

工業高等学校における科目「実習」に関する実践的研究

—「CAD」の指導方略の開発—

時谷 昌秀^{*1}・内海 志典^{*2}

本研究は、工業高等学校の科目「実習」において、単元目標を達成するために、「CAD」の指導方略を開発し、その効果について検証した。また、「CAD」の指導方略の成果の検証については、授業後の択一式アンケート、授業後の自由記述式アンケート及び全国工業高等学校長協会主催の初級「CAD」検定試験合格率をもとに検討した。その結果、開発した「CAD」の指導方略を導入した授業実践を行ったところ、生徒は学習内容を容易に理解することができ、意欲的に学習することができたと考えられる。また、それらの「CAD」の指導方略により、「CAD」の操作技能の習得に対する生徒の意欲を向上させ、生徒は単元目標を達成できたと考えられる。つまり、本研究で開発した「CAD」の指導方略は、生徒の学習の「足場かけ」として機能したといえるだろう。

〈キーワード〉実習、工業高等学校、CAD、指導方略、操作技能

1. はじめに—問題の所在と研究の目的—

工業高等学校の教育課程は、高等学校学習指導要領により各教科に共通する教科科目と専門科目における教科科目で編成されている。工業の専門科目「実習」は、専門分野に関する技術を実際の作業を通して総合的に習得させ、技術革新に主体的に対応できる能力と態度を育て、産業社会に貢献することをねらいとした専門教科である（文部科学省、2015）。

「実習」の授業では、少人数指導で班を編成し、各班で異なる内容を実施し、定期的に各班のローテーションを行なっている。本研究では、「実習」の授業の「CAD（Computer Aided Design）」を研究の対象とした。

「CAD」は、パソコンを使用して設計や製図が行えるシステムで、広く企業などで使用されているソフトウェアである。

長谷川ほか（2008）は、技術に関わる仕事をしている工業高等学校の卒業生のうち、「実習」を専門的な技量の基盤を養うことができる科目として高く評価している。また、「CAD」について、生徒は「CAD」の操作技能は習得できるが、製図の描き方がわからないことを指摘している。そこで、製図の製作では、設計製図を「CAD」

で描けることが「実習」の指導として重要であると考え、「自ら設計した設計製図が『CAD』を用いて描ける」という単元目標を設定し、授業を展開することを試みた。

本研究では、「実習」の「CAD」において、単元目標である「自ら設計した設計製図が『CAD』を用いて描ける」ことを達成するために、「CAD」の指導方略を開発し、授業実践を試行し、その効果について検討することを目的とした。

2. 研究の方法

2.1. 調査対象

本研究は、2012年4月から2013年3月において、東京都立A工業高等学校建築科2年生（34名）の「実習」の「CAD」を調査対象とした。「実習」（3単位）は、「材料実験」、「模型製作」、「CAD」の3つの内容について、3つの班編成で1班を11名～12名の生徒に分けて実施した。各班は、4～3週間でローテーションを行い、年間3ローテーション（1内容あたり33時間）で実施した。

なお、授業は、2012年度、2013年度ともに筆頭筆者が実施した。

*1 千葉工業大学 *2 岐阜大学教育学部

A Practical Study on “Practice” in Technical High School: A Case Study on Development of Teaching Strategies of “CAD”

2.2. 調査方法

工業高等学校の科目「実習」の「CAD」で、開発した「CAD」の指導方略を導入した授業実践を試行する授業実践後に択一式アンケート及び自由記述式アンケートと全国工業高等学校長協会主催の初級「CAD」検定試験合格率からその効果について検証する。

2.3. ソフト「Jw-cad」

授業で用いた2次元汎用ソフト「Jw-cad」は、Shimizu J. & Tanaka Y.が開発したフリーウェアであり、機能性や操作性に優れている。生徒1名に対して1台のパソコンを使用させた。

2.4. 「CAD」の指導方略

(1)前年度の「CAD」の指導

前年度の「CAD」の授業指導を表1に示す。また、前年度の「CAD」の年間指導計画（一部抜粋）を表2に示す。なお、表2中の実施月は、3班のうちの1班のもの

表1 前年度の「CAD」の授業指導

<ul style="list-style-type: none"> ・一斉授業で、「CAD」の操作方法を説明し、指導段階を設定しない。 ・設計製図を模写する課題を終了するまで課題に取り組み、発展的な学習教材を設けない。 ・生徒の質問に教師が、個々に対応する。

表2 前年度の「CAD」の年間指導計画(一部抜粋)

実施月	学習内容
4月	・安全教育（服装，工具の取り扱い，準備，片付け，清掃） ・ガイダンス
4月	・「CAD」の基本的な操作方法を学び簡単な図形を作成
4月	・木造平屋建て専用住宅の平面図（柱，壁）トレース ¹⁾ （製図教科書）
4，5月	・木造平屋建て専用住宅の平面図（仕上げ）トレース（製図教科書）
5月	・木造平屋建て専用住宅の平面図（寸法）トレース（製図教科書）
9月	・木造2階建て専用住宅の配置図のトレース（製図教科書）
9月	・木造2階建て専用住宅の平面図のトレース（製図教科書）
9月	・木造2階建て専用住宅の立面図のトレース（製図教科書）
11月	・鉄筋コンクリートの配置図のトレース（製図教科書）
11月	・鉄筋コンクリートの平面図のトレース（製図教科書）
11月	・鉄筋コンクリートの立面図のトレース（製図教科書） ・鉄筋コンクリートの外観パースの作成 ²⁾ （製図教科書）

注1) トレースとは、製図の原図を「CAD」で模写することを示している。

注2) 外観パースとは、製図の完成予想図（透視図）を示している。

である。

前年度は、一斉授業で「CAD」の操作方法を説明し、製図教科書に掲載されている設計製図（平面図，配置図，立面図，外観パース）を模写する課題（トレース課題）を終了するまで取り組ませた。

(2)本研究における「CAD」の指導

「自ら設計した設計製図が『CAD』を用いて描ける」という単元目標を達成するために、開発した「CAD」の指導方略を表3に示す。

表3 開発した「CAD」の指導方略

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・5つの指導段階（表4）を設定する。 ・生徒の「CAD」の操作技能の状況に対応した授業展開ができる学習教材を作成する。 ・「CAD」の操作技能を習得して、発展的な学習教材に取り組むことで、自ら設計した設計製図が「CAD」で描ける指導をする。 |
|--|

また、開発した「CAD」の指導方略をもとに作成した単元目標到達までの指導段階を表4に示す。なお、表4中の実施月は、3班のうちの1班のものである。

石田（2007）は、プログラム学習を導入した看護学実習の実践を行い、学習内容を分割した指導段階を設定した授業実践を行うと、実習のように状況が変化する科目においても学習内容を組み立てることで、学習効果があることを明らかにしている。

そこで本研究では、正しく描けるまで繰り返し取り組ませる「CAD」の学習教材を作成し、指導段階を設定したプログラム学習を導入した「CAD」の指導方略を開発した。

設計製図の課題は、前年度は、製図教科書の住宅の平面図などの設計製図を模写する課題を設定した。本研究では、製図の描き方において、自ら設計する住宅の設計製図（平面図，配置図，立面図，外観パース）の学習教材を設定した。

なお、単元目標到達までの指導段階は、基本操作方法1，基本操作方法2，応用操作方法，トレース，最終目標の5段階とし、生徒の「CAD」の操作技能の状況に対応した学習教材を、正しく描けるまで繰り返し取り組ませる指導を行った。加えて、発展的な学習教材に取り組むことで、製図の描き方で「CAD」の操作技能を習得させることを意図した。

2.5. 授業実践

表4 単元目標到達までの指導段階

実施月	指導段階	学習内容
4月	基本操作方法1	図形を描くことができる。 ・「CAD」のマウス操作方法を習得する。 ・線の種類、削除、伸縮の方法を習得する。 ・線、円の図形を描くことができる。 ・線、接円、接楕円の図形を描くことができる。 ・線、円を応用して図形を描くことができる。 ・線、円、楕円、接楕円を応用して図形を描くことができる。 <p style="text-align: right;">【発展的な学習】</p>
4, 5月	基本操作方法2	立体を描くことができる。 ・部分削除、複写、レイヤ ¹⁾ を習得する。 ・部品呼出し、部品登録を習得する。 ・図形を等角投影図が描くことができる。 ・「CAD」の機能を応用して、等角投影図を描くことができる。 ・描いた等角投影図を、画像ファイル ²⁾ として他のソフトウェアに活用できる。 ・等角投影図を応用して立体を描くことができる。 <p style="text-align: right;">【発展的な学習】</p>
9月	応用操作方法	簡素な平面図、立面図を描くことができる。 ・レイヤを活用し、製図を描くことができる。 ・部品の登録を活用し、製図を描くことができる。 ・簡素な平面図を描くことができる。 ・簡素な立面図を描くことができる。 ・平面図、立面図の中間ファイル ³⁾ を作成し、他のソフトウェアで読み込むことができる。 ・簡素な平面図、立面図を作成し、レイヤを応用して描くことができる。 <p style="text-align: right;">【発展的な学習】</p>
9月	トレース	設計製図を「CAD」で模写することができる。 ・レイヤを活用し、製図を描くことができる。 ・より早く、正確な製図を描くことができる。 ・住宅の平面図、立面図を模写して描くことができる。 ・住宅の断面図、詳細図を模写して描くことができる。 ・より速く正確に住宅の平面図、立面図、断面図、詳細図を正確に模写して描くことができる。 <p style="text-align: right;">【発展的な学習】</p>
11月	最終目標	自ら設計した設計製図が「CAD」で描ける。 ・描いた設計製図を、さまざまなソフトウェアに活用できる。 ・自ら設計した平面図、立面図、断面図、詳細図を描くことができる。

注1) レイヤとは、階層構造のことであり下層から上層へと順に積み重ねて製図を構成することを示している。

注2) 画像ファイルとは、パソコンで画像データを扱うJPGやBMPなどのファイル形式を示している。

注3) 中間ファイルとは、異なる「CAD」ソフト間で「CAD」データを交換するためのファイル形式を示している。

本研究における「実習」の「CAD」の学習教材の具体的な指導過程と作成した指導教材の例(応用操作方法)を図1、図2にそれぞれ示す。

例えば、応用操作方法では、与えた簡単な平面図の学習教材を「CAD」で模写させ作成する。完成した生徒には、印刷して提出させその場で教師が確認する。正しく、平面図の学習教材が描けていれば、発展的な学習教材に取り組み、正しく平面図の学習教材が描けていない生徒には、間違いについて指導し、正しく描けるまで課題に取り組みさせた。発展的な学習教材は、10課題とした。基本操作方法1、基本操作方法2、応用操作方法、最終目標においても同様な指導過程で指導した。

2.6. 全国工業高等学校長協会初級CAD検定試験

全国工業高等学校長協会主催の初級CAD検定試験は、全国の高等学校工業高校生を対象に、工業技術者に必要な製図の基礎知識と、「CAD」の基礎的な操作技能が習

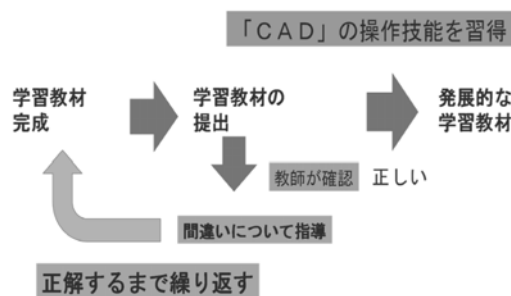


図1 学習教材の具体的な指導過程



図2 作成した指導教材の例(応用操作方法)

得されているかを検定することを目的として筆記試験と実技試験を実施している（公益社団法人全国工業高等学校長協会，2018）．初級CAD検定試験の内容を表5に示す．

表5 初級CAD検定試験の内容

<p>【筆記試験】</p> <p><共通の問題></p> <ul style="list-style-type: none"> ・「CAD」コマンド機能，「CAD」用語，「CAD」システムの構成 <p><専門科目の問題></p> <p>機械系</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製図の通則，座標の読取，図の作成 <p>建築系</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製図の通則，部材の表記法，建築製図の規則 <p>【実技試験】</p> <p>機械系</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機械部品の作図 <p>建築系</p> <ul style="list-style-type: none"> ・木造平屋建て住宅の作図

注) 専門科目の問題と実技試験の機械系，建築系は，選択科目である．

3. 結果

本研究では，単元目標の「自ら設計した設計製図が『CAD』を用いて描ける」ことを達成するために，「CAD」の指導方略を開発して授業で実践し，その効果について検証した．その結果，以下のことが明らかとなった．

- ・授業後の自由記述式のアンケートでは，生徒Aは，「課題を提出すると次の課題に取り組める．」と回答している．生徒は，一斉授業で「CAD」の操作方法についての説明を聞いて，各自の「CAD」の操作技能の状況に対応した学習教材に取り組んだ．各自の学習教材を完成した生徒には，完成した学習教材を印刷して提出させ，教師はそれを確認する指導を繰り返したことで，「CAD」の操作技能を習得できたという実感を持たせることができたのではないかと考えられる．同様の回答した生徒の割合は，70%（23名）であった．
- ・授業後の択一式のアンケートでは，生徒は「実習」の「CAD」の授業が，88%（30名）の生徒が「わかりやすい」，88%（30名）の生徒が「積極的に取り組めた」と回答している．設計製図を模写する課題を変更し，学習段階を設定したことで，生徒は，段階的に無理なく「CAD」の操作技能を習得することができたと考え

られる．そして，そのことが生徒に「CAD」の操作技能の習得に自信を持たせ，意欲向上につながったと考えられる．

- ・全国工業高等学校長協会第12回初級CAD検定試験の結果は，合格者が前年度26名中0名（合格率0%）に対し，34名中19名（同56%）であった．少人数指導の学習環境も影響したと考えられるが，前年度と比較し合格率が向上していることから，「CAD」の基礎的な操作技能が習得され，開発した「CAD」の学習方略の指導に，一定の効果があつたと推察される．

4. 考察

前年度の指導と開発した「CAD」の指導方略について比較し，その結果から「CAD」の指導方略の効果について考察する．

前年度の授業展開では，一斉授業で，「CAD」の操作方法を説明し，製図教科書の設計製図を模写する授業展開を行った．生徒の意識が，結果的に「CAD」の操作技能の習得だけに集中し，設計製図を模写する課題が，習得した「CAD」の操作技能を身に付けることのみ目標になっていた．このことは，工業高等学校の卒業生が，「CAD」の操作技能は習得できるが，製図の描き方がわからないことを指摘している長谷川ほか（2008）の指摘と一致している．

また，牧（1996）は，ソフトウェア技能習得は，経験や指先の器用さなど個人差が多いため，同じ授業時間で全員を同じレベルに到達することに無理があることを指摘している．本研究では，生徒の「CAD」の操作技能に対応した授業展開を行うために，生徒1名に対して1台のパソコンを使用させることで，パソコンの操作時間を確保し，生徒の「CAD」の操作技能の状況に対応した授業実践をすることができたため，生徒は学習教材に意欲的に取り組むことができたと考えられる．

設計製図を「CAD」で描くには，パソコンのオペレーティングシステム（Windowsなど）¹⁾，「CAD」の操作技能と製図の描き方を身に付けなければならない．本研究では，「CAD」の操作技能と，製図の描き方を身に付けることを関連付けて指導段階を設定して目標とした．生徒個人が「CAD」の操作技能と製図の描き方の習得状

況に応じて、学習教材と発展的な学習教材を正しく描けるまで繰り返し教師が指導したことで、生徒は、「CAD」の学習内容を容易に理解することができ、意欲的に取り組めたと考えることができる。

小林・鏑木(2005)は、発展的な学習教材を与えれば、学んだ知識を活用して最終的には、わかったという実感を持つことができることと、新たな学習が生じるには、発展的な学習教材が必要であることを明らかにしている。本研究では、発展的な教材を設定し生徒に取り組ませたことにより、生徒は身に付けた「CAD」の操作技能と製図の描き方の知識を、試行錯誤しながら取り組むことができた。また、教師が正しく描けるまで繰り返し指導したことで、最終的にわかったという実感を持たせることができたと考えられる。これらの指導により、「CAD」の操作技能の習得の生徒の意欲が向上し、生徒は単元目標を達成できたと考えられる。つまり、本研究で開発した「CAD」の指導方略が生徒の学習の「足場かけ」として機能したといえるだろう。

5. おわりに

開発した「CAD」の指導方略を導入した授業実践を行うと、生徒の「CAD」の操作技能の状況に対応した授業展開ができ、生徒が正しく描けるまで繰り返し教師が指導をすることで、「CAD」の操作技能の習得に対する生徒の意欲が向上し、単元目標を達成できると考えられる。

註

1) オペレーティングシステムは、生徒が毎時間パソコンからソフト「Jw-cad」を起動することで習得できる。

引用文献

長谷川雅康・三田純義・佐藤史人・佐藤浩章・吉留久晴・丸山剛史：「高校工業教育における実験・実習の内容とその教育効果に関する実証的調査研究」、『平成17年度～19年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書』, pp. 6-64, 2008.

文部科学省：『高等学校学習指導要領解説 工業編』, 実教出版, 2015.

Shimizu J. & Tanaka Y. : Jw-cad. (Retrieved from <http://www.jwcad.net/>)

石田智恵美：「動的なプログラム学習による学習者の知識の構造化に関する研究：会話による知識構造推測型の発問生成ストラテジーの効果」、『教授学習心理学研究』, 3巻, 2号, pp. 37-53, 2007.

公益社団法人全国工業高等学校長協会：『初級CAD検定試験』, 2018. (Retrieved from <http://www.jwcad.net/>)

牧野多聞：「パソコン操作の基礎技能とその技能習得についての調査研究」、『國學院短期大学紀要』, 14巻, pp. 95-129, 1996.

小林寛子・鏑木良夫：「知識を活用する理科学習の効果」、『日本教育心理学会第47回総会発表論文集』, p. 459, 2005.