

ICT機器を活用したものづくり教育の研究

～3Dプリンターの活用～

富山県立砺波工業高等学校

〒939-1335
富山県砺波市鷹栖285-1

<http://www.tym.ed.jp/sc365/>

1. 研究の背景

本校は県西部の砺波地区に位置し、昭和37年に工業科単独校として独立して以来、県の基幹産業である製造業を中心にものづくりを支える人材を輩出してきた。また、本校生徒はロボット競技や電気工事、マイコンカーラリー等の各種全国大会のほか、製図の分野に関してもかねてより活躍している。

製図に関する能力は、ものづくりの基本でもあり、コミュニケーション・ツールの一つでもあるが、幼少期の原体験が乏しくなりつつある中で、その能力低下が顕在化しつつある。本県がものづくり立国・立県を目指している中で、それを支える工業教育においては、ものづくりに興味や関心を持ち、それに主体的に取り組み、アイデアを立体に変換しながら、思考力や判断力、そして表現力を高めることは重要であり、その力を計画的かつ効果的な教育環境を整備する中で育むことは急務である。

教育活動の基盤は、教員や生徒のコミュニケーションによって構築される。コミュニケーションに関与する情報の割合は、視覚情報が55%、聴覚情報が38%、そして言語情報として7%¹⁾だと言われている。触覚情報などを加えると、よりコミュニケーションが深まることも経験的に知られている。本校において、言語情報だけのコミュニケーションは苦手だが、視覚や聴覚、触覚情報なども含めたコミュニケーションは上手にできる生徒の割合はとても高い。従来のICT機器を活用することで、視覚と聴覚情報に働きかける教育活動はできたが、さらなる教育効果を追求するために触覚情報も含めた教育活動を実践する必要があったが、その実現には人材・設備・費用・時間などの面で制約が数多くあった。

そこで、今回はICT機器の一つとして3Dプリンターに注目した。この機器は1980年に日本人技術者によって3Dプリンターに関する技術が発明され、十数年前からは研究機関や企業等で積極的に活用され始め、その有効性が認められてきた。そして数年前からは、低価格化や省スペース化が進み、一般ユーザーレベルでも急速に普及しつつある。世界的な教育界の流れとして、早期の学校教育段階において積極的に導入し、教育実践している様子である。国内では大学や専門学校、工業高校にも導入の動きがあり、先駆的な取り組みが各方面で行われつつある。²⁾

2. 研究の目的

ICT機器の一つであり、デジタル・ファブリケーション（3DCADなどのデジタルデータを3DプリンターをはじめとしたCNCマシンやレーザーカッターなどのようなデジタル工作機械で様々な素材から成形する技術）の代表的な存在でもある3Dプリンターを活用することで、立体（実物）を可視化・可触化³⁾させ、興味や関心を引き出しながら、様々な情報で記憶すること⁴⁾で学習内容の定着を図る。そして、ものづくりに

関する新たな技能・技術を向上させながら、より豊かな思考力・判断力・表現力、そして創造力を効果的に伸長させることを目的とする。

3. 研究の方法

3. 1 「機械製図」(機械科2年生)

例年9月頃に全国工業高等学校長協会主催の「基礎製図検定」を全員受検する。その合格に向けた従来の取り組み方法は、過去の問題を解き、問題を拡大印刷した用紙や黒板を使って平面(2D)的な解説をしてきた。また、ペーパークラフトによる平面(2D)から簡単な立体(3D)を作る試みもしてきたが、その形状には限界があり、その検定に対応した立体(3D)を全て作ることは非常に困難であった。

そこで、その検定に対応した立体を3Dプリンターで造形し、それを触らせたり見せたりして、立体(3D)的な解説を追加することで、立体と平面(図面)の規則性を持った関係を理解させる授業を試みた。

また、断面図示の單元では、3DCAD上で切断した立体モデルを作成し、3Dプリンターで造形することにより、実物(3D)を中心にしながら平面(2D)へ導入する授業も試みた。

3. 2 「課題研究」(機械科3年生)

数年前から近隣デイサービスセンターと連携して、健常者でも障害者でも分け隔てなく使える「缶つぶし機」を製作してきた。今までは、本校の各種工作機械を駆使して、部品を製作してきたが、その形状と材質には限界があった。より人にやさしいデザインを追い求め、ユニバーサルデザイン(UD)の概念をものづくり教育に応用できないかと考え、3Dプリンターを活用しながらその様々な可能性を試みた。

3. 2. 1 3DCADの習得

考えたアイデアを3Dプリンターで造形するためには、まず3DCAD上で立体モデルを自由自在に作成する必要がある。そこで、各種製図検定の過去問題を参考にして、それらを立体モデルへ変換する作業を行い、基本的な技能・技術の習得を図った。そして、自由な発想やアイデアを3Dプリンターで造形し、表現できる能力の育成を試みた。

3. 2. 2 グリップの製作

扉に取り付けてある既製品のグリップ部品(取っ手)は、ただ単純に最低限の機能を満たしているだけで、なかなか使い勝手が悪い。そこで、UDを取り入れたグリップ部品の製作を試みた。

3. 2. 3 操作盤の製作

スイッチ関係を配置してある操作盤は、アルミ曲げ加工で仕上げてあり、角があったり、アルミの冷たさがあったりと、改良が必要である。そこで、UDを取り入れた操作盤の製作も試みた。

4. 研究の内容・経過

4. 1 3Dプリンターの選定と購入

様々な方式の3Dプリンターがある中で、既に3Dプリンターを使用している県内工業高校の先生方や商社等に問い合わせた結果、以下の理由により機種(図1)を選定した。

- ① FDM方式は価格やメンテナンス費用が安価であること。
- ② ヘッドを2つ搭載することで、より複雑な形状に対応できること。

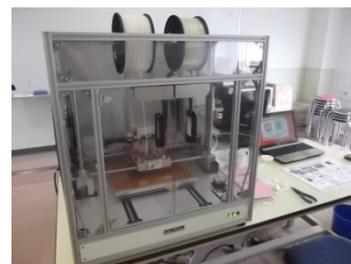


図1 3Dプリンター

- ③ 積層していくテーブルの温度制御が可能であること。
- ④ ものづくりで実用的な造形サイズを実現していること。
- ⑤ 実績ある日本メーカーで、サポート面でも安心できること。

4.1.1 3Dプリンターの主な仕様

メーカー名	(株) ムトーエンジニアリング	
型式	MF-2000	
造形方式	熱溶解積層方式 (FDM)	
最大造形サイズ	300×300×300 mm	
Z軸 解像度	最小積層ピッチ	0.1 mm
	最大積層ピッチ	0.5 mm
フィラメント	ABS/PLA/PVA/SB ※	
プリントヘッド数	デュアル (2個)	
ソフト ウェア	制御ソフト	日本語 Pronterface
	スライサーソフト	日本語 Slic3r
入力データ形式	STL 形式	
本体質量[kg]	約 39 (ただしフィラメント除く)	
外形寸法[mm]	680(W)×750(D)×720(H)	
入力電圧	AC100V 50/60Hz	

《フィラメントの種類 (※)》

【ABS】アクリロニトリル・ブタジエン・スチレンの合成樹脂 (一般的なプラスチック)

【PLA】ポリ乳酸
(生分解性プラスチックで湿度管理必要)

【PVA】ポリビニルアルコール合成樹脂
(水に溶ける性質で厳重な湿度管理必要)

【SB】スチレン・ブタジエン軟性樹脂
(柔軟性が高い性質)

4.1.2 3Dプリンターの使用方法

- ① 3DCAD ソフトを使用して立体データを作成する。
CAD ソフト : AUTODESK 社「Inventor Professional 2009」 および MUTOH 社「M-Draf Suite 2014」
- ② 作成した 3DCAD データを STL 形式に変換して保存する。
- ③ STL 形式のファイルをスライサーソフトで G コードに変換する。
- ④ G コード変換されたファイルを制御ソフトに読み込み、3Dプリンターで立体を造形する。

4.2 「機械製図」

4.2.1 検定対応補助教材の製作

2年生の為に3年生が「課題研究」の授業において3DCADを使って補助教材の立体データ(STL形式)を作成した。そして、そのデータをGコードに変換した後に3Dプリンターでその教材を造形した。



図2 3年生による補助教材の製作

4.2.2 補助教材を活用した検定指導

理解が深まらない2年生11名を対象に、3DCADモデルと立体に造形した補助教材を活用して、授業（補習）を行った。その方法は、弱点と思われる箇所の問題を解き、ホワイトボードや3DCAD等で解説を行った後、3Dプリンターで造形した立体を活用して解説の補足説明を行った。



製作した補助教材

3DCADによる確認

立体の確認

図3 2年生の授業（補習）の様子

4.2.3 補助教材を活用した断面図示

機械製図において、断面図示を必要とする図面があるが、なかなかその断面形状が理解できない生徒も潜在的に存在している。そこで、3DCADで立体データを作成し、3Dプリンターでその立体を造形することで、断面を実際の形状として理解させる工夫を試みた。



図4 断面図示の授業

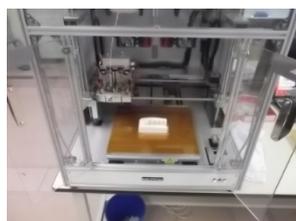
4.3 「課題研究」

4.3.1 3DCADの習得

各種製図検定に対応した3DCADモデルを作成することで、基礎的な技能・技術の習得ができ、ある程度アイデアを3DCAD上で表現できるよう、3Dプリンターで造形できる能力の育成を試みた。

4.3.2 グリップの製作

UDを基本にしてグリップ部分（取っ手）のデザインを、3DCAD上で考え、3Dプリンターで造形した。



3Dプリンターによる造形



造形物（拡大）



実装

図5 3Dプリンターによるグリップの製作

4.3.3 アルミ castingへの挑戦

1年生の鋳造実習を応用して、3Dプリンターで造形したグリップ部の材質をABS樹脂からアルミに変えるために、そのグリップ部分を原型にして、鋳型を製作し、アルミ鋳造製のグリップを製作した。



鋳型の製作



アルミの鋳込み



鋳造したグリップ

図6 アルミ鋳造によるグリップの製作

4.3.4 操作盤の製作

「缶つぶし機」の操作時に、グリップ以外で人が頻回に触れる部分が操作盤である。これには、缶をつぶす為の2つのプッシュボタンスイッチをはじめ、自動・手動モード選択ロータリースイッチや非常停止ボタンが取り付けられていて、使いやすさを追求したデザインが求められていた。

そこで、生徒たちにアイデアを考えてもらい、3DCAD上で発表した時に一番評価の高いデザインを3Dプリンターで造形することにした。

初期モデル(図8左側)を基に生徒同士いろんな意見を出し合い、より良いデザインにする為に検討(図8中央)を重ねた。そして、意見を集約してより安全で使いやすいデザインに変更(図8右側)した。



図7 従来の操作盤



初期モデル



検討



最終モデル

図8 3Dプリンターの造形物を活用したデザインの検討

最終モデルの造形後、動作状況を確認するランプについての話題が盛り上がり、3Dプリンターで造形する際のフィラメント自体の色を変更することになった。蛍光オレンジから透明に変更したことで、人が触れる操作盤の内側から赤色や黄色、青色のランプで照らし、操作盤の内部で反射させることで、操作盤全体が3色に光り、動作状況をより分かりやすく改良した。



図9 改良した操作盤

5. 研究の成果

5.1 検定指導への活用

指導を受けた生徒たちは「3Dプリンターで造形した実物があると分かりやすい」「直接触ることで頭に入りやすい」などと好感触で、全員が従来の指導方法より非常に効果的であることを感じていた。3Dプリンターを活用して、立体と平面(図面)の関係性をルールに則って理解させることができた。

5.2 断面図示への活用

断面図示補助教材(3Dプリンターによるカットモデル)を中心に授業を展開していくことで、目の前に立体がある安心感が生まれ、自然と「理解できる」と脳へ働きかけることで、確実に生徒たちの興味や関心を引き出しながら効果的に理解が深まり、非常に教育効果が高かった。

5.3 課題研究への活用

3Dプリンターを活用してアイデアを立体に変換するためには、ある程度の3DCAD技術が必要である。製図に関する補助教材を製作することで、ある程度の3DCAD技術を習得することができたと共に、その成果が後輩たちにも還元でき、循環型の貢献心を育む教育環境も整備できる利点も生まれた。

その技術を活かして、グリップ部品のアイデアを3DCAD上で自由に作成し、3Dプリンターで造形することで、それぞれの感触や使い勝手などを確認した。そして、「アルミ鋳造実習に応用してみたい」という新たなアイデアが生まれ、3Dプリンターを活用してアルミ鋳造実習へ応用することができた。

また、操作盤の改良については、造形サイズが大きく、造形時間や必要フィラメント量が多くなることが予想されたので、3DCAD上でそれぞれのアイデアを持ち寄り、話し合いの中で1つのアイデアに絞り込み、造形後に確認した。そして、使用者の気持ちを考えた操作盤を製作することができた。

ものづくりの現場では、実物を見たり触ったりすることで、様々なアイデアが沸き起こり、更に良いものへと進化していくことはよく起こる。その重要な過程を教育活動の中で模擬的に体験することは、とても大切であり、仲間と協力しながら創造力を育むことができた。



図10 報告会(〒イビセンター)

6. 今後の課題・展望

6.1 今後の課題

- ① 本体全体の周辺環境である室温・湿度管理（特に寒冷地や多湿な地域）が必要である。
- ② 材質や造形中に発生する臭いや飛散する微粒子等が健康に与える影響も調べる必要がある。
- ③ 3DCAD技術の習得が課題であり、これからの情報リテラシーの一つとして考える必要がある。
- ④ 形状の取り扱いには注意が必要で、技術者倫理や規範意識の教育もこれからの課題である。
- ⑤ 環境保全や循環型社会の観点から、フィラメントの廃材を再利用するなど、改善が必要である。

6.2 今後の展望

一般的に、知識の獲得段階として、表面的な理解、深い理解、そして知識構築および概念形成の三段階に分けられる。これらを教育活動の中で実践していく方法の一つとして、3Dプリンターの活用が考えられる。そして、立体のデジタル化に伴い、アイデアを立体に変換・修正・共有・移動することが効率化でき、様々なICT機器を活用して世界規模で問題解決型のエンジニアリングが実践可能になる。

また、3Dプリンターによる造形物、すなわち実物を介在させることで感覚器官を刺激し、積極的なコミュニケーションが沸き起こり、アイデアがアイデアを生む好循環が生まれ、創造的な活動も実践できる。

非言語的学習活動を活発に行うことで、より多くの生徒たちを対象にしたユニバーサルな教育環境を整備し、思考力・判断力・表現力の土壌を耕し、そこに言語的学習活動を充実させることで、学習内容が主体的に深化し、新たな知識・価値・文化を創造しうる能力を育める可能性を秘めたICT機器である。そして、これからの教育活動における重要な機器の一つとして、その発展に今後も尽力していきたい。

7. おわりに

本研究に際しまして、貴財団をはじめ3Dプリンター関連で多大なご尽力を賜りました株式会社ムトーエンジニアリングの方々、各方面における関係の方々に対しまして心から感謝申し上げます。

< 参考文献 >

- 1) 竹内一郎(2005)：「人は見た目が9割」，新潮新書
- 2) 門田和雄(2013)：「3Dプリンタではじめるデジタルモノづくり」，日刊工業新聞社
- 3) 田中浩也(2014)：「SFを実現する～3Dプリンタの想像力～」，講談社現代新書
- 4) 林 成之(2009)：「脳に悪い7つの習慣」，幻冬舎新書
- 5) 中川敦仁(2013)：「3Dプリンタ～デスクトップが工房になる～」，インプレスジャパン