

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成30年6月6日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00915

研究課題名(和文) 折り紙と3Dプリンターを融合した初等・中等教育向け教材の開発

研究課題名(英文) Development of teaching materials for primary and secondary education that combines origami and 3D printers

研究代表者

杉山 文子 (SUGIYAMA, FUMIKO)

京都大学・工学研究科・助教

研究者番号：80162907

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年理系離れは解消したように見えるが、実は理系は深刻化している。本研究では真に理系好きの子供たちを育てることを目的とし、子供たちが興味を示すと考えられる、折り紙と3Dプリンターを融合した教材を開発した。教える側が3Dプリンターを使えなくてはならないので、教員向けに、申請者が以前作成したパズルの要素を含んだ幾何学モデルを3Dプリンターで出力できるようにstlファイルを作成し、そのファイル作成法を記した冊子を作った。この冊子は高校生でも理解でき様な内容になっている。中学生・高校生向けに折り紙と科学技術に関する講演を行い本冊子の拡宣に努めた。

研究成果の概要(英文)： In recent years it seems that science discrepancy has been resolved, but in fact it is getting worse. So, with the aim of nurturing children who truly like science, I developed teaching materials that combine origami and 3D printers, which children are thought to be interested in. Since the teaching side must be able to use 3D printers, I created stl files so that the researcher can output the geometric model containing the element of the puzzle previously created by the research representative with the 3D printer, I made a brochure with an easy-to-understand description. For junior high school students and high school students, I gave lectures on origami and science technology and got interested in science.

研究分野：折り紙工学、折り紙教育、構造強度学

キーワード：3Dプリンター 教材開発 ものづくり 初等・中等教育 折り紙

### 1. 研究開始当初の背景

理系は嫌いだが就職に困らない、生涯稼げるお金が文系より多いなどの理由でとりあえず理系の大学に進学しようという子供が増えている。この現状は将来において理系離れよりはるかに深刻な事態を生み出す。また、ゲームのようにバーチャルな世界には興味を示すが、実際の「ものづくり」になると嫌厭する子供が多い。かつては科学・技術立国といわれた日本であるが、現在はその地位が他国に取って代わられている。政府は危機感を覚え、技術者を外国、特に中国から呼び込もうとしている。これを実行すれば技術流出は必至であり、税金を使って他国を利することになりさらに日本の技術力が低下することは明らかである。それを食い止めるためには子供たちに真に理系が好きになるような教育を施し、さらに「ものづくり」の楽しさを教授しなければならない。

### 2. 研究の目的

申請者は理系好きの子供たちを育てるために折り紙を使った教育モデルを提案し、折り紙が大きな効果を果たすことを明らかにしてきた。本研究はこれに 3D プリンターを組み合わせることによって「ものづくり」の楽しさ、技術力の大切さを伝え、真に理系好きで「ものづくり」に興味を持つ子供たちを育てることを目的とする。

初等教育課程では教師あるいは保護者が作製した 3D プリンターモデルを渡して幾何学を学ばせる。さらに、簡単な CAD モデルを自作させ出力して「ものづくり」の楽しさを実感させる。中等教育課程では、CAD ソフトを使って複雑な幾何学モデルや実用化できる工学モデルを製作させ、科学技術に興味を持たせるとともに「ものづくり」の楽しさを体感させる。

### 3. 研究の方法

上述の目的を達成するためには教える側の指導力を高めることが重要になる。教える側が 3D プリンターの使い方を全く知らないと 3D プリンターの導入自体が困難になるので、教師、あるいは親などに向けて「誰でも 3D プリンターが使える」という内容の冊子を作成し配布する。次に、現場からの意見を集約して 3D モデルキットを製作して提供する。

冊子の内容としては、これまでに申請者が行ってきた「折紙による教育」を基にした様々な幾何学モデルを 3D プリントアウトできるものとし、最終的には自らがプリントアウトしたいものを 3D-CAD ソフトによって設計できるように構成されたものにする。

冊子は申請者が学校に出向いて講習会を実施することで普及させる。

### 4. 研究成果

研究当初は文科省が 3D プリンターを 2, 3 年のうちに全国の初等・中等教育課程に導入

するという指針を出していた。しかし、全く実施されず、現在小・中学校で導入しているのはわずか 1 校、普通科高校ではわずか 2 校である。このような現状では当初学校に導入される 3D プリンターを対象に考えていた学校に出向いての講習会は実質不可能になったので、講習会向けの冊子作成は取りやめ、低学年では家庭において大人が使えるような、高学年では子供自らが使えるような冊子を作成した。

本冊子は、これまで申請者が行ってきた「折紙教育」を基にして子供たちが将来科学・技術の発展に貢献できる「ものづくり」に興味を持てる構成になっている。この冊子は年に十数回実施している、全国の中・高等学校向け折紙に関する講習会で紹介したところ、興味を示す教師、子供が多数居た。

以下に冊子に掲載したモデルの一部を示す。以下には 3D-CAD の簡単な使い方は記していないが、冊子には載せた。

#### (1) 多面体モデル

2 次元で表された多面体モデルを頭の中で 3 次元にするのは子供にとって難しいことである。実際に手に取って眺めることができれば、幾何学に対する苦手な気持ちが少なくなると考えられる。多面体モデルは折り紙で作る方が簡単であるが、低学年には多少乱暴に取り扱っても壊れない点、高学年にはプリントアウトするための CAD モデルを作成する基本を学べるという点で 3D プリンターモデルは重要である。

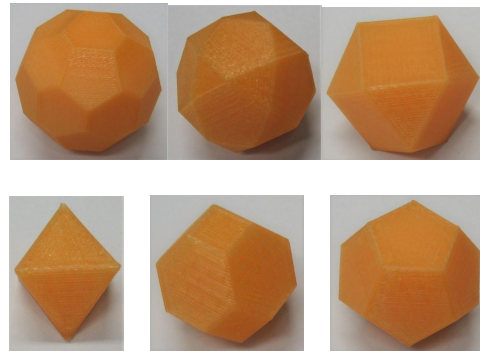


図 1 多面体モデル

図 2 に示すように多角形を組み合わせて多面体を作るようなモデルにするとパーツの組み合わせで様々な多面体を作ることができる。

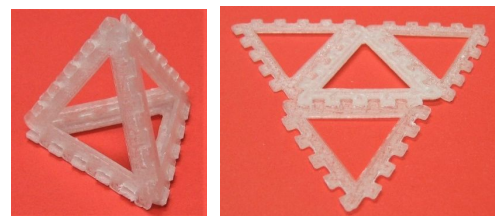


図 2 多面体モデルの展開型

スケルトンモデルを作れば3次元構造がよくわかる。これは、折り紙ではできないモデルである。

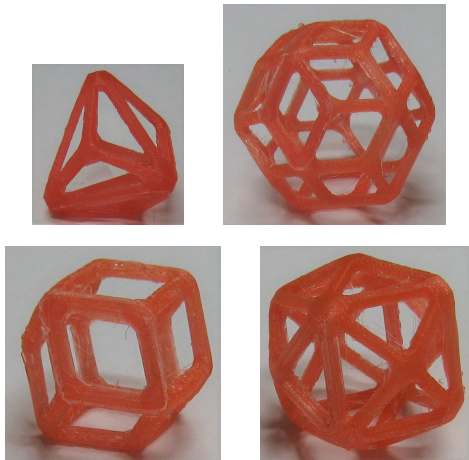


図3 スケルトン多面体モデル

(2) 正多角形を分解、合成することによって相互間の形状を行き来することを示すと、パズル感覚で幾何学を学べる。

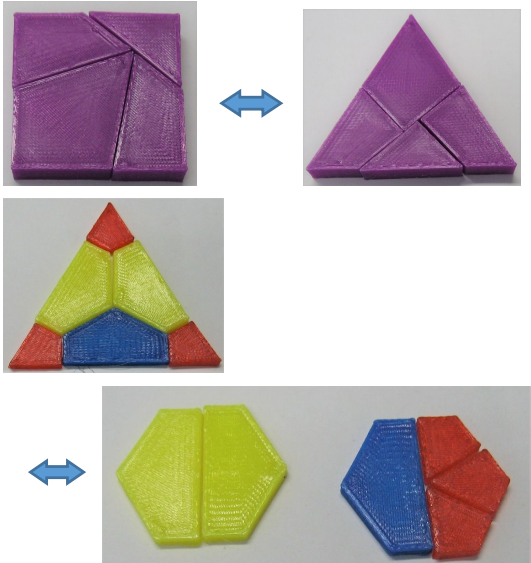
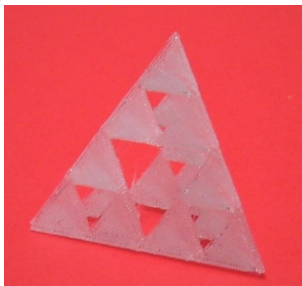


図4 多角形の相互変換パズル

(3) ノーモンやフラクタル形状のモデルは2次元図形ではわかりにくく、口頭で説明するのも難しい。また、折り紙で作るのは手間がかかる。しかし、3Dプリンターで作れば簡単にでき、形状を理解させるのが容易になる。

(a)

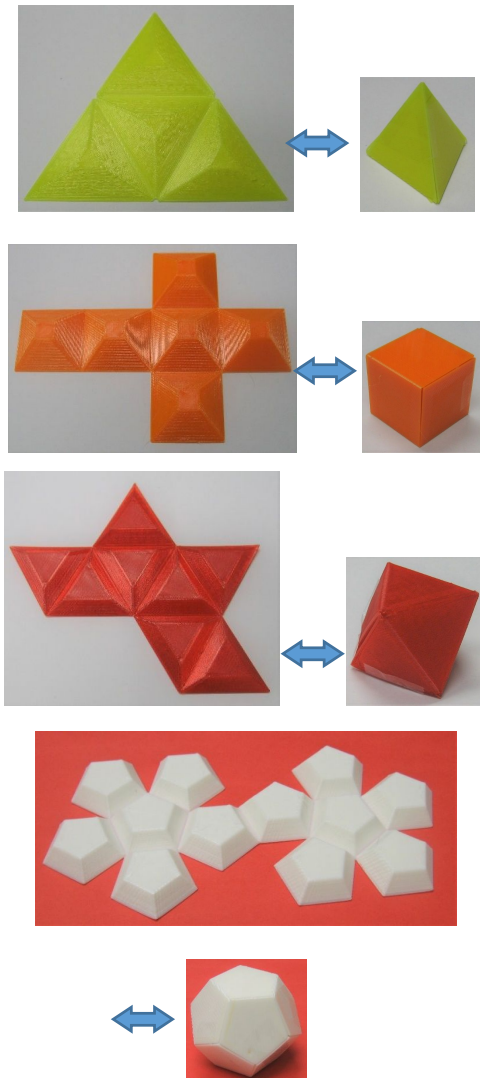


(b)



図5 (a)フラクタル (b)ノーモン

(4) 折紙のように平面紙を折り曲げて多面体を作るときは、厚さを考慮する必要がない。しかし、折り畳み構造の実用化を考えた場合、厚さがあるものを折り畳む方が一般的である。そこで、かなり厚さがあるものを折り畳んで正多面体にするにはどのようなパーツがいるかを3Dプリンターでプリントアウトしたモデルを示し、実際の形状を生徒に作らせるようにすると「ものづくり」の本質に近づくことができる。これにはかなりの計算力があるので、高校生以上の生徒に適している。



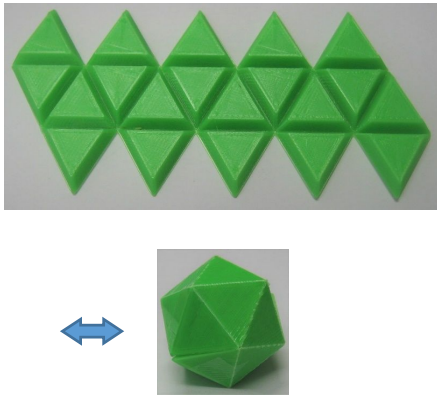


図 6 厚さのあるパネルで作る正多面体の展開モデル

(5)空間充填モデル

「ものづくり」には空間認識が重要である。3D プリンターで様々な多面体を作り、それらの多面体を組み合わせることによってできる空間充填構造を学ぶ

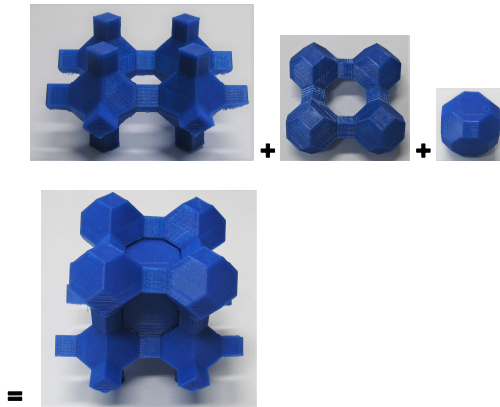


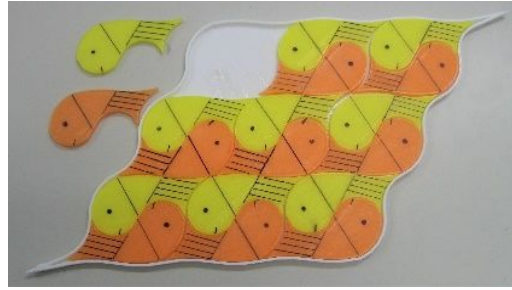
図 7 空間充填構造

(6) 小学校低学年に平面充填形を学ばせるには下図のようなパズルが適している。折り紙で作ることもできるが、パーツが多いと作るのに時間がかかり、また、折り紙のような手作りだと各パーツの再現性が悪くなる。このような教材には 3D プリンターが最適である。高学年には自分で図面を書くところから行わせると幾何学の学習になる。

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



図 8 平面充填形パズル (a),(b),(c) 正 3 角形の平面充填形を基にしたパズル (d),(e) 正 4 角形の平面充填形を基にしたパズル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

杉山文子(分担執筆) 折り紙の数学的・バイオミメティック的展開と産業への応用、解説:ものづくりのための 2 枚貼り折

り紙、日本機械学会誌 特集、2016年10月号

〔学会発表〕(計4件)

杉山文子、対称2枚貼り折紙による展開構造物、日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2015、2015年8月26日、於；弘前大学

杉山文子、対称2枚貼り折紙法を用いた構造物の展開、日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2016、2016年8月24日、於；山口大学常盤キャンパス

久保田奈緒、杉山文子、厚さのある円形パネルの折畳み例とその考察、日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2017、2017年8月31日、於；愛知大学豊橋キャンパス

中野秀太、杉山文子、対称2枚貼り折紙法のサイドメンバーへの適用性評価、日本応用数理学会第14回研究部会連合会、2018年3月15日、於；大阪大学吹田キャンパス

〔図書〕(計1件)

野島武敏、杉山文子、ものづくりのための立体折紙練習帳- 折り畳みの出来る折紙模型の製作、日本折紙協会、2015.10.10 発売

〔その他〕

招待講演

杉山文子、折紙の数理化と技術領域への応用、第8回SMAシンポジウム2015 in 金沢 2015年11月13日

杉山文子、折紙の数理化と学術領域への応用、京機九日会 6月度例会、2015年6月9日

杉山文子、折紙工学の基礎と産業への応用、京機会関西支部 第46回産学談話室、2017年5月13日

中学生、高校生対象講習会

2015年5月、福島県内中学校1件

2015年7月、広島県内高校1件

2015年10月、佐賀県内中学校1件、新潟県内高校2件

2015年11月、山形県内高校1件、鹿児島県内高校1件

2015年12月、青森県内高校1件

2016年1月、愛媛県内中学校1件

2016年3月、福岡県内中学校1件、鹿児島県内高校1件

2016年5月、福島県内中学校1件、茨城県内中学校1件

2016年6月、東京都内中学校1件

2016年7月、大分県内中学校1件

2016年10月、新潟県内高校2件、栃木県内高校2件

2016年11月、山形県内高校1件、宮城県内高校1件

2016年12月、山形県内高校1件、福岡県内中学校1件

2017年3月、大分県内中学校1件、沖縄県内高校1件、新潟県内中学校1件

2017年4月、茨城県内中学校1件

2017年5月、福島県内中学校1件、岡山県内中学校1件

2017年6月、大分県内中学校1件

2017年10月、新潟県内高校2件、栃木県内高校1件、北海道内高校1件、茨城県内中学校1件

2017年11月、宮城県内高校1件

2017年12月、山形県内高校1件、富山県内高校1件、福岡県内中学校1件、鹿児島県内高校1件

2018年2月、熊本県内中学校1件

2018年3月、新潟県内中学校1件、愛媛県内中学校1件

テレビ出演

2016年3月5日 テレビ大阪 科学 de ムチャみたす 9:30~9:45

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉山 文子 (FUMIKO SUGIYAMA)

京都大学大学院工学研究科・助教

研究者番号：80162907