

研究課題	1人1台の端末を使用した機械製図の学習効果に関する研究
副題	～ドラフター投影装置の開発およびBYODを取り入れた授業の検証～
キーワード	工業教育 製図 個別最適化 BYOD ドラフター投影装置 3DCAD
学校/団体名	公立宮崎県立小林秀峰高等学校
所在地	〒886-0002 宮崎県小林市水流迫 664-2
ホームページ	https://cms.miyazaki-c.ed.jp/6050/htdocs/

1. 研究の背景

GIGA スクール構想に伴う整備で機械科製図室にアクセスポイントが設置されたが、現在製図室には、ICT 機器がないため、黒板のみでの指導か、実物投影機を毎時間借りてきての指導となっている。部屋が広いと、いずれにしても後方の生徒には見えづらい状況である。ドラフターを用いた描画については、生徒を集めて実際に作業する様子を見学してもらうこともあり、密集・密接の解消に苦慮している。また、ビデオカメラもなく、動画教材を製作することができる環境がないこともあり、GIGA スクール構想の目指す ICT を活用した学習には至っていない。

近年では、生活様式の変化による生徒の空間把握能力の低下傾向が報告されており、本校においても令和2年度の2年生の基礎製図検定合格率は38%（全国平均は49.99%）、3年生の機械製図検定合格率31%（全国平均は48.19%）と低迷していることから従来の指導方法を見直すとともに、新たな手法による支援が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

機械製図の授業において、ICT を活用した授業を展開するための教材「ドラフター投影装置」を開発するとともに、GIGA スクール構想に伴う ICT 環境の整備による生徒の通信端末の積極的な活用を図り、機械製図の知識及び技能の習得について学習効果を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の経過

本研究は、機械製図（2年生40名・2単位70時間）の授業を対象とし、短期間での成果目標を「専門力の向上」とし、その評価指標の一つである基礎製図検定の合格率を上げることとした。この目標を実現するために、「ドラフター投影装置の開発」と「BYOD を取り入れた授業」に取り組んだ。指導者側は、ICT 設備の適切な活用や指導力向上が図られるよう組織的な取り組みを心がけた。なお、「ドラフター投影装置の開発」では3年生の課題研究のテーマのひとつとして班を編成し（生徒8名、教師1名）活動した。

また、ICT の活用が定着すれば、現在よく行われているような製作図を模写する授業から、創造性を活かす製図作業への転換も比較的容易になると考えられる。例えば、クラス内でのアイデアコンテストを開催すれば、インターネットでの情報収集や他校との意見交換など、答えがひとつに限定されない学習が可能になると考えられる。文部科学省が提唱する学校 ver.3.0 で育てたい力（現実世界を理解し状況に応じて意味付け、倫理観、板挟みや想定外と向き合う力、

責任をもって遂行する力、文章や情報を正確に読み解き対話する力、科学的に思考・吟味し活用する力、価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探求力など）を伸ばす授業へとすることも考えられる。図1に研究の構想図を、表1に2022年度の研究スケジュールを示す。

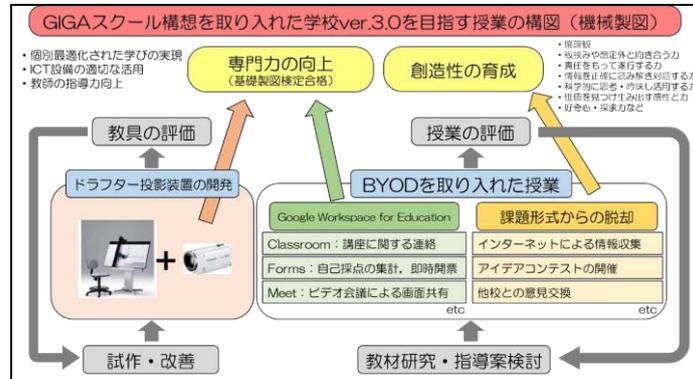


図1 GIGA スクール構想を取り入れた学校 ver.3.0 を目指す授業の構図（機械製図）

表1 研究のスケジュール

時期	ドラフター投影装置の開発	BYOD を取り入れた授業
2021年3月	予備調査 (Google Forms)	予備調査 (Google Forms)
4月	課題研究班の発足 (生徒8名, 教師1名)	Google Workspace for Education の各種アプリケーションの試用 Classroom, Drive, Forms 等
5月～9月	試作品の製作 ※8月にビデオカメラ, 2D CAD ソフト, タブレット端末等を購入	基礎製図検定対策 スマートフォンアプリ「3D PDF Reader」の活用 ※基礎製図検定 (9月10日実施)
10月	試作品完成, 本製作開始	機械要素の製図 (機械製図検定対策)
11月19日	公開授業 (宮崎県教育委員会教育研究会工業部会主催, 授業力向上研修として) 「第4章 機械要素の製図 (ボルト・ナットに関する機械製図検定対策と略画法)」 ※本校職員15名, 宮崎県内の工業系職員8名が参加, 事後研修も実施	
12月～2月	課題研究のまとめ 機械科課題研究発表会で報告 (生徒)	機械製図検定対策 3D PDF Reader, ドラフター投影装置

4. 代表的な実践

4.1. ドラフター投影装置の開発

機械製図の授業での①生徒がドラフターを適切に扱えていないため製図作業に予想以上に時間がかかってしまうこと, ②ドラフターの扱い方に関して, 生徒を集合させて手本を見せたり, 巡視をしながら必要に応じて直接指導したりなど密集・密接を避けられないこと, といった課題を解消するために, 教師用のドラフターにビデオカメラを設置し, ドラフターの扱い方が受講者に伝える装置の製作を行った。装置の要件を次に示す。

<ドラフター投影装置の要件>

- ドラフターが操作が見えるように上空にビデオカメラが設置できること
- ビデオカメラの重量に耐えるフレーム構造
- 作図の動作の妨げにならないこと
- HDMI 出力やパソコンとの連携ができること
- 0.3mm のシャープペンシルで引いた線が受講者側に見えること

以上の要件を踏まえた上で装置を製作した。製作の様子を写真 1, 写真 2, 写真 3 に示す。



写真 1 TIG 溶接



写真 2 試作品 (LED トレース台)

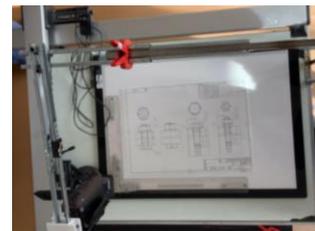


写真 3 完成品

4. 2. BYOD を取り入れた授業

宮崎県では、2022 年 4 月より県下一斉に BYOD による学習を開始することになっており、現段階では BYOD の運用に関するノウハウが蓄積されていない。宮崎県はこれまで携帯電話やスマートフォンの校内持ち込みを禁止してきたが、近年校則の見直しが図られてきたこともあり、本校では 2020 年度にスマートフォンの校内持ち込みを認めるようになった。現行の校則では、校内では端末の電源を切っておく規則になっているが、教師の指示によっては特別活動や授業での活用も可能になっている。本研究では、機械製図の授業に生徒所有の端末(スマートフォン等)を持ち込んでもらい、その学習効果を検証した。授業で取り入れた手法は以下のとおりである。

<生徒所有のスマートフォンの活用> ※★はインストールしたアプリケーションを示す

- ① ★Google Classroom に授業用のクラスを準備し、受講者全員に連絡ができる体制を構築した。これにより教師が準備したデータへのリンク（共有フォルダ）へのアクセスが容易になる。（図 2）
- ② ★Google Drive を立体モデルファイル（stl 形式）の閲覧に使用。（ブラウザ上でも動作可）
- ③ ★3D PDF Reader は 3D 形式の PDF ファイル以外に stl ファイルも表示することが可能である。指で図形を移動・回転させることで第三角法（平面方向、正面方向、右側面方向等）での見え方の確認ができる。また、切断面を移動させながら断面図を確認することができるため、基礎製図検定や機械製図検定の断面図に関する問題の対策にも有効である。（図 3）
- ④ ★Google Meet は Google Classroom 上からアクセスすることができ、教師が画面共有することで、説明に使用するスライドやドラフターの動き、図面にひかれた細線（0.3mm）などを生徒が手元で確認することができる。（写真 4）



図2 Google Classroom

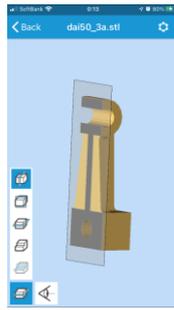


図3 3D PDF Reader

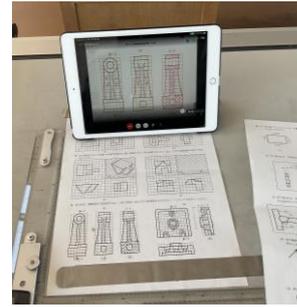


写真4 Google Meet を使用した解説

5. 研究の成果

5.1. ドラフター投影装置を使用した公開授業の評価

11月19日に実施した公開授業について、受講生徒27名から事後アンケートの回答が得られた。ドラフター投影装置についての評価(図4)は、「非常にわかりやすかった」と「わかりやすかった」を合わせると89%となり、製図の授業における装置の有効性を示唆する結果が得られた。しかし、否定的な意見も一定数あり、その理由として「後ろからだが見えない、日光で見にくいので改善が必要」といった記述が確認された。この点に関しては、参観した職員からも同様の指摘を受けたことから、学習効果を高めるためにも改善が必要である。授業に対する感想(自由記述)の分析には、計量テキスト分析ソフトKHCoderを使用した。出現したサブグラフ共起ネットワークを図5に示す。サブグラフは授業の内容理解に関する記述が多く見られた。内容の理解度については差があるが、ICTの活用により授業の目標が明確化されたため、生徒も集中力をもって受講できたものと考えられる。また、作図に関するサブグラフも出現したことから、ドラフターの使い方に関する興味を引き出したことも明らかとなった。ドラフター投影装置に関する記述には「反射」「日光」と学習環境に関する語がみられることから、授業手法を否定するものではない事が分かる。サンプル数、抽出語ともに少ないが、この分析から学習意欲を高める効果があることが窺える。

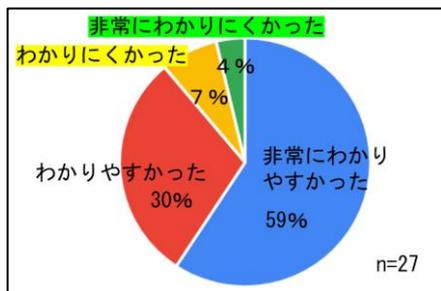


図4 ドラフター投影装置の評価

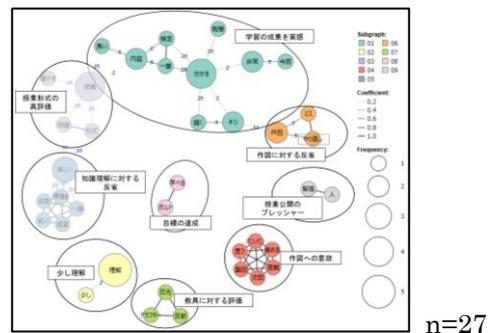


図5 自由記述のサブグラフ共起ネットワーク

公開授業実施後に、1年生の授業でもドラフター投影装置に関わる教師が増え、ICTを使用した製図の指導が普及し始めている。

5.2. BYOD を取り入れた授業の評価

図形を立体的に操作し確認することができるアプリケーション 3D PDF Reader の評価については、94.2%が肯定的な回答をしていることから、その有効性が示唆された（図6）。また、スマートフォンを授業に活用することについての評価は、メリットが多いと感じている生徒が77.7%いるが、デメリットもあるとの回答も一定数あり、理由を確認したところ、「スマートフォンの操作に時間を取られすぎる」とことや「目に悪そう」といった健康を心配する意見が確認された。これについては保健的な知見も取り入れながら改善を図る必要がある（図7）。

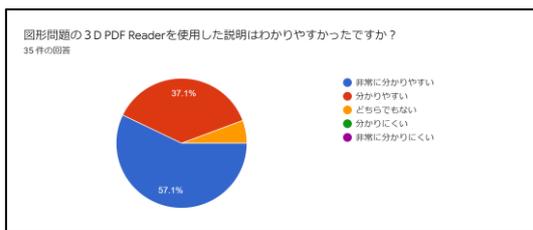


図6 3D PDF Reader の評価

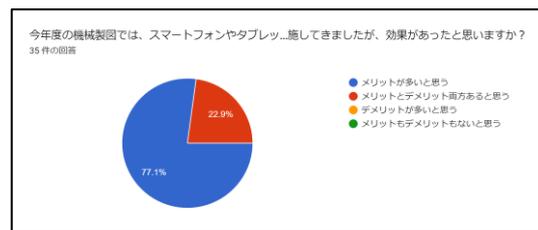


図7 BYOD を取り入れた授業の評価

機械製図の学習を充実させるために、有効だと思うものを選択してもらった質問では（図8）、手書きよりも ICT を活用する手法の方が有効であると考えた生徒が多かった。これは、従来の手書き重視や直接指導を否定するものではなく、ICT を絡めた手法を取り入れながら授業を展開していくことで、生徒の興味を引き出しながら授業を進めていくことが教師に求められ始めていることを示すものだと考えられる。今後も試行錯誤しながら授業改善に努めることが必要である。

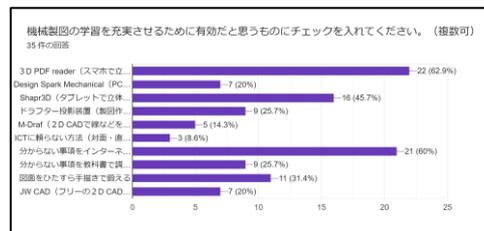


図8 機械製図に求められる学習方法

5.3. 得られた知見

授業公開で得られた知見として、教室の明るさによっては投影したスクリーンが見にくくなってしまうことが挙げられたが、製図作業を録画しておくことで、再生しながら解説を入れたり、授業配信や YouTube で限定公開したりなど様々な授業形態へと移行できること、不測の事態（天候、機器トラブル）にも柔軟に対応できることなど、ICT の性質を最大限に生かした改善へとつながる。これらの教材（動画）を準備する大変さはあるが、教科書の製図例を描く作業などは県内すべての機械科で実施されている内容であり、転用が可能であるため、今後は県内での協議事項としても取り扱っていく必要がある。

生徒の端末で閲覧できるように作成した基礎製図検定、機械製図検定の 3D データは、そのま

またの学年でも使用することができるため、効果的な学習が継承されていくことに加え、データの蓄積により指導者の負担減につながる。

今年度の基礎製図検定（2年生受験）の合格率は63.2%（24/38）であった。能力の差もあるため、直接比較できるものではないが、昨年度の38%からは大幅に合格率を上げることができた。生徒からは「アプリで立体モデルを扱って理解が進んだ」といった意見も多数聞かれたことから、効果があるという仮説のもと、研究を継続していく必要がある。

6. 今後の課題・展望

3学年は教科担当が非常勤であったため、機械製図検定に向けた研究ができなかったことと、BYODの可能性について、生徒所有のスマートフォンを取り入れた授業では、Google classroomやGoogle Drive、3D PDF Readerなどのアプリケーションを使用したがるが、様々な機種が混在することになるため、OSやフィルタリングによる違い（特定の操作ができる・できない）や、そもそも生徒のICTスキル（データのやり取り等）が高くないことで授業がストップしてしまうことが多かったことが挙げられる。これらの課題は次年度以降研究を継続する必要がある。

生徒がスマートフォン等を使用し、自分のタイミングで答えを確認したり、レベルに合わせて難易度の異なる作業（2D、3D、出題者、回答者など）に取り組むなど、今後は個別最適化にむけた学習方法として期待できる。

7. おわりに

本研究は「1人1台の端末を使用した機械製図の学習効果に関する研究」を主題に、副題として、ドロッパー投影装置の開発とBYODを取り入れた授業の検証を行ってきた。ICT機器が全くない状態で学んでいた機械製図の授業であったが、GIGAスクール構想によりICTを活用した指導の可能性が広がったことで、新たな授業手法について研究することができた。今後は研究で得られた知見を生かしつつ、課題の改善を図りたい。

最後に、貴重な研究機会を与えていただいたパナソニック教育財団と、1年間にわたり熱心にご指導頂いた明星大学の今野貴之先生に心より感謝を申し上げたい。

8. 参考文献

- ・瀬戸崎典夫，森田裕介，藤木卓，2006，ものづくりに関する技能における空間認識力の検討，日本科学教育学会年会論文集 30，pp.177-178
- ・森長俊六，2015，美術教室におけるICT環境の構築と活用に関する一考察，広島大学付属中・高等学校中等教育研究紀要 62，pp.87-94
- ・文部科学省，2019，Society5.0 ～社会が変わる，学びが変わるに向けた人材育成～，Society5.0に向けた人材育成に係る大臣懇談会新たな時代を豊かに生きる力の育成に関する省内タスクフォース，p.27
- ・紺屋正樹，山本利一，2021，3DCADを用いた空間認識能力と製図技能の習得を関連付けた指導過程の提案，埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 19，pp.65-72