

課題解決のアイデアを具体化する技術科の学習 ～中学校技術科における 3D-CAD・3D プリンターの利用～

矢代 祐介 高度教職開発コース

キーワード：3D-CAD, 3D プリンター, プログラミング

1. 研究動機・研究課題

筆者はこれまでの中学校技術科(以下、技術科)での実践の中で、生徒が必要とする部品の要求に応えることができないことがあった。それは、生徒が課題解決のために創造したパーツを具体化するためにパーツを材料から加工することはその形状が複雑であればあるほど困難でありこれまで断念するしか選択肢がなかったからである。それは、生徒の創造力を消失させてしまうことであり、これ以上発展的な学習が望めないという現実的な問題でもあった。また、2015年のOECD PISAでは、協調的問題解決能力が新しい調査項目として加えることになった。そして、そのような協働的な学習デザインを通して、新しい価値を生み出す力として創造力やテクノロジーを活用する力などが求められている(PISA2015)。このように技術科における問題や教育を取り巻く環境の変化に対応し、より発展的な学習を展開できる教師の力量が求められるようになってきた。そんな中、昨今の技術革新により、レーザーカッターや3Dプリンターなどのコンピュータと接続されたデジタル工作機械によって3DCGなどのデジタルデータを木材、アクリルなどのさまざまな素材から切り出したり、積層成形したりする技術が身近なものとなってきてからは、これまでは、高度な技術や専門的な設備を必要としたようなものづくりが、個人レベルで誰でも簡単に実現できるようになってきた。

そこで、ものづくりにおける協働的な学びの場に、デジタル工作機械を取り入れ、プログラミングと統合した学習デザインにより、課題解決のアイデアを具体化する授業が実践できるのではないかと考えるに至った。2016-4, 2017-2, 2017-11に実践した自律型ロボットの制作, 2019-2に実践するギヤの制作において、3D-CAD, 3Dプリンター及びプログラミングを利用した授業を実施した。生徒が課題解決のアイデアや発想を生み出し、それらを具体化することができたか、本授業実践による教育効果を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 研究方法

本研究では、技術科において、自律型ロボットを題材にした協働学習における3D-CAD, 3Dプリンターの教育的効果の把握を目的とした。調査対象は、S中学校2年生4クラス、合計157名。実施期間は、2016年4月～2017年11月、である。自律型ロボット制作において生徒の課題解決の過程から見いだされた結果及び、3D-CAD, 3Dプリンター未履修

群（2 クラス 78 名，以下 A 群）と 3D-CAD，3D プリンター履修群（2 クラス 79 名，以下 B 群）とし，4 件法による調査，制作品に使用したセンサ，アクチュエータの個数と制作品の評価を行った。また，3D-CAD，3D プリンター利用についての可能性についても言及していく。

3. 実践

3.1 「世の中をちょっとよくするロボットをつくろう」2016-4 2017-2 2017-11 実施

自律型ロボットを題材とし，ロボットのパーツは全て，3D-CAD を使って 3D データとして設計し，3D プリンターによって積層成形した。制御系は，フィジカルコンピュータである Arduino とビジュアルプログラミング言語 Scratch を使用した。制作過程では，4 人 1 チームになって生活や社会における技術的な問題を見出し，課題を設定したり，協働的にロボットを開発し，社会における技術開発を模擬体験したりした。

T 生のチームは，災害現場で活躍するレスキューロボットを制作した。制作背景には，毎年のように日本各地で起きる災害，その現場にレスキュー隊が容易に近付けないことが多いという問題がある。まず，チームは，がれ場や障害物を乗り越えるためには，普通のタイヤでは厳しいのではないかと考えた。そこで，キャタピラーを選択し，それらを取り付けるための専用車体とマウントを 3D-CAD で設計し，3D プリンターを使って積層成形した。そして，そのマウントがキャタピラーの駆動軸を支えるものとなっているかを評価し，3D-CAD を使って数ミリ単位の修正をかけていく。この工程を繰り返しながら駆動軸は完成した。その後も，災害現場の状況をイメージしながら，連続して出現する様々な課題に対して，チームで課題解決のアイデアを出し合い，同様の工程でレスキューロボットの制作を進めていく。例えば，障害物を回避する超音波センサを取り付けるマウントの制作，災害現場の状況をリアルタイムで送信する Wifi カメラを 180 度可動させるサーボモーターのブラケットの制作等，様々な課題を解決するためにこの工程は繰り返された。また，要救助者が瓦礫等に埋まっている場合，カメラだけでは見落とすかもしれないという問題に直面した。そこで，音センサを取り付け，要救助者の声にセンサが反応し，青色 LED が点灯。その光を Wifi カメラがキャッチし，レスキュー隊に知らせるといったプログラム上における課題解決のアイデアも見られた。

3.2 「鈴鹿サーキットを駆け上がれ」ギヤ比による動力伝達の仕組み 2019-2 実施予定

電気自動車の基幹部である，モーターと，その動力を伝えるギヤ比の最適化を学習する。非力な電気自動車が初速を得たり，登坂したりすることはモーターそのものの力だけでは非常に難しい。そこで，小さな動力を大きな動力へと変換するギヤ比の技術を利用する。まず，3 極モーターの仕組みをリバースエンジニアリングを行って学ぶ。そして，理科の学習で習得した電磁誘導の知識を応用し，3 極モーターをあらたに制作する。そのモーターに様々な歯数のギヤを 3D-CAD を使って設計し，3D プリンターによって積層成形する。

そして、それらのギヤを組み合わせることによって、状況や目的に応じたギヤ比を選択することを可能にする。また、それらを micro:bit と Scratch により制御し、実際の電気自動車と似た制御メカニズムで、センサの値によって速度をコントロールできるようにする。

このように、3D-CAD・3D プリンターの利用は、技術科にとどまらず、理科といった他教科との横断的な学習を接続する役割をもつのではないかと考えている。

4. 結果と考察

調査対象は、S 中学校 2 年生 4 クラス、合計 157 名。実施期間は、2016 年 4 月～2017 2 月である。自律型ロボット制作において 3D-CAD, 3D プリンター未履修群 (2 クラス 78 名, 以下 A 群) と 3D-CAD, 3D プリンター履修群 (2 クラス 79 名, 以下 B 群) とし、4 件法による調査、制作品に使用したセンサ、アクチュエータの個数と制作品の評価を行った。

分析対象は、履修生徒 157 名中、欠席者やデータの欠落のある回答を除いた 147 名 (有効回答率 93%) を分析対象とした。ものづくりに関する意識について A・B 群比較をした。質問紙の結果を全く思わない=1～かなり思う=5 と得点化し、平均を算出した (表 1)。

この結果から、アイデアの考案やものづくりへの意欲は、B 群の平均点が高い結果となった (Q02:3.24, 3.52, Q03 : 3.1, 3.43, Q04 : 3.18, 3.49)。また新しいアイデアが生まれた、部品制作への意欲についても B 群の平均値が高い結果となった (Q05:3.17, 3.41, Q06 : 3.17, 3.45)。この要因として、3D-CAD により設計の試行錯誤が容易になったことやラピッドプロトタイプングによる正確な部品の出力が可能となったことが考えられる。また、これらとプログラミングとの相乗効果もあり、さらに課題解決のアイデアを具体化しようとする生徒の姿が見られた。一方、設計・制作の容易さがプログラム制御等については、目立った差が確認できなかった (Q07～Q12)。これは協働でのロボット制作学習での制作や制御部分および社会との関連については、3D の履修の有無に関係なく、同様の教育効果をもつと考えられる。

表 1 ものづくりに関する意識の A・B 群比較

質問項目	A群		B群		t値
	Mean	SD	Mean	SD	
Q01 班の仲間と協力してロボットを製作したことはおもしろかったと思う。	3.44	0.77	3.53	0.72	0.72
Q02 アイデアを考えることは好きだと思う。	3.24	0.76	3.52	0.62	2.48 *
Q03 自分で考えながらデザインすることは好きだと思う。	3.10	0.82	3.43	0.64	2.71 **
Q04 自分で考えながら物を作ることは好きだと思う。	3.18	0.83	3.49	0.67	2.53 *
Q05 班の仲間と協力してロボットを製作したことで、新しいアイデアが生まれた。	3.17	0.82	3.41	0.77	1.88 *
Q06 ロボットのパーツ(ブラケット等)部品を製作したことはおもしろかったと思う。	3.17	0.86	3.45	0.74	2.11 *
Q07 ロボットのパーツ(ブラケット等)部品の設計は簡単だったと思う。	2.53	0.89	2.56	0.84	0.23
Q08 ロボットのパーツ(ブラケット等)部品の製作は簡単だったと思う。	2.37	0.93	2.61	0.89	1.60
Q09 自分の創造したロボットのパーツ(ブラケット等)を製作することができた。	3.17	0.84	3.35	0.63	1.48
Q10 自分の創造したロボットのパーツを自分が作成したプログラムで動かすことができた。	3.24	0.86	3.30	0.76	0.48
Q11 ロボットの学習に取り組んだことで、技術に興味を持ったと思う。	3.24	0.80	3.40	0.82	1.23
Q12 ロボットの学習に取り組んだことで、社会のものづくりの現場をイメージすることができたと思う。	2.96	0.96	3.01	0.81	0.38

n=71 n=75 *<.05,**<.01

A 群, B 群における使用センサ数について調査をしたところ、A 群 : 21, B 群 : 43 アクチュエータは、A 群 49, B 群 84 となった。この結果から、B 群は A 群より約 1.8 倍に多いセンサ、アクチュエータを使用し、かつその種類も多岐にわたっていた。つまり、3D-CAD, 3D プリンターの使用は、作業時間を短縮し、様々なセンサ、アクチュエータを組み合わせ使用することにより、創造的なものづくりが可能になることを示している。

また、それらを裏付ける成果物として、両群の生徒が制作した車型ロボットと 2 足歩行ロボットを比較してみた (図 1・2)。2 足歩行ロボットは、脚部が完成したところで単元が終了し、動かせなかった。しかし、B 群が制作した 2 足歩行ロボットは、脚部をはじめ、両腕の設置、超音波センサによる障害物回避運動までプログラミングすることができ、正確に動作させることができた。また、B 群には、高い設計力と技術力が求められる創造的なロボットを制作するチームもあった。

これからのことから、中学校技術科における 3D-CAD、3D プリンターの利用は、新しく多様なアイデアを創出・具体化するのに効果があると言えるのではないかと考える。

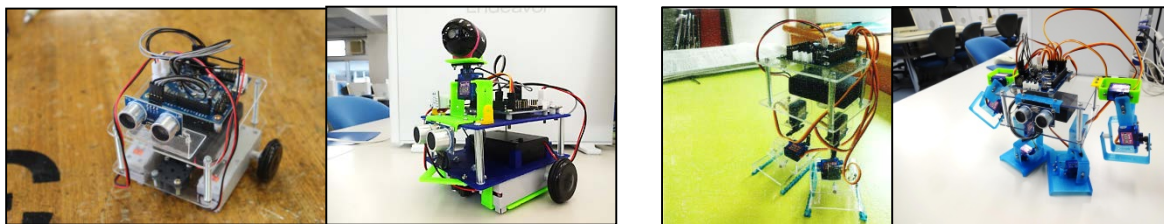


図 1 車型ロボットの比較 (左: A 群, 右: B 群)

図 2 2 足歩行ロボットの比較 (左: A 群, 右: B 群)

5. これまでの実践を振り返って

実践事例 1 の結果から技術科における 3D-CAD、3D プリンターの活用は、新しく多様なアイデアを創出・具体化するのに効果があると考えられる。これまでの授業では、設計の自由度が低く、規格化されたものを生徒が一斉に制作していた。しかし、3D-CAD、3D プリンターを活用した授業では、CAD を使った自由度の高い設計により、これまでのものづくりがアナログからデジタルへと変化していった。これは、社会のものづくりの発展の過程と同じことがいえる。技術教育では、ものづくりがどのように発展していったのか、その発展の過程における技術的進歩や歴史的発明に目を向け、それらを土台としてあらたなものづくりへと挑戦することは大変意義が大きい。手作りから機械、機械からオートメーション化、そして AI 化へとつながる一連の工業化のプロセスを技術科において学ぶことの教育的効果の大きさを本題材を通して実感した。

今後の課題は、3D-CAD、3D プリンターを他教科との横断的な学び、とりわけ科学教育の中で利用していきたいと考えている。筆者は、これまでの実践や実践 2 の教材開発を通して、ものづくりにおける設計や制作の場面で、科学的根拠をもって生徒が考え、選択・決定していく学習のプロセスは、科学教育を進めていく上で非常に重要であると感じた。それは、科学的根拠の土台となるものは、数学や理科で学習する自然科学の法則・理論が中心となるからである。生活や社会にある工業製品の多くが、そうした科学的理論を基に製造されていることを考えれば、中学校における数学や理科及び技術の教科横断は特別なことではなく、むしろ自然な成り行きであるようにも感じてきている。

参考文献

- 国立教育政策研究所(2016). PISA2015 年調査国際結果の要約
- 文部科学省(2017). 中学校学習指導要領解説 技術科