

中学校技術科向けの3Dプリンタによる教材製作

黒田 勉 ・ 氏家 徹也* ・ 白井 和紀**
(技術・情報領域) (香川県教育センター) (香川県立高松北中学校)

760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部

*761-8031 高松市郷東町587-1 香川県教育センター

**761-0121 香川県高松市牟礼1583-1 香川県立高松北中学校

The Production of the Teaching Materials for Technical Arts with the 3D Printer

Tsutomu Kuroda, Tetsuya Ujike* and Kazuki Shirai**

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1, Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

**Kagawa Prefectural Education Center, 587-1 Goutou-cho, Takamatsu 761-8031*

***Takamatsu Kita Junior High School, 1583-1 Mure, Takamatsu 761-0121*

要 旨 低価格3Dプリンタの登場により、これまで企業の製造現場で主として使用されてきたCAMシステムが、身近な存在となってきている。

本報文では、3Dデータによる教材作成の有効性を示すと共に、3Dプリンタで作成した技術科の教材を香川大学教育学部附属高松、坂出中学校で行われている授業に使用し、生徒のアンケートを基に教材作成に於ける改良点を考察していくものである。

キーワード 設計・製図 中学校技術科教材 3Dプリンタ CAD/CAM

1. はじめに

新しい中学校学習指導要領において、技術科の授業内容が増えたが、授業時間の増加は見送られたため、なお一層効率化された教材開発が急務になってきている。特に、設計・製図では、これまでのキャビネット図、等角図に加えて第三角法による製図も必修の授業内容として取り扱うようになってきている。従って、正確な製図を短期間で行えるように、ある程度「複雑な形状」を持った教材を使用して、授業を行っていく必要がある。ところが、これらの教材は、「複雑な形状」を持っているが故に、教材作成に手間と時間が必要である。教材の製作効率を

考慮すると、素材として手軽に扱え、入手しやすい「紙工作（いわゆるペーパークラフト）」、「木のブロック加工」を利用しているところが大半である。これらの教材は、素材が「紙」や「木」であるが故、生徒が取り扱いに十分注意しても、簡単に壊れたり形状の変化が起こる。特に「木のブロック加工」で作成した教材では、耐水性にやや欠ける接着剤（市販の木工用ボンド）を使用しているため、濡れた手で触らないようにさせるなど、生徒が取り扱う上である程度神経を使う必要がある。

金属の切削加工を行った教材では、形状変化を防ぐことが可能となるが、製作品の作成ではなく、単なる教材作成だけのために精度の高い

金属加工を全ての技術科の教員に求めることは、大変困難である。また、溶融金属を鋳造する手法もあるが、金属を溶融させるだけでも電気炉等の特別な環境が必要となるため、教育現場には簡単に持ち込めるものではない。さらに、教材の製作に関する問題が解決した場合であっても、金属材料の性質に由来する、落下させると危険な重量、錆の発生などの取り扱いと管理などに手間が掛かり、手軽に扱える教材とは言い難い。

また、合成樹脂を用いて教材作成する場合であっても、金属加工と同じ切削を行う場合、金属加工と同じ加工機械(フライス盤、旋盤など)が必要となるため、すぐに活用できる手法とは言いがたい。エポキシ樹脂等による樹脂鋳造も行われているが、金属やシリコン樹脂による金型造りが必要であるうえ、鋳造時の収縮・変形があるため、切削加工による精度になかなか及ぼせることができない。

一方近年、「3Dプリンタ」と呼ばれるラピッドプロトタイピング(RP)技術を応用した、樹脂を熱で溶かして形状を製作できる製品や粉体を固着させて造形を行う製品の開発と低価格化、CADデータによる図面を直接「物体」として製作する「三次元出力サービス」が行われるようになり、これまで、企業の製造現場で主として使用されてきたCAMシステムが、身近な存在となってきた。また、小型化した三次元NC制御のフライス盤も市販されている。さらに、三次元スキャナや三次元映像技術による立体視の普及も進むと予想され、三次元データがこれまでより生活の中に取り入れられるようになってきている。特に、自分たちが作成したCADデータが直接「物体」として出力されるところを目の当たりにすることは、これまでになく新鮮な驚きを教員・生徒共に与えると考えられる。

また、技術科の単元である「情報に関する技術」でCADデータをプログラミングによって製作させ、このデータを直接「物体」として製作することで、「新しい技術を用いたものづくり」を体験させる。このとき、生徒が新しい発

想に基づいたCADデータの使用方法を発見できるように指導すれば、より効果が高まると考えられる。CAD・CAMは、中学校技術科で必修の内容ではないが、最近の「ものづくり」現場では必須の項目であるので、学校の中で職業体験ができるようになれば、生徒のキャリア意識の形成にも用いることができる。

本報文では、3Dデータを基にし、3Dプリンタで出力された教材を試作し、香川大学教育学部附属高松中学校(以下、高松中学と略す)、並びに附属坂出中学校(以下、坂出中学と略す)で、現場の授業に利用可能かどうか検証を行い、生徒の反応を確認した。

2. 教材の作成方法

2.1. 教材作成を行った3Dプリンタ

現在の3Dプリンタは、粉末のトナーにレーザー光を当て硬化させる方式、光硬化樹脂の液体にレーザー光を当て硬化させ積層していく方式、ワイヤー状のABS樹脂やPLA樹脂を、ヒーターで加熱して細い糸状になるように押し出し、積層して立体形状を作成していく方式が主流である。いずれも製作方法や製作品の性質に長所・短所があるため、目的に沿ったものを見極める必要がある。

本報文で教材作成に使用した3Dプリンタは、図1に示すHotproceed社取扱のCupCake CNC^[1]で、キットを組み立てたものである。この3Dプリンタは、ABS樹脂を積層するもの

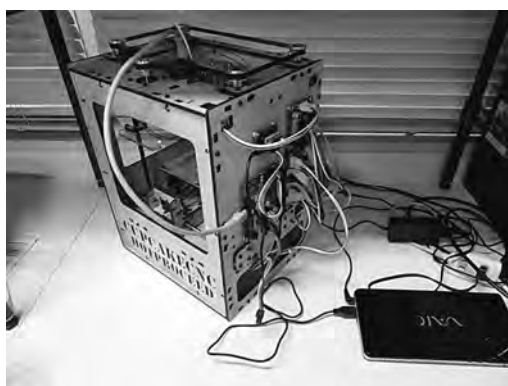


図1. Hotproceed CupCake CNC

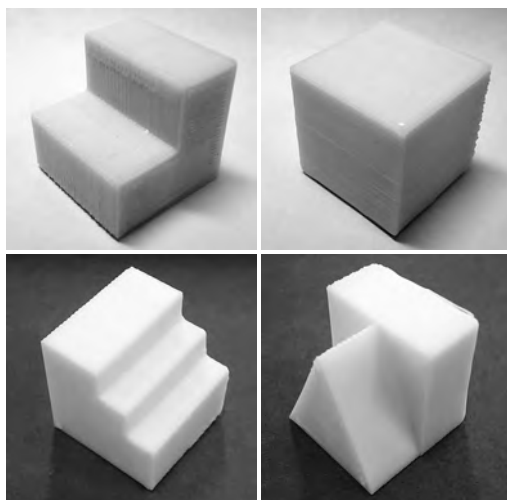


図2. 授業で使用した教材

である。これは、液状の樹脂を光硬化によって積層させる光硬化によるRP手法比べて、樹脂が固体であるため、取り扱いが容易であり、価格も低く、中学生でも教材として取扱いが可能である。現在では、さらに低価格なものも発売されている。

なお、1個の教材製作時間は、最も空間充填率の高い図2の右上の立方体で約8時間である。

2.2. 教材の形状 教材は、L字型階段状並びに立方体の2種類を各10個、その他の形状のものを6種類2個ずつ作成した。図2に作成した教材の一例を示す。なお、図2の上段2種類の教材は2012年の授業までに準備できたもので、下段2種類の教材は、2013年3月に製作が完了し、2013年の授業で試用した。

3Dデータがあれば、様々な大きさの教材が作成可能であるが、全ての教材は1辺3cmの立方体に収まる大きさで、これは、CupCake CNCの製作能力に依存している。

2.3. 教材を使用した授業計画 中学校技術科の製図の授業は、中学校技術科の指導要領で、「A. 材料と加工に関する技術」の内容のうち、「(3) 製作品の設計・製作について」の項目で触れるように示されており、大抵の中学校では、1年生の6月から7月にかけて授業が行われる^[2]。このとき、教員の裁量に依ると



図3. 坂出中学の紙製教材模型

ころが大きい、・構想図を書くこと、・キャビネット図を書くこと、・等角図を書くこと、・部品図（第三角法による）を書くことの4～5時間になる。

授業は、高松・坂出両中学いずれにおいても、教師が見せる模型（図3）や教科書にある図を見て実際にノートや方眼紙に書いていく方法である。そこで、本教材を班（生徒3～5名で構成、1クラス10班）に配布し、形状を描かせることにした。

3. 本教材を使用した授業実践

本教材を使用する目的は、生徒一人一人が、空間図形把握能力を身に付け、より正確な製図ができるようになることである。この目的に沿って、本教材を学習グループ（生徒4～5名で構成）に配布し、形状を描かせる授業を行った。この時点では、両中学校とも、四角形の対角線の長さを求める授業（三平方の定理を含む）は未実施である。

図4は、製図に関する内容を取り扱った「技術ノート（教師用）」である。なお、生徒に配布されているものは、（赤字で示された）回答は書かれていない。

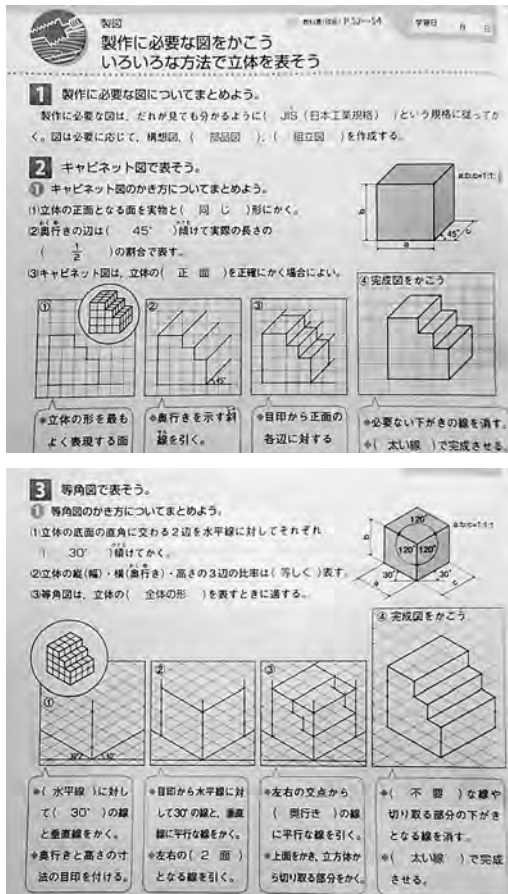


図4. 技術ノートの製図に関する練習問題

3.1. 坂出中学での授業(2012年) 坂出中学では、2012年6月最終週に授業を行った。製図の授業は、最初の時間に図3に示した教材をキャビネット図で描く練習をして、復習を兼ねて参考書(ここでは、技術ノート)にある別の構想図をキャビネット図で描く宿題を出している。この教材を用いた授業は2回目の授業となり、キャビネット図と等角図の違いを理解させ、正確な図が描けるようにするものである。

図5は、生徒がノートに描いた図を前の黒板に板書しているところである。また、図6は、板書中に、教材として使用した模型の見え方に対して、3名で討論している様子である。

生徒たちは、最初は見た目のスケッチと製図としての描き方の違いに戸惑っていたが、各班に配られた本教材を手にとって回転させるなど



図5. 附属坂出中学での授業の様子



図6. 図の書き方で3名で討論

を行うと共に、各班メンバーとの討論を通して、製図の対象物の見方に関する理解が深まったとの口頭での回答があった。

3.2. 高松中学での授業(2012年) 高松中学でもほぼ同時期に授業を行っており、坂出中学とは逆に、等角図の描き方を練習してからキャビネット図の方を練習のしていく様になっている。本教材は、キャビネット図の描き方練習の時に使用した。

図7は、宿題として練習した、生徒が授業の前に描いたキャビネット図の一例である。

図8は、教師による師範(宿題の解答の提示)が行われた後を示す。この後、トランスペアレンシーに描かれたチェックシートが生徒に配られ、個人で答え合わせを行っていた。

その後更なる練習として、図9に示す複雑な形状(I字型)をした模型と本項で作成したL字型階段状の模型を観察しながらキャビネット

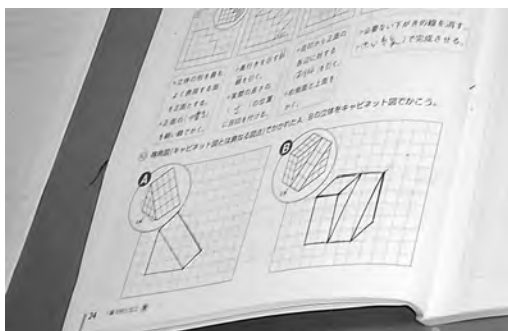


図7. 生徒の描いたキャビネット図



図8. 教師による師範

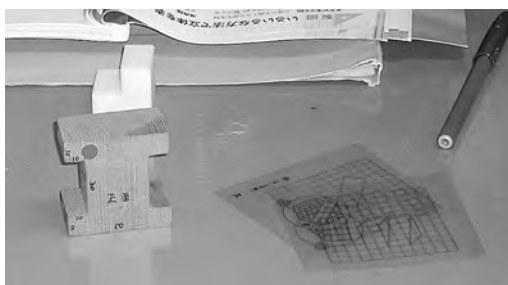


図9. 生徒に配布された模型とチェックシート

図を描く練習を行った。

同時に、書画カメラを用いて別の形の模型や、内部構造の提示も行った。

3.3. 坂出中学での授業(2013年) 翌2013年は2012年同様6月に授業を行った。製図の授業は、最初の時間に教材をキャビネット図を描く練習をして、復習を兼ねて図4に示す技術ノートにある別の構想図をキャビネット図で描く宿題を出している。その後、等角図との違いを認識させている。

4. 授業の結果と本教材の効果

生徒がノート上に作成した図面を観察したところ、キャビネット図の長さの比(正面図は比率を一定にし、奥行の長さは正面図の比率の半分)の描き方がよく理解できずに、間違えて方眼紙の線上に線を引いてしまう者がいた。これは、数学の授業で対角線の長さを求める方法を学習していないことに起因するものと考えられる。製図の復習を数学での図学履修後に行い、正しい製図ができるように、学習指導計画作成を工夫しなければならないと考えられる。

また、2013年の授業終了後に坂出中学の生徒に本教材についてのアンケートを授業実施クラス40名を対象に行った。箇条書きの自由記述式とし、内容については項目数等に制限を設けていない。生徒の主な反応を表1に示す。

この教材の特徴である、「手に持って様々な角度から見る事ができる」、「軽量で固い」、「形状の正確さ」の理解を積極的に行った生徒が授業を行ったクラスの半数程度であり、教員の指導によりさらなる活用方法を見いだせると考えられる。また、内部構造を見た生徒で材料や教材の製作方法に興味を持った者もあり、3Dデータを用いた製作品の製作に対する生徒の興味関心を引き出す可能性を示した。

改善点としては、教科書や参考資料にある図面を立体化したもの全てを提示物体として各班(10班)に行き渡るようにすべきであると考えられるが、本報文での授業期間中に全部の班に配布できた形状が2~3種類で、提示物として

表1. 生徒の主な反応(重複回答あり)

項目	人数
手に持って様々な角度から見られる	18
積層されている	13
固い	9
軽い	8
技術分野への興味関心が高まった	5
手本にできる	5
形状が正確である	5
材料に興味を持った	5

の多様性に欠けたことが挙げられる。

5. おわりに

3Dプリンタで作成した教材を中学校技術科の設計・製図の授業に使用し、使用感を確認した。その結果、概ね好意的に捉えられており、特に形状よりも、製作方法に興味を持つ生徒もいることが分かった。

また、製図の正確さを確認するためにも、数学で学習した内容を踏まえた技術科の学習指導計画を作成していかなければならないと考えられる。

さらに、この3Dプリンタを用いた教材作成方法は、中学校の技術科にとどまらず、他の教科や小学校の各教科への応用も考えられる。社会科での地図の等高線を基にした地理の学習教材、歴史資料の複製品の活用、理科の生物の模型教材、数学の関数の具現化などが例として挙げられる。これらの教材研究を進めて、他教科の教員も含めた教材研究を行っていきたいと考えている。

補 遺

本報文の授業実施時の2012・13年度において、氏家は附属坂出中学校在籍、白井は附属高松中学校在籍であった。

謝 辞

本研究の一部は、香川大学教育学部研究プロジェクト「新学習指導要領に対応した技術科の教材開発とその授業実践」に依る。

また、本教材の作成に携わった香川大学教育学部卒業生 山越幸太君に多大な感謝の意を表します。

参考文献

[1] <http://hotproceed.com/Wiki/index.php> が詳しい

[2] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編, pp.16-22, 2008