

電子系CAD用Webベース・ オンラインテキストの制作

埼玉職業能力開発促進センター 菊池 達也
(～平成13年3月 職業能力開発総合大学校東京校)

Developing Web-based on-line tutorial for electronic CAD training

Tatsuya KIKUCHI

要約 高性能なパソコンと多機能なソフトウェアを高度に使いこなす技術と技能に、電子回路用プリント基板の設計・製作（アートワーク）がある。電子機器産業が日本経済の牽引を担う大きな車輪であるから、この分野の教育訓練の確立と人材育成は不可欠である。ところが、CADメーカーが提供するマニュアルや資料は、オペレーションの習得を目的としており、大学校で講義している専門教科との連携は考慮されていない。そこで、筆者は、専門課程の教育を目的としたWebベースのオンラインテキストを自作した。イントラネットに構築したWebサーバにオンラインテキストを登録することにより、複数の学生が共有して利用できる。本教材は、インターネットで普及しているものと同じWebページ形式のため、マウスを利用して容易に閲覧することができる。モノクロの印刷教材と比較して、カラー表現、図解を中心とした説明、テキストの修正が容易、印刷物のコスト削減などに長所がある。実際に、オンラインテキストと印刷教材の両方を使用した23名の学生への調査から、“見やすさ”と“使いやすさ”の点で、オンラインテキストを支持する割合が多かった。しかし、CAD画面とオンラインテキスト画面が重なることを使いづらいと感じる学生は約3割いた。

I はじめに

1998年3月、職業能力開発総合大学校東京校（以下、東京校）に電子系CAD/CAM(Computer-Aided Design and Manufacturing)システム⁽¹⁾⁻⁽³⁾が整備され、約3年間の経過する。筆者は、システム導入時から当校の専門課程電子技術科1年生と2年生に、電子系CAD実習の指導を担当してきた⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾。本実習では、1年次(Ⅱ期)に、デジタルICを利用したストップウォッチ回路とZ80ワンボードマイコン回路、2年次(Ⅲ期)にデュアルトラッキング電源回路を課題としている。図1に示すように、回路設計、アートワーク設計、プリント基板製作、機器組み立て、調整および

評価までの一連の流れを総合的かつ実践的に学ばせることが望ましいと考える⁽⁶⁾。そのためには、CAD実習で対象とする課題は、アナログ回路、デジタル回路、コンピュータ工学、電子基礎実験などの他の教科と連携した内容でなければならない。

しかし、適切な教材が少ないことが、電子系CADを指導する者の悩みである。どこのCADメーカーも同じと思われるが、付属するマニュアルの多くはコマンドとその体系を詳細に述べたものである。辞書のようなものであり、指導書ではない。また、セルフトレーニングテキスト⁽⁷⁾で、回路図が提示されていても、CADオペレーションの習得を目的とした例題のため、前述した専門科目の連携を意図したものではない。大

学校のCADシステム実習では、専門学科の内容を体験しながら、ものづくりを習得させる複眼的な目標がある。

そこで、1998年に、筆者は当校の電子技術科1年生(Ⅱ期)で扱う開発課題“ストップウォッチ回路”について、紙による印刷教材を制作した。ここでは、CADに関する多くの操作方法や詳細な説明よりも、課題製作に必要なCADの操作方法を学生に分かりやすく解説することを重視した。わかりやすい操作手順やコマンドの選定については、専門家に助言を頂いた⁽⁸⁾。

テキストは、回路図設計とアートワーク設計の2部に分かれており、それぞれのページ数は31ページと51ページ、合計82ページである。ページ数が多い理由として、図2に示すように操作手順を実際のCADメニューを引用するなどの図解に工夫したためである。

実習の進め方は、教師が操作画面を液晶プロジェクタで投影させて解説する。その後、学生はテキストを参照しながら操作を行う。基本的にCAD実習をステッ

プ・バイ・ステップで進行させた。

印刷テキストの大きな問題点としては、モノクロであることである。例えば、製作するプリント基板は2層であり、実装面と半田面の配線は重ねてCAD画面に表示されるが、緑色と水色に塗り分けがあるので判別しやすい。しかし、モノクロ印刷のテキストでは区別しづらい。

また、実習の操作手順については、CAD操作メニューを切り貼りしたような図を挿入したほうが、学生にわかりやすい。しかしながら、図を多用するとページ数が増加し、印刷物のコストは上昇する。応用課題に相当するZ80ワンボードマイコンについても同様な印刷教材を学生に与えた。CADの基本操作に関する部分については初回の印刷教材と重複する個所も多いため、印刷物の無駄を感じた。例えば、シンボル作成や部品登録など、新しく教える内容についての差分のページを与えることも検討したが、学生としては首尾一貫したテキストが分かりやすい。

よって、テキストをオンライン化して、CADの実

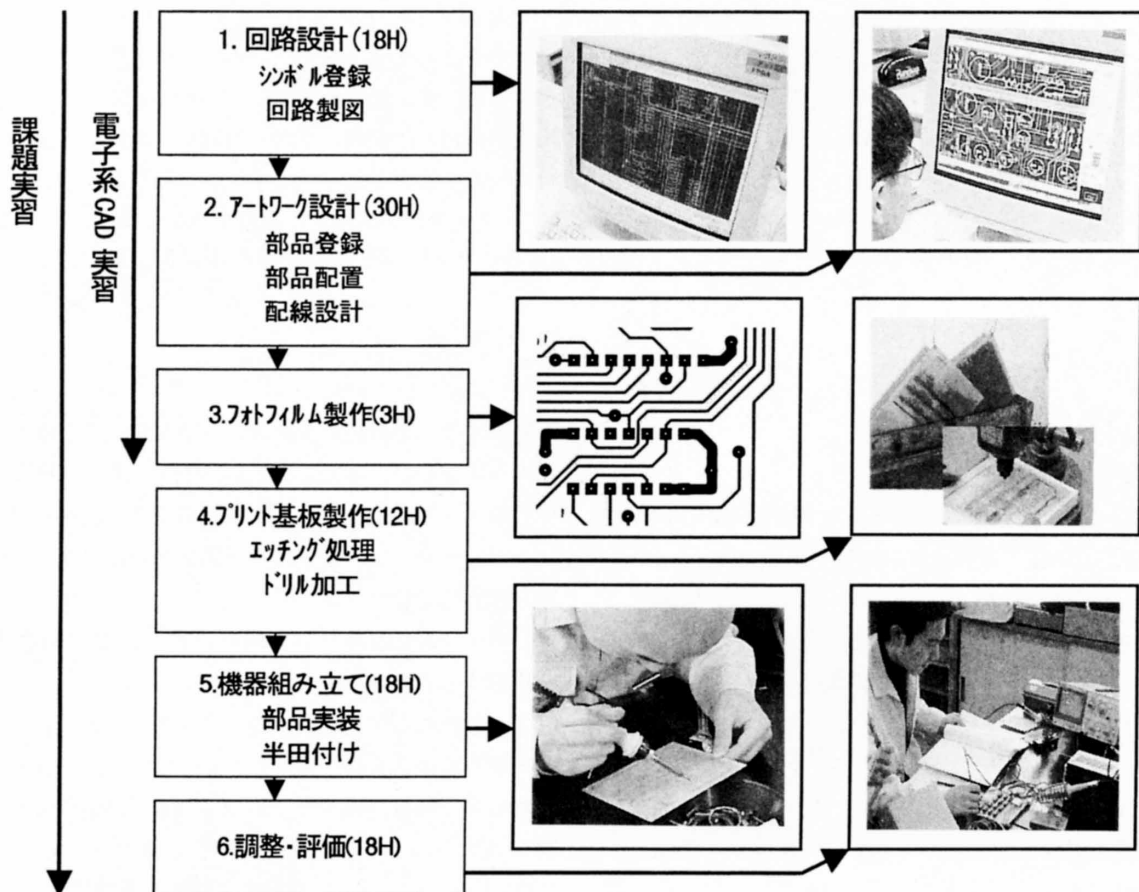


図1 課題実習と電子系CAD実習の流れ

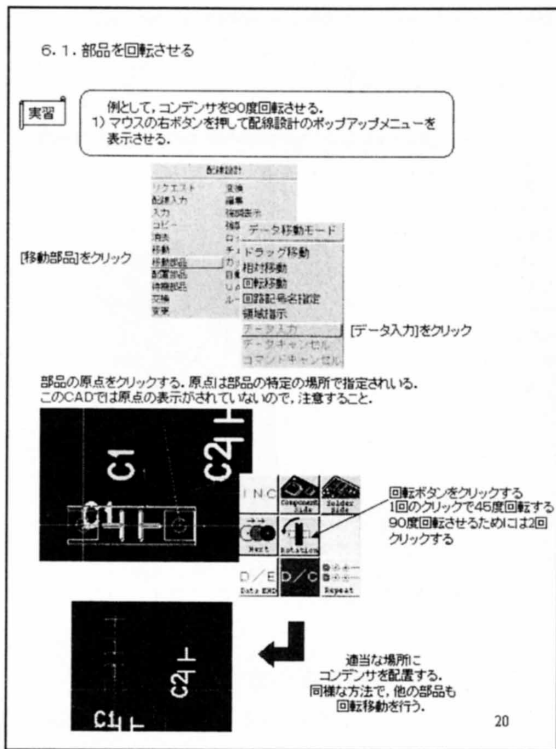


図2 部品配置を解説する印刷教材の一例

習端末の画面にカラーで表示させることを考えた。テキストのオンライン化により、印刷物の冗長な配布を防ぐと同時に、学生がCAD室でいつも学習できる環境と個別学習できるシステムを提供することを狙いとした。

本稿では、電子系CADのオンラインテキスト制作して、電子技術科1年生に試用したアンケート調査から、その効果と問題点を述べる。

II オンラインテキストの構成

1. CAD実習の進め方とオンラインテキストの内容

電子系CAD実習では図1に示すように、回路設計、アートワーク設計、フォトフィルム製作までを実施する。東京校の電子系CADシステムは、回路設計用ツールSystem Designer (SD) 24セットとアートワーク設計ツールPWS(Printed circuit WorkStation)12セットが整備されている。回路設計においては、学生は一人一台の環境であり、アートワーク設計においては二人一台の実習環境となる(図3)。

オンラインテキストでは、回路設計用とアートワーク用の2種類のテキストを制作した。それぞれのテキストの構成を表1に示す。



図3 電子CAD実習の風景

表1 オンラインテキストの構成

回路設計	アートワーク設計
1. SDの起動	1. PWSの起動
2. シンボル登録	2. 部品の登録
3. シンボル配置	3. 基板情報定義
4. 信号線の配線	4. 部品の配置
5. ネットリストの作成	5. 自動・手動配線
6. 図面の印刷	6. 図面の印刷

回路設計用実習はおおよそ6項目からなる。

- ① SDの起動では、Windowsのスタートボタンから、回路設計用ツールが起動するまでの手順を解説している。
- ② シンボル登録では、Z80CPUを例に部品シンボルの作成から部品データベースに登録までの一連の手順を解説している。学習者は同様な手順で、入出力LSI(8255)、ROM(27256)などの部品についてもシンボル登録を行う。
- ③ シンボル配置では、シンボルの呼び出し方法を解説している。また、部品記号の設定方法も解説している。
- ④ 信号線の配線では、抵抗、IC、コネクタやGND間での配線作業を解説している。CPUとメモリ間には、アドレスやデータなどの信号線を束ねたバス配線についても述べている。
- ⑤ ネットリストファイルの作成では、仕上げた回路図面から、使用部品と配線に関する情報ファイルの作成方法を述べる。
- ⑥ 図面の印刷では、図面枠の氏名、課題名、日付などの文字列の入力から提出図面の印刷方法を解説している。

次に、アートワーク設計用もおおよそ6項目からなる。

- ① PWSの起動では、WindowsのスタートボタンからPWSのルートメニューが起動するまでの手順を解説している。
- ② 部品登録では、Z80の形状である40ピンDIP型ICの部品作成と登録方法を解説している。同様にメモリの形状である28ピンDIP型の登録も行う。
- ③ 基板情報定義では、基板作成に必要な部品情報とネットリストファイルを読み込む方法を解説し、プリント基板の外形と配線幅の設定を行う。
- ④ 部品の配置では、部品の呼び出しと移動や回転を説明する。部品記号や番号を設定する。
- ⑤ 自動・手動配線では、オートルータを使用した自動配線と手動配線の方法と配線率の確認方法を述べる。
- ⑥ 図面の印刷では、図面枠の氏名、課題名、日付などの文字列の入力から提出図面の印刷方法を解説している。

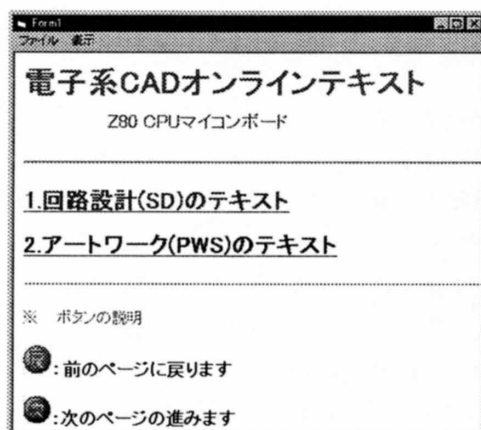


図4 オンラインテキストの初期画面

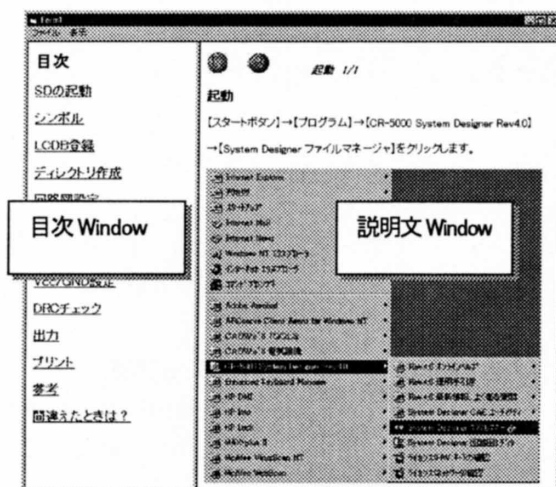


図5 回路設計用テキストの初期画面

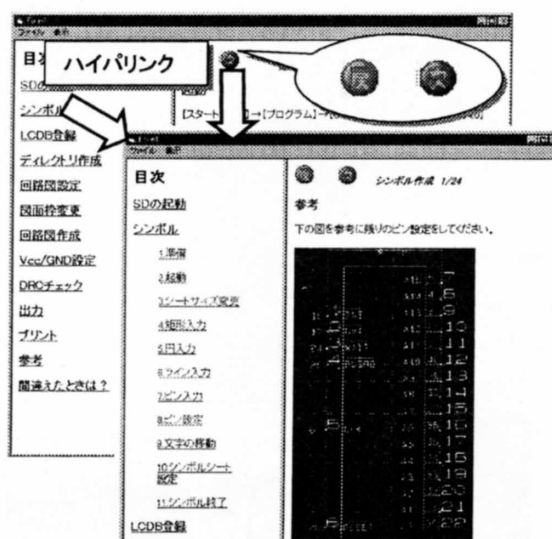


図6 オンラインテキストの操作(ハイパリンク)

2. テキストの構造と提供方法

オンラインテキストを起動すると図4に示す初期画面が表示される。この画面で、回路設計用テキストとアートワーク設計用テキストを選択する。このテキストはインターネットのWebページで使用されているHTML(Hyper Text Markup Language)形式で記述されている⁹⁾。ツールとしてはMicrosoft社のFront Pageを使用した。ハイパテキスト構造になっている箇所はアンダーラインで表示されている。例えば、図4の“1. 回路設計(SD)のテキスト”をマウスでクリックすると、図5に示す回路設計用テキストの1ページ目が表示される。この画面は2つのウィンドウに分かれている。左側のウィンドウには目次が表示されている。右側のウィンドウには目次に対応する説明文が表示される。

テキストのページ操作は、図6に示すように、目次の見出しをクリックする方法と説明文ウィンドウ内のアイコンを操作する2通りの方法がある。目次を付加した理由は、学習者が再び実習を始める場合、任意の箇所からページを表示させる機能が必要であると考えたからである。見出しをクリックすると、さらに小見出しが表示される。

説明文ウィンドウには、ページ操作の2種類のアイコンを用意している。“戻”ボタンは前のページに戻り、“次”ボタンは次のページへ進む。操作しながら学習する場合は、この2つのボタンを利用するほうが便利である。

テキスト内部はハイパテキスト構造になっているため、基本的にマウスの操作だけで、任意のページ表示

やページ送り、戻りの操作が可能である。なお、説明文ウィンドウの右上にはページ番号を表示させた。図6の例では、“シンボル作成1/24”が表示されている。表示の分母にはシンボル作成の総ページ数が、分子には現在のページが表示される。これにより、学習者は、各項目の作業ボリュームや進み具合を把握することができる。

オンラインテキストに使用したページ数、文字数、画像数、容量を表2に示す。本テキストの制作の方針として、ひとつの操作を1ページで説明し、一度に表示する情報量をなるべく少なくし、ページ数を増やした。それは、図7に示すように、CAD画面とオンラインテキストをコンピュータのディスプレイに同時に表示させるため、オンラインテキストの画面は小さい方がCADの操作上好ましい。また、説明文は箇条書きにし、CADメニューを入れ、操作の分かりにくい箇所については赤丸を記して注意を促した。

本オンラインテキストの配信の方法は、CAD実習室のWindows NT4.0サーバに教材ファイルを置き、IIS4.0(Internet information Server)でイントラネット・サービスを行った。サーバとクライアントは、ハブを介して10BaseTで相互に接続されている。25台のクライアントからの同時にアクセスする場合があるが、実用上ストレスなくオンラインテキストは表示されている。サーバとクライアントの仕様を表3に示す。

表2 オンラインテキストの文字と画像数

	回路設計	アートワーク設計
ページ数	114	90
文字総数	7222	6240
1ページあたりの平均文字数	62	69
画像数	115	90
容量 MB	10.6	5.21

表3 CAD室のクライアント/サーバの構成

	型 式	整備数
NTサーバ	Windows NT 4.0 server HP CL200 Pentium II 266MHz メモリ128MB	1台
クライアント	Windows NT 4.0 workstation HP XA300MT Pentium II 300MHz メモリ128MB 画面21インチ 1152×864ピクセル	25台

3. 専用Webブラウザの開発

最近のパソコンには、Microsoft Internet Explore (IE)やNetscape NavigatorなどのWebブラウザが標準で装備されている。本オンラインテキストの表示に、これらのWebブラウザの利用を考えていた。ところが、これらのブラウザに不都合なことが発生した。それは、図7に示すように学習者がオンラインテキストとCAD画面を重ねて表示させることだ。オンラインテキストを見ながら、CADの操作を行うとブラウザ自身がCAD画面の背景に移動して消えてしまう。IEなどのWebブラウザでは、表示を常に手前にする設定項目がない。オンラインテキストとCADの画面が重ならないように、横に並べて表示させることもできるが、CAD画面が小さくなる不都合が生じる。

そこで、学習者がオンラインテキストを見ながら、CADの操作しても、オンラインテキストの表示が消えない専用WebブラウザをVisual Basic⁽¹⁰⁾で制作し、TokyoScape(TS)と名づけた。図7に示すように開発したTSでは非動作状態になっても、表示されている。ただ、部品配置や配線など繰り返しを伴う作業では、CAD画面だけを全体表示させたほうが効率がよい。そのため、TSのメニュー“表示”で、常に手前表示するモードと手前表示しないモードを選択できる機能を付加した(図7)。また、TSでは、実習とは関係ないWebページを表示させないために、URLの入力欄をなくしオンラインテキストだけを表示する仕組みになっている。

Ⅲ オンラインテキストの評価

専門課程電子技術科1年次(Ⅱ期)では、ストップウォッチ回路とワンボードマイコン回路の2つの課題を扱う。ストップウォッチ回路では印刷教材を、ワンボードマイコン回路ではオンラインテキストを使用した。これらの課題では、部品点数や配線工数などの仕様は異なるが、基板仕様定義、部品配置、配線、出図等のCADの操作方法はほぼ同じある。そのため、印刷教材とオンラインテキストでは、内容に大きな違いはないと判断できる。そこで、電子技術科1年生23名に、印刷教材とオンラインテキストの使いやすさの比較やオンラインテキストの長所や短所などについて、約20項のアンケート調査をⅡ期の最終日に配布した。学生は自己記入する形で行った。

質問形式は、態度測定⁽¹¹⁾と自由記述からなる。態

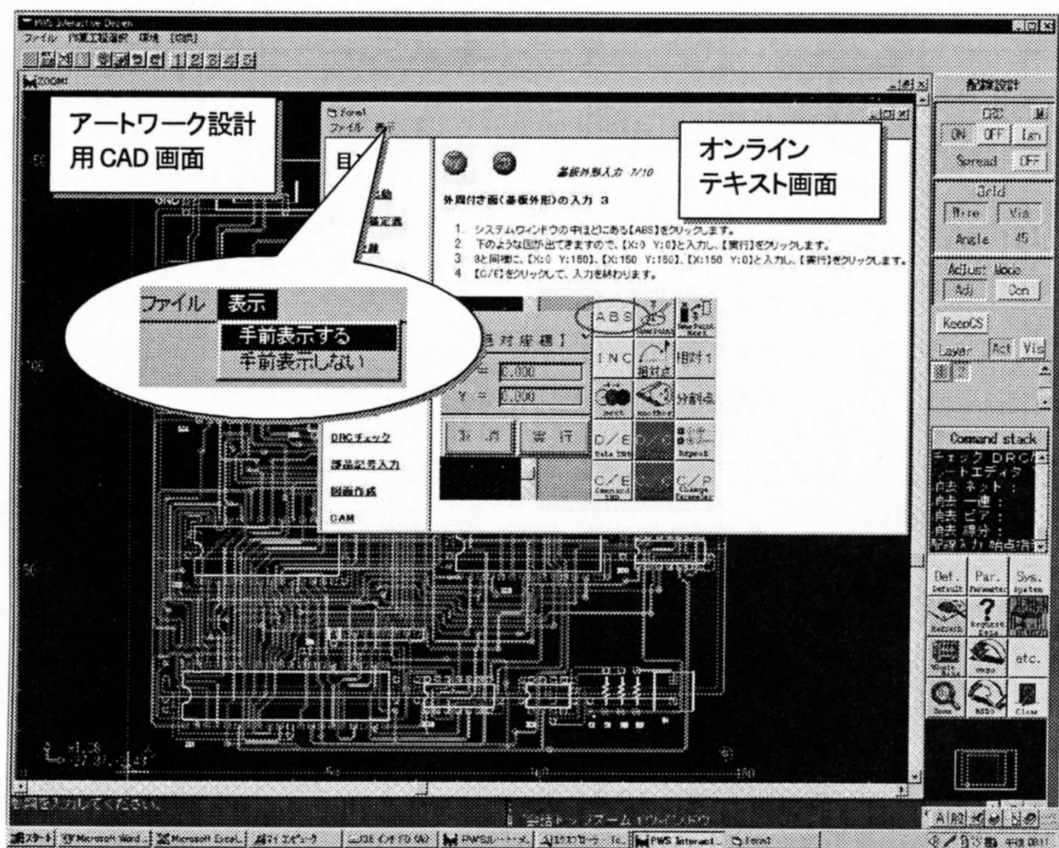


図7 アートワーク設計用CAD画面とオンラインテキスト画面の表示

度測定では態度記述文へ賛否を5段階で表明させ、学生はリッカート・スケール⁽¹¹⁾上の尺度に○印で回答した。尺度の例として、“肯定的、やや肯定的、どちらともいえない、やや否定、否定”や“多い、やや多い、適当、やや小さい、小さい”などの5段階とした。また、選択した理由の自由記述欄を設けた。得られた結果の特徴を抽出するために、中心段階と左右の2段階をそれぞれ一項目にまとめて、3段階へ集約した。抜粋した結果を表4に示す。

質問Q1ではパソコンを使うことが好きか嫌いかをたずねた。回答は好きが52%で、嫌が18%であり、

- ・目が疲れる、
- ・頭痛になる、
- ・うまく使えないから等が嫌いの理由であった。

次に、電子CAD実習の印刷テキストとオンラインテキストを比較する質問を行った。Q2では、操作性についてたずねた。オンラインテキストの支持は48%であった。支持する意見として次のようなものがあった。

- ・ページをクリックするだけだから簡単、
- ・ハイパーリンクの機能によりパッと見られて良い、
- ・印刷テキストを見たり、ディスプレイを見たり視線

移動を繰り返さないため、

- ・コンピュータ周辺にはキーボードやマウスがあり、紙のテキストだと置く場所に困る、
- ・分厚い紙のテキストは荷物になる、
- ・テキストを忘れたり、持ってこなくても済む。

印刷テキストの支持は26%で、次の意見があった。

- ・CAD画面とテキスト画面が重なるので見づらい、
- ・紙のほうが、(ページ) 戻りやすい、
- ・自分用にメモを書き込める。

次に、Q3では“見やすさ”についてたずねた。オンラインテキストの支持は57%で、

- ・オンラインテキストはカラーのため分かり易い、
- ・図が多く使われている、
- ・プリントだと白黒で分かりにくい。

などの意見があった。印刷テキストの支持は13%で、

「ディスプレイによる目の疲労」を指摘していた。

次に、オンラインテキストの文字の大きさ、文章量、画像、目次などの機能や操作性について質問した。図7に示すように、オンラインテキスト画面は、必然的にCAD画面と重なって表示される。その場合のオンラインテキストの使い勝手についてQ4で質問した。使いづらいとする意見は(30%)で、使いやすいとする

意見(13%)より多かった。肯定的な意見としては、

- ・TSの手前表示ができるのは便利、
- ・見ながら作業ができること、などがあった。

否定的な意見としては、

- ・学習するときは便利だけど、作業するときに（オンラインテキスト画面）が邪魔になる、
- ・いちいち画面を切り替えるのは面倒、（オンラインテキストとCAD画面）を横に並べると画面が狭くなる。などがあった。

次に、Q5ではオンラインテキストの文字のサイズ(10ポイント)について質問し、回答を大きい、普通、小さいの3段階に集約した。約9割の学生が適当と回答としている。また、Q6ではオンラインテキストの文章の量について質問し、回答を多い、適量、少いの3段階に集約した。適量と回答した学生が約9割いた。

Q7では、オンラインテキストに挿入した画像と内容の理解について、質問した。約9割の学生が理解しやすいと回答している。指示する意見としては、

- ・CADの作業画面と比較できる、
- ・画像に赤丸がついていて見やすかった

などがあった。“どちらとも言えない”と回答した学生は3名いたが、その理由は書いていなかった。“理解しにくい”と回答した学生は0名であった。

Q8では、オンラインテキストに付加した機能に目次がある。その使い勝手について質問し、役に立つ、どちらともいえない、役に立たないの3段階に集約した。87%の学生が“役に立つ”と回答している。支持する意見としては、

- ・見たい項目へ（クリック）一発で行けるから、
 - ・前回の実習の続きから始められる
- などの意見が多かった。

IV まとめと今後の課題

CADメーカーが用意するマニュアルやセルフトレーニングテキストは、オペレーションの習得を目的としていて、大学校の専門教科や実習との連携を考慮していない。そこで、専門課程の教育を目的としたイントラネットで使用するWebベースのオンラインテキストを制作した。併せて、本オンラインテキスト専用WebブラウザTokyoScapeのソフトウェア開発も行った。

実際に、本教材を学生に使用し、オンラインテキストと印刷テキストを比較する評価を行った。操作性と見やすさの点で、約半数の学生がオンラインテキストを支持した。オンラインテキストの欠点の一つに、

表4 アンケート結果

質問項目	尺度				
	好き	やや好き	どちらとも	やや嫌い	嫌い
Q1 パソコンを使うことが	52% (12人)		30% (7人)	18% (4人)	
Q2 オンラインテキストと印刷テキストどちらが使いやすいか	オンラインテキスト	ややオンラインテキスト	どちらとも	やや印刷テキスト	印刷テキスト
	48% (11人)		26% (6人)	26% (6人)	
Q3 オンラインテキストと印刷テキストどちらが見やすいか	オンラインテキスト	ややオンラインテキスト	どちらとも	やや印刷テキスト	印刷テキスト
	57% (13人)		30% (7人)	13% (3人)	
Q4 オンラインテキスト画面とCAD画面の同時表示は	使いやすい	やや使いやすい	どちらとも	やや使いづらい	使いづらい
	13% (3人)		57% (13人)	30% (7人)	
Q5 オンラインテキストの文字の大きさは	大きい	やや大きい	普通	やや小さい	小さい
	0% (0人)		96% (22人)	4% (1人)	
Q6 オンラインテキストの文章の量は	多い	やや多い	適量	やや少ない	少ない
	4% (1人)		92% (21人)	4% (1人)	
Q7 オンラインテキストの画像は	理解しやすい	やや理解しやすい	どちらとも	やや理解しにくい	理解しにくい
	91% (21人)		9% (2人)	0% (0人)	
Q8 オンラインテキストの左横の目次は	役に立つ	やや役に立つ	どちらとも	やや役に立たない	役に立たない
	87% (20人)		9% (2人)	4% (1人)	

「書き込みができない」ことが指摘された。書き込みする背景には、テキストの説明不足を補足するためと学生が自分なりに理解したことをメモするためと思われる。テキストの説明不足については、学習者の指摘を集約する方法とテキストの改訂をする教師の努力が必要となる。メモについては、学習者自身による教材のカスタマイズ（自由性）の確保の問題である。このカスタマイズの手立てについては、オンライン教材の共通の課題でもある。

次に、オンラインテキストの表示の切り替えはマウスの操作で簡単にできるが、それでもCAD画面と重なって使いづらいと感じる学生が約3割いた。開発したオンラインテキストでは、ディスプレイのCAD画面上に表示させるため、どうしてもCAD画面と重なった部分は見えない。例えば、自動車や航空機で使われるヘッドアップ・ディスプレイのように、オンラインテキストを透かして、およそどちらも見えるような方法を検討してみたい。

開発したWebベース・オンラインテキストについてCADメーカーの専門家に意見を求めたところ、「CADのツール自身にもコマンドを解説したヘルプファイルが装備されている。今回制作したオンラインテキストから辞書を引くような方法（ハイパリンク機能）によりヘルプファイルを参照できるのではないか」というコメントがあった。著作権等の問題もあるが、Webベーステキストのハイパリンク機能により、教材制作の効率と内容の充実を図れる可能性がある。

謝 辞

本研究に協力を頂いた職業能力開発総合大学校東京校電子技術科教官各位、専門課程卒業生鹿野敏宏氏、株式会社図研江守純児氏、電子系CAD教育に日夜奮闘している実践教育研究協会サーキットクラブ諸兄に感謝を申し上げる。

【参考文献】

- (1) S.Muroga (著)、室賀、笹尾 (訳)、論理設計とスイッチング理論、bit別冊、共立出版、1986年
- (2) 和田修己、高速ディジタル回路のEMC設計、電子情報通信学会誌、Vol.82、No.6、pp.616-618、1999年6月
- (3) 藤平正気、藤森秀信、多層プリント配線板ステップ365、工業調査会、1996年
- (4) 菊池達也、電子系CAD/CAMシステム紹介、

Circuit Club No.4、実践教育訓練研究協会、1999年、P38-40

- (5) 菊池達也、ガーバープリントV2によるランドの中抜き処理について、Circuit Club No.5、実践教育訓練研究協会、2000年、P16-17
- (6) 上田潤、システムLSI時代の人材育成とインフラ、電子情報通信学会誌、Vol.81、No.11、pp.1178-1182、1998年11月
- (7) 図研プロセスデザイン研究所、電子系CAE/CAD/CAM、1999年
- (8) 江守純児、CADベンダからの提案 わかりやすいCAD教育について、Circuit Club No.5、実践教育訓練研究協会、2000年、P39-42
- (9) L.Lemay (著)、武舎広幸、久野禎子、久野晴 (訳)、続・HTML入門-新機能、CGI、Webの進化、プレントイスホール出版、1995年
- (10) 佐藤立子/竹内里佳 監修、トップスタジオ (訳) Visual Basic6.0 パーフェクトガイド、翔泳社、1999年
- (11) 市川伸一編著、心理測定法への招待-測定からみた心理学入門-、サイエンス社、1997年