

3D-CAD の教育効果向上に向けての提案

日 高 潤¹ 亀 井 延 明² 板 谷 慎一郎³

A Proposal toward Improvement of the 3D-CAD Education

Jun HIDAKA¹, Nobuaki KAMEI², Shinichiro ITAYA³

We report the current status of student's performance in the introductory class of 3D-CAD for mechanical engineer. This article is based on the questionnaire taken at the end of the semester and activities of students in the classroom. We propose several new schemes in order for students to acquire necessary skills of 3D-CAD.

キーワード：工学教育, 3D-CAD

Keywords : Engineering Education, 3D-CAD

1. はじめに

3D-CAD は、現代の機械工学専攻の学生にとって、必須の科目になっている。昨今の CAE に基づいた機械設計および、CAM による部品製造には 3D-CAD の習熟が必要不可欠である。また、3D プリンターの登場も 3D-CAD の重要性を一層加速させる要因になっている。

本学機械工学系では、2 年次前期の「機械製図」の実習後、CATIA-V5 による「3D-CAD」を履修することになる。この実習では、独自に作成した配布テキストが使用されている。3D-CAD には大きく分けて 3 つのプロセスがある。それぞれ、各部品の 3D モデルの作成、その部品を組み合わせる過程（アセンブリ）、そして、3D モデルから 2D の図面作成（ドラフティング）である。そのそれぞれの課程で、異なるスキルが要求される。今回、学期末の授業後アンケートを参考に、学生たちの学習状況を分析し、その結果の報告をすると共に、その分析結果に基づいた今後の授業展開のあり方、及び、習熟度の評価方法についての提案を述べていきたい。

2. 3D-CAD の学習状況

2.1 実習点と試験の得点

本学系の「3D-CAD」の授業では、はじめに CATIA の基礎トレーニングを行う。基礎トレーニングでは、比較的簡単な部品の 3D モデルの作成とその 2D ドラフティングの方法を学ぶ。その後、3 つのより複雑なテーマ（トースカン、滑車、安全逃し弁）の各部品の 3D モデルと、そのアセンブリを課している。同時に、部品、及び、アセンブリに

ついでの 2D ドラフティングも行う。実習点は、このドラフティングの作成具合をもって評価する。一方、試験は期末試験のみを課している。期末試験では、予め用意されている部品の 3D モデルからのアセンブリを完成させ、2D ドラフティングで、その組立図面の作成までを課した。

図 1 と図 2 は、それぞれ 3D-CAD 実習点（基礎トレーニングと 3 つの課題の総得点（1000 点満点））と期末試験の結果の得点分布である。実習点の分布は正規分布に近い。それに比べ、期末試験は 60 点付近に高い分布が現れている。部品を与えてのアセンブリ完成が比較的簡単であるのに比べ、組立図面のドラフティングを不得意とする学生が多いことが、この結果から予想される。これについては、授業後のアンケートの分析で再び考察する。

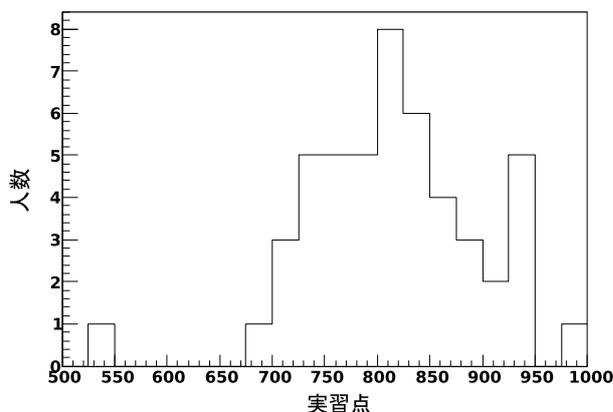


図 1 実習の得点分布

1 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系 非常勤講師, 担当科目:機械製図, 3D-CAD

2 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系 教授, 担当科目:機械製図, 3D-CAD 等

3 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系 実習指導員 (CAD 担当), 担当科目:3D-CAD, 機械設計製図

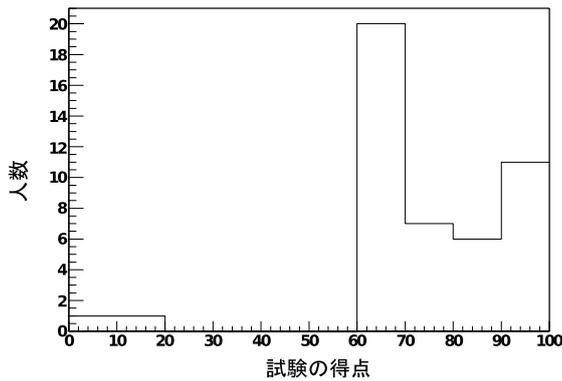


図2 試験の得点分布

さらに、実習点と試験の得点との相関を図3に示した。試験の成績が良い学生は実習点も高いという相関は、それほどはっきりしたものではない。試験の成績が悪くても、実習点が高い者もいる。実習の評価に際しては、提出期限に余裕を持たせている。そのため、時間をかけて正しい図面の提出が可能であるという側面が、これに現れている。

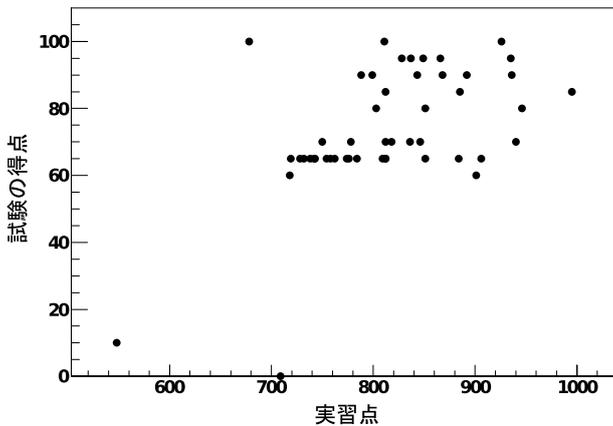


図3 試験と実習との相関

2.2 授業後アンケート

「3D-CAD」の講義では、独自の授業後アンケートを別途行った。アンケートは3つの部分からなり、A. 3Dモデル作成について、B. ドラフティング (3D→2D) について、そして、C. アッセンブリについてである。それぞれの場合において、CATIA の操作法に基づいた質問を作成し、習熟度を尋ねる5つの選択肢を用意した。質問及び選択肢の内容は以下の通りである。括弧内は選択数を表す。

A 3Dモデル作成についての質問：

選択肢：1 完璧、2 ほぼOK、3 普通、

4 かなり不安、5 全く学習が不十分

(1) スケッチャーでの寸法拘束の使い方は？

→ (1(15), 2(16), 3(14), 4(0), 5(0))

(2) スケッチャーでの幾何拘束の使い方は？

→ (1(13), 2(18), 3(13), 4(0), 5(1))

(3) パッドの使い方は？

→ (1(13), 2(17), 3(14), 4(1), 5(0))

(4) ポケットの使い方は？

→ (1(13), 2(18), 3(13), 4(1), 5(0))

(5) スケッチャーでのクイックトリムの使い方は？

→ (1(9), 2(13), 3(18), 4(5), 5(0))

(6) シャフトの使い方は？

→ (1(9), 2(18), 3(12), 4(6), 5(0))

(7) リブの使い方は？

→ (1(6), 2(11), 3(21), 4(7), 5(0))

(8) ロフトの使い方は？

→ (1(5), 2(11), 3(24), 4(5), 5(0))

(9) 溝の使い方は？

→ (1(8), 2(13), 3(21), 4(2), 5(1))

(10) 除去ロフトの使い方は？

→ (1(3), 2(10), 3(22), 4(9), 5(1))

(11) エッジフィレットの使い方は？

→ (1(10), 2(16), 3(16), 4(2), 5(1))

(12) 面取りの使い方は？

→ (1(12), 2(19), 3(12), 4(2), 5(0))

(13) 「平面」を作ってする作業は？

→ (1(6), 2(14), 3(21), 4(3), 5(1))

(14) おねじの作り方は？

→ (1(3), 2(11), 3(17), 4(12), 5(2))

(15) めねじの作り方は？

→ (1(3), 2(12), 3(16), 4(12), 5(2))

(16) バネの作り方は？

→ (1(3), 2(7), 3(20), 4(12), 5(3))

(17) 射影、3Dの投影を使う理由を理解しているか？

→ (1(3), 2(8), 3(19), 4(12), 5(3))

B ドラフティング (3D→2D) についての質問：

選択肢：1 完璧、2 ほぼOK、3 普通、

4 かなり不安、5 全く学習が不十分

(1) オフセット断面の作り方は？

→ (1(6), 2(15), 3(19), 4(4), 5(1))

(2) ハッチングの設定の変更は？

→ (1(10), 2(12), 3(16), 4(7), 5(0))

(3) 引出線付きテキストの作り方は？

→ (1(14), 2(12), 3(14), 4(5), 5(0))

(4) 矢視断面の作り方は？

→ (1(6), 2(14), 3(19), 4(5), 5(1))

(5) 公差の記入方法は？

→ (1(15), 2(18), 3(8), 4(4), 5(0))

- (6) 仕上げ記号は？
→ (1(15), 2(16), 3(14), 4(0), 5(0))
- (7) 引出線付きテキストに分断点を追加する方法は？
→ (1(9), 2(15), 3(15), 4(6), 5(0))
- (8) 寸法の入れ方は？
→ (1(19), 2(17), 3(7), 4(2), 5(0))
- (9) 面取り寸法の入れ方は？
→ (1(16), 2(19), 3(6), 4(4), 5(0))
- (10) 部分拡大図の作り方？
→ (1(13), 2(11), 3(16), 4(4), 5(1))
- (11) 図のスケールの変更は？
→ (1(19), 2(15), 3(10), 4(1), 5(0))

C アッセンブリについての質問：

選択肢：1 完璧, 2 ほぼOK, 3 普通,
4 かなり不安, 5 全く学習が不十分

- (1) 部品図の呼び出し方は？
→ (1(15), 2(16), 3(11), 4(2), 5(0))
- (2) 各種拘束方法(軸, 面, 角度等)は？
→ (1(8), 2(14), 3(15), 4(7), 5(0))
- (3) コンパスの使い方は？
→ (1(8), 2(12), 3(14), 4(7), 5(3))
- (4) 組立図の図面化(3D→2D)は？
→ (1(7), 2(19), 3(11), 4(6), 5(1))
- (5) 断面の表示(分割)のし方は(安全逃し弁で使用)？
→ (1(4), 2(6), 3(23), 4(8), 5(3))
- (6) ボルトやナットを断面にしない方法は？
→ (1(7), 2(6), 3(21), 4(8), 5(2))

アンケート A, B, C の各質問に対して、選択された選択肢の番号についての平均をプロットしたものが、図4である。数字が小さいほど、満足度（達成度）が高いように図示してある。

ほとんどの設問において、中間的な、もしくは、より習熟度の高い選択肢を選ぶ傾向が見て取れる。これより、学

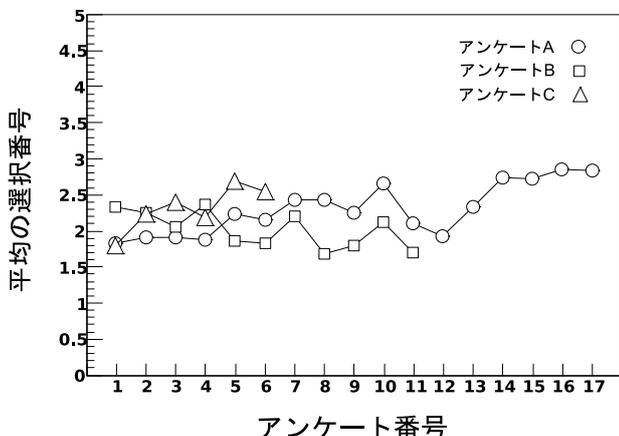


図 4 各アンケートの平均の選択肢

生たちは、CATIA の操作方法については、概ね、習得できた、もしくは、使い慣れてきたと考えているようである。習得度の高いものは、実習中に使われる操作の頻度の多いものに対応している（例えば、アンケート A の質問 1, 2, 3, B の質問 6, 8 など）。逆に、操作頻度の低いもの、もしくは、複数の操作が必要な場合は、操作に不安を感じているようである（例えば、アンケート A の質問 10, 14～17, C の質問 2～6 など）。

授業後アンケートには、上で述べた CATIA の操作法に関するもの以外に、「楽しかったこと」「苦手にしたこと」についての自由記述欄も設けた。記入例としては、「3D モデルが出来上がっていく様子に充実感を感じている」といったものが多い。一方、苦手だったものとして挙げられたものの多くは「操作上の不具合の解決方法」に起因しているものであった。

3. 課題と改善点

3.1 アンケートに基づいた考察

今回のアンケートの結果にも現れているように、操作上の問題が起きた時の解決方法をどのように習得させるかに課題がある。これは、ソフトウェア操作上の一般的な問題で、場合によっては、個別に対応せざるを得ないものもある。特に、ドラフティングには、この種の問題が頻繁に起きる。ただし、高い頻度で生じる現象もあるので、トラブルシューティングの章を配布テキストに設け、解決方法をまとめて記載するのも一つの考えである。このような事例を加え続けることで、より充実したテキストにしていくことが出来ると考えられる。

3.2 実習中の印象に基づく考察

本実習での最大の問題点は、規定時間中に実習作業を終えることが出来ないという点である。ただし、これはコンピュータを使った実習の一般的な傾向でもある。むしろ、終了できない課題は「宿題」として時間外に完成することが、学生たちには求められていると言ってよい。しかし、週一回の授業時間のみ CAD 室を訪れる学生も多い。本来、コンピュータソフトの習得には、毎日継続して使用することが最も効率的な方法であり、その意味でも、CAD 室を頻繁に訪れるためのモチベーションを作ることが大切である。

一方、授業の進め方に改善が必要な場合も有る。現在行っている講義では、学生が作業を始める前に、予め担当教員が、作業の手順をかなり詳しくデモンストレーションを見せている。この方法は、基礎トレーニングの場合は非常に効果的である。ただし、後半の複雑なテーマの場合は、詳しいデモンストレーションは、かなり時間を取られる作業になり、学生たち自身が実際に作業をする時間が減少している可能性がある。また、学生たちの間に習熟度に差が生じ始めている場合、習熟度の高い学生は、自分の作業を進めながら必要な箇所のみデモンストレーションに注意を払うといった対応をとる。こうなると、学生間の作業

の進捗状況の差が、いっそう開くことになってくる。このような問題点の解決には、次のような方法も考えられる。例えば、始めに簡易パーツを学生にダウンロードさせ、そのパーツを用いて、学生自身に講義と並行して、そのスキルを試させるというものである。これなら、学生も具体的な作業を一度経験することになり、実際の課題で同じスキルが必要になった時の助けになるであろう。その代わり、今までの様な詳しい解説は省略することになる。現在使用している配布テキスト⁽¹⁾には、作業のステップが詳細に書かれているので、これでも問題はないはずである。

4. 来年度に向けての方針

上で述べた提案を具体化するための準備を進めていく。配布テキストにトラブルシューティングの章を設け、授業中に生じたトラブルの事例とその解決方法を蓄積し、それを学生たちの疑問点解決に活用していく。

CAD室の利用をより促す手段の一つとしては、小テストの活用が有効であろう。CATIAの操作方法についての簡単な小テストを授業開始直後の5分間に課す。出題内容は前回の授業で公開しておく。これにより、学生が、少なくとも一度はCAD室に足を運ぶことが期待できる。出題内容は、その時の実習内容に近いものを選んで、一種の予習と捉えても良いし、CATIAの操作の復習になるように、あまり頻繁に使用されない操作を出題に選ぶのも可能であろう。

次に、講義におけるデモンストレーションの簡略化であるが、既に述べたように、まず、解説に必要最小限の簡単なモデル学生たちに与える。そして、説明と同時進行で、学生自身によるCATIAの操作確認を行わせる。そのためのモデル作りを進めていく。

最後に、習熟度の評価方法、特に期末試験の出題内容についての新しい方針を提案してみたい。現在は、CATIAの操作方法の総括的評価のために、アセンブリとその組立図のドラフティングを課している。しかし、より細かに学生たちの習熟度をはかり、どの操作方法が弱点になっているかを調べるためには、各操作方法についての問題を出題したほうがよいと考える。出題される操作方法のリストを試験前に学生に伝えておいても問題はないだろう。言い換えると、上述した小テストの拡大版のような形式と捉えてもよい。期末試験の目的は、習熟度をはかることであるが、次年度以降のCATIAの活用も視野に入れ、試験の準備を通して、学生たちに各操作方法の再確認を促すのも重要であると考えるところである。

5. おわりに

「3D-CAD」の授業後アンケートと学生の実習作業の様子に基づいて、本講座の課題とその解決に向けての提案を行った。学生たちがCATIAの基本操作を無理なく習得し、そのスキルを将来的に大いに活用するためには、日々の継続的なCATIAの操作がどうしても必要になる。そのために、講義中以外の時間にも頻繁に学生がCAD室を訪れ、CATIAの操作に慣れるとともに、疑問点をその場で解決しながら、自信を持ってスキルを身につけていくことを促していくつもりである。

参考文献

- (1) 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学系
3D-CAD用テキスト(2012)