

# 3Dプリンタを用いたコマ製作による教材開発

Development of teaching materials by top making using a 3D Printer

佐藤 博 山主 公彦  
SATO Hiroshi YAMANUSHI Kimihiko

# 3Dプリンタを用いたコマ製作による教材開発

## Development of teaching materials by top making using a 3D Printer

佐藤 博\* 山主 公彦\*\*  
SATO Hiroshi YAMANUSHI Kimihiko

キーワード：3D プリンタ コマ 慣性力 ものづくり 技術科

**要旨：**刀などの伝統的な製品は鍛造や研磨等の優れたものづくりの技術が使われている。その一つとして、3Dプリンタが様々なメディアで取り上げられ一般的に知られた言葉となっている。一方、コマは6世紀頃から大陸から日本に伝わり現在では様々なコマが存在する。その中には「竹製の鳴り独楽」や「木製の江戸鳴り独楽」のように、日本独自の発展したコマも数多くある。聞き取り調査ではコマを作った経験のある生徒は皆無であり、コマ自体を回した経験が無い生徒もいることがわかった。本研究ではコマが回る要素を学習しながら自由に構想したコマを3Dプリンタ造形し、3Dプリンタがどのような技術であるのか学び、回るコマを製作するためにはどのようなコマを作るのかを考えさせる実験授業を行った。その結果、日本の技術に興味をおこさせ、3Dプリンタの仕組みを教え、コマを自作することを通してものづくり教育を考える授業を行うことができ、有効な方法であることがわかった。

### 1. はじめに

科学と技術の発達、人々の生活の向上やいろいろな産業に多様な変化をもたらしてきた。刀などの伝統的な製品は鍛造や研磨等の優れたものづくりの技術が使われている。<sup>1)~5)</sup> 3Dプリンタは、コンピュータにより3次元の形を作成するプリンタである。その種類は、インクジェット方式、熱溶解積層方式、粉末固着方式などがある。3Dプリンタは、製品などのデザインや機能の検討のための試作品を製作したり、プレゼンテーション用の模型やテストパーツの作成用途で使用されている。コマは6世紀頃から大陸から日本に伝わり現在様々なコマが存在する。その中には「竹製の鳴り独楽」や「木製の江戸鳴り独楽」のように、日本独自の発展したコマも数多くある。聞き取り調査ではコマを作った経験のある生徒は皆無であり、コマ自体を回した経験が無い生徒もいることがわかった。コマを作成する場合に多くは、旋盤を利用して作製することが一般的である。それは、回転するコマは中心軸が重要であり、旋盤を利用することで作製する精度が高くなるからである。中学校技術分野でも昭和30年頃まで旋盤を使用した授業が行われたこともあった。しかし現在、中学校では旋盤を設置している学校は少なく、精度の高いコマを製作することは難しい。

中学校技術分野において、CADを用いた教材開発<sup>6),7)</sup>が行われているが、3Dプリンタを用いた教示開発<sup>8)~10)</sup>は少なく、筆者らの教材開発<sup>11)</sup>などの実践が少ないのが現状である。

本研究ではコマが回る要素を学習しながら自由に構想したコマを3Dプリンタで造形し、3Dプリンタがどのような技術であるのか学び、回るコマを製作するためにはどのようなコマを作るのか考えさせる実験授業を行った。

\* 山梨大学名誉教授 \*\* 附属中学校、現甲府市教育委員会

## 2. 実験授業

学習の目標は、「3Dプリンタを活用して自分で作ったコマを回そう」である。実験授業は甲府市内のF中学校の第2学年男女40名について、平成27年10月に行った。授業は1時間を設定した。指導計画を表1に示す。「3Dプリンタを活用して自分で作ったコマを回そう」の7時間の中で、単元の目標としての中で、「3Dプリンタで作ったコマを回そう」の授業を行った。

表1 授業計画

「3Dプリンタで作ったコマを回そう」	
A(2) 材料と加工に関する技術の評価・活用 全7時間	
1時間目	3Dプリンタの技術を知ろう。
2時間目	構想したコマを設計しよう。
3時間目	構想したコマをコンピュータで設計する。
4時間目	3Dプリンタを活用して自分で作ったコマを回そう。(本時)
5時間目	構想したコマをコンピュータで設計する。
6時間目	改善したコマを回そう。
7時間目	まとめよう。

この単元までに、3Dプリンタの基本的な仕組みを学習させ、3Dプリンタとは現在普及しているインクジェットプリンタの延長線上にあることを理解させた。また、3Dプリンタで製作するためにはソフトウェアで設計をする必要があり、図1に示すようにソフトウェアの簡単な使い方も習得させた。

実験授業の展開を表2に示す。実験授業の内容として、まず回り続けるコマを技術室にある工具で作るとどのようなコマができるか知らせた。より回り続けるコマを作るためには、旋盤を使用したりする必要があること、製作方法の一つとして

3Dプリンタをあげて3D、3Dプリンタでどのようにして製作するのか知らせた。生徒にはコンピュータ上のソフトウェアを使って自由にコマを構想させ3Dプリンタで印刷をさせた。できあがったコマを回して、コマが回っている時間や、様子を観察させた。次に、コマが長く回り続けるために必要な簡単な要素を生徒に図2のように提示し、自分が作っているコマがより長時間回り続けるにはどのように改善してゆく必要があるのか考えさせた。その中で、長く回り続けるための要素と、すぐ

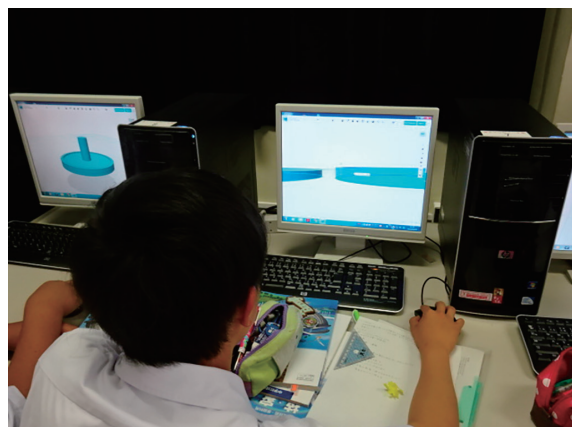


図1 設計している様子



図2 必要な簡単な要素を生徒に提示

コマが倒れてしまう要素を比較しながら説明をした。その後、改善したコマの3Dデータをコンピュータ上のソフトウェアで設計した。なお、ソフトウェアは学校で導入しやすい性能と値段を考慮し、Autodesk社の123D Designをコンピュータ室に導入した。無料で難しい操作も少なく、より精度の高い設計や必要とされる3Dファイル(.STL)に出力ができる。

表2 学習指導案

## 実践事例 第2学年3組 技術・家庭科(技術分野) 指導案

- (1) 日時 平成27年10月3日 60分授業として実施
- (2) 場所 F中学校 コンピュータ室
- (3) 題材名 「3Dプリンタで作ったコマを回そう」 材料と加工に関する技術 A(2)
- (4) 本時の目標
  - ・3Dプリンタを活用して自分で作ったコマを回そう
  - ・コマを回して改善しよう
- (5) 本時の展開

段階	時間	学習活動	教師の指導・支援	備考
導入	10	○前時までの授業を振り返ろう。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3Dプリンタの技術について理解していることを確認</li> <li>・3Dプリンタでコマを作っていることを説明</li> <li>・前時までにコマのデータを作ったことを確認</li> </ul>	発問 PPT ビデオ
展開	25	○コマを回して、評価しよう。 ・サポート材を丁寧に取り除く指示 ・回る時間や様子を観察しよう。	<ul style="list-style-type: none"> <li>○印刷したコマをグループごとに渡す。</li> <li>○ワークシートの配布、用具の準備。</li> <li>・前回の自分のコマと回っている様子(時間・安定性など)がどのように変化したかをワークシートに記入。</li> </ul>	PPT ビデオ
		○コマが回る仕組みについて説明。 ・様々なコマ ・慣性モーメントの説明	○全員に伝わりやすいように場所の工夫。	PPT ビデオ
		○改善したコマの形を構想してみよう。	○ワークシートに改善した形や大きさを構想するように伝える。	PPT
	20	○改善したコマをCADを利用して3Dデータを作ってみよう。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グループでデータを作成し保存する。</li> </ul>	PPT
まとめ	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>○次回の授業について知る。</li> <li>○教具の片付けを行う。</li> </ul>	○次回の授業は改善したコマを回すことを伝える。	

### 3. 結果および考察

調査問題を表3に示す。調査問題は事前が問題1～3の3題、事後が問題4, 5を加えた5題からなる。

問題1はコマの重心について、問題2は慣性力、慣性モーメントについて、問題3は摩擦、空気抵抗について、問題4は授業を通して一番興味があったことについて、問題5は授業の中で理解しにくかったことをそれぞれ記述する問題であった。

表3 事前・事後調査問題

事後調査問題	
事前調査問題	
組	番 氏名
問題1	より安定に回るコマを製作するには重い部分がより ( ① 低く ) なるコマを製作する。重さが ( ② 高い ) 位置にあると、それだけコマを倒そうとする ( ③ トルク ) が大きくなりすぐ倒れてしまう。コマの形が円盤状であれば、その ( ④ 中心 ) に、形が不規則であればその ( ⑤ 重心 ) に回転する軸が近づけば近づくほどより長く回る。
問題2	勢いよく回転をしているコマは回り続けようとする ( ⑥ 慣性力 ) がある。コマの中心より外側に重さがあるほどコマは、回り続けようとする ( ⑦ 慣性モーメント ) が大きい。
問題3	軸の先端の接地している部分は、摩擦がおこるので、できるだけ接地 ( ⑧ 面積 ) が少ない形にする。回り続けるときには ( ⑨ 空気 ) の影響も受けるので ( ⑩ 空気 ) 抵抗の ( ⑪ 少ない ) 形にする。
問題4	授業を通して一番興味があったところはどこですか。
問題5	授業の中で理解しにくかったところはどこですか。

表4および表5にスケーログラムおよびマトリクス表示による調査問題1～3の結果を示す。表4において、空白は正解、×は不正解を示す。表において事前、事後を比較すると、正解数が全

体に増加していることがわかった。また、不正解が正解になった伸び率は多くの問題でプラスに増加した。

表4 事前・事後調査問題の結果 (スケーログラム)

		事前調査 生徒番号																																																
		26	3	13	17	18	23	7	28	29	31	34	36	2	4	6	9	10	11	19	20	24	31	32	35	37	38	39	8	14	15	16	25	27	33	5	1	21	22	40	12									
問題 番号	⑩					x									x		x	x																																
	⑪																																																	
	②				x																																													
	④																																																	
	①			x	x																																													
	⑧																																																	
	⑨																																																	
	⑤																																																	
	③			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	⑥			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	⑦			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

		事後調査 生徒番号																																																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	31	31	33	36	37	39	40	10	16	32	34	11	35	38												
問題 番号	④																																																				
	⑥																																																				
	⑦																																																				
	⑧																																																				
	⑨																																																				
	⑩																																																				
	⑤																																																				
	③																																																				
	①																																																				
	②																																																				

表5 事前・事後調査問題の回答結果 (マトリクス表示)

①	事後	○	×
事前	○	20	0
	×	18	2

②	事後	○	×
事前	○	22	0
	×	16	2

③	事後	○	×
事前	○	0	0
	×	39	1

④	事後	○	×
事前	○	22	0
	×	28	0

⑤	事後	○	×
事前	○	8	0
	×	31	1

⑥	事後	○	×
事前	○	0	0
	×	40	0

⑦	事後	○	×
事前	○	0	0
	×	40	0

⑧	事後	○	×
事前	○	19	0
	×	21	0

⑨	事後	○	×
事前	○	17	0
	×	23	0

⑩	事後	○	×
事前	○	27	0
	×	22	1

⑪	事後	○	×
事前	○	24	0
	×	16	0

表5において、①～⑪は表3に示した問題番号を、○は正解、×は不正解を、数字は人数を示しており、問題別に事前、事後で正解、不正解の数がどのように変化したかを示したものである。

問題1のコマの重心に関する問題では、①②④は○から○とそのままだったものもと×から○に



なったものもが同じくらい多く、事後でほとんど正答した。③の正解の「トルク」と⑤の「重心」事前での正答は少なかったが、事後ではほぼすべて正答した。このことより、コマの重心に関して理解できたと考えられる。

問題2の慣性力、慣性モーメントに関する問題では、⑥⑦は×から○になったものが全てであった。このことより、慣性力、慣性モーメントに関し事前では全て誤答であったが事後では全て正答し、理解できたと考えられる。

問題3の摩擦、空気抵抗に関する問題では、⑧⑨⑩⑪では○から○とそのままになったものと×から○になったものと同じくらい多く、事後でほとんど正答した。このことより、空気抵抗に関して理解できたと考えられる。

多くのものが事後で×から○になっており、「3Dプリンタを活用して自分で作ったコマを回そう」および

「コマを回して改善しよう」などを理解したものが多かった。この結果より実験授業の目標に対して一応の理解が得られたと判断される。

事後問題4の結果を図3に示す。「授業を通して一番興味があったところはどこですか」という質問に対して「なぜ重さが外側に行くときよく回るのか」と回答したものは21%と多かった。続いて「コンピュータ上で立体物を作るのがおもしろかった」が12%、「前回作ったコマの課題点をみつけ改善していくところ」は10%、「3Dプリンタがどのような構造か知ったこと」と回答したものは10%、「コマを3Dプリンタで作るところ」が8%、「コマの大きさや下をどのように工夫すれば一番回るのか」は8%という結果になった。その他として、「先生が手作りでコマを作ったところ」、「コマの形や重さひとつで回る時間が変化してしまうところ」、「どのような形にすれば、コマは長く回り続けるのか、また中心の軸はどのくらいの太さが一番合っているか」などがあつた。また、今回の授業では、理解しにくかったと回答するものはおらず、興味を持って授業を受けた生徒が多く、授業改善ができていると考える。

問題4 授業を通して一番興味があったところはどこですか

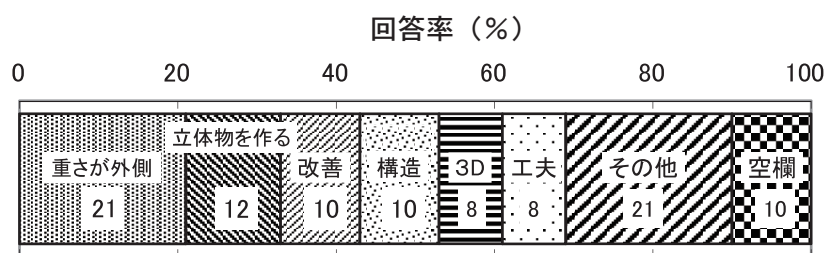


図3 事後問題4の回答結果

事後問題5の結果を図4に示す。「授業の中で理解しにくかったところはどこですか」という質問に対して、「特になし」と回答したものが67%と多かった。このことから生徒にとってわかりやすい授業を行うことができたと考える。理解しにくかった点として「慣性、慣性モーメント」が21%となっていた。教えた一部内容が専門的な分野であり、専門用語を使うことがあつたのは事実である。しかし、感想のなかに、専門用語も解説などにより理解できたというものもあり、解説によって理解することはできたのではないかと考える。

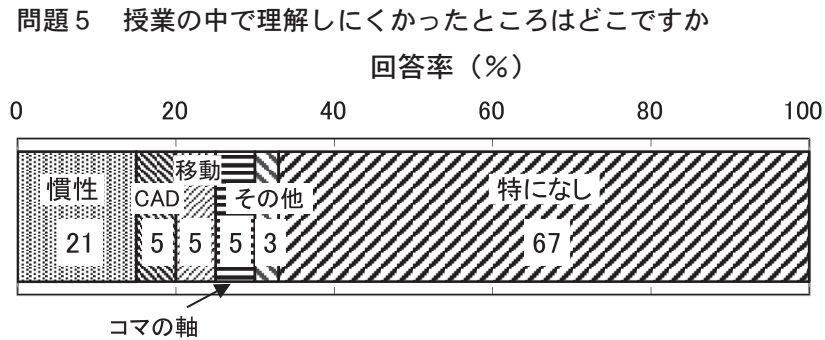


図4 事後問題5の回答結果

#### 4. おわりに

コマが回る要素を学習しながら自由に構想したコマを3Dプリンタで造形し、3Dプリンタがどのような技術であるのか学び、回るコマを製作するためにはどのようなコマを作るのか考えさせる実験授業を行った。その結果、日本の技術に興味をおこさせ、3Dプリンタの仕組みを教え、コマを自作することを通してものづくり教育を考える授業を行うことができ、有効な方法であることがわかった。

#### 文献

- 1) 技術・家庭，技術分野，開隆堂（2012）
- 2) 新しい技術・家庭，技術分野，東京書籍（2012）
- 3) 技術・家庭，技術分野，教育図書（2012）
- 4) 佐野義幸・柳生浄勲・結石友宏・河島巖著：3Dプリンタの本，日刊工業新（2014）
- 5) 山崎聡：はじめてのBlender：「フリーの3DCGソフト」＋「3Dプリンタ」で立体出力！，I/O編集部（2013）
- 6) 渥美勇輝・松村浩幸・平田敦：生産システムを体験的に学習させる簡易NC教材の開発，信州大学教育学部研究論集，Vol.1，pp. 77-85（2009）
- 7) 藤田眞一・加賀江孝信・城仁士：3次元CADを用いた“材料と加工に関する技術”における学習指導と効果，日本産業技術教育学会誌，第58巻，第2号，pp. 73-80（2016）
- 8) 山本利一・寺山昌史：3Dプリンタを活用したスターリングエンジン仕組みの理解支援する今教材開発と教員研修による評価，日本産業技術教育学会誌，第55巻，第2号，pp. 73-80（2013）
- 9) 山崎恭平・黎子椰：教員養成における機構の設計・製作を題材としたデジタルものづくり学習プログラムの開発と評価，日本産業技術教育学会誌，第58巻，第3号，pp. 159-166（2016）
- 10) 秋山剛志・関根文太郎：3Dプリンタを活用した教材の開発，日本産業技術教育学会第57回全国大会要旨集，p. 74（2014）
- 11) 佐藤博・山主公彦：3Dプリンタとものづくり教育，日本産業技術教育学会第58回全国大会要旨集，p. 50（2015）



#### Abstract

Technology of manufacturing such as swords is also used for precise processing and completion of a traditional product. A three-dimensional printer is the word which was taken up by various media and generally learned about as the one. On the other hand, the tops were transmitted to Japan from the Eurasian Continent from around 6th century. Various frames exist at present. In many tops, like “ringing top made of bamboo” and “wooden Edo ringing top”, Japan-specific, the top which developed is also many. Interview survey showed that there was hardly a student who has the experience with which a top was made and there was an inexperienced student who turned a top. In this investigation, the top planned freely was modeled by a three-dimensional printer while learning the element by which a top spins and the experimental class who makes think what kind of top to make was performed.

Key words: 3D, Printer, Top, Inertia, Manufacturing, Manual-training-course