

3Dプリンターとものづくり教育 ーコマ製作による教材開発ー

3D Printer and Manufacturing Education

佐藤 博* 山主 公彦**
SATO Hiroshi YAMANUSHI Kimihiko

要約：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プリンターで造形し、3Dプリンター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、また、日本人のコマが長く回わり、ギネスブックに記載されていることを知り、日本の技術に興味をおこさせ、3Dプリンターの仕組みを教え、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。

キーワード：3D コマ 慣性力 プリンター ものづくり 技術科

I はじめに

科学技術の発達、身の周りの生活の向上や産業などに多くの変化をもたらしてきた。伝統的な製品などの緻密な加工や仕上げにもものづくりの技術が使われている。その一つとして、3Dプリンター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。3Dプリンターとは、コンピュータ上で設計した3Dデータを元にして、断面形状を積層して行き、3次元の立体物を作成するプリンターである。液状の樹脂に紫外線などを2次元上の断面に照射し硬化させ、繰り返すことにより立体を作成するインクジェット方式、熱で溶融した樹脂を積み上げて立体を作成する熱溶解積層方式、粉末の樹脂に溶剤を吹き付けて立体を作成する粉末固着方式などがある。3Dプリンターは、製造分野では製品や部品などのデザイン、機能の検討のための試作として、建築分野ではプレゼンテーション用の建築模型として、医療分野ではコンピュータ断層撮影や核磁気共鳴画像法などのデータを元にした術前検討用モデルとして、先端研究分野ではそれぞれの研究用途に合わせた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。¹⁾⁻⁶⁾

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プリンターで造形し、3Dプリンター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。

II 実験授業

学習の目標は、「3Dプリンター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39名について、平成26年10月に行った。授業は1時間を設定した。

* 科学文化教育講座 ** 教育人間科学部附属中学校

表1 指導計画

「3Dプリンター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プリンターの技術を知ろう。
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プリンターを活用して自分で作ったコマを回そう(本時)
4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

指導計画を表1に示す。「3Dプリンター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プリンターを活用して自分で作ったコマを回そう」の授業を行った。

この單元までに、3Dプリンターの基本的な仕組みを学習させ、3Dプリンターとは現在普及しているインクジェットプリンターの延長線上にあることを理解させた。また、3Dプリンター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プリンターをあげて3D、3Dプリンター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プリンターで印刷をさせた。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い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、改善したコマをコンピュータ上のソフトウェアを使って3Dの図を設計した。

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、英語版ではあるが、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。

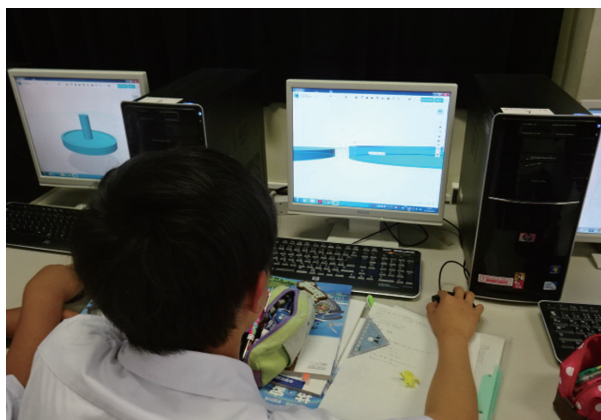


図1 設計している様子

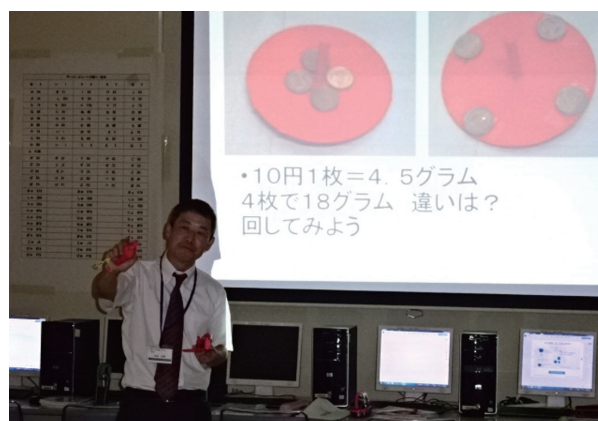


図2 必要な簡単な要素を生徒に提示

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 別館2F 第2コンピュータ室
- (3) 題材名 「3Dプリンター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プリンター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"> ・3Dプリンターの技術について理解していることを確認 ・3Dプリンターでコマを作っていることを説明 ・前時までにコマのデータを作ったことを確認 	発問 PPT ビデオ
展開	25	○コマを回して、評価しよう。 <ul style="list-style-type: none"> ・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"> ○印刷したコマをグループごとに渡す ○ワークシートの配布、用具の準備 ・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。 	PPT ビデオ
		○コマが回る仕組みについて説明 <ul style="list-style-type: none"> ・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	・グループでデータを作成し保存する。	PPT
まとめ	5	○次回の授業について知る。 ○教具の片付けを行う。	○次回の授業は改善したコマを回すことを伝える。	

Ⅲ 結果及び考察

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しょうか。

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。

3-1 問題1の回答結果

事前・事後調査問題1は重心の高低、中心との関係を問う問題で、①、②、③、④、⑤の回答結果を図3、4、5、6、7に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で①の正答である「低く」と回答したものは50%、「高く」が4%、空欄が46%であった。事後で正答である「低く」と回答したものは97%、「高く」が2%、空欄が1%であった。事前で②の正答である「高く」と答えたのは55%あった。「低い」が4%、空欄が41%あった。事後で正答である「高く」と回答したものは95%あった。「低い」が2%、空欄が3%あった。事前で③の正答である「トルク」と回答したものは0%、「ぶれ」が22%、「重力」が25%、「力」が8%、空欄が42%であった。事後で正答である「トルク」と答えたのは98%、空欄が2%であった。事前で④の正答である「中心」と回答したのは58%、「支点」が15%、「良いところ」が10%、空欄が14%であった。事後

3Dプリンターとものづくり教育

問題1-①

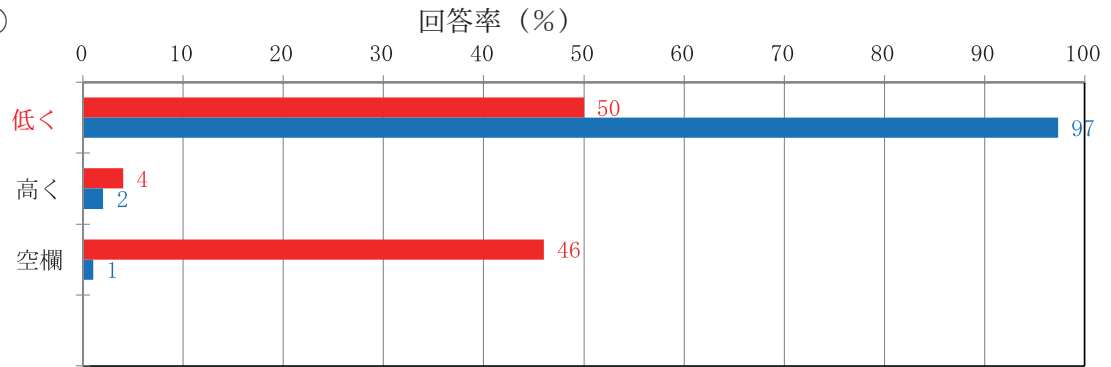


図3 事前・事後問題1の①の回答結果

問題1-②

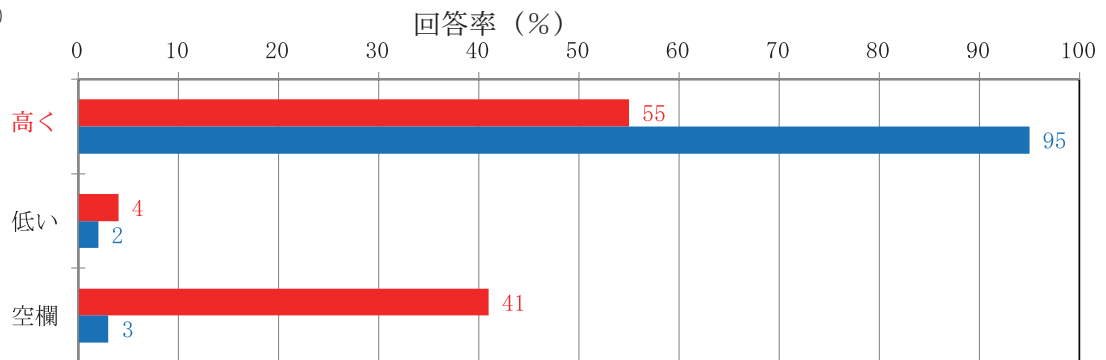


図4 事前・事後問題1の②の回答結果

問題1-③

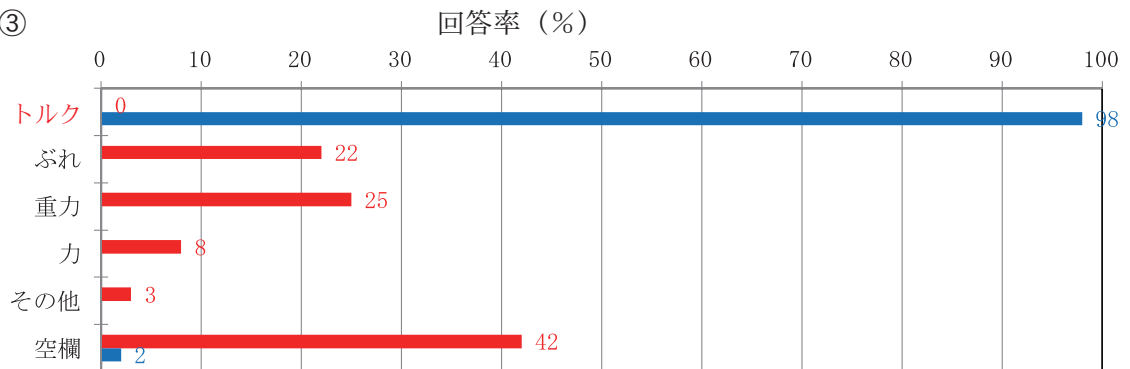


図5 事前・事後問題1の③の回答結果

問題1-④

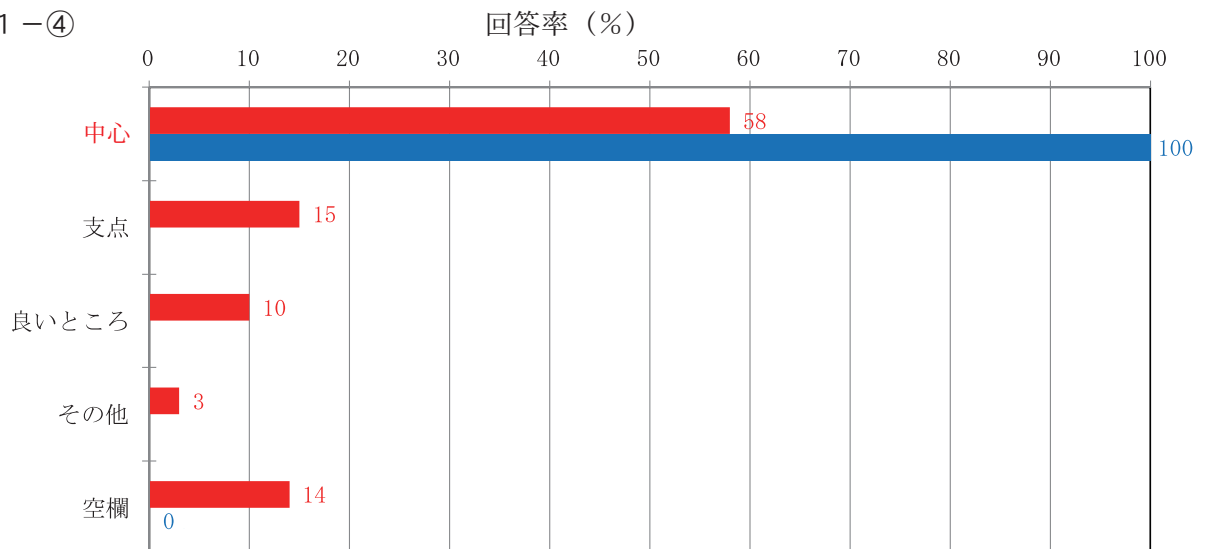


図6 事前・事後問題1の④の回答結果

問題1-⑤

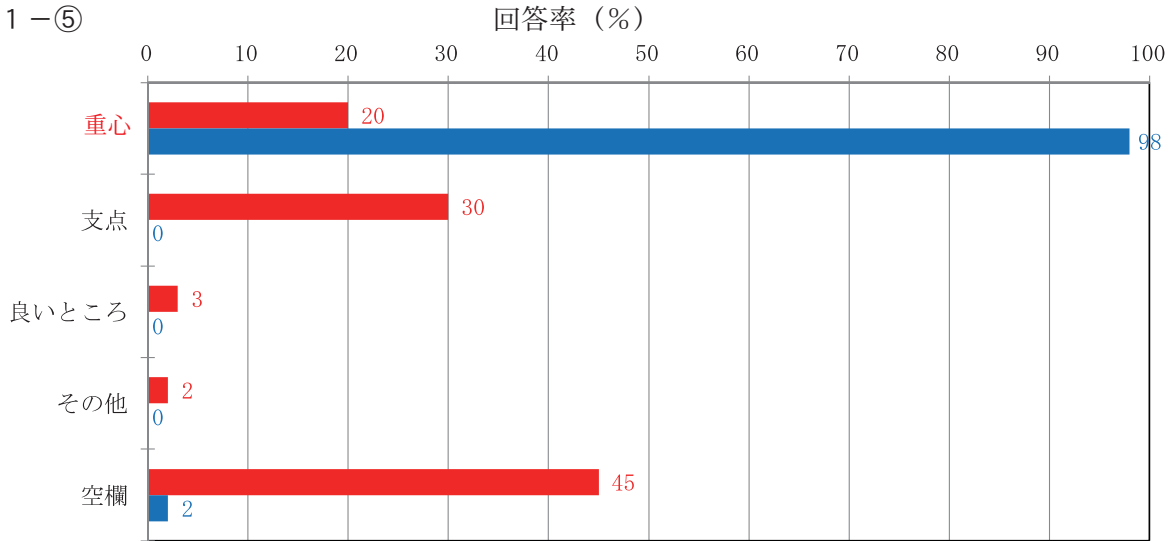


図7 事前・事後問題1の⑤の回答結果

で正答である「中心」と答えたのは100%と全員であった。事前で⑤の正答である「重心」と答えたのは20%であり、「支点」が30%、「支店」が30%、「良いところ」が3%、「模写」が3%、空欄が45%であった。事後で正答である「重心」と答えたのは98%と多かった。空欄が2%であった。

事前調査では①、②、④の正答が50%あったが、③、⑤の正答である「トルク」、「重心」の回答が0%、20%と少なかった。事後調査ではすべて95%以上になり、コマの重心について理解したと考えられる。

3-2 問題2の回答結果

事前・事後調査問題1は慣性力、慣性モーメントについて問う問題で、⑥、⑦の回答結果を図8、9に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で⑥の正答である「慣性力」と答えたのは0%であり、「力」が28%、「勢い」が25%、「遠心力」が15%、空欄が32%であった。事後で正答である「慣性力」と答えたのは100%と全員であった。事前で⑥の正答である「慣性モーメント」と答えたのは0%であり、「遠心力」が54%、「力」が20%、空欄が24%であった。事後で正答である「慣性モーメント」と答えたのは100%と全員であった。

事前調査では⑥、⑦の正答が0%あったが、事後調査ではすべて100%になり、慣性について理解したと考えられる。

問題2-⑥

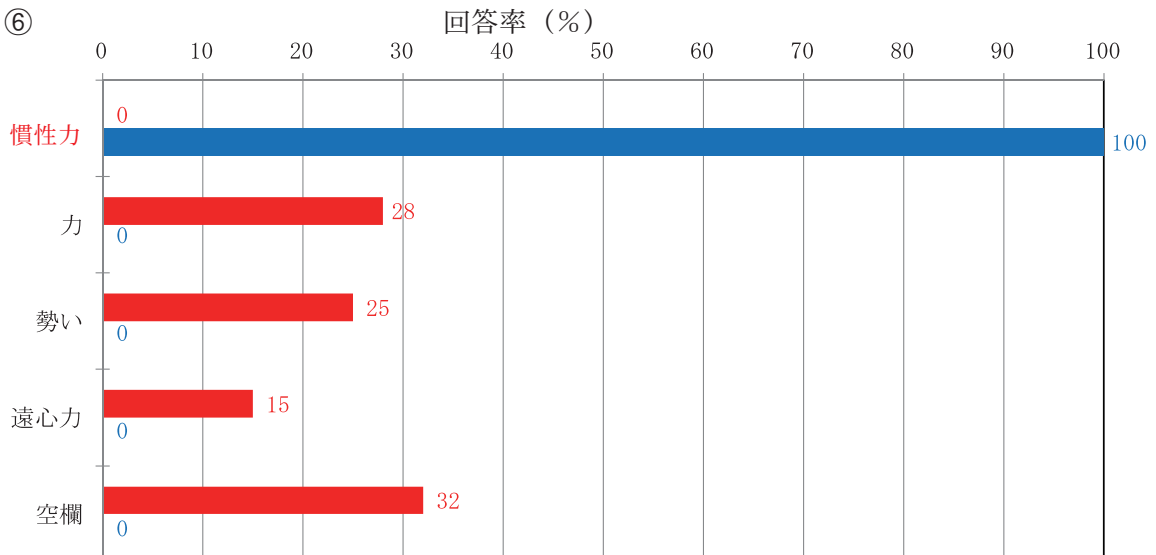


図8 事前・事後問題2の⑥の回答結果

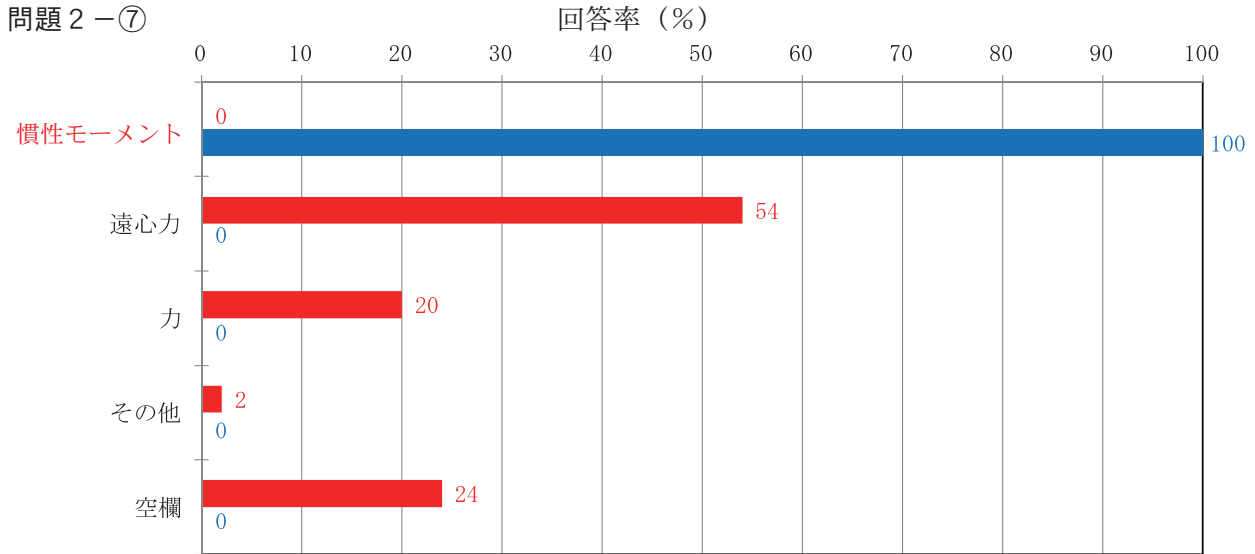


図 9 事前・事後問題 2 の⑦の回答結果

3-3 問題 3 の回答結果

事前・事後調査問題 1 は摩擦、空気抵抗について問う問題で、⑧、⑨、⑩、⑪の回答結果を図 10、11、12、13 に示す。上段が事前調査、下段が事後調査結果となっている。事前で⑧の正答である「面積」と答えたのは 55% あった。「部分」が 4%、「先」が 3%、空欄が 36% あった。事後で正答である「面積」と回答したものは 100% と全員回答した。事前で⑨の正答である「空気」と回答したものは 43%、「重力」が 13%、「力」が 3%、「その他」が 4%、空欄が 37% であった。事後で正答である「空気」と答えたのは 98%、空欄が 2% であった。事前で⑩の正答である「空気」と回答したものは 68%、「重力の」が 12%、「摩擦」が 10%、「その他」が 2%、空欄が 8% であった。事後で正答である「空気」と答えたのは 100% と全員であった。事前で⑪の正答である「少ない」と回答したものは 60%、「とがった」が 12%、「多い」が 2%、「その他」が 2%、空欄が 24% であった。事後で正答である「少ない」と答えたのは 100% と全員であった。

事前調査では⑧、⑨、⑩、⑪のの正答が半分ぐらいであったが、事後調査ではすべて 98% 以上になり、慣性について理解したと考えられる。

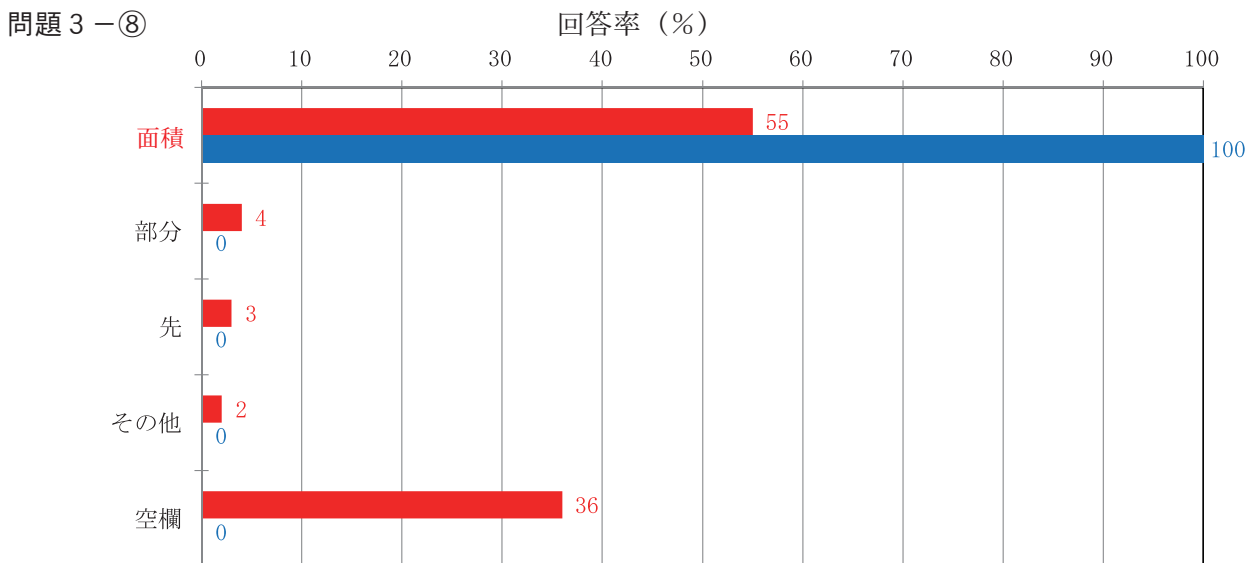


図 10 事前・事後問題 3 の⑧の回答結果

3Dプリンターとものづくり教育

問題3-⑨

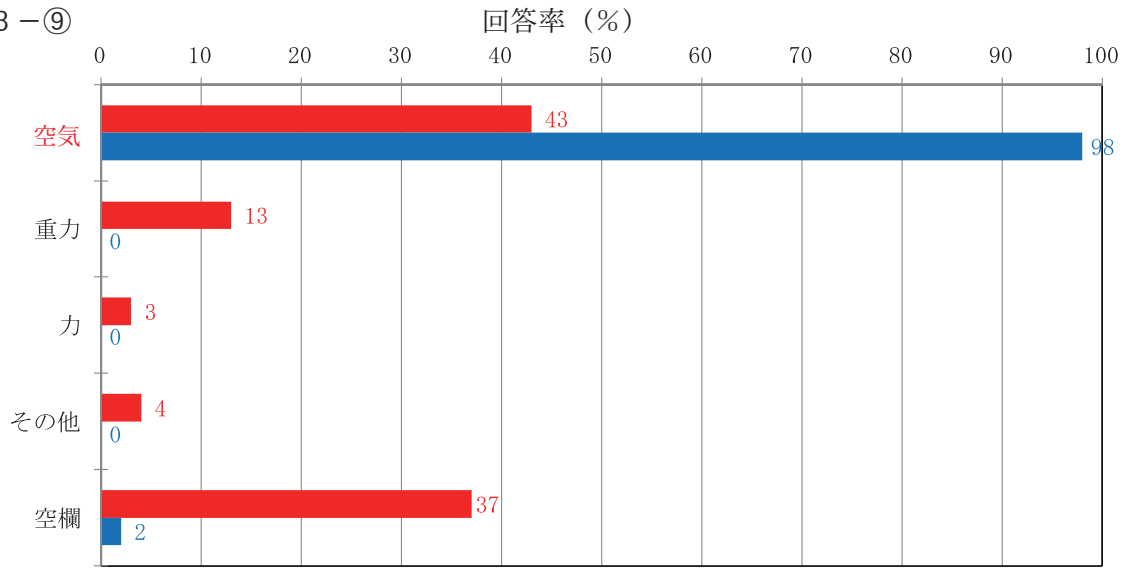


図11 事前・事後問題3の⑨の回答結果

問題3-⑩

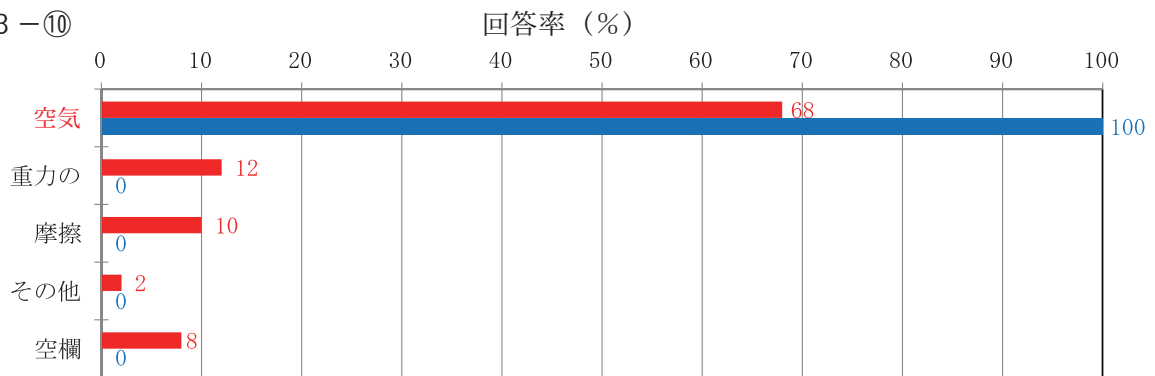


図12 事前・事後問題3の⑩の回答結果

問題3-⑪

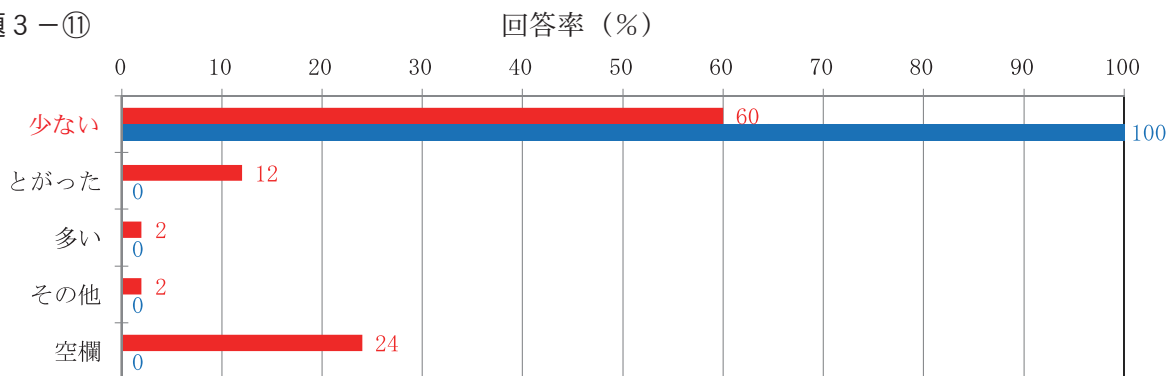


図13 事前・事後問題2の⑪の回答結果

3-4 問題4の回答結果

事後問題4の結果を図14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プリンター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プリンターで作るところ」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」、「日本人のコマが2時間近く回り続けるところがすごい」、また中心の軸はどのくらいの太さが一番合っているか」などがあった。生徒の回答から生徒は普段映画を見ることも多く、映画の記録や映し出し方に興味を持って授業を受けていたことがわかった。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ていると考える。また、日本人のコマが長く回り、ギネスブックに記載されていることも理解できたようである。

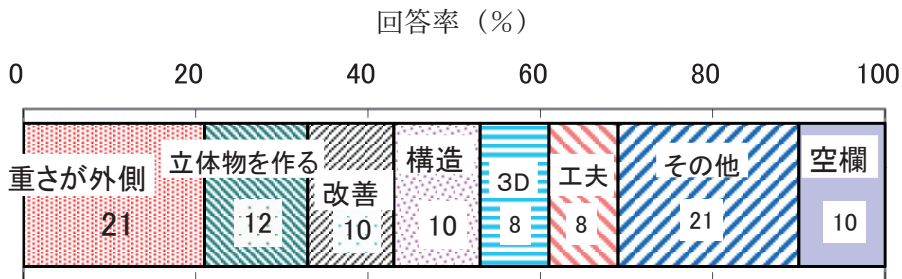


図14 問題4の回答結果

3-5 問題5の回答結果

問題5の結果を図15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」と回答したものは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ったのは事実である。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。

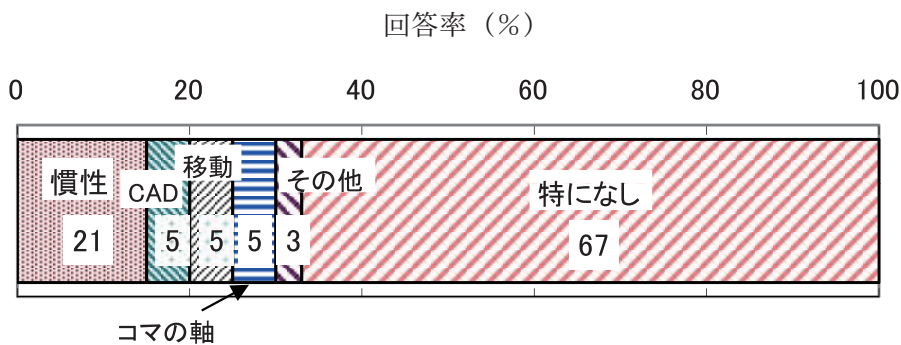


図15 問題5の回答結果

IV 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プリンターで造形し、3Dプリンター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、日本人が作ったコマがギネスブックに記載されていることを知り、日本の技術に興味をおこさせ、3Dプリンターの仕組みを教え、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) 東京書籍, 新しい理科3, 1012.
- 2) 東京書籍, 新しい理科4, 1012.
- 3) 東京書籍, 新しい理科5, 1012.
- 4) 東京書籍, 新しい理科6, 1012.
- 5) 大日本図書, 楽しい理科3, 1012.
- 6) 大日本図書, 楽しい理科4, 1012.
- 7) 大日本図書, 楽しい理科5, 1012.
- 8) 大日本図書, 楽しい理科6, 1012.
- 9) 開隆堂, 技術・家庭科技術分野, 2012.
- 10) 東京書籍, 技術・家庭科技術分野, 2012.
- 11) 教育図書, 技術・家庭科技術分野, 2012.
- 12) 東京書籍, 新しい科学1分野上, 2012.
- 13) 東京書籍, 新しい科学1分野下, 2012.
- 14) 大日本図書, 理科の世界1分野上, 2012.
- 15) 大日本図書, 理科の世界1分野下, 2012.
- 16) 平成26年度中等教育研究会要項, 山梨大学教育人間科学部附属中学校, 2015.