

## [研究論文] RFID を用いたデザインポートフォリオ進捗把握システムの開発と設計製図への活用

小宮聖司<sup>1,3</sup>・宇田和史<sup>1</sup>・永岡慶三<sup>2</sup>

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

### Development of a Progress Grasp System for Design Portfolio Using RFID and Active Use to Mechanical Design

Seiji KOMIYA<sup>1,3</sup>, Kazufumi UDA<sup>1</sup>, Keizo NAGAOKA<sup>2</sup>

#### Abstract

Recently, the demerit of the mass education was pointed out. Then, individual counseling has been recommended. But, the individual counseling is difficult in large class.

The design education in mechanical design is acquisition of the process deciding the size to produce the machine part and the structure. Therefore, individual counseling is desirable. But, mechanical design is large class about 80 students.

The design calculation support program using information technology had been developed for the mechanical design and the drawing education. The progress grasp system using RFID was developed for this lecture. It was used to educate and the effectiveness of the system is discussed.

**Keywords:** Design and Drawing, Individual Counseling, RFID

#### 1. はじめに

近年, 教室に多くの学生を詰め込み講義を行う, 多人数教育の弊害が指摘され, 個別指導や小グループ単位で体験に重点をおいた実習・実験・プロジェクト教育等の導入が活発になってきている。しかし, 学生を小人数グループに分割することは容易であるが, 対応する教員を確保することにはわかに困難である。また教員を複数名集中的に配置した場合は, 指導方法や評価方法が異なることによる教育のアンバランスが必然的に発生する。また, 少人数グループのローテーションによる指導では同質の講義を毎回行うことは困難である事, 学生と顔を合わせる機会が半期に1度しかない場合があり, 教員が学生の成長を長期に継続して見守ることが出来ない事などの問題が発生する。

そこで, 多人数教育である本授業において個別指導が出来るよう, 設計者(学生)の考え方や計算結果および寸法決定過程, さらには教員の指導履歴が記載可能なデザインポートフォリオを作成させ授業に活用した。また, IT 技術を利用した CAI プログラムを作成し, それを用いて設

計計算の指導に役立てた<sup>[1]</sup>。本論文では, この CAI プログラムを用いた指導をより効果的に行えるよう, 質問や計算ノートチェック等のために教員のもとにきた学生の進捗状況が, キーボード入力なしで表示可能な RFID を用いたシステムを構築し, 授業に活用した事例について述べたものである。

#### 2. 設計授業

##### 2.1 機械設計

機械設計<sup>[2]</sup>は, まだ存在しないがあれば大変役に立つ機械を思い描くことから始まる。目的とするその機械を作り上げるために, 数学や物理学をはじめ, 機械力学, 流体力学, 材料力学, 機構学, 電磁気学, 電子工学, 機械工作法など, 既存のあらゆる知識の中から役に立つものを選択して利用する。そして, 設計者の創意工夫という新たな情報を付け加えて, その機械を作ることができるように図面という形に情報を組織化する。さらに, その機械が所定の機能を発揮するか, 取り扱いに不便はないかなど

の評価を行う。その結果に基づいて、図面に修正を加えて、機械設計が完了する。

## 2. 2 多人数教育

設計は手順を追って強度計算等を行い寸法決定する。関連する理論解説や式の選択方法について、授業冒頭で、受講生全員（80 名弱）にたいして座学による講義を行う。図 1 に座学による授業風景を示す。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から軸の直径を計算する式の説明を行う。また、動力伝達に欠かせない歯車の設計においては、歯車間に隙間(バックラッシュ)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等の説明を行う。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。



図 1 授業冒頭の座学

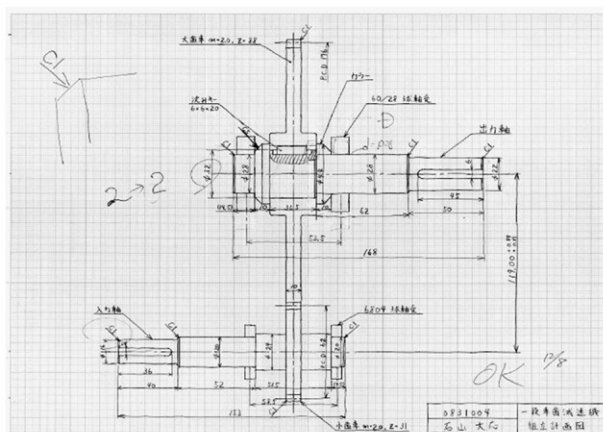


図 2 組立計画図

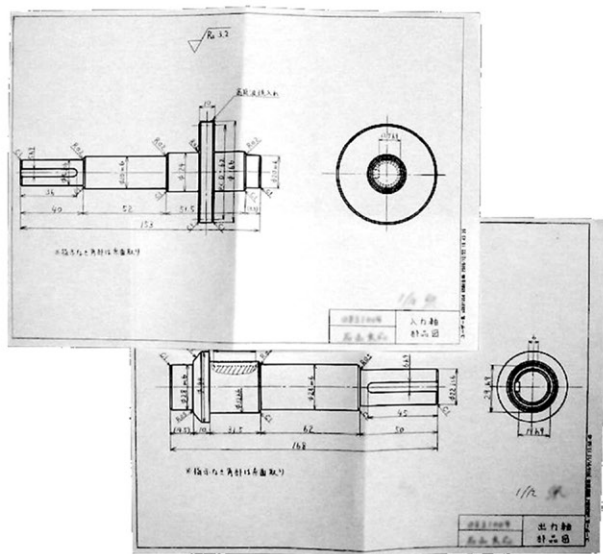


図 3 部品図

## 3. デザインポートフォリオ

機械工学における設計教育は、設計条件を自ら設定し、強度計算等の試算を行い、形状変更等のフィードバックを繰り返し、最終的に寸法を決定していく考え方や過程の習得が重要である。この考え方や過程は、広く社会生活全般にも応用できるため、設計の講義にとどまることなく、幅広く教育効果が期待できる。そこで本講義では、設計条件および試算の過程が記録でき、また教員とのディスカッションにも活用できるよう、デザインポートフォリオを作成させた。デザインポートフォリオは設計計算を記録する「計算ノート」だけでなく、決定した寸法を用いて全体の配置を概観する「組立計画図」(図 2)、寸法を JIS にのっとって正確に表現する「部品図」(図 3) および、形状外形を把握するための「3D 投影図」(図 4) からなっている。

図 5 に計算ノートを用いた個別指導を示す。計算過程が間違っていた場合、消しゴム等で消すのではなく間違えたことを記録したまま、新たに計算を追記していく方法をとっている。計算ノートを図 6 に示す。

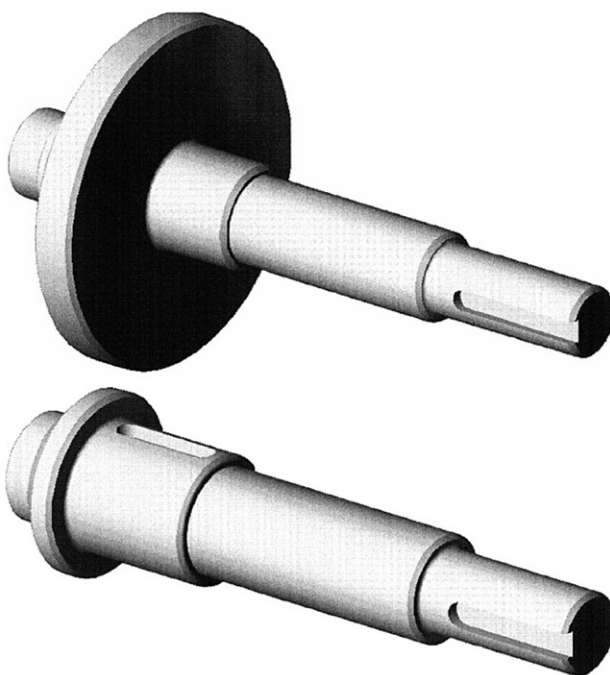


図 4 3D 投影図



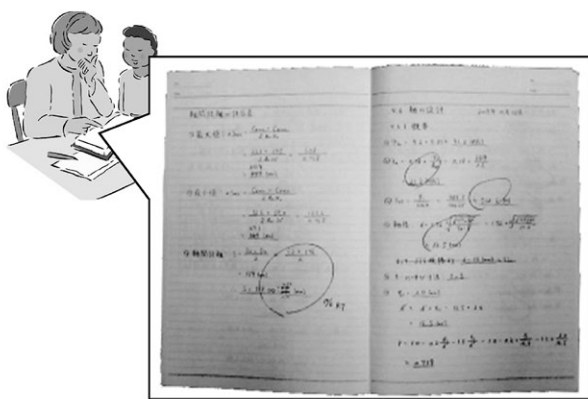


図5 計算ノートを用いた個別指導

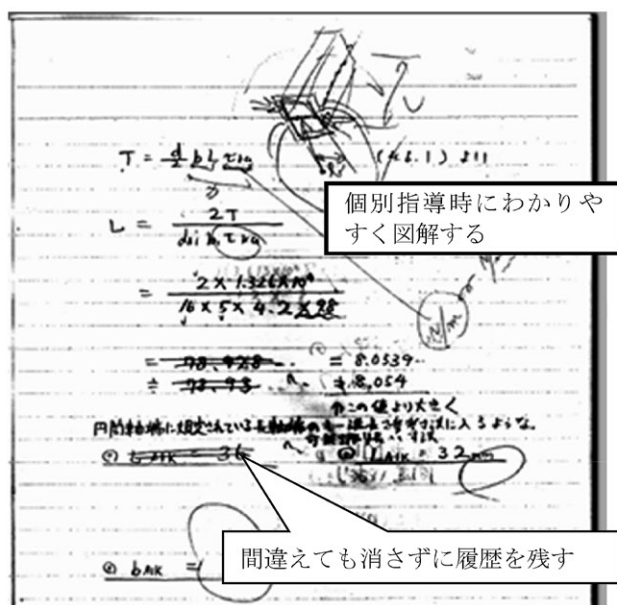


図6 計算ノートを用いた個別指導

#### 4. 設計計算支援 (CAI) プログラム

歯車減速機の仕様は学籍番号を元に各人が異なるように設定されている。そのため、すべての条件の組み合わせを事前に計算し、表として出力することは可能であるが、その表を見ながら学生を指導することは、教員にとって煩雑である。そこで、設計仕様は学籍番号を元に設定されるため、その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 CAI プログラムの開発を行った。CAI プログラムの活用を図7に示す。

設計計算は、寸法の仮決定を行い強度計算の結果、問題があれば仮決定に戻って修正する、というループ構造により適正な寸法を収束させる。これは、理論式に当てはめれば一発で答えが出るというこれまでの授業に慣れていた学生にとって非常に理解しにくい概念である。この考え方に対応できるよう、学生が選んだ数値に対して複数通りの

検討結果を表示する。例えば、学生の歯数決定に対して、(1)お互いの歯数に公約数がないか(2)歯数比が設計範囲に入っているか(3)歯車の軸間距離が設計範囲に入っているか、条件についてチェックした画面を図8に示す。また図9は、強度計算を行った結果、与えられた材料および寸法では設計不可能な場合があり、歯面の焼入れ等の材質の強化による解決方法等が指示され再計算が提案されている。ここで、設計計算支援プログラムは学生も利用可能である。学生が使用する場合には妥当な数値に対して、幅を持たせた概数のみ表示される。

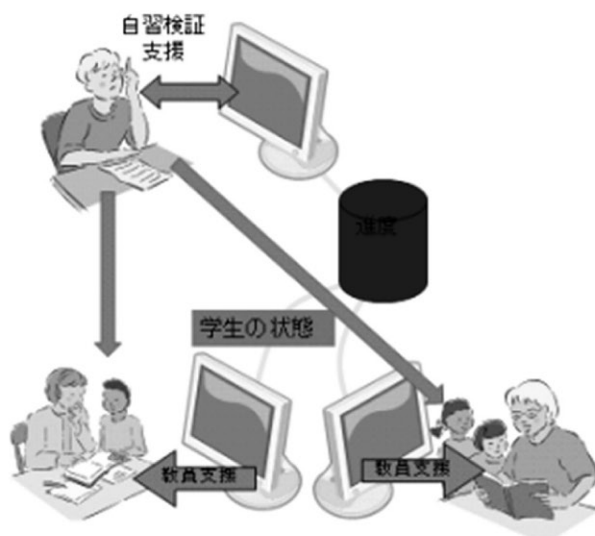


図7 CAI プログラムの活用

歯数を入力して下さい。Za=27  
歯数を入力して下さい。Zb=73  
テキスト 7 ページ(step 2/22)

4-5-1: 歯数 Za=27[枚], Zb=73[枚]  
4-5-1: 公約数はないか? 見つかりませんでした。Okです。  
4-5-1: 指定歯数比 i=2.70  
4-5-1: 歯数比 i=2 ~ 4 [ ] (有効桁数=3) [2.7]  
4-5-1: 許容範囲内 (±2%) にあるか? 範囲内です。Okです。  
4-5-1: ピッチ円径 Da=60 ~ 80[mm] (有効桁数=3) [67.5mm]  
4-5-1: ピッチ円径 Db=100 ~ 300[mm] (有効桁数=4) [182.5mm]  
4-5-1: 軸間距離 A=0 ~ 200[mm] (有効桁数=5) [125mm]  
4-5-1: 許容範囲内 (120±5[mm]) にあるか? 範囲内です。Okです。

図8 計算結果 (歯車の緒元)

4-5-3: ☆材料が生材の場合。  
4-5-3: 比応力係数 k=0.53[MPa] (数p.152 \* .10 大小歯車共にHb=200)  
4-5-3: 許容接触力の条件は F1' > 接触力 F1  
4-5-3: 許容接触力 F1'=100 ~ 300[N] (有効桁数=3) [194N]  
4-5-3: 接触力 F1 = 540.4[N]  
4-5-3: 不等号は正しいですか? 大がき合っていない。比応力係数を検討する

図9 計算結果 (許容応力の評価)

本プログラムを学生が利用することにより、教員に指摘される前に勘違い、計算ミス、手順の間違い等を発見し、自ら検討しなおすことが出来る。この事により教員は学生のケアレスミスの指摘に時間を費やすことなく、設計の本質や学生の考え方などについて意見交換(ディスカッション)する時間が確保できるようになる。図 10 に学生が自ら計算ノートチェックを行っている 1 シーンを示す。また、本プログラムは学生全員の計算プロセス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、氏名と進捗のみを更新する設計で、軽量なためネットワークドライブ上にそのデータベースが存在しても負荷がかからない。そのため、学生は計算途中のチェックを同じ教員の同じ PC で行う必要が無く、手の空いている教員のところへ計算ノートを持参し、効率よく指導を受けることが出来る。

## 5. 個別指導

当該日程の寸法決定に必要な理論および基本式の講義を全体の座学で行った後、学生は自ら資料を調べ計算ノートに計算過程および決定値を記載し、設計計算支援プログラムを用いて、勘違いや致命的な計算ミスが無いかを注意深く自らチェックする。学生同士お互いに計算結果等を評価し、刺激しあい、またミスを指摘するなどして理解を深める(図 11)。その後、計算ノートを持参の上、教員とのディスカッションを経て寸法が確定される。図 12 にそのディスカッションの 1 シーンを示す。教員は学生が持参する計算ノートを元に、計算手法や寸法等の妥当性を質問するなどして学生の理解度を把握し、どこでつまづいているのかを学生とともに検討することが出来る。教員は、計算プログラムを利用することにより余裕の出た時間に各机を巡回し全体の進捗の把握および個別指導を行う。図 13 に巡回による個別指導を示す。

## 6. RFIDを利用した進捗把握

設計を進める上で、また個別指導において計算ノートのチェックは重要である。学生は授業冒頭で説明された時間内に決定すべき寸法まで計算が完了した場合、まず自ら寸法が妥当であるか計算プログラム等を活用してチェックする。決定した寸法が問題ないと判断した場合に計算ノートを持参のうえ教員のチェックを受ける。その際、多数の学生がチェックのために計算ノートを持参した場合に、チェック待ちの学生に速やかに対応するため、RFID(Radio Frequency Identification)による学籍番号入力支援プログラムを開発した。RFID は非接触で情報を交換する技術で、バーコードのように装置にかざす必要が無く、RF タグが目に見えない隠れた位置にあっても情報を読み取ることができるため、近づいてくる段階から早期に学籍番号などの情報が取得できる。



図 10 設計計算支援プログラム利用風景



図 11 学生同士によるお互いの評価確認



図 12 計算ノートを挟んでのディスカッション

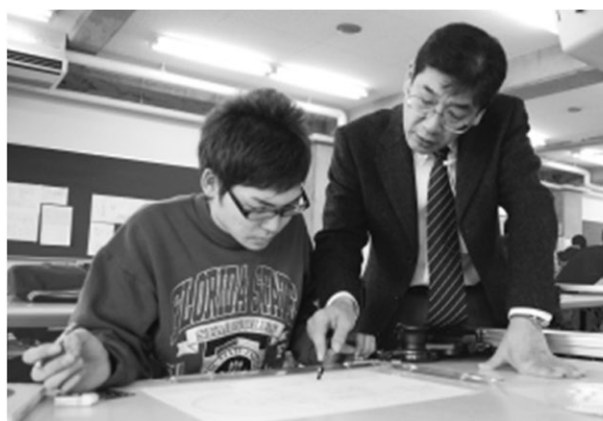


図 13 巡回による個別指導



本年度は、進度の早い学生の計算ノートにシール上の小型 ID タグを貼り付けた。シールを貼る位置は、邪魔にならず目立たない、計算ノート最終ページとした。貼付けたシールおよび貼付け位置を図 14 に示す。このシール状の ID タグは図 15 に示すデータが記録可能であるが、今回は学籍番号のデータのみ書き込みを行った。

これまでは、設計計算支援プログラムにキーボードから学籍番号を入力し、本人であるかの確認を行ったのちにチェック作業を行っていた。時間を短縮するために、RFID を計算ノートに貼り付けることにより教員のところに持参するだけでその学生の学籍番号が入力され、設計計算支援プログラムにより、進捗状況やチェックすべき課題が表示される。着席と同時に当該学生の進捗状況が画面に表示されるため、相談に来た学生に対して毎回学籍番号や氏名を聞き直す必要がなくなり、心理的な負担も軽減される。

学生が計算ノートを教員のもとに持参し、着席した直後を図 16 に示す。教員は学生が着席後、計算ノートの表紙に記載してある学籍番号を確認、PC のキーボードから末尾 3 ケタのみを入力する。画面に当該学生の学籍番号および氏名が表示されるので、「〇〇君ですね」と名前を読んで本人を確認する。

教員および TA は複数名いるので、それぞれ、学生が着席してから画面に氏名が表示されるまでの平均時間を計測した。最も時間のかかった場合と最短の場合を図 17 に示す。図より、最も時間のかかった教員の場合、着席から画面表示まで平均 8.5 秒かかっていたものが、RFID を用いることにより着席とほぼ同時に、氏名および現在の計算状況が画面に表示され、ノートチェックに入れるようになった。

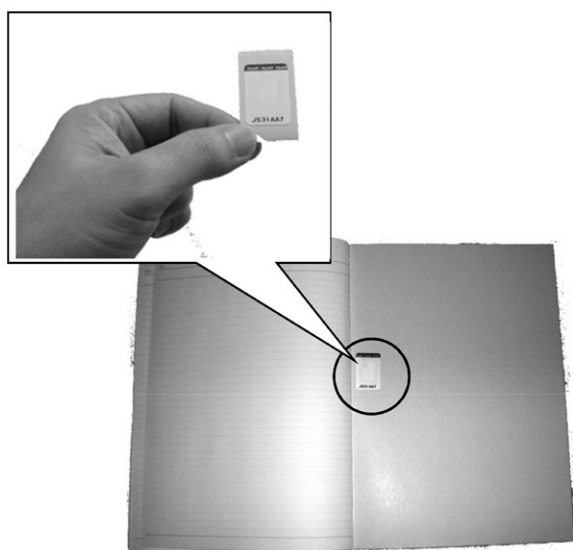


図 14 ID タグシール貼り付け位置

## 7. おわりに

本授業における、仮定に対する試行計算と仮定へのフィードバックを必要とする、寸法決定の過程は重要な教育プロセスとなっている。そのため、学生がどのようにして寸法等決定したか、いかに設計を理解しているかを把握し、考え方について教員とディスカッションすることが大切である。

アドレス	バイナリデータ	アスキーデータ
00Hex	3038333130303400	0831888
01Hex	0000000000000000	
02Hex	0000000000000000	
03Hex	0000000000000000	
04Hex	0000000000000000	
05Hex	0000000000000000	
06Hex	0000000000000000	
07Hex	0000000000000000	
08Hex	0000000000000000	
09Hex	0000000000000000	
0AHex	0000000000000000	
0BHex	0000000000000000	
0CHex	0000000000000000	
0DHex	01110805000F0003	

図 15 今回使用した ID タグのデータ領域



図 16 計算ノートチェック開始時

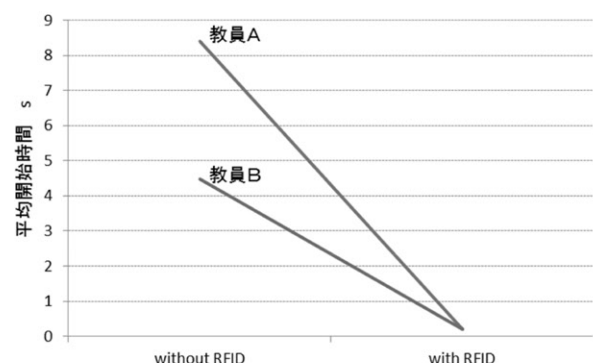


図 17 RFID の有無によるチェック開始時間の変化

IT 技術を利用して設計計算支援プログラムを教員と学生が効果的に利用することにより、学生自らケアレスミスを発見し修正でき、個別指導の時間を作り出すことができるようになった。また、学生は計算途中のチェックを同じ教員の同じ PC で行う必要が無く、手の空いている教員のところへ計算ノートを持参し、指導を受けることが出来るため、指導待ちの学生を減らすことが可能となった。さらに計算ノートに ID タグを貼り付け、ノートチェックをキーボード操作なしで効率よく始めることができるようになった。本年度は進度の早い学生に対して、また学籍番号のみの書き込みを行ったが、今後は受講生全員に学籍番号だけでなく主要緒元等の書き込みも行えるようにしていくことが望ましい。

設計教育において、教育効果を高めるためには、継続的に学生に応じた指導を続けることが重要である。本講義は多人数授業であり、また複数教員および TA による対応を行っているため、学生個別の進捗度やその対応方法を授業時間内でスムーズに全教員に周知することは困難である。そこで、学生の進捗度に応じて適切に指導するため、学生自身に考え方や計算過程、指導された内容を継続的に蓄積できるよう、デザインポートフォリオを作成させ、個別指導に活用した。学生の個性による多様な進捗度や考え方は

デザインポートフォリオを見ることによりわかるため、いずれの教員のもとでも学生それぞれの状態に応じて、継続指導が可能となった。RFID を用いたデザインポートフォリオ進捗把握システムの活用により、講義時間内に教員が 80 名弱の学生全員にたいしてディスカッションや個別指導ができるようになった。

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る。

#### 参考文献

- [1] 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.
- [2] 宇田和史, 小宮聖司: 自動車システム開発工学科編 歯車減速機の設計 第 5 版, 2009.