

[研究論文] 個別仕様のものづくりを取り入れた機械設計教育

小宮聖司^{1, 3}・宇田和史¹・永岡慶三²

1 自動車システム開発工学科, 2 早稲田大学, 3 早稲田大学人間科学研究科

Mechanical Design Education Incorporating the Manufacturing of Individual Specification

Seiji KOMIYA^{1, 3}, Kazufumi UDA¹, Keizo NAGAOKA²

Abstract

Recently, a computer aided design and a computer aided manufacturing which utilized the computer are gaining popularity. They are convenient for the expert engineer in a machine design method. However, it can use easily also for the student who has not mastered space grasp capability and the rule of a design. Therefore, the result which designs the difficult product of manufacture or use in fact is caused. Our mechanical design is large class about 80 students. Therefore, the individual counseling is difficult in large class. Furthermore, it is difficult to manufacture the designed parts to all student in school hours. This paper has described the education effect utilizing individual design and manufacturing by giving each student individual specification in large class.

Keywords: Mechanical Design Education, Manufacturing, Individual Counseling

1. はじめに

近年, 設計現場では PC を用いて構造計算を行い, CAD による製図が広く活用されている. これら IT 技術を用いた設計・製図は実際のものづくりに携わる現場の技術者にとって便利な道具となるが, 実際のものを理解していない学生が使用した場合, 構造物として製作できないものや, 組み立てることのできない部品を設計してしまうことが多い.

機械設計は, 機械力学や材料力学等の基礎学問を習得したうえで目的となる仕様を満たすように強度計算を行い, JIS による規格寸法になるように形状を決定する過程の習得である. さらに, 得られた寸法を用いて, 実際の製品を想定した表面仕上げ, はめあい精度などの工作情報を付加し機械製図を行う. 機械製図は目的である製品が立体であるにもかかわらず, 平面の図面に表現しなければならないことや, 加工方法を熟知している必要があるため座学のみでは教育効果が十分得られない. 機械設計および製図において, 実際にもものに触れて体験することは理解促進や授業へのモチベーション向上の観点から望ましい.

本稿は, 個別に設計仕様を与え, 部品を設計し, さらにものづくり体験を取り入れた機械設計授業の手法と効果

について述べたものである.

2. 機械設計授業

機械設計は, まず試算を行い, 寸法を仮決定する. 次にこの仮決定した形状の強度計算を行い, 計算結果を評価し, 必要があれば形状変更等の設計条件に戻るといふ, フィードバックを繰り返して寸法決定する. このため, 学生にとって, これまで習ってきた, 決まった式に数字を入れれば一意に答えが求まる問題とは異なるため, 理解することが難しい. さらに, 機械製図においては, 加工方法も熟知している必要がある.

授業は受講生約 80 名に対して, 冒頭 (約 30 分程度) に全体座学による力学や JIS に規定されている式および表の使用法説明等の講義を行う. 学生はこれらの講義を受講した後に当該日程で進めるべき機械部品の形状・寸法を計算し決定する. 全体座学の 1 シーンを図 1 に示す.

機械は一般に多くの要素から成り立っており, 特にシステム設計では総合的観点からシステムの構成を理解して, 細部の設計を進めることが大切である. この科目では, 機械要素として極めて重要であり, かつ設計法に関する多くの学習事項が含まれているものとして歯車減速機を選び,

その設計製図を行うものである^[1]。この課題の設計を通じて設計一般の考え方と手法を学びとる事が肝要である。



図1 座学による授業

講義では材料力学の初歩および平歯車減速機に必要な軸にかかる力(図2)から必要な軸の直径を計算するために必要な式の説明を行う。また、動力伝達に欠かせない歯車の設計においては、歯車間にバックラッシ(図3)を設ける必要性および、JISに規定されている式および表の使い方の説明等を行う。学生はこれらの講義を受講した後に当該日程で進めるべき機械部品の形状・寸法を計算し、決定したのち、最後に教員のチェックを受ける。

3. 設計計算支援システムを用いた設計指導

設計課題の歯車減速機の仕様は学籍番号を利用して各人が異なるように設定されている。そこで、学籍番号を入力するだけで、学生の進度に応じて強度計算や寸法チェックに必要な箇所のみを表示を行う、設計計算支援のためのプログラムが開発され^[2]、個別指導のツールとして本授業で活用している。設計計算支援プログラムは学生全員の計算途中を全て保存することなく、学籍番号のファイル名に対して、氏名と進度のみを更新するように設計されている。このため、軽量でありネットワークドライブ上にそのデータベースが存在するため、計算過程チェックはいずれの教員のPCを用いても可能である。図4に複数教員による設計計算の個別指導を示す。

4. IT活用によるCAD

これまで機械設計はドラフタを用いて手書きにより部品図を完成させてきた。しかし初年次に基礎製図があること、また卒業研究やプロジェクト授業でCADを利用することから、CADを用いて作図を行った。CAD操作については、Web上に操作法がデータベース化されている^[3]。講義冒頭でWebを用いて操作法を表示し、さらにCADを使って描画する例を一通り実演する。学生は自らWeb等で

調べ、時には教えあつて短時間にCADを利用できるようになった。

図5にWebに掲載されている使用法と計算ノートを見ながら部品図を完成させているシーンを示す。図6, 7に学生が決定した寸法をもとに、CADソフトによって作図された3D投影図を示す。

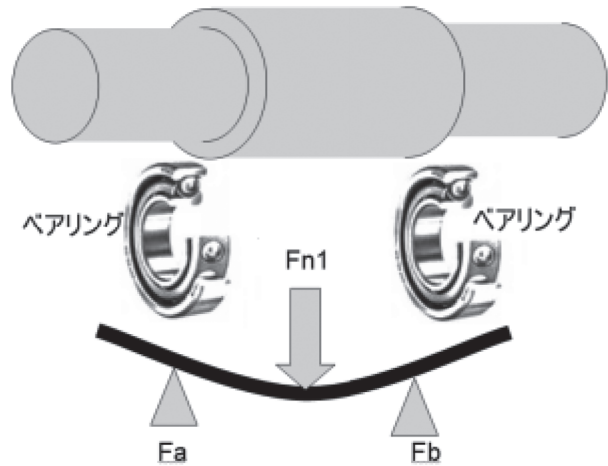


図2 軸と軸受け部分の強度計算概要

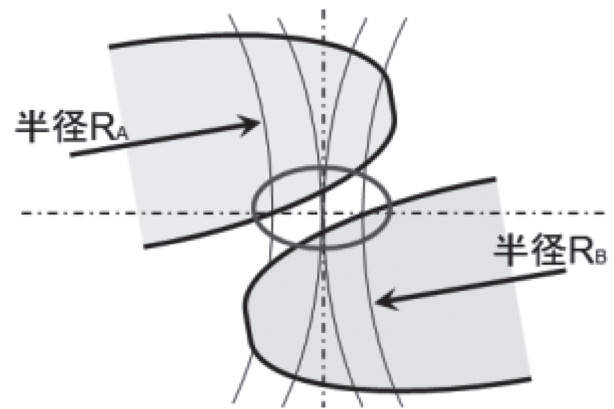


図3 歯車間のバックラッシ概要



図4 複数教員による個別指導



図 5 Web に掲載されている手順を元に自ら計算した寸法を用いて CAD を操作

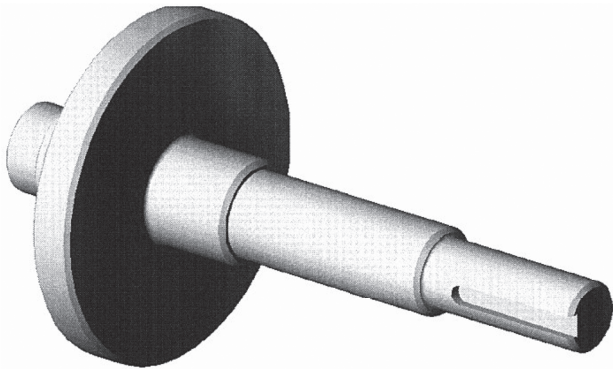


図 6 入力軸 3D 投影図

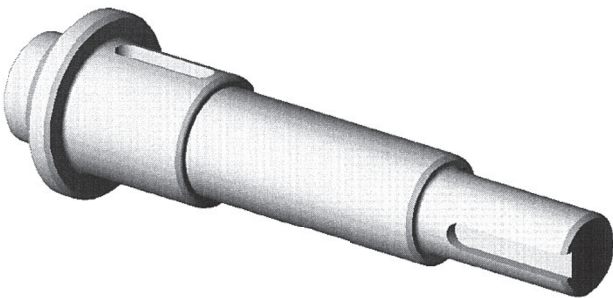


図 7 出力軸 3D 投影図

5. 機械製図

座学による授業と各自の仕様にもとづく設計計算を行った後、全体のレイアウトを確認するために組立計画図を作図する(図 8)。この図は詳細な設計情報を記入するのではなく、これから組立ようとする各 부품の配置等を俯瞰するために用いるもので、本授業ではフリーハンドで作図させている。組立計画図が完了したのちに、計算ノートに記載された寸法やはめあいなどの詳細情報を用いて部品図を作図する。入力軸を図 9 に出力軸を図 10 に示す。

6. ものづくり

これまで、座学による設計計算や CAD を用いての作図を行ってきたが、実際のものとの対比が実感できないため授業内容の理解定着が難しかった。本授業の設計計算等は

作業としては経験したが理解し得るまでには至らないことが昨年度の試験結果からわかっている。そこでモチベーションの向上や暗黙知を習得するために、ものづくりを体験させた。

ここで、受講生全員が個別の寸法を持つ部品を授業時間内に製作することは、学内工場の機械の台数からも、また学生の工作スキルの面からも困難である。これまで、多くの大学や高専では、ものづくりが大切であるとの認識があったが、実現に至らないのはこれらの理由によるものが大きい。

本授業においては、対象が軸の製作であること、強度計算で得られた数値は最終的に JIS の標準寸法に丸められること、また、軸端部などはすべての寸法が一意に決まっていることなどから、共通する軸パーツについては事前に加工を済ませておき、学生がそれぞれの寸法の組み合わせを取捨選択して組み立てることにより、最終的に 1 本の軸を製作するという工夫を行った。

組立の概要を図 11 に示す。それぞれの軸径部分はネジで容易に着脱できるようになっているが、ネジのみの接合では軸中心線の連続性が保証されないため、浅い凸凹部を設けて一致するようにしている。

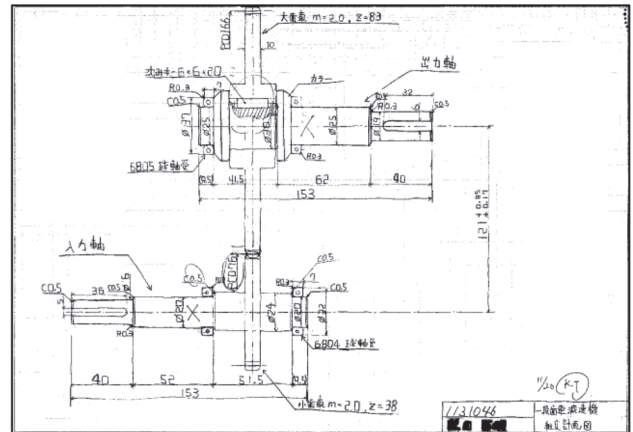


図 8 組立計画図

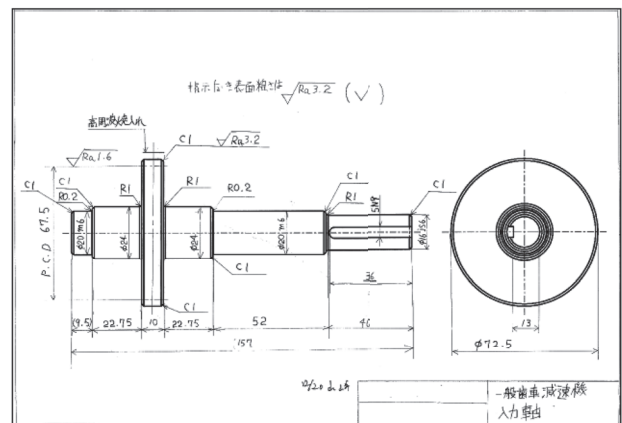


図 9 入力軸部品図



図 16 出力軸製品

7. おわりに

機械設計の授業は、自ら仕様を決めてそれを実際に製品化できる能力を身に着けることも1つの狙いである。ものから離れ、仮想化された世界に浸ることの多い現代の学生にとって、手触りや重量感を体験することは大変意義深いことである。さらに、この部品は学生自身が設計したオリジナル寸法を実現しているとなれば、なおさらである。本授業において、個別の設計結果に対して共通化できる部分については事前に製作しておき、学生は取捨選択し組み合わせることにより、ものづくりを体験できるよう工夫を行った。このことにより、授業時間内においても、1人1人異なる寸法を持った製品を手にとって体感することができるようになった。この試みに対し、学生にアンケートを取ったところ、45名の学生から、理解しやすく大変良かった40.0%、良かった55.6%との回答があった。このことにより、触感や重量などの文章や言葉で表すことのできない体験を通して理解や興味が深まったと考えられる。

また授業日程と当該授業中に教員とディスカッションした人数の推移を図18に示す。初日はもっとも重要であるにもかかわらず出席しない学生が居る、また2回目の出席者数が最大となり、回を重ねるにしたがって漸減していく傾向があった。ここで、授業4回目でものものづくり作業を行うことにより下げ止まりし、5日目以降出席率に大きな変化はなく安定した出席状態となった。このことより、ある程度モチベーションアップに貢献したと考えられる。ここで、4回目の授業は、生徒がその後毎回出席する習慣が付くかどうかの重要な分岐点になるとも考えられる。

設計の手順は、機械設計に限らず、例えば、旅行計画を立てることなど、生活全般に同じ思考過程をとっている。設計という活動をこのように理解しておけば、この授業で学ぶ考え方は、将来、機械設計に限らずいろいろな分野で活動するときに、必ず役立つことになろう。

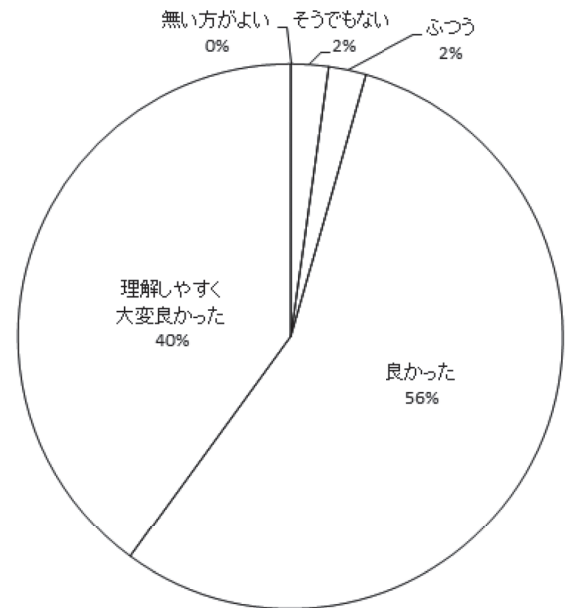
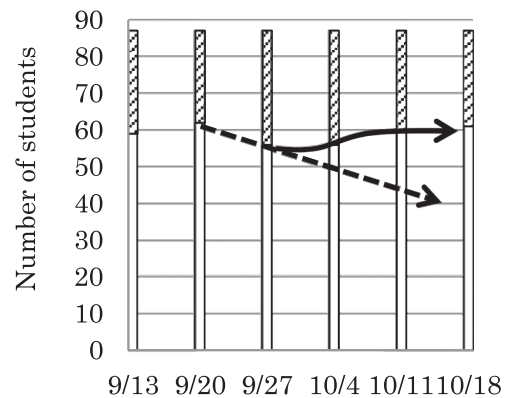


図 17 実物を用いた場合のアンケート結果



	9/13	9/20	9/27	10/4	10/11	10/18
☑ Without Chk.	28	25	31	31	27	26
☐ Checked	59	62	56	56	60	61

図 18 教員とディスカッションを行った生徒数

参考文献

[1]宇田和史, 小宮聖司:自動車システム開発工学科編 歯車減速機的设计 第6版, (2010)
 [2] 小宮聖司, 宇田和史:設計製図教育のための設計計算支援プログラムの開発, 日本機械学会第19回設計工学・システム部門講演会 CD-ROM 論文集, No. 09-6, pp532-533, (2009)
 [3]小宮聖司, 田辺誠, 永岡慶三, 曾我部潔:Web技術を用いた機械工学事例データベースシステムの構築と教育への活用, 神奈川工科大学研究報告B理工学編 第37号, 39-44, (2013)