

# 3D-CADを利用したe-Learningコンテンツの試験運用（その2）

藤井雅之\* 岡野内悟\* 清水聖治\*\* 貞安美奈\*\*\* 山本尚史\*\*\*\*

## Experimental operation of e-Learning contents using 3D-CAD (2)

Masayuki FUJII, Satoru OKANOUCI, Seiji SHIMIZU, Mina SADAYASU and Takashi YAMAMOTO

### Abstract

Recently, e-Learning receives some attentions a method of teaching assistant for self-instruction. A lot of companies and schools have introduced it for educational training. “Web Class” have introduced for e-Learning system in our college. In mechanical design and drawing, it is necessary to repeat training. Therefore, our purpose in this college is to construct the system which is available for some e-Learning contents for mechanical design and drawing, and we report on the experimental operation.

Key words : e-Learning, CAD, contents, mechanical design, mechanical drawing

### 1. はじめに

コンピュータの高性能・高機能化に伴い、製造業の設計・製作にCAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) が導入されるようになった。さらに、近年ではCAE (Computer Aided Engineering) を活用することにより、製品開発のリードタイムの短縮、性能や品質の更なる向上を図るために、3D-CADも導入されつつある。

本校の設計製図科目では機械製図の教育を実施しており、最初は手書きの図面作成から始まり、段階的に2D-CADによる図面作成、3D-CADによる立体モデルの作成へ発展していく。1, 2年次の製図教育では、講義と演習を交えた形式で行われるが<sup>[1][2][3]</sup>、近年の「理工系離れ」や「ゆとり教育の弊害」などの影響で、年々学力が低下しているように見受けられる。したがって、これまでのように規定時間の講義と演習だけでは、社会から要求される技術者のレベルに到達した学生を育成できているとは言い難い。

近年、講義以外の空き時間を利用して自学自習を促進する補助教材として、e-Learning が注目されている。多くの企業では社内研修などにe-Learning が活用されており、本校でも運用が開始されている。機械製図の基礎教育にe-Learning を活用した事例については既に報告済みであ

る<sup>[4][5]</sup>。今回は学生が苦手としているかくれ線や線の不足などに関するコンテンツを追加し、CAD利用技術者試験対策などに関連した図面作成を教員不在の環境下で学習できるような作図支援のコンテンツを試作した。

また、作図されたCAD図面は、データの集合であるにも関わらず、採点は教員の目視による主観的な評価に依存している部分が多かった。そのためCADデータの図形情報から正誤を判別し、自動的に採点できる評価システムについて検討した。

### 2. 自学自習用e-Learningコンテンツ 「三面図(3)」および「三面図(4)」の追加

第三角法を初めて学習する学生を対象とした三面図(正面図、平面図、側面図)に関する自学自習コンテンツは、既に「三面図(1)」および「三面図(2)」として公開済みである。今回は、更に難易度を上げて、2つの自学自習コンテンツを追加した。

自学自習コンテンツ「三面図(3)」は、三面図のうちどれか一つの図から線を消しておき、不足している線を探するような問題を作成した。その中には引っ掛け問題として、正しい三面図を表示し、「不足の線なし」を選択させるものも混ぜている。図1に「三面図(3)」の出題例を示す。

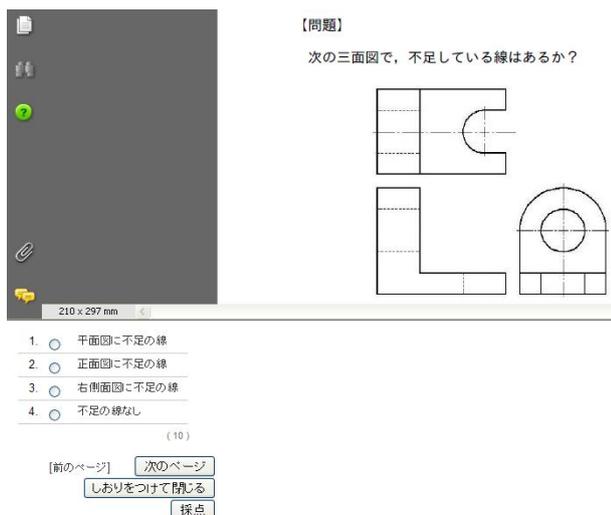


図 1 自学自習コンテンツ「三面図 (3)」の出題例

自学自習コンテンツ「三面図 (4)」は、立体的な図形からその図形の正面図や平面図を選択させたり、平面図が同じになる図形を選択させたり、三面図に一致する立体的な図形を選択させたりする複合問題とした。図 2 に「三面図 (4)」の出題例を示す。

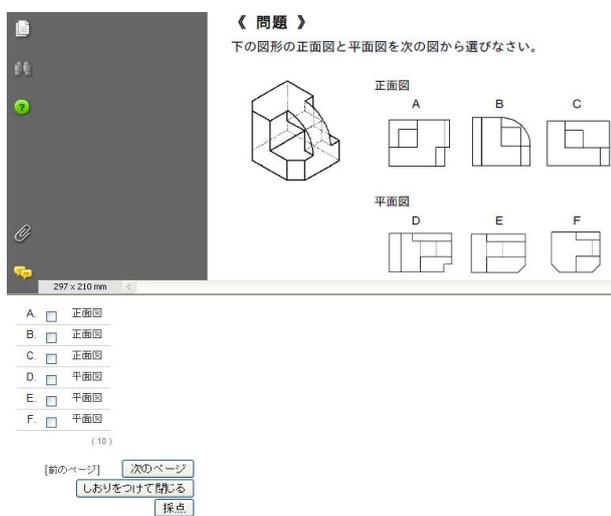


図 2 自学自習コンテンツ「三面図 (4)」の出題例

どちらの自学自習コンテンツも制限時間を30分、合格点を80点以上をとした。また、合格するまで何度でも再試験が受けられるように、「自己学習式」に設定している。ただし、80点未満の学生が再試験を受ける場合は、用意した20問の中から10問がランダム出題されることになっている。

### 3. 自学自習用 e-Learning コンテンツの評価

#### 3.1 自学自習コンテンツ 三面図 (3) および三面図 (4) の取り組み結果

試験的に電子機械工学科1年生から無作為に20名を抽出し、「三面図 (3)」と「三面図 (4)」に取り組んでもらった。今回は、取り組んだ回数が複数回の学生も多かったため、取り組んだ中での最高点を得点として評価した (図3参照)。

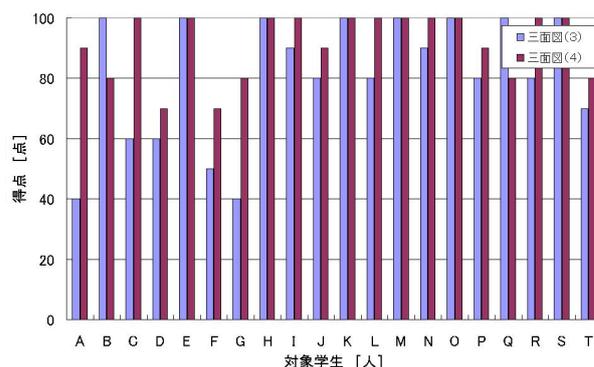


図 3 自学自習コンテンツの取り組み結果

その結果、「三面図 (3)」の平均点は81点、「三面図 (4)」の平均点は92点であった。難易度は「三面図 (4)」の方が「三面図 (3)」より高いと考えていたが、平均点は「三面図 (4)」の方が高くなった。学習の順番を「三面図 (3)」の次に「三面図 (4)」としたことにより、「三面図 (3)」で図形と立体のイメージづくりがスムーズに行われるようになり、「三面図 (4)」でその成果が表れたのではないかと考えている。

「三面図 (3)」の再試験を受けた学生は、かくれ線を見落としていて、正しい図が選択できていないケースが多く見受けられた。出題傾向を更に詳細に分類して自己学習をさせれば、理解できていないポイント (弱点) の強化を図ることが可能であると考えている。

#### 3.2 自学自習コンテンツに対するモチベーションと得点の評価

「三面図 (3)」を電子機械工学科1年生全員 (43名) に解答してもらった結果から、100点を獲得した学生と80点未満で終わった学生を抽出し、自学自習回数と得点の相関について調査した。図4に高得点者と低得点者の自学自習回数の比較を示す。高得点者は100点を

獲得した学生21名、低得点者は合格点の80点に達していない学生13名を示している。

高得点者と低得点者の自学自習回数について比較したところ、高得点者の平均回数は4.3回であるのに対し、低得点者の平均回数は1.3回という結果となった。高得点者は最初から理解力に優れた学生ばかりではなく、自学自習の回数を増やすことによって、高い得点に至った学生も含まれていることが分かる。ある学生は再試験に8回も挑戦し、最終的に100点を獲得している。

一方、低得点者は、自学自習が1、2回という少ない回数で諦めてしまい、学習の継続において意欲が低いことが分かる。

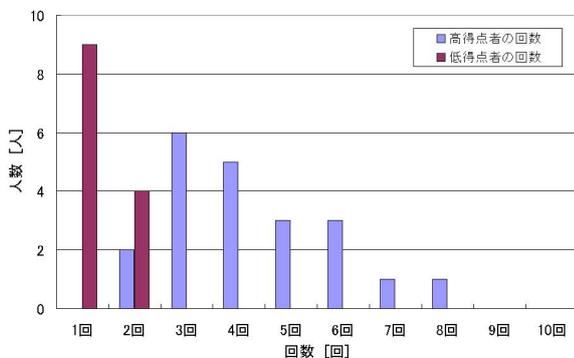


図 4 高得点者と低得点者の自学自習回数の比較

このことから、学生によって自学自習に取り組むモチベーションが異なり、何度も続けて納得できる結果を残そうとする学生集団、とりあえず合格点まではがんばるが、そこで満足する学生集団、諦めが早く、適当に終わらせてしまう学生集団に分かれていると推測される。

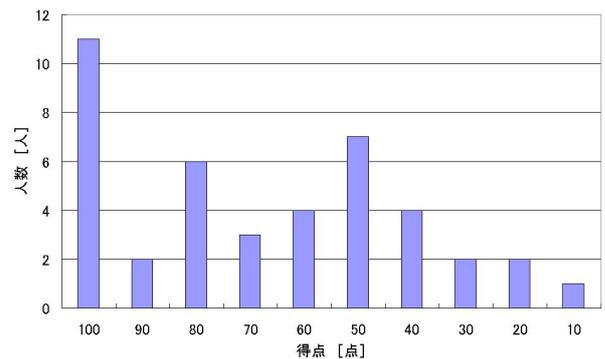
今後、学生のモチベーションを高め、そのモチベーションを維持できるような魅力的なコンテンツ作りが必要であり、重要な検討項目の1つと考えている。

### 3.3 学年ごとの理解度の評価

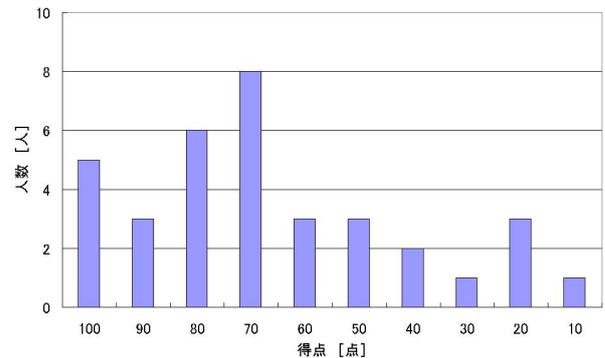
学年ごとの理解度を評価することを目的として、「三面図(3)」について電子機械工学科1年生、3年生、4年生に解答してもらった。その結果を図5(a)~(c)に示す。

自学自習の平均回数は、4年生が3回、3年生が2回であるのに対し、1年生は5回であった。1年生の取り組み回数は、4、5年生の取り組み回数より多いけれども、50点にピークのある低得点者が多いことが分かった。

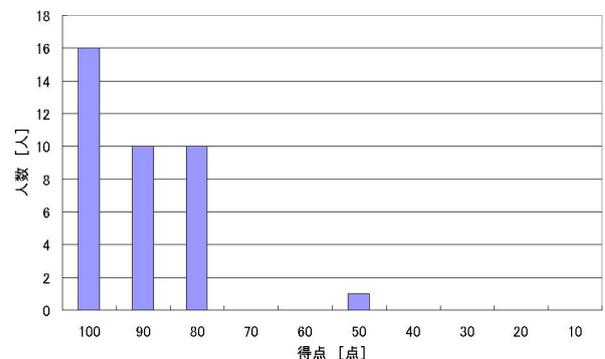
一方、自学自習の平均回数が少ないけれども、4年生のほとんどの学生は、合格点に達している。このような結果になったのは、4年生は図形に関する問題に触れた経験が多く、以前にWebClassに公開した「三面図(1)」や「三面図(2)」に取り組んだ経験が生かされたためであると推測される。またWebClassの使い方も高学年のほうが慣れており、学習回数が少なくても高得点になった要因であると考えられる。



(a) 1年生の得点分布



(b) 3年生の得点分布



(c) 4年生の得点分布

図 5 学年ごとの理解度の評価

#### 4. 図形を自動で採点できる評価システムの試作

##### 4.1 DXFファイルについて

DXFファイルは米国オートデスク社が規定しているCADの図面フォーマットである。このフォーマットはコードがオープンにされていたため、中間ファイル形式として利用されるようになった。DXFはテキスト形式のファイルであるため、エディタなどで簡単に内容を確認できる。正確に言えば、バイナリ形式のDXFも存在するが、テキスト形式のDXFほど普及していない。

オートデスク社としては、当初DXFを有限要素法などのほかのプログラムと連携するための手段として考えていたようだが、現在ではCADにおける業界標準規約のようになっている。

##### 4.2 DXFファイルから図形の正誤を評価する方法

作図されたCAD図面は、データの集合であるにも関わらず、採点は教員の目視による主観的な評価に依存している部分が多い。そのためCADデータの図形情報から正誤を判別し、自動的に採点できる評価システムについて検討した。

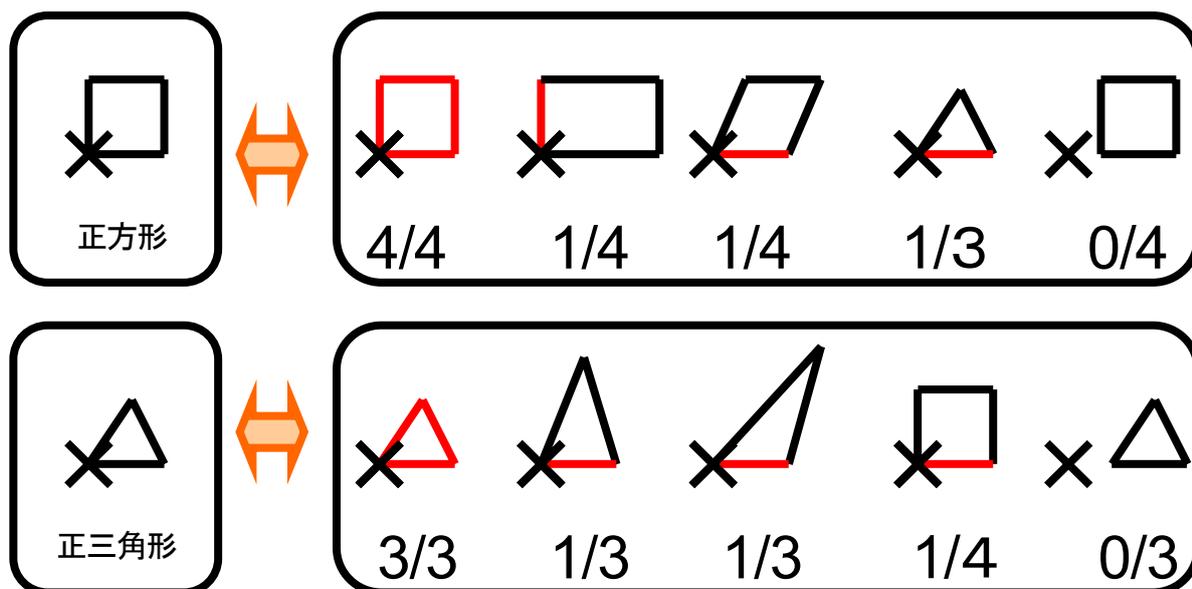
今回は線分のみの特化して図形の正誤を評価する方法について検討した。最初にMicrosoft ExcelによってDXFファイルを開き、if文によって「LINE情報」を取り出した。LINE情報に記述されている線分の始点

と終点の座標値を取り出し、それぞれのX座標・Y座標の4つの値を1組の情報とした。

事前に作成しておいた模範解答から得られた線分の座標値と学習者が作図した図形の座標値を比較し、ANDやORなどの関数を利用して同じ座標値の線分があるかどうかを検索した。学習者が作図した線分のうち、模範解答と同じ座標値の線分が何本あるかによって学習者の図形を採点できるようにした(図6参照)。

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1			x1	y1	x2	y2		and1	and2	or1	or2
2		1	122.908	90.739	97.908	124.04	90.739	0	1	1	
3		2	97.908	124.04	72.908	90.739	90.739	0	1	1	
4		3	72.908	90.739	122.908	90.739	90.739	1	0	1	
5		4	97.908	95.739	57.908	65.739	65.739	1	0	1	
6		5	57.908	95.739	87.908	65.739	65.739	1	0	1	
7		6	0	0	0	0	0	0	0	0	
8		7	0	0	0	0	0	0	0	0	
9		8	0	0	0	0	0	0	0	0	
10		9	0	0	0	0	0	0	0	0	
11		10	0	0	0	0	0	0	0	0	
12											
13		6									
14			sum								
15		1		1							
16		2		1							
17		3		1							
18		4		1							
19		5		1							
20		6		0							
21		7		0							
22		8		0							
23		9		0							
24		10		0							
25		合計		3							
26		正答率		100%							
27											
28											
29											
30											

図 6 Microsoft Excel による正誤チェック



## 4.2 図形を自動で採点できる評価システムの運用結果

CADデータの評価システムによって、正三角形、正方形について、以下に示すパターンを用いて正誤の評価を行った。

- 模範解答と一致する正方形および正三角形
- 模範解答と線分1本が一致する正方形および正三角形
- 基準点からずれた位置に作図された正方形および正三角形

図7の各図形における×印は図形を作図する際の基準となる位置を表しており、XY座標の値が模範解答の座標値と一致するかどうかを確認するために必要不可欠となる。今回の試験運用では、学習者が作成した図面に模範解答と一致する線分が何本描いていたかを採点基準として設定した。

図形のパターン別の採点結果を図7に示す。今回実験に用いた全てのパターンにおいて、期待通りの結果が得られた。しかし、現時点で考えられるシステム上の問題点として、次のことが挙げられる。

- 視覚上では1本の線分に見える場合でも、データ上では2本の線分をつなぎ合わせているような場合は、2本とも不正解になってしまう。
- 同じ座標の線分が2本以上重なっている場合は、複数本が正解になってしまう。
- 出題の趣旨に図形が一致していなくても、線分の座標値が一致した線分は正解となる。

今回の評価は、「直線」に関する情報に限って採点を行ったが、他にも円や円弧などの曲線情報も取り出して採点対象にすることが可能である。それらを組み合わせ、取り扱う情報の量を増やすことで、簡単な図形に関する採点の自動化が可能になると考えられる。

しかし、寸法記入などについては、寸法線を外形線からどれだけ離すかを統一したり、文字の大きさを統一したりする必要もあることから、採点の自動化はかなり複雑になることが予想される。

## 5. まとめ

講義以外の休み時間や放課後の時間などの空いた時間を利用して、機械製図の理解度を高めたいと考えていた。

自学学習を促進する補助教材として、e-Learningが注目されており、本校にもWebClassというLMSが導入されたことから機械製図の学習に活用した。

本研究では、機械製図の自学自習が可能なシステムを構築することを目的として、3D-CADを利用したコンテンツの試作し、電子機械工学科に対して試験的な運用を行った。また、教員の目視に頼ってきた図形の評価を自動化することを目的として、図形を自動で採点できる評価システムを試作した。

今後の課題として以下の点を挙げる。

- ◆ 出題傾向を詳細に分類し、理解できていないポイント(弱点)の強化を図るコンテンツの制作が可能であると考えている。
- ◆ 学生のモチベーションを高め、そのモチベーションを維持できるような魅力的なコンテンツ作りが必要である。
- ◆ WebClassでは学習時間、学習回数、得点などが確認できることから、e-Learningで自学自習をした学生には、授業のレポートや課題と同様に加点するといった方法も考えられる。
- ◆ e-Learningは「実技を必要とするような科目に向かない」と考えられているが、CADの図面作成などには活用できる面が多いと考えている。
- ◆ 今回は図形の線分のみを自動的に採点できる評価システムを試作したが、複雑な図形にも対応できるようにしたい。

なお本研究の一部は、現代的教育ニーズ取組支援プログラム(現代GP)に採択された「実学重視のeラーニングサイト構築と展開」の予算により行われた。

## 参考文献

- [1] 最新 機械製図 改訂版, 科学書籍出版
- [2] 新版 機械製図 改訂版, 綜文館
- [3] 機械製図 練習ノート, 実教出版
- [4] 清水聖治 他, 「e-LearningによるCAD学習システムの開発」, 九州発 大学・高専・企業における工学教育, 工学教育 55 巻 3 号・平成 19 年 5 月
- [5] 藤井雅之 他, 「3D-CADを利用したe-Learningコンテンツの試験運用」, 大島商船高等専門学校 紀要 第40号 pp.47-51, 平成19年12月

