

デジタル回路 (論理回路) 学習 C A I コースウェアの開発

雫石和志*・狩原雅裕**・志田 寛*・佐藤信安*

(1996年12月9日受理)

Takashi SHIZUKUISHI, Masahiro KARIHARA, Yutaka SHIDA, Nobuyasu SATO

Development of a CAI-Courseware for teaching digital (logic) circuits

本研究は、中学校技術科電気領域における論理回路学習を効果的に行うために、シミュレータによる回路の設計製作実習をとりいれた C A I コースウェアを開発した。このコースウェアを中学校3年生4クラスで実施し、アンケート調査とあわせて学習者の認知的領域、情意的領域を調査・分析した結果をまとめている。この結果に基づき、本 C A I コースウェアの教育効果、有効性について、また、改善すべき課題について検討している。

[キーワード] 教材開発, C A I コースウェア, 論理回路, 技術教育, 電気・電子回路, ロジック・シミュレータ

1. はじめに

(1) 研究の背景

電気回路には、電気エネルギーを制御し利用するためのアナログ回路と、2値の電気信号で情報を処理するデジタル回路がある³¹⁾。中学校技術科電気領域では、指導書、教科書を参照すると、現在主としてアナログ回路が扱われており、デジタル回路については、情報基礎領域で扱われてはいるものの、その分量はわずかである^{17,32,33)}。しかし、最近、身のまわりにデジタル機器が増えてきており、また、一般に、コンピュータの発達に伴い、われわれを取りまく環境においてもデジタル量の扱いが増加しつつあり、この傾向はますます強まっていくことが予想される³⁹⁾。従って、中学校技術科においても、デジタル回路の基礎として回路の設計製作を含む論理回路学習を行うことが期待されている^{8,21,29)}。

しかし、教育現場では、授業時間数は不足し、論理回路を扱うこと自体難しいのが現状であり、複数の論理回路を含んだ回路の製作実習は事実上不可能である。また、論理回路は、

* 岩手大学教育学部技術教育講座

** 岩手大学教育学部附属中学校

それまで学習してきたアナログ回路とは異なり、①スイッチのON/OFFが情報を伝える、②スイッチがOFFでも動作する、③スイッチの組合せで動作する、という学習者の既有概念を覆すいくつかの学習課題を含んでいる。

こうした問題点を解決し、デジタル回路学習を効果的に行うための1つの方法として、CAIを利用することが考えられる。CAIにおいては、一般に学習者の思考による教材の個別化、個人のペースによる個別学習^{2,9,19,25)}が可能であり、また、回答所要時間や回答履歴の定量的なデータも得ることができ、学習者の思考の把握に役立つとされている^{5,7,12,19,35)}。CAIのタイプには様々なものがあるが^{2,20,25)}、論理回路学習の内容と性格から、チュートリアル学習の中にシミュレータによる回路の設計製作実習を取り入れたものが有効であると考えられる。シミュレータを使って回路の設計製作を行うことで時間不足を解消するとともに、回路を反復して製作することで論理回路設計製作のための理論と方法の定着が期待できる。

(2) 本研究の目的

本研究の目的は、中学校技術科電気領域における論理回路学習を効果的に行うための電気回路シミュレータによる回路の設計製作を取り入れたCAIコースウェアを開発すること、および開発したコースウェアを実際に教育現場で利用し、アンケート調査とあわせて学習者の認知的領域、情意的領域を調査・分析した結果をまとめること、この結果に基づき、本CAIコースウェアの教育効果、有効性について、また、改善すべき課題について検討することである。

2. CAIコースウェアの開発

(1) 設計方針

現在見受けられるいくつかのCAIプログラムは、ドリル形式の反復訓練であったり、チュートリアル型でも、文章を読んでリターンキーを押すだけのものも見受けられ、これだけでは学習課題の解決が難しいとの批判がある¹⁰⁾。また、スキナー流のスモールステップに分けたプログラム学習的なCAIでも、やらされているという不満が残る。またそれで解けたということが、陶冶的な力になるかというところに問題があると指摘されている^{2,10,20,25)}。そこで、本研究では、CAIを単なる「教える機械」ではなく、「コンピュータ教材」すなわちコンピュータをシミュレータやデータ提示等の道具として用いるものとしてとらえ^{2,4,18,26,39)}、チュートリアル学習の中に問題解決学習^{2,15,20,25,40)}を取り入れることとし、学習者自身が積極的に反応する修得教材²⁵⁾の開発を目指すことにした。

設計方針は以下の通りである。

- ・フレーム型チュートリアル学習+電気回路シミュレータによる回路の設計製作実習^{2,20,25)}
- ・プログラム学習の原理^{2,20,25)}、question oriented法²⁾を適用
- ・製作を通して学習者が積極的に反応し、創造性を発揮できる教材^{2,30)}

- ・学習者の理解に応じたKR情報の発生^{2,22,25,35)}
- ・日常生活に密着した学習題材^{36,40)}
- ・見やすい画面構成とする¹³⁾
- ・操作性を高める^{2,20,25)}
- ・学習意欲をもたせる内容とする^{36,40)}

(2) CAIシステムの開発

電気回路シミュレータによる設計製作を含むコースウェア作成のためのCAIシステムを開発した。この概要を図1に示す。このシステムは、オーサリングシステム、エクゼキュータ、アナライザ^{2,20,25,37)}、電気回路シミュレータで構成される。これらは全て自作したものである。

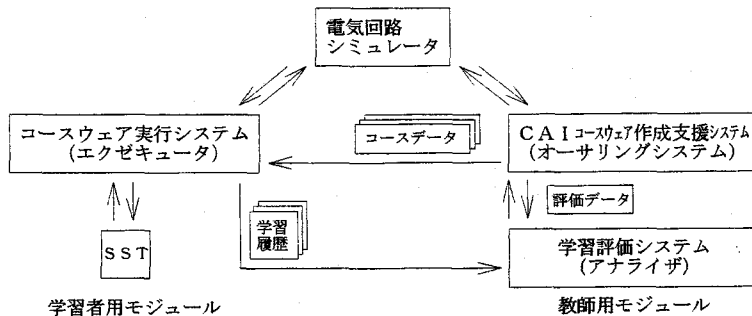


図1. CAIシステムの構成

オーサリングシステムは以下の特徴をもつ。

- ・プログラミング言語を習得しなくてもコースウェアを作成ができる^{2,20,25)}
- ・学習履歴がとれる^{5,7,12,19,20,25,35,38)}
- ・文字単位での色の指定とBEEP音のON/OFFを指定することができる^{13,27)}
- ・プログラム本体とコースデータが分離している^{2,20,25,37)}
- ・SST（学習者状態テーブル）をもつ^{20,23,37)}
- ・テキストデータはアスキー形式で記録する⁹⁾
- ・入力禁止時間・回答制限時間を設定できる²⁾
- ・文字単位で画面への表示速度を変えたり、一時停止を行うことができる²²⁾
- ・分岐先チェック機能などの作成支援機能をもつ^{2,37)}

電気回路シミュレータは次の特徴をもつ。

- ・NOT, AND, ORなどの基本的な論理回路を扱うことができる
- ・自動配線機能
- ・0を青い線, 1を赤い線で論理動作を視覚化
- ・コピー&ペースト機能をもつ
- ・スイッチにはラベル(A, B, ...)をつけることができる。

アナライザはまだ初期的なものではあるが、次の特徴をもつ。

- ・学習者ごとの学習履歴情報の表示
- ・各フレームの正答率, 平均通過時間, 平均学習時間などの算出^{2,37)}

教師はオーサリングシステムによってコースデータを作成する。エグゼキュータは、コースデータに従ってコースウェアを実行し、回答所要時間、回答の正誤、コース経路の追跡を順次行い、学習履歴情報としてデータファイルに記録する。教師はアナライザを用いてこれを分析、学習者の思考を把握するとともに、コースの評価改善を行う。

(3) コースウェアの作成

一般に、授業計画・学習指導においては、PLAN (計画・設計・企画) → DO (実施・実践・実行) → SEE (評価・分析) の手順を追うことが基本になる^{11,18)}。よりよい授業計画・学習指導を行うには、学習課題の明確化過程と、その解決過程を構想して授業計画を作成し、その一応の評価・分析を試み、その後実施・実践して、実践後の再評価を行うことによりPLANの修正を繰り返すことになる。すなわち、一般にコースウェアの作成にあたって、①学習内容の構造分析によって、②学習の目標を設定しなければならない。この目標は総括目標と呼ばれているが、授業はこの総括目標を達成するように設計されなければならない。そのためには、③学習過程の検討を行なう必要がある。学習過程の各段階においては、④考えられる妥当な目標行動を設定し、これとの関連において⑤教師のねらいとしている下位目標を設定することになる^{7,16,25,36)}。

(a) 目標と題材

総括目標として、前述した論理回路学習における3つの問題点、すなわち①スイッチのON/OFFが情報を伝える、②スイッチがOFFでも動作する、③スイッチの組合せで動作することについて理解することとした。

題材として、日常生活に密着した7 segment LEDを選定した。我々の身のまわりには、自動販売機や電卓、時計などデジタル処理をした結果を、発光ダイオードや液晶表示器などで数字表示したものを数多く見つけることができる。この仕組みを知ることは、中学生にとって大変興味あることと思われる。学習者は、これを点灯させる回路を製作することを目的として学習に取り組み、この実験結果から論理回路の基本事項を学習する。

(b) コースウェアの概要

総括目標を実現するために、3時間にわたるコースウェアを作成した。その概要を図2に、画面写真を図3(a)(b)に示す。本コースウェアは、身のまわりのデジタル表示機器である7 segment LEDに数字を表示する回路を題材として扱ったが、この回路からスイッチの数を減らしていく過程で、論理回路の基本事項について学習を行わせる内容とした。

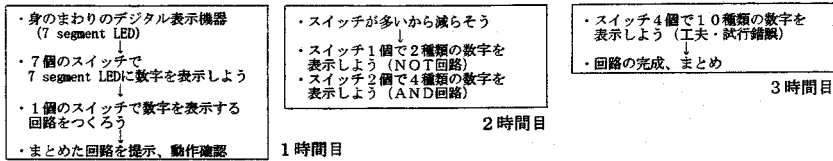


図2・コースウェアの概要

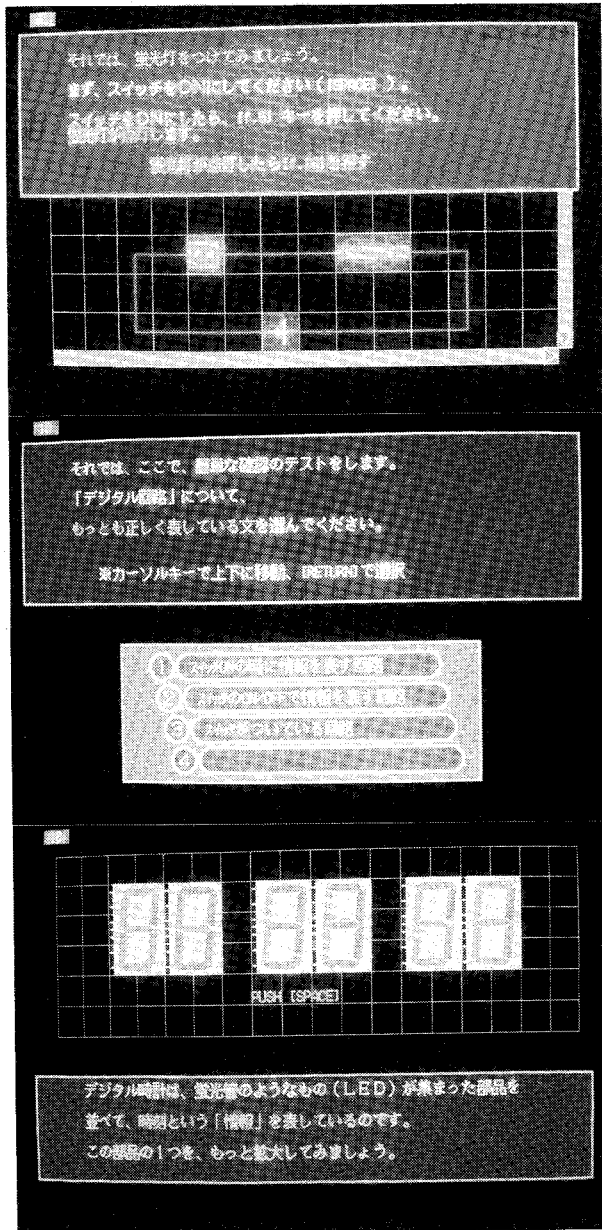
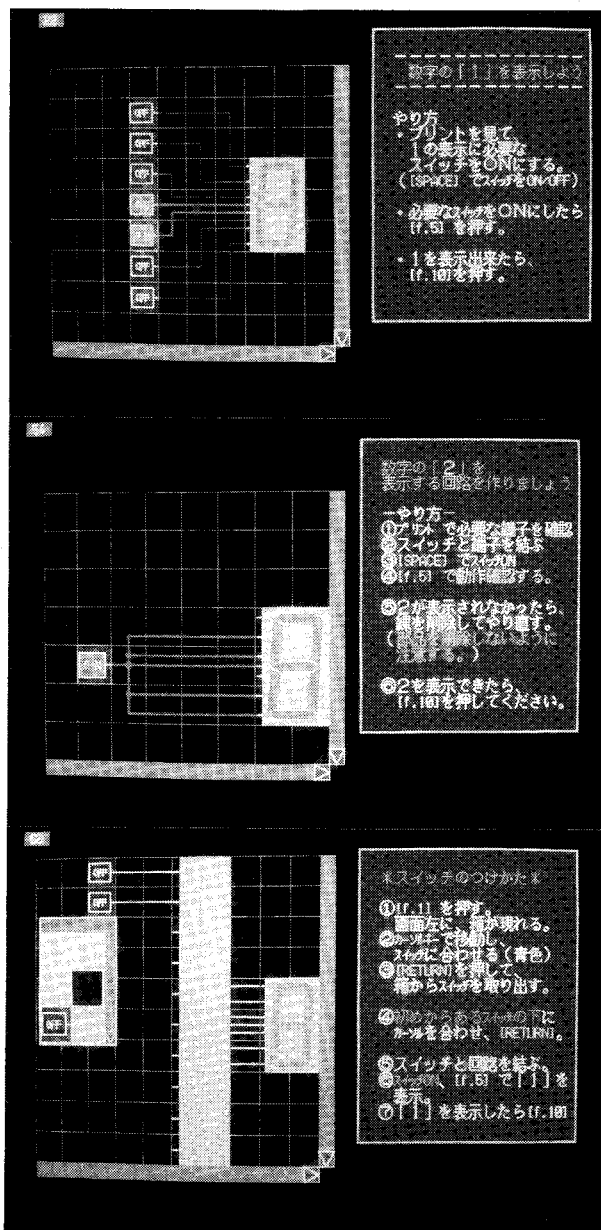


図3(a). コースウェアの画面写真 (1時間目の導入部)



(b). コースウェアの画面写真 (1時間目の製作部)

1時間目では、スイッチのON/OFFが情報を表すことを理解させるため、7 segment LEDに7個のスイッチを直接つないで数字を表示する回路の製作を行い、後に1個のスイッチで7 segment LEDに1個の数字を表示させる回路を製作する内容とした。

2時間目は、NOT回路によってスイッチがOFFでもLEDが点灯することを、1個のスイッチで2通りの数字を表示させる回路の製作を行う過程で学習させた。また、AND回

路については、2個のスイッチで4通りの数字を表示する回路をNOT回路と組み合わせで製作する過程で学習させる内容とした。

3時間目は2時間目までの知識を定着させるため、スイッチ1個で2通り、2個で4通りの数字を表示する回路の製作を行った上で、スイッチ3個で8通り・スイッチ4個で10通りの数字を表示する回路を製作し、これまでに学習したNOT回路・AND回路を組み合わせた回路についての知識の定着を図る内容とし、新しい学習事項は加えなかった。

3. コースウェアの実施

(1) 調査の概要

1996年11月15日から11月27日に、附属中学校の3年生4クラス（145名）を被験者として本コースウェアの実施を行った。この際、コンピュータによって学習履歴をとった。学習の前後に、論理回路に関する11項目の認知テスト、電気一般に対する6項目の関心のアンケート、デジタル表示機器に関する7項目の情意アンケート^{24,36)}を行った。なお、事前、事後、保持テストの問題は、内容・出題形式とも全て同じものとした。

(2) 分析の方法

コースウェアの教育効果は、事前事後および保持テストの結果および学習履歴情報によって評価される^{5,18,20,24,25)}。認知テストおよびアンケートについてはt検定を用いて得点の傾向を調べる。また、学習者によるコースウェアに対する自由記述の結果を集計し、本研究で作成したコースウェアに対する学習者の反応および意見を調べる。学習履歴からは、所用時間、事前事後のテストの差が著しかった生徒の学習の追跡、事前テストのよかった生徒の誤答内容の検討、事後テストの悪かった生徒の学習の追跡、反応時間の長い回答の検討などを行うものとする⁵⁾。なお、今回の研究では、結果は2クラス71名についてのものを示す。

4. 結果の概要

(1) 論理回路に関する認知テストの結果

(a) 平均点と分散の変化

2クラス71名に対して行った事前テスト・事後テスト（11点満点）の結果を、図4に示す。得点の分布については、コースウェアの実施前は大半の者の得点が低くL字型のグラフだったが、実施後は著しい進歩が見られ、逆L字型のグラフになった。実施前後の得点の変化については表1に示す。この結果から、実施後に、ほぼ全ての者の得点が向上したことが示された。

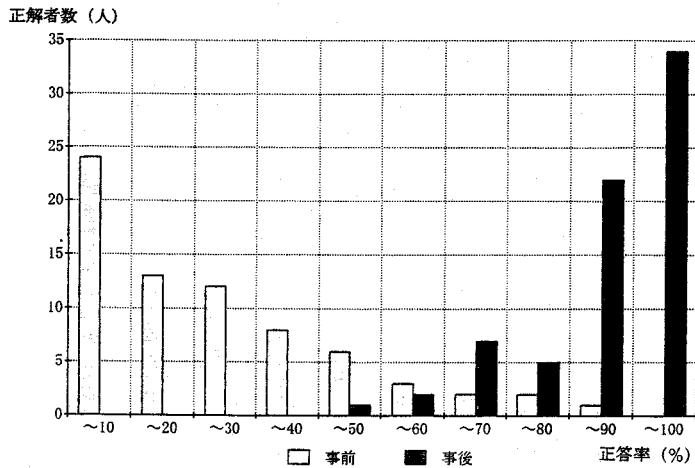


図4. 論理回路に関する認知テストの正答率の変化

表1. 認知テストの得点の変化

	事後テスト										正答率 (%)	人数
	~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	~80	~90	~100		
事前テスト	~10					1	2	1	10	10	24	
	~20						1	3	1	4	13	
	~30							1		5	12	
	~40					1			2	1	8	
	~50							1	1		6	
	~60										3	
	~70									1	2	
	~80										2	
	~90									1	1	
	~100										0	
	0	0	0	0	1	2	7	5	22	34	71	

□内の数字は該当者数 (人)

平均点と標準偏差については表2の通りである。事後には平均点は6.68ポイント上昇し、標準偏差も0.74ポイント縮まり、進歩が認められた。この結果は0.1%レベルで有意であり、コースウェアによる学習の効果があったと考えられる。

表2. 平均点と標準偏差の変化

	平均点	標準偏差
事前	2.69	2.23
事後	9.37	1.49

(b) 問題別の正答率の変化

論理回路に関する認知テストの問題別の正答率は図5に示す通りである。本コースウェアを作成するにあたって設定した目標である①スイッチのON/OFFが情報を伝える(Q1),

②スイッチがOFFでも動作する (Q 5), ③スイッチの組合せで動作する (Q 2) については, 事後には90%以上の者が正解した。これは, コースの中で繰り返し設計製作を行った効果が現れたものと考えられる。

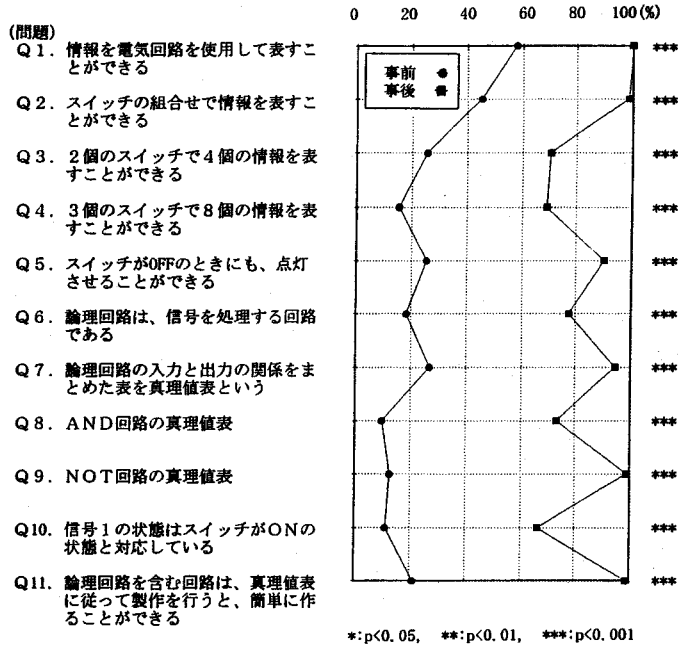


図5. 論理回路に関する認知テストの問題別の正答率の変化

(2) 情意アンケートの結果

(a) 電気一般に関するアンケート

コースウェアの実施にともなって興味や意欲などの情意面にはどのような影響があったのかを調査した。図6に, 電気一般に対する関心のアンケートの項目および結果を示す。この結果から, 電気の学習を行うことに対する興味 (項目1) が増加したことが分かる。

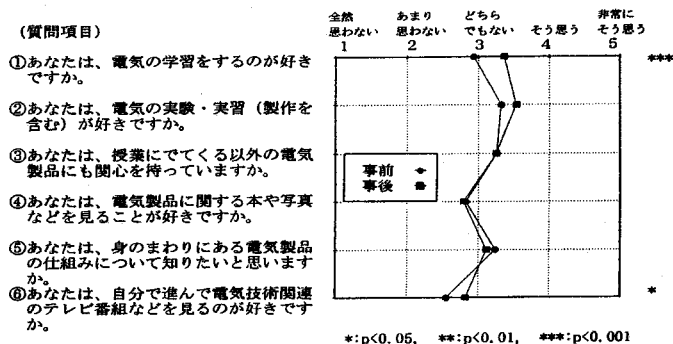


図6. 電気一般に対する関心の変化

(b) デジタル表示機器に関するアンケート

図7に、デジタル表示機器に関するアンケートの項目および結果を示す。コースウェアの実施後、「電気回路の学習を行いたい」、「デジタル表示機器についてもっと知りたい」、「電気回路や電気製品についてもっと調べたい」について、興味・意欲が増大したことが分かる。

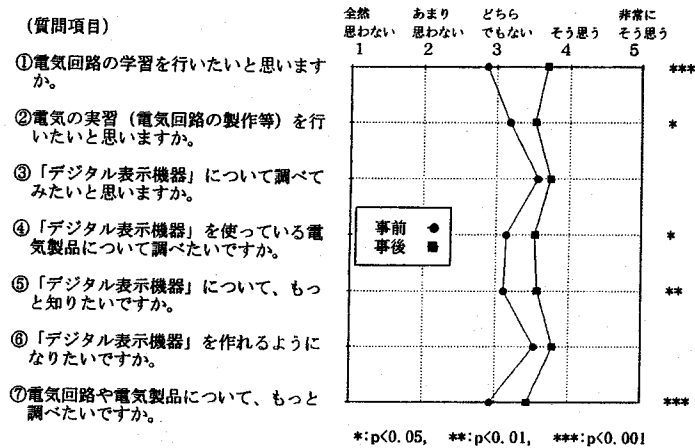


図7. デジタル表示機器に関する意欲の変化

(3) 学習者のコンピュータ教材についての評価

(a) アンケートの集計結果

本研究で作成したコースウェアに対する学習者の反応および意見を調査したアンケートの結果を、図8に示す。コースウェア実施後には、「楽しい」「効果がある」「自分のペースで学習できる」などそれぞれの項目でCAIに対する肯定的な意見が増大したことが認められた。

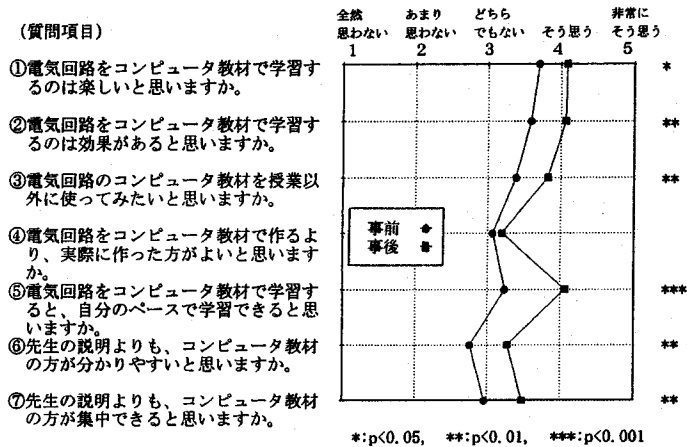


図8. コンピュータ教材に対する生徒の評価

(b) 自由記述による本コースウェアに対する感想の集計結果

コースウェアの実施にあたって、毎時間、学習終了後に授業に対する感想を自由記述させたが、その集計結果を表3に示す。

1時間目では、大部分の者が「楽しかった」「分かりやすかった」と回答しており、「これからもやりたい」と興味を持った生徒が15名いた。また、学習者にとってCAIによる授業が初めてだったこともあり、「新鮮だった」という感想も見られた。

2時間目は、NOT回路とAND回路という2つの論理回路を同時に扱ったため、内容が複雑になり、「難しかった」と回答したものが約半数みられた。これについては改善を行う必要がある。しかし、同時に「ためになった」という感想も増加した。

3時間目は、「楽しかった」「ためになった」という感想が多く、CAIによる授業に対して、肯定的な意見を持っていることが分かった。しかし同時に、「難しかった」という意見もあった(21名)。これは、論理回路の学習内容自体に対する評価だと考えられるが、より分かりやすい授業を展開できるように今後改善する必要がある。

	数字は人(複数回答)		
	1時間目	2時間目	3時間目
楽しかった	43	16	27
分かりやすかった	26	13	16
自分のペースで学習できた	14	1	2
これからもやりたい	15	1	7
ためになった	8	13	14
新鮮だった	8	1	0
疲れた	6	9	5
難しかった	10	32	21
分かるようになりたい	3	3	3

表3. 自由記述による本コースウェアに対する感想

(4) 授業者による本コースウェアに対する評価

実施後に、授業者とのディスカッションを設け、本コースウェアに対する反省を行った。この際、指摘された事項を表4にまとめた。今後、これらの点については検討を行う。また、この中には、通常の一斉授業でも反省すべき点が含まれていると感じられた。

学習意欲	<ul style="list-style-type: none"> クラスにより差があるが、内容および題材に興味をもてば集中して学習を行う。 CAIは、操作に慣れるまで時間が必要だが、慣れると集中して学習する。 シミュレータによる回路の設計製作が学習者の興味を引き、積極的に反応する教材となった。 コース全体の流れの中で、学習者が現在行っている作業の意味(位置づけ)をより明確にし、学習者に意識させたい。
内容と分量	<ul style="list-style-type: none"> 2時間目は扱った分量が多かった。NOT回路とAND回路を同時に扱ったため、回路の製作を行う場面が少なくなった。 AND回路でつまづく者が多く見られた。NOT回路とAND回路を教えるには、それぞれ1時間は必要であった。 通常の一斉授業では、今回得られた結果と同程度の成果を3時間で上げることは不可能である。設計製作の反復が効果的であった。 学習内容の解説については、「～であり、いいかえると～」のような2重3重の説明が有効である。学習者が「分かった」時点で、さらに例をあげて示す。誤った解釈をした者に対しても有効である。
つまづきへの対応	<ul style="list-style-type: none"> 誤った回答をした者に対しては、誤った理由を明らかにした上で指導を行う。 操作法が分からなくなり、学習を停止する者も見られた。 つまづいた者は作業が停止するが、その事項について、教師が教えると先へ進む者が大半である。 何が分からないのかが分からない者もいる。従って、治療フレーム、ヘルプ機能の充実が期待される。何が分からないのかを気づかせ、その上で指導を行う。

表4. 授業者による本コースウェアの評価

5. まとめ

(1) 内容の有効性について

認知面については、コースウェア実施の事前・事後に行った認知テストの結果から、論理回路の基本事項に対する進歩が認められ、コースウェアによる学習の効果があったと考えられる。本コースウェアの作成において総括目標として設定した論理回路学習を行う際の3つの問題点、すなわち①スイッチのON/OFFが情報を伝える、②スイッチがOFFでも動作する、③スイッチの組合せで動作する、に関する問題については、90%以上の者が正解しており、内容の有効性を示すものである。しかし、図5の問題3、4、6、8、10については、正答率が80%を下回った。これらの項目に対する教授方法については再検討を行い、改善を行う必要がある。

情意面については、アンケートの結果から、電気・電気回路に対する興味および電気・電気回路学習に対する関心・意欲が増大したことが認められる。自由記述の結果でも「楽しい」「効果がある」と評価されており、その有効性を裏づけるものと考えられる。また、本コースウェアで設定した題材については、「数字を表示するのが楽しい」「デジタル表示の仕組みが分かり良かった」という感想が多く見られ、中には「デジタル時計を作りたい」といった積極的な感想もあり、学習者の興味を引くことができたと考えられる。

(2) 実用化の可能性について

本研究で得られた結果は、認知面、情意面ともに本コースウェアによる論理回路学習が有効であることを示している。また、学習者による評価も概ね肯定的であった。したがって、このような回路の設計製作を取り入れたCAIコースウェアを教授メディアとして利用することが可能であると考えられる。

今後の課題として、保持テストの実施ならびに学習履歴情報の評価・分析を行い、学習者の思考に対する把握を深める必要がある。今回実施したコースウェアは一応の教育効果は認められたが、得点の低かった項目およびコースの分量について、検討・改善を行う必要がある。

(3) 技術科における位置づけ

本コースウェアは、従来型の授業では時間的に不可能だった論理回路の設計製作実習を取り入れた授業を可能にした。技術科では論理回路は情報基礎領域で扱われているものの、その分量はわずかであり、また電気回路としては扱われていない。本コースウェアは、電気回路とのつながりをひらくもの、情報基礎領域と電気領域の融合を図るものとして有効であると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、コースウェアの教育効果を確かめるためのアンケート作成について、本学部教育実践研究指導センターの大河原清教官および同センター大学院生佐々木佳史氏にご協力を頂いた。また、コースウェアの実施にあたっては、本学部技術教育講座所属学生・院生の協力を得た。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 荒木慶和：多人数授業への C A I の導入，日本教育工学会第 8 回大会講演論文集，48-51，1992
- 2) 芦葉浪久：C A I コースウェア作成技法，東京書籍，1987
- 3) 電子情報通信学会（編）：デジタル回路，コロナ社，1982
- 4) 林 徳治：グループ学習における問題解決型 C A I の活用について，日本教育工学会第 3 回大会講演論文集，175-176，1987
- 5) 堀口秀嗣：コースウェア改訂のための学習記録の利用，日本科学教育学会第 10 回年会論文集，69-70，1986
- 6) 堀口秀嗣：異機種間での相互利用を目指したコースウェア記述形式，日本科学教育学会第 10 回年会論文集，213-214，1986
- 7) 堀田龍也：フレーム型 C A I における学習記録分析支援システムの研究（1）～学習記録分析の視点と本システムの概要～，日本教育工学会第 8 回大会講演論文集，522-523，1992
- 8) 飯島真理：デジタル回路の教材化，日本産業技術教育学会第 33 回全国大会講演要旨集，91，1990
- 9) 池田昌弘：電子回路演習プログラムの一考察，教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集，117-118，1985
- 10) 石原敏秀：物理教材用問題解決基本プロセスを用いた C A I プログラム，日本科学教育学会第 11 回年会講演論文集，37-38，1987
- 11) 梶田・藤田・井上（編）：現代教育評価講座 理論編，第一法規，1953
- 12) 木下昭一：コースウェア反省のための履修分析，日本科学教育学会第 10 回年会論文集，71-74，1986
- 13) 北垣郁雄：C A I のコースウェア開発における検討事項について～画面設計を中心として～，日本教育工学会第 3 回大会講演論文集，361-364，1987
- 14) 古藤泰弘：情報教育をどう実践するか，日本教育工学会第 8 回大会講演論文集，16，1992
- 15) 町田彰一郎：シンポジウム「あたらしいテクノロジーに基づいた数学教育」～C A I の考え方その実践の立場から～，日本科学教育学会第 10 回年会論文集，569-572，1986
- 16) 三塚正臣：学校数学における教育ソフトウェアの開発について，日本教育工学会第 3 回大会講演論文集，177-178，1987
- 17) 文部省：中学校指導書 技術・家庭編，開隆堂出版，1989
- 18) 永野和男：教育現場での C A I 実用化の問題点とその方略，教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集，47-50，1985

- 19) 中川 正：C A I 学習記録の分析 (4)，日本科学教育学会年会論文集，239-240，1979
- 20) 中山・木村・東原：コンピュータ支援の教育システム-C A I，東京書籍，1987
- 21) 日本産業技術教育学会情報分科会 (編)：教師のための情報教育入門，朝倉書店，1991
- 22) 岡本敏雄：パソコン C A I / C A L 学習ソフトウェアの評価について，日本教育工学会第 3 回大会講演論文集，369-370，1987
- 23) 恩田一光：パソコンによる C A I オーサリングシステムの開発，日本科学教育学会第10回年会論文集，207-210，1986
- 24) 大竹隆夫：コンピュータ・シミュレーションの学習に及ぼす影響 中学校理科炎色反応実験の事例について，筑波大学大学院修士論文，1994
- 25) 佐藤隆博：教育情報工学入門，コロナ社，1989
- 26) 瀬川良明：オーサリングツールを利用した情報教育の開発，日本教育工学会第11回大会講演論文集，273-274，1995
- 27) 芝 茂雄：提示教材 (静止画像) データの交換を可能にするためのデータの構造についての研究，日本科学教育学会第11回年会講演論文集，77-78，1987
- 28) 四方・一谷：教育統計法入門，日本文化科学社，1963
- 29) 清水通夫：2 値論理に基づくコンピュータの動作原理の教育支援システム，日本教育工学会第 8 回大会講演論文集，148-151，1992
- 30) 鈴木克明：「魅力ある教材」の設計開発をめざして-A R C S 動機づけモデルと C A I 設計への応用-，日本教育工学会第 3 回大会講演論文集，375-376，1987
- 31) 鈴木寿雄：新学習指導要領に基づく新しい技術・家庭の展開 木材加工/電気/金属加工/機械/栽培/情報基礎，開隆堂，1989
- 32) 鈴木寿雄 (編)：技術・家庭 (上)，開隆堂，1992
- 33) 鈴木寿雄 (編)：技術・家庭 (下)，開隆堂，1992
- 34) 竹花史康：中学校における C A I の問題点と今後の展望，日本教育工学会第 8 回大会講演論文集，48-51，1992
- 35) 竹本正勝：パーソナルコンピュータによる電気回路演習用 C A I，教育工学関連学協会連合全国大会講演論文集，123-124，1985
- 36) 辰野千寿：新訂教育心理学-現代教育評価全書，厚德社，1977
- 37) 天利順道：C A I 教材作成支援システム及び実行システムの開発，日本科学教育学会第10回年会論文集，211-212，1986
- 38) 寺崎幸子：学校教育に適合する C A I の内容の検討について その 2，日本科学教育学会第10回年会論文集，199-200，1986
- 39) 植竹恒男：コンピュータと数学科のカリキュラム，日本科学教育学会第10回年会論文集，565-568，1986
- 40) 若き認知心理学者の会：認知心理学者教育を語る，北大路書房，1993