製図法の基礎を学びました。その後、研修以降の使用も想定した図面シート（A4 縦・横、A3 横）を共同研修者の助言を得て作成し、加工を担当することになった部品 3 点の図面を JIS に従い作成しました。

ラジアル電磁石用ロータ（図 5）

図面は加工を前提に作成されます。そのため、図面の中心になる正面図は、主にどのような加工が行われるかを考慮して選定します。図 5 に示す部品は、主に旋盤加工を行うため、正面図には旋盤作業時に読みやすい投影図を選びました。そして、寸法はこの正面図にできる限り記入するのが原則ですが、加工手順を考えて寸法記入することも重要なので、右側面図に複数穴加工用の寸法を記入しました。また、正面図は断面図で表されていますが、内部が見えない形状を理解しやすくする上で、隠れ線で表す図示法と比較して効果的です。なお、投影図は形状を表せる必要最小限でなければいけないことから、図面は正面図・右側面図の二つで構成しました。

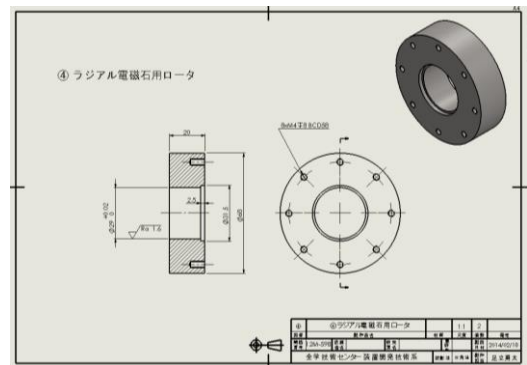


図 5. ラジアル電磁石用ロータ

ラジアル電磁石（図 6）

図 6 に示す部品は、ワイヤ放電加工を行うためこのように正面図を表しました。そして、寸法は必要十分かつ明確に記入することに配慮して図面を作成しました。また、PCD・BCD 表記（同一円周上にあける穴・ネジ穴）は現行 JIS に準じていませんが、寸法情報を非常に簡潔に表し、また加工寸法との混同による加工ミスを防ぐことにも役立つため慣例則として例外的に用いています。なお、正面図のみで形状・加工情報の全てを備えることができるため、正面図のみの単一図面にしました。

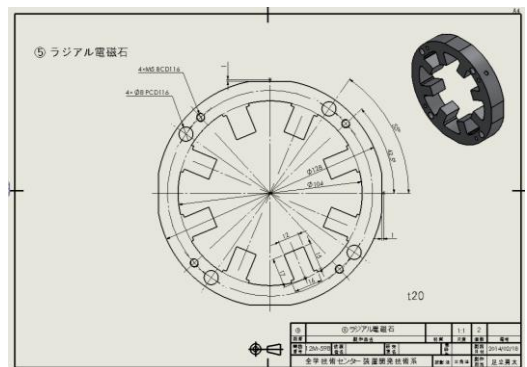


図 6. ラジアル電磁石

ボビン（図 7）

図 7 に示す部品は、コの字型に前加工を行った部材に平板材を貼り合わせ、その後に追加工を行うアクリル部品です。図面構成は、第三角法の基本構成図になる正面図・右側面図・平面図により図面を構成しました。

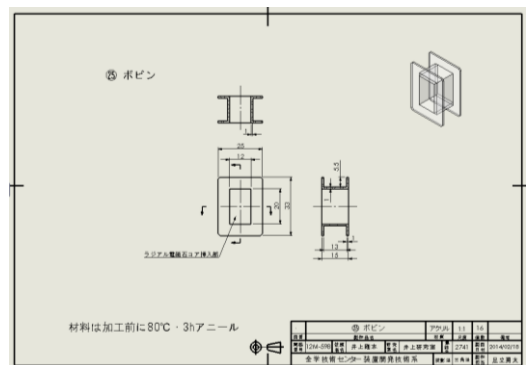


図 7. ボビン

4 機械加工

私が加工を担当した部品は、ラジアル磁気軸受（図 8）を構成するラジアル電磁石（図 8. ①）、ラジアル電磁石用ロータ（図 8. ②）、ボビン（図 8. ③）の 3 点ですが（2 セット）、ここでは以下の 2 つの部品加工について紹介します。

ラジアル電磁石（図 8. ①）

この部品の加工は、その複雑な形状から通常の切削加工による製作は非常に困難と思われるため、ワイヤ放電加工機（Sodick 製 AQ327L）により加工しました。ワイヤ放電加工機は、導電体であればワークの硬さに関係なく高精度で複雑な形状を加工できますが、その反面、加工条件等の設定事項が多く、操作を習得するまでには多くの経験を要します。そのため、今回の加工では共同研修者から基礎的な加工条件設定、パレットへのワーク固定方法等を教わり、基本操作技術の習得を目指しました。部品の加工手順として、先に旋盤・フライス盤によりワークの外形を仕上げ、次にワイヤ放電加工機上にセットし（図 10. a）内部の切り抜き加工を行いました。なお、今回は切り抜いた部材は旋盤加工を別途に行い、ラジアル電磁石用ロータ（図 8. ②）として再生しています。加工内容として、1st カットで内部を切り抜きますが、切り抜ける前に落下防止治具を装着し（図 10. b）、ワークが落下して機械を破損することを防ぐ対策を施しました。その後、2nd、3rd カットを順次行い、加工寸法・表面精度を共に良好に仕上げました。（図 10. c）。

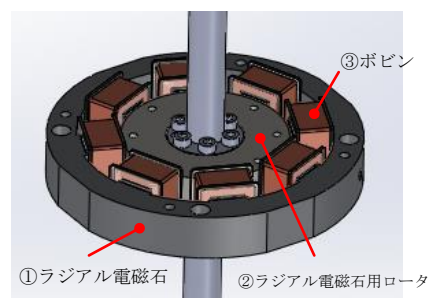
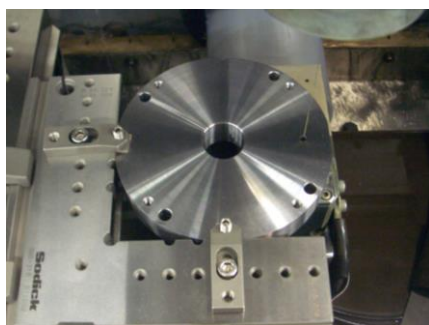


図 8. ラジアル磁気軸受



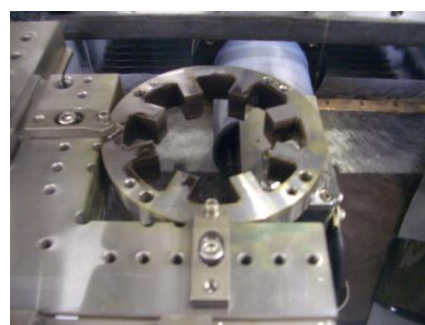
図 9. ワイヤ放電加工機



a. パレットへの固定



b. 落下防止治具



c. 加工終了

図 10. ラジアル電磁石の加工

ボビン（図 11）

ボビンは導線を何層にも巻くためのガイドの役割を持つ部品です。今回はアクリル材を使用しましたが、はじめにその材料特性について学び、その後加工を行いました。薄物の加工には慎重が必要になりますが、材料の持つ残留応力の存在も考慮しなければいけません。加工後の反り、あるいは割れ（アクリル材）などの要因は、主にこれらの影響によるものと考えられます。そのため、共同研修者の指示のもと、乾燥炉を使用し加工前のアクリル材に対し加熱処理（80℃、3 時間）による応力除去を施しました。

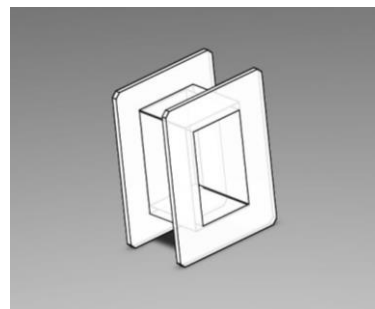


図 11. 3 次元ボビンモデル

この部品は、研究室からの要望で肉厚が全て 1mm で設計されています。アクリル材は加工時に非常に割れやすい性質があり、慎重な加工が要求されます。今回は、図 12 に示すような冶具で材料を保持し、薄壁の切削時にバタつくことへの対策を施しました。また、薄板の加工には通常小径エンドミルをしますが、今回はφ6mm、4枚刃のエンドミルを使用し、仕上げは常にダウンカットにより加工を行いました。製作したボビンは予備を含め総数は 18 個になります(図 13)。その後研究室所有の巻線機を用いて所定の巻数を巻き(図 14、15)、そしてラジアル電磁石コアに圧入し、ラジアル磁気軸受を完成させました(図 16)。

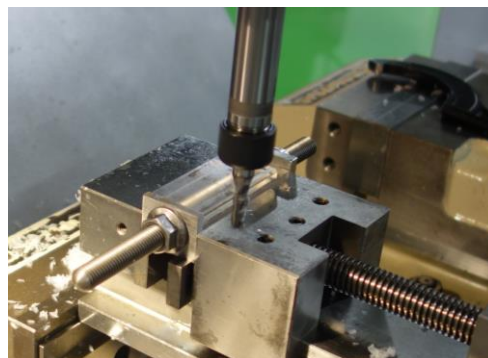


図 12. ボビン加工

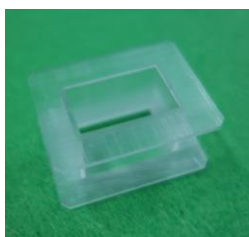


図 13. 完成ボビン

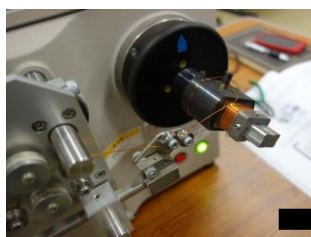


図 14. 巻線作業

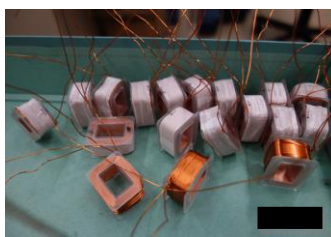


図 15. 巻線後のボビン

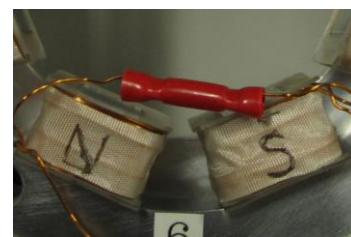


図 16. 電磁石への装着

5 組付・調整

組付け作業は、総組付け図(図 17)を用意し研究室と合同で行いました。研究室の実験担当者には、装置をよく理解してもらうために、各製品の機能を説明しながら組み付けました(図 18)。また、組付け位置が重要な部分には、製作した専用冶具あるいはスペーサを用いて固定し、締め付けトルクが規定されている部品にはトルクレンチを用いて所定のトルクでネジを締め付け(図 19)、組付調整を完了しました(図 20、図 21)。

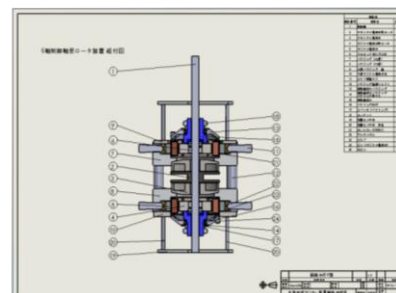


図 17. 総組付け図

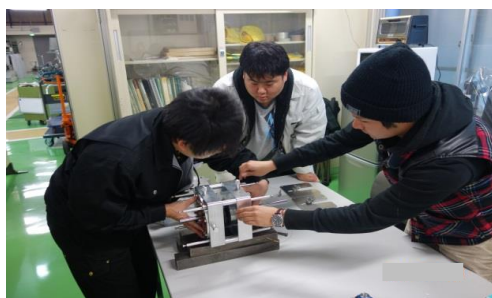


図 18. 組付け作業



図 19. トルクレンチによる締め付け

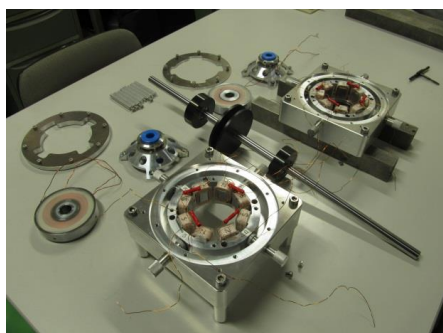
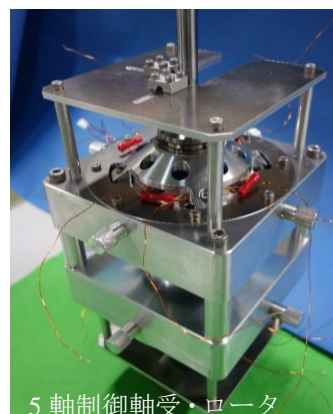


図 20. 全組付け部品



5 軸制御軸受・ロータ

図 21. 組付・調整終了

6 おわりに

今回の研修では、装置製作で行われる一連の作業を体験できたことで、ものづくりを行うためには今後どのような技術を学ばなければいけないかを理解することができました。また、装置の立ち上げ段階から研究室の先生・学生との打ち合わせを数多く行い、装置製作は研究室との連携が重要であると経験的に学ぶことができました。

7 謝辞

この研修を通して、今後ものづくりを行う上で基盤になるような貴重な技術・知識を習得することができたと実感しています。このような機会を与えていただいた研究室ならびに技術部装置開発技術系の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 「機械設計 基礎の基礎」：平田宏一 日刊工業新聞社
- [2] 続・「機械設計 基礎の基礎」-スキルアップ編-：平田宏一 日刊工業新聞社
- [3] 2012年 改訂第2版 機械工作テキスト：名古屋大学全学技術センター 教育・研究技術支援室
装置開発室
- [4] JISに基づく標準製図法 第13全訂版：大西 清 理工学社
- [5] JIS使い方シリーズ 機械製図マニュアル 第4版：桑田浩志・徳岡直静 日本規格協会