

〈マルチメディア・ネットワーク〉

「三次元CAD」の知識・技術を習得する指導の工夫

— 科目「製図」における教材の活用を通して —

沖縄県立沖縄工業高等学校教諭 城間 貴文

I テーマ設定の理由

経済産業省より提唱された人・機械・技術が国境を越えてつながる「Connected Industries」においてデジタル時代のものづくりができる人材育成を推進している。このように技術の高度化により急速に変化している現代社会において、次々に生み出される新しい科学技術を活用できる人材がますます必要となってきた。新高等学校学習指導要領解説工業編の第1章の第3節「工業科の目標」では「工業の見方・考え方を働かせ、実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、ものづくりを通じ、地域や社会の健全で持続的な発展を担う職業人として必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。」と示された。そして目標の(1)「工業の各分野について体系的・系統的に理解するとともに、関連する技術を身に付けるようにする。」では「変化する状況や課題に応じて社会の中で主体的に活用することができる知識と技術及び将来の職業を見通してさらに専門的な学習を続けることにつながる知識と技術を身に付けるようにすること」と示された。

本校情報電子科は、平成2年に電子科から学科改編を行い、情報・電子・電気に関する基本的な知識と技術を身に付け、これらに関する諸問題を合理的に解決する能力を育てることを目標にしている。現在の教育課程では3年生で科目「製図」の授業があり、授業計画において手描き製図及び二次元CADソフトウェアを用いて電子部品や回路図作成の学習を行っているが、新高等学校学習指導要領解説工業編の第2章の第4節「製図」第2「内容とその取扱い」2「内容」(3)「情報機器を活用した設計製図」のイにおいて「三次元CAD」があり、三次元CADの活用方法について扱うことが述べられている。三次元CADの特徴として、直感的に設計し立体的に表現することができ、また部品同士の干渉や強度の確認もソフトウェアでシミュレーションが行える。その結果、開発期間の短縮及びコストの削減につながるため製造業を中心に多くの企業で使用されており、三次元CADを扱える技術者が求められている。本校生徒は授業や特別活動において、ロボット・マイコンカー・エコデッカー等の製作に取り組み、各種大会に出場し優秀な成績を収めている。これらの製作に必要な、イメージを具現化するための知識・技術を、三次元CADを学習することで習得することができ、さらなる製作技術の向上が期待できる。また三次元CADソフトウェアで設計した三次元データを、三次元プリンタで実物に出力することで、ものづくりへの興味・関心が高まることが期待できる。

そこで本研究では、三次元CADソフトウェアを活用した立体製図について、事前に学習した手描き製図の図面を活用した立体作図を行い、立体作図を具体的なイメージで理解させ、立体作図に必要な知識と技術の習得を目指す。電気・電子・情報系学科に必要な立体製図の作図ができる力を育成するために実践的・体験的な学習活動を行う。また、実際に三次元CADソフトウェアで設計し、三次元プリンタで出力した実物を活用することで、立体作図の理解を深め、ものづくりへの興味・関心を高める指導を行う。

〈研究課題〉

- 1 3年生の科目「製図」の学習活動において三次元CADソフトウェアの基本操作・パーツ作製・組み立てに対する手引書及び動画の学習教材を作成する。
- 2 作成した手引書及び動画の学習教材の実践的な活用と課題作成を通して、生徒の三次元CADに関する知識・技術の習得を図る。

Ⅱ 研究内容

1 生徒・職員の実態調査

(1) 電気・電子・情報系職員への実態調査

三次元CADに関する実態調査を、県内工業高校 11 学科の電気・電子・情報系職員を対象（34 人）に実施した。

① 現在の科目「製図」の授業について

科目「製図」は、調査対象の全 11 学科で実施しており、10 学科は必修科目、1 学科は選択科目での実施であった。

さらに、指導項目「三次元CAD」の実施科目は、科目「製図」が 2 学科、「実習」1 学科、「課題研究」1 学科の計 4 学科であった（図 1）。

三次元CADは学習指導要領の科目「製図」の指導項目にあるが、県内工業高校電気・電子・情報系学科 63.6%においてはほとんど扱われていないのが現状である。

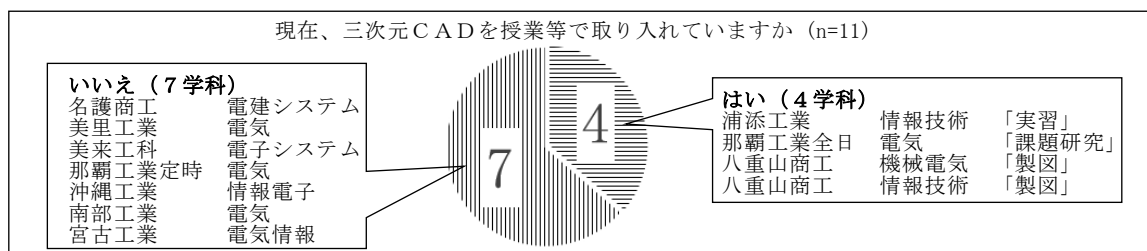


図 1 職員アンケート結果①

「製図」「実習」「課題研究」のいずれかの授業において三次元CADを取り入れている 4 学科に「三次元CADの指導で苦労した点」について質問したところ、「使用教材の選定」「施設・設備の確保（ハード・ソフト）」「技術の習得における生徒間の差」「評価の方法と評価にかかる時間」等の回答があった。

また、「三次元CADの評価で難しかった点」については、「作図したデータの評価」「評価する側に広い見識の有無が問われる」「出力した作品を評価していたが、評価の観点が難しかった」等の回答があった。

これらの回答から県内工業高校電気・電子・情報系学科の全学科で科目「製図」が実施されていることから、製図に必要な資質・能力の育成が、生徒に必要なことが分かった。しかし、指導項目「三次元CAD」の実施学科が少ないこと、指導における教材の選定や技術の習得支援、作成データの採点や観点別評価の難しさ等の課題が理解できた。

② 現在の教材・教具について

三次元CADを取り入れている 4 学科の指導教材は「市販のテキスト」「Web サイトより情報収集」「ソフトウェア内のトレーニング教材」「教材無し（教師が直接口頭で指導）」の回答があり、各学科が独自に生徒の実態に即した内容を指導していることと、電気・電子・情報系学科の共通した知識・技術の習得ができる教材が無いことがわかった。

出力装置である三次元プリンタは 11 学科中 7 学科が所有しており（図 2）、授業で三次元CADを実施していない学科においても部活動や学校行事等で幅広く活用していることから（表 1）、その必要性や重要性が理解できる。

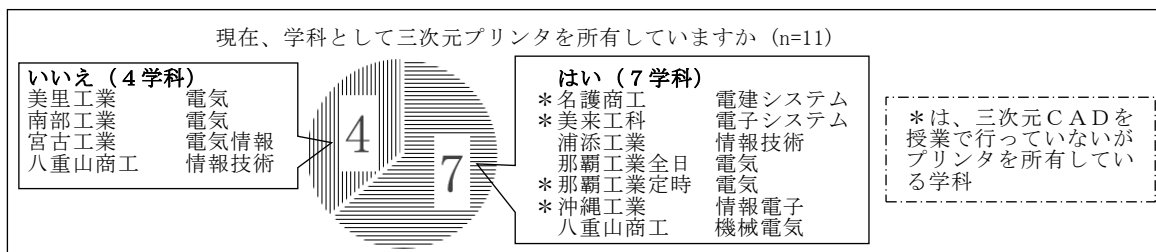


図 2 職員アンケート結果②

表 1 三次元プリンタの活用方法

- ・生徒が作成したデータの出力
- ・教師が呈示用教材や部品等を出力
- ・ロボットの部品作り
- ・生徒が中心となった部活など教育活動
- ・教師が学校行事等（体験入学など）

③ 今後の科目「製図」の授業について

質問「コンピュータを使用した製図の指導に関して、どうすれば理解しやすくなると思いますか」では、「詳しい手順書を使用する」「動画教材を使用する」「アプリケーションソフトを操作する機会を増やす」の順に多く回答があった（図3）。本研究では、上位3点に重点をおいて取り組みを進めていく。

質問「今後、電気・電子系学科において三次元CADを学習する必要があると思いますか」では、はい73%、いいえ21%、どちらともいえない3%であり多くの職員が3次元CADの学習の必要があると考えていることがわかった。また、「必要である」の理由として「学習活動でのものづくり」と「将来の仕事」に関連する回答が多く見られた（図4）。

コンピュータを使用した製図の指導に関して、どうすれば理解しやすくなると思いますか（n=34）

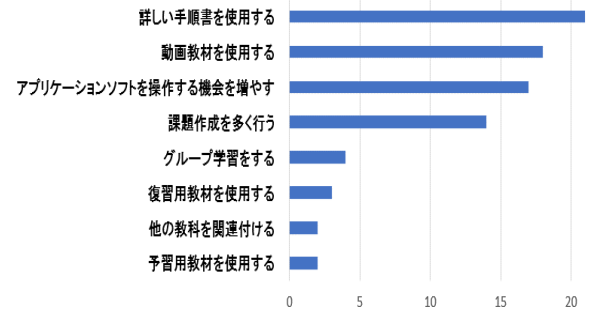


図3 職員アンケート結果③

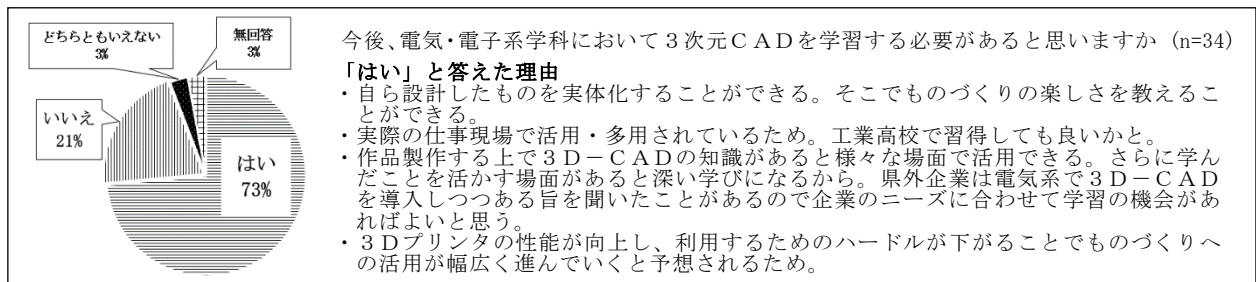


図4 職員アンケート結果④

④ 今後の教材について

質問「センター長期研修で作成された教材を利用したいと思いますか」では、70%が利用したいとの回答であり、電気・電子・情報系の生徒に適した教材が必要であること、基本的な技術を分かりやすく学習できる教材が求められていることがわかった（図5）。

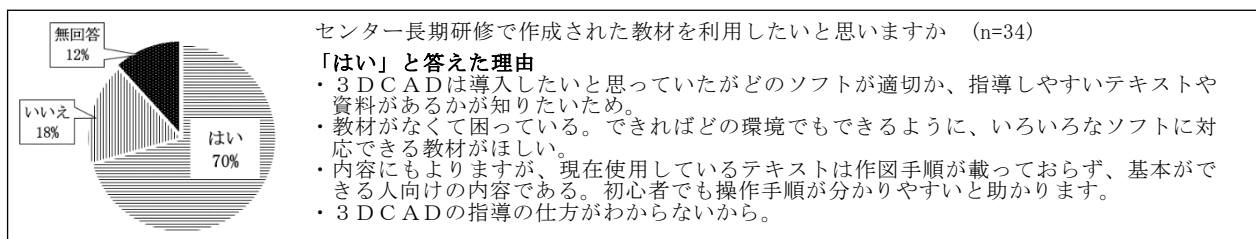


図5 職員アンケート結果⑤

質問「今後、教育活動において三次元CADソフトウェア・プリンタを使用して取り組んでみたい事を教えてください」では、生徒たちが三次元CADの技術を学ぶことで、より具体的な場面におけるものづくりへの活用を期待していることが見られた（表2）。

表2 今後、教育活動において三次元CADソフトウェア・プリンタを使用して取り組んでみたい事

- ・マイコンカーや相撲ロボット等の製作に活用したい。
- ・3DCADでモデリングした建物やキャラクターを他の開発ツールにインポートして活用できるようにしたい。
- ・生徒が身近に使えるものを設計、3Dプリントし、達成感のある学習させたい。

質問「これからの三次元C A Dの技術に関することで、あなたが期待している事を教えてください」では、高度な技術をより簡単に取り組むことができるようになることへの期待が多く見られた。指導する教師にとっても三次元C A Dの活用を容易にすることが重要であることがわかった（表3）。

表3 これからの三次元C A Dの技術に関することで、あなたが期待している事

- ・電気系の施設で作ることができなかったネジやボルトなどのパーツを3 Dプリンタで気軽に制作することができるようになることで、ものづくりの幅が広がる。
- ・容易にものづくりができるようになり、幅が広がることを期待しています。
- ・もっと簡単にデータを作成できる。

⑤ 考察

職員への実態調査の結果より、三次元C A Dの先端技術を学習することは、生徒の可能性を広げ将来の社会で活躍できる人材育成につながるため、必要であるとの意見が多く見られた。しかし現段階においては、三次元プリンタの導入校の少なさや、授業における評価の方法や教材の選定等の難しさから、授業への導入が進んでいないことが考えられる。授業における課題を新たな教材の活用により解決を図ることができれば、三次元プリンタの授業への活用促進や、電気・電子・情報系学科における製図に必要な知識・技術の習得に向けた取り組みが進んで行くと考ええる。

(2) 生徒への実態調査

本校情報電子科3年生75名に三次元C A Dの学習前に実態調査を実施した。

① 科目「製図」の授業について

質問1「製図に興味・関心がありますか」に対しては、52.0%の生徒が「とてもある」「ややある」と回答し（図6）、質問2「製図の内容は将来役に立つと思いますか」に対しては、60.0%の生徒が「とても思う」「やや思う」との回答であった（図7）。このことから、生徒の半数以上が製図の授業に興味・関心があり、将来役に立つと考えていることが分かった。

② 単元「三次元C A D」について

質問3「3次元C A Dとは何か知っていますか」に対しては、「あまり知らない」26.7%、「知らない」50.7%と多くの生徒が予備知識を持っていないことが分かった（図8）。しかし、質問4「3次元C A Dを活用し、作品をつくりたいと思いますか」に対しては、56.3%の生徒が「とても思う」「やや思う」との回答であった（図9）。このことから生徒は三次元C A Dに対してほとんど予備知識を持っていないが、新しい技術を使ってものづくりをしてみたいという関心を持っていることが分かった。

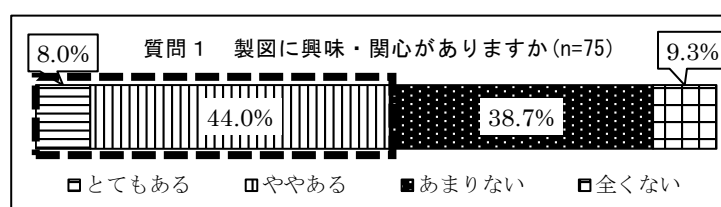


図6 学習前生徒アンケート結果①

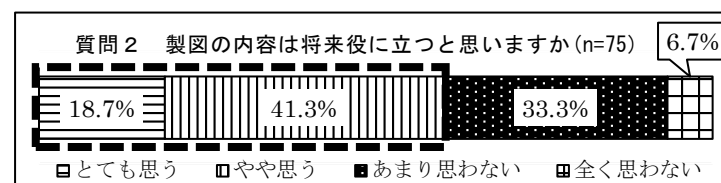


図7 学習前生徒アンケート結果②

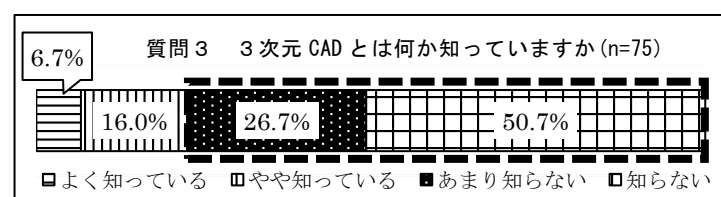


図8 学習前生徒アンケート結果③

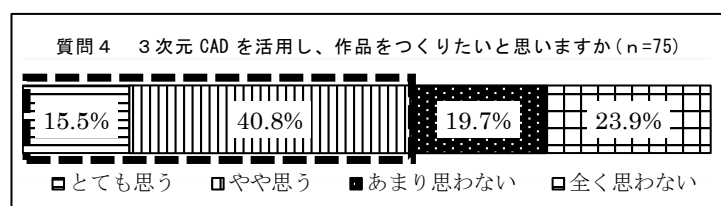


図9 学習前生徒アンケート結果④

③ 考察

質問2「製図の内容は将来役に立つと思いますか」の記述回答の肯定的な意見として「物作り関係の仕事では絶対に役立つと思うから」「職の幅が広がる」「電気系はとくに役に立つと思う」等があった。専門高校で学ぶ3年生の生徒たちにとって、新しい技術である三次元CADを学習することは「楽しそうだから」だけではなく、卒業後の将来を見据え社会の発展を担う職業人としての自らの資質・能力を育んでいきたいとの意識も持っていることが分かった。技術の高度化や情報技術の発展で必要とされる知識・技術が変化していく中で、生徒が求めている知識・技術をしっかりと身に付けさせることが重要である。

2 教材・教具の研究・作成

科目「製図」(3)情報機器を活用した設計製図の指導項目の3観点や、職員・生徒の実態調査をもとに教材開発を進めていった。特に「学習する機能の精選」「教材の既習内容との関連付け」「一斉授業における指導方法の工夫」に重点を置き、手引書、動画教材、ワークシート・自己評価シート、実物教材の作成を行った。

(1) 電気・電子・情報系学科の共通した学習内容

三次元CADの知識・技術を習得するためには、三次元CADアプリケーションの操作技術を習得する必要がある。しかし、アプリケーションは多様な種類とメーカーごとの操作方法の違いが大きく、操作も複雑である。そこで電気・電子・情報系学科の共通した知識・技術の習得ができる教材を目指すため、本研究で作成する教材の学習内容は、三次元CADアプリケーションにおける基本的な操作方法の習得を中心とし、製作に必要な基本的な知識と技術が段階的に習得できるよう工夫を行った。

(2) 手引書

手引書は以下の6項目で作成した(表4・図10)。学習計画は、生徒が最初に基本的な操作を学習し、その後作図に必要な知識・技術を段階的に習得し、発展的な課題に対応できるようにした。手引書の構成は、視覚的に理解しやすいように操作画面を多く掲載して動画教材とも関連させている。また、作図のミスが減らすため、間違いやすい箇所や注意すべき箇所を記載した。手引書は印刷物だけでなく、生徒用共有サーバにPDF形式のデータファイルとして保存し、生徒が各自のパソコンでも確認ができるようにした。

表4 手引書項目

手引書	内容・工夫
I 基本操作	・使用ソフトウェアの操作画面の確認と基本操作の理解
II 基本図形の作成	・基本的な作図の技術を学習
III 課題作成①	・投影図から適切な寸法を読み取り、課題を作成 ・イメージしやすい課題として、生徒が手描き製図の学習で行った第三角法から作問
IV 課題作成② マイコンケース	・実際に実習でも使用している身近な製品の一つであるマイコンのケースの下部を立体作図
V アセンブリ	・前時で作成したマイコンのケースの下部を、ケース上部と合致させる箇所を各自で思考させ、合致後は部品の干渉やずれが無いかを確認し修正
VI 課題作成③ グループワーク	・4人で1グループのグループワーク ・協力して部品作成作業に取り組み、作成した複数の部品を合致させ完成の確認

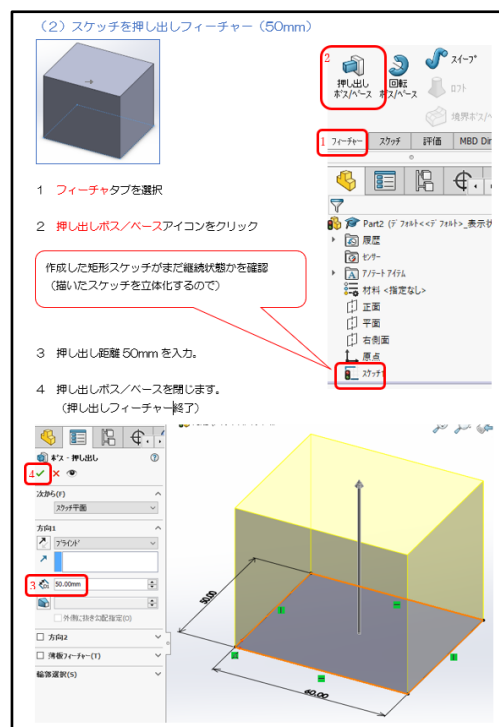


図10 手引書「Ⅱ 基本図形の作成」

(3) 動画教材

手引書の関連教材として、予習・復習にも活用できる動画教材を作成した(図11)。この動画教材を用いることで、手引書に記載された具体的な操作手順や、手引書では省略された前時の復習内容等の細かい操作について、理解するまで繰り返すことや、スロー再生でゆっくりと確認することができる。動画教材は紙面である手引書よりも作業手順を視覚的・直感的に理解することができ、手引書と併用することでより高い学習効果が期待できる。



図11 動画教材

(4) ワークシート・自己評価シート

ワークシートは授業の重要なポイントの理解と、まとめを行えるよう様式を工夫した。基本操作の確認や課題作成の際に思考・判断を促す内容にした(図12)。

自己評価シートでは、授業の目標達成について自己評価を行うことで、学習内容の理解度のチェックができるようにした(図13)。また教師が学習内容の理解を把握するため、生徒の授業の振り返りから、作成した教材や授業展開の課題を検討分析できる項目とした。

ワークシート・自己評価シートは、授業内において生徒がアプリケーションソフトを操作する時間をできるだけ多く確保するために、記入させる内容を整理し、選択肢や穴埋め式の箇所を多く取り入れ、短い時間で簡潔に記入できるような工夫を行った。

図12 ワークシート

図13 自己評価シート

(5) 実物教材

生徒がソフトウェアを使用して作成する空間・平面及び課題について、実物を目で見て、手に取り確認することで、作成手順及び完成形をイメージしやすくするために実物教材として、以下の3点を作成した。

① 座標の立体モデル

モデリング空間の基本3面(正面・平面・右側面)及び、原点をイメージしやすい立体モデルを作成した。一般的な三次元の色分けの通りに、X軸を赤、Y軸を緑、Z軸を青に着色した。各面に実物モデルを置いて、正面・平面・右側面それぞれの見えかたをイメージできるようにした(図14)。

② 立体モデルの投影図教材

立体から平面、また平面から立体への変換が適切に行えるように、立体モデルを透明の6面体の中心に置き、各6面から垂直に見える投影図を透明表面上に描いた教材を作成した(図15)。

③ 課題の実物モデル

作成課題は、全て実物を三次元プリンタで出力した(図16)。3種類(PETG・PLA・レジン)の材料で出力した。第7回の授業で使用するマイコンケース下部は1クラス生徒人

数分を作成し、1人1個ずつ手に取って活用できるようにした。

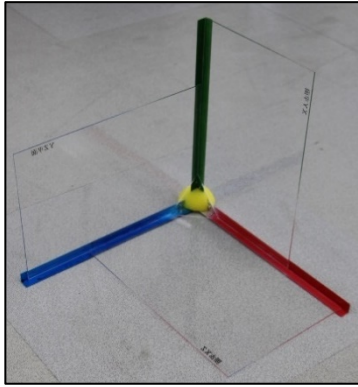


図 14 座標の立体モデル

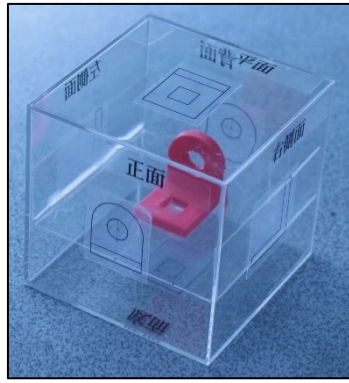


図 15 立体モデルの投影図

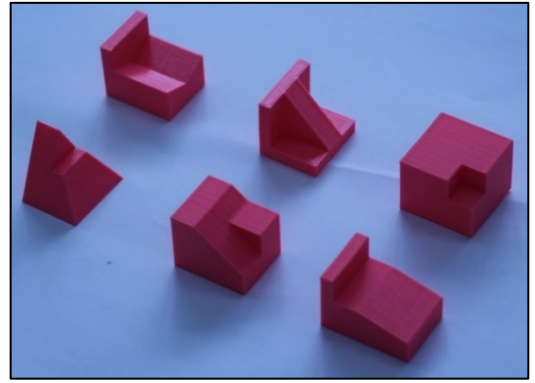


図 16 課題の実物モデル

Ⅲ 指導の実際

1 単元名「三次元CAD」

2 単元の目標

三次元CADソフトウェアを活用した立体製図について実践的・体験的な学習活動を行うことなどを通して、電気・電子・情報系学科の製図に必要な力を身に付けることができるようにする。

- (1) 三次元CADソフトウェアを活用した立体製図について、電気・電子・情報分野の製図を踏まえて理解するとともに、関連する技術を身に付けることができる。
- (2) 工業製品に着目して、三次元CADソフトウェアを活用した電気・電子・情報分野の立体製図に関する課題を見いだすとともに解決策を考え、科学的な根拠に基づき結果を検証し改善することができる。
- (3) 電気・電子・情報分野に関する三次元CADソフトウェアを活用した立体製図について自ら学び、工業の発展に主体的かつ協働的に取り組むことができる。

3 単元設定の理由

(1) 教材観

本単元では三次元CADソフトウェアを使用し、立体製図における三次元の基本的な縦・横・奥行の作図方法の習得を目指し、立体図面作成の学習を行う。立体製図は、平面図を作成して、その後、奥行きを出すことで三次元として立体的な作図を行う。製作した立体図をさらに加工する技術を学ぶための手引書や動画教材を活用し、より実用的な立体製図を作成する技術の習得を目指す。さらに立体製図の理解を深めるために、三次元プリンタ等での出力を行い、三次元によるデータから造形技術の理解を深める。

(2) 生徒観

対象生徒は、1学期において日本工業規格に準拠した手描き製図の学習を行い、手描き製図の基本となる文字や線及び平面図形、等角図の表し方等を学習した。CADソフトウェア等の情報機器の活用については経験の無い生徒がほとんどである。生徒のアンケートでは、半数以上が「三次元CADを活用して、作品をつくりたい」との回答があり、興味・関心があることが分かった。生徒は、初めて学習する立体製図の技術を習得することで、関連する最新技術等に関する職業観の育成にもつなげる。

(3) 指導観

本単元では、立体製図の技術の習得を図るため、手引書の活用により、主体的な学習として、作業手順を考え、作図方法を思考し、課題完成まで見通しを持って取り組むことができる指導を行う。さらに、動画教材を併用することで、理解しにくい作業を繰り返し見て学習させ技術の定着を図る。また、グループ学習により、課題の内容や作成手順等の意見交換等を行い、主体的・協働的に探究させることで知識・技術の深化を図る。

4 単元の評価規準

	知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
単元の評価規準	三次元CADを活用した立体作図について電気・電子・情報系学科の製図を踏まえて理解するとともに、関連する技術を身に付けることができる。	工業製品に着目して、三次元CADを活用した電気・電子・情報系学科の立体作図に関する課題を見いだすとともに解決策を考え、科学的な根拠に基づき結果を検証し改善することができる。	電気・電子・情報系学科に関する三次元CADを活用した立体作図について自ら学び、工業の発展に主体的かつ協働的に取り組むことができる。
学習活動に即した評価規準	ア 三次元CADソフトウェアの基本操作を身に付けている。 イ 作図の内容によって各種スケッチ及びフィーチャーを使い分けすることができる。 ウ 適切な手順によって、作図を完成させることができる。	ア 立体作図を行う際に、三次元CADソフトウェアの適切な処理を、思考判断し、実行することができる。 イ 立体製図の図面について思考判断して正確に読み取ることができ、課題を表現（作図）することができる。 ウ 与えられた課題を思考して判断し、適切な作成手順で表現することができる。	ア 立体製図に興味・関心を持ち、手引書等を活用し自ら学習に取り組むことができる。 イ 課題解決に向けてグループで話し合う等、協働的に取り組んでいる。 ウ 立体製図に対して、より良い作図方法を探究しようとしている。

5 単元の指導計画と評価計画（2時間×9：全18時間） 本時：13～14時間（7回目）

回	時間	学習内容	指導目標 (支援・留意点)	評価の観点			評価資料 及び 評価方法
				知	思	態	
1	1 2	ソフトウェアの基本操作	① 三次元CADソフトウェアの操作画面の確認と基本操作を理解する	ア		ア	ワークシート
2	3 4	基本図形の作成	① 直線、矩形、円、寸法を描くことができる ② スケッチを元に、フィーチャーを組み合わせて部品を作成することができる	ア	ア	ア	行動観察 完成データ ワークシート
3	5 6			イ	イ		
4	7 8	課題部品作成①	① 手描き製図で描いた図面を、三次元CADソフトウェアを使用して立体作図にすることができる	ウ	ウ	イ	行動観察 完成データ ワークシート
5	9 10						
6	11 12						
7	13 14	課題部品作成②	① 授業で使用しているマイコンのケースの立体作図を作成することができる		ウ	ウ	行動観察 完成データ ワークシート
8	15 16	部品の合致	① 個人で作成した部品を合致させ、干渉が無い確認ができる		ウ	ウ	行動観察 完成データ ワークシート
9	17 18	課題部品作成③	① 4人1グループとなり、協力して部品作成作業に取り組み、作成した複数の部品を合致させることができる		ウ	イ ウ	行動観察 完成データ ワークシート

6 本時の学習指導

(1) 主題名「課題部品作成②」

(2) 本時の指導目標

- ① 与えられた課題において、三次元CADソフトウェアを活用した立体製図の方法を見いだすとともに手順を考え、効果的な技法を用いて効率的に作図することができる。
- ② 与えられた課題において、三次元CADソフトウェアを活用した立体製図の方法について自ら学び、より良い作図方法について主体的に取り組むことができる。

(3) 本時の評価規準

評価規準	具体的な評価規準			評価方法
	A 十分満足できる	B おおむね満足できる	C 支援の具体的方法	
【思考・判断・表現】 ウ 与えられた課題を思考して判断し、適切な作成手順で表現することができる。	ウ 与えられた課題を思考して判断し、完成を見通して作成手順を表現することができる。	ウ 与えられた課題を思考して判断し、適切な作成手順で表現することができる。	ウ 再度、手引書を活用して、作成手順について助言し、思考を促し、判断できるように支援する。	行動観察 ワークシート
【主体的に学習に取り組む態度】 ウ 立体製図に対して、より良い作図方法を探究しようとしている。	ウ 立体製図に対して、意欲的に粘り強く、より良い作図方法により完成度を高めようとしている。	ウ 立体製図に対して、より良い作図方法により完成度を高めようとしている。	ウ 本時の目標を再確認させ、現在の理解度を確認し支援する。	行動観察 ワークシート

(4) 本時の展開（100分）

評価の観点（【思】思考・判断・表現 【態】主体的に学習に取り組む態度）

展開 (分)	生徒の活動	教師の活動・支援	使用教材	評価方法
導入 5分	1. 学習規律を整える ・身なりを正し、始業のあいさつをする 2. 前回の授業内容の振り返り	1. 学習規律を整える ・あいさつ、出席確認を行う 2. 前回の授業内容の振り返り	ワークシート	

	・前回のワークシートを受け取る ・教師の発問「スケッチやフィーチャー機能等」について答える	・前回のワークシートを返却 ・生徒への発問「三次元C A Dの作成方法」を確認する	スライド	
展開① 55分	3. 本時の目標を確認する ・本時のワークシートを受け取る ・本時の目標を理解する ①既習内容により、思考・判断することで作図できることを理解する ②他の作図方法を共通理解することでより良い作図方法を見いだすことができる 4. 本時の作成課題を確認する ・提示画面を見て今回の作成課題をイメージする ・実物教材を手に取って確認し、気づいた点をワークシートへ記入	3. 本時の目標を理解させる ・本時のワークシートを配布 ・本時の2つの目標を説明する ①既習内容により、思考・判断させることで作図を完成させる ②他の作図方法を共通理解することでより良い作図方法を見いださせる 4. 本時の作成課題の説明をする ・完成課題を画面提示し、今回の作成課題をイメージさせる ・三次元プリンターで出力した実物教材を配布し、今回の課題の説明をする	ワークシート スライド スライド 実物教材	
	目標①：立体製図に関して思考・判断して、適切な作成手順を考えることができる【生徒の活動：ワークシート】			
	5. 「作成手順」「使用する平面」を理解する ・作成手順を各自で考え、教師の発問を理解し、自分の考えをワークシートへ記入 ・「作成で使用する平面」を読み取り、教師の発問について理解して答え、ワークシートへ記入	5. 「作成手順」「使用する平面」を理解させる ・作成手順を考えさせる発問を行い、課題を作成する手順を認識させる（机間指導） ・「使用する平面」について生徒へ発問し、確認する（机間指導）	手引書 実物教材 ワークシート スライド	【思】ウ 行動観察 ワークシート
	目標②：与えられた課題について自ら取り組み、より良い作図方法を目指し主体的に取り組むことができる			
	6. 課題「ベースの立方体及び3つのスロットの作成」を解決できる ・使用するデータファイルを受け取る ・作成で使用する各種機能について、手引書及び教師の説明を確認 ・ワークシートに記入した手順及び寸法を確認しながら作図を進めていく ・疑問点があれば教師へ質問する 7. 各自で作成状況を確認する ・ここまでの作業を各自確認	6. 課題「ベースの立方体及び3つのスロットの作成」を解決させる ・データファイルを配布 ・作成で使用する各種機能を説明 ・適時、作成作業がしやすいように画面表示を変更することを説明 ・寸法配置にずれがないかの確認のためワークシートの活用を促す（机間指導） ・作業状況を確認し、個別の支援を行う 7. 生徒の作成状況を確認する ・ここまでの作業が完了されているか全生徒の状況を確認	手引書 実物教材 ワークシート スライド	【思】ウ 行動観察
休憩				
展開② 20分	目標③：主体的な発展的学習にむけての取り組み			
	8. C A Dの特性を生かして作図をすることができる ・初めて使用する機能について、手引書及び教師の説明を確認 ・ワークシートに記入した手順及び寸法を確認しながら作図を進めていく ・円の配置の際は、同心円になるようにワークシートに記入したスケッチ面及び寸法位置を再度確認 ・疑問点があれば教師へ質問する 9. 完成課題を提出する ・提出前にミスが無い確認 ・指定のフォルダにファイルを保存 ・ワークシート（工夫した点等）を記入	8. C A Dの特性を生かした作図の指導（コピー機能等を応用して、早く正確な作図方法を指導する） ・初めて使用する機能（直線パターン）を説明する ・直線パターンの間違いやすい箇所（設定方向・フィーチャーの選択）を確認 ・円のスケッチ面及び寸法位置を再度確認させる ・円柱は2つ作成した後、残り2つはコピー機能で作成させる ・作業状況を確認し、個別の支援を行う（机間指導） 9. 完成課題を回収する ・提出前に、間違いやすい箇所を再確認させる ・ファイルを回収し、全員のファイルが保存されているか確認 ・ワークシートを記入させる	手引書 実物教材 ワークシート スライド スライド ワークシート	【思】ウ 行動観察
まとめ 20分	10. 本時のまとめ ・課題について、記入したワークシートを参考に工夫した点等を他の生徒へ説明する ・今回の課題について、市販の製品と比較し違いを考え、答える ・自己評価シートを記入し、提出 11. 次回の授業内容を確認する ・片付け及び終わりのあいさつ	10. 本時のまとめ ・数名の生徒を指名し、提出した課題について工夫した点等について説明させ、全体で共有し、理解を深める ・市販の製品を配布し、各自で今回の課題の製作物との違いを考えさせ、製品の工夫について学ばせ、工業製品の発展について思考を促す ・自己評価シートを記入し、提出させる 11. 次回の授業内容の説明をする ・片付けの指示及び終わりのあいさつを行う	ワークシート 自己評価シート スライド	【態】ウ 行動観察 ワークシート

Ⅳ 課題解決の検証

本研究の取り組みとして、本校情報電子科3年生の製図において2クラス（78名）を対象に全18時間（2時間×9回）の検証授業を行った。手引書、動画の学習教材、実物教材とワークシートの活用を通して、三次元C A Dアプリケーションにおける基本的な操作方法の習得と、製作に必要な基本的

な知識と技術の段階的な習得を図ることができたかを授業担当者（2名）及び生徒へのアンケート、生徒提出のワークシート・自己評価、生徒の課題達成状況等から検証を行った。

1 手引書について

授業担当者からは「モノクロ印刷ではなくカラー印刷で読みやすかった」「PDF形式のデータファイルとして用意されていたことで、ディスプレイ上で文字や図を拡大表示し生徒へ説明する際に活用できた」「三次元CADの技術の習得に向けて、段階的に課題をクリアしステップアップできるような作りである」「生徒も手引書を使用することで、学習内容を十分に理解できるようになっていた」との意見があった。

生徒への質問1「手引書は理解しやすかった」では「良い」が約77.8%（図17）あり記述内容は「右に図を配置しており左に文章が載っていたので見やすかった」「もうこれだけで進められる位に分かりやすかった。手順やクリックする場所があるのが良い」「ちょっと分からない所があったけど手引書を見て出来た」等があった。生徒への質問2「手引書の説明文はわかりやすかった」では「良い」が約76.1%（図18）あり、記述内容は「説明文は本当にわかりやすかったです。必要最低限のことしか書いてなくてややこしくなかった」「大切な所を赤字で表していてとてもわかりやすかった」「どこで何をしたらいいかわかりやすかった」との意見があった。生徒からは要点を簡潔に記述した点、操作画面を多く掲載した点において肯定的な意見が多く得られた。しかし「簡潔すぎてよく分からなかった」「理解するまで時間がかかった」「少しはぶいているところがある」等の意見もあり、これらの点においては学習計画を見直す事で対応していく必要がある。

また検証において、生徒によるPDF形式のデータファイルの活用がほとんど見られなかったため、タブレット端末等を用いた時間や場所に制約を受けない、データファイルの有効な活用方法を検討していきたい。

以上から本研究で作成した手引書は、三次元CADソフトウェアへの理解を促すのに有効な教材であることが確認できた。

2 動画教材について

本検証授業における動画教材は、手引書の補助教材として作成した。手引書だけでは理解が難しく、複雑に感じた箇所等の具体的な操作を何度もゆっくりと、生徒自身のペースで確認するための使用を想定した。

授業担当者からは「教師の説明や手引書で理解できなかったところを動画教材で再確認している様子が多く見られた」「一斉の説明では理解に時間がかかる、遅刻等で途中から参加する、他の人に質問することが難しい生徒に有効な教材」「放課後等、授業外の活用があった」「生徒からの質問に対して教師側が全て説明することなく、動画教材を見る事で生徒自身で進めることができ

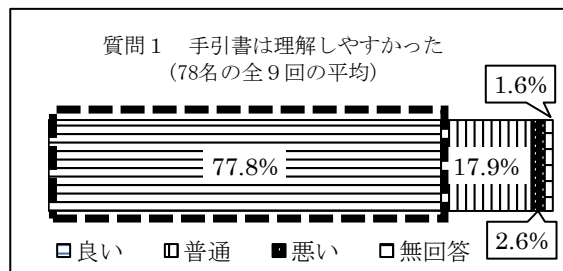


図17 授業後生徒アンケート結果①

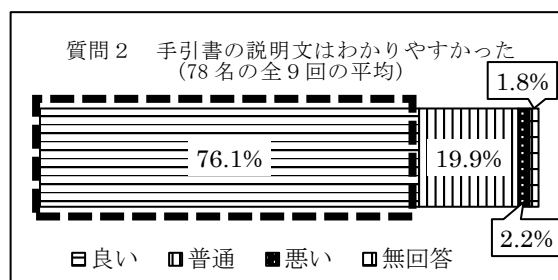


図18 授業後生徒アンケート結果②



図19 手引書を使用している様子

る」「授業においては動画教材が準備されていることを紹介し、個々の生徒が必要に応じて使用したい」との意見であった。

生徒への質問3「動画教材の使いやすさ」では「良い」が平均 34.3%、「使っていない」が平均 54.7%であった（図 20）。「使っていない」理由として、「手引書で十分だった」「友達に聞いた方が分かりやすいから」「プリントや資料を使ったから」との回答があった。しかし、「自分は作業を進めるテンポが遅いので動画教材はありがたい」「カーソルが動いていたのでそのとおりにやればちゃんとできるから」「先生を呼ぶ必要なく、自分ですぐに復習することができたのですんなりと進むことができた」等、動画教材を補助教材として積極的に活用している生徒の意見もあった。

以上から動画教材は手引書の補助教材として有効であり、個人で単独の教材としても活用できることが確認できた。

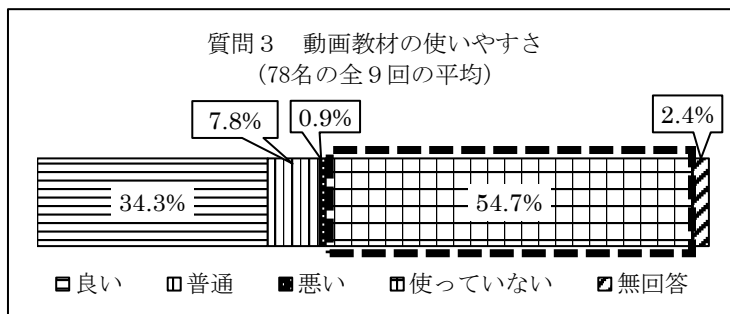


図 20 授業後生徒アンケート結果③

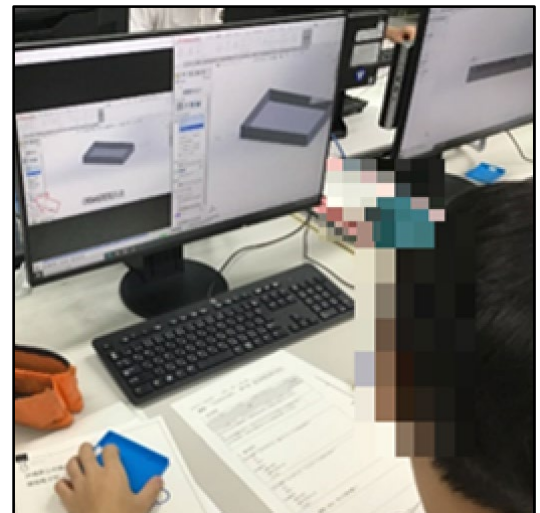


図 21 動画教材を使用している様子
(画面左側 動画教材)

3 実物教材について

各種実物教材については、授業担当者からは「イメージを助けてくれる良い教材だった」「手描き製図の投影図を描く際に、正面図・平面図・側面図をイメージすることが難しい生徒もいたが、この教材を使用することで生徒の各面のイメージに役立った」との意見があった。生徒への質問4「実物教材は学習を進めるのに役に立ったと思いますか」では「とても役に立った」50.7%、「やや役に立った」36.6%であり、多くが肯定的な回答であった（図 22）。記述内容は「どの方向からみればどんな形になるか迷った際に、見たらとても参考になった」「実際に手に取ることで、想像ではなくしっかりとしたイメージをもつことができました」「図だけでもイメージできたが、実物を見る事でより理解が深まった」等の教材を積極的に活用している記述も見られた。

以上から実物教材は、ソフトウェアを使用して課題を作成する際の立体イメージの理解において興味・関心を高めることができ、有効な教材であることが確認できた。

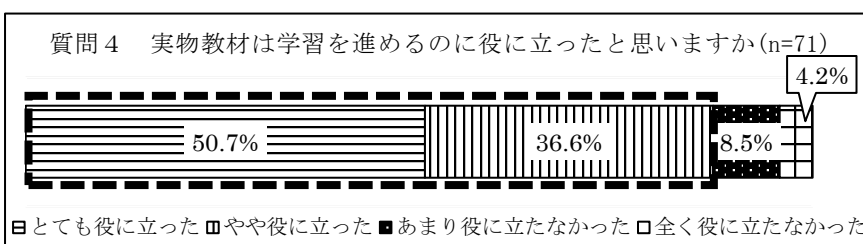


図 22 授業後生徒アンケート結果④



図 23 実物教材を使用している様子

4 協働的な取り組みについて

教材を活用した指導の工夫として、検証授業最後の第9回では4人1グループで課題を作成する協働的な活動を取り入れ授業を展開した。これまで学習してきた内容を活かしてグループで話し合い、作成課題の具体的作成手順や完成イメージ、問題点等を作成前や作成中に共有させることで、全グループが課題を完成でき提出することができた。

授業担当者からは「個人作業であつたら完成できなかった生徒もいたと思われる課題であつたが、お互いに教え合うことで完成につながった」「コミュニケーションを取って意見をすり合わせることは実際の業務に近いので、もっと時間を取って行ってみたい」「製図の作業は個々の活動になりがちだが、企業等におけるチームでの作業の使い方に沿っている」との意見であつた。

生徒の「協働的な取り組みについて」の自己評価は、「よくできた」と「できた」を合わせた肯定的な評価が93.0%と高い数値であつた（図24）。記述内容には「グループでやるのは、一人の時と違い責任感と達成感がものすごかったです。おそらく、一人でやるよりもグループでやった方が、手順を憶えると思いました」「自分がやったことを理解していないとグループの人に伝えることができないので理解するには、グループワークをして、もっと理解を深めたり、友達に聞くなりして自分のできることを増やせばいいなと思いました」「自分の理解が足りない部分を補ってもらえ、自分も理解することができた」「一人で作品を作りあげるのもいいけど、実際はグループでやることの方が多いと思うのでいい経験になった。」等があつた。

以上から協働的な活動によって、生徒同士による知識・技術の深化が促されるとともに、実際のものづくりの現場のように複数人で作業を行う事で職業観の育成にもつながったと考える。

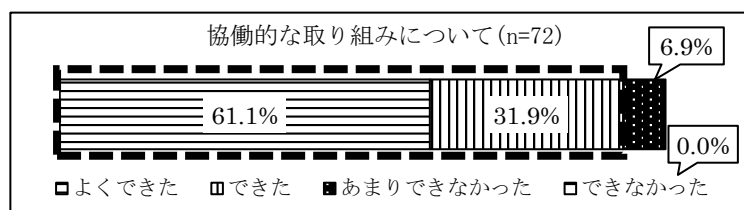


図24 生徒自己評価①

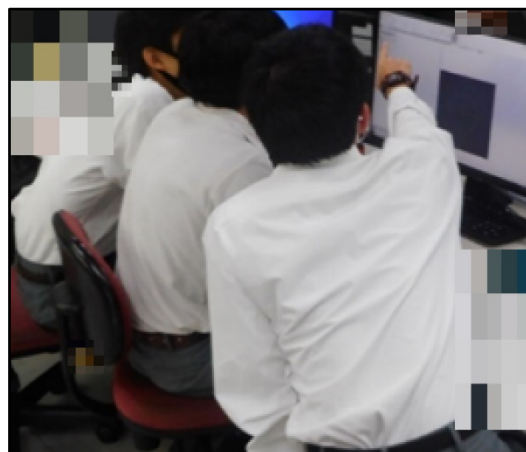


図25 グループワークの様子

5 単元指導計画における観点別学習の自己評価について

(1) 知識・技能の評価

生徒の自己評価、課題達成状況より検証を行った。

生徒の「知識・技能」の自己評価は、「よくできた」と「できた」を合わせた肯定的な評価が授業の第1回から第3回目まで89.7%、93.1%、89.8%と高い数値であつた（図26）。

また課題達成状況は、発展的課題以外はすべて90%以上の達成状況であつた（表5）。

以上から生徒は三次元CADソフトウェアを活用した立体作図について製作に必要な知識と技術を身に付けていることが確認できた。

(2) 思考・判断・表現の評価

生徒の自己評価、生徒が思考・判断した作成手順より検証を行った。

生徒の「思考・判断・表現」の自己評価は、「よくできた」と「できた」を合わせた肯定的

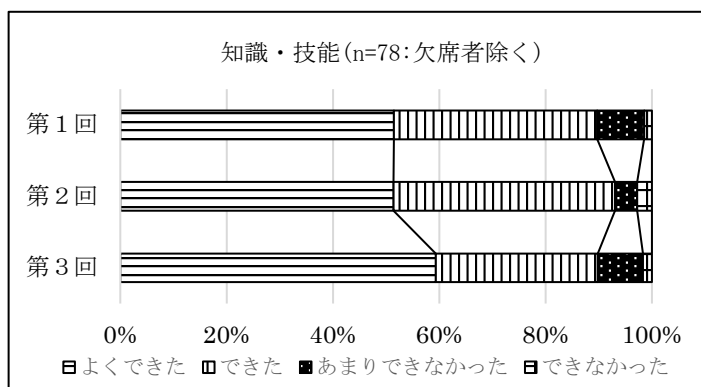


図26 生徒自己評価②

な評価が授業の第4回から第7回目まで86.0%、86.9%、84.2%、88.5%と高い数値であった(図27)。

生徒自ら考えた課題の作成手順の完成状況は、第4回から第7回目まで100%、88.2%、81.2%、90.1%であった(表5)。第5・6回の数値が低いのは、前時の授業に参加できなかったため、本時の内容に到達できなかった事が影響していると考えられる。内容は、文章のみ、図のみ、文・図・寸法を細かく記入するなど、工夫して記入している様子を見る事ができた(図28)。

以上から生徒の三次元CADを活用した立体作図に関する課題を見いだすとともに解決策を考える力の育成が図られたことを確認できた。

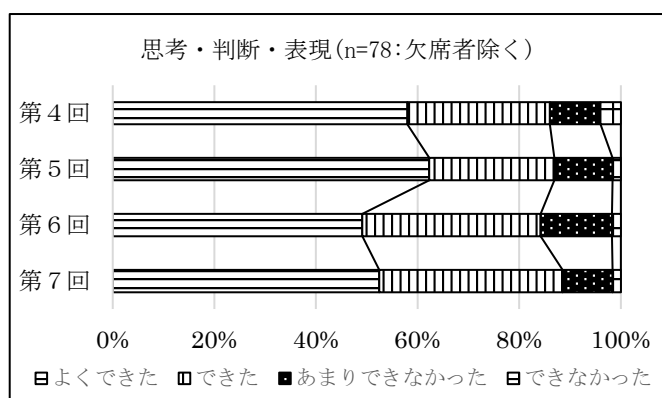


図27 生徒自己評価③

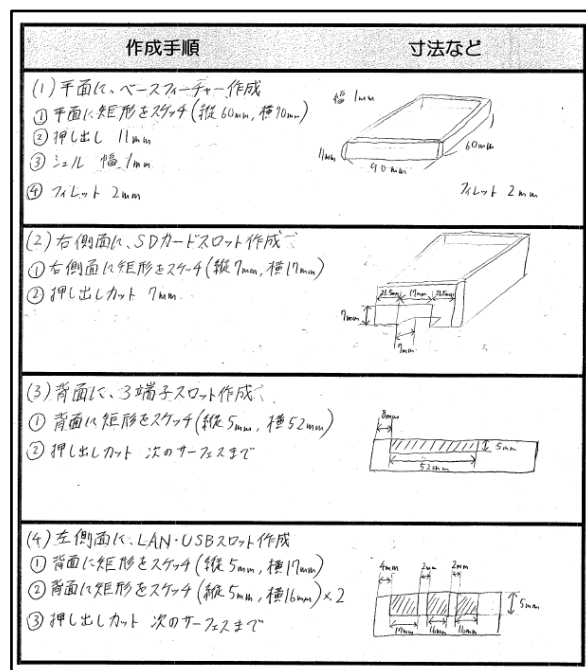


図28 作成手順記入例

(3) 主体的に学習に取り組む態度の評価

生徒の自己評価、ワークシート記入状況、生徒アンケート結果より検証を行った。

生徒の「主体的に学習に取り組む態度」の自己評価は、「よくできた」と「できた」を合わせた肯定的な評価が授業の第7回から第9回目まで90.2%、92.9%、95.8%と非常に高い数値であった(図29)。生徒の意見として「部品を組み合わせ手順を学ぶことができたので、出来れば、部品から作り始めて、組み合わせる所までやってみたいです」「合致のしかたをはじめて知ったので、これから利用できたらいいなと思います」等の学習した内容を今後活用してみたいとの意見も見られた。

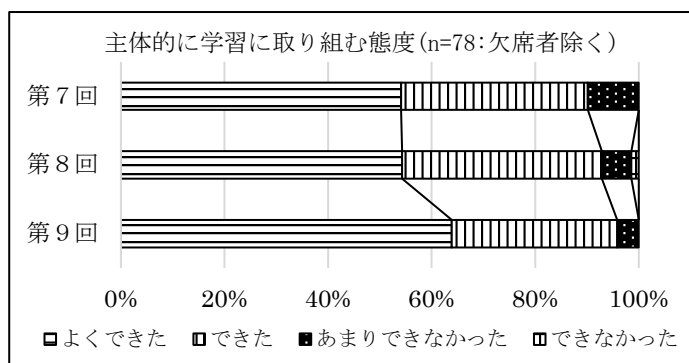


図29 生徒自己評価④

毎時提出を行う「評価の観点(態度)」

『ワークシート記入』については、全

体を通しては良好であった(表5)。授業の第5・6・7回については、記入作業よりも課題作成作業を優先し、授業時間内に記入が間に合わなかったことがアンケート結果(表6)より考えられるため、学習課題の配分を調整する必要があった。

また授業後の放課後等に手引書及び動画教材を参考にして、疑問点や新たな活用について自ら積極的に取り組む様子も見られた。

以上から生徒の三次元CADを活用した立体作図について自ら学び、主体的かつ協働的に取り組む態度を確認できた。

表5 単元の指導計画における達成状況（提出状況）

回	学習内容	指導目標 (支援・留意点)	評価の観点			n (全78人)
			知・技	思・判・表	態度	
			課題達成	作成手順	ワークシート 記入	
1	ソフトウェア の基本操作	① 三次元CADソフトウェアの操作画面 の確認と基本操作を理解する	—	—	93.4%	76
2	基本図形 の作成	① 直線、矩形、円、寸法を描くことができ る	93.5%	—	98.6%	74
3		② スケッチを元に、フィーチャーを組み合 わせて部品を作成することができる			100%	75
4	課題部品 作成①	① 手描き製図で描いた図面を、三次元C A Dソフトウェアを使用して立体作図にす ることができる	98.7%	100%	100%	49
5				88.2%	88.2%	68
6				発展的課題 75.4%	81.2%	69
7	課題部品 作成②	① 授業で使用しているマイコンのケース の立体作図を作成することができる	95.8%	90.1%	88.7%	71
8	部品の合致	① 個人で作成した部品を合致させ、干渉が 無いか確認ができる	98.6%	—	98.6%	73
9	課題部品 作成③	① 4人1グループとなり、協力して部品作 成作業に取り組み、作成した複数の部品を 合致させることができる	100%	—	95.9%	75

表6 授業後生徒アンケート結果⑤「質問5 授業の時間配分はどうでしたか」(n=78:欠席者除く)

回	1	2	3	4	5	6	7	8	9
時間が余った	11.4%	8.1%	31.0%	17.8%	15.0%	4.8%	5.9%	20.0%	13.0%
ちょうどよい	80.0%	77.0%	63.4%	68.9%	60.0%	82.5%	72.1%	78.6%	76.8%
時間が足りない	8.6%	12.2%	4.2%	11.1%	25.0%	12.7%	20.6%	1.4%	7.2%
無回答	0.0%	2.7%	1.4%	2.2%	0.0%	0.0%	1.5%	0.0%	2.9%

6 検証まとめと考察

検証授業終了後、授業担当教師からは「他の3DCADソフトにおいても使えるような内容で、進学や就職の選択肢も広がりそう」「生徒の興味・関心、反応など想像していた以上で、これからのニーズにあった授業内容であると感じた」との感想があった。

また評価と習得に関するアンケート（図26・表5）からも三次元CADに関する知識と技術の習得が図られたことがわかった。

これまでの授業担当者及び生徒へのアンケート、生徒提出のワークシート・自己評価、生徒の課題達成状況等の検証から、作成した手引書及び動画の学習教材は有効であり、それらの活用を通して生徒は三次元CADに関する知識・技術の習得を図ることができたと考える。

V 成果と課題

1 成果

- (1) 科目「製図」において、立体製図の基礎的な技術の習得を図るための手引書及び動画の学習教材を作成することができた。
- (2) 手引書及び動画教材を活用することで、生徒の三次元CADに関する知識・技術の習得を図ることができた。

2 課題

- (1) 1クラス（約40名）の一斉授業であるため、進度が遅れている生徒への個別指導に時間をかけることが難しい。その対応策としての動画教材の活用法の工夫を検討する。
- (2) 本研究で作成した教材について、県内工業高校の電気・電子・情報系学科における生徒の実態に沿った教材として活用できるよう改良を行う。

〈参考文献〉

- 田中浩也 2019 『はじめてでも簡単！ 3Dプリンタで自助具を作ろう』 三輪書店
- 西川誠一 2019 『手戻りを撲滅する！ 超・実践的 3次元CAD 活用ノウハウ』 日刊工業新聞社
- 市坪誠 2016 『授業力アップ アクティブ・ラーニング』 実教出版

〈参考 WEB サイト〉

- 文部科学省 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2019 「学習評価の在り方ハンドブック 高等学校編」
https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/gakushuhyouka_R010613-02.pdf (最終閲覧 2021 年 1 月)
- 文部科学省 2018 「高等学校学習指導要領解説 工業編」
https://www.mext.go.jp/content/1407073_14_1_1_2.pdf (最終閲覧 2021 年 1 月)
- 文部科学省 2018 「Society 5.0 に向けた人材育成に係る大臣懇談会」
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/other/detail/__icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf
(最終閲覧 2021 年 1 月)
- 経済産業省 2017 「Connected Industries」
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/connected_industries/index.html (最終閲覧 2021 年 1 月)