

CAD学習支援システムの設計と評価

Design and evaluation of the CAD learning system

宇田 紀之

Noriyuki UDA

1. はじめに

景気回復基調を受けて、建築・機械生産の業界が活性化し、建築設計・機械設計に関わるCAD技術者の需要は高まる傾向にある。インターネットが社会の隅々まで普及した現在では、設計情報のネット共有や電子入札も日常的な作業となっており、公共事業では、CALS/EC が常識化してきた。CAD技術者には、単に図面をトレースするだけでなく、パソコンや情報ネットワークの知識・技能を身につけ、設計情報の流通・管理に広く関与することが期待される。建築・土木・機械工学の分野は、もちろん、近年は、情報系の学部・学科でも、情報処理技能のひとつとしてCAD技術を位置づけて科目を新設したり、関連講義にCAD教育を取り入れたりするようになった。社会的需要の見込めるCAD技能者を養成し、就職機会を開拓する大学経営上の意図もうかがえる。

名古屋産業大学は「環境と情報」をメインテーマにする。工学系大学のイメージもあるが、実際は、環境経済や環境行政などの科目と中心とした文系的色彩の濃い大学である。建築学や土木工学などCAD技術に直接関わるような科目はなかったが、「コンピュータ・グラフィックス(CG)」の科目で、図学の講義とCAD技術の紹介を行っていた。本格的なCAD教育の導入については、学生の基礎知識不足やソフトウェア運用等の問題があり、遠慮していたが、2004年度に科目名を「画像情報処理」に変更したのを機に、この講義でCAD教育をはじめることにした。

心配したとおり、基本的な数学知識や設計の実務関連知識を欠く本学学生にとって、CADは難しい科目と認識され敬遠された。履修しても途中で受講をあきらめるもの、指定した教科書を購入しない学生もあった。そこで、教科書データをWebコンテンツにして、WBT(Web Based Training)システムを通じて、学生に提供することを考えた。2年目の「画像情報処理」講義では、このWBTシステムを利用して、学習効果に顕著な改善をみる事ができた。本論文では、CAD学習支援システム開発の経緯と、システム評価の結果について報告する。

2. CAD学習支援システムの設計

2.1 CAD教育1年目の経験

科目「画像情報処理」は、2年生以上を対象にした通年科目である。3セメスターにCG、4セメスターにCADを講義する。CGが自由度の高い自己表現の方法であったのに対して、CADはいろいろな規則に縛られた窮屈な仕事というイメージを与えてしまったためか、CAD講義の履修者はCG講義の履修者の1/4程度、22名であった。講義の内容は、CADソフトウェアを使った製図実習を中心にして、図学や法規の講義を行った。高度な技能や専門知識を要求するレベルではなかったが、受講生は不可解な専門用語と複雑なCADソフトウェア操作に戸惑いを覚えてしまったようであった。講義が進むにつれて欠席が目立つようになり、10月末には、出席者は10名前後まで減った。

受講者から、「CAD利用技術者試験2級」受験の希望が示されたので、11月から、CAD検定試験問題の解説を中心とした講義形式の授業に切り替えられることになった。受講生は、図形問題に予想外の強い

興味を示し、熱心に講師の解説を聞きノートをとった。講義で使う練習問題が足りず、高校受験の参考書から問題を引用して出題した。CAD実習で経験した作業や設定の意味が、図形問題を解くことによって理解できたということもあった。履修者は少なかったが、講義形式のCAD学習の授業評価は悪くなかった。

2.2 CAD利用技術者検定

講義で取り上げたCAD利用技術者試験は、(財)日本パーソナルコンピュータソフトウェア協会が主催する資格検定で、CAD関連の資格の中では、最も歴史があり受験者も多い。試験には、実務経験者を対象とした1級試験(実技試験)と製図技術を問う2級試験(筆記試験)がある。この他に、基礎試験と3次元CAD試験がある。本学のCAD講義は、2級問題の解説あたりが丁度よいと思われた。講義テキストは、技術評論社の過去問題集⁴⁾を使用した。2級試験の問題カテゴリーは、大体次の5つに分けられる。

- (1) コンピュータ知識
- (2) インターネット知識
- (3) CAD 技術
- (4) 製図問題
- (5) 図形問題

インターネットやコンピュータに関する問題は、情報系学生にとっては常識的レベルの問題で、改めて解説の必要はなかった。一方、(3)CAD技術問題、(4)製図問題、(5)図形問題では、誤答が多くみられた。CAD技術問題は、CADソフトウェア操作の経験がないと解答は難しい。CADシステムで実際にトレース作業を進めながら製図の理解を深めておかないと対応できない問題もある。製図問題は、JIS規格や製図の表現方法についての知識が問われる。第三角法や展開図・断面図についての理解も必要である。ただし、2級の製図問題は実技試験ではないので、用語の意味を正しく理解していれば、解答は難しくない。

図形問題は、数学を受験科目にしない文科系大学の学生には、困難な問題に見える。ただし、2級試験の図形問題のレベルは、中学校1-2年生程度で、文科系大学の学生でも、自習によって十分対応できるものである。CAD講義の経験でも、解説を聞いた後では、ほとんどの学生が類似問題に正解できるようになった。

2.3 CAD講義計画の検討

製図対象である建築物や機械に関する知識を欠いた状態で、すぐにCADソフトウェアを使った製図実習にとりかかるのは無理があった。それでも、図形問題等に対しては、積極的な関心を示した。2年目の講義は、まず、簡単な図形問題演習からはじめ、少しずつ問題の難易度を上げてゆく。図形・数学へ苦手意識の解消して、製図に興味を持たせることを最初の目標とする。次に、CGソフトウェアを用いたモデリング実習で、2次元図面と3次元立体の関連を再確認する。そして最後に、CADソフトウェアを使ったCAD実習を行う。以上の3段階のステップで学習を進めることにした。

図形問題の解答に関わる数学能力については、学生間の格差があるので、学生個人の能力と興味に応じて自由に問題選択できる学習環境が必要と考えた。高校受験問題集から練習問題を選出し、それをデジタル化してWebサーバにインストールしておくことにした。

製図問題では、3次元CGソフトウェアのSHADE(イーフロンティア社)やPovray(VisionRaytracer社)を利用して、問題集に引用された展開図や断面図を学生自身が作成するした。CAD問題の解説は、製図のフローチャートを引用して分かりやすいものにした。CAD実習に使うソフトウェアは、自宅PCでの実習も考慮して、市販ソフトウェアではなく、フリーウェア“Jw-CAD(清水・田中氏提供)”を使用することにした。

2.4 問題コンテンツの構成

問題コンテンツはHTML形式で作成し、JAVAスクリプトを使って解説ウィンドウと採点機能を付加した。学習者の学習意欲を持続させる上で、問題解説の方法と解説ウィンドウのポップアップタイミングが重要

なポイントであると考えた。図形問題では、解説ウィンドウのポップアップは、解答・採点の後におき、安易に解説機能を利用を制限した。CAD 技術の問題コンテンツでは、製図プロセスに合わせて複数の解説ウィンドウの呼び出しボタンを配置した。解説ウィンドウには、製図進行図が含まれており、問題ウィンドウの完成図と比較することで、進捗状況を把握することができるようにした。完成図面は、いつでも、キー操作でアップ表示できる。プロセスメニューからも、製図進行図に飛ぶこともできる。

問題コンテンツは、CAD技術関係 12 個、製図問題関係 10 個、図形問題関係 23 個である。これに、ログイン・問題選択・成績管理の学習管理機能を付加し、インターネット経由で利用可能なWBTシステムを構成した。

3. WBT システムの開発と評価実験

3.1 WBT システムの開発

WBT システムの問題コンテンツ開発を卒業研究の課題として、卒研生 3 名が開発にあたった。教科書に記載されて全問題の Web コンテンツ化と自作問題の開発を研究課題とした。卒研生らは、まず、3 次元 CG ソフトウェアや CDA ソフトウェアを習熟する必要があるがあった。製作に時間がかかり、問題コンテンツの完成したのは 11 月末になってしまった。WBT システムのインターフェイス部分は、前期semesterで使用した画像情報学習システム⁽²⁾のものをベースにして改変を加えて作成し、成績データベースは、MySQL を使用した。

2005 年度の「画像情報処理(4 セメスター)」は、9 月下旬に開講し、画像情報処理の基礎知識講義(2 回)―図形問題を中心とする基礎数学演習(4 回)―CAD の概要説明(2回)を行ない、12 月から WBT システムを使った CAD 実習をはじめた。受講生は、WBT システムの使用方法を短時間で習得した。問題選択は受講生の判断に任せ、自学自習スタイルで WBT システムを利用させた。教科書として前年に使用した過去問題集を購入しておくよう指示したが、購入は強制しなかった。講義の出席率は、70%以上で、昨年に比較すると極めて良好であった。

3.2 評価実験

3.2.1 目的

WBT 技術を使った CAD 学習支援システムを講義に利用することにより、受講生の学習意欲や成績にどのような変化がみられるかを検証する。学習意欲や CAD への関心度のパラメータとしては、講義の出席率や教科書の購入率に注目することにした。

3.2.2 方法

評価実験は、平成 18 年 1 月 16 日の受講生 30 名を対象に行った。受講生には、1 週間後に、CAD 学

表 1: CAD 学習支援システムの評価

質問項目	(評価数)						
WBT システムの使いやすさの評価	29	使いやすい	6	普通	19	使いにくい	4
教科書を購入したか。	30	購入した	15	購入しない	15		
学習ツールとして WBT を支持するか。	27	WBT を支持する	18	教科書を支持する	9		
CAD に興味を持ったか。	30	興味を持った	22	興味がない	8		

表 2: 問題コンテンツの総合評価

カテゴリー	評価数	総合評価(平均)
CAD 技術	25	3.08
製図知識	23	3.61
図形問題	22	3.85

習支援システムが出題する問題 15 問のなかから 6 問、過去問題集から 4 問を選出して試験を行うことを告げた。受講生全員には、WBT システムの評価用紙(付録 1)を配布して、翌週1月 23 日の試験当日に回収した。評価用紙では、問題コンテンツの評価のほか、学習ツールの指示や、CAD への関心度などについて質問した。

3.2.3 結果

1週間の実験期間中に、WBT サーバへのアクセスは 128 件あり、445 回の回答が行われた。これは、調査表の自己申告回数よりも若干多い。受講生全員が、期間中に WBT サーバへ1回以上アクセスしている。23 日の試験も全員が受験し、試験の平均点は、65.5 点であった。評価項目(2)から(6)の項目では、表 1 の結果が得られた。教科書を購入者と未購入者は、それぞれ 15 名である。学習ツールとして WBT を支持するものが 18 名(60.0%)あり、CAD に興味を持ったと答えたものが 22 名(73.3%)あった。

WBT システムの問題コンテンツの総合評価をカテゴリー別に提示したのが、表 2 である。CAD 技術の問題は、問題の難しさを使い勝手に評価が低く総合評価を下げた。製図知識と図形問題は、解説ウィンドウの使い勝手と解説の適切性が評価されて総合評価を上げた。

3.2.4 考察

WBT システム導入の目的のひとつは、CAD に関心を向けさせることであった。評価表で CAD に興味を持ったと回答したものの割合が 73.3%であった。学習ツールとして WBT を支持するものの割合が 60.0%であるので WBT システムの導入は一応評価されてよい。しかし、この点は、もう少し慎重に考察しておきたい。

講義では、教科書として過去問題集の購入を推奨した。掲載された問題・解説の約 60%は、Web コンテンツ化して WBT システムに組み込んであるので、購入は強制はしなかったが、CAD 学習を理解するうえで、教科書はあったほうがいい。教科書の購入したかどうか注目し、教科書購入者グループと未購入者グループ別に CAD 学習支援システムの評価結果を示したのが、表 3 である。WBT サーバのアクセス回数は、両グループ間で目立った差はないが、試験成績は、教科書購入グループがよい。未購入グループが、WBT を支持するのは理解できるが、教科書購入グループでも、約 4 割が WBT を学習ツールとして支持する。CAD に興味を持った人数は、両グループとも同じで、教科書購入はほとんど関係がない。試験成績と教科書購入の間には相関があるが、試験成績と CAD 関心度の間には、有意な相関関係は見られない。WBT を使うようになってから出席がよくなった学生がいる。評価用紙のコメントには、「WBT はゲームみたいで面白い」「問題が解けるとうれしい」といった素直な気持ちが書かれており、新学期には、CAD 資格試験の希望を語ってくれた。授業を途中放棄しかけていた学生が、WBT を導入することで最後まで講義を受講し、CAD 検定試験にチャレンジするまでに学習意欲をに高めてくれたとすれば、こんなうれしいことはない。

問題コンテンツは、カテゴリーごとに仕様を変えておいた。CAD 技術の問題シート(付録 2)は、製図プロセスに合わせて複数の解説ウィンドウの呼び出しボタンが配置しておいたが、ポップアップした複数のウィンドウが相互に干渉して、画面が見にくくなってしまふ。製図プロセス全体を把握するためのムービーや流れ図の掲示も望まれた。図形問題のシートでは、解答の後で解説ウィンドウが標示されるようにしたが、これが分かりにくいというクレームもあったが、解説文は、担当者が自分で原稿を作成したもので、

表3:教科書購入グループ別の CAD 学習支援システムの評価

質問項目	(評価数)	教科書購入グループ(15)	未購入グループ(15)
WBT サーバの平均アクセス回数	128	72	56
試験成績(平均)	65.5	73.3	57.3
学習ツールとして WBT の支持者	18/27	6	12
CAD に興味を持ったもの	22/30	11	11

親切で分かりやすいとおおむね好評であった。製図コンテンツは、3DCG を使うことで、第三角法や展開図・断面図を分かりやすく説明することができた。

通常講義の後で、WBT を利用することで、受講生の集中力を最後まで持続させることができた。さらに、CAD への興味を引き出して CAD 資格の受験まで学習意欲を持たせることができた。学生任せの自学自習のシステムとしてではなく、講義補助の教材として利用したことが、好結果に繋がったと実感する。

4. まとめ

就職活動で評価される資格として、CAD 技術者が注目されるようになってきた。ただし、文科系大学の学生にとっては、CAD 設計の基礎となる図学や製図知識の習得が大きな敷居となる。本学では、この敷居を越える方法として、WBT システムによる自学自習の導入を試みた。WBT システムは、最初から使用するのではなく、図学の通常講義が一段落する Semester 後半からの講義で使うようにした。CAD への興味を喚起して、一機に CAD 資格の受験まで学習意欲を高めるのが目的であった。

教科書を使った通常講義よりも、WBT の独学が向く学生がいる。学習意欲や学習への関心は、試験成績や講義の出席率にかならずしも一致しないことを、評価結果の分析と個別事例で示した。WBT システムの問題コンテンツは、前年にこの講義を受講した卒研究生が作成したものである。後輩の答案用紙をフィードバックして内容を確認するようにした。この WBT システムを利用した学生とコンテンツ開発に関わった学生が、勉強や仕事の面白さに気づき、社会で活躍してくれることを望んでいる。

謝辞

CAD 学習支援システムのコンテンツ開発は、小木曾陽平(CAD 技術部門)、和田美晴(製図知識部門)、早川亜希(図形問題部門)の卒研究生 3 名が分担して行った。問題コンテンツの品質が、評価実験の好結果に繋がったを思われる。在学中の研鑽と研究協力に深謝する。

参考文献

1. 空野順子(2005):CAD利用技術者試験 2 級精選問題+詳細解説(平成 17 年):技術評論社
2. 宇田紀之・安藤友紀・舟橋周作・飯田孝弘(2004):教育実習支援による画像情報学習システムの設計と評価 名古屋産業大学論集No. 4,59-63
3. 小木曾陽平・和田美晴・早川亜希(2004):CAD 学習支援システムにおける問題コンテンツの開発:平成 17 年度名古屋産業大学卒業論文(共同研究)

補注

1. CAD学習支援システム:< <http://lab.nagoya-su.ac.jp/~uda/CAD2005>> 2006.06.15 アクセス
2. 画像情報学習システム:< <http://www.uda-lab.com/moriyama/main.htm>> 2006.06.15 アクセス
3. CAD利用技術者試験HP:< <http://www.jpss-nintei.com/cad/>> 2006.06.15 アクセス

付録1: CAD 学習支援システムの評価表

CAD 学習支援システムに関するアンケート

学生番号		氏名	
------	--	----	--

このアンケートは、卒論研究の学生が作成したCAD学習支援システムを、利用者の皆さんに評価してもらうためのものです。1月 23 日に、回収します。アンケート内容は、成績には影響しません。協力をお願いします。設問以外のコメントがあれば、裏に記入ください。

1. CAD学習支援システムには、何回アクセスしてみましたか。 (アクセス 回)
2. CAD学習支援システムの問題は、15 問中の何問を解答してみましたか。 (問/15 問)
3. CAD学習支援システムは、使いやすかったですか。 (使いやすい・普通・使いにくい)
4. テキスト(書籍)を、購入されましたか。 (購入した/購入しなかった)
5. CADの教材としてテキスト(2500 円)と学習支援システムはどちらがいいですか。
(テキスト/学習支援システム)
6. CADには、興味をもてましたか。 (興味を持った/興味がない)
7. 試験は、100点満点で、何点ぐらいとれそうですか。 (点/100点)
8. CAD技術・製図知識・図形問題の3つの領域の問題について、5 段階で評価してください。1を最も低い評価、5を最もよい評価とします。総合評価は、文章で記入いただいても結構です。

	CAD技術	製図知識	図形問題
問題の難しさ			
解説の適性			
使い勝手			
総合評価			

付録 2: CAD 学習支援システムの問題コンテンツ

The screenshot displays a web browser window with a URL <http://www.uda-lab.com/CAD2005/question/zuke...>. The page is titled "問題1 解説" (Problem 1 Explanation). On the left, there is a diagram of a rectangle ABCD with a line segment EF passing through it. Point X is the intersection of EF and the top edge AD. The angle at E is labeled as 30°. The text explains that when two lines intersect, vertical angles are equal. It then calculates the angle X as follows:

2つの直線に1つの直線が交わる時、2つの直線が平行ならば、同位角、錯角は等しい。
 上の図で、 $\angle FEC = \angle FEG$ だから、
 $\angle FEC = (180^\circ - 30^\circ) \div 2 = 75^\circ$
 $\angle FEB = 75^\circ + 30^\circ = 105^\circ$
 AH//BGだから、 $\angle EFH = \angle FEB$
 また、 $\angle EFH = \angle EFD$ 、よって、 $\angle X = 105^\circ$

On the right side of the interface, there is a "術(1)" (Technique 1) section with a diagram showing a line segment BE and a point E. The angle at E is labeled as 30°. Below this, it states "合格点 70 点 (100 点満点)" and "制限時間 10 分". A "残り時間 9:41" (Remaining time 9:41) is shown. The question asks: "設問 1. $\angle x$ の大きさを求めなさい。" (Question 1. Find the size of angle x). The answer options are 100, 105, 110, and 115. The correct answer is 105. A "解説" (Explanation) button is visible at the bottom.

(1) 図形問題の解説と問題コンテンツ

The screenshot displays a web browser window with a URL <http://www.uda-lab.com/CAD2005/question/CAD/01/101gacou.htm>. The page is titled "問1" (Question 1). On the left, there is a complex CAD diagram showing a series of connected lines and points labeled A through O. The diagram includes a vertical dashed line Y and a horizontal dashed line X. The text explains that points A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O are vertices of a regular pentagon. The angles are defined as follows:

(完成図)
 点A点B点C点D点E点F点G点H点I点Jは正五角形の頂点である。
 点K点L点M点N点Oは正五角形の頂点である。
 角度は、反時計回りを正とする。

On the right side of the interface, there is a "処理・CAD技術(1)" (Processing/CAD Technology 1) section. It contains three questions:

設問 1.
 絶対原点 (0, 0) より座標 (100, 100) の点を点Pとする。
 点Pを通る垂直線と水平線Xを任意の長さで描く。
 (1) コマンドにより、点Pを中心とし一辺の長さが20の正五角形ABCDE
 F
 GHを描く(ただし、完成図のとおり辺ABは水平となるように配置する)。
 解答群1
 多角形 長方形 変形ストレッチ

設問 2.
 点Eから(2)度の角度を持つ任意の長さの線分を描く、これを線分Oとする。
 点Fから(3)度の角度を持つ任意の長さの線分を描く、これを線分Rとする。
 解答群2
 36 54 72
 解答群3
 36 54 72

設問 3.
 線分Qと線分Rを(4)コマンドにより、点Pを中心点に360度間に(5)個

(2) CAD 技術カテゴリーの解説と問題コンテンツ